

# 産学共創プラットフォーム 共同研究推進プログラム（OPERA）

## 終了報告書（公開版）

|             |      |                                                                                                       |
|-------------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 研究領域名称      |      | 地域資源活用型エネルギーエコシステムを構築するための基盤技術の創出                                                                     |
| 共創コンソーシアム名称 |      | 物質・エネルギーリノベーション共創コンソーシアム                                                                              |
| 幹事機関        |      | 国立大学法人東海国立大学機構                                                                                        |
| プロジェクト担当組織  |      | 名古屋大学 未来社会創造機構                                                                                        |
| 領域統括        | 氏名   | 北 英紀                                                                                                  |
|             | 所属機関 | 国立大学法人東海国立大学機構                                                                                        |
|             | 部署   | 名古屋大学 大学院工学研究科                                                                                        |
|             | 役職   | 教授                                                                                                    |
| コンソーシアム HP  |      | <a href="https://chem.material.nagoya-u.ac.jp/opera/">https://chem.material.nagoya-u.ac.jp/opera/</a> |

令和5年5月31日

## 目次

|                                                      |     |
|------------------------------------------------------|-----|
| エグゼクティブサマリー .....                                    | 3   |
| 1 技術・システム革新シナリオ .....                                | 6   |
| 2 研究領域及びキーテクノロジー .....                               | 8   |
| a. (1) 研究領域構成図 .....                                 | 8   |
| b. (2) キーテクノロジー .....                                | 12  |
| 3 共創コンソーシアム .....                                    | 19  |
| 3.1 産学共同研究における費用負担の適正化・管理業務の高度化 .....                | 19  |
| 3.2 共創コンソーシアムにおける知的財産の取り扱いルールの方針 .....               | 24  |
| 3.3 人材育成についての方針 .....                                | 30  |
| 3.4 機関連携・協力体制についての方針 .....                           | 35  |
| 3.5 参画機関の管理方針 .....                                  | 37  |
| 4 オープンイノベーション機構と連携した取組について .....                     | 40  |
| 5 プロジェクト終了後の継続的な発展に向けた取組について .....                   | 42  |
| 6 研究開発の状況 .....                                      | 44  |
| 6.1 研究開発課題1 「安価で高性能な触媒の開発」 .....                     | 46  |
| 6.2 研究開発課題2 「安価で高効率なエネルギーデバイスの開発」 .....              | 67  |
| 6.3 研究開発課題3 「高効率熱マネジメントシステム並びにその設計・評価技術の開発」<br>..... | 87  |
| 7 非競争領域からの展開（活動実績） .....                             | 100 |
| 8 社会実装に向けたロードマップ .....                               | 102 |
| 9 領域統括によるプロジェクト総括と今後の展望 .....                        | 104 |
| 10 特殊用語等の説明 .....                                    | 107 |

## エグゼクティブサマリー

### ＜研究開発目標の達成状況及び研究開発成果の創出状況＞

#### （１）研究開発目的

本共創コンソーシアムでは、Aging in Place 実現の中核となる高効率な物質・エネルギー利用・再利用技術の基盤研究と、リベラルアーツの視点を併せ持つ次世代リーダーの育成を同時・横断的に行う産学官金連携教育研究オープンプラットフォームを構築した。

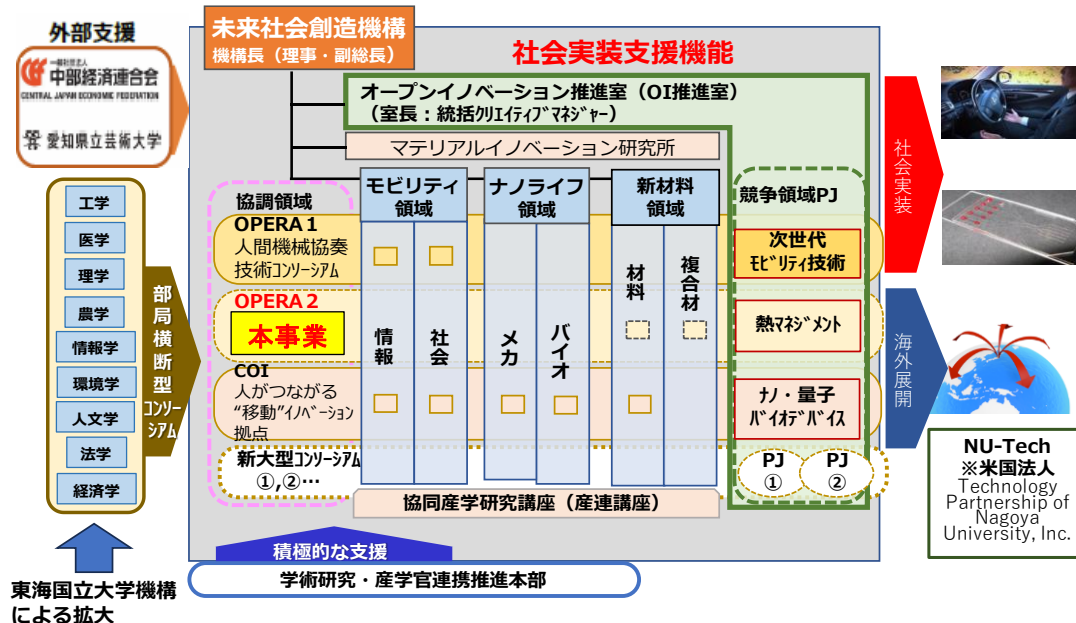


図 S-1 名古屋大学オープンイノベーション機構 構想図

#### （２）技術・システム革新シナリオの実現に向けた主な活動

本コンソーシアムでは、名古屋大学が推進する「オープンイノベーション機構構想」（図 S-1）と連携して、産学官連携のもと、高効率に物質・エネルギー利用・再利用技術を創出する産学官研究プラットフォーム、次世代の担い手（若手人材）の育成を行う産学官人材育成オープンプラットフォームを統合したオープンステーションの構築を大学間連携によって実施した。

#### （３）特筆すべき研究開発成果と非競争領域からの展開

##### １ 研究開発成果

##### ①熱マネジメント、蓄熱体（課題 3-1-1）

温域（600℃から 1200℃）での光吸収特性に優れたアルミナセラミックス及び同材料をシェルとする高温型潜熱蓄熱体（EPCM; Encapsulated Phase Change Material）

##### ②ヘテログラフェン酸素還元触媒（課題 1-1-1）

Pt 使用量を最小限に抑えるために、ナノサイズ金属粒子の周りをグラフェンでラッピングすることで酸素還元反応に適したコアシェル構造をもつ低 Pt 使用ヘテログラフェンコアシェル触媒

##### ③カーボンデータベースの構築（課題 1-1-2）

優れた電気特性を有するナノ構造カーボンの合成条件やその結果などをデータベースに集約し、蓄積データを活用した新たな解析モデルを確立し、有用性・実用性に長けたデータベースを構築

## 2 非競争領域からの展開

### ①研究開発課題 2-1-1 の成果

#### ナノ構造炭素/金属界面放熱材料の開発で培ったナノ構造

炭素分散めっきの技術を応用展開し、電気接点材料を競争領域にハンドオフ。知の拠点あいち重点研究プロジェクトの競争的資金(マッチングファンド方式)を 2019 年下期に獲得し、製品化に向け、開発を進めている(事業期間:3 年間)。

・ハンドオフ先: 豊橋鍍金工業株式会社



図 S-2 電気接点用炭素複合めっき技術

### ②研究開発課題 1-1-1 の成果

ソリューションプラズマ法を用いて白金ナノ粒子をコアとしヘテログラフェンでラッピングしたコアシェル構造の低白金使用触媒の事業化に向け、(株)名城ナノカーボンおよび製造プロセスメーカーである(株)NU-Rei と 3 者で新規競争的資金を獲得し、大量製造装置の導入で量産化への試作ラインを構築した。(右参考 TEM 像、銀ナノ粒子の例)

・ハンドオフ先: 株式会社名城ナノカーボン

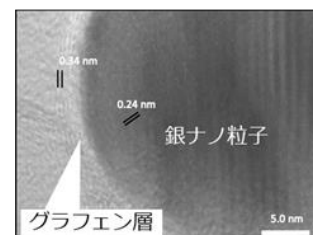


図 S-3 ラッピングコアシェル構造触媒

### ③研究開発課題 3-1-1 の成果

中部電力(株)と共同で開発した「中空構造を有する選択吸収型セラミックス蓄熱体」の社会実装に向けて量産時の製造を美濃窯業(株)が担当することを 2 社+名古屋大学で合意した。

・ハンドオフ先 1: 美濃窯業株式会社

・ハンドオフ先 2: 上記以外の OPERA 非参画企業と  
ライセンス契約締結 (2 社)

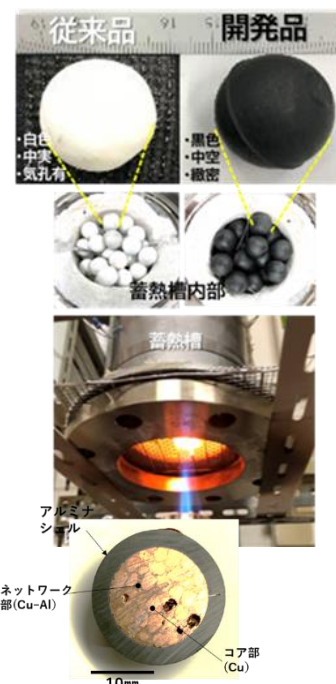


図 S-4 中空構造蓄熱体 (上) 及び  
高温 EPCM の断面構造 (下)

## <OPERA 成果の社会実装に向けて: OI 機構との連携の成果>

本コンソーシアムでは、OPERA 事業の初期段階で、オープンイノベーション機構 (OI 推進室) との連携の下、社会実装シナリオに照らして研究開発の進捗を複数の段階 (ステージ) に分け、ステージ毎の要件を明確化し、研究開発のロードマップを作成し「見える化」を行った。またその後も、OI 機構と共に、定期的に研究開発の進捗を当該ロードマップに照らし、その成果がどのステージにあるか、そして研究開発の更なる推進に向けて何が必要かを見定め・対処して、研究開発マネジメントとしてきた。表 S-1 に、幾つかの研究開発課題についてのローマップを示し、図 S-5 には、様々なステージでのマネジメント事例を示した。



これまで、データ入力システムとソフトの購入（課題 1-1-2）や試作機器の購入（課題 3-1-1）等の支援が行われ競争領域への移行が加速された。具体的には、課題 3-1-1 でネックとなっていた低コスト化や量産技術で技術的見通しが得られ、更に実機試験が実施されたことで、OPERA 非参画企業 2 社とのライセンス契約の検討段階に移行することができた。それ以外の成果についても例えばアーリーステージで、ステージ 0 とステージ 1 のゲートをクリアすべく、公的資金も活用しながら共同研究を継続するなどの支援が行われた。OI 機構の支援が特に重要となるステージ 2 以降においては、今後も事業化に必要な企業連携の構築等を中心に支援が行われる予定である。

オープンイノベーション機構（OI 推進室）は法人格を持つ TII「Tokai Innovation Institute（TII）(株)」を 2023 年 10 月 2 日に設立予定である。TII では共同研究幹旋、共同研究実施、コンサルティングを行う計画であり、また TII として知財権を所有せず知財の活用にかかわる連携先の紹介を行う。

尚、本 OPERA で競争領域に至ったテーマは上記の TII(株)設立の端緒となったものであり、また現 OPERA の研究開発テーマに対して、今後も TII(株)による支援が行われる予定である。

| FY→                                       | 2023      | 2024 | 2025        | 2026 | 2027 | 2028  | 2029 | 2030                   | 2031 | 備考                                                               |
|-------------------------------------------|-----------|------|-------------|------|------|-------|------|------------------------|------|------------------------------------------------------------------|
| 1-1-1 白金フリー触媒還元触媒HG                       | 実証研究      | R    | 量産準備、製造設備拡充 |      |      |       |      | 製造・販売                  |      |                                                                  |
| 1-1-2 機能構造解析「9A」-2HG                      | 市場調査、内容検討 | R    | 製品改良、有効性検証  |      |      |       |      | 第三者への販売 and/or 企業内での活用 |      |                                                                  |
| 3-1-1 蓄熱体適用に向けたセラミックスの特性改良と形状効果【選択吸収アルミナ】 | 生産準備      |      |             |      |      | 製造・販売 |      |                        |      | 現在ライセンス契約検討中の2社を想定・ISOについては現在「5つ星」で評価中・商業化は2022年度末にプロジェクト化の判断あり。 |
| 3-1-1 同【高温PCM】                            | 技術移転先の調査  | R    | 生産準備        |      |      | 製造・販売 |      |                        |      |                                                                  |
| 3-1-2 科学的LCAの開発【エクセルギー解析グラフツール】           | 市場調査、内容検討 | R    | 製品改良        |      |      | 販売    |      |                        |      |                                                                  |

表 S-1 社会実装に向けたロードマップ

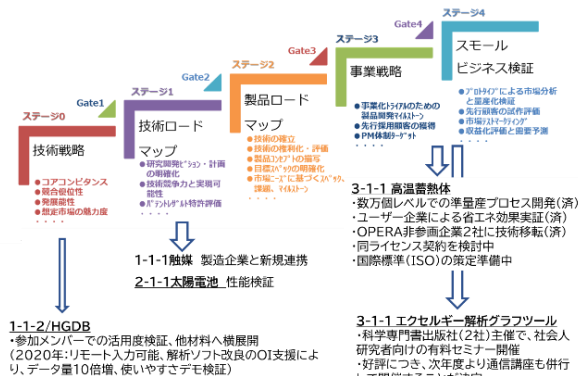


図 S-5 競争領域移行の分析と解決すべき課題

## ＜産学共同研究における費用負担の適正化・管理業務の高度化＞

本共創コンソーシアムにおいては、共同研究に参加する民間企業（幹事会員）は個別研究課題ごとに、研究機関と個別の「共同研究契約」を締結した。個別研究課題の実施にあたり、直接経費については必要経費の積算を明確にして企業の合意を得ており、適正にすすめることができた。

## ＜知的財産の取扱＞

OPERA 事業の委託費を使用して行われる非競争領域の共同研究成果について、複数法人が各々保有する知財の実施許諾をコンソーシアムがコンソーシアム終了後も含めてとりまとめることで、非競争的に産業を育成することを狙った。

## ＜人材育成＞

すでに各機関で実施されている、博士レベルの産業科学人材育成プログラム（「リーディングプログラム」など）を相互に活用することを含め、各大学により選抜された博士課程学生を中心にコンソーシアム研究学生とし、人材育成プログラムへの参画を促した。長期育成の観点から、博士課程まで進学希望を有する 4 年生の学生も対象とした。

## ＜今後のコンソーシアム活動の展望＞

コンソーシアムを持続・発展させる。その理由の一つ目は、本コンソーシアムの成果として、競争領域へのフェーズアップを連携して行うこと、二つ目は、連携の成果として新規テーマを複数件アップし、新研究機関、新企業も加えた新たな連携研究が開始されていること、である。

# 1 技術・システム革新シナリオ

本章では上位概念を中心に産学共創プラットフォーム推進委員会(以下、推進委員会)やコンソーシアムアドバイザリー委員会から出されたコメントに対する対応を纏めた。

## 【推進委員会でのコメントに対する対応】

OPERA 事業開始後 2 年間ほどの間、推進委員会及び文部科学省や JST からプロジェクトの進め方に関して意見やコメントをいただき、その対応として、実施計画書における研究の背景、研究内容、研究シーズの優位性、ロードマップ等に関して修正、或いは回答書を作成し、JST や産学共創プラットフォーム推進委員会に本コンソーシアムで進めている研究計画や内容をサイトビジットなども通じて理解して頂けるよう努めた。最終的に、OI 機構との連携によって競争領域に至った研究開発テーマについてのマネジメントが、本コンソーシアムの成果として法人格をもつ T I I 設立へと至った。

「本コンソーシアム (ReME コンソ) の基本構想と研究内容の関係」については、地域分散や個人の尊重など S D G s の考え方も参考にしながら、改めて Aging in place (AIP) を満たす条件は何か、本コンソーシアムの方向性として妥当かどうかといった議論も含めて関係の具現化を内部で行った。その内容について以下説明する。

本コンソーシアムの基本構想の中核理念は Aging in Place である。最終的には QoL (Quality of Life) の向上が求められるが、それらの基盤となるのはエネルギーの安定供給を実現できる技術とそれらを組み入れた循環システムの構築である。Aging in Place の実現には、①ハード(技術)、②ソフト(制度など)、及び③ヒューマンウェアの3つの条件が整備されることが要件であり、本コンソーシアムでは、このうち①、②に関わる取組みを進めてきた(図 1-1)。

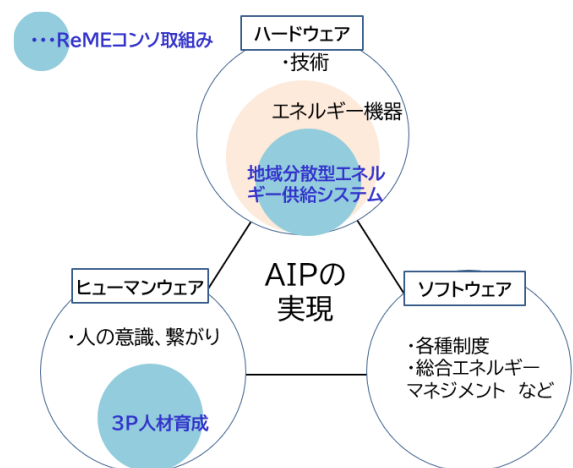


図 1-1 Aging in Place の実現に必要な条件と本コンソーシアムの取り組みの位置づけ

## (1) ハードウェア(技術)に対する取組み

本コンソーシアムでは、ハード面では Aging in Place の基盤ともいえるべきエネルギーの安定供給に焦点をあて、そしてこの地域に不可欠な地域分散型エネルギー供給システムの要素研究に取り組んできた。

中部圏は工業都市・名古屋を中心にその周辺の自然豊かな地域が隣接し、高度技術型と自然共生型の両面を併せ持つ恵まれた地域である。

電力インフラの安定した名古屋のような大都市圏では分散電源を組合せたスマートグリッドが、そして農村地域では分散電源システムの充実が Aging in Place には不可欠である。さらに地域分散型エネルギー供給システムと個別課題の関係を示したのが図 1-2 であり、例えば CO<sub>2</sub> 還元触媒が実現できれば、CO<sub>2</sub> を有価物として回収し、燃料電池用燃料やアルコール製造など工業的に利用する道が開け、よい良い循環システムが構築できる。

まずは、本コンソーシアムで研究開発している要素基盤技術を各システムに実装し、その後、統合システムへの展開、循環システムや社会へと広げることで Aging in Place を目指した。

上記をふまえ個々の要素研究とは別に領域全体を俯瞰し、各研究開発課題のシナジー効果を高

めるために必要な基盤的研究成果としては、以下の3点が挙げられる

- ① in-situ FT-IR 測定システムを構築(1-2-1)
- ② Hetero-DIA プロジェクトのカーボン関連データベースの構築(1-1-2)
- ③ エクセルギー消費速度に基づく循環システム全体の設計ツール (3-1-2)

こうした基盤的な技術群を活用し、個々の要素技術を統合した総合システム技術へと発展させていくことを目指した。

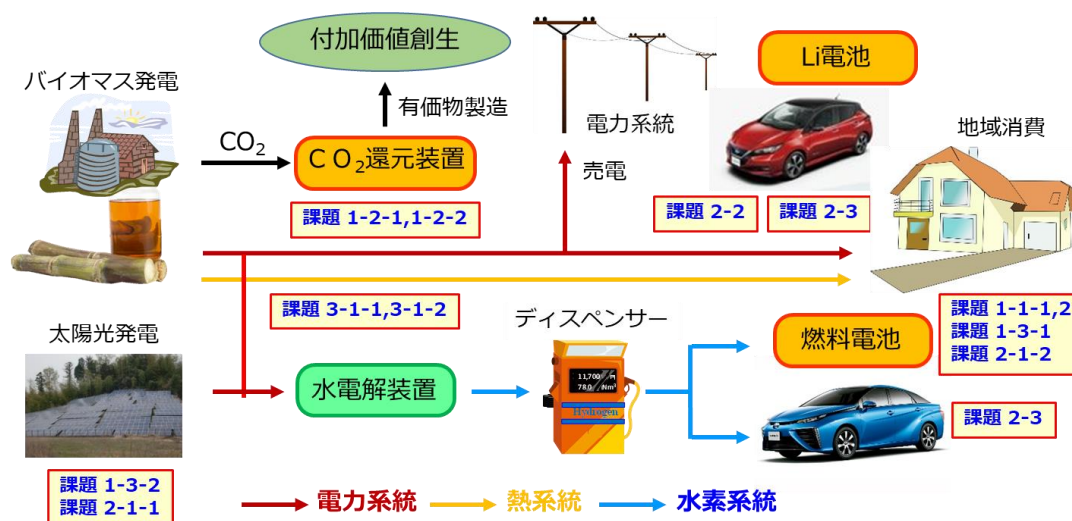


図 1-2 地域分散型エネルギー供給システム(主に中山間地域用)と本 OPERA 研究テーマ

## (2) ヒューマンウェア（人材育成）に対する取り組み

様々な形で環境未来都市の構想とその取り組みがあるが、死角のひとつは未来を共有できる人づくりができるかどうかである。現在、我々が考えているシナリオを継続、高度化していくには若手人材の育成は不可欠であり、様々な機会を通じて目指すべき未来を議論している。

アドバイザー委員会(2回目)では、技術・システムの革新シナリオにおいて重要な役割を果たす若手人材を、本コンソーシアムでどのように育成をするのか、について議論を行い、以下のようなアドバイスを受けた。

- ① 学生を企業へ派遣するのが最も良い
- ② 人材交流が重要、企業側の人材育成も合わせて考える
- ③ 企業側の理解や学生受入が得にくいことに対しては、互恵関係に基づき、積極的かつ地道に話し合う
- ④ 育成プログラムに参加した学生を企業が優先的に採用できるのであれば、企業にとってもメリットがより明確になる

アドバイザー委員の助言を踏まえ、従来の教育プログラムに加えて、OPERA雇用の博士後期課程学生などの共同研究先企業等派遣計画の具体化を、コロナ禍の影響の中で研究/実験計画との整合や共同研究先企業等との具体的調整(時期・形態)に留意しながら、検討を進めた。

## 2 研究領域及びキーテクノロジー

### a. (1) 研究領域構成図

#### ■Aging in place 要件

本 OPERA のキーワードは「Aging in Place」である。Aging in Place を実現するための項目として、以下が重要である。

- (1) GDP から QoL (Quality of Life) へ
- (2) 次世代産業基盤の構築(農業～製造業～情報・サービス業のバランスある発展)
- (3) 伝統・文化・芸術・スポーツの振興(ソフト・コンテンツ)
- (4) 地域コミュニティの充実

#### ■地政学的にみた中部地方

中部地方は東京圏と大阪圏に挟まれながら、独自の文化圏・産業を築いてきた。各種調査の結果から、高齢化は他県並みに進んでいるが、「山紫水明の地で、平均以上の資産を有し、生活保護も受けることなく、健康で元気に活躍している自立した高齢者像」が見えてくる。そして、これを支えているのは、中部圏の以下の環境である。

- (1) モノづくりを中心とした産業の集積，高い所得と安い物価
- (2) 工業地域を取り巻く山と海；農業，畜産，漁業も盛ん
- (3) 伝統・文化・芸術・スポーツ活動も活発で，今後インバウンド増も期待できる ソフト・コンテンツと自然環境
- (4) 車の保有率が高く移動が容易，結果として地域社会への参加率が高く，多世代共生社会が形成

世界有数の工業地域の周辺に農漁業，畜産業といった様々な産業が取り巻く形で集積していることは，リユースできるポテンシャルを有する廃物・廃熱も豊富で集中していることになり，そうした物資の輸送に必要なエネルギーを削減でき，循環システムの高効率化によって絶好の地域とすることができる。

## ■本 OPERA での取り組み

Aging in place の実現に向け、上記要件を満たすことが求められるが、それらの基盤となるのはエネルギーの安定供給、そして循環型の社会システムである（図 2-1）。

本 OPERA では、中部の持つポテンシャルを踏まえ、地域活用型エネルギーエコシステムの構築に向けた基盤技術開発を推進する。



図 2-1 Aging in place にむけた本 OPERA での取り組み

図 2-2 に示す技術シーズより導かれる「高効率物質・エネルギー変換技術」と「異種界面形成・制御技術」の2つのキーテクノロジーを具体的に設定し、この分野における学理を追究するとともに地域社会への貢献を推進する。そして、具体的な研究開発課題として次の課題を掲げ、5大学、17の企業で推進する（図 2-3）。

- (1) 安価で高性能な触媒の開発
- (2) 安価で高効率なエネルギーデバイスの開発
- (3) 高効率熱マネジメントシステム並びにその設計・評価技術の開発

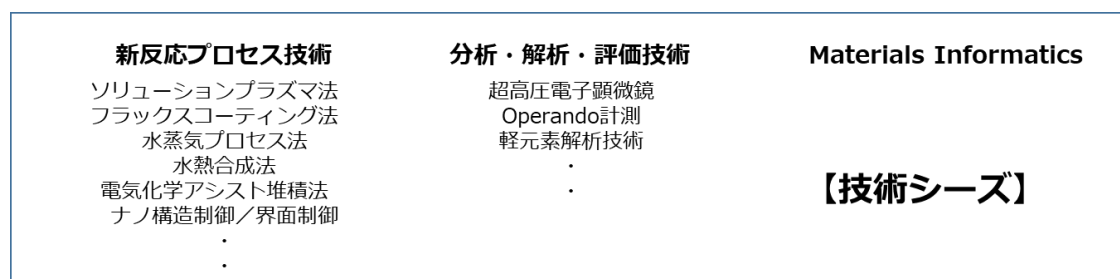


図 2-2 技術シーズ



## 新たな価値を創造するための研究開発課題の設定

【研究領域構成図】幹事機関：名古屋大学

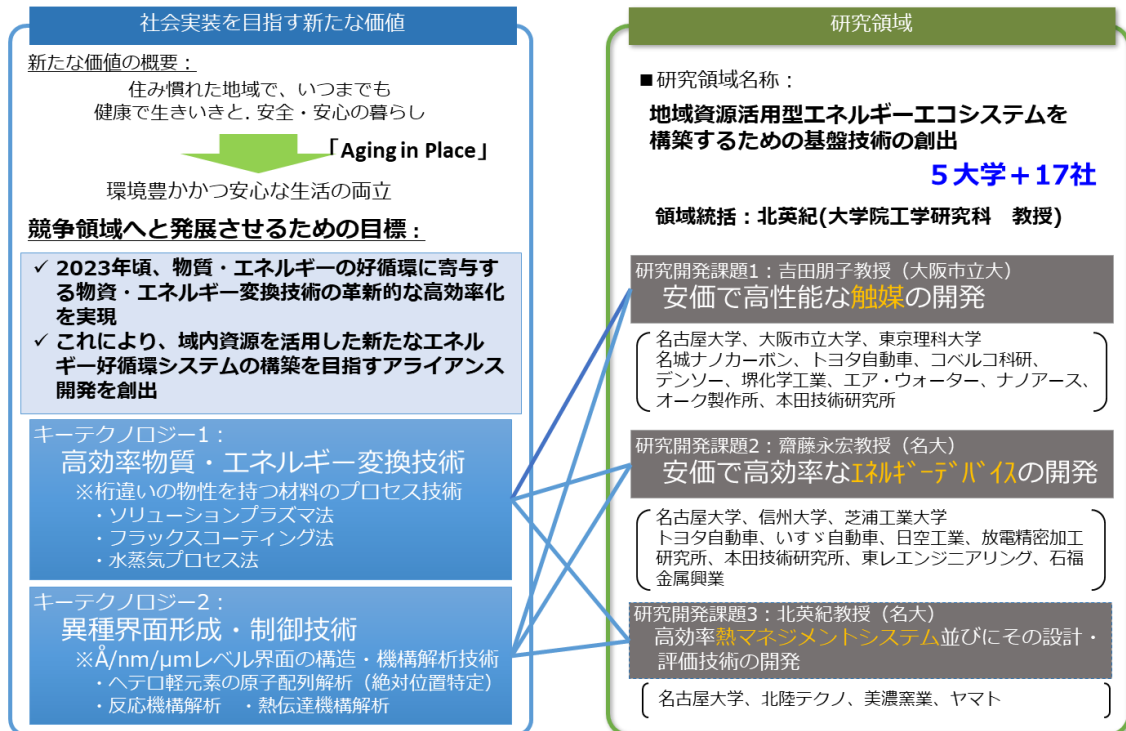


図 2-3 研究領域構成図

図 2-4 は、本 OPERA が目指す当面の研究テーマであり、各研究開発課題の位置づけと関係を示す。非競争領域における本 OPERA の当面の具体的なアウトプットとしては、一つは、二酸化炭素還元を中心とした物質変換であり、有価物の生成あるいは燃料電池用の燃料などへの応用を想定している。もう一方は、電池を核としたエネルギーシステムであり、太陽電池や二次電池、キャパシター、燃料電池などへの展開である。令和元年度下期からは、新しい研究開発課題として熱循環システムを取り上げ、蓄熱材料の開発やシステム設計、科学的 LCA などの評価方法の開発を推進している。

そして、図 2-5 は、本コンソーシアムが目指す地域分散型エネルギー供給システムのビジョンにおける本 OPERA の研究テーマの位置づけを示す。図中に赤色で囲まれた課題番号がそれぞれの応用分野・商品分野に該当する。





b. (2) キーテクノロジー

① キーテクノロジー1：高効率物質・エネルギー変換技術

・目標

本構想において提案されている新たな社会・産業構造は、環境負荷を抑制した持続可能なエネルギーの地産地消というコンセプトを基盤とする。この基盤を確立するために必要なキーテクノロジーのひとつは、高効率物質変換技術を基盤とするソーラー燃料の循環である。この循環システムでは、CO<sub>2</sub>と水を原料とした物質変換のひとつである人工光合成によって水素やシンガス（一酸化炭素と水素の混合ガス）などの燃料物質を合成する。合成燃料は、燃料電池などを介して各種人間活動のため消費される。その際に排出されるCO<sub>2</sub>は、再び人工光合成で燃料に変換され、低炭素持続可能社会が実現される。キーテクノロジー1では、この循環系の物質変換過程を高効率化するために、以下の目標を定める。

- (1) 白金フリーの触媒実現：安価な酸素還元触媒として機能することが期待される窒素ドーパヘテログラフェンを、ソリューションプラズマ技術を用いて合成し、白金フリー触媒の高効率合成技術確立（3年後）。合わせて高効率燃料電池電極を実現する（5年後）。
- (2) カーボン材料は、エネルギーデバイスや電子デバイス等に一部応用されているものの、作製プロセス条件と性能・特性の乖離が大きいために、次世代デバイスへの活用等、さらなる高機能化・高付加価値化材料として、そのポテンシャルが十分に発揮されていないのが現状である。マテリアルインフォマティクスと先端解析技術を駆使し、他の炭素系材料へ展開するためのデータベースを構築する（5年後）。
- (3) 高効率光触媒の実現：Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>や窒素ドーパTiO<sub>2</sub>などの新規材料の光触媒としての性能向上（2年後）。次に、波長変換の技術を取り入れることにより、更なる効率向上を図る（4年後）。最終年では、人工光合成（二酸化炭素や水の還元）の実用レベルの効率（変換効率0.1%）をもつ安価な金属酸化物光触媒の試作品を実現する。反応前の二酸化炭素や水に対する還元生成物の量（モル数の比など）から定量的に変換効率を評価する（5年後）。
- (4) ダイヤモンド光触媒の開発と二酸化炭素の資源化：寺島はこれまでにAgナノ粒子を担持したダイヤモンド半導体を開発し、世界で初めてダイヤモンドが光触媒として機能し、二酸化炭素を一酸化炭素へと光電気化学的に還元できることを発見した。これを発展させて、ダイヤモンド光触媒の開発と二酸化炭素の資源化を実現する（5年後）。
- (5) ソリューションプラズマの大容量化と高効率化：ソリューションプラズマによる触媒合成プロセスの大容量対応・高効率リアクターを実現する（3年後）。また、気液界面ソリューションプラズマを用いたナノ粒子含有メンブレンのワンポット合成プロセスによりトータルプロセスの低コスト化を実現する（5年後）。
- (6) 波長変換半導体ナノ粒子の合成：ソーラー燃料合成において、太陽電池を介した間接的なエネルギー供給法がある。その際、通常のシリコン太陽電池が吸収できない短波長域の光を有効利用可能な波長変換半導体ナノ粒子の合成を実現する（3年後）。次に、この技術を燃料電池構造に組み込み、高効率ソーラー燃料電池の基盤技術を実現する（5年後）。

・特徴

- (1) 燃料電池に資する白金フリー触媒として安価な炭素と窒素で構成されるヘテログラフェンが期待されているが、従来アモルファス炭素への窒素ドーパしか実現されていない。一方、本プロジェクトの齋藤は、液中でプラズマプロセスを行う独自で新規なソリューションプラズマを用いて、結晶性ヘテログラフェンを世界最初に合成している。また、マテリアルインフォマティクスと先端解析技術を用いて高機能化カーボン材料の研究に取り組ん

でいる。

- (2) 本プロジェクトの吉田は、新規ワイドギャップ半導体である  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  に銀ナノ粒子助触媒を担持すると  $\text{CO}_2$  の還元が効率良くできることを世界最初の実現している。又、従来の  $\text{TiO}_2$  は、その広いバンドギャップゆえに紫外光しか吸収しないため、吸収波長の長波長化が必須である。バンドギャップを狭くする方法として窒素ドーピングが知られているが、触媒能を左右するその電子状態に関する研究では、吉田が国内外で最先端の研究を行っている。
- (3) 寺島はこれまでに Ag ナノ粒子を担持したダイヤモンド半導体を開発し、世界で初めてダイヤモンドが光触媒として機能し、二酸化炭素を一酸化炭素へと光電気化学的に還元できることを発見した。このため、極めて新規性の高い研究であり、特許も多数出願し、優位性が確保されている。
- (4) 触媒やナノ粒子を利用する場合、ナノ粒子を合成・精製した後に、メンブレン電極材料に担持して利用する方法が国内外で一般的である。一方、本プロジェクトの白藤は、気液界面だけを利用したソリューションプラズマによって、ナノ粒子含有メンブレンを液面上にワンポットで世界最初に合成しており、合成プロセスの簡便化と低コスト化を実現できる。
- (5) ソーラー燃料電池については、燃料電池側の高効率化に注目した例は多いが、太陽電池の高効率化に着目した例は少ない。本プロジェクトの金が最先端研究を実施している波長変換半導体ナノ粒子の合成研究は、従来は捨てていた短波長光をも利用できる高効率のソーラー燃料電池の実現に寄与するものとなっている。

#### ・競争領域へと発展させるための目標への寄与と産業界からの期待

本プロジェクトのシナリオのひとつである「高効率物質変換技術を基盤とするソーラー燃料の循環」では、 $\text{CO}_2$  の高効率還元による燃料の合成、ならびに燃料を利用して人間活動に資するための高効率燃料電池の実現が不可欠となる。これらの技術が実用化できるか否かは、用いる触媒の能力とコストパフォーマンスに大きく異存しており、その性能向上は、参画する全ての企業が望むところとなっている。しかし、各企業が単独で有する技術を高度なものにするためには、大学との共同研究による基礎的な物理・化学の解明が必要であり、また全ての技術を組み合わせたトータルソリューションの最適化と実用化のためには、お互いが協力する必要がある。本共創プロジェクトに参画する企業は、自社技術の高度化だけではなく、参画する他社技術の高度化も将来の自社の利益につながると期待している。

#### ・技術的課題

光触媒については、触媒能の向上という必須課題に加えて、利用できる波長帯域を従来の紫外領域から可視域に拡大することが実用化のための重要な課題である。白金フリー触媒（ヘテログラフェン）の開発では、現状では実験装置レベルとなっているスループットを、実用化のために低コストの大量・高効率化することが課題となる。

#### ・実現の妨げと成り得る規制・制度面の障壁

「高効率物質変換技術を基盤とするソーラー燃料の循環」というコンセプトを地域で実現するためには、その地域における燃料電池を利用する自動車やその他のモバイル機器の普及、ならびに燃料供給ステーションのインフラ整備が必要である。そのためには、補助金制度やグリーン税制に相当する施策が必要である。

### □ 技術的課題を解決するための研究開発課題 1：安価で高性能な触媒の開発

- ・研究開発代表者：吉田 朋子（大阪市立大学 複合先端研究機構 教授）
- ・共同研究機関：名古屋大学、大阪市立大学、東京理科大学、(株)名城ナノカーボン、トヨ

タ自動車(株)，堺化学工業(株)，エア・ウォーター(株)，ナノアース，(株)オーク製作所，  
(株)コベルコ科研，他 1 社

二酸化炭素の資源化や，水からの水素製造を可能とする光触媒や，化学工業における有用な化学原料や基幹化学材料を合成する固体触媒は，持続可能な社会を創生するためのキーテクノロジーである．これら光触媒・固体触媒の実用化を視野に入れ，希少元素を用いない，あるいはできるだけ希少元素の使用量を減少させた安価な触媒を，様々なアプローチから開発する．例えば白金などの貴金属を用いなくとも，触媒材料のナノシート化や，プラズマ液界面電気化学技術による触媒表面加工など，触媒構造の緻密な制御によって，安価で且つ高性能な光触媒・固体触媒の創製を目指す．

## ② キーテクノロジー2：異種界面形成・制御技術

### ・目標

高効率エネルギー変換や電池の開発には、触媒と電極、電極と電極など異種界面の形成技術とその制御技術開発が必須の課題である。この異種界面形成・制御技術は、触媒反応における気固液界面、コンポジット材料での母材/フィラー界面、熱伝導材料における部材間接合界面等を制御する鍵となる。異種界面形成・制御技術は、古くからその重要性が指摘されつつも、出口指向の研究開発に進むことになり、その形成・制御技術の確立は後回しになってきた。本課題では、電池のみならず、各課題に共通する基盤技術として、異種界面形成・制御技術の開発を行い、出口性能での不連続的な性能飛躍を狙う。

また、炭素の利用および熱エネルギーの循環として、放熱材と熱回収・蓄熱装置の開発を実施する。放熱材については、既存材料の特性が限界に近い分野で、より高性能な放熱材を創製する。特に金属と炭素系材料の界面構造制御によって効率的な放熱を実現する。

いずれの技術についても、企業のニーズは高く、競争領域へは、3～5年後には展開できると考えている。

### ・特徴

異種界面形成・制御技術については、大きく分けて二つの段階がある。一つ目が、界面をいかに形成するのかというプロセス技術である。プロセス制御は、一般的には、収率等反応工学的な視点から制御することが一般的である。本課題では、界面形成形態（構造と物質）の観点から制御を行う。二つ目が、界面の制御技術である。個々の材料表面の改質等により、会合後の界面形成の状況は大幅に変わる。その界面反応を制御することにより、新しい機能的な界面の形成が可能となる。本課題では、界面形成形態を制御パラメータとしたプロセス制御、新たな界面形成能を付与する技術により、従来、内在的な致命的課題であった異種界面の制御を行うことにある。特に、本視点を、産学協働で実施する課題として取り上げることが重要と考えている。

- (1) 市野はめっきという材料表面のマクロな改質技術やめっき/基板界面といったミクロな異種界面形成・制御技術を多く開発してきた。更に、めっき中にマイクロ～ナノオーダーの粒子等を分散して複合する分散めっきの開発に取り組んでおり、粒子/金属界面などのナノスケールの界面形成や制御技術の実績も有する。JST/CRESTの研究領域「ナノスケール・サーマルマネージメント基盤技術の創出」内の「分子界面修飾とナノ熱界面材料による固体接合界面熱抵抗低減」において、ナノ炭素系材料の活用による高熱伝導熱界面材料の研究を担当しており、同分野における技術に優位性がある。
- (2) 芹澤は、これまでに、水蒸気を駆使したアルミニウム合金あるいはマグネシウム合金上に優れた耐食性皮膜を形成させる技術を確認している。皮膜を、金属水酸化物にカーボン材料を加えてヘテロ構造化することで、耐食性と導電性を併せ持つ皮膜の作製に成功したことから、今後、これまで遅滞していたセパレータへの軽金属材料の適用が期待できる。本技術は極めて新規性が高く、特許も多数出願していることから、類似技術に対する優位性が確保されている。
- (3) 通常、電池活物質には不定形二次粒子が使われているが、低い結晶性や粒界接合性により、高出力といった高負荷用途では性能を十分に発揮できない。手嶋が独自保有する結晶育成手法を電池活物質や電極構造創製に導入してきた。現在までに電池

材料の単結晶化や層界面接合技術を開発しており、電子・イオン伝導パスのデザインが可能である。

- (4) 信州大学杉本研究室はこれまで、正極に用いる大容量キャパシタ電極材料開発を進め、酸化ルテニウムナノシートが電気二重層での電荷の蓄積放出だけでなく、表面近傍の酸化還元反応を利用でき、比静電容量 1000 F/g が得られることを見出した (W. Sugimoto, H. Iwata, Y. Yasunaga, Y. Murakami, and Y. Takasu, Angew. Chem. Int. Ed., 42, 4092 (2003).). 同ナノシートが水系電解液中においても高い比静電容量を発現することに着目し、複合負極と組み合わせることで、次世代ハイブリッドキャパシタを開発し、JST/ALCA 事業 (2010-2020) にて研究を進めてきた。貴金属ナノシートをはじめとした導電性ナノシートの研究には 15 年以上の経験があり、スーパーキャパシタや電極触媒へのナノシート電極応用に関する研究開発を世界に先駆けて進めている。

・競争領域へと発展させるための目標への寄与と産業界からの期待

異種界面形成・制御技術は、企業等での研究開発の現場では、十分に深堀できていないのが現状である。計測上の問題や、工数の問題が現実にはある。このため、このような共通性が高い基盤技術については、1社で研究開発を進めていくよりは、その趣旨に賛同するチームで技術開発を進めていくことが効率的である。一方、この分野は大学等研究機関が強みとする領域であり、企業サイドから、大学が中核を担うプラットフォームを形成することが強く期待されている。また、これらの計測等が理解できる人材育成は、各社とも必須の課題であるが、自社のみの育成には限界があると異口同音の声が聞かれる。

・技術的課題

研究フェーズとして、競争領域への早期移管が期待されるハイブリッドキャパシタおよび次世代 LIB (Lithium Ion Battery) の具体的な技術的課題は以下のようなものである。

- (1) ハイブリッドキャパシタ：溶液中で安定動作する固体電解質の開発と電池極との緻密界面形成が課題となる。炭素材料よりも面積比容量が大きい酸化物系材料に規則ミクロ細孔を導入する新規技術が求められる。

この新規技術によって、リチウムイオン二次電池より一桁高い出力密度、リチウムイオンキャパシタより一桁高いエネルギー密度、1 万回の充放電を見通せる技術開発目標を達成する。

- (2) 次世代 LIB：高出力・高レートを実現するには、高効率イオン伝導と界面におけるイオン拡散抵抗の低減がボトルネックになることから、集電体表面上での電極活物質間を化学的に接合する技術が求められる。さらに、活物質と固体電解質間のシームレスなイオン伝導パスの形成、活物質自体のイオン伝導度の向上を両立する技術が必要である。

そこで、今回フラックス結晶材料の電極塗工 (塗布・乾燥) プロセス技術を開発することにより、単粒子時の最大性能 (市販比 20% の出力増、4 倍程度のサイクル寿命増) 発現を目指す。

- (3) データの蓄積と解析により得られる知見も多々あるが手付かずである。

・実現の妨げと成り得る規制・制度面の障壁



データの統合に向けた基準がない

## □ 技術的課題を解決するための研究開発課題 2：安価で高効率なエネルギーデバイスの開発

- ・研究開発代表者：齋藤 永宏（名古屋大学 未来社会創造機構 教授）
- ・共同研究機関：名古屋大学，信州大学，芝浦工業大学，トヨタ自動車(株)，東レエンジニアリング(株)，石福金属興業(株)，いすゞ自動車(株)，旭東ダイカスト(株)，(株)放電精密加工研究所，豊橋鍍金工業(株)、他1社

安価で高効率な電池の開発は、エネルギーの蓄積及び放出を自在に操るという観点から、エネルギーのリユースには、極めて重要な課題である。特に電池で使用する固相固相異種界面、物質内ヘテロ構造界面の構造を正しく理解し、予定する構造を部材において実現することが重要である。

電池には、多くのカーボン材料が用いられている、しかし、カーボンやヘテロ元素（一般的には軽元素）からなる材料の構造決定、界面構造決定は極めて難しい。ラマン分光や光電子分光などを用いて評価はされているが、学术界においては、実際の構造を見ているのかという懐疑的な意見も多々ある。計測理論上、捉えることができていないとするのが正しい。

一方、観察においても、ヘテロ原子の位置や、ナノ構造を判別することは極めて困難である。これは、軽元素であることに起因している。また、カーボン材料と酸化物、金属は、通常は界面形成ができない。カーボンは、他の物質の混合を極めて嫌うためである。

あわせて、熱特性の改善を図る上でもヘテロ構造界面制御技術を開発することが極めて重要であり、エネルギーの高効率化に寄与できる。

本課題では、安価で高効率なエネルギーデバイスの開発をめざす。その不連続的な性能向上を進めることができる異種界面形成・制御技術の基盤構築を行う。

- (1) カーボン内ヘテロ界面の構造の可視化あるいは位置特定技術開発
- (2) カーボン・カーボン界面の構造の可視化と特性評価の技術開発
- (3) カーボン・金属界面の構造の可視化と特性評価の技術開発
- (4) カーボン・セラミック界面の構造の可視化と特性評価の技術開発
- (5) 異種界面形成プロセスの開発
- (6) 各種データの統一化とデータ分析技術の開発

## □ 技術的課題を解決するための研究開発課題 3：高効率熱マネジメントシステム並びにその設計・評価技術の開発

- ・研究開発代表者：北 英紀（名古屋大学 未来社会創造機構 教授）
- ・共同研究機関：名古屋大学，中部電力ミライズ株式会社（2019年10月1日～2021年3月31日），(株)北陸テクノ，美濃窯業(株)（2020年4月1日～2022年3月31日），(株)ヤマト）

・加熱や燃焼に使用される炉はモノづくりにとって不可分な設備であり、その廃熱はエンタルピー、エクセルギー共に大きく、段階的に再利用できるポテンシャルを持っている。しかし廃熱の発生場所や時間と利用側のそれとは隔たりがあるため、廃熱の有効利用のための技術には課題が多い。蓄熱や熱輸送などの技術は国のエネルギー政策の中でも重要項目とし

て挙げられており技術開発も進んでいるが、現状、100℃レベルの低温域ですら、熱輸送の実用化例は限定的である。さらに 500℃クラスの高温域の蓄熱技術となると、蓄熱材に加えてモジュール、システムを構成する周辺材料にも耐熱・耐食性が要求され、更に炉から排出される廃熱は気相で温度や出力変動は大きく、現行の蓄熱技術では十分な回収効率を得ることは困難である。高温廃熱の蓄熱・熱輸送技術の社会実装に向けて、蓄熱材だけではなく周辺材料や蓄熱操作などを含めた統合的なアプローチが必要である。我々は耐熱耐食性に優れたセラミックスを活用したハイブリッド蓄熱システムを考案し、本コンソではこれを出口としたモジュール化とそれに付随する材料・プロセス技術を非競争領域の研究として位置付ける。

・循環システムの効率は、定常性を維持するために投入されるエクセルギーの消費、あるいはエントロピーの生成速度で評価するのが適切と考える。そして技術革新、様々な損失、人の欲求・欲望で生じるゆらぎに対して安定な循環システムや社会システムがあるとすれば、それは散逸構造に近く、エントロピー生成は極小となるだろう。本研究開発では、エントロピー生成に準ずる指標としてエクセルギー消費速度を導入し、エネルギー・循環システムの効率性の評価に向けて、データベースや可視化ツールの開発等の評価基盤を構築する。具体的には 1000 程度の人工物やエネルギーのデータベース作成と同データベースを活用したエクセルギー消費を可視化できる設計ソフトウェアを開発する。

- (1) フレキシブル化学蓄熱モジュールの開発
- (2) セラミックシェルを配した潜熱蓄熱体の開発
- (3) 選択吸収可能なセラミックスおよび顕熱蓄熱体の開発
- (4) 人工物に関わるエクセルギーデータベースの作製
- (5) 人工物製造システムとエクセルギー消費の可視化；上記データベースに基づく循環システム設計ソフトウェア開発

### 3 共創コンソーシアム

#### 3.1 産学共同研究における費用負担の適正化・管理業務の高度化

##### 3.1.1 構築した仕組みの概要及び運用状況

本共創コンソーシアムにおいては、共同研究に参加する民間企業（幹事会員）は個別研究課題ごとに、研究機関と個別の「共同研究契約」を締結した。個別研究課題の実施にあたり、直接経費については必要経費の積算を明確にして企業の合意を得た。直接経費について、研究終了後の使用実績報告を求められれば開示していく。間接経費については、「産学官連携による共同研究強化のためのガイドライン」（以下「ガイドライン」）で示されている費用負担の適正化に基づき、教員人件費・事務費・研究支援経費・設備費などの積算をもとに必要経費の負担を求める考え方を説明し、本プログラムにおける大型共同研究については先導的事例の適用をはかった。

こうした考え方を基に、以下、各大学での状況について報告する。各大学の既存のルールを活用している場合が多いが、芝浦工業大学においては OPERA を契機に学生雇用費としてプールする仕組みが新たに構築された。

##### 【名古屋大学】

名古屋大学では、従来型の共同研究制度ではなく、「組織」対「組織」による本格的な産学官連携を目指した新制度である「指定共同研究制度」を本共創コンソーシアムに適用した。

以下はその概要である。

参画企業は、大学との「指定共同研究契約」に基づいて、以下の研究費を負担する。

- (a) 直接経費：共同研究実施に要する直接研究費
- (b) 間接経費：「指定共同研究制度」では、共同研究の実施に際し間接的に要する経費や教員人件費相当額についてアワーレート方式にて相手方企業に費用を求める。これにより従来型の共同研究の仕組みは残しつつ、「組織」対「組織」による本格的な産学官連携に向けた体制を構築するとともに、増大する費用に対して十分な説明を果たし、コスト意識の醸成を図るものである。
- (c) 院生雇用経費：参画企業には、非競争領域における共同の研究課題を担当する大学院生（主として後期課程学生）の雇用費として、直接経費の 30%を目安に負担を求める。名古屋大学では、学生（大学院博士後期課程）の研究活動そのものを労働時間と見做す「研究員（学生）制度」を適用し、原則年俸 288 万円で雇用する。院生雇用経費は実施機関ごとにプールすることとし、当該学生は、各実施機関との雇用契約で管理され、個別の民間企業との雇用関係は発生しない。この院生雇用経費と、直接経費、間接経費との関係を図 3-1 に示す。

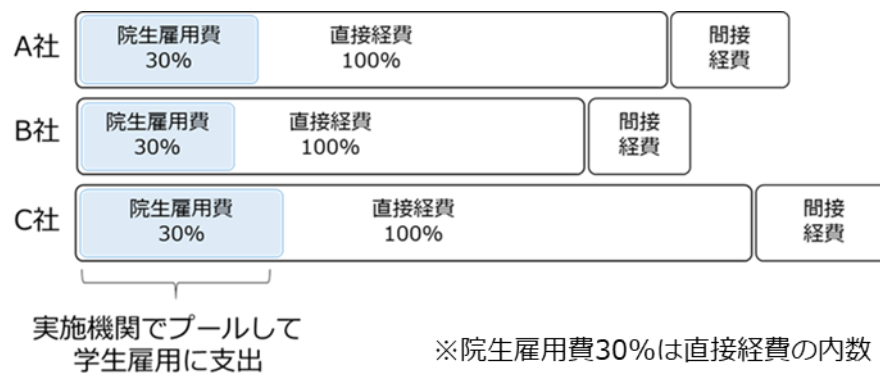


図 3-1 院生雇用経費と、直接経費、間接経費との関係

#### 【信州大学】

信州大では既存共同研究契約で対応した。

#### 【大阪市立大学】

企業からの資金は共同研究契約による確保を基本とし、一部に奨励寄附金と併せた確保もある。寄附金は使用期間に制約がないため自由度が高く、複数年度の研究活動には貴重である。間接経費の計上ルール・運営方法は既存の学内制度で運用しており、特段の問題はなかった（特別ルールは設けていない）。

共同研究の研究期間の複数年化を志向（契約・事務手続きの効率化、研究の計画的実行）。

#### 【芝浦工業大学】

民間資金の直接経費の一部を学生雇用費としてプールする仕組みを構築した。これにより、学生雇用の必要が生じた場合の雇用原資が確保できるほか、一定金額をプールすることにより必要なときに十分な条件で雇用できるようになった。

#### 【東京理科大学】

共同研究先の民間企業からは資金の提供を受け、直接経費の 30%を間接経費として大学のルールに従い費用計上した。ただし、同企業から常駐の研究員 1 名を大学に受け入れており、研究設備ならびに学術データベースの利用などの便宜を図り還元した。

#### 【JST マッチングファンド額について】

##### 【名古屋大学】

本共創コンソーシアムの活動において、新規研究開発課題の設定と新規参画企業の増加に伴い、民間資金導入が増加し、2019 年度には、民間資金がマッチングファンド額をオーバーする状態が生じた。2020 年度以降もこの状態が発生することが予想されたため、本共創コンソーシアムでは、民間資金導入額とマッチングファンド額の関係について、以下の方針で進めることとした。

##### 1. 考え方

- (1) 本共創コンソーシアムは博士後期課程に在籍する学生の人材育成をもう一本の大きな柱とし、民間資金による雇用を条件としており、後期課程学生の人件費相当分を優先的に配分する。

ただし、後期課程学生だけに限定するのか、運用面では拡大解釈して、ポスドクあるいは前期課程学生まで広げるのか、運営委員会での議論が望ましい。

(2) JST へのマッチングファンド申請額は研究開発課題毎に管理されており、踏襲した。

## 2. 計算式

$$M_i = (C_i - L_i) * (M_a - \sum L_i) / \sum (C_i - L_i) + L_i$$

$M_i$  : 研究開発課題  $i$  のマッチングファンド額

$C_i$  : 研究開発課題  $i$  の共同研究費

$L_i$  : 研究開発課題  $i$  の後期課程学生の人件費(共同研究費の内数)

$M_a$  : JST のマッチングファンド限度額

※ ただし、企業との共同研究費の合計額がマッチングファンド限度額を超えない場合、 $M_a = \sum C_i$  とする。

### 【大阪市立大学】

企業からの資金は共同研究契約による確保を基本とした。間接経費の計上ルール・運営方法としては、OPERA のための特別ルールは設けず、既存の学内制度を運用した。

### 【東京理科大学】

共同研究先の民間企業からは資金の提供を受け、直接経費の 30%を間接経費として大学のルールに従い費用計上している。ただし、同企業から常駐の研究員 1 名を大学に受け入れており、研究設備ならびに学術データベースの利用などの便宜を図り還元した。

### 【芝浦工業大学】

共同研究において、企業から提供いただく研究費の算出については、研究活動で必要になると思われる金額について各教員が算出し、企業との合意のもとに成立していることが多い状況であった。本事業開始後、共同研究を行う教員の負担を考慮してアワーレート方式の導入を検討してきた結果、教員の職位別に時間単価を設定しそれを含む形で算出を行う仕組みを 2019 年度に制度化した。一定の研究費以上を対象としており、本事業終了時までには数件該当した。また、外部からの研究員を学内に受け入れて共同研究を行う場合、施設使用料を企業側に負担してもらうよう 2020 年度に規程を定めた。間接経費・一般管理費の算出については、それを含めた全体の受け入れ金額に対して一定の割合を定めた定率方式を採用した。上記の検討、導入については幹事機関ならびに共同実施機関の制度が大変参考になった。

### 【信州大学】

信州大では既存共同研究契約で対応した。

## 3.1.2 得られた効果

### 【名古屋大学】

#### ・【マッチングファンドについて】

企業と国の双方から資金を得る仕組みについて、多数(OPERA 事業期間中で最大 21 社)の企業の賛同を得、人と金の原資を有効に活用し研究を進めることができたことは大変良か

ったと思う。

・【直接経費の30%を院生雇用経費に充当する事について】

学生の就職におけるオブリゲーションを課すことなく、企業から提供される直接経費資金の30%を博士学生の雇用費として充当する仕組みについては、当初企業からの反対意見が出ることも予想された。しかし実際には、企業の多くは、博士人材の育成の重要性や課題を知るきっかけとなり、大学の教育、人材育成に貢献できる機会と捉え同意を示された。

もちろん、学生は自身の研究に従事しながら経済的な支援をうけることができ、加えて企業プロジェクトに参画していることを体感できたと思う。こうした好循環は、「プロジェクトの推進を通じた人材育成」という当初の目論見を一定程度実現できたと感じる。

【大阪市立大学】

共同研究契約による企業からの共同研究費の確保や、間接経費の計上ルール・運営方法を、既存の学内制度で運用したため、契約・事務手続きが複雑とならず、効率化が図られた。そのため各年度における産学共同研究に速やかに取り掛かれた。

【東京理科大学】

民間企業からの研究費としての資金提供以外に、常駐研究員を人的リソースとして提供を受け、研究内容に関して双方の意思疎通を効率よく行うことができた。また、企業サイドでも有益性を甘受し、2022年度より社会人特別選抜にて博士後期課程の学生として送り出してくれることとなった。

【芝浦工業大学】

企業との共同研究の実施において、アワーレート方式を導入して研究費の算出を行うこと、企業から研究員を受け入れて施設使用料を負担していただくことの二点により、企業側にとっては大学へ研究の一部を分担するという役割だけでなく、本学と企業が組織的に共同して研究活動を行っていくという認識が強くなった。

【信州大学】

特になし。

### 3.1.3 今後の課題、プロジェクト終了後の運用方針

【名古屋大学】

競争領域の定義が曖昧である。制度設計とリンクさせながら競争領域の状態を明確にすべきである。

制度設計について、本コンソにおけるマッチングファンドは、企業の出資額に対して、同額の資金提供がなされ、それがプロジェクト期間は一定であるという仕組みであった。進捗に応じてファンド率を変えるのはどうだろうか。すなわち、研究のフェーズをより細分化し、初期段階はむしろ国からの負担を大きくし、競争領域の姿を明確にしたうえでそれに対する到達度については、もう少し厳格に毎年チェックを行い、進捗につれて企業負担を増やす仕組みとした方が、競争領域移行に対する意識がより高まるのではないか。

【大阪市立大学】



運營業務において特段の問題はない。契約・事務手続きに関する一連の流れを、企業側も大学側も理解できているため、今後の共同研究の計画が立て易いことから、今後も構築した仕組みを踏襲し、産学連携共同研究の期間の複数年化を志向していく。

【東京理科大学】

2022 年度より博士後期課程に入学した社会人学生を通して、研究テーマおよび共同研究を継続していく。博士課程修了の 2024 年度末までには学術論文として成果をまとめるだけでなく、次のステップへ進めるよう企業とも調整しながら発展を模索する。

【芝浦工業大学】

企業との共同研究の実施に係る研究費の算出において、アワーレート方式を取り入れるとしたときに、実際にそれぞれの教員が当該研究にかかる時間を算出することが困難であることがあることが課題点としてあげられる。

さらに、国が示す産学連携ガイドラインにおいては、知の価値づけとして教員に人件費を上乗せすることが求められている。そのため、2023 年度以降の導入を目途に、戦略的産学連携経費として、教員個人への還元および URA 雇用のための費用を上乗せすることを現在検討している。また、大型の共同研究においては共同研究講座として受け入れ、2023 年度から研究活動を実施する予定である。

【信州大学】

特になし。

## 3.2 共創コンソーシアムにおける知的財産の取り扱いルールの方針

### 3.2.1 構築した仕組みの概要及び運用状況

複数法人にまたがる共有知財管理の方法論は、既に名古屋大学内に設置された「GaN 研究コンソーシアム」、及び「OPERA事業：人間知能機械協奏技術コンソーシアム」のそれを活用した。本コンソーシアムでは、OPERA事業の委託費を使用して行われる非競争領域の共同研究成果について、複数法人が各々保有する知財の実施許諾をコンソーシアムがコンソーシアム終了後も含めてとりまとめることで、非競争的に産業を育成することを狙った。以下の方針で合意した。

1. 非競争領域における共同研究の成果として得られた共有知財については、権利者による実施は無償とする。
2. 参加研究機関と参加民間企業との共願にかかる出願・維持費用に関しては、共有権利者である民間企業がこれを負担する。
3. 非競争領域における共同研究の成果について、参加機関による共創コンソーシアムの活動としての研究開発に対しては、権利者は権利行使をしない。
4. 非競争領域における共同研究成果の事業目的の実施については、参加機関に対して原則として実施許諾するものとし、その実施条件については運営委員会で協議し、権利者はその結果を尊重する。
5. 非競争領域における共同研究に対して必要となるバックグラウンド知財については、権利者が容認可能な場合には参加機関による実施について、権利者は権利行使しない。
6. 非競争領域における共同研究成果の事業目的の実施において必要となるバックグラウンド知財について、権利者が参加機関に実施許諾する場合には、その実施条件について運営委員会で協議し、権利者はその結果を尊重する。
7. 本コンソーシアム終了後、協調共同研究のフォアグラウンド知財であって、本コンソーシアムの体制を引き継ぐ法人により必要とされたものについては、原則として、当該法人に対してサブライセンス権（再実施権）付きの通常実施権を許諾するよう協力するものとし、その実施条件については運営委員会で協議し、権利者はその結果を尊重する。
8. 協調共同研究のフォアグラウンド知財の実施に必要となるバックグラウンド知財について、権利者が当該法人に対してサブライセンス権（再実施権）付きの通常実施権を許諾する場合には、その実施条件について運営委員会で協議し、権利者はその結果を尊重する。

なお、創出された知財がコンソーシアム終了後も非競争的に産業を育成することに最大限生かされるような仕組みを検討・導入することにした。例えば、コンソーシアムの機能を事業として承継する法人に対して、必要となる知財権のサブライセンス権を付与できるようにすることが検討された。

以上、知財取扱いルールの方針を整理したものを下の図 3-2 に示す。

| 項目            |            | 方針                                                                              |
|---------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 出願等費用負担       |            | 参加研究機関と参加企業との共願にかかる出願・維持費用に関しては、共有権利者である当該企業がこれを負担する                            |
| 共有知財の権利者による実施 |            | 権利者による実施は無償                                                                     |
| 実施<br>許諾      | フォアグラウンド知財 | コンソ内研究活動：参加会員には権利行使しない                                                          |
|               |            | 事業目的：参加会員に対して原則として実施許諾（実施条件はコンソの運営委員会で協議、権利者はその結果を尊重）                           |
|               | バックグラウンド知財 | ＜コンソ終了後＞：コンソを承継する法人に対して、必要な知財権のサブライセンス権を与えることに協力（実施条件はコンソの運営委員会で協議、権利者はその結果を尊重） |
|               |            | コンソ内研究活動：権利者が容認可能な場合、参加会員には権利行使しない                                              |
|               | バックグラウンド知財 | 事業目的：可能であれば許諾（実施条件はコンソの運営委員会で協議、権利者はその結果を尊重）                                    |
|               |            | ＜コンソ終了後＞：コンソを承継する法人に対して、必要な知財権のサブライセンス権を与えることも可能（実施条件はコンソの運営委員会で協議、権利者はその結果を尊重） |

図 3-2 共創コンソーシアム規約の知財取扱ルール方針

#### 【共創コンソーシアムの契約構造／契約の締結】

共創コンソーシアムとして、各大学と企業との間に締結された個別の共同研究契約や研究課題毎の契約を基本にしつつ、上記 1～8 の知的財産の取り扱いルールの基本方針を反映した知財管理規程を、共同研究を行っている参画機関の間で締結した。図 3-3 はその包括関係を示す。

### 知財管理規程と個別契約との関係

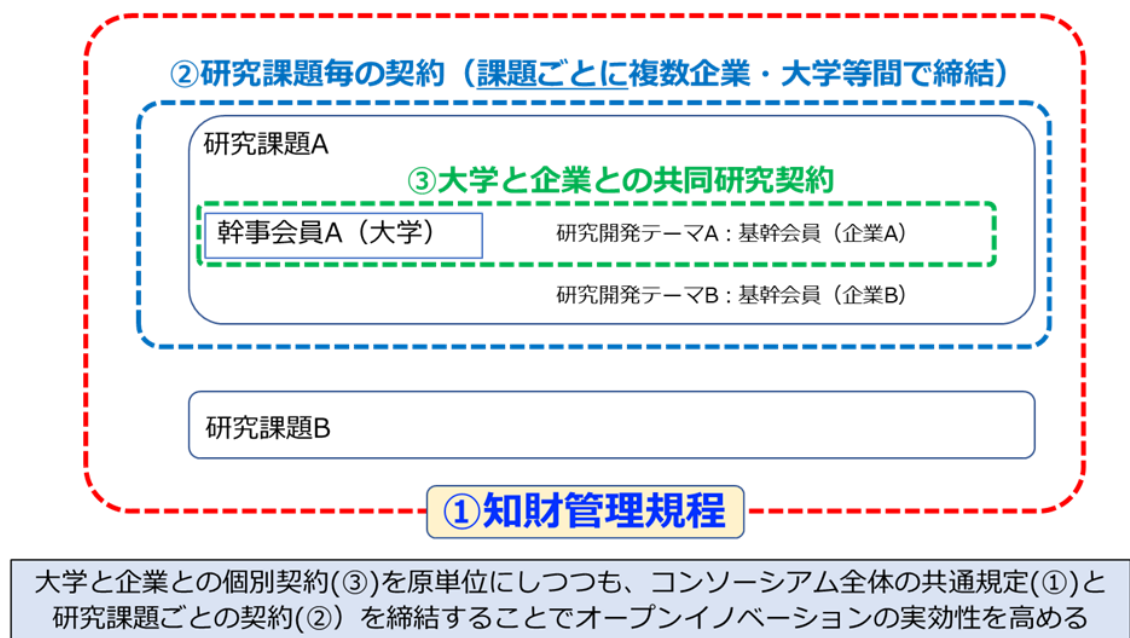


図 3-3 共創コンソーシアムの契約構造

#### 【データマネジメントプラン】

日常的な研究活動において生まれた研究データの保護と活用について取り決めをしておくことは、非競争領域における研究活動を円滑に進め、活性化させるために非常に重要なことである。

本コンソーシアムでは、図 3-4 に示すようなデータマネジメントプランを取り決めて、運用した。

#### 【ヘテロカーボン複合解析用データベース共創プロジェクトに関する知財の取り扱いルール】

ヘテロカーボン複合解析用データベース共創プロジェクト(Hetero-DIA) (研究開発課題 1-1-2) では、特許、ノウハウ、著作権といった様々な知的財産権が生まれる可能性があるため、研究開発課題 1-1-2 に参加する研究機関と民間企業の間で、図 3-3 の知財管理規程下の②研究課題毎の契約に相当する取り決めとして位置づけ、令和元年度に以下のように取り扱うことに決めた。

- (1) 知的財産権(特許、著作権(著作物としてのデータベース・プログラムなど) など)

方針：コンソーシアムの知財管理規定に従う

- (2) 知見・ノウハウ(論文・解析知見など)

方針：原則公開

ただし、プロジェクトに参画機関が開示した当該機関独自の知見・ノウハウにおいて機密指定のあるものは除く

- (3) データ・データセット

方針：参画機関内に限り、無償利用が可能

ただし、プロジェクト期間中は、参加民間企業に限定開示し独自の優先開発を促す  
プロジェクト終了後は、一定期間後に共用データベースは公開予定  
蓄積データの第3者への供与等は、その条件を名古屋大学が調整・決定

上記した取り扱いは、同プロジェクトに参加する1研究機関と企業4社の間で運用された。

#### 【各参画大学・研究機関の知財部門との関係】

知財管理委員会を構成する知財管理委員は、会員企業・機関（幹事会員及び基幹会員の企業・機関）の知財部門に在籍する者を中心に構成され、本コンソーシアムにおける共同研究の成果の権利化、各会員が有する知的財産の実施許諾等の作業を主に担当すると共に、本コンソーシアムと各会員企業・機関間の調整業務を担当した。

特に、各参画大学（幹事会員）の知財管理委員は、知財管理委員会の中心的な活動を担っていたことから、各参画大学の知財部門は、本コンソーシアムにおける、新たなルールの制定、発明の権利化、各会員企業・機関との調整などについて全面的に支援を行った。

| データ<br>No. | 必須記入項目       |                                                   |                                                                                                    |                                             |                |                                      | レベル 3（公開）を選択した場合は記載                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                   |                                                                                   | その他特記事項                                             |
|------------|--------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|            | 対応課題<br>番号   | 研究開発<br>データ名<br>称                                 | データ概要                                                                                              | データ取得者                                      | 公開レベル<br>※1    | 秘匿理由                                 | 研究開発データ保存・管理・公開/非公開<br>の方針                                                                                                                                                                                           | 研究開発データ<br>の想定利用用途                                                                                | 研究開発データの<br>利活用促進に<br>向けた取り組み                                                     |                                                     |
| 1          | 課題 1<br>課題 2 | 個別実験<br>データ                                       | ・企業との共同<br>研究の過程で取<br>得した全ての研<br>究データのう<br>ち、秘匿性のあるデータ                                             | 名古屋大学<br>信州大学<br>大阪市立大学<br>芝浦工業大学<br>東京理科大学 | レベル 1<br>(非公開) | 共同研究契<br>約等で研究<br>成果の公開<br>に制限があるデータ |                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                   |                                                                                   |                                                     |
| 2          | 課題 1         | マテリア<br>ルインフ<br>ォマティ<br>クスに寄<br>与するデ<br>ータセッ<br>ト | ・ヘテログラフ<br>ェンや比較用カ<br>ーボンの分析計<br>測データ（実測<br>データ・収集デ<br>ータ）及び当該<br>データを利用し<br>た AI・MI 解析<br>用データセット | 名古屋大学                                       | レベル 3<br>(公開)  | 秘匿しない                                | 新奇かつ高機能な物質であるヘテログラフ<br>ェンの応用研究を促進するため、事業終了<br>後に共用データベースとして公開（有償・<br>無償を含む）する。事業期間中は複数の契<br>約締結機関内で共用、一般への公開は協議<br>に基づき限定的に公開する。登録場所は名<br>古屋大学とし、定期的に当 OPERA の HP<br>に公開する。保存期間は公開後 3 年とし、<br>活用状況を鑑みて適宜延長する。        | ・ヘテログラフ<br>ェンの応用研究<br>・蓄積データを<br>活用した AI・MI<br>解析（企業・研<br>究機関等におけ<br>るカーボンの研<br>究開発・品質管<br>理への活用） | ・データの量・<br>質の拡充に向け<br>て、当該データ<br>ベース共同構<br>築・利活用を推<br>進するコンソー<br>シアムの設置を<br>検討する。 | ・令和元年に、左<br>記取組を推進する<br>コンソーシアム型<br>共同研究を立ち上<br>げた。 |
| 3          | 課題 1<br>課題 2 | 研究成果<br>論文のエ<br>ビデンス<br>データ                       | 研究成果論文の<br>成果根拠となる<br>実験データセット<br>（特性デー<br>タ、プロセスデー<br>タなど）                                        | 名古屋大学<br>信州大学<br>大阪市立大学<br>芝浦工業大学<br>東京理科大学 | レベル 3<br>(公開)  | 秘匿しない                                | 本プロジェクトの成果に基づく研究成果論<br>文は原則すべてオープンアクセス化できる<br>形式にて投稿するとともに、当該論文の研<br>究成果のエビデンスとなる研究データは特<br>段の理由がない限り公開とする。登録場所<br>は研究者が所属する機関のサーバーとし、<br>当該論文とともに適宜 HP 等で公開、もし<br>くは要求があれば公開できるよう適切に保<br>管する。公開・保管期間は 3 年以上とす<br>る。 | ・広くオープン<br>サイエンスに寄<br>与                                                                           | ・特に無し                                                                             |                                                     |

※1 レベル 1(非公開)：研究代表者所属機関限り      レベル 2（限定的公開）：本研究開発に参画する者の間限りの共有      レベル 3（公開）：一般公開

図 3-4 データマネジメントプラン

## 3.2.2 得られた効果

### 1. 効果

#### (1) 知的財産について

- ・ 国内特許出願 14 件，外国特許出願 6 件。
- ・ 研究開発課題 3-1-1 (熱マネジメント，蓄熱体) の成果については，社会実装に向け OPREA 非参画機関とのライセンス契約締結を予定。

#### (2) 新たな技術基盤，知見等について

参画企業におけるヘテロカーボンの用途別開発や品質改善を加速するための共通基盤技術を知恵とリソースを結集して早期に獲得できた (具体的には，軽元素科学の基盤技術 (ヘテログラフェンの軽元素の絶対構造分析技術と解析知見)，ヘテロカーボンの複合解析用データと解析手法 (自社内解析に使用するデータ) に関する成果を共創・共有し，利活用できた)。

### 2. 取り扱い方針

#### (1) 知的財産について

##### ア. プロジェクト実施期間中

フォアグラウンド知財については，プロジェクト内研究活動に対して，参画機関には権利行使しない。事業目的については，参画機関に対して原則として実施許諾する (実施条件はコンソの運営委員会で協議，権利者はその結果を尊重)。

##### イ. プロジェクト終了後

プロジェクト終了後も，知財管理規程に従い，フォアグラウンド知財を保有する参画機関は他の参画機関や非参画機関への実施許諾を進めていき，必要に応じて幹事機関と協議する。

#### (2) 新たな技術基盤，知見等について

##### ア. プロジェクト実施期間中

データ開示については，参画企業に限定開示し，独自の優先開発を促す。参画企業による第三者へのデータ開示条件は別途定める。

##### イ. プロジェクト終了後

一定期間後に共用データベースは公開 (含：有償許諾) する。但し，参画企業が独自に追加拡張した部分 DB は，その企業による秘匿を認める。

### 3. 運用としての効果

知財管理委員会を構成して，知財戦略の立案／運営，知財関連の課題 (契約・特許・ノウハウ等) の調整，共有知財の事業化戦略の立案／調整／運営等を行うことで，知財戦略をより効率的に進めることができた。

また，各参画大学 (幹事会員) の知財管理委員が知財管理委員会の中心的な活動を担っていた。そのことから各参画大学においても，知財部門が本コンソーシアムにおける，新たなルールの制定，発明の権利化，各会員企業・機関との調整などについて本事業の方針に合わせて全面的に支援を効率的に行うことができ，本事業全体の知財戦略と各大学での対応との緊密な連携が実現できた。

#### 4. 運用適用企業数等

##### (1) 知的財産について

研究機関：5 機関，民間企業：20 社

##### (2) データ等について

研究機関：1 機関，民間企業：4 社

### 3.2.3 今後の課題，プロジェクト終了後の運用方針

#### (1) 知的財産について

OPERA 事業の委託費を使用して行われる非競争領域の共同研究成果について，複数の会員が保有する知財実施許諾をコンソーシアムがとりまとめることで，非競争的に産業を育成したが，プロジェクト終了後においても，幹事機関が中心となって，創出された知財が非競争的に産業を育成することに最大限生かされるような本事業後の知財管理に関する仕組みについて検討した。

#### (2) データ等について

データの量・質の拡充に向けて，幹事機関が中心となって，当該データベース共同構築・利活用を推進するための仕組みについて検討した。例えば構築したデータベースの商用運用を見据えてコンテンツ別の有償・無償の差別化やデータベースの提供先に合わせてデータの加工の有無について検討した。



### 3.3 人材育成についての方針

#### 3.3.1 構築した仕組みの概要及び運用状況

すでに各機関で実施されている、博士レベルの産業科学人材育成プログラム（「リーディングプログラム」など）を相互に活用することを含めて、新たに「物質・エネルギーリノベーション共創コンソーシアム3P人材育成産学連携教育プログラム」を、5大学連合で発足させた。対象の学生は、各大学により選抜された博士課程学生を中心にするが、長期育成の観点から、博士課程まで進学希望を有する4年生の学生も含めることもあった。これらの学生は、コンソーシアム研究学生とし、人材育成プログラムへの参画を認めた。

本人材育成プログラムの特長は、学生が企業との産学連携研究に直接参加し、OJTを通じて育成される場を提供することであり、以下の3点を柱とした。

- ① 海外機関や産業界への派遣・連携を通じて、実社会で自律的に活躍できるプロ人材を養う  
(Professional)
- ② 大学の特徴を活かしたりベラルアーツ教育による視野の広い人材を育成する  
(Philosophy)
- ③ 行政・地域との連携を通じて、実社会課題の認識・解決能力を醸成する  
(Practice)

以上の柱に基づいた効果的に行うための方策・効果としては、次のようなものがある。

- 博士課程の学生の企業人材育成の一環として、企業の研究者にとって最も重要な知的財産の創出に関して、学生に特許の明細書の書き方をOJTで実施し、自らの発明の特許として仕上げる能力を身に付けさせる。これを将来、大学の単位として認定することを大学としても検討する。
- 一般的に学生は学内での研究を主体とするが、共同研究先企業での研究も可能とする。
- 教員もクロスアポイントメントにより企業に出向することで、共同研究推進と同時に派遣した学生のメンターとしての役割を担う。産学マネジメント相互理解を深めることにより、中長期的視点でより効果的な産学連携教育プログラムにつなげる。
- 学生は、企業研究者とのペアリングにより、実用化を意識した実学研究を体験できる。
- コンソーシアム内の他の研究との関係性や社会ニーズ等の議論の場を設定し、視野拡大や企画創造力を養う。
- 企業研究者にとって、学生を指導することを通してアクティブラーニングの実践による基礎的研究力と指導力が向上する。

1. 海外機関や産業界への派遣・連携を通じて、**実社会で自律的に活躍できるプロ人材**を育成（**Professional**）
2. 大学の特徴を活かしたリベラルアーツ教育による**視野の広い人材**を育成（**Philosophy**）
3. 行政・地域との連携を通じて、**実社会課題の認識・解決能力**を醸成（**Practice**）



図3-5 「物質・エネルギーリノベーション共創コンソーシアム：3P人材育成産学連携教育プログラム」

以下、本報告書記載時の各大学の状況である。

#### 【名古屋大学】

名古屋大学では、産学官連携の活発化に伴い、博士課程学生の共同研究への参加に伴う問題点を整理し、企業等との共同研究を一層促進するために、平成28年11月に、「研究員（学生）の雇用に関する取扱要領」を制定した。この取扱要領では、「学生としての研究内容と雇用されるプロジェクト等で求められる研究内容が一致していること」と「優秀な学生であること」が基本条件となっており、給与等の労働条件についても定めている。この取扱要領によって、学術論文の発表や学生の就職先の自由度は担保されるとともに、営業秘密管理や知財管理については大学職員と同じ取り扱いとなる。OPERAの人勢育成では、本要領に則り運用した。

#### 【信州大学】

担当博士学生は共同研究先との定期打ち合わせに参加し、研究進捗状況を報告すると同時に、企業やプロジェクトの方向性を自ら確認できていた。自分が進める研究の目標を明確にするこ

とで、学術論文執筆に向けた研究を主体的に進めることができた。

#### 【大阪市立大学】

企業側から社会人ドクター（ドクターコース学生）を研究室に迎え入れ、共同研究を積極に行った。また本学の大学院生（修士課程・博士後期課程学生）を共同研究経費（民間資金）により RA として雇用し、共同研究に関する実験・分析を実施させた。

#### 【芝浦工業大学】

共同研究の打合せおよびその事前準備の打ち合わせに学生を積極的に参加させ、その研究の意義や目的等をしっかりとディスカッションすることで、研究に対するモチベーションや研究の意義を理解させるようにした。さらに、共同研究に参画する学生を共同研究先の企業に行かせ、企業の保有設備を利用した研究活動を実施するようにし、研究意欲を高めるようにした。学会発表や学術論文などの対外的な成果発表に関しては、共同研究先と事前にその内容を吟味し、知的財産の創出に繋がるような内容の有無の確認を学生とともに行うようにした。さらに、優秀な学生に関しては、グローバル化に対応できる研究者になるために、国際学会や短期留学プログラムへの参加に関する資金を提供するシステム（グローバル促進システム）を構築した。さらに、博士後期課程への進学を予定した場合には、研究活動に専念できるようにするためのインセンティブシステムを構築し、博士後期課程への進学意欲を高めるようにした。

#### 【東京理科大学】

本プロジェクト期間中に、残念ながら博士後期課程の学生は参加していなかった。しかし、本プロジェクトの主旨や成果をもとに、共同研究によって得られる技術的側面とマネジメント能力構築の面を理解してもらうための進学意欲を強める機会は得られた。

### 3.3.2 得られた効果

#### 【名古屋大学】

本事業の実施期間中に、博士課程後期の学生：10名、前期の学生：15名、学部学生：5名と合計30名の学生が参加し、博士課程後期の学生：5名、前期の学生：1名を民間資金による経費で雇用した。

#### 【大阪市立大学】

OPERA 期間中に企業側の社会人が博士号（工学）を取得することができた。博士号取得により、企業においても主任研究員に昇格となったり、学会での各種委員も担当することになり、社会における活動力・範囲が拡大された。社会人ドクターを研究室に迎え入れたり、大学院生を共同研究の RA として雇用したことから共著の学術論文掲載したり、共著の学会発表を行うことができた。

#### 【東京理科大学】

月1回の会議では、民間企業の視点から厳しいコメントと有意なアドバイスを受け、参画学生は他の学生にはない、思考力が身に着いたと感じる。研究の進め方のみならず、結果の報告の仕方や話し方が社会人並みとの評価を企業サイドからも受けるようになった。これは、他の学生に波及し、研究室全体の質と雰囲気は格段に向上した。

#### 【芝浦工業大学】

本 OPERA 事業に関する研究開発に専任として従事するプロジェクト研究教員の人事制度は、若手研究者にとってはプロジェクトに関する業務の他、プロジェクトに参画することで獲得した知見や経験を基により発展的に自らの研究活動を行うことができる時間の確保が可能となり、プロジェクト研究教員が自ら外部資金に申請するなど積極的な活動につながった。また、12 か月間は雇用が保証されるためプロジェクト終了後のポスト探索に時間的余裕ができた。研究室運営責任者（PI）は、若手研究者の公募等に際して、プロジェクト研究教員制度の条件を提示することで、より優秀な研究人材の獲得が期待された。若手研究者が教育活動に従事できるため PI の業務軽減と研究活動へのエフォート向上につながった。

#### 【信州大学】

参画学生が第一著者となる学術論文 13 件掲載済みとなった。このほか、学会発表が 8 件（うち 1 件は国際学会発表）、特許出願が 5 件ある。

### 3.3.3 今後の課題、プロジェクト終了後の運用方針

#### 【名古屋大学】

本事業により多くの大学院生が企業との共同研究に関わることもできた。一方、学生自身の研究と本課題との線引きや時間的管理の部分においては、もう少し明確なルールを最初に提示したほうが良いこともあり、今後の課題として検討すべきである。それに関連して、研究業績の公開（論文投稿、学会発表）が指導教員・研究室の方針に加えて共同研究先企業との調整が必要であった点についても今後の課題として検討事項になった。

#### 【大阪市立大学】

企業側から社会人ドクターを研究室に迎え入れること、大学院生を共同研究経費により RA として雇用し共同研究の一部を実施させることは、人材育成の他にも、共同研究の活発化や双方の信頼関係の構築において大きな効果があるため、OPERA 事業後も積極的に実施していきたい。一方、共同研究成果の学会発表や論文文化において、企業側の特許出願の関係により発表時期が遅れてしまうことがあった。特許取得と共同研究成果発表の連携・迅速化が今後の課題である。

#### 【東京理科大学】

民間企業との共同研究に参画する学生には経済的支援を可能な限り行いところではあるが、原資に限りもあるため今後は、影響力のある学生を選定する仕組みを作り、該当学生を中心として他へ波及させるようにする。また、大学サイドとも粘り強く交渉し、より多くの経済的に困窮している優秀な学生への支援をしていきたい。

#### 【芝浦工業大学】

プロジェクト教員は 3.6.1 で記載したとおり、プロジェクト終了後も研究室運営責任者（PI）の推薦ならびに規定の条件を満たすことで 12 ヶ月を限度に雇用を継続できる制度のため、その期間も含めた長期間で当該研究者自身の研究活動を踏まえ将来の活動についての道筋が立てられるよう PI と大学で支援を行うが、具体的にプロジェクトが終了する事案はこれからになるため、具体的な支援方法や継続的な雇用に繋げるための取り組みの検討が今後の課題と考

えている。

【信州大学】

企業からの社会人ドクターを受け入れたことにより，論文化・特許化に向けた大学・企業の研究連携が加速化した。引き続き連携できるよう，大学・企業間の人材交流を進めていく。

## ○ 参画学生等の状況リスト

・ OPERA 全実施期間の参画学生総数： 60名

・ 進路状況内訳

①進学： 1名

②就職（アカデミア）： 4名

③就職（OPERA の参画企業）： 3名

④就職（その他）： 49名

### 3.4 機関連携・協力体制についての方針

#### 3.4.1 構築した仕組みの概要及び運用状況

民間企業と実施機関それぞれが有する教育・研究資源の共同利用を推進した。

##### ① 人材育成プログラムを通じた人的交流

研究プロジェクトですでに活用されているクロスアポイント制度を、人材育成に拡張し、「物質・エネルギーリノベーションコンソーシアム3P 人材育成産学連携教育プログラム」を推進した。推進にあたっては、リーディングプログラムなど、既存の大学院産業科学教育プログラムを相互利用することで、共通博士プログラムとして整備した。まずは、名古屋大学工学研究科化学システム工学専攻科後期過程のシラバスに「産官学プロジェクトワーク」を新設し、本コンソーシアムにより雇用される博士課程学生の教育プログラムとして整備した。

##### ② 「研究戦略パートナーシップフォーラム」を通じた技術的交流

共同研究成果と今後の課題について、広く議論を行った。学生からの発表も実施した。頻度は、本開催：年度末1回/年、プレ開催（会員限定）：年央1回/年であった。

第1回はキックオフとして平成30年11月14日に開催し、参加大学と参加企業との相互の研究計画・進捗状況を議論した。

第2回は、令和元年5月23日に開催し、本コンソーシアムの新規テーマである炭素材料の課題と共通基盤研究と、各研究課題の進捗報告を実施した。

第3回は、令和元年12月4日に開催し、「ヘテログラフェン・カーボンの機能／構造解析」、「高性能・高効率光触媒の開発」、「次世代LIBに向けたフラックスコーティング法による結晶」の各研究課題について進捗報告を実施した。

##### ③ 設備の共同利用

OPERA 事業での共用設備には、電気抵抗測定装置、超微細孔比表面積測定装置、超高圧電子顕微鏡等であった。

##### ④ データの蓄積・共同利用

本コンソーシアムでは、材料の計測分析が重要基盤となる材料・プロセス研究が多い。これらのデータを共有可能な状態で蓄積しておくことは、テーマを超えた研究者の議論に有効であるとともに、いずれはマテリアルズ・インフォマティクス(MI)への活用のためのデータベースとすべく、ここで着手しておくことに意義があると判断された。さらに本データベースの一部は、日本学術振興会研究開発専門委員会「イノベーション創出に向けた計測分析プラットフォーム戦略の構築」（設置期間：2014年10月から2017年9月）の活動と連携して、対象データとそのデータ構造を設定して共用データを蓄積した。具体的には、「ヘテログラフェンのデータベース構築とMIへの活用」を企画計画し、令和元年6月には本コンソーシアムの新たな研究開発課題として新設した。

#### 【令和2年度の取り組み】

- (1) 「研究戦略パートナーシップフォーラム」の開催(5月、12月)
- (2) 「若手人材育成ワークショップ」の開催(3月)

#### 【令和3年度の取り組み】

「研究戦略パートナーシップフォーラム」の開催(5月, 12月), および「若手人材育成ワークショップ」の開催(3月)を実施する予定だったが, 新型コロナウイルス感染に関する大学の運営方針に従い, 中止となった。

#### 【令和4年度の取り組み】

プロジェクトの最終年度としての取り組みを前提とし, 出口戦略に特化した「研究戦略パートナーシップフォーラム」の開催(5月, 12月), および「若手人材育成ワークショップ」の開催(3月)の実施を想定していたが, 新型コロナウイルス感染に関する大学の運営方針に従い, 中止となった。

### 3.4.2 得られた効果

産業分野においても関心度の高い, 炭素材料系「ヘテログラフェン・カーボンの機能／構造解析」, 「高性能・高効率光触媒の開発」, 「次世代LIBに向けたフラックスコーティング法による結晶成長」といったテーマについての報告会において, フリーに意見交換することで, それぞれの立場のもつ社会実装にむけての課題を共有できた。また, こうした機会に若手人材を巻き込んで実施したことは, 学だけでは指導しきれない社会実装での仕向け方など企業の研究の進め方や考え方を直接的に感じさせ, 実戦的教育の一助とすることができた。

### 3.4.3 今後の課題, プロジェクト終了後の運用方針

コンソーシアムを持続・発展させる。特に, 2023年10月2日設置予定のTIIと連携したオープンイノベーション促進システムを推進するための取り組みとして, 協調領域については名古屋大学の産学官連携組織である学術研究・産学官連携推進本部と連携し, 企業との共同研究のマッチングを図り, 競争的資金を獲得して研究開発活動を推進させる。その上で, まず本コンソーシアムの成果として, 競争領域へのフェーズアップを連携して行い, さらに連携の成果として新規テーマを複数件アップし, 新研究機関, 新企業も加えた新たな連携研究を今後拡充していく。

### 3.5 参画機関の管理方針

#### 3.5.1 構築した仕組みの概要及び運用状況

- ・研究戦略パートナーシップフォーラムを活用した新規課題・参画機関の発掘

コンソーシアムで実施している研究課題の成果を活用して想定される社会イノベーション（地域システム）のイメージ図、O I 推進室へのフェーズアップを断念した課題・テーマにて生まれたスピンオフシーズや共通基盤技術（開発した分析解析手法やプロセス要素技術など）などをもとに、「未来探索課題」を設定し、新たな課題やアイデアの探索の場とした。

共同研究に参加していない一般会員にも、「未来探索課題」を通じて、将来の研究開発課題の新規策定あるいは、既存の研究開発課題への追加参加を検討する機会を提供した。

同時に、コンソーシアムが年二回春と秋に開催する「研究戦略パートナーシップフォーラム」や既存の学会活動を通じて、新たな研究者・大学・民間企業の参画を積極的に募り、コンソーシアムの発展と民間資金の導入拡大を図った。本プロジェクトで構築した上記の仕組みは、産学官金連携教育研究オープンプラットフォームとして構築することができ、さらに OI 機構との連携によって競争領域への移行が加速し（課題 1-1-2, 課題 3-1-1）、課題 3-1-1 では OPERA 非参画企業 2 社とのライセンス契約の検討段階に移行することができた。また、本 OI 推進室は競争領域へ移行したテーマでの支援の実績をもとに、本プロジェクト終了後に法人格を持つ TII（2023 年 10 月 2 日設置予定）に発展することが決定した。

- ・参画機関の中途脱退とテーマ改廃の関係

一つの課題の継続期間を 3 年程度としつつ、研究課題の新陳代謝を促すが、院生雇用の継続性を担保するために、研究課題の改廃は機関ごとで管理した。尚、中途脱退機関および中途参加機関の知的財産の取り扱いについては、事業中の運営委員会において決定した。

#### 【令和 2 年度の取り組み】

##### (1) 競争領域へのハンドオフ

OPERA 発足 3 年目となる 2020 年度は、すべての研究開発課題にマイルストーン・ステージゲートが設定されており、当初設定目標を達成するとともに、競争領域へ 1 件（累計 2 件）のハンドオフを行った。

##### (2) Hetero DIA コンソーシアムのビジネスモデルの構築と具体化

2020 年度をめどに Hetero DIA コンソーシアムを競争領域にハンドオフすべく、O I 推進室と連携し、ビジネスモデルの構築と具体化を推進した。

#### 【令和 3 年度の取り組み】

本コンソーシアムと O I 推進室では、競争領域へのフェーズアップ案件 5 件（下記①～⑤）の着実な研究進捗への支援を行ったことで、目標の達成を目指した。具体的には下記のテーマについてそれぞれの対応を行った。

##### ① ヘテログラフェン・カーボンの機能・構造解析技術の確立（課題 1-1-2）

2021 年度の目標は、Hetero DIA コンソーシアム参画会員内におけるデータベース化であるので、競争領域へのフェーズアップではないが、この研究課題の成果は、本 OPERA 内の研究課題に留まらず他の多くの材料研究への波及効果が大きいと予測されたため支援活



動を行った。具体的には、2020 年度に支援した、データ取り込み・解析装置の運用フォローと使いやすい解析ソフト構築とが有効に活用されるように不具合等の改善を支援した。これらにより、2021 年度の研究計画の加速を行った。

- ② フェーズアップを計画している蓄熱体適用に向けたセラミックスの特性改良と形状効果(課題 3-1-1)、および科学的 LCA の開発(課題 3-1-2)

2021 年度はもみ殻を用いた燃焼熱の蓄熱と、そのエネルギーマネジメントであるエクセルギー評価管理および管理ソフトの開発を行うことにより、競争領域へのフェーズアップ計画した。

OI 推進室としては、本研究課題で開発される蓄熱技術とエクセルギー管理・評価ソフトを用いて、他の産業分野での活用のために、新たな企業の発掘を開始した。具体的には、鑄造プロセスでの「CO<sub>2</sub> の資源化のプロセスのための熱輸送と鑄造プロセス全体のエネルギーマネジメント」への活用を検討した。

- ③ フェーズアップを計画している高性能・高効率光触媒の開発(課題 1-2-2)

本研究課題については、フェーズアップにかかわる課題が発生した段階で、東京理科大学の研究戦略・産学連携センターと連絡を密にして、対処方法を検討した。

- ④ フェーズアップを計画しているソリューションプラズマの高効率化(課題 1-3-1)

ヘテログラフェンの材料開発テーマは順調に進捗しているので、その先の低コスト量産プロセス技術の開発としても重要な研究課題である。2020 年度まで支援してきた特許検討と装置メーカーの探索等を継続する。また進め方については、大阪市立大学の研究支援課と連絡を密にして、対処方法を検討した。

- ⑤ フェーズアップを計画している波長変換可能な半導体ナノ粒子の合成(課題 1-3-2)

フェーズアップにかかわる課題が発生した場合、大阪市大学の研究支援課と連絡を密にして、対処方法を検討した。

#### 【令和 4 年度の取り組み】

本コンソーシアムと OI 推進室では、競争領域へのフェーズアップ案件 4 件(下記①～④)の着実な研究進捗への支援を行ったことで、それぞれの研究課題における目標が達成された。また、これら 4 件のフェーズアップ案件をもとに、OI 推進室では法人格への発展に対して具体的にプロセスを決定した。下記は、フェーズアップテーマについて、具体的な対応内容である。

- ① ヘテログラフェン・カーボンの機能・構造解析技術の確立(課題 1-1-2)

2022 年度の目標は、Hetero DIA コンソーシアム参画会員内におけるデータベースの本格運用であるので、競争領域へのフェーズアップではないが、この研究課題の成果は、本 OPERA 内の研究課題に留まらず他の多くの材料研究への波及効果が大きいと予測されるため支援活動を行った。具体的には、2021 年度に支援した、データ取り込み・解析装置の運用フォローと使いやすい解析ソフト構築により、データの利活用に向けた出口戦略を構築した。これらにより、2022 年度の研究計画の加速化を行った。

- ② フェーズアップを計画しているヘテログラフェンのエネルギー変換(課題 2-1-1)

導電率が高いヘテログラフェン及びシート抵抗が低いヘテログラフェンをそれぞれリチウムイオン電池用導電助剤、透明電極用として 2021 年度から競争領域に展開すべく、競争資金の獲得を目指し NEDO に申請しているものの、まだ採択に至っていないので、引き続き採択に向けての取り組みを継続した。

- ③ フェーズアップを計画しているソリューションプラズマの高効率化(課題 1-3-1)

ヘテログラフェンの材料開発テーマは順調に進捗しているので、その先の低コスト量産プ

ロセス技術の開発としても重要な研究課題であった。2021 年度まで支援してきた特許検討と装置メーカーの探索等を継続した。また進め方については、大阪市立大学の研究支援課と連絡を密にして、対処方法を検討した。

- ④ フェーズアップを計画している波長変換可能な半導体ナノ粒子の合成(課題 1-3-2)  
フェーズアップにかかわる課題が発生した場合、大阪市大学の研究支援課と連絡を密にして、対処方法を検討した。

#### 【OPERA 事業後の目標】

01 推進室へのフェーズアップテーマ 5 件、内 1 件は、アライアンスによる社会システム開発が進んでいる状態を目指す。新規テーマの追加は 10 件以上を目指す。

### 3.5.2 得られた効果

3.5.1 で記載した取り組みの中でも、特に 1-1-2 のヘテロカーボン・データベースのプロジェクトでは参画企業間でのデータベース利用が実現できただけでなく、それに続くエネルギーの「変環」をキーワードに変換・循環を実現する未来社会を創る共創プロジェクトである COI プロジェクトの採択につながった。カーボンゼロ社会の実現に向けた炭素循環型のためのデバイス開発にカーボン特性を理解することはもっとも重要であり、本取り組みの成果としてヘテロダイアの参画企業だけでなく、新たな企業の参画によるプロジェクト採択が実現した。そのため、今後のデータベースの商用利用などの出口戦略に対しては、バックキャスト型のプロジェクトに照らし合わせた戦略の構築が必要になってきていると考えられる。

### 3.5.3 今後の課題、プロジェクト終了後の運用方針

事業期間中の運営方針では、異なる課題間での競争領域への移行に対する支援体制などが十分ではなかった。特に、異なる課題間での参画企業で共同して競争領域へ移行する体制が取れていなかった。そのため、本プロジェクト終了後は得られた成果を踏まえて、共同で競争領域へ移行できる課題などについては単独での競争領域への移行をめざすのではなく、必要に応じて複数での課題の成果の組み合わせでの競争領域への移行ができる支援体制を組む。また、その上で必要な競争資金の確保について、積極的に獲得できるような体制の構築をめざす。

## 4 オープンイノベーション機構と連携した取組について

### 4.1.1 仕組みの構築における連携、支援の状況

オープンイノベーション推進室とは、研究目標達成への支援や、技術確立の目途がたった研究成果についての事業化に必要なプロモーション活動において連携した。

- ① ヘテロカーボン複合解析用データベース共創プロジェクトにおいて、参加者の拡大や研究の効率化を狙いとして、企業とアカデミア両方での研究や材料開発実績が豊富なPCM（プロジェクト・クリエイティブ・マネージャ）が、研究の核となるMIシステムの機能拡張について、リモート入力を可能とすることや解析ソフトの改良を支援した。使いやすさについてはデモ検証を実施することにより向上を確認、データ量が10倍増となった。更なるユーザー増への取組や他材料へ横展開していくことを検討した。
- ② 触媒技術や太陽電池関連研究成果に対し、競争領域での連携企業を発掘すべく活動し、新たに製造企業との共同研究を開始、複数社との連携を模索した。
- ③ OI推進室からの協力（資金援助）により、実験室の1角に「製造のミニライン」を設置し非競争から競争領域に移行させるボトルネックを解決することができた。具体的には下記の4点であった。
  - ・ 微粒子の分散を研究→高濃度・低粘度スラリーを開発
  - ・ 濾過現象を利用し、簡単にセラミック中空構造体の製造可能なプロセスを開発
  - ・ 最廉価原料に変更（低コスト化）。
  - ・ 実機評価に向けて累計50000個を製造、を実施し、実機試験に供試した。その結果、実機内1000サイクルの熱衝撃に対しても十分な耐性を有していることを実証でき、省エネ効果についても見通しを得る事ができた。
- ④ エクセルギー解析グラフツールについて、科学専門書出版社（2社）主催で、社会人研究者向けの有料セミナーを開催した（2023年3月）。好評につき、その次年度より通信講座も併行して開催することが決定した。

### 4.1.2 連携、支援の効果

- ・ 基礎的な研究や協調領域として成果があがりつつある研究成果の事業化や社会実装に向け、連携企業の拡充や新たな開拓において、独自の企業ネットワークのあるオープンイノベーション推進室の支援や、豊富な企業での研究開発経験のあるPCM（プロジェクト・クリエイティブ・マネージャ）の活動へのアドバイスや支援は、これまでのアカデミア独自や産学連携活動の延長ではない効果があった。
- ・ セラミックス蓄熱体については、ユーザーおよびサプライヤーメーカーにとっての懸念事項は生産コスト、再現性、実機での効果検証、耐久性の見通しである。ミニラインによって数万個レベルで試作し、量産プロセスのイメージを描くとともに実機評価の結果を提示することで、ライセンサーサイドへのビジネスモデルの青写真を描かせたと感じられた。結果として現時点で、OPERA非参画企業2社とライセンス契約締結に向けた交渉を開始した。

### 4.1.3 今後の課題と対応方針

プロジェクト終了後も研究成果の社会実装に向けた活動を継続していくことが課題である。特研究成果を社会実装していくための連携企業の拡充・発掘や活動のプロモーションが重要となる。補助事業終了後の令和5年度以降オープンイノベーション推進室は自立的に活動を継続し、さらに連携して社会実装にむけた活動を強化するため東海国立大学機構は100%出資の法人を設立することが決定した（2023年10月2日設立予定）。研究部門とオープンイノベーション推進室は未来社会創造機構内で引き続き活動し、新法人とも密接に連携しながら活動していく。

## 5 プロジェクト終了後の継続的な発展に向けた取組について

本プロジェクトは、非競争領域における産学官連携であり、共同研究である。事業が終了すると、それまでの活動成果がともすれば雲散霧消しかねない。終了後においても、非競争領域から競争領域へのハンドオフが確実になされ、イノベーション創出に繋がる社会実装の仕組みづくりが非常に重要である。そこで以下のスキームを確立し取り組みを継続していく。

### (1) 名古屋大学未来社会創造機構オープンイノベーション（O I）推進室との連携

名古屋大学ではO I機構のマネジメント部門として、未来社会創造機構にO I推進室を設置した（2018年11月）。O I推進室のメンバーは豊富な企業経験と高度な専門知識を備えている（PhD 8名、会計士2名、技術士1名等）。産学の組織対組織の連携において企業の事業への考え方や社内プロセスまでを理解した対話やサポートを実現している。例えばA社とは新たに包括連携を締結し直接経費のみで短期間で小回りが利くフィージビリティスタディ研究から大型研究へ昇進させる活動を提案・運営し高評価を得ている。該社CTOや幹部が参加したトップ懇で「「点と点」の個別研究から、複数領域、人財育成を含むより多面的な連携に発展、研究の深化と共に企業側の開発加速・事業貢献、という形ができつつある」と評価を受けた。またNS社との指定共同研究の推進協議会ではCTOから「信頼関係が構築されている。出口を見据えた共同研究の組成や改廃ができており他大学にはない取組」との評価を受けた。他の連携企業からもこれまでの大学関係者とは一味違うコミュニケーションや産学の架け橋となる対応が評価され、活動の運営満足度の高さ、継続や拡大につながっている。また、将来課題からのバックキャストや出口戦略を明確化し単にニーズとシーズをマッチングするのではなく将来課題からバックキャストして全体構想を設定しながらプロモーション活動を進めている。多くの研究者やシーズを組織的に集約して備え企業とのプロジェクト創出をプロモーション、企業が腹落ちできるように研究企画書や見積明細をPCM（プロジェクト・クリエイティブ・マネージャー）がリードし研究者と協力して提案している。O I機構整備事業終了後の令和5年度より自立的な活動を開始し、さらに当初より構想していた東海国立大学機構として初の出資会社であるTII（Tokai Innovation Institute）の設立が決定し（2023年10月2日設立予定）、O I推進室とハイブリッドで活動を進化させていく。事業目線での目標設定を可能とし、機構内の岐阜大学含め他大学との連携を強化、大学の知を社会的価値に転換し社会実装していく活動を進化・加速していく。具体的には、共同研究斡旋、共同研究実施、コンサルティングを行う計画である。またTIIとして知財権を所有せず知財の活用にかかわる連携先の紹介を行う。

本プロジェクトでは、O I推進室副室長で材料・脱炭素分野のPCM（プロジェクト・クリエイティブ・マネージャー）が活動に参画し、密に連携しながら図5-1のO I推進室への移行の考え方に示すゲート2付近から適時支援を開始し、ステージ2以降においては、事業化に必要な企業連携の構築等を中心に支援しており今後も継続していく。これまでデータ入力システムとソフトの購入（1-1-2）、試作機器の購入（3-1-1）の支援を行い競争領域への移行が加速された。具体的には、（3-1-1）の場合ネックとなっていた低コスト化、量産技術に見通しが立つと共に実機試験が実施されたことで、OPERA非参画企業2社とのライセンス契約の検討段階に移行することができた。それ以外の成果についても図5-1におけるステージ0とステージ1のゲートをクリアすべく、公的資金も活用しながら共同研究を継続している。O Iの支援が特に必要であるステージ2以降においては、事業化に必要な企業連携の構築等を中心に支援する予定である。これらの活動を通じて創出される協調領域研究成果からも分

かるように、O I 推進室は継続して連携・プロモートし、非競争領域から競争領域までの大型の研究開発を一元的に管理することで加速化・効率化とそこで得られた利益による新たな協調領域の共同研究の創出ができています。さらに、その創出により再び競争領域の研究成果に発展させるというエコ・システムの確立が目指せることから、企業との共同研究を永続的に推進させることができる。

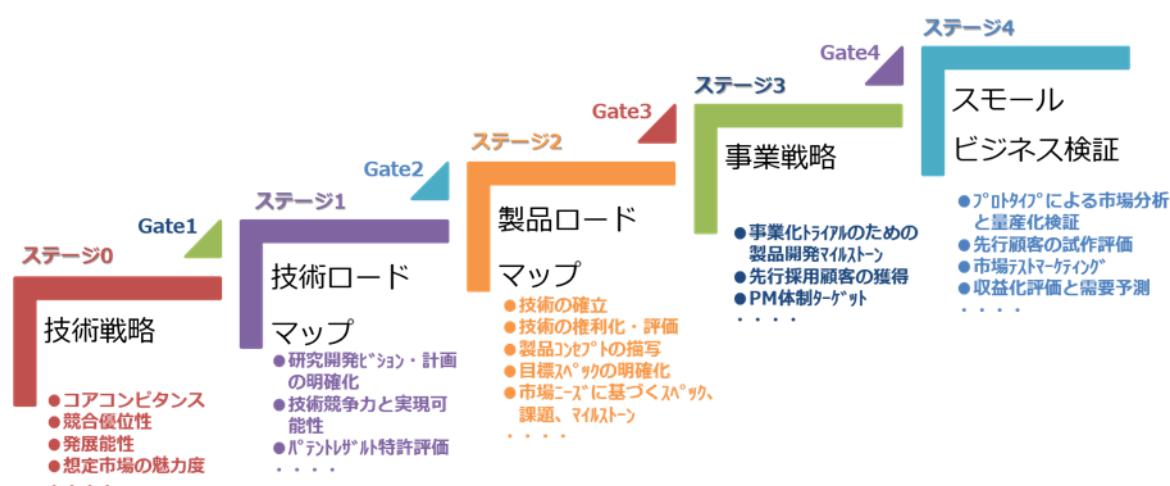


図 5-1 O I 推進室への移行の考え方

## (2) 大学から産業界へのクロスアポイントメントを活用したコンソーシアム強靱化

本 OPERA では、教員の大学から産業界へのクロスアポイントメントを強力に推進させてきた。現在は、出向などを活用した企業から大学への連携は進んでいるが、その逆は極めて少ない。相互交流によって、はじめて産学協働が進むといえるが本学においては地理的ハンディも相まって事例がない。

一方、大型の共同研究の牽引制度である「産学協同研究センター・講座・部門制度」（産連講座制度）においては、相手企業が措置する講座専従者（基幹教員）を従来の 2 名から、本学教員とクロスアポイントを締結した教員がその任にあたる場合は 1 名でも可とする制度改正を講じた。

この改正は、企業の講座設置を容易にするとともに、クロスアポイントメントにより本学教員の関わりを強固にし、さらに学内に企業就業場所が設置されることで移動時間を省き、研究員（学生）も就業し易い環境を構築するという幾通りもの改善につながることを目論んだ。

学生もその指導役にあたる教員も、企業との共同研究を学内でいながら学生のケアマネジメントを出来ることは学位取得のための研究と産学共創教育の両面で極めて有効と捉えている。

## (3) 地域社会の課題を革新研究に繋げる場の創成

地域や行政における社会の仕組み作りや企業における実用化開発への参加（地域学習や企業インターンなど）を受け入れる機関（行政・NPO・中小企業・大企業）を増やし、本コンソーシアムの研究テーマの企画・推進にフィードバックするとともに、学生の社会的視野や課題創造力の育成に繋がられるような支援を実施した。その結果として、例えば課題 1-1-2 にあるようなデータベース作成にはデータの蓄積だけでなく、社会でのデータの価値や需要を見据えたデータクレンジングや特徴量の抽出の方針決定へとつながった。

## 6 研究開発の状況

### ○研究開発費（委託研究費及び民間資金）の推移

[単位：千円]

|       |                           | 2018 年度 | 2019 年度 | 2020 年度 | 2021 年度 | 2022 年度 |
|-------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 委託研究費 | 調査推進費*                    | 10000   | 10000   | 10000   | 10000   | 10000   |
|       | 研究開発費                     | 43045   | 91860   | 90000   | 70201   | 64250   |
| 民間資金  | 共同研究費等 (a)                | 36945   | 94960   | 91000   | 71201   | 65250   |
|       | リソース提供計 (b)               | 4000    | 0       | 0       | 0       | 0       |
|       | 民間資金総額<br>(X) = (a) + (b) | 40945   | 94960   | 91000   | 71201   | 65250   |

\*調査推進費はマッチングファンドの対象外

### ○研究開発課題一覧

- ① 研究開発課題 1-1-1： ヘテログラフェン酸素還元触媒の開発  
(名古屋大学, (株)名城ナノカーボン) (実施期間：平成 30 年 11 月～令和 5 年 3 月)
- ② 研究開発課題 1-1-2： ヘテログラフェンの機能・構造解析  
(名古屋大学, トヨタ自動車(株), (株)コベルコ科研, (株)名城ナノカーボン, (株)デンソー) (実施期間：平成 30 年 11 月～令和 5 年 3 月)
- ③ 研究開発課題 1-2-1： 高性能・高効率光触媒の開発  
(大阪市立大学, 堺化学工業(株), 他 1 社) (実施期間：平成 30 年 11 月～令和 5 年 3 月)
- ④ 研究開発課題 1-2-2： ダイヤモンド光触媒の開発と二酸化炭素の資源化  
(東京理科大学, (株)オーク製作所) (実施期間：平成 30 年 11 月～令和 5 年 3 月)
- ⑤ 研究開発課題 1-3-1： ソリューションプラズマの高効率化  
(大阪市立大学, エア・ウォーター(株)) (実施期間：平成 30 年 11 月～令和 5 年 3 月)
- ⑥ 研究開発課題 1-3-2： 波長変換可能な半導体ナノ粒子の合成  
(大阪市立大学, ナノアース) (実施期間：平成 30 年 11 月～令和 5 年 3 月)
- ⑦ 研究開発課題 2-1-1： ヘテログラフェンのエネルギー変換  
(名古屋大学, トヨタ自動車(株), 豊橋鍍金工業(株)) (実施期間：平成 30 年 11 月～令和 5 年 3 月)
- ⑧ 研究開発課題 2-1-2： 機能性ヘテロ構造の創製・制御技術の開発  
(芝浦工業大学, いすゞ自動車(株), 旭東ダイカスト(株), (株)放電精密加工研究所, 日空工業(株), 他 1 社) (実施期間：平成 30 年 11 月～令和 5 年 3 月)

- ⑨ 研究開発課題 2-2 : 次世代 LIB 等の応用に向けたフラックス結晶粒子を用いた電極相界面デザイン  
(信州大学, 東レエンジニアリング(株))(実施期間:平成 30 年 11 月~令和 5 年 3 月)
- ⑩ 研究開発課題 2-3 高速大容量蓄電を可能にするナノシート材料  
(信州大学, 石福金属興業(株))(実施期間:平成 30 年 11 月~令和 5 年 3 月)
- ⑪ 研究開発課題 3-1-1: 蓄熱体適用に向けたセラミックスの特性改良と形状効果  
(名古屋大学, 中部電力ミライズ(株), (株)北陸テクノ, 美濃窯業(株), (株)ヤマト)  
(実施期間:平成 31 年 4 月~令和 5 年 3 月)
- ⑫ 研究開発課題 3-1-2: 科学的 LCA の開発  
(名古屋大学, (株)北陸テクノ)(実施期間:平成 31 年 4 月~令和 5 年 3 月)

※大阪市立大学は、大阪府立大学との統合により 2022 年 4 月に大阪公立大学に変更



## 6.1 研究開発課題1 「安価で高性能な触媒の開発」

|          |                                                                                                                 |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| キーテクノロジー | 高効率物質・エネルギー変換技術                                                                                                 |
| 課題代表者    | 吉田 朋子<br>大阪公立大学 複合先端研究機構 教授                                                                                     |
| 実施期間     | 平成30年11月～令和5年3月                                                                                                 |
| 共同研究機関   | 名古屋大学, 大阪市立大学, 東京理科大学, (株)名城ナノカーボン, トヨタ自動車(株), (株)オーク製作所, 堺化学工業(株), (株)デンソー, エア・ウォーター(株), ナノアース, (株)コベルコ科研, 他1社 |

### 6.1.1 マイルストーンと達成状況

| 課題番号    | MS番号  | マイルストーン内容                             | 達成状況                                                                                                                |
|---------|-------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 課題1-1-1 | MS1-1 | ECSA(有効利用面積)において白金触媒の1/50以下を達成.       | 白金フリーコア・ヘテログラフェンシエル構造等の触媒の合成条件を確立し, ECSA(有効利用面積)において白金触媒の1/50以下を達成した.                                               |
|         | MS1-2 | I-V特性で0.1A以上/cm <sup>2</sup> @0.6Vを実現 | 白金少量化コア・ヘテログラフェンシエル構造等の触媒を用いて, I-V特性で0.1A以上/cm <sup>2</sup> @0.6Vを実現した.                                             |
|         | MS1-3 | I-V特性で1.0A以上/cm <sup>2</sup> @0.6V    | 白金コア・ヘテログラフェンシエル構造等の触媒を使用し, I-V特性で1A以上/cm <sup>2</sup> @0.6Vを実現し, Pt少量化コア・ヘテログラフェンシエル構造等の触媒を使用して単セル性能の評価を進める.       |
|         | MS1-4 | 電源電圧:5V, 容量:10Wの燃料電池スタックを試作           | 燃料電池のスタック試作のために少量白金触媒を大量合成している.                                                                                     |
| 課題1-1-2 | MS1-1 | 総計20,000データをデータベース化                   | 結晶性・合成効率に優れるヘテログラフェンの酸素還元性能の試作・評価をし, 20,000データ程度をデータベース化                                                            |
|         | MS1-2 | 総計50,000データをデータベース化                   | 総計43,000データ程度のデータベース化を実現した. 構造と機能の相関を理解し, 機械学習/深層学習のための客観的/説明的変数をデータベース化. リチウムイオン電池の取り組みのためのカーボンを例としてロールモデルとして使用した. |
| 課題1-2-1 | MS1-1 | 金属助触媒を対象とする適切な合成法を選択                  | Agをはじめとする各種金属助触媒の形態制御に適切な合成法を検討した. 含浸                                                                               |

|          |       |                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                             |
|----------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          |       |                                                                                                            | 法と光析出法を駆使することで、数 nm～数百 nm までの様々なサイズの金属ナノ粒子助触媒の合成が可能となった。液中プラズマ合成法も検討し、金属ナノ粒子助触媒の高速合成にも成功した。                                                                                                                 |
|          | MS1-2 | 合成した金属助触媒の物性分析による改質技術及び半導体光触媒への固定化技術の構築                                                                    | 合成した金属ナノ粒子助触媒を対象に、その光吸収特性および TEM/XAFS 測定を基軸とした化学状態・局所構造解析法を確立した。これらの分析方法により二酸化炭素還元（人工光合成）光触媒への金属ナノ粒子助触媒固定化・安定化状態を評価できるようになった。                                                                               |
|          | MS1-3 | CO <sub>2</sub> 還元反応に最適な助触媒の形状と化学状態を評価                                                                     | 調製した様々な金属ナノ粒子助触媒担持光触媒を用いて光触媒的 CO <sub>2</sub> 還元反応を実施した。反応活性を詳細に比較し、物性分析結果と対応させることにより、反応を促進するために最適な助触媒の形状と化学状態を決定できるようになった。                                                                                 |
|          | MS1-4 | CO <sub>2</sub> 変換効率 0.01%                                                                                 | In-situ FT-IR 測定システムを独自に構築し、これを用いて CO <sub>2</sub> 還元反応メカニズムを解明すると共に、確立した分析法と組み合わせた複合的分光分析を実施した。分析結果に基づき Ag 助触媒のサイズ制御と光触媒表面構造改質を行い、CO <sub>2</sub> 還元効率（CO <sub>2</sub> から CO への変換効率）を約 0.01%まで向上させることができた。 |
| 課題 1-2-2 | MS1-1 | 生成物選択性 50%以上で電流密度が 1mA/cm <sup>2</sup> 以上                                                                  | 二酸化炭素の溶解性に優れ副反応を抑制した電解液を選択し、電子授受の早い電極-電解液界面の制御を達成                                                                                                                                                           |
|          | MS1-2 | 電流密度が 1mA/cm <sup>2</sup> 以上を維持しつつ、生成物選択性 80%以上                                                            | ダイヤモンド光触媒のホウ素ドーピング量と結晶性、そして表面終端の特性評価により、生成物選択性及び電流密度の向上                                                                                                                                                     |
|          | MS1-3 | 生成物選択性 80%以上を維持しつつ、電流密度が 3mA/cm <sup>2</sup> 以上                                                            | 助触媒の検討において複合金属ならびにコアシェル構造等を模索し、ダイヤモンド光触媒との複合化を実施                                                                                                                                                            |
|          | MS1-4 | 助触媒担持ダイヤモンド光触媒と最適化された光源との組み合わせにより、二酸化炭素変換効率 1%以上                                                           | ：光照射収率の向上のための光源構造及び配置の最適設計                                                                                                                                                                                  |
| 課題 1-3-1 | MS1-1 | ナノ粒子合成の必要エネルギー（2.7x10 <sup>4</sup> kJ/g カーボンの場合）を、社会実装に必要とされる非ナノ粒子材料と同等のレベル（2.7x10 <sup>3</sup> kJ/g）に下げる。 | ソリューションプラズマを多数集積化することによって大容量化に対応するとともに、将来的にガス循環系を採用することで再利用可能な希ガスを放電ガスとして利用することによって、電力消費の多                                                                                                                  |

|          |       |                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------|-------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          |       |                                     | <p>くを占める水のジュール加熱による気相形成過程を無くす。これにより、左記の目的を達成する。具体的施策として、以下の技術を開発する。</p> <p>(1) 電極損耗抑制技術：金属電極の誘電体被服により金属電極損耗を防止するとともに、金属と誘電体とを隙間無く完全密着することにより、無用な電力消費を伴う寄生放電の発生を防止</p> <p>(2) 導電率依存性抑制技術：イオン交換樹脂の併用</p> <p>(3) 高効率放電のための流路構造：電場を印加したい気泡が導電性の液体で電氣的にショートされにくい流路構造の開発（気相と液相が部分的に接しながらも、独立して流れる流路。例：マイクロ化学のマイクロコンタクター）。</p>                                                                                     |
|          | MS1-2 | ナノ粒子含有膜合成工程を1にする                    | <p>溶液中分散ナノ粒子の合成、精製、メンブレンとの混合、保持基板への塗布という複数の作業を要するナノ粒子含有膜の合成を、気液界面プラズマを用いた液面上重合とナノ粒子合成の同時進行によって、1ステップで実現する。具体的施策として、対象物質毎に、技術を開発する。</p> <p>(1) 電子伝導性膜の形成：EDOT 溶液からの直接重合により、現状の PEDOT:PSS 相当の導電率 1000 S/cm を有する膜の形成</p> <p>(2) イオン伝導性膜の形成：フッ化炭素系溶液からの直接重合により、ナフィオン N117 相当の導電率 0.0133 S/cm (30°C, 100% R.H.) を有する膜の形成</p> <p>(3) (1)と(2)で得られた膜に触媒となりうる Pt, Pd, Au ナノ粒子を複合化した膜を、複数工程を経ることなく1ステップで形成する手法の開発</p> |
| 課題 1-3-2 | MS1-1 | 非 Cd 系半導体ナノ粒子のフォトルミネッセンス量子効率 50%の実現 | <p>水熱合成法により水溶性の Cd フリー半導体ナノ粒子の作製に取り組んだ。発光量子効率 60%を有する ZnSe ナノ粒子の</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

|       |                                 |  |                                                                                                                                                                                        |
|-------|---------------------------------|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |                                 |  | 作製に成功した。さらに、ZnSe/ZnS コア/シェルナノ粒子の作製することにより、発光量子効率を 90 %以上に向上させることに成功した。また、発光量子効率 50 %を有する AgInS <sub>2</sub> (AIS) ナノ粒子の作製に成功するとともに、AIS/ZnS コア/シェルナノ粒子を作製することにより、発光量子効率 60 %以上を実現した。    |
| MS1-2 | 半導体ナノ粒子への発光中心のドーピング技術の確立        |  | ZnSe ナノ粒子をコアとして用い、ZnS:Mn シェル層を導入することにより、発光中心である Mn をドーピングした後、外側を ZnS シェル層で覆う 3 層構造の ZnSe/ZnS:Mn/ZnS ナノ粒子を作製することにより、紫外光を吸収し可視光（橙色）で発光する波長変換ナノ粒子の作製に成功した。橙色で発光する Mn 発光の発光量子効率 84 %を実現した。 |
| MS1-3 | 波長変換可能な半導体ナノ粒子の太陽電池上への積層技術確立    |  | 水溶性ナノ粒子の特長を利用し、LBL により、太陽電池上にナノ粒子を 1 粒子層ずつ積層させることに成功した。                                                                                                                                |
| MS1-4 | 太陽電池上への波長変換可能な半導体ナノ粒子塗布膜作製技術の確立 |  | ナノ粒子を均一に分散させたガラス試料の作製方法を確立するとともに、太陽電池上に塗布することにも成功した。                                                                                                                                   |

## 6.1.2 最終目標に対する成果の詳細

### ・ 成果

(課題 1-1-1) ヘテログラフェン酸素還元触媒の開発 (名古屋大学, (株)名城ナノカーボン)

#### ● 成果の特長

コア-シェル構造のグラフェン触媒の合成プロセスの条件を確立するとともに、コア-シェル構造の解析と同構造のグラフェン触媒の触媒能の測定・構造解析を実施する。我々はこの結果に基づいて、Pt の使用量を最小限に抑えると同時に、Pt フリーを目指した新しい組み合わせのバイメタルコアシェル材料を探索・デザインする。

#### ● 従来技術・競合技術に対する優位性

従来のコアシェル構造触媒は、合成された金属ナノ粒子触媒表面に有機物を塗布し、熱処理を通じて炭素材料に変換する方法が一般的に使用されてきた。これに対し、我々はソリューションプラズマを利用して金属ナノ粒子とグラフェンの製造を同時に合成することができる。また、窒素を含む溶媒を介して合成すると、ヘテログラフェン構造が形成され、ドーパされた窒素によってより効果的な酸素還元反応を引き起こす可能性がある。

#### ● 課題目標、マイルストーンに対する達成状況

目標 1: ヘテログラフェンの酸素還元性能の改善 (MS1-1)

- ① Fe, Co, Ni, Cu の合金ナノ粒子とイミダゾール (分子式 C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>N<sub>2</sub>) を用いたヘテログラフェン構造を用いて 白金フリーコア・ヘテログラフェンシェル構造等の触媒の合成

条件を確立し、ECSA(有効利用面積)において白金の 1/50 以下を達成した。

目標 2：単セル試作(MS1-2)

- ② 白金少量化コア・ヘテログラフェンシエル構造などの触媒（白金含有量が 8%）を用いて、I-V 特性で  $0.3\text{A}/\text{cm}^2@0.6\text{V}$  を実現した（図 6-1-1）。

（目標値： $0.1\text{A}$  以上/ $\text{cm}^2$  @  $0.6\text{V}$ ）

目標 3：単セル性能の高度化(MS1-3)

- ③ 白金コア・ヘテログラフェンシエル構造の改善を通じて I-V 特性で  $0.6\text{A}/\text{cm}^2@0.6\text{V}$  を実現した。

（目標値： $1\text{A}$  以上/ $\text{cm}^2$  @  $0.6\text{V}$ ）

目標 4：燃料電池のスタック化(MS1-4)

- ④ 燃料電池のスタック試作のために白金少量使用触媒の大量合成が進んでいる。

#### ●（計画進捗に遅れがある場合）その原因分析

- MEA(Membrane Electrode Assemblies（膜電極接合体）)スタックを作製するために触媒層を作る際にインクとコーティング厚さを既存の商用触媒（白金 47.5%）を基準にすることになるが、この場合の同じコーティング層厚さに白金含有量が著しく差があるため、触媒層の抵抗が相対的に高くなる。これはオーミック損失を引き起こす可能性があり、高い電圧領域で発生する電流値が小さくなる原因となる。したがって、白金少量化触媒に適した触媒層作製法を見つける必要がある。

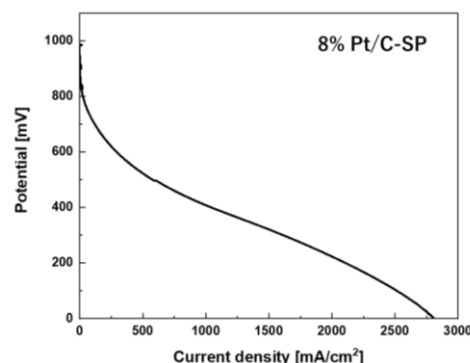


図 6-1-1 白金少量化コア・ヘテログラフェンシエル触媒（白金含有量=8%）

（課題 1-1-2）ヘテログラフェンの機能・構造解析（名古屋大学，トヨタ自動車(株)，(株)コベルコ科研，(株)デンソー，(株)名城ナノカーボン）

#### ● 成果の特長

国内外より 300 種以上のカーボン入手し、また、溶液プラズマ (Solution Plasma: SP) での 100 種のカーボンを合成し、構造と機能の相関を理解し、43k (43,000 個) 以上のデータベースを実現した。X 線回折 (XRD)、ラマン分光法、熱重量分析 (TGA)、エネルギー分散型 X 線分光法 (EDX)、比表面積 (BET 吸着法) などの材料構造・組成分析だけにとどまらず走査電子顕微鏡 (SEM) や透過電子顕微鏡 (TEM) などの電子顕微鏡の分析に加えて画像処理で粒径や結晶格子に関する説明変数を取得した。幅広く複合的な多変量解析を可能とするデータを蓄積した。

○ I 推進室からの支援を得て、使いやすい DB システム構築を実装中である（図 6-1-2）。また、機械学習／深層学習を用いてリチウムイオン電池向けの材料としてのカーボン（グラファイト，CNT，カーボンシートなど）をロールモデルとして使用した。シングルナノサイズ，メゾサイズ，マイクロサイズの記述子を検討した。その結果，メゾサイズ記述子で電池の抵抗値や容量を記述することができる。（電池材料として使用可能な材料に限定される）。フィッティングによると，相関モデ

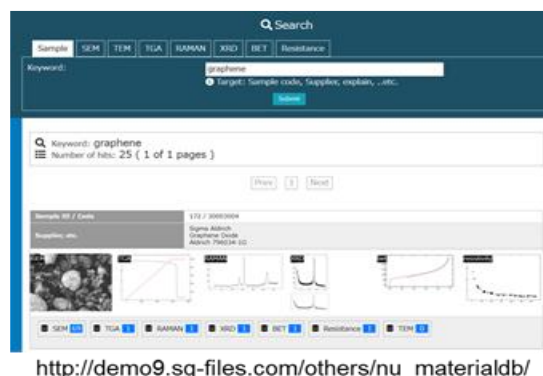


図 6-1-2 DB システム構築の例

ルを実現することができる（図 6-1-3）。相関モデルによって電池容量が CNT の入り口と、グラファイトとカーボンシートの層間に関係することを示している。しかし、入口の数だけでなく、炭素骨格のエッジでの Li<sup>+</sup>の吸着も重要な役割を果たす。一方、リチウムイオン電池の内部抵抗は、ラマン分光法における 2D ピークの半値幅と G ピークの半値幅の比と線形関係を示し、これは層数に関係する。従って、リチウムイオン電池の内部抵抗と層数の関係

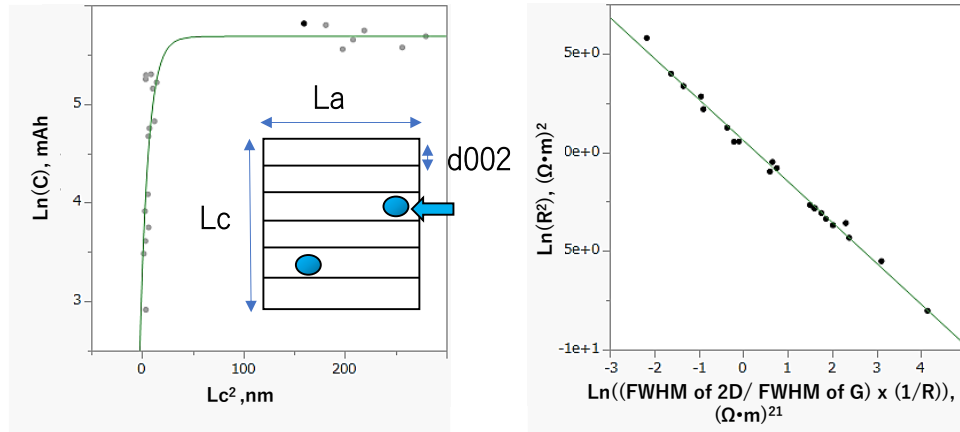


図 6-1-3 機械学習を用いたリチウムイオン電池材料性能向上のためのカーボン構造と機能の相関モデルの例

は次のようになる。  $R \propto (n)^{1/3}$ 。このことから、リチウムイオン電池に最適なカーボンは、層数が少なく、入口の多いものであることが望ましいと考える。

- **従来技術・競合技術に対する優位性**  
現在、図 6-1-4 に示すように、既に世界最高レベルの 43,420 以上のデータが集積され、参加各社は競争領域のデータとして使用可能な状態である。
- **課題目標、マイルストーンに対する達成状況**

マイルストーン MS1-2(他カーボン系への展開、総計 50,000 データ程度をデータベース化)に関する研究が進められている。

- **(計画進捗に遅れがある場合) その原因分析**  
特になし。

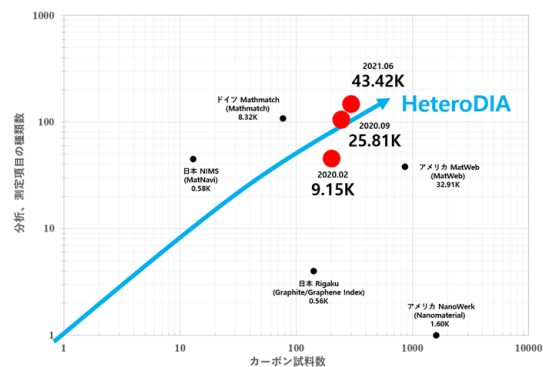


図 6-1-4 データベースのベンチマーク

(課題 1-2-1) 高性能・高効率光触媒の開発 (大阪市立大学, 堺化学工業(株), 他 1 社)

### ● 成果の特長

従来の光触媒開発に関する研究では、触媒の効率化をバルク過程（入射光子数に対する光吸収量、光励起電子・正孔の移動度、電気化学的な電流など）に焦点を当てて目指した研究が多く、表面反応過程に着目した研究が殆ど行われていなかった。これに対して本研究課題では、触媒表面反応に着目して、様々な分光手法を駆使した「触媒表面その場観察」を実現し触媒反応メカニズムを探究している。即ち、反応メカニズムに基づいて助触媒や触媒表面構造の効果を解明し、合理的な触媒設計に基づく高性能化を行うところに特徴がある。

### ● 従来技術・競合技術に対する優位性

本課題では、希少金属を使わない安価な光触媒と、無尽蔵な太陽光エネルギーのみを触媒

励起源として用いる「低コストでシンプルな人工光合成システム」を追及している。従来の光触媒・固体触媒の開発において、優れた助触媒としてこれまで使用されてきた Pt, Au, Rh などの希少元素を使わず Ag, Cu, Ni, 更には炭素や窒素などの安価な元素を使用して高性能な触媒を開発するところに新規性・優位性がある。例えばこれら安価な金属粒子のサイズと触媒表面での分散度を緻密に制御した光触媒を調製するために、独創的な合成方法を確立したり、ソリューションプラズマ法を利用することが本研究の特色や新規性となっている。エネルギー変換効率の面では、現状では植物の光合成の 1/100 以下であるが、植物が複雑な反応素過程を経て多段階で還元生成物を合成するのに対して、光触媒では 1 段階反応で目的生成物を合成できる点が大きな優位性となっている。

#### ● 課題目標、マイルストーンに対する達成状況

①「光触媒合成法の開発」に関しては、水と二酸化炭素を反応させ、還元生成物として一酸化炭素及び水素を生成させる、即ち、人工光合成を促進する半導体光触媒を調製することを大目標とした。この目標を達成するために、本研究課題では半導体光触媒に担持する金属助触媒の適切な合成方法を確立した。具体的には、様々な化学合成法を探索した結果、以下の理由により、含浸法と光析出法が銀などの金属助触媒の合成と光触媒への担持の両方において優れた手法であると結論した。(図 6-1-5)

含浸法による銀助触媒の担持では、水中で銀をイオン ( $\text{Ag}^+$ ) として溶解させた状態で光触媒表面に付着させてから焼成することから、小さなサイズの銀ナノ粒子を高分散状態で光触媒表面に担持できることが分かった。一方、光析出法による銀助触媒の担持では、水溶液中の銀イオンを光照射によって急速に還元させてから光触媒表面に固定化するため、凝集した金属状態の銀粒子を光触媒表面に担持できることを見出した。この含浸法と光析出法を利用することにより、様々なサイズの銀ナノ粒子を酸化ガリウム光触媒に担持することができ、反応活性に与える影響を詳細に調べることが可能になった。これにより、担持助触媒の最適なサイズについて大凡の値 (100nm 以下) を決定することができた。銀助触媒の更なるサイズ制御と、高速合成を目指し、ソリューションプラズマ法により銀助触媒の合成へと研究展開を図った結果、酸化ガリウム光触媒については、10nm 程度の小さな銀ナノ粒子助触媒を担持させることにより、二酸化炭素還元効率を 1 桁以上顕著に向上させることができた。これら一連の成果により、従来優れた助触媒として使用されてきた Pt, Au, Rh などの希少元素を使わず、安価な Ag を使用して、そのサイズを制御することで高性能な触媒を開発することに成功した。当初の目標・マイルストーンを十分に達成したといえる。

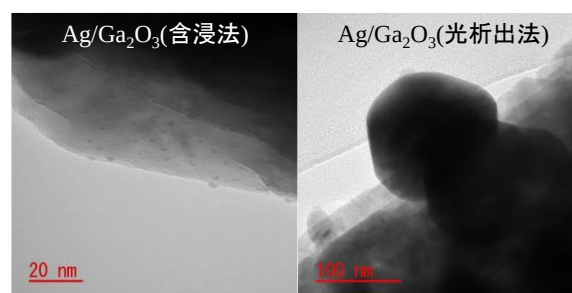


図 6-1-5 Ag/Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の顕微鏡画像



②「水による CO<sub>2</sub> 還元反応メカニズムの解明」に関しては、in-situ FT-IR 測定システムを構築し、これまで困難であった、光触媒反応前処理(加熱・真空排気)前後や反応中の触媒表面のスペクトルを得ることが可能となった(図 6-1-6)。特に in-situ セルの改良を重ねながら in-situ FT-IR 測定システムを設計し、前処理やガス吸着による光触媒の僅かな表面状態の変化を捉えることができる優れたシステムとして構築することに成功した。更に、in-situ FT-IR 測定に X 線吸収分光(XAFS)測定を組み合わせた複合分析を実現し、反応中及び反応前後の触媒(銀ナノ粒子助触媒担持酸化ガリウム光触媒)について詳細な分析を行った結果、反応メカニズムの解明と反応中間体の同定に成功した。

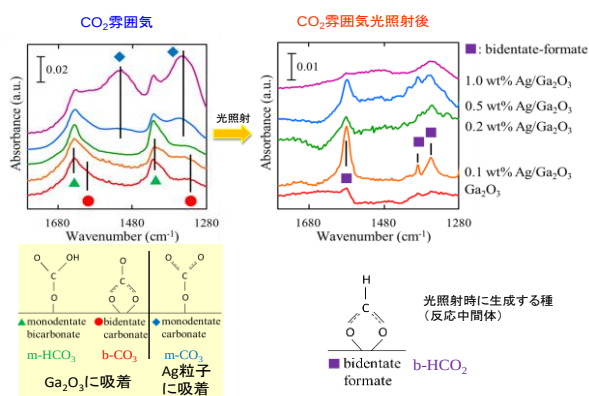


図 6-1-6 スペクトル図

一方、in-situ 複合分析により、サイズ制御された銀助触媒の形態・化学状態が反応中に変化し劣化する過程も見出されたため、不安定な金属助触媒を担持しなくても人工光合成を促進する新規な光触媒の設計についても取り組んだ。具体的には、酸化ガリウム(Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)の結晶形には、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 、 $\varepsilon$ などの相があることに注目し、それぞれ結晶相の CO<sub>2</sub> 分子や反応中間体に対する吸着特性を調べ、 $\beta$  相と  $\gamma$  相の接合など、CO<sub>2</sub> を吸着し易い結晶相を接合させた界面活性サイト(ジャンクション)を設計し、金属助触媒を担持しない、全く新しい酸化ガリウム光触媒を合成することに成功している。このように、当初設定した研究課題の目標・マイルストーンを十分に達成しただけでなく、予想以上の成果が得られている。

## (課題 1-2-2) ダイヤモンド光触媒の開発と二酸化炭素の資源化 (東京理科大学, (株)オーク製作所)

### ● 成果の特長

本研究では、ボロンドープダイヤモンド(BDD)光触媒電極により光電気化学的に二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)を還元する研究を実施した。光電気化学的な系では、電位印加により光触媒電極内の光励起電子と正孔の分離を促す。その結果、それらの再結合が抑制されて光励起電子による CO<sub>2</sub> 還元が促進される。更に、BDD 光触媒は光励起( $\lambda < 222\text{nm}$ )で -3.9V(vs. SHE)\* 相当の電位を持つ電子を生み出す。その電位は、CO<sub>2</sub> から一酸化炭素(CO)へ還元電位(-0.5V(vs. SHE))より高い過電圧を持つため、この反応の進行に有利と予想された。実際には、BDD 電極のみでは CO<sub>2</sub> 還元は優勢ではないが、助触媒である銀の修飾により光照射下で CO<sub>2</sub> 還元が選択的に進んだ。この銀修飾 BDD(Ag-BDD)電極の光電気化学的特性は CO<sub>2</sub> 還元に有用であるものの、-1.6 V(vs. Ag/AgCl)の電位印加が必要であった。この電極電位の低減のため、BDD 表面と銀助触媒界面の電子移動に注目した。銀助触媒の担持前に BDD 表面の前処理を行い、電子

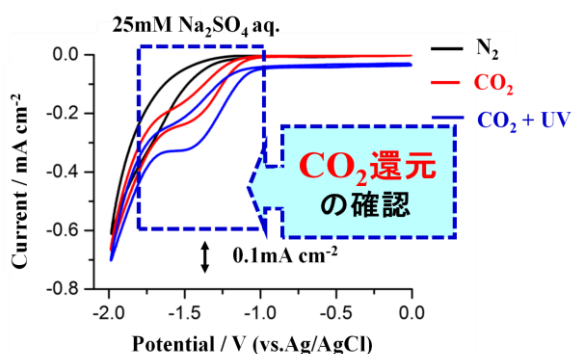


図 6-1-7 光照射有無における Ag-BDD による CO<sub>2</sub> 還元



移動が不利な酸素終端 (C-O) を有利な水素終端 (C-H) に変換することで、BDD 表面と銀助触媒界面の電子移動が促進し、CO<sub>2</sub> 還元に必要な電極電位を低減させることに成功した。図 6-1-7 は本研究で得られた Ag-BDD 電極の電流電圧曲線である。25mM Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 水溶液 (CO<sub>2</sub> 飽和) 中の紫外光 (222nm) 照射下での CO<sub>2</sub> 還元において、電流密度は 0.37mA/cm<sup>2</sup> であった。また、還元生成物の測定結果から、主な生成物は CO と H<sub>2</sub> であり、CO 生成の選択率は 90.2% となった。  
(\*: vs. SHE は Standard Hydrogen Electrode 基準を示す)

更に研究を進め電流密度の向上を目指した。電流密度が 1mA/cm<sup>2</sup> 以上となるような触媒開発に注力した。ダイヤモンド半導体基板に対し、これまでの Ag 助触媒以外に、Cu と SnO<sub>x</sub> の二元系触媒を担持した電極を開発した。Cu と Sn の電析電位の違いから、SnCl<sub>2</sub> と CuSO<sub>4</sub> の混合水溶液中にダイヤモンド半導体を浸漬し、電位を卑方向へ掃引することで、Cu をコアとし SnO<sub>x</sub> をシェルにしたナノ粒子の電析を行った。断面 STEM 像からコアシェル構造を確認し、SnO<sub>x</sub> シェル層は 3-10nm であり、粒子サイズは 50-60nm であることを確認した。比較対象として、

Cu, Sn の一元系触媒を電析させた電極も作製し、各電極によって CO<sub>2</sub> 還元実験を行った。CO<sub>2</sub> 有無によるサイクリックボルタモグラムより、CO<sub>2</sub> 還元電位を -1.1 vs. RHE\*\* に設定した。この時の電流密度は 1mA/cm<sup>2</sup> 強であった。電解還元を行った結果、図 6-1-8 中の赤棒で示した Cu-SnO<sub>x</sub> コアシェル触媒を担持したダイヤモンド半導体は、反応時間とともに CO 生成の増加が見られた。また、CO<sub>2</sub> 還元の副反応で見られる水素生成が抑制されていることも確認できた。このときの CO 生成におけるファラデー効率、すなわち反応物選択性は 82% ほどであった。(\*\*: vs RHE は可逆水素電極 (Reversible Hydrogen Electrode) 基準を示す。)

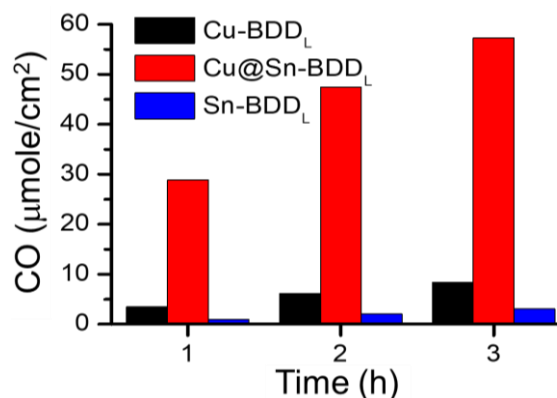


図 6-1-8 Cu, Cu-SnO<sub>x</sub>, Sn 助触媒担持ダイヤモンド半導体電極による CO<sub>2</sub> 還元実験

以上より、二酸化炭素還元を可能とする新規な光触媒材料としてダイヤモンドに着目し、次のような知見を蓄積した。

- (1) 低濃度ボロンドープダイヤモンドが p 型半導体のダイヤモンドとして光触媒作用を示し、二酸化炭素の光還元機能する。
- (2) 銀粒子を助触媒として担持することで、二酸化炭素を高い選択性で光還元する。
- (3) 光励起光源には、ダイヤモンドのバンドギャップ以上の深紫外線 (波長 222nm) が必要である。
- (4) ダイヤモンドと助触媒の接合界面において、ダイヤモンド表面を水素終端化することで良好な電子移動を達成する。
- (5) 二酸化炭素の溶解液にイミダゾリウム系イオン液体を使用すると、溶解度が増し、さらに水の還元を抑制しつつ二酸化炭素還元が進行する。しかし、イオン液体の安定性と経済合理性の課題がある。

#### ● 従来技術・競合技術に対する優位性

INPIT 中小企業等特許情報分析活用支援事業に採択され、出願済み特許群の調査を実施した。対象とした特許群は共同研究先であるオーク製作所と共願の下記一覧である。

特許第 6309293 号

発明の名称：二酸化炭素還元装置および還元方法

発明の概要：ダイヤモンド光触媒による CO<sub>2</sub> 還元の基本特許

特許第 6514884 号

発明の名称：二酸化炭素還元装置および還元方法

発明の概要：CO<sub>2</sub> 溶解液の温度を上昇させて CO<sub>2</sub> 還元を行う方法

特許第 6647587 号

発明の名称：二酸化炭素還元装置および還元方法

発明の概要：CO<sub>2</sub> 溶解液を硫酸ナトリウム水溶液にして CO<sub>2</sub> 還元を行う方法

特開 2018-016535 号

発明の名称：二酸化炭素還元装置および還元方法

発明の概要：ダイヤモンド光触媒に Ag 等の助触媒を担持して CO<sub>2</sub> 還元を行う方法

特開 2019-005709 号

発明の名称：浄化装置，浄化方法，炭素材の製造方法および炭素材

発明の概要：ダイヤモンドに多孔性光触媒を形成して水浄化を行う方法

以下の条件にて検索した。

関連する技術に対応する特許分類，分類の説明

- ・ C01B31/20 (二酸化炭素 (炭素：その化合物))

関連技術のキーワード

- ・ 二酸化炭素 (二酸化炭素+CO<sub>2</sub>+炭酸ガス)
- ・ 還元
- ・ 光触媒
- ・ ダイヤモンド (ダイヤ+ダイア+SP<sup>3</sup>+硬質炭素)

分析結果

(i) ダイヤモンド電極

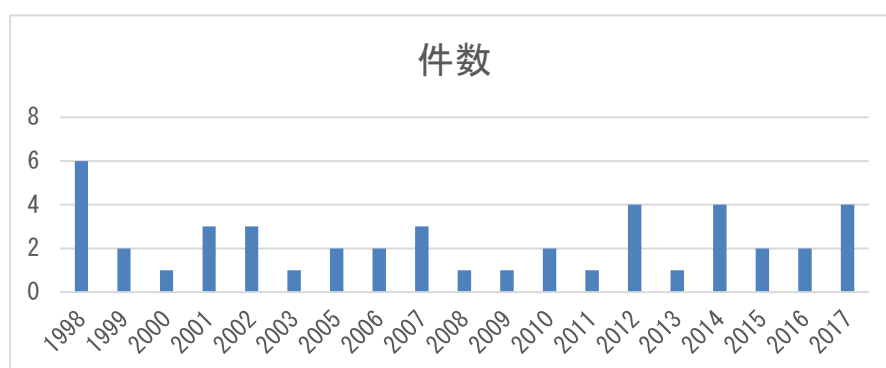


図 6-1-9 出願件数 (タブ「出願件数」)

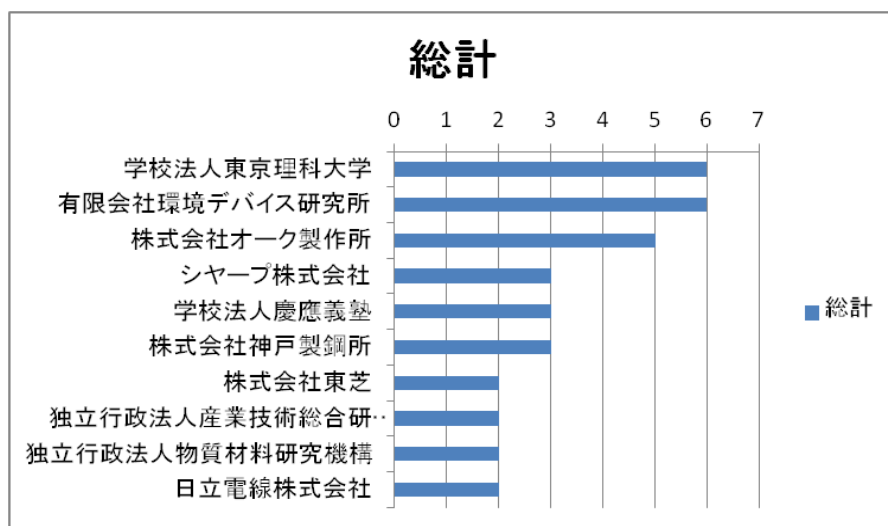


図 6-1-10 出願人上位 10 社（タブ「出願人上位 10 社」）

(ii) 光触媒

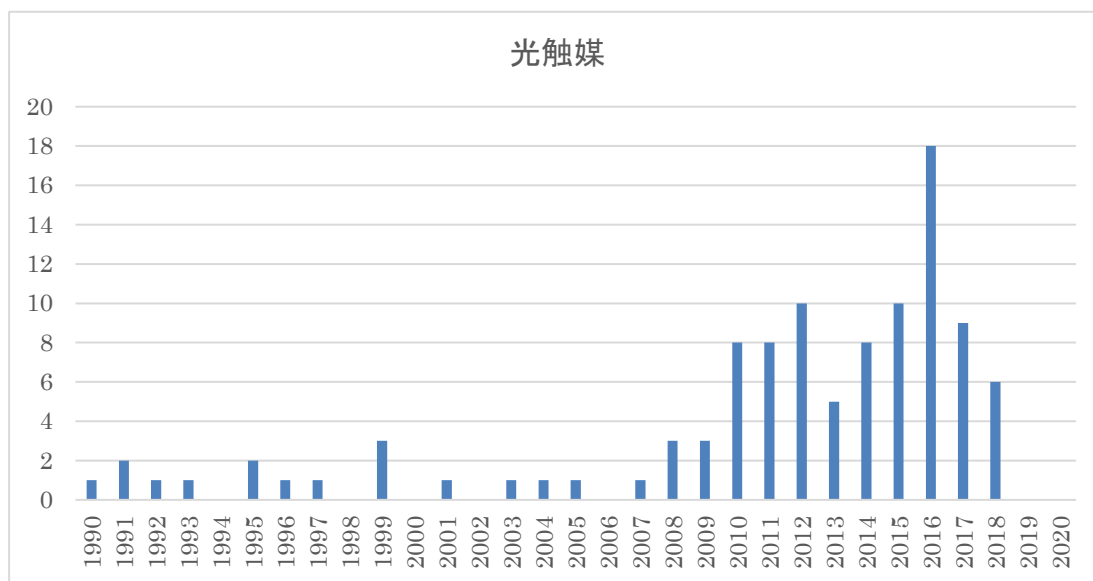


図 6-1-11 出願件数（タブ「出願件数」）

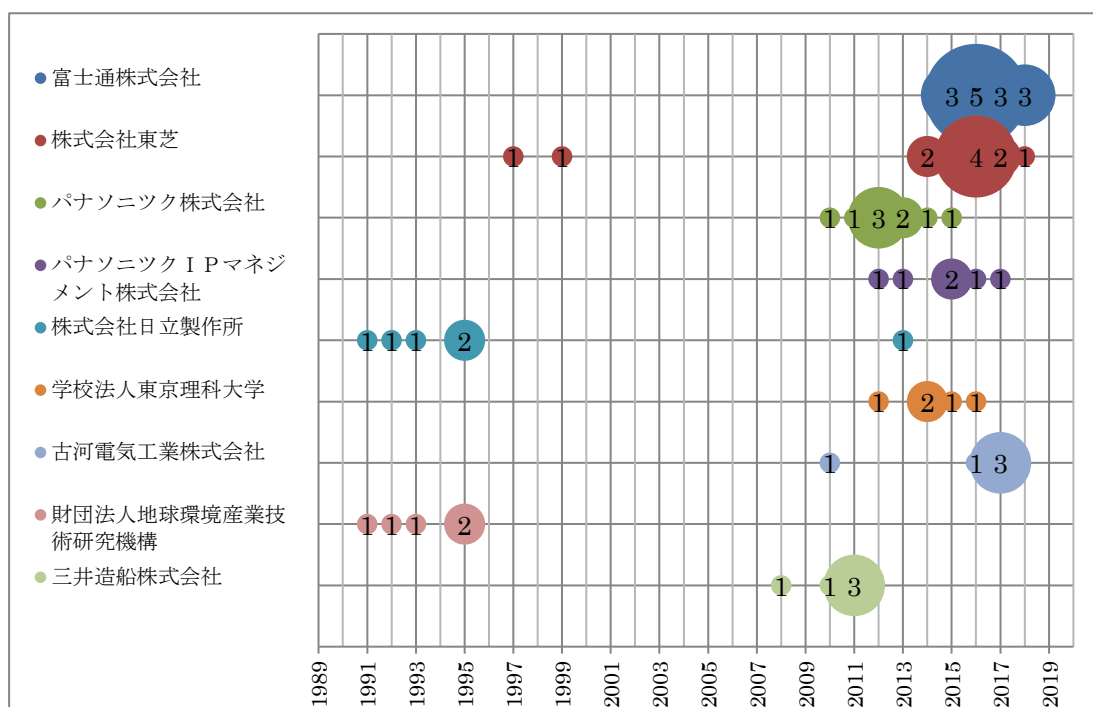


図 6-1-12 出願人上位 10 社（タブ「出願人上位 10 社」）

### (iii) 電気化学

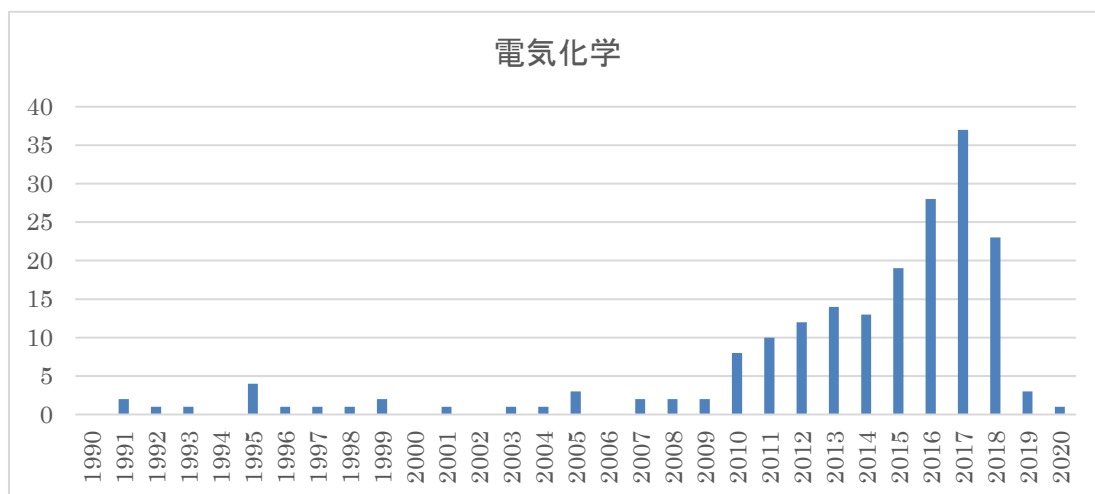


図 6-1-13 出願件数 (タブ「出願件数」)

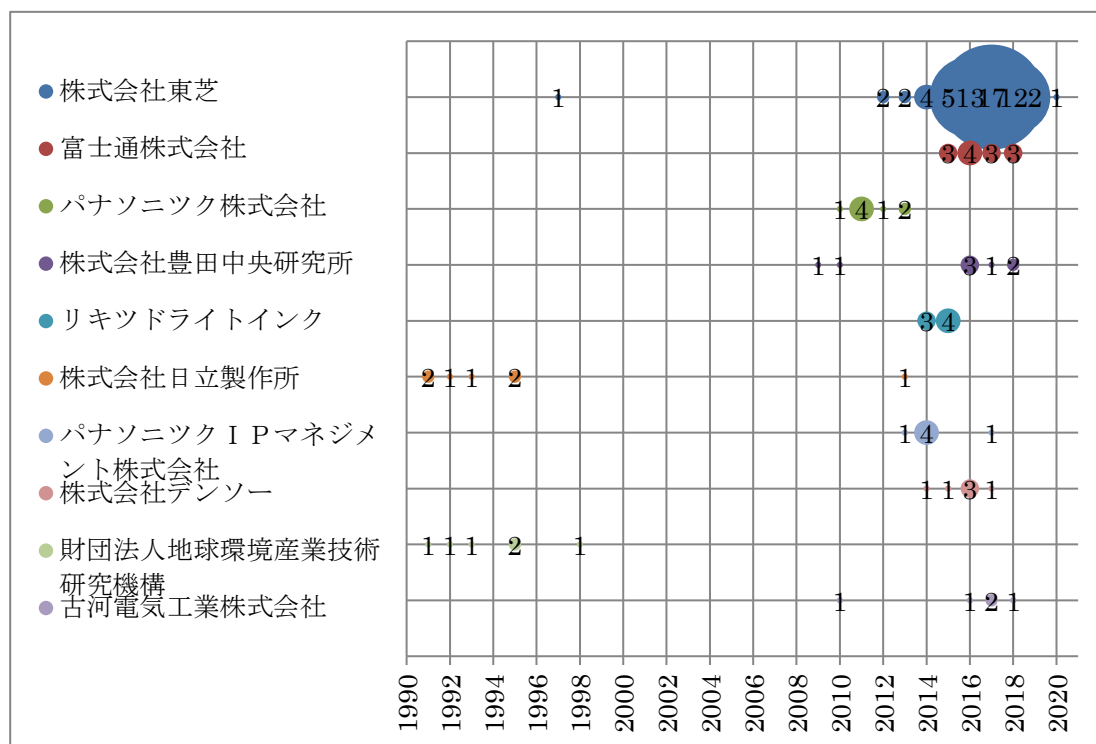


図 6-1-14 出願人上位10社 (タブ「出願人上位10社」)

以上の調査結果から、二酸化炭素を還元する装置であって、電極がダイヤモンドで、波長が 222nm のエキシマランプを使用する特許は抽出されず、本研究課題の実施内容が新規性があり他の技術に対して優位性があることがわかった。また、二酸化炭素還元には光触媒だけではなく電気化学的手法も注目に値することがわかった。

● **課題目標、マイルストーンに対する達成状況**

本課題では二酸化炭素変換効率が 1%以上となるシステムのモデル化を提言するため、反応における選択性と電流密度を図 6-1-15 の黒丸に示す目標値と定めている。この選択性と電流密度はトレードオフの関係にあり、本研究開発で蓄積した知見を活かし、ダイヤモンド半導体基板の表面処理と Cu-SnOx コアシェル構造の助触媒担持により、-1.1 vs. RHE を印加したときの CO<sub>2</sub> 還元において電流密度が 1mA/cm<sup>2</sup> 強あり、そのときの CO 生成におけるファラデー効率は 82%ほどで目標値を達成した。

今後は 2030 年に向けて、日本が掲げているカーボンリサイクルロードマップの目標値である 500mA/cm<sup>2</sup> を凌駕するより高い電流密度で CO<sub>2</sub> 還元が進行するよう助触媒の探索を継続し、CO<sub>2</sub> 還元の効率向上と実利用に至適な反応系の構築を産業界と共に取り組みたい。

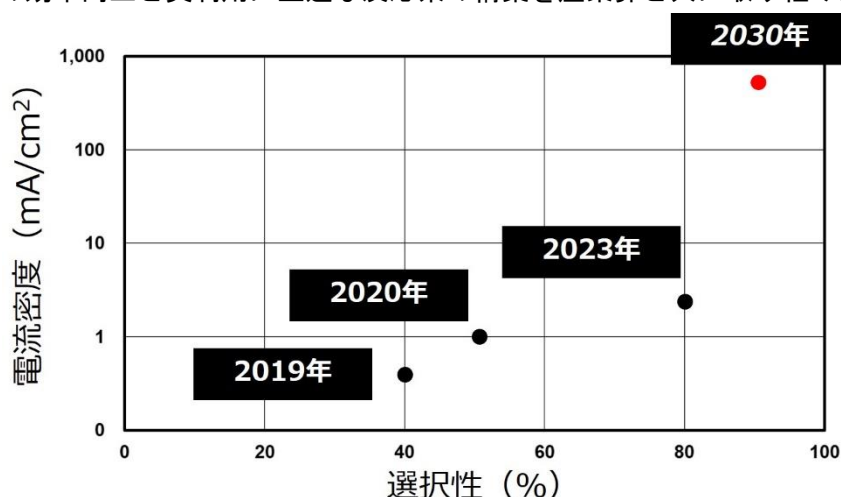
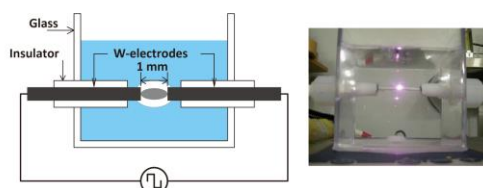


図 6-1-15 選択性と電流密度のロードマップ

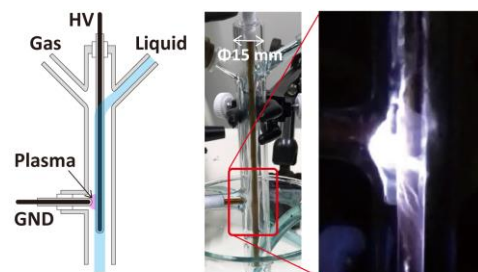
(課題 1-3-1) ソリュシオンプラズマの高効率化 (大阪市立大学, エア・ウォーター(株))

● **成果の特長**

① ソリュシオンプラズマによる連続処理の実現: ソリュシオンプラズマ (SP) は、プラズマ中で発生した活性種を液体に作用させることによって、溶液中の化学反応を、従来の加熱方式よりも低温で効率よく進行させることができる。すでに齋藤永広 (名古屋大学) らの研究によって、小容量バッチ式 SP の場合にナノカーボンの合成効率が熱分解方式の 100 倍であることが明らかにされている。ただし、この技術を社会実装するためには、プロセスの連続化によって大容量処理に対応する必要がある。本研究開発では、そのための要素技術として、電極損耗抑制技術、液体導電率依存性



(a) 従来の SP では、大半の液体がプラズマと非接触。M.B. 分解効率は 0.0032 mg/Wh (それでもカーボン合成率は熱分解の 100 倍)。



(b) 通過液体が必ずプラズマと接触。M.B. 分解効率は 0.041 mg/Wh. (従来の SP の約 10 倍)。

図 6-1-16 (a) 従来の SP リアクターの構造。  
(b) 本技術開発の誘電体被覆電極型 SP リアクターの構造。

払拭技術、高効率処理のための流路構造の開発に取り組んだ。

②気液界面プラズマによるメンブレンのワンポット合成の実現：導電性メンブレンや電解質メンブレンは、今後のフレキシブルデバイスなどで需要が増加するが、材料合成、機能性要素の添加、何らかの基材への成膜、基材からの剥離といった複数のプロセスを経て製造される。本研究開発では、原料分子を含有する液体の液面上でプラズマを生成することによって、剥離が容易な液面上で原料由来のメンブレンを単一の工程で実現する技術の開発に取り組んだ。

## ● 従来技術・競合技術に対する優位性

①ソリューションプラズマによる連続処理の実現：先述の通り、SP プロセスは、熱化学反応プロセスに対して効率が 100 倍という優位性を持つ（ナノカーボン合成時）。ただし、従来の SP プロセスは、液中に直径 1mm 程度のプラズマが生成される形式であり、かつバッチ処理である。そのため、大半の液体がプラズマと接しておらず、かつ連続処理には適さない形態であった。本研究開発では、処理対象の液体がプラズマと接する比率を大幅に向上し、かつ連続処理が可能な流れ系での処理が可能な流路構造を開発した。

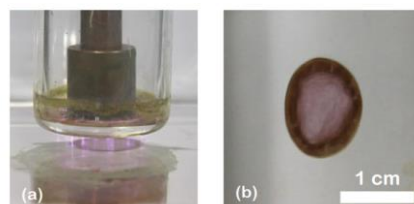


図 6-1-17. 液面と接するプラズマによる液面上へのメンブレンのワンポット合成例（金ナノ粒子含有ポリマー）。

②気液界面プラズマによるメンブレンのワンポット合成の実現（図 6-1-17）：従来は複数の複雑なプロセスで実現されている機能性メンブレンの合成を、一つの工程だけで実現できるという優位性があり、金ナノ粒子含有ポリマーの合成では成功している（図 6-1-17 (b)）。一方、導電性メンブレンの代表例である PEDOT:PSS は、PEDOT:PSS 溶液を適当な基材の上にスピン塗布した後に剥離して得られるが、モノマーである EDOT や添加物の PSS からスピン塗布用の溶液を製造するまでに 24 時間の反応時間を要する。本研究開発の手法によれば、モノマーに対して約 10 分のプラズマ照射を行うことで、PEDOT:PSS と類似の物質を合成できる。

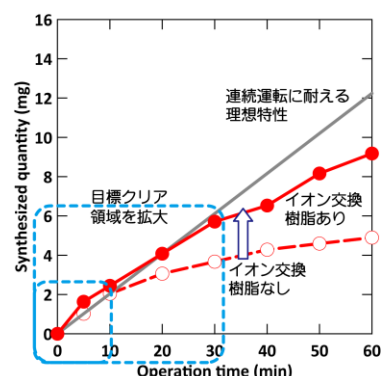


図 6-1-18. イオン交換樹脂援用による SP リアクターの高効率運転時間の拡張。

## ● 課題目標、マイルストーンに対する達成状況

①ソリューションプラズマによる連続処理の実現：

(1) 電極損耗抑制技術：金属電極の誘電体被覆により金属電極損耗を防止するとともに、金属と誘電体とを隙間なく密着させることにより、金属と誘電体の隙間における寄生放電（無用な電力消費を伴う）の発生を防止した（特願 2019-157716）。この技術については、SP を食材製造プロセスに応用する際の金属汚染の問題を払拭できるという当初は意図していなかった点が注目され、機能性食材製造プロセスの一つである天然物由来高分子の低分子量化技術に発展した。また、この技術の社会実装に向けた活動として、JST A-STEP(育成型)「ソリューションプラズマを用いた天然物由来高分子の低分子量化に関する研究開発」（2020 年 12 月 1 日～2023 年 3 月 31 日）が推進され、2022 年 11 月現在において、食品企業 1 社と製薬企業 1 社から本技術の適用可能性に関する試験依頼を受けるに至っている。

(2) 液体導電率依存性抑制技術：SP プロセスの連続駆

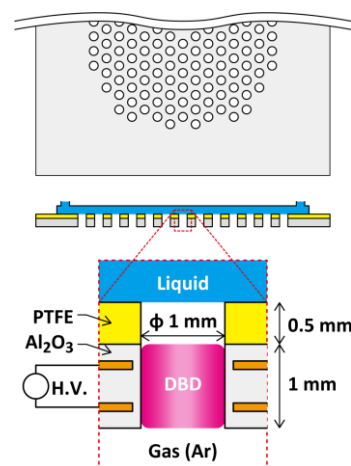


図 6-1-19. DBD 埋込マイクロコネクタ方式の概念図。



動によって液体の導電率が増加すると、液中での放電開始が困難となる場合がある。これは、液体を循環させて SP 処理するとき、処理時間とともに効率が低下することを意味する。本研究開発では、この問題を解決するために、液体循環経路にイオン交換樹脂を併用した。その結果、高効率運転時間が従来の 3 倍となった(図 6-1-18)。イオン交換樹脂を適宜再生・交換することによって、高効率運転が可能な処理時間が限られているという問題点を払拭した。

(3) 高効率放電のための流路構造(効率 10 倍): 従来の SP 装置(図 6-1-17(a))では、大半の液体がプラズマと非接触となる。この点を解決するために、流れる液体が必ずプラズマと接する流路での SP 処理法(図 6-1-19)を開発した。メチレンブルー分子の分解効率によって両者の効率を比較したところ、従来の SP では 0.0032 mg/Wh であったところが、連続型ではその約 10 倍である 0.041 mg/Wh となった。なお、効率は変化しないが、放電周波数を 30 kHz から 200 kHz に向くことで、処理速度が 2.5 倍になることも見出している。さらに、プラズマと接する液流の厚みを薄くした DBD(大気圧誘電体バリア)埋込マイクロコンタクター方式を開発した(図 6-1-19)(特願 2023-026460)。この方式により、液体処理効率を、従来の SP 装置(図 6-1-17(a))の 530 倍に向上させた。

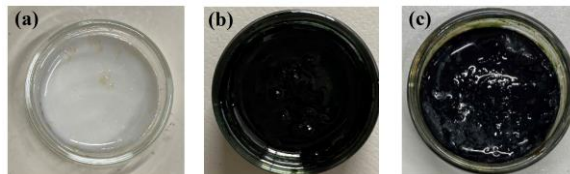


図 6-1-20. (a) EDOT-PSS-SDS 混合水溶液を超音波処理した混合乳液。  
(b) 混合乳液を He プラズマ処理(10 分)した結果。  
(c) 混合乳液を Ar プラズマ処理(10 分)した結果。

## ②気液界面プラズマによるメンブレンのワンポット合成の実現:

### (1) 導電性メンブレンのワンポット

合成: PEDOT:PSS の原料となる EDOT 溶液と PSS 溶液は、それぞれ油と水の関係にあるため、界面活性剤としてドデシル硫酸ナトリウム(SDS)を添加し、超音波ホモジナイザーによって乳化した(図 6-1-20(a))。この乳化液への 10 分間のプラズマ処理により、液体原料から固体物質へのワンポットでの変換が可能となった(図 6-1-20(b), (c))。従来法でモノマーから固体物質を得るまでの所要時間が、最低でも 24 時間(1,440 分)であるのに対して、144 倍速で固体形成までを実現できた。なお、本技術によって得られた物質は、まだ均一な膜厚のメンブレンではい、また、その導電率は、条件の最適化によって、有機 EL 用の導電膜として使用可能な数 mS/cm となったが、当初目標としていた 1,000 S/cm を達成することはできなかった。

(2) 電解質メンブレンの合成: ナフィオン類似膜を得るために、各種フッ化炭素液体に対してプラズマ処理を行ったが、2020 年の段階で膜形成は実現できなかった。そのため、2020 年以降は、導電性メンブレン合成に注力することとした。

## ● (計画進捗に遅れがある場合) その原因分析

(1) 導電性メンブレンの導電率向上未達成の原因: 通常の PEDOT 合成反応は、モノマーである EDOT に酸化剤である  $\text{FeCl}_3$  を添加した酸化重合である。我々の技術においても、水が関与するプラズマで生成される OH ラジカルが酸化剤として働く酸化重合を期待していた。これは、ガンマ線照射による EDOT から PEDOT の合成の報告において、ガンマ線が一旦水分子を解離し、そこで生成された OH ラジカルが酸化重合を推進しているとされていたからである。我々の方式において導電率が十分に向上しなかった原因としては、OH ラジカルによる酸化重合だけではなく、液面と接しているプラズマからの紫外線や励起原子(放電ガスが He の場合には、He の準安定励起原子)がモノマーに作用してしまい、モノマーの切断部位の選択性(チオフェン基の C-H だけを切断し、そこを起点として重合したい)が損なわれたためではないかと考えている。

(2) 電解質メンブレンの合成未達成の原因: フッ化炭素は難分解性物質として知られており、酸化剤として最も酸化力の強い OH ラジカルを使わなければ分解できないことが知ら



れている。我々の方式においても、OH ラジカルが寄与することでモノマーの一部が解離され、重合が起こると期待していた。液体状態のモノマーの集合体に対するプラズマ処理でも重合が可能であることは、本研究開発の前段階である金ナノ粒子含有ゼラチン重合膜の合成は、本研究開発の PEDOT の合成で実証した。フッ化炭素の場合にそれが不可能である原因としては、C-H 結合と比較して、C-F 結合の結合力が強いのではないかと推測している。比較的切断されやすい C-H 結合で重合するモノマーの場合には、隣り合ったモノマーの C-H が切断されて C-C 結合が形成される（重合する）確率が高い。一方、モノマーの末端が強固な C-F 結合の場合には、隣り合ったモノマーのうち、片方の C-F は切断されてダングリングボンドを有する C-となったとしても、もう片方のモノマーの末端は強固な C-F 結合のままになる可能性が高い。このため、モノマー同士の重合が進行しないのではないかと考えている。なお、二重結合を有するテトラフルオロエチレンなどを用いれば重合が進行することは古くから知られているが、多くの物質が爆発性であるなどから安全面の観点からその利用が難しいのではないかと考えている。

#### （課題 1-3-2）波長変換可能な半導体ナノ粒子の合成（大阪市立大学，ナノアース）

##### ● 成果の特長

水熱合成法により溶性半導体ナノ粒子を合成すること、さらに Mn は Cuなどを発光中心にドーピングし、波長変換機能を有するナノ粒子を作製すること、さらには、太陽電池上にナノ粒子を均一積層・塗布できることが本研究課題の特長である。

##### ● 従来技術・競合技術に対する優位性

以下の3点が挙げられる。

###### (1) 水溶性半導体ナノ粒子の合成

従来の半導体ナノ粒子に関する研究は主として、CdSe や CdTe などの Cd 系ナノ粒子を対象に行われてきた。しかしながら、実用化のために Cd フリーのナノ粒子の合成技術確立することが必要不可欠である。また、従来の半導体ナノ粒子の合成は、ホットソープ法による作製が主流となっている。ホットソープ法により作製されたナノ粒子は脂溶性粒子であり、トルエンやキシレンなどの有機溶媒が使用される。しかし、トルエンやキシレンは PRTR（化学物質排出移動量届出制度）法対象物質であるため、実用化の観点からは水溶性ナノ粒子を作製することが望ましい。そこで、本研究では、水熱合成法により水溶性の Cd フリー半導体ナノ粒子の作製に取り組み、水溶性ナノ粒子の発光効率として最高値を達成している。

###### (2) 波長変換ナノ粒子の合成

合成した半導体ナノ粒子をコアとし、その外側を別の半導体ナノ構造で覆うシェル層を導入しするとともに、コア/シェル/シェル型の3層構造を利用すること、さらに、内側のシェル層に発光中心をドーピングすることにより、紫外光を可視光に変換する波長変換機能を有する波長変換ナノ粒子の作製、多様な半導体ナノ粒子へのドーピングが可能となる。

###### (3) Layer-by-layer (LBL) 法によるナノ粒子積層およびガラス分散・塗布技術の確立

水溶性ナノ粒子の特長を利用し、LBLにより、太陽電池上にナノ粒子の1粒子層毎の積層が可能である。さらに、ナノ粒子をガラス中に均一に分散させる技術確立することにより、ナノ粒子分散ガラスを太陽電池上に塗布することが可能となる。

##### ● 課題目標、マイルストーンに対する達成状況

研究は順調に進んでおり、本研究課題の目標を達成できる見込みである。以下に詳細を述べ

る。

まず、ZnSe に着目し、水熱合成法による ZnSe ナノ粒子作製のための最適条件を探索した。その結果、発光量子効率 60 %を有する ZnSe ナノ粒子の作製に成功した。さらに発光強度を向上させるため、ZnSe ナノ粒子の表面を ZnS ナノ粒子で覆った ZnSe / ZnS コア／シェルナノ粒子を作製することにより、発光量子効率を 90 %以上に向上させることに成功した(図 6-1-21)。この発光効率は、ZnSe 系ナノ粒子の最高値である。

また、発光量子効率 50 %を有する  $\text{AgInS}_2$  (AIS) ナノ粒子の作製に成功(水溶性 AIS ナノ粒子の最高値)した。さらに、AIS/ZnS コア／シェルナノ粒子を作製することにより、発光量子効率 60 %以上を実現した。そして、発光波長を広範囲で制御することを目指し、ZnS-AIS 混晶ナノ粒子を作製することにより、発光波長を 520-700 nm の間で制御することに成功した(図 6-1-22)。

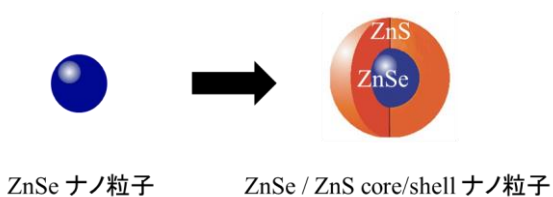


図 6-1-21 ZnSe および ZnSe/ZnS ナノ粒子の模式図



図 6-1-22 ZnS-AIS 混晶ナノ粒子の蛍光の様子

ZnSe ナノ粒子をコアとして用い、ZnS:Mn シェル層を導入することにより、発光中心である Mn をドーピングした後、外側を ZnS シェル層で覆う 3 層構造の ZnSe/ZnS:Mn/ZnS ナノ粒子 (図 6-1-23) を作製することにより、紫外光を吸収し可視光 (橙色) で発光する波長変換ナノ粒子の作製に成功した (図 6-1-24)。橙色で発光する Mn 発光の発光量子効率 84 %を実現した。

LBL により太陽電池上にナノ粒子を 1 粒子層ずつ積層させることに成功した。さらに、ナノ粒子を均一に分散させたガラス試料の作製方法を確認するとともに、太陽電池上に塗布することにも成功した (図 6-1-25)。ナノ粒子分散ガラスを付加することにより、付加前に比べて発電量は 7.4 %向上した。波長変換ガラスを含めた素子構造を最適化することで光電変換特性が更に向上すると期待される。

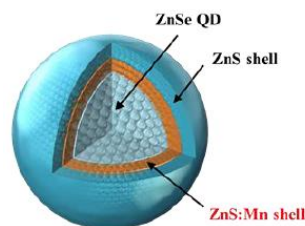


図 6-1-23 ZnSe/ZnS:Mn/ZnS ナノ粒子の模式図

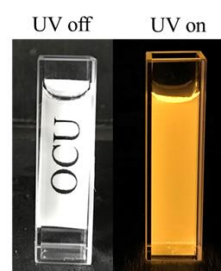


図 6-1-24 ZnSe/ZnS:Mn/ZnS ナノ粒子の蛍光の様子

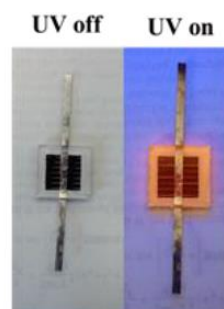


図 6-1-25 波長変換ガラスを塗布したシリコン太陽電池

### 6.1.3 プロジェクト終了後の活動方針

(課題 1-1-1) ヘテログラフェン酸素還元触媒の開発 (名古屋大学, (株)名城ナノカーボン)

- プロジェクト終了後の社会実装に向けた活動方針

酸素還元触媒として、ヘテログラフェンがコーティングされた白金少量化触媒が経済的な触媒になり得ることを確認した。より実用的に技術になるためには、大量生産が可能なプロセスを確立する必要があると判断される。したがって、大量触媒合成のためにソリューションプラズマ法のプロセスを実体化する活動を行う。

- 競争領域での共同研究への展開の計画

白金少量化と白金フリー触媒 さらに、非貴金属触媒を開発するためにヘテログラフェンと金属ナノ粒子のハイブリッドオービタル (p-d hybridization) の研究を行う。

(課題 1-1-2) ヘテログラフェンの機能・構造解析 (名古屋大学, トヨタ自動車(株), (株)コベルコ科研, (株)デンソー, (株)名城ナノカーボン)

- プロジェクト終了後の社会実装に向けた活動方針  
カーボン材料に関する世界最高の信頼性が高いデータベースを構築することができた。このデータベースを用いてプロセス-構造-特性-性能の予測モデルを構築している。このように産業応用につながる優れた研究成果を創出しており、今後は本成果を社会実装に向けて商用利用化も視野に入れた取り組みを進める。
- 競争領域での共同研究への展開の計画  
現在、リチウムイオン電池や燃料電池などのエネルギー用途を中心にカーボンデータベース（構造物性、導電性、性能など）を構築している。計画として他の用途にもデータベース（熱伝導率）を拡張していく。

#### （課題 1-2-1）高性能・高効率光触媒の開発（大阪市立大学、堺化学工業(株)、他1社）

本研究課題の「光触媒合成法の開発」に関しては、人工光合成を促進する金属助触媒担持半導体光触媒を対象とした優れた合成法を確立しおり、十分目標を達成したものと考えている。更に金属助触媒の高速合成を目的としたプラズマソリューション合成法の確立や、金属助触媒担持効果を模倣して光触媒表面構造を改質した「高耐久性且つ安価な新規光触媒」の合成にも取り組んでおり、大規模化・実用化など社会実装に向けて研究を展開している。一方、「水によるCO<sub>2</sub>還元反応メカニズムの解明」の課題については、in-situ 複合分析の構築とCO<sub>2</sub>還元反応メカニズムの解明に成功しており、十分目標を達成したと考えている。この in-situ 複合分析は先進的分析法であると共に、あらゆる機能性材料に応用可能なものであることから、今後は光触媒だけでなく、あらゆる材料分野における競争領域での共同研究に繋がるように利用し、A-STEP 育成型・本格型などの研究申請を積極的に行う予定である。

#### （課題 1-2-2）ダイヤモンド光触媒の開発と二酸化炭素の資源化（東京理科大学、(株)オーク製作所）

引き続き、社会実装の実現に向けて本研究課題内容を継続させる予定である。

#### （課題 1-3-1）ソリューションプラズマの高効率化（大阪市立大学、エア・ウォーター(株)）

本課題の連続処理と高効率化については、基本的な要請を満たすリアクター構造を確立しており、目標を達成したものと考えている。また、その社会実装に向けた活動についても、対象物質がナノカーボンではないが、機能性食材の合成という対象においてA-STEP 育成型で推進されている。また、本技術を社会実装する際に必要となる機能性食材製造企業や製薬企業との連携についても開始されている。現時点では、我々の技術を試用するという段階であるが、本格的な協力関係に発展した場合には、A-STEP 本格型などへの申請を計画している。

#### （課題 1-3-2）波長変換可能な半導体ナノ粒子の合成（大阪市立大学、ナノアース）

社会実装に向けて、共同研究を継続する予定である。

## 6.1.4 その他

課題 1-1-1、1-1-2においては、参画企業での特許出願に際して課題に参画していた若手研究者を中心とする大学と企業との共同出願がなされる予定であるなど、課題の成果に基づく社会実装に向けた取り組みについてのプロセスを学ぶ機会があった。また、課題 1-1-2のカーボン・データベース構築においては、参画企業内でのデモ利用をする機会が定期的に設けら

れ、データの搭載方法や搭載するデータの種類の検討など、データベースの質の向上につながる活動があった。

## 6.2 研究開発課題2 「安価で高効率なエネルギーデバイスの開発」

|          |                                                                                                                        |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| キーテクノロジー | 異種界面形成・制御技術                                                                                                            |
| 課題代表者    | 齋藤 永宏<br>名古屋大学 未来社会創造機構 教授                                                                                             |
| 実施期間     | 平成30年11月～令和5年3月                                                                                                        |
| 共同研究機関   | 名古屋大学, 信州大学, 芝浦工業大学, トヨタ自動車(株), 豊橋鍍金工業(株), いすゞ自動車(株), 旭東ダイカスト(株), 日空工業(株), (株)放電精密加工研究所, 東レエンジニアリング(株), 石福金属興業(株), 他1社 |

### 6.2.1 マイルストーンと達成状況

| 課題番号    | MS番号  | マイルストーン内容                                                                                                 | 達成状況                                                                                                                                                            |
|---------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 課題2-1-1 | MS2-1 | n型およびp型ヘテログラフェンの合成を実現(キャリア濃度: $10^{18}$ )                                                                 | 中止(課題②と統合)                                                                                                                                                      |
|         | MS2-2 | pn接合の実現と発電を実証                                                                                             | 中止(課題②と統合)                                                                                                                                                      |
|         | MS2-3 | 導電率: $100\text{S/cm}$ 以上を実現(デンカブラックの20倍)                                                                  | 課題①と統合し, 計画達成度は課題①と同様の90%<br>CNTをヘテロカーボンでコーティングし, $700\text{ S}\cdot\text{cm}^{-1}$ の導電率を実現(デンカブラックの140倍). シート抵抗: $10\text{ }\Omega$ 以下/sq と透過率92% @550nmを実現した. |
|         | MS2-4 | シート抵抗: $10\text{ }\Omega$ 以下/sq (90% @550nm)を実現                                                           | 中止(MS2-3と統合)                                                                                                                                                    |
|         | MS2-5 | 目標: ナノ構造炭素表面への接合改善用機能層の形成 内容: 現状のナノ構造炭素材料-金属界面接合状態を明らかにし, ナノ構造炭素材料表面にそれを改善する機能層を形成                        | ステータス: 達成した.<br>ナノ構造炭素材料の表面への酸化処理, 酸化処理後のシランカップリング処理, 表面炭素構造の変化, 表面反応によるカーバイド形成等, 様々な界面接着を改善する機能層をナノ構造炭素材料表面に形成することができた.                                        |
|         | MS2-6 | 目標: ナノ構造炭素と金属の界面にて80%以上の密着を実現 内容: ナノ構造炭素材料の表面改質を実施し, 金属との濡れ性の改善. ナノ構造炭素材料-金属複合材料の切断面にて, 界面が80%以上密着することを目標 | ステータス: 達成した.<br>MS2-5で検討した表面改質を高熱伝導率を示すダイヤモンドに適用して定量的に調査した. その結果, ダイヤモンド表面へのカーバイド形成が中でも特に有効であろうことを見出し, ダイヤモンドと銅の界面が隙間なく密着している割                                  |

|             |       |                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             |       |                                                                                                                     | 合が 80%以上となったことがめっき断面でのダイヤモンド/銅界面の直接観察から確認できた。                                                                                                                                                                                                                                         |
|             | MS2-7 | 目標:熱伝導率:500 W/m・K(銅の 1.2 倍)以上の実現 内容:異種熱伝導機構を媒介する界面構造を設計し, 同一割合の界面が密着した条件で熱伝導率が 1.2 倍以上になる条件の把握                      | ステータス:達成した。<br>ナノ構造炭素材料への表面改質によって電解めっき浴との濡れ性を改善することで分散性を向上した。同手法でナノ構造炭素を高分散させた液中で電解めっきを行うことによって 5vol%未満ながら比較的均一に表面改質ナノ構造炭素材料を金属めっき中に複合することに成功した。                                                                                                                                      |
|             | MS2-8 | 目標:熱伝導率:800 W/m・K(銅の 2 倍)以上の実現 内容:高熱伝導率を示すナノ構造炭素材料-金属界面接合した材料の評価結果をフィードバックし, ナノ炭素材料-金属界面での熱伝導率低下メカニズムと, それらの寄与率等を解明 | ステータス:達成した。<br>ダイヤモンド表面にシリコンカーバイド層を 1400℃付近で形成することで, 均一かつ薄い機能層が形成され, 熱伝導率は最大値を示すことが確認された。更に, 電解時の基板の設置向きや浴中の液流れを制御することでダイヤモンド複合率を向上させたサンプルを調査したところ, 目標の熱伝導率( $\geq 800$ W/m・K)を大幅に上回る熱伝導率を発現した。検証試験の結果よい, 電解中のダイヤモンド表面への銅の直接析出による界面での接着が界面熱伝導向上に重要な要素であることが確認され, 界面での結合が重要であることを見出した。 |
|             | MS2-9 | 目標:カーボン・金属界面構造の可視化 内容:カーボン・金属界面の構造の可視化と特性評価の技術開発                                                                    | ステータス:達成した。<br>MS2-6 で見出した表面改質に関して界面の状態を直接観察した結果, 処理前との界面構造の違いが確認された。カーバイド形成では, シリコンカーバイド層の形成厚みをダイヤモンドの破面から調査したところ, カーバイド形成処理時の温度が高いほどカーバイド層の厚みが増加する傾向が見られ, 熱伝導率向上にはこの厚みが重要となることを見出した。                                                                                                |
| 課題<br>2-1-2 | MS2-1 | 目標:基材の導電性 10~15%向上 内容:ヘテロ構造化による導電率の増加量をアルミニウム合金では 15%, マグネシウム合金では 10%以上とする。                                         | アルミニウム合金基材のミクロ組織制御を可能とする多段熱処理プロセスにより, アルミニウム合金基材の導電率を 19%以上向上させるためのプロセス条件を確立した。また, マグネシウム合金基材に対しては, AZX411 合金において,                                                                                                                                                                    |

|  |       |                                                                               |                                                                                                                                                                                                                        |
|--|-------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |       |                                                                               | 最終時効温度を 200℃とした際、マグネシウム合金基材の導電率が 14%向上できることを明らかにした。これにより、基材の導電性に関しては、最終目標を 100%達成した。                                                                                                                                   |
|  | MS2-2 | 目標：基材の熱伝導性 5～10%向上<br>内容：ヘテロ構造化による熱伝導率の増加量をアルミニウム合金では 10%、マグネシウム合金では 5%以上とする。 | アルミニウム合金基材のミクロ組織制御を可能とする多段熱処理プロセスにより、アルミニウム合金基材の熱伝導率を 17%以上向上させるためのプロセス条件を確立した。また、マグネシウム合金基材に対しては、AZX411 合金において、最終時効温度を 200℃とした際、マグネシウム合金基材の熱伝導率が 14%向上することを明らかにした。これにより、基材の熱伝導性に関しては、最終目標を 100%達成した。                  |
|  | MS2-3 | 目標：皮膜の孔食の発生なし<br>内容：pH = 3 の硫酸水溶液での分極試験において孔食が発生しないこととする。                     | アルミニウム合金基材上に水蒸気プロセスおよびイオン化蒸着法を用いて作製した AlO(OH)／カーボンヘテロ構造皮膜、マグネシウム合金基材上に SnO <sub>2</sub> あるいは MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> を用いて作製したヘテロ構造皮膜において、pH = 3 の硫酸水溶液での分極試験においていずれも孔食の発生がないことを確認でき、最終目標を 100%達成した。           |
|  | MS2-4 | 目標：皮膜の膜厚の減少率 20%以下<br>内容：pH = 3 の硫酸水溶液に 168 h 浸漬後の皮膜の膜厚の減少率を 20%以下とする。        | アルミニウム合金基材上に水蒸気プロセスおよびイオン化蒸着法を用いて作製した AlO(OH)／カーボンヘテロ構造皮膜、マグネシウム合金基材上に SnO <sub>2</sub> あるいは MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> を用いて作製したヘテロ構造皮膜において、pH = 3 の硫酸水溶液に 168 h 浸漬後の皮膜の膜厚の減少率はそれぞれ 0%および 20%であり、最終目標を 100%達成した。 |
|  | MS2-5 | 目標：皮膜の抵抗率を 5 桁低下<br>内容：4 端子法を用いた直流測定によるヘテロ構造皮膜の抵抗率を 5 桁低下させる。                 | アルミニウム合金基材上に水蒸気プロセスおよびイオン化蒸着法を用いて作製した AlO(OH)／カーボンヘテロ構造皮膜、マグネシウム合金基材上に SnO <sub>2</sub> あるいは MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> を用いて作製したヘテロ構造皮膜の抵抗率は、皮膜のヘテロ構造化によりそれぞれ最大 5 桁および 8 桁低下したことから、最終目標を 100%達成した。               |



|           |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|           | MS2-6 | <p>目標：皮膜の熱伝導性がステンレス鋼製セパレータの150%以上</p> <p>内容：ヘテロ構造皮膜を形成した基材に対し、表面形態を制御することで熱伝導率をステンレス鋼製セパレータの150%以上とする。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <p>アルミニウム合金基材上に水蒸気プロセスおよびイオン化蒸着法を用いて作製した<math>\text{AlO}(\text{OH})</math>／カーボンヘテロ構造皮膜、マグネシウム合金基材上に<math>\text{SnO}_2</math>あるいは<math>\text{MgFe}_2\text{O}_4</math>を用いて作製したヘテロ構造皮膜の熱伝導率は、ステンレス鋼製セパレータと比較してそれぞれ1354%および376%優れた値を示したことから、最終目標を100%達成した。</p> |
| 課題<br>2-2 | MS2-1 | <p>5C レートにおける電池容量：110mAh/g 以上</p> <p>目標：10C レート 20 サイクル容量もしくは 5C レート初期サイクル容量が110mAh・g<sup>-1</sup>を達成する電極材料のスラリー化技術の開発</p> <p>内容：コバルト酸リチウム結晶材料のスラリー化技術（活物質が結晶材料のみ）を開発する。分散性を向上し、10C レート・20 サイクル容量を110mAh・g<sup>-1</sup>（従来比35%以上）まで出力・寿命改善した電極を開発する。さらに、三元系結晶でも、5C レート・初期サイクル容量を110mAh・g<sup>-1</sup>（0.5C レート容量からの減少率が30%以下）まで出力向上する。</p>                                                                                                                     | <p>二粒子混合電極の塗工技術を確立した。成果を論文2報にまとめた。2022年度より国内メーカーへPR開始、並びに社会実装準備中。</p>                                                                                                                                                                                      |
|           | MS2-2 | <p>塗工面積：100×100 mm</p> <p>電池特性：10C レートにおける電池容量110mAh/g 以上</p> <p>目標：パイロットプラントスケール（幅5～10cm）での電極の作製。このとき、10C レート・100 サイクル容量として110mAh・g<sup>-1</sup>（コバルト酸リチウム）や5C レート・初期サイクル容量を110mAh・g<sup>-1</sup>（三元系）を達成</p> <p>内容：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・パイロットプラント（幅5～10cm）を利用して、電極を作製する。この電極を用いてセルを作製し、10C レート・100 サイクル容量として110mAh・g<sup>-1</sup>（コバルト酸リチウム）や5C レート・初期サイクル容量を110mAh・g<sup>-1</sup>（三元系）を達成する。</li> <li>・塗布工程の改良で、上述の性能をもつ</li> </ul> | <p>コインセルスケールと同等の電池性能かつ高速乾燥可能な40mm 角のパイロットプラントスケール電極の塗工技術を確立した。上述同様、国内メーカーへPR開始、並びに社会実装準備中。</p>                                                                                                                                                             |

|  |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                   |
|--|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
|  |       | <p>電極を開発する。具体的には、塗工時間や原料コストの観点から、スラリー化・塗布・乾燥・焼成の全工程を適宜検証・改善する。新開発スラリー化技術のフィードバック、2 粒子混合系活物質の利用によるスラリー改良、乾燥・焼成エネルギー源の検討、ならびに塗布方法の検討を進める。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・結晶材料にはコバルト酸リチウムを用いる。電極性能が改善されれば、三元系等の他の活物質の電極作製も試みる。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                   |
|  | MS2-3 | <p>塗工面積：300×200 mm</p> <p>電池特性：10C レートにおける電池容量 110mAh/g 以上</p> <p>目標：Roll-to-Roll 製造装置スケール（幅 10～30cm）による電極の試作。このとき、10C レート・100 サイクル容量として 110mAh・g<sup>-1</sup>（コバルト酸リチウム）や 5C レート・初期サイクル容量を 110mAh・g<sup>-1</sup>（三元系）を達成</p> <p>内容：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・Roll-to-Roll 製造装置スケール（幅 10～30cm）を利用して、電極を試作する。この電極を用いてセルを作製し、10C レート・100 サイクル容量として 110mAh・g<sup>-1</sup>（コバルト酸リチウム）や 5C レート・初期サイクル容量を 110mAh・g<sup>-1</sup>（三元系）を達成する。</li> <li>・電極作製には MS2-2 の知見をフィードバックし、同様の検討を進める（スラリー化・塗布・乾燥・焼成の全工程の適宜検証・改善）。</li> <li>・新型電極のセルメーカーなどへのサンプル提供開始を目指す。</li> <li>・製造結果を塗工工程にフィードバックし、大面積電極製造時の課題を抽出する。</li> </ul> | <p>コインセルスケールと同等の電池性能をもつ 200mm 幅×300mm 幅の Roll-to-Roll スケール電極の塗工技術を確立した。</p>       |
|  | MS2-4 | <p>シード層不要の結晶性薄膜形成の作製プロセス確立</p> <p>目標：ディップコート法でシード層なしの結晶性薄膜作製 内容：ディップコート法を</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <p>フラックスコーティング法のコンセプトを応用して、ZnO 柱状結晶におけるシードフリーかつダイレクト成長可能な塗工技術を確立した。成果を論文 1 報に</p> |

|            |       |                                                                                                                                                          |                                                                                                                |
|------------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 課 題<br>2-3 |       | 用いて、シード層を必要としない結晶性薄膜の作製プロセスを見出す。対象は透明導電材料とする。                                                                                                            | まとめた。                                                                                                          |
|            | MS2-5 | シード層不要の結晶性薄膜形成のメカニズム解明<br>目標：ディップコート法での結晶性薄膜形成機構の解明 内容：MS2-4で見出した結晶性薄膜の作製プロセスにおいて、ディップコート法をフラックスコーティング法に変更する際の課題を、薄膜形成機構の観点から抽出をする。                      | MS2-4 で確立したメカニズムを解明した。生産工程を簡素化した製造方法にて ZnO 結晶のシードフリー化を可能にした。成果を論文 1 報にまとめた。                                    |
|            | MS2-6 | シード層不要の結晶性薄膜形成のメカニズムを応用した量産技術確立<br>目標：フラックスコーティング法でシード層なしの結晶性薄膜作製 内容：フラックスコーティング法を用いて、シード層無しの結晶性薄膜を作製する。薄膜性能として、ディップコート法と同等程度の形状・界面特性を目指す。               | MS2-4, 5 の技術を電池用電極に応用した。既存電極と同程度の電池性能かつリサイクルに優位なバインダーフリー電極の塗工技術を確立した。成果を論文 1 報にまとめた。                           |
|            | MS2-7 | 量産技術を用いて塗工面積：100×100 mm の薄膜形成<br>目標：結晶性薄膜の大面积化プロセスの開発 内容：フラックスコーティング法を導入した、大型結晶性薄膜(ロール幅 10cm 以上)の作製プロセスを開発する。                                            | MS2-3 と成果を統合した。                                                                                                |
|            | MS2-1 | 目標：出力密度 1 kWh/kg, エネルギー密度 30 Wh/kg を見通す材料群の選定<br>内容：電子・イオン導電性を高めた複合ナノシート電極材料の開発に向けて、左記の出力密度およびエネルギー密度を見通す材料群を選定する。また、活性サイト解析を行い、高比表面積化をとおして活性点密度の向上を目指す。 | 出力密度 1 kWh/kg, エネルギー密度 30 Wh/kg を見通す材料群の選定について、活性サイト解析を並行して行った上での選定ができ、また高比表面積化を求めることで活性点密度を向上させることろまで概ね達成できた。 |
|            | MS2-2 | 目標：材料ベース、セルベースで数値目標を見通す材料作製技術 内容：上記の材料群について、材料ベースおよびセルベースで数値目標を見通す技術を開発する。                                                                               | 材料ベース、セルベースで数値目標を見通す材料作製技術を確立する目標に対して、当初計画にある技術が確立できた                                                          |
|            | MS2-3 | 目標：1 万回の充放電 内容：複合ナノシート電極材料の蓄電機構、劣化機構解析を通して 1 万回の充放電を見通せる抑止・抑制方法を明らかにする。                                                                                  | 1 万回の充放電を目指す目標に対し、複合ナノシート電極材料の蓄電機構と劣化機構解析を通して、達成できた。                                                           |
|            | MS2-4 | 目標：燃料電池や電極触媒などの新規                                                                                                                                        | 燃料電池や電極触媒などの新規用途に                                                                                              |

|  |  |                                                                               |                                                                                 |
|--|--|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | 用途に応じた評価 内容：複合ナノシート電極材料のスーパーキャパシタおよび二次電池への適用性以外に、燃料電池や電極触媒などの新規用途に応じた評価を実施する。 | 応じた評価について、複合ナノシート電極材料のスーパーキャパシタおよび二次電池への適用性を確認した。さらに、燃料電池を中心とした新規用途に応じた評価を実施した。 |
|--|--|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|

## 6.2.2 最終目標に対する成果の詳細

### ・ 成果

(課題 2-1-1) ヘテログラフェンのエネルギー変換  
(名古屋大学, トヨタ自動車(株), 豊橋鍍金工業(株))

#### 【エネルギー変換】

##### ● 成果の特長

p 型ヘテログラフェンコート SWCNT をソリューションプラズマで合成した。導電率は、デンカブラック比で 140 倍であった。(4 端子法によって  $700 \text{ S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ) (図 6-2-1)。XRD の結果によると、結晶性が向上する。グラファイト構造における  $\text{sp}^2$  C=C 結合の回復を示唆している可能性がある。また、p 型ヘテログラフェンでキャリア密度  $10^{20}$  を達成した。また、シート抵抗： $10 \Omega \cdot \text{sq}^{-1}$  以下を有する透明導電性薄膜用ヘテログラフェンの合成を実現した(透過率：92%@550nm, 2022 年 11 月現在(図 6-2-2))。

##### ● 従来技術・競合技術に対する優位性

電池の電極に用いる導電助剤は電池特性を実現するための必須材料であり、導電率を制御するための導電助剤としてヘテログラフェンを用いた。また、研究成果を有効活用した太陽電池デバイス化技術の開発を進めた。

##### ● 課題目標、マイルストーンに対する達成状況

MS2-1 では、p 型ヘテログラフェンでキャリア密度  $10^{18}$  以上を達成した( $10^{20}$  2021 年 12 月)。MS2-3 では、導電率  $100 \text{ S} \cdot \text{cm}^{-1}$  (ヘテログラフェン被ふく CNT) 以上を達成した ( $700 \text{ S} \cdot \text{cm}^{-1}$  2022 年 11 月現在)。また、シート抵抗： $10 \Omega/\text{sq}$  以下 ( $0.038 \Omega/\text{sq}$ , 2022 年 11 月, 現在) を実現し、92%透過率を持つ薄膜が作成できた。

##### ● (計画進捗に遅れがある場合) その原因分析

n 型ヘテログラフェンでは、構造の不安定性から再現性あるキャリア密度が得られていない。MS2-2 のための開発の代わりに、ヘテログラフェン被ふく CNT を開発した。

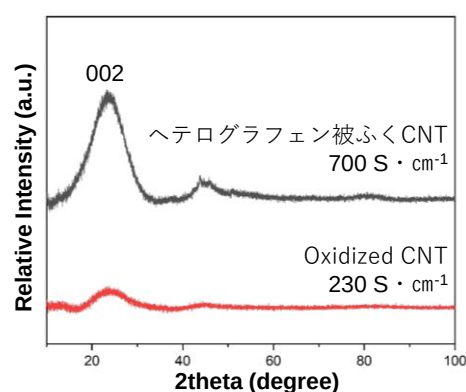


図 6-2-1 ヘテログラフェンコート CNT (XRD と導電性)

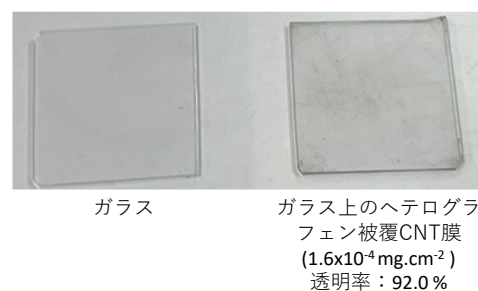


図 6-2-2 ヘテログラフェンコート CNT 膜

#### 【熱輸送】

## ● 成果の特長

近年、急速な電子機器の小型化・高集積化によって、集積回路の電力密度が大幅に増大しており、これに伴う回路内の発熱による故障や消費エネルギーの増大、性能・長期信頼性の低下などが問題となっている。特に、今後の更なる小型化・高性能化に対応するためには、既存の放熱用熱界面材料では不十分であることから、本プロジェクト内では量産性に優れ、より高性能な放熱材料としてナノ構造炭素/金属めっきに着目し、開発を進めてきた。

## ● 従来技術・競合技術に対する優位性

従来の放熱材料に用いられる材料にはセラミック、金属、合金、複合材料など様々なものが報告されている。既存の単一材料ではその殆どが次世代電子機器に対して性能不足になるとされている金属銅よりも熱伝導率が低く、金属銅より高い材料は成形性・加工性に乏しい炭素材料や炭素材料との複合材料であり、成形・加工なしでは適用が困難なバルク状で作製されているという問題があった。本プロジェクトでは、既存の材料でも最高クラスの性能である $\geq 800 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ （銅の2倍）という高い熱伝導率を示すナノ構造炭素/金属めっきを、量産性に優れ、対象表面に合わせた形成が可能な電析法を用いて作製することを試みた。ナノ構造炭素の中でもマイクロダイヤモンドに着目し、その表面へのカーバイド形成によって母材金属との界面での接着性を改善し、電解時の各種部材の配置等の調整によって複合状態を制御することでダイヤモンド複合量の増加を試みた。シリコンカーバイドを表面に形成したダイヤモンドを利用して形成しためっき皮膜は皮膜の約10倍の厚みを有する銅基板と合わせて測定しても銅より高い熱伝導率( $470 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ )を発現した。更に、ダイヤモンドの複合率を向上させ、基板からめっき皮膜のみ剥離したサンプルを得たところ、目標の熱伝導率( $\geq 800 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ )を大幅に上回る熱伝導率を発現し、従来技術に比べても優位な特性を示す材料の開発に成功したと分かった。

（課題 2-1-2）機能性ヘテロ構造の創製・制御技術の開発（芝浦工業大学、いすゞ自動車(株)、旭東ダイカスト(株)、(株)放電精密加工研究所、日空工業(株)、他1社）

## ● 成果の特長

水蒸気プロセスを利用して、アルミニウム合金基材およびマグネシウム合金基材のミクロ組織制御を可能とする多段熱処理プロセスの検討を行った。アルミニウム合金基材に対しては、Al-Si合金において、溶体化（合金を構成する元素を原子状態で溶け込ませること）、氷水焼入れ、予備時効（アルミ合金の強度、硬さを向上させる熱処理工程の一つ）ならびに最終時効を組み合わせた熱処理プロセスを水蒸気プロセス前に実施することで、アルミニウム合金基材の導電率を最大19%、熱導伝導率を最大17%向上させるためのプロセス条件を確立した。これは、アルミニウム合金基材に含まれる溶質原子を析出物として析出させることで母相の固溶量を減少させ、この組織制御の結果、基材の導電性および熱伝導性の向上が図られた。マグネシウム合金基材に対しては、AZX411合金において、最終時効温度を $200^{\circ}\text{C}$ とした際、マグネシウム合金基材の導電率を最大14%、熱導伝導率が最大14%向上できることを明らかにした。マグネシウム合金基材においても、溶質原子を析出物として析出させることで、基材の導電性および熱伝導性の向上が図られた。なお、導電率と熱伝導率は、本材料においてはいずれも形成しているミクロ組織や格子欠陥によって自由電子の移動が阻害される程度で決定されるため非常に相関が強く、その結果導電率と熱伝導率の増加量は同程度になったと考えられる。

アルミニウム合金基材上に耐食性と導電性を兼ね備えた皮膜を形成させるために、水蒸気を利用した手法を用いてヘテロ構造皮膜を形成するための技術開発を実施した。すなわち、イオン化蒸着法によってカーボン皮膜を作製した後、熱処理により導入した欠陥内に水蒸気

プロセスにより水酸化物 ( $\text{AlO}(\text{OH})$ ) を充填することで作製したカーボンを含むヘテロ構造皮膜である。

イオン化蒸着により、膜厚が 100nm となるよう炭素皮膜を成膜し、その後熱処理により欠陥（空隙）を導入し、最終的に水蒸気プロセスによりこの欠陥内に水酸化物 ( $\text{AlO}(\text{OH})$ ) 皮膜を充填することでヘテロ構造皮膜を作製した。各条件で作製した皮膜の pH = 3 の硫酸水溶液中における分極曲線を図 6-2-3 に示す。ヘテロ構造皮膜を形成した試料は、分極曲線において孔食の発生が見られないことを確認した (MS2-3 達成度 100%)。また、pH = 3 の硫酸水溶液中に 168 h 浸漬後の膜厚減少率が 0%であったことから、MS2-4 を 100%達成した。また、本技術で作製したヘテロ構造皮膜は、水蒸気プロセスにより作製した水酸化物 ( $\text{AlO}(\text{OH})$ ) 皮膜と比較すると、導電性の観点では 5 桁以上高いことが示され、MS2-5 を 100%達成した。また、ヘテロ構造皮膜の熱伝導率を測定した。最も高い熱伝導率を示したのは、水蒸気プロセス処理時間を 9 h とした試料であり、162 W/mK の熱伝導率を示した。これは、ステンレス鋼製セパレータのうち、最も高い熱伝導率が報告されている CrN を被覆した試料の 12 W/mK と比べると 1354%の熱伝導率であり、MS2-6 を達成した。なお、本研究で作製したヘテロ構造皮膜の熱伝導性が想定よりも大幅に高い数値を示したのは、水酸化物の熱伝導率の物性値は報告がなく、現状最も熱伝導性が高い金属性セパレータ（ステンレス鋼製セパレータ）の物性値をベンチマークとしたためである。また、アルミニウムの水酸化物（特に  $\text{AlO}(\text{OH})$ ）の熱伝導性が非常に高いことを本研究においてはじめて見出したこともめざましい成果である。

マグネシウム合金基材上に耐食性と導電性を兼ね備えた皮膜を形成させるために、水蒸気を利用した手法を用いて  $\text{SnO}_2$  を含むヘテロ構造皮膜を形成するための技術開発を実施した。

作製した皮膜の導電性を向上させるためには、F を皮膜にドーピングさせることが有効である。このため、皮膜中への F の導入をめざし、0.1M の  $\text{SnF}_2$  水溶液を利用した水蒸気と水熱合成を併用した複合的なプロセスにより  $\text{SnO}_2$  皮膜の作製をめざした。

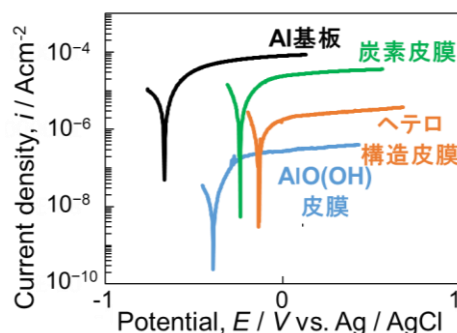


図 6-2-3：各条件で作製した皮膜の分極曲線

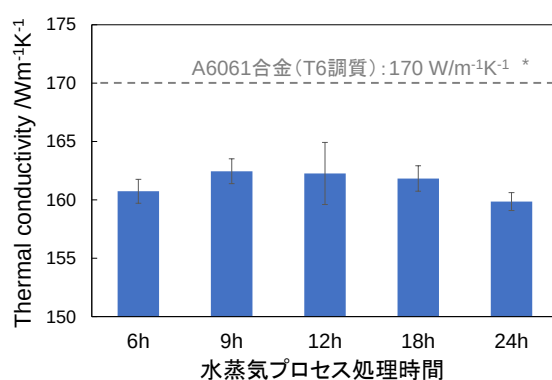


図 6-2-4：各条件で処理した Al 合金の熱伝

XRD, FT-IR, ラマン分光測定の結果から、複合プロセスにより作製した皮膜は結晶性の  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{SnO}$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  を含有するヘテロ構造皮膜であることがわかった。また、皮膜中に F が含まれていることがわかり、皮膜中に F をドーピングする技術を確立した。作製した皮膜の膜厚は作製条件に依存して変化し、 $1.5 \sim 6 \mu\text{m}$  程度であった。皮膜の硫酸に対する耐食性を調べ

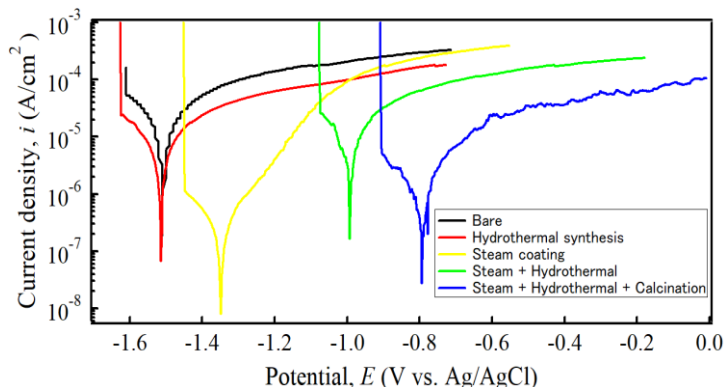


図 6-2-5：各条件で作製した皮膜の分極曲線

るために、 $\text{pH}=3$  に調整した硫酸水溶液中にて分極試験を実施した。その結果を図 6-2-5 に示す。図 6-2-5 には比較として、従来の水のみを用いた水蒸気プロセスで作製した皮膜の結果（図中の黄色線）もあわせて示す。水蒸気プロセスで作製した全ての皮膜は、未処理に比べて、腐食電位が貴化しアノード電流密度が低下したが、アノード電流密度が最も小さく優れた耐食性を示すのは、純水で作製した皮膜であることがわかる。なお、純水のみで作製すると、結晶性の  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  を含有するヘテロ構造皮膜であり、その皮膜の膜厚は最も大きい。このため、最も優れた耐食性を示したと考えられる。また、全ての皮膜に関して、孔食の発生に由来するアノード電流密度の急激な増加は見られなかったことから、本研究で作製した皮膜は、硫酸水溶液中で分極試験を実施しても孔食の発生を抑制できることがわかった（MS2-3 達成度 100%）。これらの皮膜の導電性を四端子法による抵抗率測定により調査した。その結果、水蒸気のみで作製した皮膜の抵抗率は  $2.1 \times 10^{10} \Omega/\text{sq.}$  となり、絶縁的であった。これは、絶縁性の  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  皮膜が主成分で形成されたためと考えられる。一方、 $\text{SnF}_2$  を利用して作製した皮膜の抵抗率は、 $10^2 \sim 10^4$  オーダーの  $\Omega/\text{sq.}$  となり、水蒸気のみで作製した皮膜と比較して、抵抗率が 5 桁以上低下した（MS2-5 達成度 100%）。また、 $\text{SnCl}_2$  を利用して作製した皮膜の抵抗値と比較すると、F のドーピングにより、抵抗率が 1~2 桁低下することを明らかにした。本技術で作製した皮膜の導電性は従来技術の化成処理や陽極酸化処理で形成した皮膜と比較すると、導電性の観点では 5 桁以上優れており、優れた導電性があると考えられる。耐食性に関しては、本研究で作製したリン酸系化成処理皮膜と比較すると優れていることを明らかにした。硫酸溶液中への浸漬試験を実施した結果、皮膜の膜厚は 20%程度減少していた（MS2-4 達成度 100%）。

本研究では、アルミニウムやマグネシウム合金にヘテロ構造皮膜を形成するための技術を確立し、そのヘテロ構造皮膜が、耐食性と導電性を兼ね備えていることを明らかにした。本研究では、オリジナリティの高い水蒸気プロセスによって、ヘテロ構造を有する水酸化物皮膜を形成し、耐食性、耐食性、導電性、熱伝導性を両立させるための技術を確立できたと言える。

## ● 従来技術・競合技術に対する優位性

アルミニウム合金においては、耐食性皮膜の作製技術は、化成処理や陽極酸化処理（アルマイト処理）に代表される従来技術が存在するが、耐食性と導電性を併せ持つ機能性皮膜の作製技術は存在しない。耐食性と導電性は相反する特性であることから、これらの特性を併せ持つ機能性皮膜を作製するためには、皮膜のヘテロ構造化が必須である。一方、化成処理や陽極酸化処理は単相皮膜しか形成できないことから、水蒸気プロセスを利用したヘテロ構



造皮膜の形成技術は絶対的な優位性がある。本研究において、 $\text{AlO}(\text{OH})$ （従来の耐食性皮膜）とカーボンからなるヘテロ構造皮膜の作製が可能であることを明らかにした。マグネシウム合金基材においても、 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ （従来の耐食性皮膜）と酸化スズからなるヘテロ構造皮膜の作製も可能であることを本研究成果により明らかにした。ヘテロ構造皮膜の抵抗率は従来の耐食性皮膜よりも5桁以上低下し、導電性を大幅に向上させることに成功している。すなわち、水蒸気を利用したプロセスを利用することにより、従来技術では実現されていなかった導電性と耐食性を兼ね備えたヘテロ構造皮膜を形成させることができる。この点は、従来技術に対する大きなアドバンテージである。また、皮膜に導電性という機能を付与するために使用する試薬の量を従来技術よりも1/10以上に減らすことができるため、低環境負荷型のプロセスである。

#### ● 課題目標、マイルストーンに対する達成状況

マイルストーン（MS2-1）の基材の導電性およびマイルストーン（MS2-2）の基材の熱伝導性に関しては、水蒸気プロセスを利用した基材の導電性向上技術の開発を行った。その結果、アルミニウム基材の導電率を19%以上、熱伝導率を17%以上向上させるためのプロセス条件を確立した。マグネシウム合金基板に対しては、基材の熱伝導率が14%、熱伝導率が14%向上することを明らかにし、マイルストーン（MS2-1 および MS2-2）で設定した、基材の導電率の10~15%向上および熱伝導性の5~10%向上させるという目標を100%以上達成した。

皮膜の耐食性に関するマイルストーン（MS2-3（皮膜の孔食の発生なし）および MS2-4（皮膜の膜厚の減少率20%以下））、ならびに MS2-5（皮膜の抵抗率を5桁低下マイルストーン）に関しては、アルミニウム合金およびマグネシウム合金基材上にヘテロ構造皮膜を作製し、皮膜の耐食性ならびに抵抗率を測定することで、いずれのマイルストーンも100%達成した。達成度を評価した結果について述べる。

ヘテロ構造皮膜の熱伝導率のマイルストーン（MS2-6：皮膜の熱伝導性がステンレス鋼製セパレータの150%以上）に関しては、ステンレス鋼製セパレータの熱伝導率値についての文献調査ならびに情報収集を行い、最大の熱伝導率値を12 W/mKと決定した。アルミニウム合金基板上に作製した $\text{AlO}(\text{OH})$ ／カーボンヘテロ構造皮膜の熱伝導率を測定した結果、162 W/mKの熱伝導率を示したことから、マイルストーン（MS2-6）を達成した。さらに、マグネシウム合金基板上に作製した $\text{SnO}_2$ を含む皮膜の熱伝導率は66.4 W/mKであり、マグネシウム合金基板上に作製し皮膜に対してもMS2-6を達成した。

### （課題2-2）次世代LIB等の応用に向けたフラックス結晶粒子を用いた電極相界面デザイン（信州大学、東レエンジニアリング（株））

#### ● 成果の特長

フラックス法で育成した結晶（フラックス結晶）は単結晶性・単分散性等のさまざまな結晶学的特徴をもつ。フラックス結晶を電池活物質として用いることで、粒界・バルク内伝導高速化および強固な粒界伝導経路構築などの特長をもつ電極構造を実現できる。このような特長をもつフラックス結晶を搭載した電極の社会実装を目指して、以下のフラックス結晶搭載型電極の提案とその大面積化塗工プロセスを確立した。

- ・高密度・高レート特性を両立する二次粒子ーフラックス結晶混合型電極構造（二粒子混合電極）
- ・水のみで剥離可能なバインダーフリー結晶電極構造（バインダーフリー電極）
- ・さまざまな基板に直接形成可能な導電性電極構造



● 従来技術・競合技術に対する優位性

開発したフラックス結晶搭載型電極と既製品電極(以下の3種)の電池・電極特性を表6-2-1にまとめる。

- ・既製品電極
- ・二粒子混合電極構造
- ・バインダーフリー電極

ここで既製品電極とは、市販品でよく利用される二次粒子活物質からなる電極である。活物質対象は三元系材料( $\text{LiNi}_{0.5}\text{Co}_{0.2}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2$ , NCM523)とした。表内の電極Bは、電極Aと比べて2倍程度電極膜が厚い。剥離効率とは、電池試験後の電極を水中で処理した際の活物質の剥離比率を意味する。電極Aに関し、二粒子混合電極は、電極密度・レート特性・サイクル特性のいずれにおいても既製品電極を上回る。また電極Bでは、レート特性は既製品とほぼ同等であるが、サイクル特性と剥離効率は大きく上回る。剥離効率は資源回収の優位性がある。そのため、今回作製したフラックス結晶搭載型電極は、従来電極に比べて電池性能・リサイクル特性に有意性があることを見いだした。これら電極の大面积化塗工技術も開発しており、社会実装にも利用可能といえる。

表 6-2-1 電池・電極特性比較

|                    | レート特性<br>/ $\text{mAh}\cdot\text{g}^{-1}$<br>(5C レート) | サイクル特性<br>/ $\text{mAh}\cdot\text{g}^{-1}$<br>(100 サイクル@1C) | 剥離効率<br>/ % | 電極密度<br>/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ |
|--------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------|
| 既製品電極(A)           | 120                                                   | 40                                                          | —           | 2.1                                     |
| 二粒子混合電極(A)         | 135                                                   | 95                                                          | —           | 3.1                                     |
|                    |                                                       |                                                             |             |                                         |
| 既製品電極(B)*          | 105                                                   | <20                                                         | 48          | 2.1                                     |
| バインダーフリー<br>電極(B)* | 100                                                   | <50                                                         | 100         | 2.5                                     |

● 課題目標、マイルストーンに対する達成状況

エネルギーデバイスの産業化に向けて、相界面制御技術からアプローチした電極塗工プロセスの開発に取り組んだ。この結果、フラックス結晶を搭載した電極において、大型化塗工プロセスを確立できた。以下に各項目に対する成果を報告する。

① MS2-1

目標： 10C レート 20 サイクル容量もしくは 5C レート初期サイクル容量が  $110 \text{ mAh}\cdot\text{g}^{-1}$  を達成する電極のスラリー化技術の開発

目標達成時期：R1-2Q

成果： フラックス法を用いて、正極活物質であるコバルト酸リチウム( $\text{LiCoO}_2$ , LCO)および三元系材料( $\text{LiNi}_{0.5}\text{Co}_{0.2}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2$ , NCM523)を結晶形態制御育成した。得られたフラックス結晶は、 $1\sim 10 \mu\text{m}$  程度に一次粒子サイズを制御でき、単分散性が高く、自形が発達した粒子であることがわかった。次に、電池特性を調べた。汎用的なバインダー、分散剤および助剤を用いてコインセル電極( $\phi 14 \text{ mm}$ )を作製したところ、LCOにおいては、10C レート・20 サイクル容量が  $110 \text{ mAh}\cdot\text{g}^{-1}$  (従来比 35 %以上)、NCM523においては、5C レート容量が  $110 \text{ mAh}\cdot\text{g}^{-1}$  (0.5C レート容量からの減少率 20 %程度)をそ

れぞれ最大値として達成した。

さらに、パイロットプラントスケールでの結晶搭載型電極作製を見据えて、NCM523を対象として電極構造の改善に取り組んだ。ここでは、コストの高いフラックス結晶の添加比率低減を狙い、既製品二次粒子に少量のフラックス結晶を添加する「二粒子混合電極」の作製を試みた。既製品二次粒子 80 wt%，フラックス結晶 20 wt%で混合した正極電極を作製したところ、電極密度は約  $3.1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  となり、既製品電極（約  $2.1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ）に比べて約 50 % 向上した（表 6-2-1）。また、二粒子混合電極の電池性能を調べたところ、5C レート・初期サイクル容量が  $135 \text{ mAh}\cdot\text{g}^{-1}$ （目標値  $110 \text{ mAh}\cdot\text{g}^{-1}$ ）、体積当たりの 5C レート容量は  $415 \text{ mAh}\cdot\text{cm}^{-3}$  であった。既製品二次粒子のみからなる電極（ $120 \text{ mAh}\cdot\text{g}^{-1}$ ,  $250 \text{ mAh}\cdot\text{cm}^{-3}$ ）と比較した場合、それぞれ 10 %, 60 % 以上の性能向上が見られた。このような二粒子混合電極での性能向上は、電極内空隙への効率のよいフラックス結晶充填が電極高密度化とそれに伴う高速伝導経路構築を導いた結果であると結論付けた。本成果は論文にまとめた[*ACS Appl. Energy Mater.*, 5, 2747–2757 (2022)]。

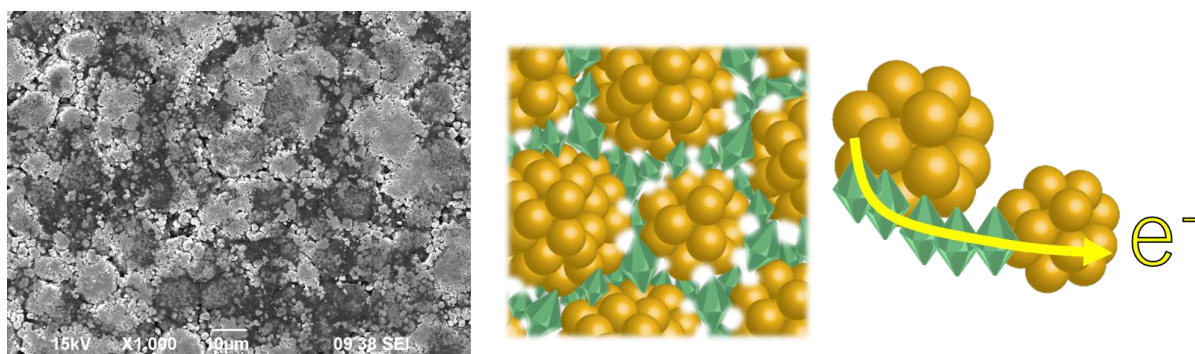


図 6-2-6 二粒子混合電極

このほか、フラックス結晶の効率的回収を目指し、二粒子混合電極構造の改善を試みた。機械学習を用いて、助剤低減条件下で高い活物質分離率を示す電極構造を予測・提案したうえで、この提案に基づき電極を作製した。得られた電極の分離率は 98 wt% であるとわかった。既存電極 ( $> 165 \text{ mAh}\cdot\text{g}^{-1}@0.05\text{C}$ ,  $< 140 \text{ mAh}\cdot\text{g}^{-1}@0.05\text{C}$  到達が 44 サイクル後) と比べて同等のレート特性および 2 倍以上のサイクル特性 ( $< 140 \text{ mAh}\cdot\text{g}^{-1}@0.05\text{C}$  到達が 100 サイクル後) を示した。作製した電極は、導電助剤・結着剤が 2 wt% であり、助剤量が従来品（それぞれ 5 wt%）よりも少ないにもかかわらず、優れた電池特性を発現した。電極内の助剤比率と伝導効率にはトレードオフの関係があるため、分離率と出力特性の両立は難しい。しかし、機械学習により広大な実験空間の中から最適な電極構造を探索できたため、この課題を解決できた。本成果は論文にまとめた[*J. Flux Growth*, Accepted (2022)]。なお、本研究は計画通りに進んだ。

## ② MS2-2

目標：パイロットプラントスケール（幅 5～10 cm）での電極の作製。このとき、10C レート・100 サイクル容量として  $110 \text{ mAh}\cdot\text{g}^{-1}$ （コバルト酸リチウム）や 5C レート・初期サイクル容量を  $110 \text{ mAh}\cdot\text{g}^{-1}$ （三元系）を達成

目標達成時期：R3-2Q

成果：大型電極における二粒子混合電極の電極構造最適化を目指し、データ駆動的アプロ

一チを用いて電極因子と電極性能の相関性を調査した。フラックス結晶と既製品二次粒子の構成因子・作製プロセスなどをパラメータとして、さまざまな二粒子混合電極を作製した。コインセルスケール(直径 14 mm)、パイロットプラントスケール(40 mm 角)および Roll-to-Roll 製造スケール(100 mm 角以上)で電極を作製し、それらの電池性能を調べた。得られた結果をもとに、高レート電池特性を目的変数とし、上述のパラメータを説明変数とする重回帰モデルを作成した。この結果、いくつかの電極構造が電池性能に対して有効と予測できた。例えば、結晶サイズ：5  $\mu\text{m}$ 、活物質重量比率(既製品二次粒子に対するフラックス結晶の割合)：20 wt%，塗工電極の乾燥温度：100°C が提案された。この条件を採用してパイロットプラントスケールのラミネートセル電極(図 6-2-7)を作製したところ、5C レート電池性能として 110  $\text{mAh}\cdot\text{g}^{-1}$  を達成できた。これは、コインセルと同等性能であった。なお、本研究は計画通りに進んだ。

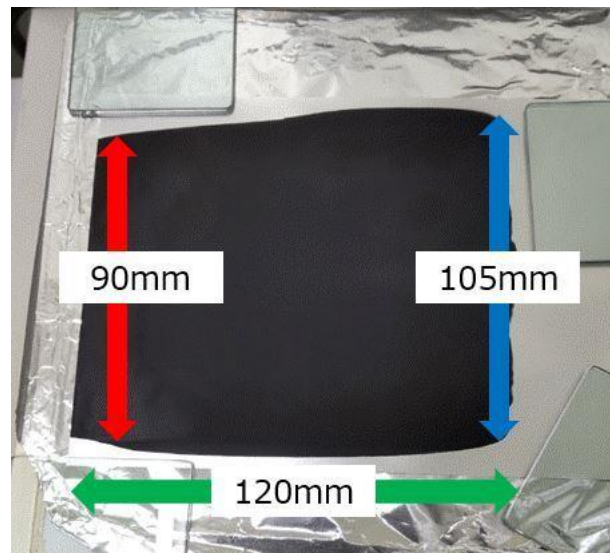


図 6-2-7 パイロットプラントスケールの大型二粒子混合電極

### ③ MS2-3

目標： Roll-to-Roll 製造装置スケール(幅 10~30 cm)による電極の試作。このとき、10C レート・100 サイクル容量として 110  $\text{mAh}\cdot\text{g}^{-1}$ (コバルト酸リチウム)や 5C レート・初期サイクル容量を 110  $\text{mAh}\cdot\text{g}^{-1}$ (三元系)を達成

目標達成時期：R4-Q4

成果： MS2-1, 2 で得られた二粒子混合電極・機械学習による最適化電極構造を参考にして、更なる大型電極作製に取り組んだ。パイロットプラントと同様のスラリーを作製して、Roll-to-Roll に利用可能な 200×300 mm のアルミ箔への塗工を試みた。得られた大型電極(図 6-2-8)は、3  $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$  を超える電極密度を達成した。さらに、小型電極と同等のレート電池特性(5C サイクルが 100  $\text{mAh}\cdot\text{g}^{-1}$  程度)を示すこともわかった。現在、本電極の実装に向けて、機械学習解析を利用した電極乾燥速度の向上を試みている。なお、研究は計画より半年ほど前倒しで進捗している。

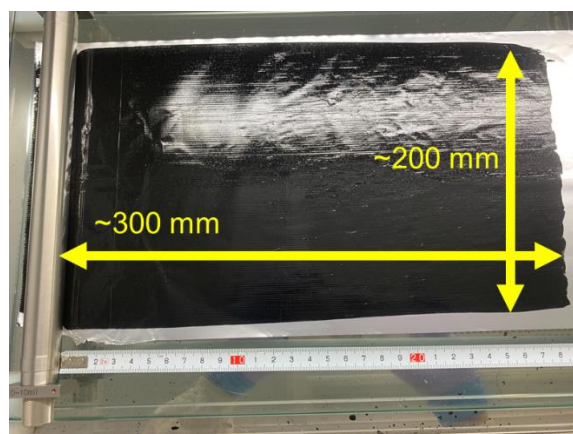


図 6-2-8 Roll-to-Roll スケールの大型二粒子混合電極

#### ④ MS2-4

目標： ディップコート法でシード層なしの結晶性薄膜作製

目標達成時期：R2-1Q

成果： ボトムアップ的な結晶材料の塗エプロセス構築を目指し、フラックスコーティング法による結晶搭載型電極作製に取り組んだ。モデル物質として ZnO を選び、ディップコート法でポリイミドフィルム上への結晶層作製を検討したところ、ZnO 柱状結晶がフィルム上に強固にダイレクト成長した薄膜を作製できた(図 6-2-9)。本手法は反応溶液に基板を浸漬するだけの簡便なプロセスであり、大面積化が容易である。そのため、Roll-to-Roll に利用可能な透明導電膜の塗エプロセスとなる。本成果は論文にまとめた[CrystEngComm, 22, 4933-4941 (2020)]. なお、本研究は計画通りに進んだ。

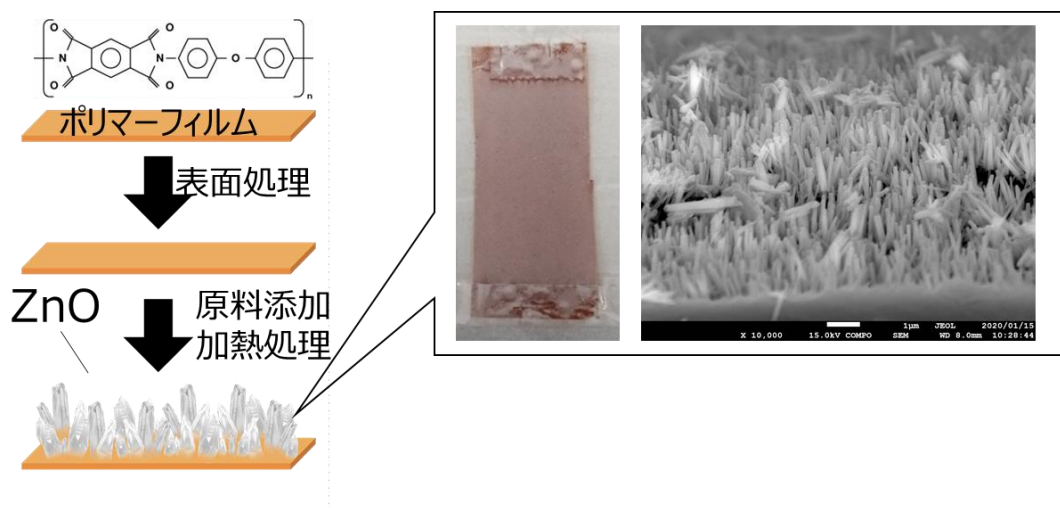


図 6-2-9 ダイレクト成長した ZnO 柱状結晶からなる透明導電膜

#### ⑤ MS2-5

目標： ディップコート法での結晶性薄膜形成機構の解明

目標達成時期：R3-1Q

成果： ZnO 柱状結晶のポリイミド上へのダイレクト成長の機構解明を試みた。この結果、ポリイミド表面の微細凹凸に ZnO がアンカー効果により物理吸着することで、強固な接合状態を作ること明らかにした。現在、凹凸構造が異なるポリイミド表面を利用することで、ZnO 結晶の被覆率やその結晶成長方向まで制御可能となっている。



このほか、ディップコーティング法の改良にも取り組んだ。水溶液の代わりに ZnO を溶解したイオン液体をポリイミドに塗布して加熱することで、類似の ZnO 柱状結晶からなる薄膜を作製できた。本成果は論文にまとめた[*CrystEngComm*, 23, 2039–2047 (2021)]。なお、本研究は計画通りに進んだ。

## ⑥ MS2-6

目標： フラックスコーティング法でシード層なしの結晶性薄膜作製

目標達成時期：R4-1Q

成果： MS2-5 で見いだしたフラックスコーティング法による結晶材料のダイレクト成長技術をもとに、バインダーフリーNCM523 結晶電極構造を着想するに至った。ここでは、イオン液体を反応場を利用して NCM523 を集電箔上に結晶成長させることで、導電助剤と高度に複合化したバインダーフリー結晶電極を作製できた(図 6-2-10)。イオン液体が加熱により炭化して NCM523 と高度複合化することで、このような電極構造を形成できることを明らかにした。電池特性を調べたところ、放電容量は既製品(約  $105 \text{ mAh}\cdot\text{g}^{-1}$ )とほぼ同等(約  $100 \text{ mAh}\cdot\text{g}^{-1}$ )であった。また、1C レート 100 サイクル時の容量は、既製品で  $20 \text{ mAh}\cdot\text{g}^{-1}$ 、本電極では  $50 \text{ mAh}\cdot\text{g}^{-1}$  以下となり、既製品よりも容量低下が緩やかであった。加えて、活物質の剥離効率を調査した。従来の電極では、剥離に有害な有機溶媒が必要であり、水を用いた場合の剥離率は 48 %程度にとどまった。一方、バインダーフリー電極では、完全剥離が可能であった。すなわち、リサイクル時の活物質回収効率を向上できると考える。イオン液体のコストは必要となるが、バインダーが不要となり、塗工プロセスも簡略化できるため、プロセストータルで優位性があると期待する。また、電極の大面积化に応用可能なフラックスコーティング法を技術基盤とするため、Roll-to-Roll への展開が可能となる。本成果は論文にまとめた[*ACS Sustain. Chem. Eng.*, 10, 12721-12729 (2022)]。なお、本研究は計画通りに進んだ。

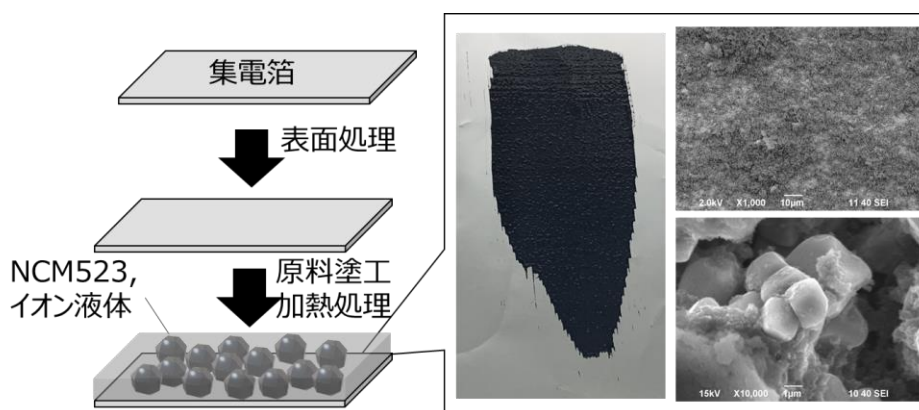


図 6-2-10 バインダーフリー電極

## ⑦ MS2-7

目標： 結晶性薄膜の大面积化プロセスの開発

目標達成時期：R5-1Q

成果： 本目標は MS2-3 と一致するため、成果を統合して記載した。

- (計画進捗に遅れがある場合) その原因分析  
進捗に遅れはなかった。

### ● 成果の特長

現状のリチウムイオン二次電池は電極材料のバルク変換反応を利用するため、急速充放電に伴う諸問題や材料劣化が問題となっている。一方、電極材料表面での物理現象を利用する電気二重層キャパシタは、蓄電可能なエネルギーが電池よりも1桁低い。そこで、リチウムイオンキャパシタのような電池反応とキャパシタ反応をハイブリッド化させたハイブリッドスーパーキャパシタデバイスが既存の電池や電気二重層キャパシタがカバーできない領域の蓄電デバイスとして注目されている。

本課題では電気二重層キャパシタで用いられる活性炭電極よりも蓄電容量が高い多孔質酸化物の研究開発を実施した。高容量多孔質酸化物電極をハイブリッドスーパーキャパシタに用いることで、スーパーキャパシタ特有の優れたサイクル寿命と二次電池に匹敵する高容量が実現できる。

もっともすぐれた特性を有する電極材料の一つとして酸化ルテニウムナノシートがある(信州大学固有技術)が、貴金属を利用するため、利用可能範囲は限定的である。本課題では酸化マンガンや酸化チタンなどの安価な材料を主成分として、酸化ルテニウムやイリジウムなどの導電性貴金属酸化物と複合化したナノシート材料を対象に研究開発を進めた。酸化マンガンや酸化チタンなどは水系電解液で表面レドックスを示す電極材料として期待されているものの、導電性に乏しいため、多量の導電助剤の添加が必要となる。そこで、本課題では急速大容量特性の向上を目指し、貴金属酸化物と効果的に複合化し、導電性の向上を達成した。以下にその成果を概略する。

### ● 従来技術・競合技術に対する優位性

高い電子伝導性と耐久性に優れ、レドックス活性を有する貴金属酸化物との効果的な複合化により、従来の合材電極のバインダー量を低減するだけでなく、低抵抗化(出力密度向上に寄与)とレドックス容量付与(エネルギー密度向上に寄与)が期待できる。これにより、リチウムイオン電池よりも一桁高い出力密度、リチウムイオンキャパシタよりも一桁高いエネルギー密度を展望できる。すなわち、既存の蓄電デバイスでは対応しきれない領域のアプリケーションへの適用を視野に入れることが可能になる。また、水系電解液を用いるために、可燃性有機溶媒を用いる従来蓄電デバイスよりも安全性に優れるだけでなく、セル製造コストとエネルギーの大幅削減(ドライルーム環境を必要としない、電極材料の減圧乾燥が不要)が見込める。

### ● 課題目標、マイルストーンに対する達成状況

(MS2-1) 出力密度 1 kW/kg, エネルギー密度 30 Wh/kg を見通す材料群の選定

電子・イオン導電性を高めることを目的に、安価な遷移金属酸化物(遷移金属は Mn, Ti, V)に導電性に優れたレドックス活性な貴金属酸化物(貴金属は Ru または Ir)を効果的に複合化した電極材料を開発した。その結果、出力密度 1 kW/kg, エネルギー密度 30 Wh/kg を見通す複合電極材料系を選定した。例えば、RuO<sub>2</sub>ナノシートのアクティブバインダー(導電助剤とバインダーの性質を兼ね備えるレドックス活性種)機能を検討し、一般的な高分子バインダーと導電助剤を用いるよりも少量添加でより高速で大容量を発現することを見出した。また、Ir を固溶化させた新規固溶体であるバーネサイト型 K<sub>x</sub>(Mn, Ir)O<sub>2</sub>を創出し、Ir の固溶により Mn のレドックス反応の速度を向上させ

られることを見出した。これら新材料系の創出により、既存の蓄電デバイスでは対応しきれない領域のアプリケーションへ適用が期待できる。

#### (MS2-2) 材料ベース、セルベースで数値目標を見通す材料作製技術

MS2-1 の数値目標を見通す系として選定した材料の作製技術開発を実施した。まず、 $\text{RuO}_2$  ナノシートのアクティブバインダー機能に関する技術開発を概略する。一般的な  $\text{MnO}_2$  微粒子に微量の  $\text{RuO}_2$  ナノシートをアクティブバインダー（導電助剤とバインダーの性質を兼ね備えるレドックス活性種）として 20mol%複合化することで、 $\text{MnO}_2$  のみと比較して蓄電容量を約 7 倍向上できた (50 mV/s 走査時)。さらに、バーネサイト型  $\text{K}_x\text{MnO}_2$  に Ir を 20%ドーブした新規固溶体  $\text{K}_x\text{Mn}_{0.8}\text{Ir}_{0.2}\text{O}_2$  の合成に成功し、比静電容量を 1.7 倍向上させることができた。 $\text{MnO}_2$  微粒子以外に、高比表面積化を狙った、 $\text{MnO}_2$  ナノシートと  $\text{RuO}_2$  ナノシートのオールナノシート複合材料にも取り組んだ。蓄電機構解析の面で、アクティブバインダーである  $\text{RuO}_2$  ナノシートの面方向サイズが大きい方が、蓄電性能が向上することを明らかにし、ナノシートバインダーならではの特徴を見出すことができた。

これらの成果を、報告されている（活性炭 | 中性電解液 |  $\text{MnO}_2$ +30wt% binder）水系ハイブリッドキャパシタの性能をベンチマークとして比較する。既往の AC| $\text{MnO}_2$  ハイブリッドキャパシタの場合、両極活物質重量換算での単セルの出力密度は 0.5~4 kW/kg、エネルギー密度は 5~10 Wh/kg である。開発した  $\text{MnO}_2$ + $\text{RuO}_2$  合材電極中のバインダー量は 13wt% であるので、その分の電極重量を減ずることができている。 $\text{RuO}_2$  ナノシートのレドックス成分の寄与分と Ir ドープの効果とを考慮すると、1.5~2.0 倍程度の性能向上が見込め、材料作製技術の開発を通して、セルベースで出力密度 0.75~8 kW/kg と概算でき、数値目標を見通す技術開発ができた。同様に、エネルギー密度は 7.5~20 Wh/kg となる。セルベースではエネルギー密度 30 Wh/kg は電極材料の技術開発だけでは達成されないが、中性電解液の代わりに Water-in-Salt などの高濃度電解液や、水に安定な Li 複合負極を用いた先進水系ハイブリッドキャパシタを用いればセル電圧は 4 V になり、Li イオン二次電池に匹敵する高エネルギー密度タイプのハイブリッドキャパシタが得られる（正極重量換算で 400 Wh/kg の実績値）。これらの材料作製技術の開発を通して、セルベースで出力密度 1 kW/kg、エネルギー密度 30 Wh/kg を見通すことができた。

#### (MS2-3) 1 万回の充放電

複合ナノシート電極材料の蓄電機構、劣化機構解析を通して 1 万回の充放電を見通せる抑止・抑制方法を検討した。 $\text{MnO}_2$  は安定電位窓内であれば、中性電解液中では安定して 1 万回の充放電が可能であることは知られている。そこで、アクティブバインダーである  $\text{RuO}_2$  ナノシートを加えた場合の安定電位窓を検討した結果、上限電位 1.40 V vs RHE まで安定動作することがわかった。これ以上の電位を与えると、酸素発生やルテニウムの酸化溶解が起こり、サイクル寿命が悪化する。Ir ドープバーネサイト型  $\text{K}_x\text{Mn}_{0.8}\text{Ir}_{0.2}\text{O}_2$  の場合は、1.6 V vs RHE まで電極材料の劣化なく安定にサイクルできる。しかしながら、セルとして安定な充放電が可能になる電位は 1.4 V vs RHE 程度である。これは、 $\text{IrO}_2$  が水電解触媒として働き、電解液の分解を生じてしまうためである。これらの評価結果より、適切な上限電位の設定により、スーパーキャパシタと同程度の安定した充放電が行えると考えられる。

#### (MS2-4) 燃料電池や電極触媒などの新規用途に応じた評価

複合ナノシート電極材料のスーパーキャパシタおよび二次電池への適用性以外に、燃料電池や電極触媒などの新規用途に応じた評価を実施した。とくに  $\text{IrO}_2$  ナノシートは

水電解の酸素発生電極として高い触媒活性を示すことから、燃料電池アノードの助触媒として加えることにより転極耐性を高めることができる（本研究開発課題外の成果）。複合ナノシートにした場合は燃料電池が動作する条件下で安定性に欠けるために、残念ながら適切ではない。

- （計画進捗に遅れがある場合）その原因分析  
特になし

### 6.2.3 プロジェクト終了後の活動方針

（課題 2-1-1）ヘテログラフェンのエネルギー変換（名古屋大学、トヨタ自動車(株)、豊橋鍍金工業(株)）

- プロジェクト終了後の社会実装に向けた活動方針  
透明電極用材料として、p 型ヘテログラフェン及び p 型ヘテログラフェンコート SWCNT を得た。大量生産が可能なプロセスを確立する必要があると判断され、プロセスを実体化する活動を行う。このように産業応用につながる優れた研究成果を創出する。
- 競争領域での共同研究への展開の計画  
リチウムイオン電池に用いられる導電性カーボンに比べて 10 倍以上の導電率を有する材料および透明電極用材料（p 型ヘテログラフェン及び p 型ヘテログラフェンコート SWCNT）が得られており、太陽電池だけではなくディスプレイなど他の応用にも広げ、競争的資金の獲得により競争領域に早期に移行させたい。

（課題 2-1-2）機能性ヘテロ構造の創製・制御技術の開発（芝浦工業大学、いすゞ自動車(株)、旭東ダイカスト(株)、(株)放電精密加工研究所、日空工業(株)、他 1 社）

水蒸気プロセスを利用して、アルミニウム合金基材のミクロ組織制御を可能とする多段熱処理プロセスにより、アルミニウム合金基材の導電率を 19%以上、熱導伝導率を 17%以上向上させるためのプロセス条件を確立した。また、マグネシウム合金基材に対しては、AZX411 合金において、最終時効温度を 200℃とした際、マグネシウム合金基材の熱伝導率が 14%、熱導伝導率が 14%向上できることを明らかにした。これにより、基材の導電性と熱伝導性に関しては、最終目標を達成することができた。この技術の実現により、アルミニウム合金およびマグネシウム合金基材の用途展開の拡大を期待できる。

水蒸気プロセスを利用することで、アルミニウム合金に対しては、水蒸気プロセスおよびイオン化蒸着法を用いて作製したヘテロ構造皮膜、マグネシウム合金に対しては、 $\text{SnO}_2$  あるいは  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  を用いて作製したヘテロ構造皮膜を形成する技術を確立した。これらの皮膜の導電性と耐食性の性能は、マイルストーン MS2-3～MS2-5 で掲げた数値目標を上回る性能を示した。このことは、アルミニウム合金およびマグネシウム合金基材に対してこれらの皮膜を被覆させることで、耐久性の観点から燃料電池用セパレータへの適用可能性を大きく高めたといえる。特に、両合金に対して、導電性と耐食性を兼ね備えた皮膜を被覆する技術はほとんど存在しないため、本技術の開発は、これら合金の用途拡大を加速させることができると考えている。MS2-6 で設定した皮膜の熱伝導性に関しては、現在測定を進めている状況ではあるが、MS2-6 で設定した皮膜の熱伝導性がステンレス鋼製セパレータの 150%以上という目標値に対し、アルミニウム合金基



材に対しては大幅に上回る性能を既に示しており、マグネシウム合金基材に対しては十分到達可能であると予想している。

上述したように、各種マイルストーンで設定した数値目標は達成したが、産業化に向けた課題も残っている。具体的には、①皮膜の均一性の向上、②産業化に向けたプロセス時間の短縮化とプロセスコストの低廉化等が挙げられる。今後は、これらの課題を解決するために、企業との連携を図り、本研究で得られた成果の産業化に向けた研究開発を実施していく予定である。現在、本研究で一緒に実施した企業と相談し、R5 から実施される NEDO の先導研究プログラムへの応募を予定している。

#### （課題 2-2）次世代 LIB 等の応用に向けたフラックス結晶粒子を用いた電極相界面デザイン

（信州大学、東レエンジニアリング(株)）

本課題で掲げた最終目標は既に達成済みである。現在は社会実装に向け、国内の電池メーカー等の顧客への PR を進めており、潜在的ニーズや応用先の把握に努めている。プロジェクト終了後は調査結果をもとに、受注見込みの高い顧客毎に希望する電極構造の開発を進める。材料や助剤比率等、既存結晶搭載型電極をチューニングしつつ、市場投入の機会を伺う。

#### （課題 2-3）高速大容量蓄電を可能にするナノシート材料（信州大学、石福金属興業(株)）

マイルストーンはすべてクリアし、最終目標を達成した。石福金属興業からユーザー企業へのヒアリングとサンプル出荷を進めている。また、デバイスメーカー（キャパシタメーカー）、エンドユーザー（自動車メーカー）とコンソーシアムを形成し、実用化を推進するプロジェクトとして NEDO への申請準備を進めている（NDA 締結済み）。

## 6.2.4 その他

#### （課題 2-1-2）機能性ヘテロ構造の創製・制御技術の開発（芝浦工業大学、いすゞ自動車(株)、旭東ダイカスト(株)、日空工業(株)、(株)放電精密加工研究所、他 1 社）

コロナ禍による研究制限を軽減するため、リモートでの研究活動が可能な web を利用した研究体制を構築した。この web 活動には、若手の研究者（大学院生等）を参加させ、議論に積極的に参加させた。このような議論に若手の研究者を参加させることにより、研究の動機や位置づけを深く理解することができるようになった。その結果、本研究に携わった若手研究者が軽金属学会から発表賞や希望の星賞等を多数受賞することができた。

### 6.3 研究開発課題3 「高効率熱マネジメントシステム並びにその設計・評価技術の開発」

|          |                                                                             |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------|
| キーテクノロジー | 高効率物質・エネルギー変換技術                                                             |
| 課題代表者    | 北 英紀<br>名古屋大学 大学院工学研究科／未来社会創造機構 教授                                          |
| 実施期間     | 令和元年10月～令和4年2月                                                              |
| 共同研究機関   | 名古屋大学, (株)北陸テクノ, (株)ヤマト, 中部電力ミライズ(株)<br>(*2020年3月に脱退), 美濃窯業(株)(*2022年3月に脱退) |

#### 6.3.1 マイルストーンと達成状況

| 課題番号        | MS番号  | マイルストーン内容                                                                                                                                                                                                                                                                    | 達成状況                                        |
|-------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 課題<br>3-1-1 | MS3-1 | 選択吸収性, 熱伝導率の改善, あるいは構造の工夫の改善によりを現行材に対する回収蓄熱量を10%以上向上させる<br>目途をつける<br>目標: 選択吸収性, 熱伝導率の改善, あるいは構造の工夫の改善によりを現行材に対する回収蓄熱量を10%以上向上させる目途をつける 内容: フォノン散乱を小さくできるような結晶粒径や界面構造, 添加する元素種(軽元素を中心に)の選定, および温度域に応じた選択吸収性を付与できる添加物の選定と成形, 焼結を中心としたプロセス条件の最適化, 蓄熱に利用されていない部分を除去できる構造とプロセスの開発 | 100%                                        |
|             | MS3-2 | フレキシブル化学蓄熱モジュールの性能検証<br>目標: フレキシブル化学蓄熱モジュールの性能検証 内容: 化学蓄熱材のスクリーニング, 水和・脱水特性の把握, 構造保持体のスクリーニング, 成型加工技術の確立, モジュール単体の水和・脱水特性の把握・性能向上, モジュール組み込み反応器による蓄・放熱能力の実証                                                                                                                  | 80%. 未達分20%は高出力化の可能性は見出だしたが, ラボスケールの実証に留まった |

|             |       |                                                                                                                                                    |                                |
|-------------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
|             | MS3-3 | コアシェル一体構造のプロセスに目途をつける<br>目標：コアシェル一体構造のプロセスに目途をつける 内容：直径が 20 mm 程度の蓄熱球を想定し，コア部に銅系の PCM, シェル部にセラミックスを配したコアシェル構造体を作成，1400℃の加熱の熔融固化を経て亀裂や漏れがないことを検証する. | 100%                           |
|             | MS3-4 | 小型蓄熱評価試験機にて 10%以上の熱効率向上<br>目標：小型蓄熱評価試験機にて 10%以上の熱効率向上 内容：評価試験機の試作，熱流体の流速や温度に対して有効な形状をシミュレーションで明らかにし，その結果に応じた構造を得る事ができるプロセスを開発する.                   | 100%<br>・実機評価にて燃料消費 10%以上低減を確認 |
| 課題<br>3-1-2 | MS3-1 | 500 以上のデータベース作成<br>目標：500 以上のデータベース作成 内容：論文，書籍からの収集と規格に沿った計算方法に基づく実用的な物質とエネルギーのエクセルギー計算を実施する.                                                      | 100%                           |
|             | MS3-2 | 本 PJ のテーマを含め，具体的なシステムに関する有効性実証<br>目標：本 PJ のテーマを含め，具体的なシステムに関する有効性実証 内容：エクセルギー解析ソフトの有用性と完成イメージを，企業関係者にも発信し，製造に関するデータの提供協力を要請する                      | 100%                           |

### 6.3.2 最終目標に対する成果の詳細

（研究開発課題 3-1-1）蓄熱体適用に向けたセラミックスの特性改良と形状効果（名古屋大学，中部電力ミライズ(株)，(株)北陸テクノ，美濃窯業(株)，(株)ヤマト）

#### 【全体のコンセプト】

図 6-3-1 は本研究課題の基軸となるコンセプト図である。すなわち，中部北陸地域で大量に発生するもみ殻や廃ケイ素，工場廃熱などに起因する環境負荷影響の軽減と，その有価物への転換の同時達成を考え，燃焼時に生じる熱の蓄熱，熱輸送，そして燃焼灰の窒化ケイ素など高機能付加価値物質への転換（課題 3-1-1），さらにこうした大規模循環システムの統合設計ツールとしてのエクセルギー解析ツール開発とその有効性実証(課題 3-1-2)である。



図 6-3-1 本研究課題の基軸となるコンセプト図

## 成果 1 「選択吸収型セラミックス材料および顕熱蓄熱体」

### ● 特長

開発品（黒色アルミナ中空体）は、中空化することで無駄容積を少なくし、輻射率が高いという特徴を持つ。具体的には以下の通り。

- 1) 工業炉廃熱温度域となる 600～1200℃(ピーク波長で 1.6～3.3μm)の光吸収特性に優れる。
- 2) 中空構造：外殻は緻密で内部に空洞。軽量化と高強度を両立。内面からも昇温可能。有効蓄熱量が従来に比べ 12%向上。

### ● 従来技術・競合技術に対する優位性

図 6-3-2 に外観，構造，特性に関する開発材と従来材の比較を示す。これ以外のデータとして実用化に不可欠な機械的特性については、開発材は従来材に比べて耐摩耗性 36 倍，強度 20%向上。

\* 特許出願済；PCT/JP2022/025244（出願日：2022 年 6 月）「セラミックス蓄熱体並びにセラミックス蓄熱体の製造方法及びセラミックス蓄熱体の組成推定方法」

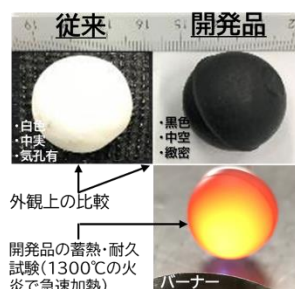
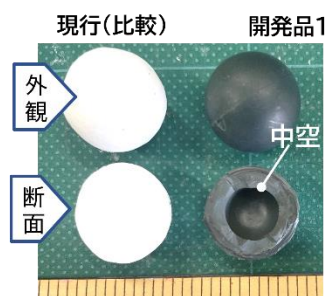


Fig. 外観の比較

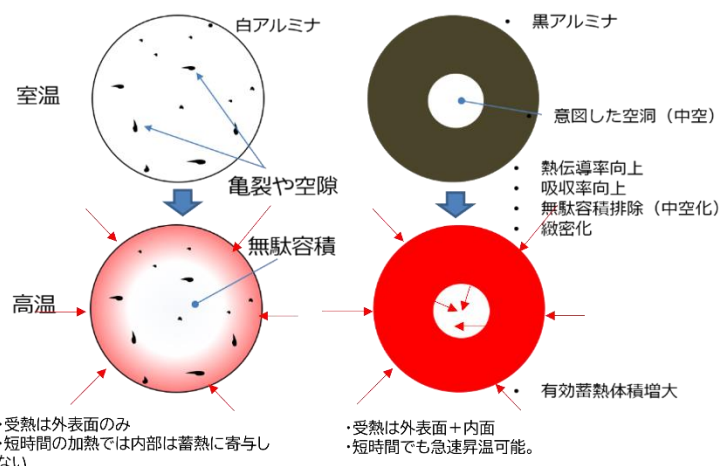


Fig. 構造と加熱原理の比較

・特許出願済  
PCT/JP2022/025244

図 6-3-2 開発材と従来材の材料と構造・設計の比較

## ● 課題目標、マイルストーンに対する達成状況

**目標：**選択吸収性，熱伝導率の改善，あるいは構造の工夫の改善によりを現行材に対する回収蓄熱量を 10%以上向上させる目途をつける

**達成状況：**得られた材料物性をもとにシミュレーションにより回収熱量を計算した。その結果，現状品をアルミナ中実球( $R=0.3$ )とすると，開発品である黒色アルミナ中空球(シェル厚み=4 mm, 吸収率  $R=0.9$ )を用いることで，蓄熱体単体で，蓄熱量はほぼ変化させずに，回収熱量が約 22%増加すると予測された。この結果から目標値を達成していると判断した。

## ● (計画進捗に遅れがある場合) その原因分析

遅れはなし。

## ● その他(競争領域移行後の進捗)

非競争領域での目標達成後，競争領域に移行し企業との共同研究において実機試験を実施した。その中で，シミュレーション結果に基づき，実機評価向けに黒色アルミナ中空蓄熱体を約 5 万個を試作した。

### 【ユーザー企業による実機での評価】

従来材(比較用)，開発材(黒色  $Al_2O_3$  中空体)をアルミ溶解炉の蓄熱槽に充填し，溶解に必要なエネルギー消費を評価した。

### 【結果】

・約 1000 サイクルの(加熱冷却)蓄放熱でも安定して運転操業できることを確認した。

## 成果 2 「高温 EPCM (コアシェル構造潜熱蓄熱体)」

### ● 特長

選択吸収型黒色アルミナをシェルとして，その内部を Cu 粗大粒子を包み込むように Cu-Al ネットワークが配された構造，そして入り口部分を化学反応によりシールし，内部への酸素浸透を抑制できたことが特徴である(図 6-3-3)。結果として，簡便なプロセスにて従来の顕熱型に比べて 2.5 倍容量を増大させ，また  $1100^{\circ}C \times 1000$  時間の耐久試験をクリアす

ることができた.

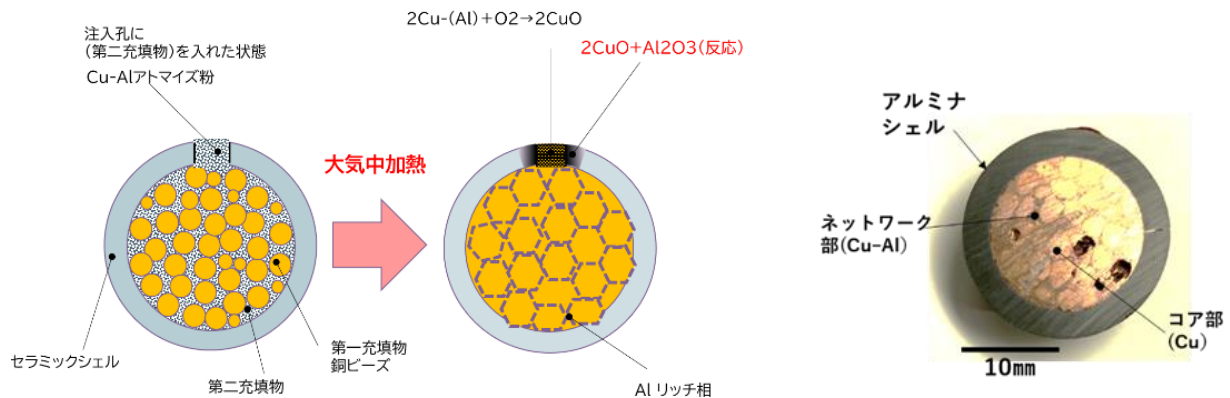


図 6-3-3 高温 EPCM 開発材の特徴(左：概念図，右：実際の試作品の断面)

### ● 従来技術・競合技術に対する優位性

**従来，競合動向：**高温 EPCM（コアシェル構造潜熱蓄熱体）は，米国，中国を中心に開発が進められているが，Al 系合金を使用した 550℃の EPCM の報告はあるが，800℃以上で利用できる EPCM について，成功例は報告されていない．理由としては以下 2 点である．  
1) コア材として熔融塩や銅などが検討，しかしいずれもコアシェル構造とした場合に化学的に極めて不安定：高温となる熔融銅はセラミックスから漏れ出し，激しく浸食．

2) 複雑な工程：半球状のセラミックスシェル内に合金を配し，接合

**本開発：**

1) 球体一体型で接合不要

2) 入口部周辺の局所的な反応を利用したセルフシール機能による安定性の付与，及びコア材料へのアルミの微量添加とネットワーク配置により，熔融銅とセラミックスの反応抑制  
3) 1100℃×累積 1000 時間の耐久性をクリアーした．

\*国内特許出願済み 2021-121173 （出願日：2021 年 7 月）「複合構造体，複合構造体の製造方法，及び蓄熱方法」

\*本件の成果報告

(1) Xin Zhou, Seiji Yamashita, Mitsuhiro Kubota, Chaoyang Zhang, Fangjun Hong, Hideki Kita, Macro encapsulated Cu-based phase change material for high temperature heat storage with characteristic of self-sealing and high durability, Applied Thermal Engineering, 229, 5, 120491 (2023 年)

(2) Xin Zhou, Seiji Yamashita, Mitsuhiro Kubota, Hideki Kita, Encapsulated copper-based phase-change material for high-temperature heat storage, ACS omega, 7, 6, 5442 - 5452 (2022 年)

(3) 特願 2021-121173 （出願日：2021 年 7 月）「複合構造体，複合構造体の製造方法，及び蓄熱方法」

### ● 課題目標，マイルストーンに対する達成状況

目標：コアシェルー一体構造のプロセスに目途をつける

達成状況：図 6-3-4 は充填材料を変えて 1200℃で 2 時間大気中に暴露させる前後での外観を示す．ここで(A) Cu ビーズ充填，(B) Cu 粉末充填，(C) Cu-30% Al 粉末充填（A,B,C は従来プロセスの再現,比較用），そして(D)は開発材である．



(A) (B) (C) のいずれも暴露後において、内部の充填材料が入口から流出し、アルミナ製試験体支持台の表面に漏れ出して黒ずんでいる様子がわかる。また断面を見ても暴露後に内部の充填物は著しく減容し、また酸化に伴って黒ずんでいる様子が観察される。一方、開発構造である (D) は漏れ出しもなくまた、内部も金属色がほぼ残っている状態が観察された (図 6-3-5)。

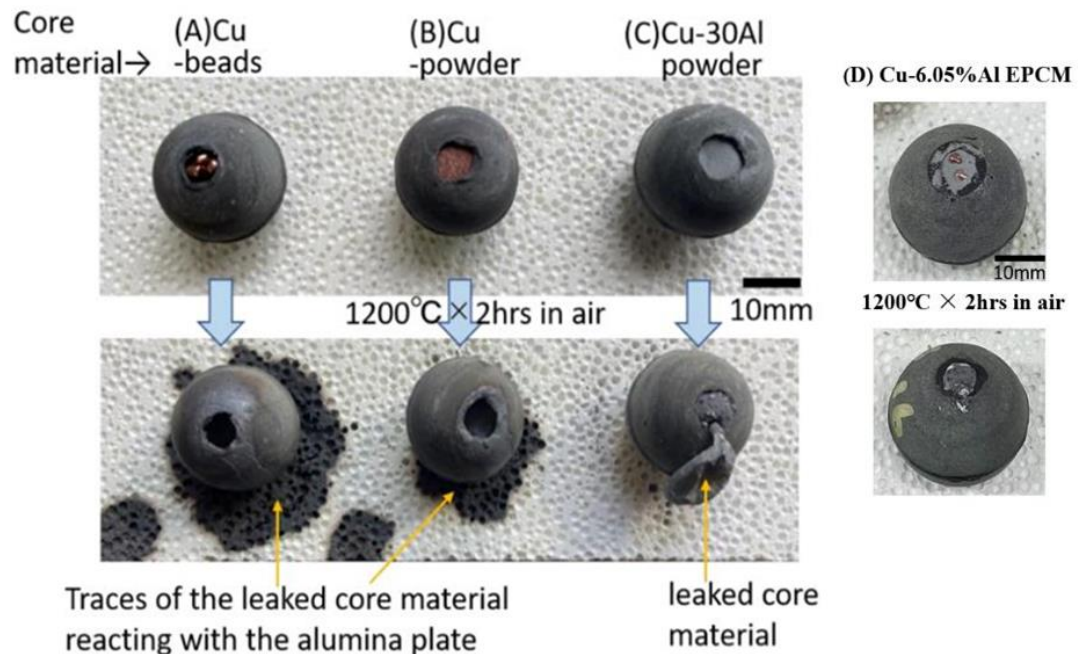


図 6-3-4 充填材料を変えて 1200°Cで 2 時間大気中で暴露させる前後での外観、漏れ出し状態の

比較. ((A) (B) (C) :従来プロセス相当, (D)開発材)

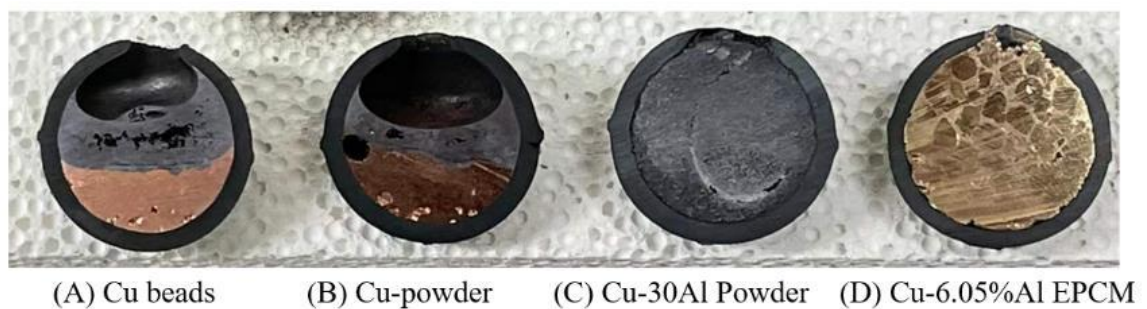


図 6-3-5 充填材料を変えて 1200°Cで 2 時間大気中で暴露させる前後での内部構造の比較  
((A) (B) (C) :従来プロセス相当, (D)開発材)

(D) 相当の EPCM 蓄熱体の暴露試験(大気中)を実施した。すなわち黒色アルミナシェル ( $t=3\text{mm}$ )に純銅のビーズを充填し、隙間を Cu-40Al アトマイズ粉で充填すると、高密度充填が可能、流出は抑制でき、また大気中 1100°C×1000hrs 経過後の重量増加は 5 %以内に抑制できた。その機構として、初期の入り口部分の選択的酸化とコアシェル間の反応による強固なシール、内部に残留した酸素はアルミの選択的酸化により銅の酸化が抑制されたためと、推定された。

- (計画進捗に遅れがある場合) その原因分析



遅れなし。

### 成果3「フレキシブル化学蓄熱体」

#### ● 特長

- 1)フレキシブル化学蓄熱モジュール：耐久性と輸送効率を考え、蓄放熱に伴う体積変化による亀裂防止のための蓄熱粒子間の柔軟な結合構造と、従来の堅牢な容器ではなく、軽量で通気性に優れ、変形可能なメッシュバック内に充填したモジュール(図 6-3-6)
- 2)MgO の水和反応の高活性化により、水溶媒との直接水和反応を利用した簡便・コンパクトな新規 MgO/H<sub>2</sub>O 化学蓄熱システム (図 6-3-7)

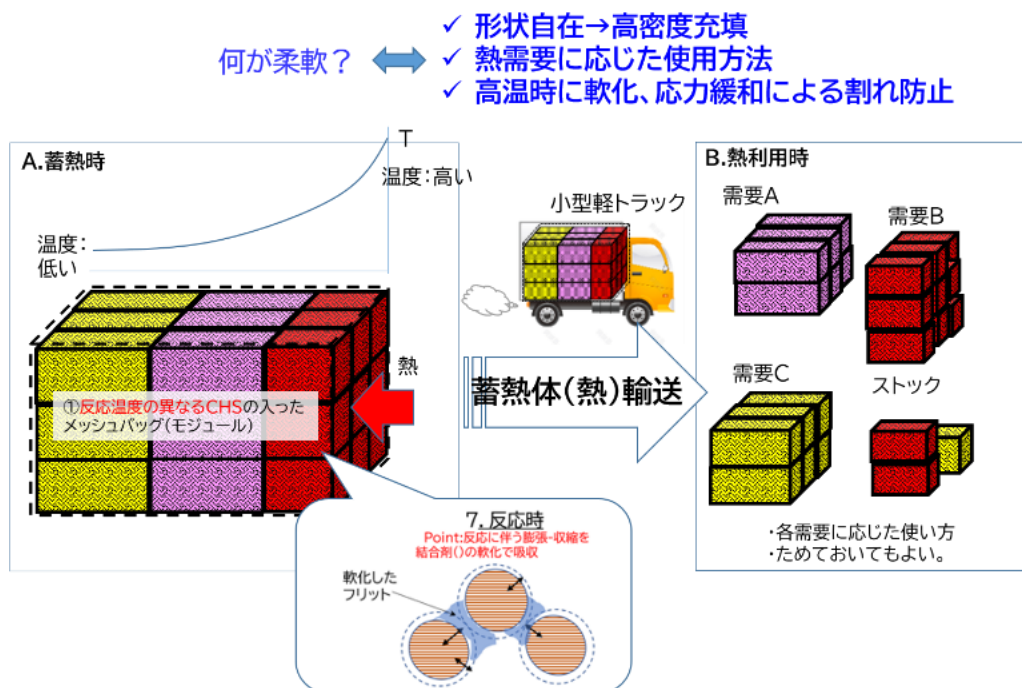
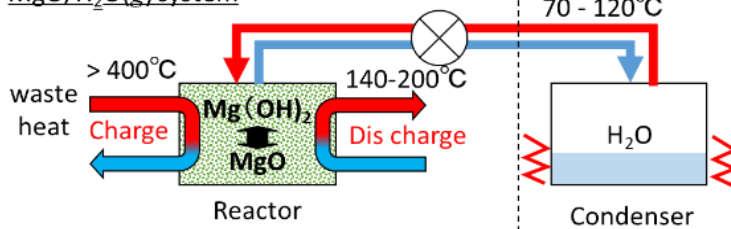


図 6-3-6 コンセプト) フレキシブル化学蓄熱体 (FCHS)

➤ 従来のMgO/H<sub>2</sub>O 化学蓄熱システム

MgO/H<sub>2</sub>O(g) system



**Problem:**

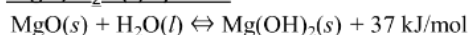
MgOの水和反応の活性が低い  
→ 高温・高圧の水蒸気が必要  
→ 蒸発器/凝縮器が必要

装置が大規模・操作が煩雑

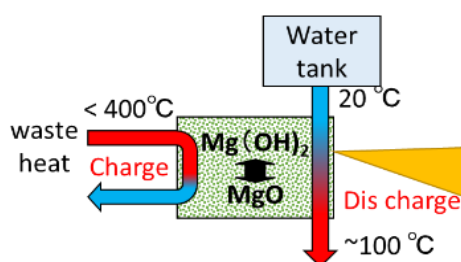
MgOの水和反応の高活性化

➤ 水溶媒との直接水和反応を利用した新規MgO/H<sub>2</sub>O 化学蓄熱システム

MgO/H<sub>2</sub>O(l) system



簡便・コンパクトな装置設計



**Research task :**

✓ 水溶液中でのMgO水和反応条件最適化  
⇒ Mg塩水溶液 or 酸塩基の添加

✓ 微細なMgO粒子の固定化  
⇒ GF(ガラスフリット)との複合化

図 6-3-7 本研究で提案する新規化学蓄熱システムの概要

● 従来技術・競合技術に対する優位性

**従来の課題：** MgO の水和反応の活性が低いため、高温・高圧の水蒸気、蒸発器/凝縮器が必要。結局、システム全体が大規模となり、操作が煩雑であった。

**本開発：**

1)簡便コンパクト化：MgO の水和反応の高活性化水溶媒との直接水和反応を利用した新規 MgO/H<sub>2</sub>O 化学蓄熱システムの簡便かつコンパクト化。

2)フレキシブル化学蓄熱モジュール化(前出)により輸送時の効率を向上

\* 出願済み (特願 2022-122357 蓄熱体及び蓄熱システム)

● 課題目標、マイルストーンに対する達成状況

**目標値：** フレキシブル化学蓄熱モジュールの性能検証

**達成状況：**

1)室温の蒸留水中に MgO 微粉末を投入した場合は、1 時間以上経過した後も液の昇温は殆ど確認されていなかった→蒸留水中では非常に緩やかに水和反応が進行していると考えられる。

2)水溶媒に、MgCl<sub>2</sub> を用いた系では、MgCl<sub>2</sub> 濃度が 6wt% (MgO に対する Mg<sup>2+</sup>mol 比 0.08) とした時に最も温度出力 ΔT が極大 (無添加の 3 倍ほど) を示し、反応時間も 1/2 以下に短くなり、初期温度 60°Cから始めた場合には目標とする 80°C以上の温度が取り出せた。

3)しかし、それ以上の MgCl<sub>2</sub> 濃度では急激に ΔT が減少する傾向が見られた。水和反応後に得られた粒子の形状と組成分析の結果、MgCl<sub>2</sub> 濃度が 6wt%以上の場合には MgCl<sub>2</sub> が多く再析出していることが確認された。これは水溶液中に Mg<sup>2+</sup>が存在することで低濃度域

では  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  の生成が促進されたが、高濃度域では  $\text{Cl}^-$  との反応が促進されたためであると考えられる。

#### 成果4「もみ殻を原料とした高機能物質の合成」

- 特長

セラミックスの中で最もすぐれた特性を有する窒化ケイ素の最大の課題はコスト。廃棄物質であるもみ殻を燃焼させて得られる灰を微粉末化し、これを原料として効率の高いプロセスを確立し安価な窒化ケイ素を合成する。

- 従来技術・競合技術に対する優位性

従来技術：

- ① もみ殻燃焼灰の主成分は  $\text{SiO}_2$  であり、その還元剤として  $\text{Al}$  が有効であることが特許で開示されている。しかし添加した  $\text{Al}$  は除去する必要があった。
- ② 窒化ケイ素 ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) 粉末+焼結助剤 ( $\text{Al}_2\text{O}_3, \text{MgO}, \text{CaO}, \text{TiO}_2, \text{Y}_2\text{O}_3, \text{Yb}_2\text{O}_3$ , スピネルなど)。焼結助剤は  $\text{Si}_3\text{N}_4$  の表面に存在する  $\text{SiO}_2$  と反応し、液相形成、融点を低下させる役目があるといわれる。
- ③ 鉱物系  $\text{SiO}_2$  を使ってケイ素を作製するのも公知

開発プロセスと優位性：

・ 籾殻燃焼灰 +  $\text{ZrO}_2 + \text{Y}_2\text{O}_3 + \text{Si} \rightarrow$  ボールミルで長時間破碎、微粉末化  $\rightarrow$  還元剤添加 ( $\text{M} = \text{Al}, \text{Mg}, \text{Ca}$  など。シリカを還元し酸素を受け取る還元剤。自分は酸素を受け取って  $\text{MO}$  になる)  $\rightarrow$  その結果  $\text{Si} + \text{ZrO}_2 + \text{Y}_2\text{O}_3 + \text{MO}$ 。この状態で窒化後、ポストシンタリングを行い緻密な窒化ケイ素を得る。還元剤は酸化されるが、これを焼結助剤として活用することで除去操作が不要となる。

- 課題目標、マイルストーンに対する達成状況

燃焼灰に還元剤である  $\text{Al}$  を添加し  $1300^\circ\text{C}$  で加熱した後のラマンスペクトルから  $521\text{cm}^{-1}$  の明確なピークと  $970\text{cm}^{-1}$  付近の弱いピークが確認できる。これより  $\text{Si}$  の単体生成が確認できる。ただし他にピークが出ておらず、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{C}$  の存在が確認できないなど不明な点も残っており他の分析方法も活用して分析精度を高めていく必要がある。

(研究開発課題 3-1-2) 科学的 LCA の開発 (名古屋大学, (株)北陸テクノ)

#### 成果5「エクセルギー解析グラフツール」

- 特長

大規模循環システムの統合設計ツールとして開発。

- 1) 約 900 種が項目ごとにシートを分けて登録された (DB)
  - 2) データ追加可能
  - 3) システムの運転に必要な投入エクセルギーや廃棄エクセルギーの合計をワンクリックで算出
  - 4) 複雑なシステムを[工程:○, 物質やエネルギー:□, 出入り:→]の組合せで表現。エクセルギーの流れや消費を可視化
  - 5) インプット/アウトプットの  $\text{Ex}$  値の大きさによって階層分けし、色分けする機能
- 以上の特徴を活かすことにより、循環システムのような大規模システムのエクセルギー消費を簡便に知ることができる。図 6-3-8 に描画画面と本ソフトの特徴を併せて示す。

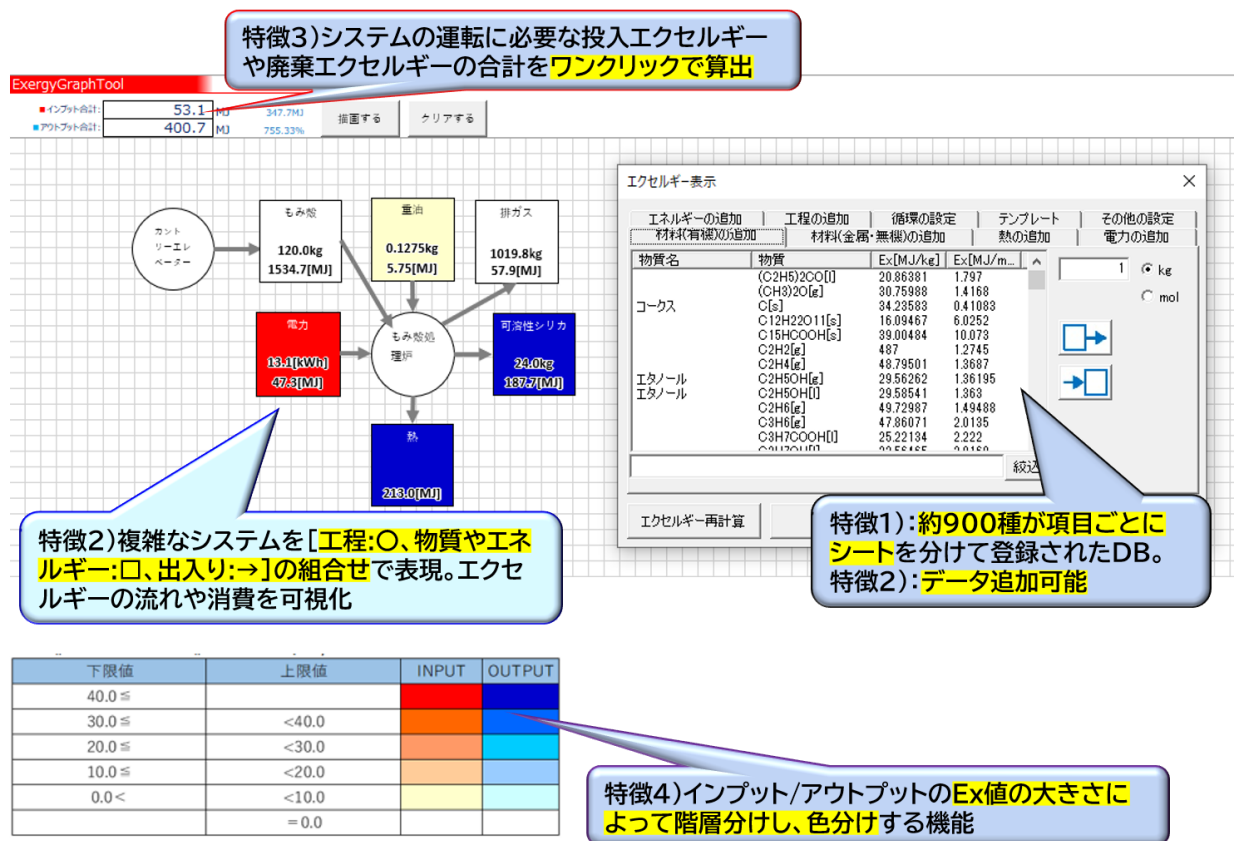


図 6-3-8 開発したソフト「エクセルギー解析グラフツール」の操作画面，特徴

## ● 従来技術・競合技術に対する優位性

従来技術：人工物個々の化学エクセルギーを計算(北大)や，特定のシステム(熱交換機やプラント)などのエクセルギー消費を計算するソフト(大阪ガス)などが，存在する<sup>1-2)</sup>。

1) 葛西 栄輝，秋山 友宏，物質・エネルギー再生の科学と工学 共立出版 (2006)

2)久角喜徳，エクセルギーデザイン共同研究講座ホームページ <http://www.ed.jrl.eng.osaka-u.ac.jp/>

**本開発：**従来の様な要素計算や，特定システムの計算ではなく，循環システムのような大規模かつ複雑なシステムのエクセルギー消費を計算し，かつそれが視覚的にわかりやすく描画できる点が特徴。そのために個々の要素のエクセルギー値はデータベースとして格納されており，プロセスシステムの設計時に種類と重量(モル量)を規定し，物質とエネルギーの流れを決めれば，全体のエクセルギー消費を比較的簡便に知ることができる。よって，様々な技術を組合せても，またエクセルギーの計算手法などを知らないユーザーであっても，物質収支のデータさえあれば，画面上で自在にプロセスシステムを描画し，個々のシステムに対応したエクセルギー消費をワンクリックで計算することができる。図 6-3-9 には循環システムのモデル計算例を示す。

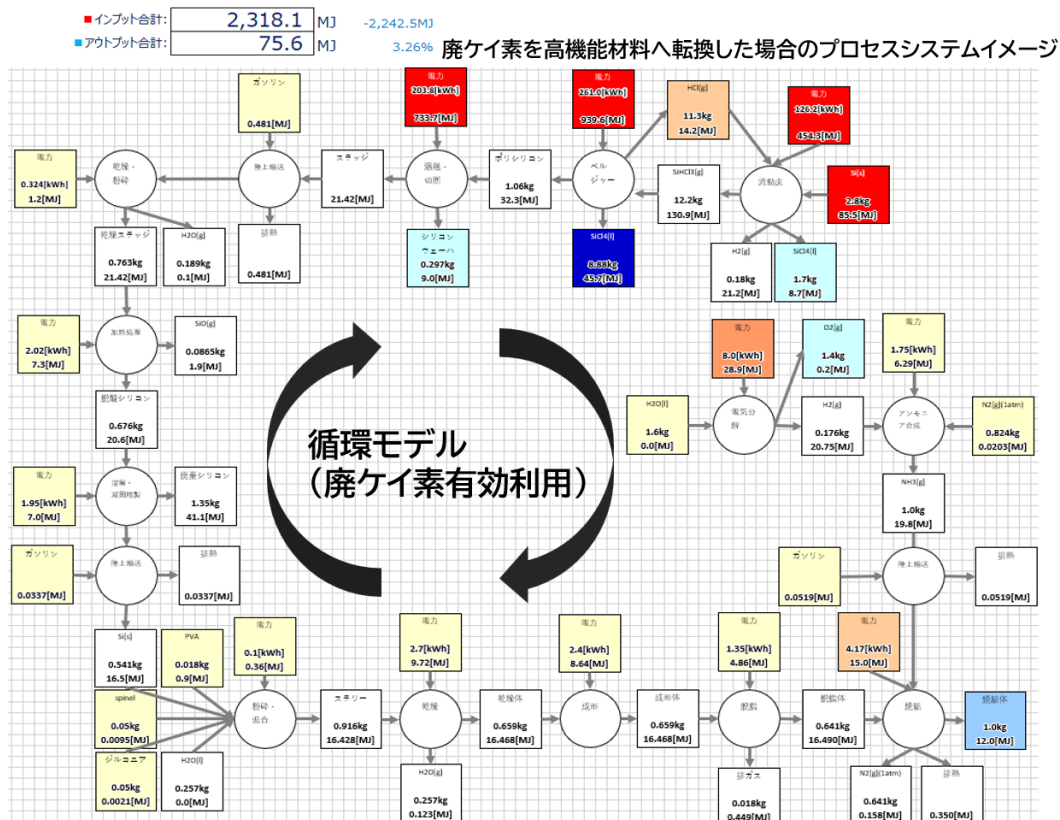


図 6-3-9 開発したソフト「エクセルギー解析グラフツール」を使ったプロセスシステムの描画例

### ● 課題目標、マイルストーンに対する達成状況

目標値：

目標 1：500 以上のデータベース作成 (MS3-1)

目標 2：本 PJ のテーマを含め、具体的なシステムに関する有効性実証(MS3-2)

達成状況：

- 1)目標 1 に対して：主要な人工物約 900 を抽出し、そのエクセルギーを計算しデータベースを作成した。
- 2)目標 2 に対して：本 PJ の主要課題である、もみ殻燃焼に伴う、廃熱と廃物の有効利用法を題材として、有効性の検証を実施した。

## 6.3.3 プロジェクト終了後の活動方針

（研究開発課題 3-1-1）蓄熱体適用に向けたセラミックスの特性改良と形状効果（名古屋大学、中部電力ミライズ(株)、(株)北陸テクノ、美濃窯業(株)、(株)ヤマト）

2020 年度までに実施された中部電力との共同研究成果は競争領域に移行済み。その後の状況は以下の通り。

- ・社会実装に向け OPERA 非参画企業 2 社とライセンス契約締結完了。

・実機評価を実施，試験継続中．特にカーボンニュートラルに向けて 2040 年をめどに工業炉の燃料は化石燃料から非化石燃料への転換が求められており，工業炉業界ではそれに向けた装置デバイスの改良が進む．本コンソで開発した蓄熱体も水素バーナー下での有用性などの検証実験も開始された．

・喫緊の課題である二酸化炭素削減のツールとして，蓄熱体は世界規模での展開を加速する必要がある．そこで本成果については国際標準化 P J の立上げを目指し経産省支援をうけ企業，国研，大学，省庁，公設試等，計 22 団体が構成される国際標準化調査 FS 委員会を立上げた<sup>1)</sup>．(委員長は北)．標準化と知財の統合戦略により社会実装を加速する．

FS 活動の結果，「省エネルギー等に関する国際標準の獲得・普及促進事業委託費（省エネルギー等国際標準開発（国際標準分野））（カーボンニュートラルに向けた脱炭素・再生可能エネルギーの有効活用と熱エネルギーマネジメントに関する標準化）」が令和 5 年度より 3 年間の経産省プロジェクト（プロジェクトリーダーは北）として立ち上がる見込み．そのプロジェクトでは OPERA 成果の蓄熱体を対象の一つとした国際標準を策定する．知財と標準化の統合戦略による世界規模での社会実装の加速化を試みる．

1)JFCA 2022 年度事業報告 p4（エネルギー）

④ カーボンニュートラルに向けた脱炭素・再生可能エネルギーの有効活用と熱エネルギーマネジメントに関する標準化調査；<https://www.jfca-net.or.jp/contents/view/3035/>

2)JFCA ホームページ ((d) カーボンニュートラルに向けた脱炭素・再生可能エネルギーの有効活用と熱エネルギーマネジメントに関する標準化調査，が該当)；<https://www.jfca-net.or.jp/contents/view/2680/2022%E5%B9%B4%E5%BA%A6%E3%81%AE%E6%A8%99%E6%BA%96%E5%8C%96%E4%BA%8B%E6%A5%AD>

#### （研究開発課題 3-1-2）科学的 LCA の開発（名古屋大学，(株)北陸テクノ）

・エクセルギーやエントロピーは省エネルギーを検討するうえでの基礎かつ本質であるが，実用化の観点で社会に広く知られていないのが現状．そこで科学専門出版社 2 社主催による社会人向けの有料セミナーを 2 回開講した．その中で開発したソフトについても利用方法などの説明を行った．また 2023 年度 7 月には通信講座を開催する計画（<https://www.science-t.com/course/V230701.html>）．今後，インターネット以外に書籍出版も予定している．こうしたエネルギー問題の学理ともいべき内容の啓蒙・教育活動を通じて，若い研究者を対象にエクセルギーが省エネ技術にどのように利活用できるのかを多くの人に理解してもらう一方，新たなビジネスチャンスの芽を作っていきたいと考えている．

## 6.3.4 その他

二酸化炭素削減は我々にとって喫緊の課題であり，カーボンニュートラル (CN)，省エネ (ES) に有効な技術は世界的規模で迅速に普及させていく必要がある．

産業部門からの CO<sub>2</sub> 排出は全体排出量の 40% を占め特に工業炉からの排出量は突出している．工業炉からの廃熱も膨大であり，その廃熱を有効利用できるための高温蓄熱体は，確実に CNES に貢献できるツールである．

当該成果について，論文，学会発表，企業への技術移転などに加えて，世界規模で広めるために国際標準 (ISO) の策定に取り掛かった．経産省の公募に応募し，まず 2022 年度は FS として採択され，経産省支援をうけ北を委員長として企業，国研，大学，省庁，公設試等，計 22 団体

で構成される国際標準化調査 FS(Feasibility Study)委員会を立上げた。

その背景として、OPERA 含めて様々な蓄熱体の開発が進んでいるが、海外の粗悪品も含めてすべて「セラミックス蓄熱体」として括られ、OPERA 成果のような高性能蓄熱体が認知されにくいどころか、コストも粗悪品と同等に抑えられ、健全な取引ができない状況が生まれることを危惧したことにある。すなわち、ISO 国際規格での検討、認証を通じて市場の秩序化を図り適正な性能を適正な価格で取引できる仕組みを作ること、開発品の普及を世界規模で促し、社会実装の加速に繋がると考えた。2022 年度の FS 委員会での活発な議論もあり、経産省の支援を受け 2023 年度からの 3 年間のプロジェクト化（北：研究代表）が決まった。本 PJ で得た関係特許は PCT 出願を行っており、一連の標準化と知財の統合戦略により社会実装を加速できるモデルとしたい。



## 7 非競争領域からの展開（活動実績）

### ① 研究開発課題 1-1-1 成果

ソリューションプラズマ法を用いて白金ナノ粒子をコアとしたラッピング触媒開発においては、新しい燃料電池用電極触媒として競争領域への移行に向け、大量製造の実現をめざした装置導入の取り組みを進めてきた。

最終的にはヘテログラフェンでラッピングしたコアシェル構造の低白金使用触媒の事業化を目指すために、(株)名城ナノカーボンおよび製造プロセスメーカーである(株)NU-Rei と 3 者で新規競争的資金を獲得し、大量製造装置の導入で量産化への試作ラインを構築した。

はじめに従来の 1/10 の白金使用量で 10 倍の耐久性を示す性能に到達し、それらを維持した触媒を大量製造できる装置の設計ならびに導入を行った。

### ② 研究開発課題 1-3-1 成果

ソリューションプラズマ（SP）による連続処理の実現ができるようになったことで、SP を食材製造プロセスに応用する際の金属汚染の問題を払拭できるという当初は意図していなかった点が注目され、機能性食材製造プロセスの一つである天然物由来高分子の低分子量化技術に発展した。

また、この技術の社会実装に向けた活動として、JST A-STEP(育成型)「ソリューションプラズマを用いた天然物由来高分子の低分子量化に関する研究開発」(2020 年 12 月 1 日～2023 年 3 月 31 日)が推進され、2022 年 11 月現在において、食品企業 1 社と製薬企業 1 社から本技術の適用可能性に関する試験依頼を受けるに至っている。

### ③ 研究開発課題 2-1-1 成果

ナノ構造炭素/金属界面放熱材料の開発で培ったナノ構造における炭素分散めっきの技術を応用展開し、電気接点材料を競争領域にハンドオフ。知の拠点あいち重点研究プロジェクトの競争的資金(マッチングファンド方式)を 2019 年下期に獲得し、製品化に向け、開発を進めることにつながった(事業期間：3 年間)。

### ④ 研究開発課題 3-1-1 成果

前述の成果 1「選択吸収型セラミックス材料および顕熱蓄熱体」については、所定の材料特性について達成できたものの競争領域への移行に向けて、①実部材化、特に量産性、コストを考慮したプロセス開発、②実機評価による有効性の検証など、大きな課題が残った。こうした問題に対して OI 推進室からの協力(資金援助)により、実験室の 1 角に「製造のミニライン」を設置し前記課題に対する見通しを得る事を行った。

成果として

- ・微粒子の分散を研究→高濃度・低粘度スラリーを開発
- ・濾過現象を利用し、簡単にセラミック中空構造体の製造可能なプロセスを開発
- ・最廉価原料に変更(低コスト化)。
- ・実機評価に向けて累計 50000 個を製造。

そして内、12000 個を使って実機試験に供試した。その結果、実機内 1000 サイクルの熱衝撃に対しても十分な耐性を有していることをでき、省エネ効果についても見通しを得る事ができた(実証には大規模試験を繰り返して再現性を取る必要がある)

こうした活動を通じて、企業側に対して、材料特性といった研究側面での良さだけではなく、生産のイメージを描画するとともに、量産時の型の損耗度や寿命などの問題点を正直に伝え、さらには実機での性能発現の可能性を示したことは、競争領域への移

行，OPERA 非参画企業 2 社へのライセンス契約締結など，社会実装に必要であるとの学びを得た。

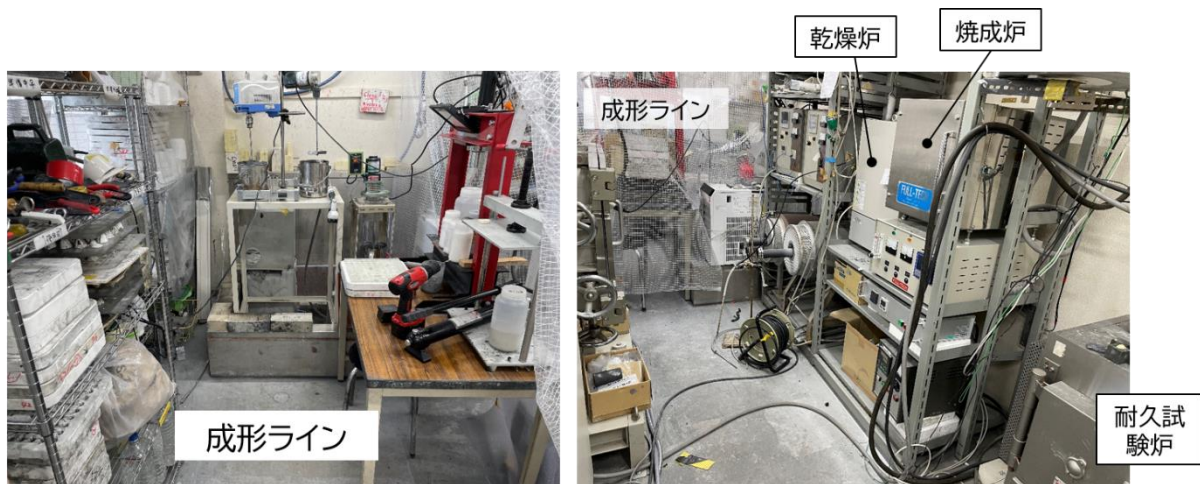


図 7-1. 選択吸収セラミックス蓄熱体 製造用ミニライン

【平成30年度～令和4年度】OPERA 活動実績一覧【幹事機関:名古屋大学】

領域名: 地域資源活用型エネルギーエコシステムを構築するための基盤技術の創出

| 項目                 |                      |           |         | 実績  |   | 備考 |
|--------------------|----------------------|-----------|---------|-----|---|----|
| ① プロトタイプ           |                      |           |         | 1   | 件 |    |
| ② 実用化              |                      |           |         | 0   | 件 |    |
| ③ 事業化(製品・サービス等の提供) |                      |           |         | 0   | 件 |    |
| ④ 起業(ベンチャー企業等の設立)  |                      |           |         | 0   | 件 |    |
| ⑤ 知的財産権の状況         | 出願                   | 領域全体      | 国内      | 14  | 件 |    |
|                    |                      |           | 外国      | 0   | 件 |    |
|                    |                      | うちパイドール適用 | 国内      | 10  | 件 |    |
|                    |                      |           | 外国      | 0   | 件 |    |
|                    | 登録                   | 領域全体      | 国内      | 2   | 件 |    |
|                    |                      |           | 外国      | 0   | 件 |    |
|                    |                      | うちパイドール適用 | 国内      | 2   | 件 |    |
|                    |                      |           | 外国      | 0   | 件 |    |
|                    | ライセンス                |           |         | 2   | 件 |    |
|                    | ライセンス収入              |           | 件数      | 0   | 件 |    |
| 金額                 |                      |           | 0       | 千円  |   |    |
| ⑥ 成果の発信            | プレス発表(イベント告知は除く)     |           |         | 1   | 件 |    |
|                    | 成果発信イベントの開催          |           |         | 5   | 件 |    |
|                    | 展示会への出展              | 国内        | 23      | 件   |   |    |
|                    |                      | 外国        | 1       | 件   |   |    |
| ⑦ 掲載・放映            | 雑誌掲載(WEB含む)          |           |         | 5   | 件 |    |
|                    | 新聞掲載(WEB含む)          |           |         | 3   | 件 |    |
|                    | テレビ放映                |           |         | 2   | 件 |    |
| ⑧ 外部資金の獲得          | 成果の展開に関連して<br>(当該年度) | 採択        | 18      | 件   |   |    |
|                    |                      | 金額        | 149,520 | 千円  |   |    |
|                    | 研究開発費として<br>(当該年度)   | 採択        | 9       | 件   |   |    |
|                    |                      | 金額        | 36,820  | 千円  |   |    |
| ⑨ 論文               | 論文                   |           |         | 124 | 件 |    |
|                    | うち査読論文               |           |         | 122 | 件 |    |
|                    | その他著作物(総説、書籍など)      |           |         | 9   | 件 |    |
| ⑩ 発表               | 口頭発表                 |           |         | 102 | 件 |    |
|                    | ポスター発表               |           |         | 159 | 件 |    |
|                    | 招待講演                 |           |         | 50  | 件 |    |
|                    | その他                  |           |         | 0   | 件 |    |
| ⑪ 受賞               |                      |           |         | 30  | 件 |    |
| ⑫ 参加者(年度末時点)       | 領域全体                 |           |         | 119 | 人 |    |

## (平成30年度～令和4年度) OPERA 活動実績一覧【幹事機関:名古屋大学】

領域名: 地域資源活用型エネルギーエコシステムを構築するための基盤技術の創出

## ① プロトタイプ

| No | 成果名称                   | 発表等時期 | 担当機関<br>(企業・大学等) | 概要                                                                                                          | 備考<br>(関連する研究開発課題番号等) |
|----|------------------------|-------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1  | 中空構造を有する選択吸収型セラミックス蓄熱体 |       | 名古屋大学、中部電力(株)    | 高温域、所定温度の光吸収特性に優れ、外殻は緻密で内部に空洞を設けた構造により、軽量化と高強度を両立させるとともに、有効蓄熱量が従来に比べ10%向上させたアルミナベースの蓄熱体を実現、現在美濃窯業(株)で事業化検討中 | 研究開発課題1-3-1           |

## ② 実用化

| No | 成果名称 | 発表等時期 | 担当企業等 | 概要 | 備考<br>(課題番号等) |
|----|------|-------|-------|----|---------------|
| 1  |      |       |       |    |               |
| 2  |      |       |       |    |               |

## ③ 事業化(製品・サービス等の提供)

| No | 製品・サービス等の名称 | 発売等時期 | 担当企業等 | 概要 | 備考<br>(課題番号等) |
|----|-------------|-------|-------|----|---------------|
| 1  |             |       |       |    |               |
| 2  |             |       |       |    |               |

## ④ 起業(ベンチャー企業等の設立)

| No | 法人名称 | 設立時期 | シーズ | 概要 | 備考<br>(課題番号等) |
|----|------|------|-----|----|---------------|
| 1  |      |      |     |    |               |
| 2  |      |      |     |    |               |

## (平成30年度～令和4年度) OPERA 活動実績一覧【幹事機関:名古屋大学】

領域名: 地域資源活用型エネルギーエコシステムを構築するための基盤技術の創出

## ⑤-1 知的財産権(出願) A特許 | Bその他の知的財産権

## A 特許

| No | 知財の名称                           | 出願番号          | バイドール<br>適用 | 出願人                   | 国内/<br>外国 | 備考<br>(関連する研究開発課題番号等) |
|----|---------------------------------|---------------|-------------|-----------------------|-----------|-----------------------|
| 1  | 浄化装置および浄化方法                     | 特願2019-061492 | ○           | 学校法人東京理科大学,株式会社オーク製作所 | 国内        | 研究開発課題1-2-2           |
| 2  | 液中プラズマ装置                        | 特願2019-157716 | ○           | 公立大学法人大阪,エア・ウォーター(株)  | 国内        | 研究開発課題1-3-1           |
| 3  | 多孔質体の改質方法および改質装置                | 特願2019-155512 | ○           | 公立大学法人大阪              | 国内        | 研究開発課題1-3-1           |
| 4  | 表面処理装置                          | 特願2019-216220 |             | 芝浦工業大学、日空工業(株)        | 国内        | 研究開発課題2-1-2           |
| 5  | アルミニウム材料又はマグネシウム材料の表面処理方法       | 特願2020-016740 | ○           | 芝浦工業大学                | 国内        | 研究開発課題2-1-2           |
| 6  | ナノワイヤの製造方法                      | 特願2020-116332 | ○           | 信州大学、東レエンジニアリング       | 国内        | 研究開発課題2-2             |
| 7  | ナノワイヤ付きフィルム及びナノワイヤの製造方法         | 特願2020-116334 | ○           | 信州大学、東レエンジニアリング       | 国内        | 研究開発課題2-2             |
| 8  | リチウムイオン二次電池およびその正極              | 特願2021-153746 | ○           | 信州大学、東レエンジニアリング       | 国内        | 研究開発課題2-2             |
| 9  | 導電性薄膜の製造方法および製造装置               | 特願2020-168939 | ○           | 公立大学法人大阪              | 国内        | 研究開発課題1-3-1           |
| 10 | リチウム複合酸化物の再生方法及びナトリウム複合酸化物の再生方法 | 特願2021-117420 |             | 信州大学、東レエンジニアリング       | 国内        | 研究開発課題2-2             |
| 11 | イリジウム固溶マンガン酸化物                  | 特願2021-193872 | ○           | 信州大学                  | 国内        | 研究開発課題2-3             |
| 12 | 複合構造体、複合構造体の製造方法、及び蓄熱方法         | 特願2021-121173 |             | 名古屋大学、美濃窯業(株)         | 国内        | 研究開発課題3               |
| 13 | 耐食性及び強度に優れたアルミニウム合金材及びその製造方法    | 特願2020-501999 |             | 芝浦工業大学                | 国内        | 研究開発課題2-1-2           |
| 14 | 処理装置、及び処理方法                     | 特願2023-026460 | ○           | 公立大学法人大阪              | 国内        | 研究開発課題1-3-1           |

## B その他の知的財産権 (実用新案権、意匠権、回路配置利用権、育成者権など)

| No | 知財の名称 | 出願番号 | バイドール<br>適用 | 出願人 | 国内/<br>外国 | 備考 |
|----|-------|------|-------------|-----|-----------|----|
| 1  |       |      |             |     |           |    |
| 2  |       |      |             |     |           |    |

## (平成30年度～令和4年度) OPERA 活動実績一覧【幹事機関:名古屋大学】

領域名: 地域資源活用型エネルギーエコシステムを構築するための基盤技術の創出

## ⑤-2 知的財産権(登録) A特許 | Bその他の知的財産権

## A 特許

| No | 知財の名称               | 特許番号          | パイトール<br>適用 | 出願人             | 国内/外<br>国 | 備考<br>(関連する研究開発課題番号等) |
|----|---------------------|---------------|-------------|-----------------|-----------|-----------------------|
| 1  | イリジウム固溶マンガン酸化物      | 特開2023-080494 | ○           | 信州大学            | 国内        | 研究開発課題2-3             |
| 2  | リチウムイオン二次電池の正極の製造方法 | 特許第7148937号   | ○           | 信州大学、東レエンジニアリング | 国内        | 研究開発課題2-2             |

## B その他の知的財産権 (実用新案権、意匠権、回路配置利用権、育成者権など)

| No | 知財の名称 | 登録番号 | パイトール<br>適用 | 出願人 | 国内/外<br>国 | 備考 |
|----|-------|------|-------------|-----|-----------|----|
| 1  |       |      |             |     |           |    |
| 2  |       |      |             |     |           |    |

## (平成30年度～令和4年度) OPERA 活動実績一覧【幹事機関:名古屋大学】

領域1地域資源活用型エネルギーエコシステムを構築するための基盤技術の創出

## ⑥ 成果の発信

| No | 発表<br>年月日             | 発表タイトル、イベント名など                                               | 発表機関              | 主な対応者                 | 発信形式        | 備考                                                                                                                                                                                                              |
|----|-----------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 2019.1.30<br>～<br>2.1 | SURTECH 2019                                                 | 名古屋大学             | 齋藤永宏                  | 展示会への出展(国内) | ヘテログラフェン                                                                                                                                                                                                        |
| 2  |                       | 非公開                                                          |                   |                       | 展示会への出展(国内) |                                                                                                                                                                                                                 |
| 3  |                       | 非公開                                                          |                   |                       | 展示会への出展(国内) |                                                                                                                                                                                                                 |
| 4  | 2019.3.18             | Al合金部材への水蒸気プロセスの適用事例について・『知と地の創造拠点』フォーラム                     | 芝浦工業大学            | 芹澤愛                   | 展示会への出展(国内) |                                                                                                                                                                                                                 |
| 5  | 2019.3.18             | Mg合金部材への水蒸気プロセスの適用事例について・『知と地の創造拠点』フォーラム                     | 芝浦工業大学            | 石崎貴裕                  | 展示会への出展(国内) |                                                                                                                                                                                                                 |
| 6  | 2020/1/14             | SDGs-6番目の目標に貢献！～安全できれいな水を世界各地に～                              | Nagoya University | M. Tipplook, N. Saito | プレス発表       | <a href="http://www.nagoya-u.ac.jp/about-nu/public-relations/researchinfo/upload_images/20200114_coi1.pdf">http://www.nagoya-u.ac.jp/about-nu/public-relations/researchinfo/upload_images/20200114_coi1.pdf</a> |
| 7  | 2019/08/29-30         | イノベーション・ジャパン2019<br>カーボン解析データベースコンソーシアム                      | Nagoya University | N. Saito              | 展示会への出展(国内) | 東京ビックサイト                                                                                                                                                                                                        |
| 8  | 2019/12/1-6           | 2019 MRS Fall Meeting & Exhibit                              | JST               | JST                   | 展示会への出展(外国) | Boston<br>ヘテログラフェン研究成果<br>展示                                                                                                                                                                                    |
| 9  | 2020/01/29-31         | Nanotech 2020                                                | Nagoya University | N. Saito              | 展示会への出展(国内) | 東京ビックサイト                                                                                                                                                                                                        |
| 10 | 2020/01/29-31         | Nanotech 2020                                                | JST               | JST                   | 展示会への出展(国内) | 東京ビックサイト<br>ヘテログラフェン研究成果<br>展示                                                                                                                                                                                  |
| 11 | 2019/8/29-30          | イノベーション・ジャパン2019                                             | 信州大学              | 秀島翔、滝本大裕(信州大学)        | 展示会への出展(国内) | 東京                                                                                                                                                                                                              |
| 12 | 2019/8/29, 30         | 水蒸気を利用したアルミニウム合金上への多機能性皮膜創製技術、イノベーションジャパン2019                | 芝浦工業大学            | 芹澤愛(芝浦工業大学)           | 展示会への出展(国内) |                                                                                                                                                                                                                 |
| 13 | 2019/8/29, 30         | 低環境負荷プロセスによる高機能性材料創製技術、イノベーションジャパン2019                       | 芝浦工業大学            | 石崎貴裕(芝浦工業大学)          | 展示会への出展(国内) |                                                                                                                                                                                                                 |
| 14 | 2020/3/2              | CCUS/Carbon Recycling Seminar                                | 東京理科大学、外務省        | 寺島千晶(東京理科大学)          | 成果発信イベントの開催 | <a href="https://www.mofa.go.jp/mofai/ecm/es/page25_001946.html">https://www.mofa.go.jp/mofai/ecm/es/page25_001946.html</a>                                                                                     |
| 15 | 2020/10/29-30         | 第56回X線分析討論会                                                  | X線分析研究懇談会         | 吉田朋子(大阪市立大学)          | 成果発信イベントの開催 | オンライン形式・J実行委員長                                                                                                                                                                                                  |
| 16 | 2020/8/26             | 水蒸気のみを利用したアルミニウム合金上への耐食性皮膜創製技術、研究シーズ企業ニーズ オンライン マッチング展示会2020 | 芝浦工業大学            | 芹澤愛(芝浦工業大学)           | 展示会への出展(国内) | オンライン                                                                                                                                                                                                           |
| 17 | 2020/9/28-11/30       | 脱アルマイト処理を目指したアルミニウム合金上への耐食性皮膜創製技術、イノベーションジャパン2020            | 芝浦工業大学            | 芹澤愛(芝浦工業大学)           | 展示会への出展(国内) | オンライン                                                                                                                                                                                                           |
| 18 | 2020/9/28-11/30       | 低環境負荷プロセスによる高機能性材料創製技術、イノベーションジャパン2020                       | 芝浦工業大学            | 石崎貴裕(芝浦工業大学)          | 展示会への出展(国内) | オンライン                                                                                                                                                                                                           |
| 19 | 2020/12/15-17         | 水蒸気のみを利用したアルミニウム合金上への耐食性皮膜創製技術、産学連携オンラインマッチング EXPO展示会        | 芝浦工業大学            | 芹澤愛(芝浦工業大学)           | 展示会への出展(国内) | オンライン                                                                                                                                                                                                           |
| 20 | 2021/3/2              | 水蒸気を利用したアルミニウム合金上への多機能性皮膜創製技術、アーバン・エコ・モビリティ研究拠点の形成ワークショップ    | 芝浦工業大学            | 芹澤愛(芝浦工業大学)           | 成果発信イベントの開催 | オンライン                                                                                                                                                                                                           |
| 21 | 2021/3/2              | アーバン・エコ・モビリティ研究拠点の形成ワークショップ                                  | 芝浦工業大学            | 石崎貴裕(芝浦工業大学)          | 成果発信イベントの開催 | オンライン                                                                                                                                                                                                           |



|    |                          |                                                       |        |                  |                 |                                                                                                                                    |
|----|--------------------------|-------------------------------------------------------|--------|------------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 22 | 2020/9/28-<br>2020/11/30 | 光触媒による二酸化炭素還元と<br>有価物の創製・イノベーションジ<br>ャパン2020          | 主催:JST | 寺島千晶(東<br>京理科大学) | 展示会への出展(国<br>内) | オンライン                                                                                                                              |
| 23 | 2022/2/18                | JST新技術説明会                                             | JST    | 白藤立(大阪<br>市立大学)  | 展示会への出展(国<br>内) | <a href="https://shingi.jst.go.jp/list/list_2021/2021_jst-1.html">https://shingi.jst.go.jp/list/li<br/>st_2021/2021_jst-1.html</a> |
| 24 | 2020/8/23-9/17           | 水蒸気を用いたアルミニウム合金<br>上への多機能性皮膜の創製, イノ<br>ベーションジャパン2020  | 芝浦工業大学 | 芹澤愛(芝浦<br>工業大学)  | 展示会への出展(国<br>内) | オンライン                                                                                                                              |
| 25 | 2020/8/23-9/17           | 低環境負荷プロセスによる高機能<br>性材料創製技術, イノベーション<br>ジャパン2020       | 芝浦工業大学 | 石崎貴裕(芝<br>浦工業大学) | 展示会への出展(国<br>内) | オンライン                                                                                                                              |
| 26 | 2022/3/23                | サイエンス&テクノロジーセミナー,<br>エクセルギーの基礎と計算・解析<br>方法、応用事例を講義した。 | 名古屋大学  | 北英紀              | 成果発信イベントの<br>開催 | サイエンス&テクノロジー社<br>主催                                                                                                                |
| 27 | 2022/10/4-<br>10/31      | 汚れや腐食を防ぐ技術と機能性材<br>料創製技術の開発, イノベーショ<br>ンジャパン2022      | 芝浦工業大学 | 石崎貴裕(芝<br>浦工業大学) | 展示会への出展(国<br>内) | オンライン                                                                                                                              |
| 28 | 2022/10/4-<br>10/31      | 薬品フリーなアルミニウム合金へ<br>の表面処理技術, イノベーション<br>ジャパン2022       | 芝浦工業大学 | 芹澤愛(芝浦<br>工業大学)  | 展示会への出展(国<br>内) | オンライン                                                                                                                              |
| 29 | 2022/11/29-<br>12/2      | 第10回ILS - Innovation Leaders<br>Summit                | 芝浦工業大学 | 芹澤愛(芝浦<br>工業大学)  | 展示会への出展(国<br>内) | 東京(一部オンライン)                                                                                                                        |
| 30 | 2022/2/18                | JST新技術説明会                                             | JST    | 白藤立(大阪<br>市立大学)  | 展示会への出展(国<br>内) | <a href="https://shingi.jst.go.jp/list/list_2021/2021_jst-1.html">https://shingi.jst.go.jp/list/li<br/>st_2021/2021_jst-1.html</a> |

## (平成30年度～令和4年度) OPERA 活動実績一覧【幹事機関:名古屋大学】

領域・地域資源活用型エネルギーエコシステムを構築するための基盤技術の創出

## ⑦掲載・放映

| No | 発表<br>年月日 | メディア名<br>掲載・放映内容の概要                                                                                                                                                         | 発表機関   | 主な対応者           | 形式              | 備考                                                                                                                                                |
|----|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 2019.3.11 | 太陽電池への応用に期待！<br>～ 窒素陽イオンを導入した p<br>型半導体グラフェンの開発に<br>成功 ～                                                                                                                    | 名古屋大学  | 齋藤永宏            | 新聞掲載(WEB含<br>む) |                                                                                                                                                   |
| 2  | 2018      | 炭素リサイクル型エネルギー<br>産業構築に向けた CO <sub>2</sub> 利用<br>技術<br>化学工業(小峰工業出版) 69<br>(2), 106-109, 2018                                                                                 | 名古屋大学  | 則永行庸            | 雑誌掲載(WEB含<br>む) |                                                                                                                                                   |
| 3  | 2018      | 炭素循環型社会形成におけ<br>るCO <sub>2</sub> 利用技術のポテンシ<br>ヤルとメタネーションによるCO <sub>2</sub><br>利用プロセス開発動向,「化学<br>工学の進歩52 物質循環とマ<br>テリアル開発 化学工学会監<br>修」ISBN: 978-4-86487-968-<br>2, 三恵社, 2018 | 名古屋大学  | 則永行庸            | 雑誌掲載(WEB含<br>む) |                                                                                                                                                   |
| 4  | 2018      | 北英紀, システム思考とマテ<br>リアル(共著),「化学工学の進<br>歩52 物質循環とマテリアル<br>開発 化学工学会監修」<br>ISBN: 978-4-86487-968-2,<br>三恵社, pp.1-25 2018                                                         | 名古屋大学  | 北英紀             | 雑誌掲載(WEB含<br>む) |                                                                                                                                                   |
| 5  | 2019.3.1  | 中林志達、近藤剛史、藤嶋<br>昭、寺島千晶、ダイヤモンド<br>半導体を用いた二酸化炭素<br>の光電気化学還元                                                                                                                   | 東京理科大学 | 寺島千晶            | 雑誌掲載(WEB含<br>む) |                                                                                                                                                   |
| 6  | 2019/1/1  | 勝又健一、寺島千晶、層状複<br>水酸化物とダイヤモンドを用<br>いた光触媒的CO <sub>2</sub> 還元                                                                                                                  | 東京理科大学 | 寺島千晶            | 雑誌掲載(WEB含<br>む) |                                                                                                                                                   |
| 7  | 2019/8/31 | SBCテレビ『信州のファースト<br>ペンギン...夢を拓くイノー<br>バーたち』に出演                                                                                                                               | 信州大学   | 杉本渉(信州<br>大学)   | テレビ放映           | <a href="https://www.shinshu-u.ac.jp/guidance/media/movie/2019/09/1-1.html">https://www.shinshu-u.ac.jp/guidance/media/movie/2019/09/1-1.html</a> |
| 8  | 2021/11/9 | 日本経済新聞, 信濃毎日新<br>聞, 産経新聞他<br>概要: サーキュラーエコハウ<br>ス(水・エネルギーを循環する<br>オフグリッドハウス実証)                                                                                               | 信州大学   | 手嶋勝弥(信<br>州大学)  | 新聞掲載(WEB含<br>む) |                                                                                                                                                   |
| 9  | 2021/9/10 | NHK「思考ガチャ!」番組に<br>出演                                                                                                                                                        | 芝浦工業大学 | 芹澤愛(芝浦<br>工業大学) | テレビ放映           |                                                                                                                                                   |
| 10 | 2021/11/9 | 日本経済新聞, 信濃毎日新<br>聞, 産経新聞他<br>概要: サーキュラーエコハウ<br>ス(水・エネルギーを循環する<br>オフグリッドハウス実証)                                                                                               | 信州大学   | 手嶋勝弥(信<br>州大学)  | 新聞掲載(WEB含<br>む) |                                                                                                                                                   |

## (平成30年度～令和4年度) OPERA 活動実績一覧【幹事機関:名古屋大学】

領域・地域資源活用型エネルギーエコシステムを構築するための基盤技術の創出

## ⑧ 外部資金の獲得

| No | 配分機関        | 事業・制度名称                                                                       | 実施期間               | 新規/<br>継続 | 当該年度配<br>分額[千円] | 配分総額<br>[千円] | 採択機関                      | 資金の使途          | 備考<br>(関連する研究開発課<br>題番号等) |
|----|-------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------|-----------------|--------------|---------------------------|----------------|---------------------------|
| 1  | 愛知県         | 知の拠点あいち重点研究<br>プロジェクト                                                         | R1.8-R4.3          | 新規        | 12,000          | 36,000       | 名古屋大学、豊<br>橋鍍金工業(株)       | 成果の展開に<br>関連して | 課題2-1-1                   |
| 2  | JST         | SICORP 日本-中国環<br>境・エネルギー分野                                                    | R1.4-R6.3          | 新規        | 10,000          | 50,000       | 名古屋大学                     | 成果の展開に<br>関連して | 課題1-1<br>課題2-1-1          |
| 3  | 日本学術振<br>興会 | 新学術領域研究(研究領<br>域提案型)(計<br>画研究)                                                | H28.4-R3.3         | 継続        | 4,500           | 35,000       | 大阪市立大学                    | 成果の展開に<br>関連して | 課題1-2-1                   |
| 4  | 文部科学省       | 科学研究費補助金<br>基盤研究(B)                                                           | H31.4-R5.3         | 新規        | 7,280           | 17,550       | 大阪市立大学                    | 研究開発費とし<br>て   | 課題1-3-1                   |
| 5  | 日本学術振<br>興会 | 科研費 基盤研究(B)                                                                   | H31.4-R4.3         | 新規        | 4,000           |              | 芝浦工業大学                    | 成果の展開に<br>関連して | 課題2-1-2                   |
| 6  | 経済産業省       | 中小企業経営支援等対<br>策補助金(戦略的基盤技<br>術高度化支援事業)                                        | R2.9-R5.3          | 新規        | 34,500          | 97,500       | (株)名城ナノ<br>カーボン、名古<br>屋大学 | 成果の展開に<br>関連して | 研究開発課題1-1-1               |
| 7  | 愛知県         | 「知の拠点あいち」重点研<br>究プロジェクト事業                                                     | R1.4-R4.3          | 継続        | 1,200           | 3,600        | 名古屋大学                     | 成果の展開に<br>関連して | 研究開発課題2-1-1               |
| 8  | 文部科学省       | 新学術領域研究                                                                       | H28.4-R3.3         | 継続        | 3,500           | 25,000       | 大阪市立大学                    | 研究開発費とし<br>て   | 研究開発課題1-2-1               |
| 9  | 日本学術振<br>興会 | 国際共同研究強化B                                                                     | R2.4-R7.3          | 新規        | 2,080           | 18,590       | 大阪市立大学                    | 研究開発費とし<br>て   | 研究開発課題1-2-1               |
| 10 | 大阪市立大<br>学  | 知と健康のグローバル拠<br>点事業推進研究                                                        | R1.4-R3.3          | 継続        | 8,000           | 16,000       | 大阪市立大学                    | 研究開発費とし<br>て   | 研究開発課題1-2-1               |
| 11 | JST         | A-STEP産学共同<育成<br>型>                                                           | R02.11-<br>R04.3   | 新規        | 3,380           | 17,030       | 大阪市立大学                    | 成果の展開に<br>関連して | 研究開発課題1-3-1               |
| 12 | JSPS        | 科学研究費補助金基盤<br>研究(B)(一般)                                                       | H31.4-R05.3        | 継続        | 6,110           | 17,550       | 大阪市立大学                    | 研究開発費とし<br>て   | 研究開発課題1-3-1               |
| 13 | JSPS        | 科研費 基盤研究(B)                                                                   | H31.4-R4.3         | 継続        | 5,460           | 16,120       | 芝浦工業大学                    | 成果の展開に<br>関連して | 研究開発課題2-1-2               |
| 14 | NEDO        | カーボンリサイクル・次世<br>代火力発電等技術開発<br>／次世代火力発電技術<br>推進事業／カーボンリサ<br>イクル技術の共通基盤技<br>術開発 | R2-R4              | 新規        | 26,020          | 119,678      | 東京理科大学                    | 成果の展開に<br>関連して | 研究開発課題1-1-2               |
| 15 | 愛知県         | 「知の拠点あいち」あいち<br>重点プロジェクト事業                                                    | R1.4-R4.3          | 継続        | 4,000           | 36,000       | 名古屋大学                     | 成果の展開に<br>関連して | 研究開発課題2-1-1               |
| 16 | JSPS        | 挑戦的研究(萌芽)                                                                     | R3-R4              | 新規        | 2,700           | 5,000        | 大阪市立大学                    | 研究開発費とし<br>て   | 研究開発課題1-2-1               |
| 17 | JSPS        | 国際共同研究強化B                                                                     | R2-R6              | 継続        | 2,990           | 18,590       | 大阪市立大学                    | 研究開発費とし<br>て   | 研究開発課題1-2-1               |
| 18 | JSPS        | 科研費 基盤研究(B)                                                                   | H31.4-R4.3         | 継続        | 5,460           | 16,120       | 芝浦工業大学                    | 成果の展開に<br>関連して | 研究開発課題2-1-2               |
| 19 | JSPS        | 科学研究費補助金<br>基盤研究(B)(一般)                                                       | 2019.4-<br>2023.3  | 継続        | 2,080           | 17,550       | 大阪市立大学                    | 研究開発費とし<br>て   | 研究開発課題1-3-1               |
| 20 | JSPS        | 科研費 基盤研究(B)                                                                   | R2.4-R3.3          | 継続        | 5,460           | 16,120       | 芝浦工業大学                    | 成果の展開に<br>関連して | 研究開発課題2-1-2               |
| 21 | JSPS        | 科研費 基盤研究(B)                                                                   | R3.4-R4.3          | 継続        | 5,460           | 16,120       | 芝浦工業大学                    | 成果の展開に<br>関連して | 研究開発課題2-1-2               |
| 22 | JSPS        | 科研費<br>基盤研究(B)                                                                | R4.4-R5.3          | 新規        | 5,330           | 17,290       | 芝浦工業大学                    | 成果の展開に<br>関連して | 研究開発課題2-1-2               |
| 23 | JST         | 創発的研究支援事業                                                                     | R4.4-R5.3          | 新規        | 7,020           | 26,000       | 芝浦工業大学                    | 成果の展開に<br>関連して | 研究開発課題2-1-2               |
| 24 | JST         | A-STEP産学共同<育成<br>型>                                                           | R3<br>(R2.11-R4.3) | 継続        | 3,900           | 17,030       | 大阪市立大学                    | 成果の展開に<br>関連して | 研究開発課題1-3-1               |
| 25 | JSPS        | 科学研究費補助金<br>基盤研究(B)(一般)                                                       | R3<br>(H31.4-R5.3) | 継続        | 2,080           | 17,550       | 大阪市立大学                    | 研究開発費とし<br>て   | 研究開発課題1-3-1               |
| 26 | JST         | A-STEP産学共同<育成<br>型>                                                           | R4<br>(R2.11-R5.3) | 継続        | 9,750           | 17,030       | 大阪公立大学                    | 成果の展開に<br>関連して | 研究開発課題1-3-1               |
| 27 | JSPS        | 科学研究費補助金基盤<br>研究(B)(一般)                                                       | R4<br>(H31.4-R5.3) | 継続        | 2,080           | 17,550       | 大阪公立大学                    | 成果の展開に<br>関連して | 研究開発課題1-3-1               |

## (平成30年度～令和4年度) OPERA 活動実績一覧【幹事機関:名古屋大学】

領域名: 地域資源活用型エネルギーエコシステムを構築するための基盤技術の創出

## ⑨ 論文

| No | 書誌情報<br>(書式: 著者名、タイトル、掲載誌名(書籍名)、巻、号、ページ、発行年)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 発表機関<br>(参画機関のみ) | 形式(査読の有無)<br>※ブルダウ選択 | 掲載<br>状況 | 備考<br>(関連する研究開発課題番号等) |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------|----------|-----------------------|
| 1  | Jedsukontorn, T. Ueno, N. Saito, M. Hunsom, Mechanistic aspect based on the role of reactive oxidizing species (ROS) in macroscopic level on the glycerol photooxidation over defected and defected-free TiO <sub>2</sub> . Journal of Photochemistry and Photobiology A 2018, 367, 270-281, doi:10.1016/j.jphotochem.2018.08.030                             | 名古屋大学            | 論文(査読有り)             | 掲載<br>済  | 課題1-1/課題2-1-1         |
| 2  | I. Prasertsung, S. Kaewcharoen, K. Kunpinit, W. Yaowarat, N. Saito, T. Phenrat, Enhanced degradation of methylene blue by a solution plasma process catalyzed by incidentally Co-generated copper nanoparticles. Water Science & Technology 2019, doi:10.2166/wst.2019.035                                                                                    | 名古屋大学            | 論文(査読有り)             | 掲載<br>済  | 課題1-1/課題2-1-1         |
| 3  | I. Prasertsung, K. Aroonraj, K. Kamwilaisak, N. Saito, S. Damrongsakkul, Production of reducing sugar from cassava starch waste (CSW) using solution plasma process(SPP). Carbohydrate Polymers 2019, 205, 472-479, doi:10.1016/j.carbpol.2018.10.090                                                                                                         | 名古屋大学            | 論文(査読有り)             | 掲載<br>済  | 課題1-1/課題2-1-1         |
| 4  | S.W. Chae, G. Panomsuwan, B.M. Antioaneta, K. Teshima, N. Saito, P-type Graphene with Cationic N dopants. ACS Applied Nano Materials 2019, 2, 1350-1355. doi:10.1021/acsanm.8b02237                                                                                                                                                                           | 名古屋大学            | 論文(査読有り)             | 掲載<br>済  | 課題1-1/課題2-1-1         |
| 5  | S.W. Chae, G. Panomsuwan, B.M. Antioaneta, T. Ishizaki, Teshima, N. Saito, Cationic Nitrogen-Doped Carbon-Wrapped Single-Walled Carbon Nanotubes with High Electrical Conductivity. Carbon 2019, under review                                                                                                                                                 | 名古屋大学            | 論文(査読有り)             | 掲載<br>済  | 課題1-1/課題2-1-1         |
| 6  | Himoto, S. Yamashita, H. Kita, Fracture Analysis of Porous Si-SiC Ceramics with Anisotropic Three-dimensional Network Structure, Journal of the Ceramic Society of Japan, in press, (2019)                                                                                                                                                                    | 名古屋大学            | 論文(査読有り)             | 掲載<br>済  | 課題1-1/課題2-1-1         |
| 7  | Hayashi F.; Ogawa K.; Moriya Y.; Sudare T.; Teshima K. Growth of monodispersed b-Li <sub>2</sub> TiO <sub>3</sub> nanocrystals from LiCl and LiOH fluxes. Cryst. Growth Des. 19(2), 1377-1383 (2019). (DOI:10.1021/acs.cgd.8b01758).                                                                                                                          | 信州大学             | 論文(査読有り)             | 掲載<br>済  | 課題2-2                 |
| 8  | Hojamberdiev M.; Khan M. M.; Kadirova Z.; Kawashima K.; Yubuta K.; Teshima K.; Riedel R.; Hasegawa M. Synergistic effect of g-C <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Ni(OH) <sub>2</sub> , and halloysite in nanocomposite photocatalyst on efficient photocatalytic hydrogen generation. Renewable Energy 138, 434-444 (2019). (DOI: 10.1016/j.renene.2019.01.103). | 信州大学             | 論文(査読有り)             | 掲載<br>済  | 課題2-2                 |
| 9  | 手嶋勝弥, 次世代デバイス応用を目指したフラックス結晶成長技術, 応用物理 88(03), 166-172 (2019).                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 信州大学             | 論文(査読有り)             | 掲載<br>済  | 課題2-2                 |
| 10 | T. Yoshida, N. Yamamoto, T. Mizutani, M. Yamamoto, S. Ogawa, S. Yagi, H. Nameki and H. Yoshida, Synthesis of Ag nanoparticles prepared by a solution plasma method and application as a cocatalyst for photocatalytic reduction of carbon dioxide with water Catalysis Today, vol. 303 (2018) 320-326.                                                        | 大阪市立大学           | 論文(査読有り)             | 掲載<br>済  | 研究開発課題1-2-1           |
| 11 | M. Yamamoto, S. Yagi and T. Yoshida, Effect of Ag co-catalyst on CO <sub>2</sub> adsorption states over Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> photocatalyst, Catalysis Today, vol. 303 (2018) 334-340.                                                                                                                                                               | 大阪市立大学           | 論文(査読有り)             | 掲載<br>済  | 研究開発課題1-2-1           |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                         |          |     |               |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----|---------------|
| 12 | Ishizaki, T. Miyashita, T. Inamura, M. Nagashima, Y. Serizawa, A., Effect of Al content in the Mg-based alloys on the composition and corrosion resistance of composite hydroxide films formed by steam coating. <i>Materials</i> , 12(7), 1188–1–14, doi:10.3390/ma12071188, 2019.                                                                                                                                   | 芝浦工業大学                                                                                                                  | 論文(査読有り) | 掲載済 | 研究開発課題2-1-2   |
| 13 | 芹澤愛, 石崎貴裕, 蒸気コーティング法を用いたマグネシウム合金上への耐食性皮膜の作製とその皮膜の耐食性に及ぼすミクロ組織の影響. <i>素形材</i> 60(2), 14–19, 2019.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 芝浦工業大学                                                                                                                  | 論文(査読有り) | 掲載済 | 研究開発課題2-1-2   |
| 14 | 芹澤愛, 李素潤, 石崎貴裕, アルミニウム合金への環境負荷の低い高耐食化プロセスの開発. <i>防錆管理</i> 63(3), 83–89, 2019.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 芝浦工業大学                                                                                                                  | 論文(査読有り) | 掲載済 | 研究開発課題2-1-2   |
| 15 | Roy N.; Suzuki N.; Terashima C.; Fujishima A. Recent Improvements in the Production of Solar Fuels: From CO <sub>2</sub> Reduction to Water Splitting and Artificial Photosynthesis. <i>Bull. Chem. Soc. Jpn.</i> 92, 178–192 (2019). (DOI: 10.1246/bcsj.20180250)                                                                                                                                                    | 東京理科大学                                                                                                                  | 論文(査読有り) | 掲載済 | 課題1-2-2       |
| 16 | Suzuki, N.; Okazaki, A.; Kuriyama H.; Serizawa I.; Hara A.; Hirano Y.; Nakabayashi Y.; Roy N.; Terashima C.; Nakata K.; Katsumata K.; Kondo T.; Yuasa M.; Fujishima A. Synthesis of Mesoporous TiO <sub>2</sub> /Boron-Doped Diamond Photocatalyst and Its Photocatalytic Activity under Deep UV Light ( $\lambda = 222$ nm) Irradiation. <i>Molecules</i> 23, 3095/1–3095/9 (2019). (DOI: 10.3390/molecules23123095) | 東京理科大学、<br>(株)オーク製作所                                                                                                    | 論文(査読有り) | 掲載済 | 課題1-2-2       |
| 17 | Kang, J., Kim, D. Y., Chae, S. A., Saito, N., Choi, S. Y., & Kim, K. H. Maximization of sodium storage capacity of pure carbon material used in sodium-ion batteries. <i>Journal of Materials Chemistry A</i> , vol. 7, No. 27, pp. 16149–16160, 2019                                                                                                                                                                 | Nagoya University                                                                                                       | 論文(査読有り) | 掲載  | 課題1-1/課題2-1-1 |
| 18 | Bratescu, M. A., Kim, K., & Saito, N. Quantitative spectrochemical analysis of solution plasma in aromatic molecules. <i>Plasma Processes and Polymers</i> , Vol. 16, No. 7, pp e1900012, 2019                                                                                                                                                                                                                        | Nagoya University                                                                                                       | 論文(査読有り) | 掲載  | 課題1-1/課題2-1-1 |
| 19 | Rujiravanit, R., Kantakanun, M., Chokradjaroen, C., Vanichvattanadecha, C., & Saito, N. Simultaneous deacetylation and degradation of chitin hydrogel by electrical discharge plasma using low sodium hydroxide concentrations. <i>Carbohydrate polymers</i> , Vol. 228, pp. 115377, 2020                                                                                                                             | Nagoya University, Chulalongkorn University                                                                             | 論文(査読有り) | 掲載  | 課題1-1/課題2-1-1 |
| 20 | Treesukkasem, N., Chokradjaroen, C., Theeramunkong, S., Saito, N., & Watthanaphanit, A., Synthesis of Au Nanoparticles in Natural Matrices by Liquid-Phase Plasma: Effects on Cytotoxic Activity against Normal and Cancer Cell Lines. <i>ACS Applied Nano Materials</i> , Vol. 2, No. 12, pp. 8051–8062, 2019                                                                                                        | Nagoya University, Chulalongkorn University, Mahidol University, Thammasat University, Shibaura Institute of Technology | 論文(査読有り) | 掲載  | 課題1-1/課題2-1-1 |
| 21 | Pornaroontham, P., Panomsuwan, G., Chae, S., Saito, N., Thouchprasitchai, N., Phongboonchoo, Y., & Pongstabodee, S., Nitriding an Oxygen-Doped Nanocarbonaceous Sorbent Synthesized via Solution Plasma Process for Improving CO <sub>2</sub> Adsorption Capacity. <i>Nanomaterials</i> , Vol. 9, No. 12, pp. 1776, 2019                                                                                              | Nagoya University, Chulalongkorn University, Kasetsart University                                                       | 論文(査読有り) | 掲載  | 課題1-1/課題2-1-1 |
| 22 | Tipplook, M., Pornaroontham, P., Watthanaphanit, A., & Saito, N., Liquid-Phase Plasma Assisted In Situ Synthesis of Amino-rich Nanocarbon for Transition Metal Ion Adsorption. <i>ACS Applied Nano Materials</i> , Vol. 3, No. 1, pp. 218–228, 2019                                                                                                                                                                   | Nagoya University, Mahidol University                                                                                   | 論文(査読有り) | 掲載  | 課題1-1/課題2-1-1 |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                   |          |    |               |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------|----|---------------|
| 23 | Chokradjaroen, C., Rujiravanit, R., Theeramunkong, S., & Saito, N. (2020). Effect of electrical discharge plasma on cytotoxicity against cancer cells of N, O-carboxymethyl chitosan-stabilized gold nanoparticles. Carbohydrate Polymers, Vol. 237, pp. 116162, 2020                                          | Nagoya University, Chulalongkorn University, Thammasat University | 論文(査読有り) | 掲載 | 課題1-1/課題2-1-1 |
| 24 | Yuki Kamimoto, Shintaro Okura, Takeshi Hagio, Tatsuya Wada, Hidekazu Tanaka, Hideki Hara, Phengxay Deevanhxay, Ryoichi Ichino, "Nickel-carbon composite plating using a Watts nickel electroplating bath", SN Applied Sciences, Vol. 2, 170, 2020                                                              | 名古屋大学                                                             | 論文(査読有り) | 掲載 | 課題2-1-1       |
| 25 | Jae-Hyeok Park, Daichi Kosugi, Takeshi Hagio, Yuki Kamimoto, Ryoichi Ichino, Myeong-Hoon Lee, "Improvement in corrosion resistance of ternary Zn-Fe-Mo plating by additional Mo-oxide coating", Surface and Coatings Technology, Vol. 389, 125567, 2020                                                        | 名古屋大学                                                             | 論文(査読有り) | 掲載 | 課題2-1-1       |
| 26 | Kazuyuki Shishino, Tetsuya Yamada, Masao Arai, Munekazu Ikeda, Hajime Hirata, Katsuya Teshima, Direct Fabrication of ZnO Crystal layer on kapton film and Bonding Manner at Their Interface, ***                                                                                                               | 信州大学、株式会社レイテック、東レ株式会社                                             | 論文(査読有り) | 受付 | 課題2-2         |
| 27 | Ryota SAITO, Yusuke SATO, Daisuke TAKIMOTO, Sho HIDEISHIMA, and Wataru SUGIMOTO, "Synergetic Effect of RuO <sub>2</sub> Nanosheets as a Redox Active Binder for Aqueous Electrochemical Capacitors: The Case of MnO <sub>2</sub> ", Electrochemistry, 88, 107 (2020) doi.org/10.5796/electrochemistry.20-63005 | 信州大学                                                              | 論文(査読有り) | 掲載 | 課題2-3         |
| 28 | Study on carbon dioxide reduction with water over metal oxide photocatalysts<br>Y. Kato, M. Yamamoto, M. Akatsuka, R. Ito, A. Ozawa, Y. Kawaguchi, T. Tanabe and T. Yoshida<br>Surf. Interf. Anal. vol. 51 (2019) 40-45.                                                                                       | 大阪市立大学、堺化学工業                                                      | 論文(査読有り) | 掲載 | 課題1-2-1       |
| 29 | Control of Nitrogen Doping in NaTaO <sub>3</sub> Synthesized by Hydrothermal Reaction and Chemical State of Nitrogen<br>A. Ozawa, K. Kobayashi and T. Yoshida<br>Surf. Interf. Anal. vol. 51 (2019) 89-94.                                                                                                     | 大阪市立大学、堺化学工業                                                      | 論文(査読有り) | 掲載 | 課題1-2-1       |
| 30 | Effects of the crystalline structure of Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> on the photocatalytic activity for CO production from CO <sub>2</sub><br>Y. Kawaguchi, M. Yamamoto, A. Ozawa, Y. Kato and T. Yoshida,<br>Surf. Interf. Anal. vol. 51 (2019) 79-84.                                                      | 大阪市立大学、堺化学工業                                                      | 論文(査読有り) | 掲載 | 課題1-2-1       |
| 31 | Quantitative XAFS/EELS analyses of nitrogen species in titanium oxide photocatalysts<br>T.Yoshida, M. Yamamoto, M. Akatsuka, A. Ozawa, Y. Kato, S.Yagi and T. Tanabe<br>Surf. Interf. Anal. vol. 51 (2019) 46-50.                                                                                              | 大阪市立大学、堺化学工業                                                      | 論文(査読有り) | 掲載 | 課題1-2-1       |
| 32 | Chemical forms of molybdenum ion in nitric acid solution studied using liquid-phase X-ray absorption fine structure, Ultraviolet-Visible absorption spectroscopy and first-principles calculations<br>S. Watanabe, T. Sato, M. Nakaya, T. Yoshida, J. Onoe<br>Chem. Phys. Lett, 723 (2019) 76-81.              | 大阪市立大学                                                            | 論文(査読有り) | 掲載 | 課題1-2-1       |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                  |                 |    |               |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------|----|---------------|
| 33 | Fabrication of a nanostructured TiO <sub>2</sub> photocatalyst using He plasma-irradiated tungsten and ethylene gas decomposition<br>Y. Tomita, S. Kajita, E. Yasunaga, T. Yoshida, N. Ohno, H. Tanaka,<br>Jpn. J. Appl. Phys., 58 (2019) S4440.                                          | 大阪市立大学           | 論文(査読有り)        | 掲載 | 課題1-2-1       |
| 34 | Platinum Cocatalyst Loaded on Calcium Titanate Photocatalyst for Water Splitting in a Flow of Water Vapor<br>H. Yoshida, R. Yamada, T. Yoshida,<br>ChemSusChem, 12 (2019) 1958–1965                                                                                                       | 大阪市立大学           | 論文(査読有り)        | 掲載 | 課題1-2-1       |
| 35 | Preparation of visible-light-responsive photocatalyst by dehydronitritization of gallium oxide hydroxide for hydrogen evolution from water<br>Y. Kato, M. Yamamoto, A. Ozawa, T. Tanabe, T. Yoshida<br>Appl. Catalysis B, vol. 250 (2019) 112–116.                                        | 大阪市立大学、<br>堺化学工業 | 論文(査読有り)        | 掲載 | 課題1-2-1       |
| 36 | Photocatalytic Activity of Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Supported on Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> for Water Splitting and CO <sub>2</sub> Reduction<br>R. Ito, M. Akatsuka, A. Ozawa, Y. Kato, Y. Kawaguchi, M. Yamamoto, T. Tanabe, T. Yoshida<br>ACS Omega, vol.4 (2019) 5451–5458. | 大阪市立大学、<br>堺化学工業 | 論文(査読有り)        | 掲載 | 課題1-2-1       |
| 37 | Realization of red shift of absorption spectra using optical near-field effect<br>T. Yatsui, Y. Nakahira, Y. Nakamura, T. Morimoto, Y. Kato, M. Yamamoto, T. Yoshida, K. Iida, K. Nobusada,<br>Nanotech. 30 (2019) 34LT02                                                                 | 大阪市立大学           | 論文(査読有り)        | 掲載 | 課題1-2-1       |
| 38 | Electron Population and Water Splitting Activity Controlled by Strontium Cations Doped in KTaO <sub>3</sub> Photocatalysts<br>H. Sudrajat, D. Dhakal, M. Kitta, T. Sasaki, A. Ozawa, S. Babel, T. Yoshida, N. Ichikuni, H. Onishi<br>J. Phys. Chem. C, 123 (2019) 18387.                  | 大阪市立大学           | 論文(査読有り)        | 掲載 | 課題1-2-1       |
| 39 | Air-Stable and Reusable Cobalt Ion-doped Titanium Oxide Catalyst for Alkene Hydrosilylation<br>T. Mitsudome, S. Fujita, M. Sheng, J. Yamasaki, K. Kobayashi, T. Yoshida, Z. Maeno, T. Mizugaki, K. Jitsukawa, K. Kaneda<br>Green Chem., 21 (2019) 4566 – 4570.                            | 大阪市立大学           | 論文(査読有り)        | 掲載 | 課題1-2-1       |
| 40 | A Nickel-Diamine/Mesoporous Silica Composite as a Heterogeneous Chiral Catalyst for Asymmetric 1,4-Addition Reactions<br>Haruro Ishitani, Kan Kanai, Woo Jin Yoo, Tomoko Yoshida, Shū Kobayashi<br>Angew. Chem. Int. Edit.vol. 16 (2019) 13313–13317                                      | 大阪市立大学           | 論文(査読有り)        | 掲載 | 課題1-2-1       |
| 41 | 白藤 立, “液面でのフリースタANDING薄膜の形成—液面に印刷！—”, 日本印刷学会誌, vol. 56, pp. 181–187, 2019.                                                                                                                                                                                                                | 大阪市立大学           | その他著作物(総説、書籍など) | 掲載 | 総説<br>課題1-3-1 |
| 42 | Kazutaka Iida, Yota Uehigashi, Hideki Ichida, Hang-Beom Bu, and DaeGwi Kim, “Synthesis of water-soluble CuInS <sub>2</sub> quantum dots by a hydrothermal method and their optical properties”, Bulletin of the Chemical Society of Japan, vol. 92, No. 5, pp. 930–936, 2019              | 大阪市立大学、<br>ナノアース | 論文(査読有り)        | 掲載 | 課題1-3-2       |



|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                   |          |    |         |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------|----|---------|
| 43 | 宮下智弘, 稲村萌々, 長島悠真, 芹澤愛, 石崎貴裕, “蒸気コーティング法によるMg-6%Al-1%Zn-1%Ca合金上への水酸化物系複合皮膜形成技術の開発”, 材料の科学と工学, vol. 56, No. 6, pp.243-259, 2019                                                                                                                                                                                                                                   | 芝浦工業大学                                                            | 論文(査読有り) | 掲載 | 課題2-1-2 |
| 44 | 宮下智弘, 稲村萌々, 岸野峻佑, 石崎貴裕, “蒸気コーティングおよびスピコーティングを用いた難燃性Mg-4%Al-1%Ca合金上へのシラン/Mg(OH)2複合皮膜の作製と評価”, 軽金属, vol. 70, No. 3, pp.91-97, 2020                                                                                                                                                                                                                                 | 芝浦工業大学                                                            | 論文(査読有り) | 掲載 | 課題2-1-2 |
| 45 | 芹澤愛, マグネシウム合金上への耐食性皮膜, 表面技術, vol. 71, No. 3, pp.233-238, 2020                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 芝浦工業大学                                                            | 論文(査読有り) | 掲載 | 課題2-1-2 |
| 46 | Norihiro Suzuki*, Akihiro Okazaki, Haruo Kuriyama, Izumi Serizawa, Yuki Hiram, Aiga Hara, Yui Hinarno, Yukihiro Nakabayashi, Nitish Roy, Chiaki Terashima, Kazuya Nakata, Ken-ichi Katsumata, Takeshi Kondo, Makoto Yuasa, and Akira Fujishima, “Synergetic effect in water treatment with mesoporous TiO2/BDD hybrid electrode” RSC Adv., 10 (2020) 1793-1798. | 東京理科大学、オーク製作所                                                     | 論文(査読有り) | 掲載 | 課題1-2-2 |
| 47 | Jingyu Yan, Changhua Wang*, He Ma, Yingying Li Dr, Yichun Liu, Norihiro Suzuki, Chiaki Terashima, Akira Fujishima, and Xintong Zhang*, “Photothermal synergic enhancement of direct Z-scheme behavior of Bi4TaO8Cl/W18O49 heterostructure for CO2 reduction” Appl. Catal. B: Environ., 7 (2019) 118401-.                                                        | 東京理科大学                                                            | 論文(査読有り) | 掲載 | 課題1-2-2 |
| 48 | Y.M. Hungea, A.A. Yadav, A.G. Dhodamani, N. Suzuki, C. Terashima, A. Fujishima, and V.L. Mathe*, Enhanced photocatalytic performance of ultrasound treated GO/TiO2 composite for photocatalytic degradation of salicylic acid under sunlight illumination” Ultrason. Sonochem., 61 (2019) 104849/1-104849/6.                                                    | 東京理科大学                                                            | 論文(査読有り) | 掲載 | 課題1-2-2 |
| 49 | Sunil R. Kadam, Suresh W. Gosavi*, Bharat B. Kale*, Norihiro Suzuki, Chiaki Terashima, and Akira Fujishima, “Unique CdS@MoS2 core shell heterostructure for efficient hydrogen generation under natural sunlight” Sci. Rep., 9 (2019) 12036/1-12036/10.                                                                                                         | 東京理科大学                                                            | 論文(査読有り) | 掲載 | 課題1-2-2 |
| 50 | Rujiravanit, R., Kantakanun, M., Chokradjaroen, C., Vanichvattanadecha, C., & Saito, N. Simultaneous deacetylation and degradation of chitin hydrogel by electrical discharge plasma using low sodium hydroxide concentrations. Carbohydrate polymers, 2020, 228, 115377.                                                                                       | Nagoya University, Chulalongkorn University                       | 論文(査読有り) | 掲載 | 研究開発課題1 |
| 51 | Chokradjaroen, C., Rujiravanit, R., Theeramunkong, S., & Saito, N. Effect of electrical discharge plasma on cytotoxicity against cancer cells of N, O-carboxymethyl chitosan-stabilized gold nanoparticles. Carbohydrate Polymers, 2020, 237, 116162.                                                                                                           | Nagoya University, Chulalongkorn University, Thammasat University | 論文(査読有り) | 掲載 | 研究開発課題1 |
| 52 | Phan, P. Q., Chae, S., Pornaroontham, P., Muta, Y., Kim, K., Wang, X., & Saito, N. In situ synthesis of copper nanoparticles encapsulated by nitrogen-doped graphene at room temperature via solution plasma. RSC Advances, 2020, 10, 36627-36635.                                                                                                              | Nagoya University, Chulalongkorn University, Thammasat University | 論文(査読有り) | 掲載 | 研究開発課題1 |
| 53 | Chae, S., Phan, P. Q., Panomsuwan, G., Bratescu, M. A., Hashimoto, T., Teshima, K., & Saito, N. Single-Walled Carbon Nanotubes Wrapped by Cationic Nitrogen-Doped Carbon for Electrocatalytic Applications. ACS Applied Nano Materials, 2020, 3, 10183-10189.                                                                                                   | Nagoya University, Chulalongkorn University, Thammasat University | 論文(査読有り) | 掲載 | 研究開発課題2 |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                   |                 |    |             |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------|----|-------------|
| 54 | Phan, P. Q., Naraprawatphong, R., Pornaroontham, P., Park, J., Chokradjaroen, C., & Saito, N. N-Doped few-layer graphene encapsulated Pt-based bimetallic nanoparticles via solution plasma as an efficient oxygen catalyst for the oxygen reduction reaction. Materials Advances, 2021, 2, 322-335.                                 | Nagoya University, Chulalongkorn University, Thammasat University | 論文(査読有り)        | 掲載 | 研究開発課題1     |
| 55 | Islam, M. Z., Watthanaphanit, A., Chae, S., & Saito, N. Li-air battery and ORR activity of nanocarbons produced with good synthesis rate by solution plasma process. Materials Advances. 2021                                                                                                                                        | Nagoya University, Chulalongkorn University, Thammasat University | 論文(査読有り)        | 掲載 | 研究開発課題1     |
| 56 | Boonyeeun, N., Rujiravanit, R., & Saito, N. Plasma-Assisted Synthesis of Multicomponent Nanoparticles Containing Carbon, Tungsten Carbide and Silver as Multifunctional Filler for Polylactic Acid Composite Films. Polymers, 2021, 13, 991.                                                                                         | Nagoya University, Chulalongkorn University, Thammasat University | 論文(査読有り)        | 掲載 | 研究開発課題1     |
| 57 | Chokradjaroen, C., Niu, J., Panomsuwan, G., & Saito, N. Insight on Solution Plasma in Aqueous Solution and Their Application in Modification of Chitin and Chitosan. International Journal of Molecular Sciences, 2020, 22, 4308.                                                                                                    | Nagoya University, Chulalongkorn University, Thammasat University | 論文(査読有り)        | 掲載 | 研究開発課題1     |
| 58 | Jae-Hyeok Park, Daichi Kosugi, Takeshi Hagio, Yuki Kamimoto, Ryoichi Ichino and Myeong-Hoon Lee, "Improvement in corrosion resistance of ternary Zn-Fe-Mo plating by additional Mo-oxide coating", Surf. Coat. Technol., vol. 389, 125567, 2020                                                                                      | 名古屋大学                                                             | 論文(査読有り)        | 掲載 | 研究開発課題2-1-1 |
| 59 | Jae-Hyeok. Park, Takeshi Hagio, Yuki Kamimoto, Ryoichi Ichino, "Electrodeposition of a Novel Ternary Fe-W-Zn Alloy: Tuning Corrosion Properties of Fe-W Based Alloys by Zn Addition", J. Electrochem. Soc., vol. 167, No. 13, 132508, 2020                                                                                           | 名古屋大学                                                             | 論文(査読有り)        | 掲載 | 研究開発課題2-1-1 |
| 60 | J.H. Park, T. Wada, Y. Naruse, T. Hagio, Y. Kamimoto, R. Ichino, "Electrodeposition of Ni-W/CNT composite plating and its possibility as a coating for PEMFC bipolar plate", Coatings, vol. 10, No. 11, 1095, 2020                                                                                                                   | 名古屋大学                                                             | 論文(査読有り)        | 掲載 | 研究開発課題2-1-1 |
| 61 | Takeshi Hagio, Jae-Hyeok Park, Yuto Naruse, Yasuki Goto, Yuki Kamimoto, Ryoichi Ichino and Takeshi Bessho, "Electrodeposition of nano-diamond/copper composite platings: Improved interfacial adhesion between diamond and copper via formation of silicon carbide on diamond surface", Surf. Coat. Technol., vol. 403, 126322, 2020 | 名古屋大学、トヨタ自動車株式会社                                                  | 論文(査読有り)        | 掲載 | 研究開発課題2-1-1 |
| 62 | 北英紀, エクセルギーの視点で考えるセラミックスの省エネプロセス(エレクトロニクス用セラミックスの開発、評価手法と応用)、技術情報協会、pp.424-434 (2020/8)                                                                                                                                                                                                                                              | 名古屋大学                                                             | その他著作物(総説、書籍など) |    | 総説、研究開発課題3  |
| 63 | Kazuyuki Shishino, Tetsuya Yamada, Masao Arai, Munekazu Ikeda, Hajime Hirata, Katsuya Teshima, "A strongly adhering ZnO crystal layer via a seed/buffer-free, low-temperature direct growth on a polyimide film via a solution process", CrystEngComm, No. 22, pp.5533-5538, 2020                                                    | 信州大学、株式会社レイテック、東レエンジニアリング株式会社                                     | 論文(査読有り)        | 掲載 | 課題2-2       |
| 64 | Kazuyuki Shishino, Tetsuya Yamada, Kazunori Fujisawa, Munekazu Ikeda, Hajime Hirata, Masashi Motoi, Tatsuo Hatakeyama, Katsuya Teshima, "Growth manner of rod-shaped ZnO crystals at low temperature without any seed/buffer layer on a polyimide film", No. 23, pp.2039-2047, 2021                                                  | 信州大学、東レエンジニアリング株式会社                                               | 論文(査読有り)        | 掲載 | 課題2-2       |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                               |        |          |    |             |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------|----|-------------|
| 65 | Ryota Ito, Masato Akatsuka, Muneaki Yamamoto, Tetsuo Tanabe, Tomoko Yoshida "Utilization of La2O3 as a Support of Ga2O3 Photo-catalyst to Enhance Activity on CO2 Reduction with Water" e-J. Surf. Sci. Nanotech., 18, 110-115 2020..                                                         | 大阪市立大学 | 論文(査読有り) | 掲載 | 研究開発課題1-2-1 |
| 66 | Tomoko Yoshida, Yuhei Misu, Muneaki Yamamoto, Tetsuo Tanabe, Jun Kumagai, Satoshi Ogawa, Shinya Yagi "Effects of the amount of Au nanoparticles on the visible light response of TiO2 photocatalysts" Catal. Today, 352, 34-38 2020.                                                          | 大阪市立大学 | 論文(査読有り) | 掲載 | 研究開発課題1-2-1 |
| 67 | Ryota Ito, Masato Akatsuka, Akiyo Ozawa, Muneaki Yamamoto, Tetsuo Tanabe, Tomoko Yoshida "Photocatalytic Activity of Metal Oxide Supported Gallium Oxide for CO2 Reduction with Water" Bull. Chem. Soc. Japan, 93 694-700 2020.                                                               | 大阪市立大学 | 論文(査読有り) | 掲載 | 研究開発課題1-2-1 |
| 68 | Akiyo Ozawa, Muneaki Yamamoto, Tetsuo Tanabe, Saburo Hosokawa, Tomoko Yoshida "Black phosphorus synthesized by solvothermal reaction from red phosphorus and its catalytic activity for water splitting" J. Mater. Chem. A, 8, 7368-7376 2020.                                                | 大阪市立大学 | 論文(査読有り) | 掲載 | 研究開発課題1-2-1 |
| 69 | Muneaki Yamamoto, Yasunori Minoura, Masato Akatsuka, Satoshi Ogawa, Shinya Yagi, Akira Yamamoto, Hisao Yoshida, Tomoko Yoshida "Comparison of platinum photodeposition processes on two types of titanium dioxide photocatalysts" Phys. Chem. Chem. Phys., 22, 8730-8738 2020.                | 大阪市立大学 | 論文(査読有り) | 掲載 | 研究開発課題1-2-1 |
| 70 | Takashi Yatsui, Yuki Nakamura, Yosuke Suzuki, Tatsuki Morimoto, Yuma Kato, Muneaki Yamamoto, Tomoko Yoshida, Wataru Kurashige, Nobuyuki Shimizu, Yuichi Negishi, Kenji Iida, Katsuyuki Nobusada, "Increase in CO2 reduction rate by optical near-field effect" J. Nanophot., 14, 046011.2020. | 大阪市立大学 | 論文(査読有り) | 掲載 | 研究開発課題1-2-1 |
| 71 | Kokoro Yoshioka, Muneaki Yamamoto, Tetsuo Tanabe, Tomoko Yoshida, "Roles of Silver Co-catalyst on Gallium Oxide for Photocatalytic CO2 Reduction to CO" e-J. Surf. Sci. Nanotech., 2020, 18, 168-174.                                                                                         | 大阪市立大学 | 論文(査読有り) | 掲載 | 研究開発課題1-2-1 |
| 72 | Shuangyuan Feng, Shin Kajita, Tomoko Yoshida, Noriyasu Ohno, Daisuke Nagata, Masayuki Tokitani "Thin film and noble metal loading effects on the photocatalytic reactivity of helium-plasma-induced nanostructured tungsten oxides" Mater. Res. Express, 7, 075007 2020.                      | 大阪市立大学 | 論文(査読有り) | 掲載 | 研究開発課題1-2-1 |
| 73 | Hanggara Sudrajat, Mitsunori Kitta, Ryota Ito, Sota Naga, Tomoko Yoshida, Ryuzi Katoh, Bunsho Ohtani, Nobuyuki Ichikuni, Hiroshi Onishi "Water-Splitting Activity of La-Doped NaTaO3 Photocatalysts Sensitive to Spatial Distribution of Dopants" J. Phys. Chem. C, 124, 15285-15294 2020..   | 大阪市立大学 | 論文(査読有り) | 掲載 | 研究開発課題1-2-1 |
| 74 | 白藤 立, 平野 舜太, 呉 準席, "He ガスのDBD プラズマを用いた気液界面プロセスによるEDOT の重合", 静電気学会誌, vol. 44, No. 6, pp. 259-260, 2020                                                                                                                                                                                         | 大阪市立大学 | 論文(査読有り) | 掲載 | 研究開発課題1-3-1 |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                   |          |    |             |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------|----|-------------|
| 75 | H. Nishimura, T. Maekawa, K. Enomoto, N. Shigekawa, T. Takagi, S. Sobue, S. Kawai, and D. Kim, "Water-soluble ZnSe/ZnS:Mn/ZnS quantum dots convert UV to visible light for improved Si solar cell efficiency", J. Mater. Chem. C, vol. 9, pp. 693-701, 2021.                                                                                                                  | 大阪市立大学            | 論文(査読無し) | 掲載 | 研究開発課題1-3-2 |
| 76 | 宮下智弘, 稲村萌々, 岸野峻佑, 石崎貴裕, 蒸気コーティング及びスピンコーティングを用いた難燃性Mg-4%Al-1%Ca合金上へのシラン/Mg(OH) <sub>2</sub> 複合皮膜の作製と評価, 軽金属, 70, 91-96 (2020)                                                                                                                                                                                                                                                  | 芝浦工業大学            | 論文(査読有り) | 掲載 | 研究開発課題2-1-2 |
| 77 | Chayanaphat Chokradjaroen, Shuhei Kato, Kensuke Fujiwara, Hiroko Watanabe, Takahiro Ishii, Takahiro Ishizaki, Comparative study of undoped, boron-doped, and boron/fluorine dual-doped carbon nanoparticles via solution plasma as catalysts for the oxygen reduction reaction, Sustainable Energy and Fuels, 4, 4570 - 4580, (2020)                                          | 芝浦工業大学            | 論文(査読有り) | 掲載 | 研究開発課題2-1-2 |
| 78 | Chayanaphat Chokradjaroen, Hiroko Watanabe, Takahiro Ishii, Takahiro Ishizaki, Simultaneous synthesis of graphite-like and amorphous carbon materials via solution plasma and their performance evaluation for Li-O <sub>2</sub> battery application, Sci. Rep., 11, 6261 (2021).                                                                                             | 芝浦工業大学            | 論文(査読有り) | 掲載 | 研究開発課題2-1-2 |
| 79 | 芹澤愛, マグネシウム合金上への耐食性皮膜, 表面技術, vol. 71, No. 3, pp.233-238, 2020                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 芝浦工業大学            | 論文(査読有り) | 掲載 | 研究開発課題2-1-2 |
| 80 | 芹澤愛, アルミニウム合金中に形成する化合物の結晶成長制御と新規高熱伝導性ヒートシンク材料への適用, 日本結晶成長学会誌, vol. 46, pp.46-4-03, 2020                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 芝浦工業大学            | 論文(査読有り) | 掲載 | 研究開発課題2-1-2 |
| 81 | S.Y. Lee, T. Matsubara, D. Numata, A. Serizawa: Facile Synthesis of Potassium-Doped Titanium Oxide Nanostructure (KTiO <sub>x</sub> s)/AlO(OH) Composites for Enhanced Photocatalytic Performance, Catalysts, 11, 548-560 (2021).                                                                                                                                             | 芝浦工業大学            | 論文(査読有り) | 掲載 | 研究開発課題2-1-2 |
| 82 | Norihiro Suzuki*, Akihiro Okazaki, Haruo Kuriyama, Izumi Serizawa, Yuki Hirami, Aiga Hara, Yui Hinarno, Yukihiro Nakabayashi, Nitish Roy, Chiaki Terashima, Kazuya Nakata, Ken-ichi Katsumata, Takeshi Kondo, Makoto Yuasa, and Akira Fujishima, "Synergetic effect in water treatment with mesoporous TiO <sub>2</sub> /BDD hybrid electrode" RSC Adv., 10 (2020) 1793-1798. | 東京理科大学、<br>オーク製作所 | 論文(査読有り) | 掲載 | 課題1-2-2     |
| 83 | Y.M. Hunge, A.A. Yadav, Sovann Khan, Kai Takagi, Norihiro Suzuki, Katsuya Teshima, Chiaki Terashima,* and Akira Fujishima, "Photocatalytic degradation of bisphenol A using titanium dioxide@nanodiamond composites under UV light illumination" J. Colloid Interface Sci., 582 (2020) 1058-1066.                                                                             | 東京理科大学            | 論文(査読有り) | 掲載 | 課題1-2-2     |
| 84 | Fei Yu, Changhua Wang,* Yingying Li, He Ma, Rui Wang, Yichun Liu, Norihiro Suzuki, Chiaki Terashima, Bunsho Ohtani, Tsuyoshi Ochiai, Akira Fujishima, and Xintong Zhang*, "Enhanced solar photothermal catalysis over solution plasma activated TiO <sub>2</sub> " Adv. Sci., 7 (2020) 2000204/1-2000204/11.                                                                  | 東京理科大学            | 論文(査読有り) | 掲載 | 課題1-2-2     |
| 85 | Nicolae Spătaru, Jose Maria Calderon-Moreno, Petre Osiceanu, Takeshi Kondo, Chiaki Terashima, Monica Popa, Mihai Marian Radu, Daniela Culiță, Loredana Preda, Marius Alexandru Mihai, Tanța Spătaru*, "Conductive diamond powder inclusion in drop-casted graphene for enhanced effectiveness as electrocatalyst substrate" Chem. Eng. J., 402 (2020) 126258/1-126258/10.     | 東京理科大学            | 論文(査読有り) | 掲載 | 課題1-2-2     |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                 |                 |     |             |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----|-------------|
| 86 | 藤嶋昭, 寺島千晶, 鈴木孝宗, 角田勝則, 落合剛, 濱田健吾, 石黒斉, 只金芳, 金鍾鎬, F. Peterka, H. Jensen, 光触媒ミュージアム事務局, “最新情報をやさしく解説 光触媒実験法”, 北野書店, 総頁数 280, ISBN: 978-4-904733-07-3, 2021                                                                                                                                                                                                                                                                  | 東京理科大学          | その他著作物(総説、書籍など) | 掲載  | 課題1-2-2     |
| 87 | 寺島千晶, 中林志達, 手嶋勝弥, 藤嶋昭, “脱石油に向けたCO2資源化技術—化学・生物プロセスを中心に—”, シーエムシー出版, 総頁数375、該当頁206-214, ISBN: 978-4-7813-1510-2, 2020                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 東京理科大学          | その他著作物(総説、書籍など) | 掲載  | 課題1-2-2     |
| 88 | Yuvaraj M. Hunge, Akihiro Uchida, Yusuke Tominaga, Yuta Fujii, Anuja A. Yadav, Seok-Won Kang, Norihiro Suzuki, Isao Shitanda, Takeshi Kondo, Masayuki Itagaki, Makoto Yuasa, Suresh Gosavi, Akira Fujishima, and Chiaki Terashima*, “Visible light-assisted photocatalysis using spherical-shaped BiVO4 photocatalyst”, Catalysts, 11 (2021) 460/1-460/11.                                                                | 東京理科大学          | 論文(査読有り)        | 掲載  | 課題1-2-2     |
| 89 | Naoya Ishida*, Kazuki Kato, Norihiro Suzuki, Kenjiro Fujimoto, Takeshi Hagio, Ryoichi Ichino, Takeshi Kondo, Makoto Yuasa, Hiroshi Uetsuka, Akira Fujishima, and Chiaki Terashima, “Preparation of amino group functionalized diamond using photocatalyst and thermal conductivity of diamond/copper composite by electroplating”, Diam. Relat. Mater., 118 (2021) 108509/1-108509/5.                                     | 東京理科大学、名古屋大学    | 論文(査読有り)        | 掲載  | 課題1-2-2     |
| 90 | Norihiro Suzuki*, Akihiro Okazaki, Kai Takagi, Izumi Serizawa, Yuki Hirami, Hiroya Noguchi, Sudhagar Pitchaimuthu, Chiaki Terashima, Tomonori Suzuki, Naoya Ishida, Kazuya Nakata, Ken-ichi Katsumata, Takeshi Kondo, Makoto Yuasa, and Akira Fujishima, “Complete decomposition of sulfamethoxazole during an advanced oxidation process in a simple water treatment system”, Chemosphere, 287 (2021) 132029/1-132029/8. | 東京理科大学、オーク製作所   | 論文(査読有り)        | 掲載  | 課題1-2-2     |
| 91 | 富永悠介, 内田晃弘, 近藤剛史, 四反田功, 湯浅真, 板垣昌幸, 藤嶋昭, 上塚洋, 寺島千晶, “マイクロ液中プラズマ法によるダイヤモンド合成”, 材料の科学と工学, 58(2021) 172-175.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 東京理科大学          | その他著作物(総説、書籍など) | 掲載  | 課題1-2-2     |
| 92 | 加藤華月, 石田直哉, 鈴木孝宗, 藤本憲次郎, 萩尾健史, 市野良一, 近藤剛史, 湯浅真, 上塚洋, 藤嶋昭, 寺島千晶, “光触媒を用いたダイヤモンドのアミノ基修飾と銅基質に対する高分散複合化技術”, 表面技術, 72(2021) 701-703.                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 東京理科大学、名古屋大学    | その他著作物(総説、書籍など) | 掲載  | 課題1-2-2     |
| 93 | Kazuyuki Shishino, Tetsuya Yamada, Kazunori Fujisawa, Masashi Motoi, Tatsuo Hatakeyama, Katsuya Teshima, “Growth of Polyhedral LiNi0.5Co0.2Mn0.3O2 Crystals in Molten Li3BO3 Flux and their Role in Electrode Density and Dispersion Design”, ACS Appl. Energy Mater. 2022, 5, 2747-2757                                                                                                                                  | 信州大学、東レエンジニアリング | 論文(査読有り)        | 掲載  | 研究開発課題2-2   |
| 94 | H. Nishimura, K. Enomoto, Y.-J. Pu, and D. Kim, “Hydrothermal synthesis of water-soluble Mn- and Cu-doped CdSe quantum dots with multi-shell structures and their photoluminescence properties”, RSC Advances, in press.                                                                                                                                                                                                  | 大阪市立大学          | 論文(査読有り)        | 印刷中 | 研究開発課題1-3-2 |
| 95 | Jae-Hyeok Park, Takeshi Hagio, Yuki Kamimoto and Ryoichi Ichino, “The effect of bath pH on electrodeposition and corrosion properties of ternary Fe-W-Zn alloy platings”, Journal of Solid State Electrochemistry, Vol. 25, 1901-1913, 2021                                                                                                                                                                               | 名古屋大学           | 論文(査読有り)        | 掲載  | 研究開発課題2-1-1 |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                 |                 |                      |                |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|----------------------|----------------|
| 96  | Yuto Naruse, Jae-Hyeok Park, Takeshi Hagio, Yuki Kamimoto, Ryoichi Ichino and Takeshi Bessho, "Electroplating of copper/microdiamond composites and the effect of diamond surface functionalization", Functional Materials Letters, Vol. 14, No. 05, 2151023, 2021                                                                                                                                               | 名古屋大学、トヨタ自動車(株) | 論文(査読有り)        | 掲載                   | 研究開発課題2-1-1    |
| 97  | Yuto Naruse, Jae-Hyeok Park, Takeshi Hagio, Yuki Kamimoto, Takeshi Bessho and Ryoichi Ichino, "Effect of SiC formation temperature on improvement in thermal conductivity of electrodeposited SiC-coated diamond/Cu composite plating", Composite Interfaces, , 2021 ( <a href="https://doi.org/10.1080/09276440.2021.1937856">https://doi.org/10.1080/09276440.2021.1937856</a> )                               | 名古屋大学、トヨタ自動車(株) | 論文(査読有り)        | オンライン先行掲載<br>(巻号付与前) | 研究開発課題2-1-1    |
| 98  | T. Aoki, M. Yamamoto, T. Tanabe, T. Yoshida, "Mixed phases of GaOOH/ $\beta$ -Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> and $\alpha$ -Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / $\beta$ -Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> prepared by high energy ball milling as active photocatalysts for CO <sub>2</sub> reduction with water", New Journal of Chemistry,                                                                           | 大阪市立大学          | 論文(査読有り)        | 掲載                   | 研究開発課題2-1-1    |
| 99  | M. Yamamoto, A. Kuwabara, T. Yoshida, "Influence of Ag Cluster on the Electronic Structures of $\beta$ -Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Photocatalyst Surface", ACS Omega,                                                                                                                                                                                                                                        | 大阪市立大学          | 論文(査読有り)        | 掲載                   | 研究開発課題2-1-1    |
| 100 | T. Kaneko, H. Kato, H. Yamada, M. Yamamoto, T. Yoshida, P. Attri, K. Koga, T. Murakami, K. Kuchitsu, S. Ando, Y. Nishikawa, K. Tomita, O. Ryo, T. Ito, A. M. Ito, K. Eriguchi, T. Nozaki, T. Tsutsumi, K. Ishikawa, "Functional nitrogen science based on plasma processing: Quantum devices, photocatalysts and activation of plant defense and immune systems", Japanese Journal of Applied Physics, Accepted. | 大阪市立大学          | 論文(査読有り)        | 掲載                   | 研究開発課題2-1-1    |
| 101 | K. Sonoda, M. Yamamoto, T. Tanabe, T. Yoshida, "Synthesis of $\alpha$ -Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> by Water Oxidation of Metallic Gallium as a Photocatalyst for CO <sub>2</sub> Reduction with Water", ACS Omega, 6, 29, 18876-18880 (2021).                                                                                                                                                                 | 大阪市立大学          | 論文(査読有り)        | 掲載                   | 研究開発課題2-1-1    |
| 102 | K. Sonoda, M. Yamamoto, T. Tanabe, T. Yoshida, "Synthesis of nanometer-sized gallium oxide using graphene oxide template as a photocatalyst for carbon dioxide reduction", Applied Surface Science, 542, 148680 (2021).                                                                                                                                                                                          | 大阪市立大学          | 論文(査読有り)        | 掲載                   | 研究開発課題2-1-1    |
| 103 | D. Kitajima, M. Yamamoto, T. Tanabe, T. Yoshida, "Real time measurements of UV-vis diffuse reflectance of silver nanoparticles on gallium oxide photocatalyst", Catalysis Today, 375, 501-505 (2021).                                                                                                                                                                                                            | 大阪市立大学          | 論文(査読有り)        | 掲載                   | 研究開発課題2-1-1    |
| 104 | 白藤立, "液相と接するプラズマを用いた材料合成 ~プラズマ/液界面の有効活用に向けて~"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 大阪市立大学          | その他著作物(総説、書籍など) | 掲載                   | 総説、研究開発課題1-3-1 |
| 105 | N. Itano S.Y. Lee, A. Serizawa: Effect of Ammonia Addition on the Growth of an AlO(OH) Film during Steam Coating Process, Coatings, 12 (2022) 262-273.                                                                                                                                                                                                                                                           | 芝浦工業大学          | 論文(査読有り)        | 掲載                   | 研究開発課題2-1-2    |
| 106 | 芹澤愛, 伊藤友佑, 栗原健輔: 水蒸気を利用したアルミニウム合金の表面改質による多機能性の発現, 材料の科学と工学, 58 (2021) 139-143.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 芝浦工業大学          | 論文(査読有り)        | 掲載                   | 研究開発課題2-1-2    |
| 107 | S.Y. Lee, T. Matsubara, D. Numata, A. Serizawa: Facile Synthesis of Potassium-Doped Titanium Oxide Nanostructure (KTiOx)/AlO(OH) Composites for Enhanced Photocatalytic Performance, Catalysts, 11 (2021) 548-560.                                                                                                                                                                                               | 芝浦工業大学          | 論文(査読有り)        | 掲載                   | 研究開発課題2-1-2    |
| 108 | Chayanaphat Chokradjaroen, Hiroko Watanabe, Takahiro Ishii, Takahiro Ishizaki, Simultaneous synthesis of graphite-like and amorphous carbon materials via solution plasma and their performance evaluation for Li-O <sub>2</sub> battery application, Sci. Rep., 11, 6261 (2021).                                                                                                                                | 芝浦工業大学          | 論文(査読有り)        | 掲載                   | 研究開発課題2-1-2    |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                               |                 |    |             |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------|----|-------------|
| 109 | Kae Nakamura, Yuma Nagashima, Hiraku Muto, Ryo Nkano, Takahiro Ishizaki, Corrosion behavior in 5 wt. % NaCl aqueous solution of the Mg(OH)2/Mg-Al LDHs/AlO(OH) composite film prepared by the steam coating on Mg alloy AZCa612, J. Electrochem. Soc., 169, 021508 (2022). (DOI: 10.1149/1945-7111/ac54db) | 芝浦工業大学                        | 論文(査読有り)        | 掲載 | 研究開発課題2-1-2 |
| 110 | Ryota Saito, Yusuke Sato, Daisuke Takimoto, Sho Hideshima, and Wataru Sugimoto*, "Synergetic Effect of RuO2 Nanosheets as a Redox Active Binder for Aqueous Electrochemical Capacitors: The Case of MnO2", Electrochemistry, 88(3), 107-111 (2020).                                                        | 信州大学                          | 論文(査読有り)        | 掲載 | 研究開発課題2-3   |
| 111 | Kazuya Nakata, and Chiaki Terashima, "Photoelectrocatalytic and Photocatalytic Reduction Using Diamond", Diamond Electrodes: Fundamentals and Applications, Springer Singapore, (2022), ISBN: 978-981-16-7833-2                                                                                            | 東京理科大学                        | その他著作物(総説、書籍など) | 掲載 | 課題1-2-2     |
| 112 | Ryota Saito, Hideki Tanaka, Katsuya Teshima, Daisuke Takimoto, Sho Hideshima, and Wataru Sugimoto*, "Enhancement in the Charge-Transfer Kinetics of Pseudocapacitive Iridium-Doped Layered Manganese Oxide" Inorg. Chem., 61(11), 4566-4571 (2022).                                                        | 信州大学                          | 論文(査読有り)        | 掲載 | 研究開発課題2     |
| 113 | Xin Zhou, Seiji Yamashita, Mitsuhiro Kubota, Hideki Kita, Encapsulated copper-based phase-change material for high-temperature heat storage, ACS Omega 2022, 7, 6, 5442-5452                                                                                                                               | 名古屋大学                         | 論文(査読有り)        | 掲載 | 研究開発課題3     |
| 114 | Roujia Gou, Seiji Yamashita, Kiyoto Sekine, and                                                                                                                                                                                                                                                            | 名古屋大学                         | 論文(査読有り)        | 掲載 | 研究開発課題3     |
| 115 | 北英紀、周シン、省エネ社会の実現にむけたセラミックス 高温蓄熱体の価値 —エントロピー・エクセルギー の視点で— セラミックス、56 ( 12 ) 774 - 778 (2021年12月)                                                                                                                                                                                                             | 名古屋大学                         | 論文(査読無し)        | 掲載 | 研究開発課題3     |
| 116 | Ryota Saito, Hideki Tanaka, Katsuya Teshima, Daisuke Takimoto, Sho Hideshima, and Wataru Sugimoto*, "Enhancement in the Charge-Transfer Kinetics of Pseudocapacitive Iridium-Doped Layered Manganese Oxide" Inorg. Chem. 61(11), 4566-4571 (2022).                                                         | 信州大学                          | 論文(査読有り)        | 掲載 | 研究開発課題2-3   |
| 117 | Ryota Saito, Yusuke Sato, Daisuke Takimoto, Sho Hideshima, and Wataru Sugimoto*, "Synergetic Effect of RuO2 Nanosheets as a Redox Active Binder for Aqueous Electrochemical Capacitors: The Case of MnO2", Electrochemistry, 88(3), 107-111 (2020).                                                        | 信州大学                          | 論文(査読有り)        | 掲載 | 研究開発課題2-3   |
| 118 | Kazuyuki Shishino, Tetsuya Yamada, Kazunori Fujisawa, Masashi Motoi, Tatsuo Hatakeyama, Katsuya Teshima. "Growth of Polyhedral LiNi0.5Co0.2Mn0.3O2 Crystals in Molten Li3BO3 Flux and their Role in Electrode Density and Dispersion Design." ACS Appl. Energy Mater., Vol. 5, pp. 2747-2757.              | 信州大学、東レエンジニアリング株式会社           | 論文(査読有り)        | 掲載 | 課題2-2       |
| 119 | Kazuyuki Shishino, Tetsuya Yamada, Yoshiyuki Arai, Katsuya Teshima, "Ionic-liquid-based Design of Recyclable NCM523 Electrode with Binder-free, High Crystalline Characteristics." ACS Sustainable Chem. Eng., Vol. 10, pp. 12721-12729.                                                                   | 信州大学、東レエンジニアリング株式会社           | 論文(査読有り)        | 掲載 | 課題2-2       |
| 120 | 獅野和幸、山田哲也、新井義之、手嶋勝弥、"適用的実験計画法を利用した結晶搭載型 LiNi0.5Co0.2Mn0.3O2電極における高分離電極構造の探索.", Journal of Flux Growth, Vol. 16, No.2, pp. 40-46.                                                                                                                                                                           | 信州大学、東レエンジニアリング株式会社           | 論文(査読有り)        | 掲載 | 課題2-2       |
| 121 | Kazuyuki Shishino, Tetsuya Yamada, Masao Arai, Munekazu Ikeda, Hajime Hirata, Katsuya Teshima, "A strongly adhering ZnO crystal layer via a seed/buffer-free, low-temperature direct growth on a polyimide film via a solution process", CrystEngComm, No. 22, pp.5533-5538, 2020                          | 信州大学、株式会社レイテック、東レエンジニアリング株式会社 | 論文(査読有り)        | 掲載 | 課題2-2       |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                     |                 |    |             |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------|----|-------------|
| 122 | Kazuyuki Shishino, Tetsuya Yamada, Kazunori Fujisawa, Munekazu Ikeda, Hajime Hirata, Masashi Motoi, Tatsuo Hatakeyama, Katsuya Teshima, "Growth manner of rod-shaped ZnO crystals at low temperature without any seed/buffer layer on a polyimide film", No. 23, pp.2039-2047, 2021                                                                                                   | 信州大学、東レエンジニアリング株式会社 | 論文(査読有り)        | 掲載 | 課題2-2       |
| 123 | Hayashi F.; Ogawa K.; Moriya Y.; Sudare T.; Teshima K. Growth of monodispersed b-Li <sub>2</sub> TiO <sub>3</sub> nanocrystals from LiCl and LiOH fluxes. Cryst. Growth Des. 19(2), 1377-1383 (2019). (DOI:10.1021/acs.cgd.8b01758).                                                                                                                                                  | 信州大学                | 論文(査読有り)        | 掲載 | 課題2-2       |
| 124 | Hojamberdiev M.; Khan M. M.; Kadirova Z.; Kawashima K.; Yubuta K.; Teshima K.; Riedel R.; Hasegawa M. Synergistic effect of g-C <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Ni(OH) <sub>2</sub> , and halloysite in nanocomposite photocatalyst on efficient photocatalytic hydrogen generation. Renewable Energy 138, 434-444 (2019). (DOI: 10.1016/j.renene.2019.01.103).                         | 信州大学                | 論文(査読有り)        | 掲載 | 課題2-2       |
| 125 | 白藤 立, 平野 舜太, 呉 準席, "He ガスのDBD プラズマを用いた気液界面プロセスによるEDOT の重合", 静電気学会誌, vol. 44, No. 6, pp. 259-260, 2020                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 大阪市立大学              | 論文(査読有り)        | 掲載 | 研究開発課題1-3-1 |
| 126 | 白藤立, "液相と接するプラズマを用いた材料合成 ~プラズマ/液界面の有効活用に向けて~"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 大阪市立大学              | その他著作物(総説、書籍など) | 掲載 | 研究開発課題1-3-1 |
| 127 | Jiangqi Niu a, Chayanaphat Chokradjaroen a, Nagahiro Saito, Graphitic N-doped graphene via solution plasma with a single dielectric barrier, Carbon Volume 199, 31 October 2022, Pages 347-356                                                                                                                                                                                        | 名古屋大学               | 論文(査読有り)        | 掲載 | 研究開発課題1-1-1 |
| 128 | Rinyarat Naraprawatphong a b c d, Chayanaphat Chokradjaroen a, Satita Thiangtham a, Li Yang e, Nagahiro Saito, Nanoscale advanced carbons as an anode for lithium-ion battery, Materials Today Advances, Volume 16, December 2022, 100290                                                                                                                                             | 名古屋大学               | 論文(査読有り)        | 掲載 | 研究開発課題1-1-1 |
| 129 | Andres Eduardo Romero Valenzuela, Chayanaphat Chokradjaroen 1,2,Pongpol Choeichom 1,Xiaoyang Wang 1ORCID,Kyusung Kim 1ORCID andNagahiro Saito, Carbon Fibers Prepared via Solution Plasma-Generated Seeds, Materials 2023, 16(3), 906; <a href="https://doi.org/10.3390/ma16030906">https://doi.org/10.3390/ma16030906</a>                                                            | 名古屋大学               | 論文(査読有り)        | 掲載 | 研究開発課題1-1-1 |
| 130 | Kyusung Kim a, Sangwoo Chae a, Yoshitake Masuda b, Nagahiro Saito, Morphology control of ZnO nanostructures using Zn and W electrodes in solution plasma process, Materials Letters Volume 309, 15 February 2022, 131349                                                                                                                                                              | 名古屋大学               | 論文(査読有り)        | 掲載 | 研究開発課題1-1-1 |
| 131 | Jiangqi Niu 1ORCID,Chayanaphat Chokradjaroen 1,Yasuyuki Sawada 1,Xiaoyang Wang 1,2ORCID andNagahiro Saito , Plasma-Solution Junction for the Formation of Carbon Material, Coatings 2022, 12(11), 1607; <a href="https://doi.org/10.3390/coatings12111607">https://doi.org/10.3390/coatings12111607</a>                                                                               | 名古屋大学               | 論文(査読有り)        | 掲載 | 研究開発課題1-1-1 |
| 132 | Duangkamol Dechojarassri PhD, Xiaoyang Wang PhD, Sangwoo Chae PhD, Yasuyuki Sawada PhD, Takeshi Hashimoto BSc, Nagahiro Saito PhD, Effect on percolation threshold of catalytic layer: Pt/N-Doped graphene shell onto SWCNT for ORR electrode, Fuel Cells, Volume23, Issue1, February 2023, Pages 4-14                                                                                | 名古屋大学               | 論文(査読有り)        | 掲載 | 研究開発課題1-1-1 |
| 133 | Andres Eduardo Romero Valenzuela 1ORCID,Chayanaphat Chokradjaroen 1,2,Satita Thiangtham 1,2 andNagahiro Saito, Hierarchical Porous Carbon Fibers Synthesized by Solution-Plasma-Generated Soot Deposition and Their CO <sub>2</sub> Adsorption Capacity, Coatings 2022, 12(11), 1620; <a href="https://doi.org/10.3390/coatings12111620">https://doi.org/10.3390/coatings12111620</a> | 名古屋大学               | 論文(査読有り)        | 掲載 | 研究開発課題1-1-1 |



## (平成30年度～令和4年度) OPERA 活動実績一覧【幹事機関:名古屋大学】

領域名: 地域資源活用型エネルギーエコシステムを構築するための基盤技術の創出

## ⑩ 発表

| No | 発表者                                                                          | タイトル                                                                                                                                                | 学会名等                                                                                                                                                                     | 場所                          | 年月日          | 発表機関<br>(参画機関のみ) | 発表形式   | 備考<br>(関連する研究開発課題番号等) |
|----|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------|------------------|--------|-----------------------|
| 1  | K.S. Kim, M.A. Bratescu, N. Saito,                                           | Synthesis of highly N doped carbon dots through solution plasma for molecular detection.                                                            | The Final Seminar on JSPS Core-to-Core Program (B. Asia-Africa Science Platforms)<br>“Establishment of Research Hub for Compact Mobility Model in the ASEAN Region,      | National University of Laos | Dec.13, 2018 | 名古屋大学            | ポスター発表 | 課題1-1/課題2-1-1         |
| 2  | P.Q. Phu, K.S. Kim, S.W. Chae, Y. Muta, M. Tipplook, M.A. Bratescu, N. Saito | Solution plasma synthesis of core-shell copper particle protected by nitrogen doped multilayer graphene as an oxygen reduction reaction catalyst    | The Final Seminar on JSPS Core-to-Core Program (B. Asia-Africa Science Platforms)<br>“Establishment of Research Hub for Compact Mobility Model in the ASEAN Region,      | National University of Laos | Dec.13, 2018 | 名古屋大学            | ポスター発表 | 課題1-1/課題2-1-1         |
| 3  | M. Tipplook, M.A. Bratescu, N. Saito,                                        | Facile Solution plasma Process synthesis of Self-assembled Hybrid-Organosilane Coating on Carbon/Pt Catalyst for PEM Fuel Cell.                     | The Final Seminar on JSPS Core-to-Core Program (B. Asia-Africa Science Platforms)<br>“Establishment of Research Hub for Compact Mobility Model in the ASEAN Region, 2018 | National University of Laos | 2018/12/13   | 名古屋大学            | ポスター発表 | 課題1-1/課題2-1-1         |
| 4  | P.Q. Phu, K.S. Kim, S.W. Chae, Y. Muta, M. Tipplook, M.A. Bratescu, N. Saito | , Solution plasma synthesis of core-shell copper particle protected by nitrogen doped multilayer graphene as an oxygen reduction reaction catalyst. | The International Conference on Advanced and Applied Petroleum, Petrochemicals, and Polymers, Dec.18, 2018                                                               | タイ・チュラロンコン大学                | 2018/12/18   | 名古屋大学            | ポスター発表 | 課題1-1/課題2-1-1         |
| 5  | M. Tipplook, M.A. Bratescu, N. Saito,                                        | One-Step Solution Plasma Synthesis of Hybrid Silane-Modified C/Pt Catalyst for Enhanced PEM Fuel Cell Performance.                                  | The International Conference on Advanced and Applied Petroleum, Petrochemicals, and Polymers                                                                             | タイ・チュラロンコン大学                | Dec.18, 2018 | 名古屋大学            | ポスター発表 | 課題1-1/課題2-1-1         |
| 6  | 牟田 幸浩, Maria Antoaneta Bratescu, 齋藤 永宏,                                      | 五員環ヘテロ環元素由来窒素ドーピンググラフェン合成に関する反応メカニズムの解析                                                                                                             | 平成30年度表面技術若手研究者・技術者研究交流発表会                                                                                                                                               | 名古屋                         | Dec.2, 2018  | 名古屋大学            | 口頭発表   | 課題1-1/課題2-1-1         |
| 7  | S.W. Chae, M.A. Bratescu, N. Saito,                                          | Synthesis and Properties of Cationic Nitrogen-Doped Carbon Wrapped SWCNTs.                                                                          | The Final Seminar on JSPS Core-to-Core Program (B. Asia-Africa Science Platforms)<br>“Establishment of Research Hub for Compact Mobility Model in the ASEAN Region,      | National University of Laos | Dec.13, 2018 | 名古屋大学            | ポスター発表 | 課題1-1/課題2-1-1         |
| 8  | Y. Muta, M.A. Bratescu, N. Saito,                                            | 5 to 6 members ring transformation mechanism of cationic N doped graphene synthesis using solution plasma.                                          | The Final Seminar on JSPS Core-to-Core Program (B. Asia-Africa Science Platforms)<br>“Establishment of Research Hub for Compact Mobility Model in the ASEAN Region,      | National University of Laos | Dec.13, 2018 | 名古屋大学            | ポスター発表 | 課題1-1/課題2-1-1         |
| 9  | S.W. Chae, M.A. Bratescu, N. Saito,                                          | Synthesis of Cationic Nitrogen-Doped Carbon Wrapping Carbon Nanotubes with High Electrical Conductivity.                                            | The International Conference on Advanced and Applied Petroleum, Petrochemicals, and Polymers                                                                             | タイ・チュラロンコン大学                | Dec.18, 2018 | 名古屋大学            | ポスター発表 | 課題1-1/課題2-1-1         |
| 10 | Y. Muta, M.A. Bratescu, N. Saito,                                            | Cationic N Doped Graphene Synthesis Mechanism of Transformed from Pentagonal Monomer.                                                               | The International Conference on Advanced and Applied Petroleum, Petrochemicals, and Polymers,                                                                            | タイ・チュラロンコン大学                | Dec.18, 2018 | 名古屋大学            | ポスター発表 | 課題1-1/課題2-1-1         |

|    |                                                           |                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                 |                                      |                 |        |        |             |
|----|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------|--------|--------|-------------|
| 11 | Kamimoto, Y.; Okura, S.; Hagio, T.; Wada, T.; Ichino, R.; | Preparation of a Nickel-carbon Composite using a Watts Nickel Electroplating Bath.                                                                                                         | Asia Pacific Interfinish Congress 2018 (APAC Interfinish 2018),                                                                                                                 | Shanghai                             | 2018.10.31-11.2 | 名古屋大学  | 口頭発表   | 課題2-1-1     |
| 12 | 後藤泰輝, 亀淵陽太, 萩尾健史, 神本祐樹, 市野良一                              | 電解法による放熱用ナノダイヤモンド複合銅めっき皮膜の作製                                                                                                                                                               | 第39回日本熱物性シンポジウム                                                                                                                                                                 | 愛知県産業労働センターウイックあいち                   | 2018.11.13-15   | 名古屋大学  | 口頭発表   | 課題2-1-1     |
| 13 | 山口祥, 萩尾健史, 神本祐樹, 市野良一                                     | 低温溶融塩中におけるアルミニウムの電解挙動                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                 | 名古屋市工業研究所                            | 2018.12.3.      | 名古屋大学  | 口頭発表   | 課題2-1-1     |
| 14 | 則永行庸,                                                     | 石炭乾留時の移行性水素について                                                                                                                                                                            | 日本学術振興会 石炭・炭素資源利用技術第148委員会 第168回研究会                                                                                                                                             | 東京                                   | 2019.2.5        | 名古屋大学  | 口頭発表   |             |
| 15 | 則永行庸,                                                     | 炭素循環型社会形成におけるCO <sub>2</sub> 利用技術のポテンシャルとメタネーションによるCO <sub>2</sub> 利用プロセス開発動向                                                                                                              | 第52回 化学工学の進歩講習会                                                                                                                                                                 | 名古屋                                  | 2018.11.29      | 名古屋大学  | 口頭発表   |             |
| 16 | 北英紀,                                                      | システム思考とマテリアル                                                                                                                                                                               | 第52回 化学工学の進歩講習会                                                                                                                                                                 | 名古屋                                  | 2018.11.29      | 名古屋大学  | 口頭発表   | 研究開発課題3     |
| 17 | 是津信行, 手嶋勝弥,                                               | 超空間制御から完全表面創成まで:リチウムイオン電池材料に求められる結晶技術                                                                                                                                                      | 第47回結晶成長国内会議                                                                                                                                                                    | 仙台市戦災復興記念館                           | 2018.11.01      | 信州大学   | 招待講演   | 研究開発課題2-2   |
| 18 | 山田哲也, 手嶋勝弥,                                               | テンプレート援用フラックス法による機能性単結晶の育成                                                                                                                                                                 | 第48回結晶成長国内会議                                                                                                                                                                    | 仙台市戦災復興記念館                           | 2018.11.02      | 信州大学   | 口頭発表   | 研究開発課題2-2   |
| 19 | Kim D.; Shiiba H.; Zettsu N.; Teshima K.                  | Surface oxysulfidation of LiNi <sub>0.5</sub> Mn <sub>1.5</sub> O <sub>4</sub> single crystals and characterization of their electrochemical properties,                                   | 第59回電池討論会                                                                                                                                                                       | 大阪府立国際会議場                            | 2018.11.28      | 信州大学   | ポスター発表 | 研究開発課題2-2   |
| 20 | 椎葉寛将, 是津信行, 手嶋勝弥,                                         | 分子動力学法を用いた Li <sub>7-8</sub> La <sub>3</sub> Zr <sub>2-x</sub> Nb <sub>x</sub> O <sub>12</sub> 粒界リチウムイオン伝導挙動解析                                                                             | 第59回電池討論会                                                                                                                                                                       | 大阪府立国際会議場                            | 2018.11.29      | 信州大学   | 口頭発表   | 研究開発課題2-2   |
| 21 | 椎葉寛将, 是津信行, Randy Jalem, 中山将伸, 手嶋勝弥,                      | Li <sub>7</sub> La <sub>3</sub> Zr <sub>2</sub> O <sub>12</sub> 傾角粒界の対称性による粒界伝導寄与率の変化                                                                                                      | 第13回日本フラックス成長研究発表会                                                                                                                                                              | 名古屋工業大学                              | 2018.12.14      | 信州大学   | 口頭発表   | 研究開発課題2-2   |
| 22 | Zettsu N.; Teshima K.                                     | Space control for Li+ storage and transport in spinel LiNi <sub>0.5</sub> Mn <sub>1.5</sub> O <sub>4</sub> systems through synergistic effects of dually-incorporated Fvo and CuMn defects | Hong Kong Symposium of Batteries                                                                                                                                                | The Hong Kong Polytechnic University | 2018.12.17.     | 信州大学   | 招待講演   | 研究開発課題2-2   |
| 23 | 吉田朋子                                                      | 機能性材料キャラクタリゼーションへのXAFS応用(あいちSRでの測定結果を中心に)                                                                                                                                                  | 日本分析化学会X線分析研究懇談会第266回例会                                                                                                                                                         | あいち産業科学技術総合センター                      | 2019年1月22日      | 大阪市立大学 | 招待講演   | 研究開発課題1-2-1 |
| 24 | 吉田朋子                                                      | 二酸化炭素還元反応促進を目的とした酸化ガリウム光触媒表面分析                                                                                                                                                             | 2019 OCUシンポジウム                                                                                                                                                                  | 大阪市立大学                               | 2019年1月11日      | 大阪市立大学 | 招待講演   | 研究開発課題1-2-1 |
| 25 | 吉田朋子                                                      | XAFSによる機能性材料のキャラクタリゼーション                                                                                                                                                                   | 第28回キャラクタリゼーション講習会、触媒学会西日本支部                                                                                                                                                    | 徳島大学                                 | 2018/11/27      | 大阪市立大学 | 招待講演   | 研究開発課題1-2-1 |
| 26 | 吉田朋子、                                                     | 総論・ケーススタディ(招待講演)                                                                                                                                                                           | 近畿化学協会 触媒・表面部会平成30年度 ナノ材料の表面分析講習                                                                                                                                                | 関西大学                                 | 2018/11/16      | 大阪市立大学 | 招待講演   | 研究開発課題1-2-1 |
| 27 | Shirafuji, T                                              | Functional Thin Film Formation Localized at Plasma/Liquid Interface: A New Perspective of Plasma Polymerization, dedicated to Prof. Riccardo d'Agostino, [招待講演]                            | 11th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials / 12th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science | 名古屋工業大学                              | 2019/3/20       | 大阪市立大学 | 招待講演   | 研究開発課題1-3-1 |

|    |                                                                                                                       |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                 |                                  |                 |                  |        |             |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------|------------------|--------|-------------|
| 28 | Nakagawa, R.; Masunaga, H.; Oh, J.-S.; Shirafuji, T.                                                                  | The performance of three-dimensionally integrated micro solution plasma assisted with argon micro-bubble                                      | 11th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications fro Nitrides and Nanomaterials / 12th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science | Nagoya, Japan                    | 2019.3.18       | 大阪市立大学           | ポスター発表 | 研究開発課題1-3-1 |
| 29 | Hirano, S.; Azuma, S.; Nakamura, Y.; Isshiki, T.; Oh, J.-S.; Shirafuji, T.                                            | The influence of pulse voltage polarity on Au-nanoparticle-embedded film formation on aqueous solution in contact with DBD                    | 11th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications fro Nitrides and Nanomaterials / 12th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science | Nagoya, Japan                    | 2019.3.18       | 大阪市立大学           | ポスター発表 | 研究開発課題1-3-1 |
| 30 | 白藤立,                                                                                                                  | 複合媒体中の放電・プラズマ研究の動向                                                                                                                            | 平成31年電気学会全国大会                                                                                                                                                                   | 北海道科学大学                          | 2019.3.14       | 大阪市立大学           | 招待講演   | 研究開発課題1-3-1 |
| 31 | 白藤立, 呉準席, 伊藤昌文,                                                                                                       | Ar/O <sub>2</sub> /N <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O混合ガスのDBD中のO原子とOHラジカルの生成におけるAr(3P)とAr2*の寄与...                                               | 第36回プラズマプロセスング研究会／第31回プラズマ材料科学シンポジウム                                                                                                                                            | 高知城ホール                           | 2019.1.15       | 大阪市立大学           | ポスター発表 | 研究開発課題1-3-1 |
| 32 | Shirafuji, T.; Oh, J.-S.; Ito, M.                                                                                     | On the contribution of Ar(3P) and Ar2* to production of OH radicals in DBD of Ar/O <sub>2</sub> /N <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O gas mixture | 第28回日本MRS年次大会                                                                                                                                                                   | 北九州国際会議場                         | 2018.12.18      | 大阪市立大学           | ポスター発表 | 研究開発課題1-3-1 |
| 33 | 増永浩人, 中川怜弥, 呉準席, 白藤立,                                                                                                 | 三次元集積化マイクロソリューションプラズマに対するマイクロバブル援用の効果                                                                                                         | プラズマ・核融合学会第35回年会                                                                                                                                                                | 大阪大学吹田キャンパスコンベンションセンター           | 2018.12.6       | 大阪市立大学           | ポスター発表 | 研究開発課題1-3-1 |
| 34 | 宮本翔馬, 山本純平, 呉準席, 白藤立,                                                                                                 | 交換樹脂を併用した三次元集積化マイクロソリューションプラズマによるオンサイト過酸化水素生成                                                                                                 | プラズマ・核融合学会第35回年会                                                                                                                                                                | 大阪大学吹田キャンパスコンベンションセンター           | 2018.12.6       | 大阪市立大学           | ポスター発表 | 研究開発課題1-3-1 |
| 35 | 東志織, 中村有亮, 呉準席, 白藤立, 一色俊之,                                                                                            | プラズマ・液体界面反応を用いたナノ粒子含有薄膜のワンポット合成                                                                                                               | プラズマ・核融合学会第35回年会                                                                                                                                                                | 大阪大学吹田キャンパスコンベンションセンター           | 2018.12.3       | 大阪市立大学           | ポスター発表 | 研究開発課題1-3-1 |
| 36 | 白藤立, 呉準席,                                                                                                             | 水蒸気を含む空気プラズマにおけるOHラジカル生成に対するN+HO <sub>2</sub> の寄与                                                                                             | プラズマ・核融合学会第35回年会                                                                                                                                                                | 大阪大学吹田キャンパスコンベンションセンター           | 2018.12.5       | 大阪市立大学           | ポスター発表 | 研究開発課題1-3-1 |
| 37 | 石崎貴裕,                                                                                                                 | 軽金属材料の腐食防食挙動の解析                                                                                                                               | 第36回マイクロアナリシス研究懇談会                                                                                                                                                              | 島津製作所東京支社                        | 2019.2.13       | 芝浦工業大学           | 招待講演   | 研究開発課題2-1-2 |
| 38 | 芹澤愛                                                                                                                   | 水蒸気を利用したアルミニウム合金の高機能化                                                                                                                         | SURTECH2019表面技術要素展『ナノテク部会』研究会                                                                                                                                                   | 東京ビッグサイト                         | 2019.1.30       | 芝浦工業大学           | 招待講演   | 研究開発課題2-1-2 |
| 39 | 石崎貴裕,                                                                                                                 | 水蒸気を利用したマグネ合金上への耐食性皮膜の作製                                                                                                                      | 日本マグネシウム協会第19回表面処理分科会例会                                                                                                                                                         | 京橋区民館                            | 2018.12.21      | 芝浦工業大学           | 招待講演   | 研究開発課題2-1-2 |
| 40 | 石崎貴裕,                                                                                                                 | 蒸気コーティングによる軽金属材料への耐食性皮膜作製技術の開発                                                                                                                | 栃木県平成30年度第2回材料技術交流会                                                                                                                                                             | 栃木県産業技術センター                      | 2018.11.19      | 芝浦工業大学           | 招待講演   | 研究開発課題2-1-2 |
| 41 | 内田晃弘, 原田洋平, 宮坂和弥, 寺島千晶, 上塚洋, 鈴木孝宗, 中田一弥, 勝又健一, 星芳直, 四反田功, 板垣昌幸, 藤嶋昭,                                                  | マイクロ波液中プラズマ法によるリンドープダイヤモンドの合成と電気化学特性                                                                                                          | 電気化学会第86回大会                                                                                                                                                                     | 京都大学吉田キャンパス                      | 2019.3.27~29    | 東京理科大学           | 口頭発表   | 研究開発課題1-2-2 |
| 42 | 鈴木孝宗, 原愛我, 平野裕衣里, 中林志達, Roy Nitish, 寺島千晶, 中田一弥, 勝又健一, 近藤剛史, 湯浅真, 藤嶋昭, 岡崎晟大, 栗山晴男, 芹澤和泉,                               | メソ多孔体TiO <sub>2</sub> /BDD複合電極を用いた水処理における相乗効果                                                                                                 | セラミックス協会2019年会                                                                                                                                                                  | 工学院大学新宿キャンパス                     | 2019.3.24~26    | 東京理科大学、(株)オーク製作所 | 口頭発表   | 研究開発課題1-2-2 |
| 43 | Miyasaka K.; Harada Y.; Uetsuka H. Suzuki N.; Katsumata K.; Nakata K.; Kondo T.; Yuasa M.; Fujishima A.; Terashima C. | Synthesis of diamond materials using microwave plasma in-liquid CVD process                                                                   | International Congress on Pure & Applied Chemistry Langkawi (ICPAC Langkawi) 2018                                                                                               | Bayview Hotel Langkawi, Malaysia | 2018.10.30~11.2 | 東京理科大学           | 口頭発表   | 研究開発課題1-2-2 |
| 44 | 牟田 幸浩, N. Saito                                                                                                       | 高品位ヘテログラフェン獲得に向けたソリューションプラズマ合成及び精製プロセスの確立                                                                                                     | 表面技術協会 第140回講演大会                                                                                                                                                                | 福岡工業大学                           | 2019/9/9        | 名古屋大学            | 口頭発表   | 課題1-1-1     |
| 45 | 牟田 幸浩, N. Saito                                                                                                       | Stone-Wales転移に基づく五員環分子由来窒素ドーピンググラフェン合成メカニズム                                                                                                   | 第80回応用物理学会秋季学術講演会                                                                                                                                                               | 北海道大学                            | 2019/9/19       | 名古屋大学            | ポスター発表 | 課題1-1-1     |

|    |                            |                                                                                                                                                                   |                                                                                                       |                    |            |       |        |               |
|----|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------|-------|--------|---------------|
| 46 | S.W Chae, N. Saito         | Synthesis of Cationic N-Doped Graphene via Solution Plasma                                                                                                        | 表面技術協会 第140回講演大会                                                                                      | 福岡工業大学             | 2019/9/9   | 名古屋大学 | 口頭発表   | 課題2-1-1       |
| 47 | K.S. Kim, N. Saito         | Synthesis of N-doped carbon dot by solution plasma and its detection performance of nitro molecule                                                                | 表面技術協会 第140回講演大会                                                                                      | 福岡工業大学             | 2019/9/9   | 名古屋大学 | 口頭発表   | 課題2-1-1       |
| 48 | K.S. Kim, N. Saito         | Synthesis of highly N doped carbon dots through solution plasma for molecular detection                                                                           | 第80回応用物理学会秋季学術講演会                                                                                     | 北海道大学              | 2019/9/19  | 名古屋大学 | ポスター発表 | 課題2-1-1       |
| 49 | M. Tipplook, N. Saito      | A novel synthesis of smart Pt/C catalyst for proton exchange membrane fuel cell                                                                                   | The 3rd Meeting for the Study of Next-generation Smart Materials Creation and Application Development | 東京理科大学             | 2019/11/26 | 名古屋大学 | ポスター発表 | 課題1-1/課題2-1-1 |
| 50 | Phu Quoc Phan, N. Saito    | A one-step procedure for synthesizing core-shell nanospheres of metal nanoparticles protected by nitrogen-doped few-layer graphene                                | The 3rd Meeting for the Study of Next-generation Smart Materials Creation and Application Development | 東京理科大学             | 2019/11/26 | 名古屋大学 | ポスター発表 | 課題1-1/課題2-1-1 |
| 51 | Y. Muta, N. Saito          | High Planarity Nitrogen-doped Graphene Synthesis from Imidazole Ring Materials using Solution Plasma Process                                                      | The 5th edition of Nanotech France 2019                                                               | Paris, France      | 2019/6/27  | 名古屋大学 | 口頭発表   | 課題1-1/課題2-1-1 |
| 52 | M. Tipplook, N. Saito      | Solution Plasma Process Synthesis Metal-Free Porphyrin Functionalized Carbon Nano-Sheet Supported Platinum Nanoparticle for PEMFCs                                | The 5th edition of Nanotech France 2019                                                               | Paris, France      | 2019/6/27  | 名古屋大学 | 口頭発表   | 課題1-1/課題2-1-1 |
| 53 | Y. Muta, N. Saito          | Synthesis and Purification Process for High Grade Graphene Materials                                                                                              | Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering 2019 (AEPSE 2019)               | Jeju island, Korea | 2019/9/4   | 名古屋大学 | ポスター発表 | 課題1-1/課題2-1-1 |
| 54 | K. Kim, J. Moon, N. Saito  | Synthesis of highly N-doped carbon dots through solution plasma for molecular detection                                                                           | Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering 2019 (AEPSE 2019)               | Jeju island, Korea | 2019/9/4   | 名古屋大学 | ポスター発表 | 課題1-1/課題2-1-1 |
| 55 | P. Pornaroontham, N. Saito | Carbon dioxide adsorption on nitrogen-oxygen-codoped nanocarbons via solution plasma process and nitridation                                                      | Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering 2019 (AEPSE 2019)               | Jeju island, Korea | 2019/9/4   | 名古屋大学 | ポスター発表 | 課題1-1/課題2-1-1 |
| 56 | S. W. Chae, N. Saito       | Synthesis of Cationic N-doped Graphene via Solution Plasma                                                                                                        | Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering 2019 (AEPSE 2019)               | Jeju island, Korea | 2019/9/4   | 名古屋大学 | ポスター発表 | 課題1-1/課題2-1-1 |
| 57 | M. Tipplook, N. Saito      | A Novel Amino-rich Carbon Synthesis through Liquid Phase Plasma for Efficient Antibiotic Capture                                                                  | Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering 2019 (AEPSE 2019)               | Jeju island, Korea | 2019/9/4   | 名古屋大学 | 口頭発表   | 課題1-1/課題2-1-1 |
| 58 | S.G. Lee, N. Saito         | Synthesis of purple benzene-derived MnO <sub>2</sub> -carbon hybrids for enhancement of the cationic dyes removal                                                 | Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering 2019 (AEPSE 2019)               | Jeju island, Korea | 2019/9/4   | 名古屋大学 | ポスター発表 | 課題1-1/課題2-1-1 |
| 59 | Phu Quoc Phan, N. Saito    | Solution Plasma Synthesis of Nitrogen-doped Few-layer Graphene Coated Copper and Silver Nanoparticles for Oxygen Reduction Reaction Catalyst under Acid Condition | Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering 2019 (AEPSE 2019)               | Jeju island, Korea | 2019/9/4   | 名古屋大学 | ポスター発表 | 課題1-1/課題2-1-1 |

|    |                              |                                                                                                                                                                                       |                                                                                              |                    |            |       |        |               |
|----|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------|-------|--------|---------------|
| 60 | S.W. Chae, T. Yana, N. Saito | A study of Cationic Nitrogen-doped Carbon Wrapping Carbon nanotubes with excellent electrical conductivity and high carrier concentration                                             | Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering 2019 (AEPSE 2019)      | Jeju island, Korea | 2019/9/4   | 名古屋大学 | ポスター発表 | 課題1-1/課題2-1-1 |
| 61 | Y. Muta, N. Saito            | Mechanisms of high grade nitrogen doped graphene synthesis from 5-member ring materials                                                                                               | The 2nd International Conference on Materials Research and Innovation (ICMARI 2019)          | Bangkok, Thailand  | 2019/12/17 | 名古屋大学 | ポスター発表 | 課題1-1/課題2-1-1 |
| 62 | P. Pornaroontham, N. Saito   | Synthesis of nitrogen-oxygen-codoped nanocarbons via solution plasma process and nitridation for CO2 adsorption                                                                       | Materials Research Meeting Materials Innovation for Sustainable Development Goals (MRM 2019) | Yokohama, Japan    | 2019/11/11 | 名古屋大学 | ポスター発表 | 課題1-1/課題2-1-1 |
| 63 | P. Pornaroontham, N. Saito   | Solution plasma process: a novel method for wastewater treatment                                                                                                                      | Materials Research Meeting Materials Innovation for Sustainable Development Goals (MRM 2019) | Yokohama, Japan    | 2019/11/11 | 名古屋大学 | 口頭発表   | 課題1-1/課題2-1-1 |
| 64 | S. W. Chae, N. Saito         | One-Step Synthesis and Properties of Cationic Nitrogen-doped Graphene by Solution Plasma                                                                                              | 2019 Materials Research Society Fall Meeting & Exhibit (2019 MRS)                            | Boston, USA        | 2019/12/3  | 名古屋大学 | ポスター発表 | 課題1-1/課題2-1-1 |
| 65 | S. W. Chae, N. Saito         | Highly Cationic Nitrogen-doped Graphene to Enhance Electric Properties via Solution Plasma                                                                                            | Materials Research Meeting Materials Innovation for Sustainable Development Goals (MRM 2019) | Yokohama, Japan    | 2019/11/11 | 名古屋大学 | ポスター発表 | 課題1-1/課題2-1-1 |
| 66 | S. W. Chae, N. Saito         | One-Pot Synthesis of Cationic Nitrogen-doped Graphene                                                                                                                                 | The 2nd International Conference on Materials Research and Innovation (ICMARI 2019)          | Bangkok, Thailand  | 2019/12/17 | 名古屋大学 | ポスター発表 | 課題1-1/課題2-1-1 |
| 67 | K. Kim, J. Moon, N. Saito    | Investigation of N-doped Carbon Dots Synthesized by Solution Plasma for Detection of Nitro Aromatic Molecules                                                                         | Materials Research Meeting Materials Innovation for Sustainable Development Goals (MRM 2019) | Yokohama, Japan    | 2019/11/11 | 名古屋大学 | ポスター発表 | 課題1-1/課題2-1-1 |
| 68 | R.Naraprawatphong, N. Saito  | Preparation of Lectin-recognition Hydrogels Layers Layer on SPR Sensor Chips by Molecular Imprinting using Carbohydrate Ligands                                                       | The 2nd International Conference on Materials Research and Innovation (ICMARI 2019)          | Bangkok, Thailand  | 2019/12/17 | 名古屋大学 | 口頭発表   | 課題1-1/課題2-1-1 |
| 69 | M. Tipplook, N. Saito        | A new synthesis route to prepare amphiphilic Pt/C catalyst for highly efficient proton exchange membrane fuel cell                                                                    | The 2nd International Conference on Materials Research and Innovation (ICMARI 2019)          | Bangkok, Thailand  | 2019/12/17 | 名古屋大学 | ポスター発表 | 課題1-1/課題2-1-1 |
| 70 | S.G. Lee, N. Saito           | One-pot synthesis of MnO <sub>2</sub> -carbon hybrids for enhancement of the cationic dyes removal                                                                                    | Materials Research Meeting Materials Innovation for Sustainable Development Goals (MRM 2019) | Yokohama, Japan    | 2019/11/11 | 名古屋大学 | ポスター発表 | 課題1-1/課題2-1-1 |
| 71 | Phu Quoc Phan, N. Saito      | Analyzing properties of nitrogen, boron and nitrogen-boron doped few-layer graphene coated copper nanoparticles synthesized by solution plasma for oxygen reduction reaction catalyst | Materials Research Meeting Materials Innovation for Sustainable Development Goals (MRM 2019) | Yokohama, Japan    | 2019/11/11 | 名古屋大学 | ポスター発表 | 課題1-1/課題2-1-1 |
| 72 | S. W. Chae, N. Saito         | Solution Plasma and Hetero-Graphene                                                                                                                                                   | Materials Research Meeting Materials Innovation for Sustainable Development Goals (MRM 2019) | Yokohama, Japan    | 2019/11/11 | 名古屋大学 | 口頭発表   | 課題1-1/課題2-1-1 |

|    |                                                  |                                                                                                                                               |                                                                                              |                                                                            |               |           |        |               |
|----|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------|--------|---------------|
| 73 | S. W. Chae, T. Yana, N. Saito                    | Synergistic Effect of Electrical Properties of Cationic Nitrogen-Doped Carbon and Carbon Nanotubes Composites Synthesized via Plasma Solution | Materials Research Meeting Materials Innovation for Sustainable Development Goals (MRM 2019) | Yokohama, Japan                                                            | 2019/11/11    | 名古屋大学     | ポスター発表 | 課題1-1/課題2-1-1 |
| 74 | M. Tipplook, A.E. Romero Valenzuela, N. Saito    | Liquid Phase Plasma Synthesis of Amino-Rich Carbonaceous as an Efficient Adsorbent for Removal of Heavy Metal Ions                            | Materials Research Meeting Materials Innovation for Sustainable Development Goals (MRM 2019) | Yokohama, Japan                                                            | 2019/11/11    | 名古屋大学     | ポスター発表 | 課題1-1/課題2-1-1 |
| 75 | Ryoichi Ichino                                   | Improvement on Bonding Interface through Diamond Surface Graphitization in Copper/Diamond Composite Platings Prepared by Electrodposition     | International Conference on Materials Research and Nanotechnology (ICMRN 2019)               | Rome, Italy                                                                | 2019/6/10-12  | 名古屋大学     | ポスター発表 | 課題2-1-1       |
| 76 | Takeshi Hagio                                    | Fabrication of Diamond/Copper Composite Platings with Improved Interfacial Bonding via Diamond Surface Modification                           | 12th Asian European International Conference on Plasma Surface Engineering (AEPSE2019)       | Jeju Island, Korea                                                         | 2019/9/1-5    | 名古屋大学     | 口頭発表   | 課題2-1-1       |
| 77 | Jae-Hyeok Park                                   | Improvement on corrosion resistance of ternary Zn-Fe-Mo plating by additional Mo oxide coating                                                | 12th Asian European International Conference on Plasma Surface Engineering (AEPSE2019)       | Jeju Island, Korea                                                         | 2019/9/1-5    | 名古屋大学     | ポスター発表 | 課題2-1-1       |
| 78 | 和田達哉                                             | Ni-W めっき中への複合化に対するカーボンナノチューブの水熱処理影響                                                                                                           | 一般社団法人表面技術協会 第140 回講演大会                                                                      | 福岡工業大学                                                                     | 2019/9/9-10   | 名古屋大学     | 口頭発表   | 課題2-1-1       |
| 79 | Jae-Hyeok Park                                   | 非水系溶媒を利用したアルミニウムの無電解めっき                                                                                                                       | 第51回溶融塩化学討論会                                                                                 | 北海道大学                                                                      | 2019/10/24-25 | 名古屋大学     | 口頭発表   | 課題2-1-1       |
| 80 | 北英紀、窪田光宏、山下誠司                                    | エクセルギー解析による人工物製造のプロセス設計                                                                                                                       | 化学工学会 第85年会                                                                                  | 関西大学                                                                       | 3.15~17       | 名古屋大学     | 口頭発表   | 課題3-1-2       |
| 81 | 川上 元也、北 英紀、山下 誠司、窪田 光宏                           | エクセルギー解析による人工物製造のプロセス設計                                                                                                                       | 化学工学会 第85年会                                                                                  | 関西大学                                                                       | 3.15~17       | 名古屋大学     | ポスター発表 | 課題3-1-2       |
| 82 | 近藤健斗、山下誠司、窪田光宏、北英紀                               | 黒色中空アルミナの活用による高効率蓄熱槽の開発                                                                                                                       | 化学工学会 第85年会                                                                                  | 関西大学                                                                       | 3.15~17       | 名古屋大学     | ポスター発表 | 課題3-1-1       |
| 83 | 北英紀、川上元也、鶴見和幸、窪田光宏、山下誠司                          | 人工物エクセルギーのデータベース化とエクセルギー解析に基づくプロセスシステム設計                                                                                                      | 日本セラミックス協会 年会                                                                                | 明治大学(駿河台キャンパス)                                                             | 3.18~20日      | 名古屋大学     | 口頭発表   | 課題3-1-2       |
| 84 | 獅野和幸、山田哲也、手嶋勝弥                                   | ポリマー基板表面での酸化亜鉛柱状結晶の直接成長様式の観察                                                                                                                  | 日本結晶成長学会 新技術・新材料分科会 第1 回研究会                                                                  | 東北大学 金属材料研究所                                                               | 2020/2/21     | 信州大学      | ポスター発表 | 課題2-2         |
| 85 | 山田哲也、金子弘昌、土井達也、林文隆、手嶋勝弥                          | データ駆動型手法を活用した環境・エネルギー材料用結晶の開発                                                                                                                 | 日本結晶成長学会 新技術・新材料分科会 第1 回研究会                                                                  | 東北大学 金属材料研究所                                                               | 2020/2/21     | 信州大学、明治大学 | ポスター発表 | 課題2-2         |
| 86 | Tetsuya Yamada, Shinya Nagafusa, Katsuya Teshima | Formation Manner of Lattice Defect in BaNbO <sub>2</sub> N Photocatalysts During Their Nitridation in Molten Flux                             | 236th ECS Meeting                                                                            | Atlanta, USA                                                               | 2019/10/17    | 信州大学      | 口頭発表   | 課題2-2         |
| 87 | 手嶋勝弥、鈴木清香、藤智仁、林文隆、山田哲也、田中秀樹、寺島千晶、大石修治、是津信行       | ナノ材料デザインのためのフラックス結晶育成アプローチ                                                                                                                    | 日本MRS                                                                                        | 横浜情報文化センター6F 情文ホール                                                         | 2019/11/29    | 信州大学      | 招待講演   | 課題2-2         |
| 88 | Katsuya Teshima, Nobuyuki Zettsu                 | Materials science and engineering toward advanced lithium-ion batteries~Bridging their innovation gaps for extremely high performances~       | 16th International Conference on Nanosciences & Nanotechnologies - NN19                      | Porto Palace Conference Centre & Hotel, Thessaloniki, Greece               | 2019/7/2      | 信州大学      | 招待講演   | 課題2-2         |
| 89 | Katsuya Teshima                                  | Materials design and hyper-space controls for next-generation energy and environmental crystalline materials via flux crystal growth concept  | International Materials Research Congress 2019                                               | Jw Marriott Cancun Resort & Spa and Marriott Cancun Resort, Cancun, Mexico | 2019/8/19     | 信州大学      | 招待講演   | 課題2-2         |

|     |                                                                            |                                                                                                                  |                                                                                                                        |                                                               |            |        |        |          |
|-----|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------|--------|--------|----------|
| 90  | Ryota Saito, Yusuke Sato, Daisuke Takimoto, Sho Hideshima, Wataru Sugimoto | Synergetic effect of RuO <sub>2</sub> addition to MnO <sub>2</sub> particle-RuO <sub>2</sub> nanosheet composite | 6th International Conference on Advanced Capacitors (ICAC 2019)                                                        | Ueda, Japan                                                   | 2019/9/9   | 信州大学   | ポスター発表 | 課題2-3    |
| 91  | 齋藤亮太、佐藤祐輔、滝本大裕、秀島翔、杉本渉                                                     | RuO <sub>2</sub> ナノシート-MnO <sub>2</sub> 微粒子複合体のスーパーキャパシタ特性                                                       | 電気化学会 関西支部・東海支部合同シンポジウム                                                                                                | 兵庫                                                            | 2019/9/19  | 信州大学   | ポスター発表 | 課題2-3    |
| 92  | 齋藤亮太、佐藤祐輔、滝本大裕、秀島翔、杉本渉                                                     | RuO <sub>2</sub> ナノシートをアクティブバインダーとして用いたMnO <sub>2</sub> -RuO <sub>2</sub> 複合体の電気化学特性                             | 第50回 中部化学関係学協会支部連合秋季大会                                                                                                 | 長野                                                            | 2019/11/9  | 信州大学   | 口頭発表   | 課題2-3    |
| 93  | 齋藤亮太、佐藤祐輔、滝本大裕、秀島翔、杉本渉                                                     | RuO <sub>2</sub> ナノシートとMnO <sub>2</sub> 微粒子の相乗効果によるキャパシタンス向上                                                     | 電気化学会第87回大会                                                                                                            | 愛知                                                            | 2020/3/17  | 信州大学   | 口頭発表   | 課題2-3    |
| 94  | 佐藤祐輔、齋藤亮太、滝本大裕、秀島翔、杉本渉                                                     | RuO <sub>2</sub> ナノシートとTiO <sub>2</sub> ナノシートのシナジー効果によるRuO <sub>2</sub> のキャパシタンス向上                               | 電気化学会第87回大会                                                                                                            | 愛知                                                            | 2020/3/17  | 信州大学   | 口頭発表   | 課題2-3    |
| 95  | 吉田朋子                                                                       | 放射光分光による機能性材料の局所構造・電子状態解析                                                                                        | 『生命科学と物質科学の融合による新規エネルギー・物質変換技術の創造をめざして』シンポジウム                                                                          | 大阪大学                                                          | 2019/5/18  | 大阪市立大学 | 招待講演   | 課題1-2-1  |
| 96  | T. Yoshida, Y. Misu, M. Yamamoto, J. Kumagai, S. Ogawa, S. Yagi            | Effects of the amount of Au nano-particles on the visible light response of TiO <sub>2</sub> photocatalysts      | 17th Korea-Japan Symposium on Catalysis                                                                                | Jeju, Korea                                                   | 2019/5/21  | 大阪市立大学 | ポスター発表 | 課題1-2-1  |
| 97  | T. Yoshida, Y. Nakano, M. Akatsuka, M. Yamamoto, S. Ogawa, S. Yagi         | Effects of photodeposition process of platinum nanoparticles on titanium dioxide photocatalysis                  | The 8th Asia-Pacific Congress on Catalysis                                                                             | Bangkok, Thai                                                 | 2019/8/4   | 大阪市立大学 | ポスター発表 | 課題1-2-1  |
| 98  | T. Yoshida, A. Ozawa, Y. Kato, T. Tanabe, M. Yamamoto                      | Characterization of nitrogen doped semiconductor photocatalysts by soft X-ray spectroscopy                       | 2th International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices '19                        | Kyoto, Japan                                                  | 2019/10/21 | 大阪市立大学 | ポスター発表 | 課題1-2-1  |
| 99  | T. Yoshida, M. Yamamoto, A. Ozawa, T. Tanabe                               | Characterization of nitrogen implanted TiO <sub>2</sub> photocatalysts by soft X-ray spectroscopy                | nanoGe Fall Meeting                                                                                                    | Berlin, Germany                                               | 2019/11/5  | 大阪市立大学 | ポスター発表 | 課題1-2-1  |
| 100 | 吉田朋子                                                                       | 総論・ケーススタディ                                                                                                       | 近畿化学協会 触媒・表面部会2019年度ナノ材料の表面分析講習                                                                                        | 近畿大学                                                          | 2019/11/15 | 大阪市立大学 | 招待講演   | 課題1-2-1  |
| 101 | T. Yoshida, Y. Kato, M. Yamamoto, A. Ozawa, T. Tanabe                      | Nitrogen doping into metal oxides for generation of visible light response photocatalysis                        | Internal conference on Artificial Photosynthesis-2019                                                                  | Hiroshima,                                                    | 2019/11/21 | 大阪市立大学 | 口頭発表   | 課題1-2-1  |
| 102 | 白藤 立、呉 準席                                                                  | 水蒸気蒸発とガスドラッグを伴う流水面上の大気圧プラズマジェットの三次元数値シミュレーション                                                                    | 電気学会 放電・プラズマ・パルス・パワー研究会                                                                                                | まちなかキャンパス長岡                                                   | 2019/5/15  | 大阪市立大学 | 口頭発表   | 課題'1-3-1 |
| 103 | T. Shirafuji, J.-S. Oh, and M. Ito                                         | 3D numerical simulation of APPJ on the flowing water surface                                                     | 10th International Workshop on Microplasmas                                                                            | Miyako Messe, Kyoto, Japan                                    | 2019/5/21  | 大阪市立大学 | ポスター発表 | 課題'1-3-1 |
| 104 | T. Shirafuji                                                               | Materials processing by efficient utilization of plasma-liquid interface                                         | 24th International Symposium on Plasma Chemistry                                                                       | Centro Congressi, Terminal Napoli, Italy                      | 2019/6/13  | 大阪市立大学 | 招待講演   | 課題'1-3-1 |
| 105 | T. Shirafuji                                                               | Free standing functional membrane formation using plasma-liquid interface processes                              | Awaji Island Conference on Electron Spin Science & Technology 2019                                                     | Awaji Yumebutai International Conference Center, Awaji, Japan | 2019/6/18  | 大阪市立大学 | 招待講演   | 課題'1-3-1 |
| 106 | T. Shirafuji, S. Azuma, and J.-S. Oh                                       | On the formation of polymerized EDOT films using gas-liquid interfacial plasma                                   | XXXIV International Conference on Phenomena in Ionized Gases and the 10th International Conference on Reactive Plasmas | Sapporo Education and Culture Hall, Sapporo, Japan            | 2019/7/15  | 大阪市立大学 | ポスター発表 | 課題'1-3-1 |

|     |                                                                     |                                                                                                                                 |                                                                                                                             |                                                              |            |        |        |          |
|-----|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------|--------|--------|----------|
| 107 | H. Nakatani, J.-S. Oh, and T. Shirafuji                             | Effects of dielectric coating of an internal electrode for coaxial-type plasma/liquid interfacial processes                     | The 12th Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering                                              | Maison Glad Hotel, Jeju, Korea                               | 2019/9/3   | 大阪市立大学 | ポスター発表 | 課題'1-3-1 |
| 108 | R. Konishi, S. Hirano, S. Azuma, J.-S. Oh, and T. Shirafuji         | Polymerization of EDOT using gas-liquid interfacial plasma                                                                      | The 12th Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering                                              | Maison Glad Hotel, Jeju, Korea                               | 2019/9/3   | 大阪市立大学 | ポスター発表 | 課題'1-3-1 |
| 109 | 白藤 立, 呉 準席                                                          | イオン交換樹脂を併用した三次元集積化マイクロソリューションプラズマによる過酸化水素の生成効率向上                                                                                | 令和元年電気学会基礎・材料・共通部門大会                                                                                                        | 岩手大学上田キャンパス理工学部                                              | 2019/9/3   | 大阪市立大学 | 口頭発表   | 課題'1-3-1 |
| 110 | 白藤 立, 呉 準席                                                          | 大気圧プラズマジェットから水面に供給されるOHラジカルフラックスの水面流速依存性                                                                                        | 2019年日本表面真空学会学術講演会                                                                                                          | つくば国際会議場                                                     | 2019/10/28 | 大阪市立大学 | ポスター発表 | 課題'1-3-1 |
| 111 | 白藤 立                                                                | 液体が関与するプラズマ材料プロセス                                                                                                               | 2019年日本表面真空学会学術講演会                                                                                                          | つくば国際会議場                                                     | 2019/10/29 | 大阪市立大学 | 招待講演   | 課題'1-3-1 |
| 112 | T. Shirafuji, S. Miyamoto, and J.-S. Oh                             | H2O2 synthesis using 3D integrated micro solution plasma and improvement of its efficiency by combining with ion exchange resin | Materials Research Meeting 2019                                                                                             | Yokohama Symposia, Yokohama, Japan                           | 2019/12/11 | 大阪市立大学 | 招待講演   | 課題'1-3-1 |
| 113 | S. Hirano, J.-S. Oh, R. Konishi, and T. Shirafuji                   | Gas-liquid interfacial plasma polymerization of EDOT                                                                            | Materials Research Meeting 2019                                                                                             | Yokohama Symposia, Yokohama, Japan                           | 2019/12/11 | 大阪市立大学 | ポスター発表 | 課題'1-3-1 |
| 114 | 宮下智弘, 稲村 萌々, 長島悠真, 石崎貴裕                                             | 蒸気コーティング及び2種類のシラン分子を用いたスピンコーティングによる難燃性Mg-4Al-1Ca合金上へのシラン/Mg(OH)2耐食性複合皮膜の作製                                                      | 軽金属学会第136回春期大会                                                                                                              | 富山国際会議場                                                      | 2019/5/12  | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 課題2-1-2  |
| 115 | T. Ishizaki, T. Miyashita, M. Inamura, Y. Nagashima, A. Serizawa    | Chemical characteristics of steam-induced hydroxide composite film surface formed on Mg alloys                                  | International conference Mechanism and non-linear problems of nucleation and growth of crystals and thin films (MGCTF) 2019 | St. Petersburg Scientific Center RAS, St. Petersburg, Russia | 2019/7/4   | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 課題2-1-2  |
| 116 | 宮下智弘, 稲村 萌々, 長島悠真, 武藤拓, 石崎貴裕                                        | 蒸気コーティングを用いた2段階処理によるマグネシウム合金上への耐食性皮膜の作製                                                                                         | 軽金属学会第137回秋期大会                                                                                                              | 東京農工大学小金井キャンパス                                               | 2019/11/2  | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 課題2-1-2  |
| 117 | 長島悠真, 石崎貴裕                                                          | 蒸気コーティング法によるAZ91D合金上への耐酸性と導電性を有する皮膜作製の試み                                                                                        | 軽金属学会第137回秋期大会                                                                                                              | 東京農工大学小金井キャンパス                                               | 2019/11/2  | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 課題2-1-2  |
| 118 | 武藤拓, 宮下智弘, 稲村 萌々, 石崎貴裕                                              | 蒸気コーティング法を用いたAl-Zn-Mg合金上への耐酸性皮膜の作製                                                                                              | 軽金属学会第137回秋期大会                                                                                                              | 東京農工大学小金井キャンパス                                               | 2019/11/2  | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 課題2-1-2  |
| 119 | Takahiro ISHIZAKI, Tomohiro MIYASHITA, Momo INAMURA, Yuma NAGASHIMA | Preparation of Corrosion Resistant Composite Hydroxide Films on Magnesium Alloys by Steam Coating                               | Materials Research Meeting 2019 (MRM2019)                                                                                   | 横浜シンポジア                                                      | 2019/12/11 | 芝浦工業大学 | 招待講演   | 課題2-1-2  |
| 120 | Hiraku Muto, Takahiro Ishizaki                                      | Corrosion resistance of composite hydroxides film formed on Al-Zn-Mg alloy by steam coating                                     | Materials Research Meeting 2019 (MRM2019)                                                                                   | 横浜シンポジア                                                      | 2019/12/11 | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 課題2-1-2  |
| 121 | 中野涼, 長島悠真, 石崎貴裕                                                     | 蒸気コーティング法によるマグネシウム合金上への耐酸性と導電性を有する酸化物系皮膜の作製                                                                                     | 表面技術協会第141回講演大会                                                                                                             | 首都大学東京                                                       | 2020/3/3   | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 課題2-1-2  |
| 122 | Ai Serizawa, Kouji Kanasugi, Masahiro Tanabe                        | Crystal Growth and Unique Morphology of Heterostructured Aluminum Hydroxide Film Formed on Aluminum Alloys using Steam          | MGCTF 2019                                                                                                                  | St. Petersburg, Russia                                       | 2019/7/2   | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 課題2-1-2  |
| 123 | Ai Serizawa, Takahiro Ishizaki, So yoon Lee                         | Improvement of strength and corrosion resistance of Al alloys by using steam                                                    | ISAMR 2019                                                                                                                  | Kaohsiung, Taiwan                                            | 2019/8/23  | 芝浦工業大学 | 招待講演   | 課題2-1-2  |



|     |                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                             |                                                                         |                                              |            |               |        |         |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------|---------------|--------|---------|
| 124 | Ai Serizawa, Takeo                                                                                                                                                                                                           | Synthesis of nitrogen-doped nanocarbons by solution plasma process using cyano-aromatic molecules for catalyst of oxygen reduction reaction | CAT2019                                                                 | London, UK                                   | 2019/9/17  | 芝浦工業大学        | ポスター発表 | 課題2-1-2 |
| 125 | A. Serizawa, T. Koike, K. Watanabe, T. Oda, T. Ishizaki                                                                                                                                                                      | Formation of Hetero-structured Anticorrosive Film on Aluminum Alloys by using steam                                                         | INALCO2019                                                              | Tokyo, Japan                                 | 2019/11/13 | 芝浦工業大学        | 口頭発表   | 課題2-1-2 |
| 126 | Ai Serizawa, Kohei Watanabe, Takuhiro Oda, So Yoon Lee, Takahiro Ishizaki                                                                                                                                                    | Green and sustainable anticorrosive coating technology using steam on Aluminum alloys                                                       | Materials Research Meeting 2019                                         | Yokohama, Japan                              | 2019/12/12 | 芝浦工業大学        | 招待講演   | 課題2-1-2 |
| 127 | Ai Serizawa, Kouji Kanasugi, Masahiro Tanabe                                                                                                                                                                                 | Improving the electrochemical performance of Aluminum alloys using steam                                                                    | 10th International Conference on Key Engineering Materials (ICKEM 2020) | Madrid, Spain                                | 2020/3/27  | 芝浦工業大学        | 口頭発表   | 課題2-1-2 |
| 128 | 小田拓宏, 高橋知也, 芹澤愛                                                                                                                                                                                                              | 水蒸気プロセスによりAl合金上に作製したAlO(OH)皮膜の疲労特性                                                                                                          | 表面技術協会第141回講演大会                                                         | 首都大学東京南大沢キャンパス                               | 2020/3/3   | 芝浦工業大学        | ポスター発表 | 課題2-1-2 |
| 129 | 小池健生, 李素潤, 芹澤愛                                                                                                                                                                                                               | 水蒸気プロセスおよび水熱合成法によるAlO(OH)/カーボンヘテロ構造皮膜の作製                                                                                                    | 表面技術協会第141回講演大会                                                         | 首都大学東京南大沢キャンパス                               | 2020/3/3   | 芝浦工業大学        | ポスター発表 | 課題2-1-2 |
| 130 | 渡邊康平, 芹澤愛                                                                                                                                                                                                                    | Al合金基材上に形成したAlO(OH)皮膜の成長に伴う皮膜および基材の微小硬さ変化                                                                                                   | 表面技術協会第141回講演大会                                                         | 首都大学東京南大沢キャンパス                               | 2020/3/3   | 芝浦工業大学        | ポスター発表 | 課題2-1-2 |
| 131 | 金杉航児, 芹澤愛                                                                                                                                                                                                                    | Al-Mg-Si合金上に形成したAlO(OH)皮膜の酸性溶液浸漬による耐食性評価                                                                                                    | 表面技術協会第141回講演大会                                                         | 首都大学東京南大沢キャンパス                               | 2020/3/3   | 芝浦工業大学        | ポスター発表 | 課題2-1-2 |
| 132 | 丸田晃大, 石井淳生, 岡崎晟大, 寺島千晶, 鈴木孝宗, 湯浅真, 近藤剛史, 藤嶋昭                                                                                                                                                                                 | 大気圧プラズマジェットとUVを併用したCO <sub>2</sub> からの有用資源の生産                                                                                               | 日本化学会第100春期年会                                                           | 東京理科大学野田キャンパス                                | 2020/3/22  | 東京理科大学、オーク製作所 | 口頭発表   | 課題1-2-2 |
| 133 | 富永悠介, 内田晃弘, 寺島千晶, 上塚洋, 鈴木孝宗, 近藤剛史, 湯浅真, 藤嶋昭                                                                                                                                                                                  | マイクロ波液中プラズマ法を用いたダイヤモンド薄膜の大面积化                                                                                                               | 日本化学会第100春期年会                                                           | 東京理科大学野田キャンパス                                | 2020/3/22  | 東京理科大学        | 口頭発表   | 課題1-2-2 |
| 134 | 寺島千晶                                                                                                                                                                                                                         | カーボンリサイクル課題の解決に向けた人工光合成                                                                                                                     | 第6回カーボンリサイクル・イノベーション研究会                                                 | トラストシティカンファレンス丸の内                            | 2020/2/18  | 東京理科大学        | 招待講演   | 課題1-2-2 |
| 135 | 寺島千晶                                                                                                                                                                                                                         | マイクロ波液中プラズマ法により合成したダイヤモンド結晶とその電気化学評価                                                                                                        | 第14回日本フラックス成長研究発表会                                                      | 山梨県立図書館 2F 多目的ホール                            | 2019/12/20 | 東京理科大学        | 口頭発表   | 課題1-2-2 |
| 136 | Akihiro Uchida, Chiaki Terashima, Hiroshi Uetsuka, Norihiro Suzuki, Ken-ichi Katsumata, Masayuki Itagaki, Isao Shitanda, Yoshinao Hoshi, Takeshi Kondo, Akira Fujishima                                                      | Synthesis of Phosphorous-doped Diamond by In-liquid Plasma CVD Process                                                                      | Materials Research Meeting 2019 (MRM2019)                               | Marineria, Industry & Trade Center, Yokohama | 2019/12/10 | 東京理科大学        | ポスター発表 | 課題1-2-2 |
| 137 | Akihiro Okazaki, Haruo Kuriyama, Izumi Serizawa, Aiga Hara, Yui Hirano, Yukihiro Nakabayashi, Nitish Roy, Norihiro Suzuki, Chiaki Terashima, Kazuya Nakata, Ken-ichi Katsumata, Akira Fujishima                              | Advanced oxidation process for water purification using deep-ultraviolet light TiO <sub>2</sub> nano composite electrode                    | Materials Research Meeting 2019 (MRM2019)                               | Marineria, Industry & Trade Center, Yokohama | 2019/12/10 | 東京理科大学、オーク製作所 | ポスター発表 | 課題1-2-2 |
| 138 | Norihiro Suzuki, Akihiro Okazaki, Aiga Hara, Yui Hirano, Yukihiro Nakabayashi, Nitish Roy, Haruo Kuriyama, Izumi Serizawa, Chiaki Terashima, Kazuya Nakata, Ken-ichi Katsumata, Takeshi Kondo, Makoto Yuasa, Akira Fujishima | Efficient water purification by synergetic effect on mesoporous TiO <sub>2</sub> /BDD hybrid electrode                                      | Materials Research Meeting 2019 (MRM2019)                               | Marineria, Industry & Trade Center, Yokohama | 2019/12/10 | 東京理科大学、オーク製作所 | 招待講演   | 課題1-2-2 |

|     |                                                                                                                                                |                                                                                                                       |                                                                                                                  |                                                |            |               |        |         |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------|---------------|--------|---------|
| 139 | Y. M. Hunge, N. Suzuki, A. Fujishima, C. Terashima                                                                                             | Enhanced Photocatalytic Degradation of Salicylic Acid using GO/TiO <sub>2</sub> Composite under Sunlight Illumination | The 3rd International Symposium on Recent Progress of Energy and Environmental Photocatalysis (Photocatalysis 3) | Katsushika Campus, Tokyo University of Science | 2019/11/29 | 東京理科大学        | ポスター発表 | 課題1-2-2 |
| 140 | Yusuke Tominaga, Akihiro Uchida, Norihiro Suzuki, Takeshi Kondo, Makoto Yuasa, Chiaki Terashima, Hiroshi Uetsuka, Akira Fujishima              | Enlargement of Diamond Film Synthesized by In-liquid Microwave Plasma CVD                                             | The 3rd International Symposium on Recent Progress of Energy and Environmental Photocatalysis (Photocatalysis 3) | Katsushika Campus, Tokyo University of Science | 2019/11/29 | 東京理科大学        | ポスター発表 | 課題1-2-2 |
| 141 | Akihiro Maruta, Junki Ishii, Akihiro Okazaki, Norihiro Suzuki, Takeshi Kondo, Makoto Yuasa, Katsuya Teshima, Chiaki Terashima, Akira Fujishima | Production of Useful Resources from CO <sub>2</sub> by Atmospheric Pressure Plasma Jet and UV                         | The 3rd International Symposium on Recent Progress of Energy and Environmental Photocatalysis (Photocatalysis 3) | Katsushika Campus, Tokyo University of Science | 2019/11/29 | 東京理科大学、オーク製作所 | ポスター発表 | 課題1-2-2 |
| 142 | J. Ishii, A. Maruta, A. Okazaki, N. Suzuki, T. Kondo, M. Yuasa, K. Teshima, C. Terashima, A. Fujishima                                         | CO <sub>2</sub> Conversion to Resources by Atmospheric Pressure Plasma Jet and Photoreaction                          | The 3rd International Symposium on Recent Progress of Energy and Environmental Photocatalysis (Photocatalysis 3) | Katsushika Campus, Tokyo University of Science | 2019/11/29 | 東京理科大学、オーク製作所 | ポスター発表 | 課題1-2-2 |
| 143 | 富永悠介、内田晃弘、寺島千晶、上塚洋、鈴木孝宗、近藤剛史、湯浅真、藤嶋昭                                                                                                           | マイクロ波液中プラズマ法によるダイヤモンド薄膜の大量積化                                                                                          | 第3回 次世代スマート・マテリアル研究会講演会                                                                                          | 東京理科大学森戸記念館                                    | 2019/11/26 | 東京理科大学        | ポスター発表 | 課題1-2-2 |
| 144 | 石井淳生、丸田晃大、岡崎晟大、鈴木孝宗、近藤剛史、湯浅真、藤嶋昭、手嶋勝弥、寺島千晶                                                                                                     | 大気圧プラズマジェットと光反応を組み合わせた二酸化炭素の有用資源化の開発                                                                                  | 第3回 次世代スマート・マテリアル研究会講演会                                                                                          | 東京理科大学森戸記念館                                    | 2019/11/26 | 東京理科大学、オーク製作所 | ポスター発表 | 課題1-2-2 |
| 145 | 内田晃弘、富永悠介、寺島千晶、軽部瑠美、上塚洋、鈴木孝宗、近藤剛史、星芳直、四反田功、板垣昌幸、藤嶋昭                                                                                            | マイクロ波液中プラズマ法を用いたリンダーブ型ダイヤモンドの合成                                                                                       | 第3回 次世代スマート・マテリアル研究会講演会                                                                                          | 東京理科大学森戸記念館                                    | 2019/11/26 | 東京理科大学        | ポスター発表 | 課題1-2-2 |
| 146 | 丸田晃大、石井淳生、岡崎晟大、鈴木孝宗、近藤剛史、湯浅真、手嶋勝弥、寺島千晶、藤嶋昭                                                                                                     | 大気圧プラズマジェットとUVによるCO <sub>2</sub> からの有用資源の生産                                                                           | 第3回 次世代スマート・マテリアル研究会講演会                                                                                          | 東京理科大学森戸記念館                                    | 2019/11/26 | 東京理科大学、オーク製作所 | ポスター発表 | 課題1-2-2 |
| 147 | 内田晃弘、富永悠介、寺島千晶、軽部瑠美、上塚洋、鈴木孝宗、近藤剛史、星芳直、四反田功、板垣昌幸、藤嶋昭                                                                                            | マイクロ波液中プラズマ法を利用したダイヤモンドへのリンダーピング                                                                                      | 第33回ダイヤモンドシンポジウム                                                                                                 | 東京工業大学蔵前会館                                     | 2019/11/14 | 東京理科大学        | ポスター発表 | 課題1-2-2 |
| 148 | 石井淳生、丸田晃大、岡崎晟大、鈴木孝宗、近藤剛史、湯浅真、藤嶋昭、手嶋勝弥、寺島千晶                                                                                                     | 大気圧プラズマジェットと光反応を利用した二酸化炭素の有用資源化の開発                                                                                    | 第50回中部化学関係学協会支部連合秋季大会                                                                                            | 信州大学松本キャンパス                                    | 2019/11/9  | 東京理科大学、オーク製作所 | 口頭発表   | 課題1-2-2 |
| 149 | Kazuki Kato, Chiaki Terashima, Norihiro Suzuki, Takeshi Kondo, Makoto Yuasa, and Akira Fujishima                                               | Functionalization of diamond nanoparticles using of photocatalytic reaction                                           | Okinawa Colloids 2019                                                                                            | Bankoku Shinyokan, Okinawa                     | 2019/11/3  | 東京理科大学        | ポスター発表 | 課題1-2-2 |
| 150 | 寺島千晶                                                                                                                                           | ダイヤモンド薄膜の液中プラズマ合成                                                                                                     | 日本学術振興会 薄膜131委員会・水の先進理工学183委員会合同研究会                                                                              | 東京理科大学 1号館17階記念講堂                              | 2019/10/28 | 東京理科大学        | 招待講演   | 課題1-2-2 |

|     |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                           |                                                                                                             |                      |            |                     |        |               |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------------|---------------------|--------|---------------|
| 151 | Akihiro Uchida, Chiaki Terashima, Hiroshi Uetsuka, Norihiro Suzuki, Ken-ichi Katsumata, Masayuki Itagaki, Isao Shitanda, Yoshinao Hoshi, Takeshi Kondo, Akira Fujishima | Synthesis and electrochemical properties of phosphorus-doped diamond by in-liquid microwave plasma CVD process            | 30th International Conference on Diamond and Carbon Materials                                               | Mallorca, Spain      | 2019/9/13  | 東京理科大学              | ポスター発表 | 課題1-2-2       |
| 152 | 寺島千晶                                                                                                                                                                    | カーボンリサイクルを達成する次世代型人工光合成技術                                                                                                 | CCTワークショップ 2019                                                                                             | KFC Hall & Rooms     | 2019/7/12  | 東京理科大学              | 招待講演   | 課題1-2-2       |
| 153 | 内田晃弘, 寺島千晶, 上塚洋, 鈴木孝宗, 勝又健一, 星芳直, 四反田功, 板垣昌幸, 藤嶋昭                                                                                                                       | マイクロ波液中プラズマ法によるリンドープダイヤモンドの合成と電気化学特性の評価                                                                                   | 日本材料科学会2019年度学術講演大会                                                                                         | 関東学院大学・KGU関内メディアセンター | 2019/5/23  | 東京理科大学              | ポスター発表 | 課題1-2-2       |
| 154 | Y. Muta, N. Saito                                                                                                                                                       | データサイエンスを用いた導電性カーボンの三次元構造再構築                                                                                              | 表面技術協会 第142回講演大会                                                                                            | 名古屋大学                | 2020/9/1   | 名古屋大学               | 口頭発表   | 研究開発課題2       |
| 155 | J. M. Noon, N. Saito                                                                                                                                                    | クラスター分析を用いたリチウムイオン電池向けのカーボン構造と電気伝導の関係                                                                                     | 表面技術協会 第142回講演大会                                                                                            | 名古屋大学                | 2020/9/1   | 名古屋大学               | 口頭発表   | 研究開発課題1       |
| 156 | 成瀬優斗                                                                                                                                                                    | ダイヤモンド表面へのアミノ基修飾によるダイヤモンド/銅複合めっき内の界面接着状態の改善                                                                               | 一般社団法人表面技術協会 第142回講演大会                                                                                      | Online               | 2020/9/10  | 名古屋大学               | 口頭発表   | 研究開発課題2-1-1   |
| 157 | 嵐勇策                                                                                                                                                                     | 電気めっき法によるグラフェン分散銅めっき皮膜の作製                                                                                                 | 一般社団法人表面技術協会 第142回講演大会                                                                                      | Online               | 2020/9/10  | 名古屋大学               | 口頭発表   | 研究開発課題2-1-1   |
| 158 | Yuto Naruse                                                                                                                                                             | Cu/Diamond Interfacial Adhesion Improved By Using Amino Group Modified Diamonds to Electroplating of Cu/Diamond Composite | PRIME2020                                                                                                   | Online               | 2020/10/7  | 名古屋大学、トヨタ自動車株式会社    | ポスター発表 | 研究開発課題2-1-1   |
| 159 | 成瀬優斗                                                                                                                                                                    | SiC成膜ダイヤモンドの利用によるダイヤモンド複合電解銅めっきの熱伝導率向上                                                                                    | 令和2年度表面技術若手研究者・技術者研究交流発表会                                                                                   | Online               | 2020/11/20 | 名古屋大学               | 口頭発表   | 研究開発課題2-1-1   |
| 160 | 北英紀、川上元也、窪田光宏、山下誠司                                                                                                                                                      | セラミックスプロセスを含む循環システムへのエクセルギーの適用に関する考察                                                                                      | 日本セラミックス協会第33回秋季シンポジウム                                                                                      | オンライン                | 2020/9/3   | 名古屋大学               | 口頭発表   | 研究開発課題3       |
| 161 | 北英紀、川上元也、窪田光宏、山下誠司                                                                                                                                                      | エクセルギーに基づく循環システムの設計と評価                                                                                                    | 日本化学工学会秋季大会                                                                                                 | オンライン                | 2020/9/24  | 名古屋大学               | 口頭発表   | 研究開発課題3       |
| 162 | 北英紀、川上元也、窪田光宏、山下誠司                                                                                                                                                      | 大規模循環システムを対象としたエクセルギー解析ツールの開発                                                                                             | 日本化学工学会 第86年会                                                                                               | オンライン                | 2021/3/21  | 名古屋大学               | 口頭発表   | 研究開発課題3       |
| 163 | 山下誠司、北英紀、窪田光宏、竹内章浩                                                                                                                                                      | 黒色中空アルミナ蓄熱体の開発                                                                                                            | 日本化学工学会 第86年会                                                                                               | オンライン                | 2021/3/21  | 名古屋大学、中部電力ミライズ      | 口頭発表   | 研究開発課題3       |
| 164 | 北英紀、川上元也、窪田光宏、山下誠司                                                                                                                                                      | エクセルギー解析グラフツールの開発とそのセラミックスプロセスへの適用                                                                                        | 日本セラミックス協会2021年年会                                                                                           | オンライン                | 2021/3/24  | 名古屋大学               | 口頭発表   | 研究開発課題3       |
| 165 | 獅野和幸, 山田哲也, 元井昌司, 畠山辰男, 手嶋勝弥                                                                                                                                            | 柱状ZnO結晶のポリイミドフィルム表面へのダイレクト育成とその成長様式観察                                                                                     | 第49回結晶成長国内会議                                                                                                | オンライン (ZOOM)         | 2020.11.9  | 信州大学 東レエンジニアリング株式会社 | 口頭発表   | 09a-C01、課題2-2 |
| 166 | 山田哲也, 椎葉寛将, 嶋田五百里, 古山通久, 寺島千晶, 手嶋勝弥                                                                                                                                     | 異方性酸化物結晶のデータ駆動型フラックス育成                                                                                                    | 第49回結晶成長国内会議                                                                                                | オンライン (ZOOM)         | 2020.11.11 | 信州大学                | 口頭発表   | 11a-B02、課題2-2 |
| 167 | 吉田朋子                                                                                                                                                                    | 金属酸化物光触媒への窒素添加による可視光応答化                                                                                                   | 電気学会「超スマート社会の構築に繋がる革新的材料創出に向けた光・量子ビーム応用技術調査専門委員会第3回委員会・第1回研究会」                                              | オンライン                | 2020/8/18  | 大阪市立大学              | 口頭発表   | 研究開発課題1-2-1   |
| 168 | 吉田朋子                                                                                                                                                                    | 総論・ケーススタディ                                                                                                                | 近畿化学協会                                                                                                      | オンライン                | 2020/11/20 | 大阪市立大学              | 招待講演   | 研究開発課題1-2-1   |
| 169 | 吉田朋子, 山本宗昭, 加藤由真, 田辺哲朗                                                                                                                                                  | 可視光応答型アニオン光触媒の創製と放射光・電子分光融合分析                                                                                             | 第8回複合アニオンウェブセミナー                                                                                            | オンライン                | 2020/12/1  | 大阪市立大学              | 招待講演   | 研究開発課題1-2-1   |
| 170 | 吉田朋子                                                                                                                                                                    | X線吸収分光(XAFS)を利用した機能性固体材料のキャラクターゼーション                                                                                      | 2020年度X線分析研究懇談会例会                                                                                           | オンライン                | 2021/1/27  | 大阪市立大学              | 招待講演   | 研究開発課題1-2-1   |
| 171 | T. Yoshida, A. Ozawa, M. Yamamoto, T. Tanabe                                                                                                                            | Application of nitrogen ion implantation to visible light response of TiO2 photocatalyst                                  | 13th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials | オンライン                | 2021/3/9   | 大阪市立大学              | 招待講演   | 研究開発課題1-2-1   |

|     |                                           |                                                                                                            |                                                                                                                                                                                 |       |              |        |        |                           |
|-----|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------|--------|--------|---------------------------|
| 172 | Shintaro Kitagawa                         | PEDOT formation from EDOT using DBD plasma of Ar and He gases                                              | 13th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials / 14th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science | オンライン | 2021/3/8     | 大阪市立大学 | ポスター発表 | 研究開発課題1-3-1               |
| 173 | Tatsuru Shirafuji                         | Depolymerization of Polysaccharides by Gas-Liquid Interface Plasma                                         | 30th Annual Meeting of MRSJ                                                                                                                                                     | オンライン | 2020/12/9    | 大阪市立大学 | 口頭発表   | 研究開発課題1-3-1               |
| 174 | 河野 隆大                                     | 気液界面反応場を用いた天然由来高分子のプラズマ解重合                                                                                 | 第38回プラズマプロセス研究会/第33回プラズマ材料科学シンポジウム                                                                                                                                              | オンライン | 2021/1/17    | 大阪市立大学 | ポスター発表 | 研究開発課題1-3-1               |
| 175 | 中野涼, 長島悠真, 石崎貴裕                           | 蒸気コーティング法を利用したマグネシウム合金上への酸化スズ含有複合皮膜の作製                                                                     | 軽金属学会第138回春期大会                                                                                                                                                                  |       |              | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 開催中止となったが発表扱い、研究開発課題2-1-2 |
| 176 | 長島悠真, 中野涼, 石崎貴裕                           | 蒸気コーティング法を利用したAZ91D合金上に形成したマグネシウム-鉄系酸化物皮膜の耐食性と導電性評価                                                        | 軽金属学会第138回春期大会                                                                                                                                                                  |       |              | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 開催中止となったが発表扱い、研究開発課題2-1-2 |
| 177 | 武藤拓, 石崎貴裕                                 | 蒸気コーティング法を用いたAl-Zn-Mg合金上への炭素含有耐食性皮膜の作製                                                                     | 軽金属学会第138回春期大会                                                                                                                                                                  |       |              | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 開催中止となったが発表扱い、研究開発課題2-1-2 |
| 178 | 武藤拓, 石崎貴裕                                 | Al-Zn-Mg合金上へのカーボン含有耐食性皮膜の作製と評価                                                                             | 軽金属学会関東支部第7回(2020)若手研究者ポスター発表会                                                                                                                                                  | Web開催 | 2020/8/31    | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 研究開発課題2-1-2               |
| 179 | 長島悠真, 石崎貴裕                                | 蒸気コーティング法を用いたAZ91D合金上への耐酸性/導電性を有する皮膜の作製と評価                                                                 | 軽金属学会関東支部第7回(2020)若手研究者ポスター発表会                                                                                                                                                  | Web開催 | 2020/8/31    | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 研究開発課題2-1-2               |
| 180 | 長島悠真, 武藤拓, 石崎貴裕                           | 蒸気コーティング法および水熱合成法を利用したAZ91D合金上に形成したマグネシウム-鉄系酸化物皮膜の耐食性と導電性評価                                                | 軽金属学会第139回秋期大会                                                                                                                                                                  | Web開催 | 2020/11/7    | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 研究開発課題2-1-2               |
| 181 | 武藤拓, 石崎貴裕                                 | 蒸気コーティング法を用いたAl-Zn-Mg合金上への導電性を有した耐食性皮膜の作製                                                                  | 軽金属学会第139回秋期大会                                                                                                                                                                  | Web開催 | 2020/11/7    | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 研究開発課題2-1-2               |
| 182 | Ai Serizawa, Tomoya Takahashi, Yusuke Ito | Fracture behavior of anticorrosive-film fabricated on Aluminum alloys substrate by using steam             | E-MRS 2020                                                                                                                                                                      | Web開催 | 2020/5/25-29 | 芝浦工業大学 | 口頭発表   | 研究開発課題2-1-2               |
| 183 | 高井昌美, 芹澤愛, 渡邊雄一郎, 遠藤歩美                    | Al合金締結部品上へ形成したAlO(OH)皮膜の耐食性評価                                                                              | 軽金属学会関東支部第7回若手研究者ポスター発表会                                                                                                                                                        | Web開催 | 2020/7/31    | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 研究開発課題2-1-2               |
| 184 | 高橋知也, 芹澤愛, 茂泉健                            | AZ61マグネシウム合金の疲労寿命に及ぼす耐食性皮膜の膜厚の影響                                                                           | 軽金属学会関東支部第7回若手研究者ポスター発表会                                                                                                                                                        | Web開催 | 2020/7/31    | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 研究開発課題2-1-2               |
| 185 | 宮澤一彦, 芹澤愛, 塩田正彦, 山本俊, 西本一恵, 仲津照人          | Al-Mg-Si合金伸線材の機械的性質へ及ぼす加工率および二段時効の影響                                                                       | 軽金属学会関東支部第7回若手研究者ポスター発表会                                                                                                                                                        | Web開催 | 2020/7/31    | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 研究開発課題2-1-2               |
| 186 | A. Serizawa, M. Tanabe, K. Kanasugi       | Anticorrosive properties of Aluminum-hydroxide films on Aluminum alloy substrate fabricated by using steam | Eurocorr 2020                                                                                                                                                                   | Web開催 | 2020/9/8     | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 研究開発課題2-1-2               |
| 187 | 伊藤友佑, 栗原健輔, 芹澤愛                           | Al-Mg-Si合金上に作製した耐食性皮膜の引張応力化におけるき裂進展および破壊挙動の解明                                                              | 軽金属学会第139回秋期大会                                                                                                                                                                  | Web開催 | 2020/11/7    | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 研究開発課題2-1-2               |
| 188 | 高井昌美, 金杉航児, 芹澤愛                           | Al-Mg-Si合金製締結部品上へのAlO(OH)皮膜の作製およびその腐食挙動                                                                    | 軽金属学会第139回秋期大会                                                                                                                                                                  | Web開催 | 2020/11/7    | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 研究開発課題2-1-2               |
| 189 | 高橋知也, 芹澤愛, 茂泉健                            | AZ61Aマグネシウム合金の疲労寿命に及ぼす水酸化物皮膜の結晶相および膜厚の影響                                                                   | 軽金属学会第139回秋期大会                                                                                                                                                                  | Web開催 | 2020/11/7    | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 研究開発課題2-1-2               |

|     |                                                                                                                                                |                                                                                                                     |                                           |                   |            |               |        |             |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------|------------|---------------|--------|-------------|
| 190 | 宮澤一彦, 芹澤愛, 塩田正彦, 山本俊, 西本一恵, 仲津照人                                                                                                               | Al-Mg-Si合金伸線材の機械的性質に及ぼす加工率と人工時効温度の影響                                                                                | 軽金属学会第139回秋期大会                            | Web開催             | 2020/11/7  | 芝浦工業大学        | ポスター発表 | 研究開発課題2-1-2 |
| 191 | 芹澤愛                                                                                                                                            | 階層的マルチヘテロ構造の創出によるアルミニウム合金の多機能化                                                                                      | 軽金属学会第139回秋期大会                            | Web開催             | 2020/11/8  | 芝浦工業大学        | 招待講演   | 研究開発課題2-1-2 |
| 192 | 富永悠介, 内田晃弘, 寺島千晶, 辻内愛, 上塚洋, 鈴木孝宗, 近藤剛史, 湯浅真, 藤嶋昭                                                                                               | マイクロ波液中プラズマCVDを用いた大面積ダイヤモンド薄膜の製造技術の開発                                                                               | 第34回ダイヤモンドシンポジウム                          | オンライン             | 2021/1/12  | 東京理科大学        | 口頭発表   | 課題1-2-2     |
| 193 | 内田晃弘, 富永悠介, 辻内愛, 上塚洋, 鈴木孝宗, 近藤剛史, 渡辺日香里, 四反田功, 板垣昌幸, 藤嶋昭, 寺島千晶                                                                                 | マイクロ波液中プラズマ法を利用したダイヤモンドへの異元素ドーピング                                                                                   | 第34回ダイヤモンドシンポジウム                          | オンライン             | 2021/1/12  | 東京理科大学        | 口頭発表   | 課題1-2-2     |
| 194 | 高木海, 芹澤和泉, 岡崎晟大, 栗山晴男, 内田晃弘, 鈴木孝宗, 寺島千晶, 鈴木智順, 勝又健一, 藤嶋昭                                                                                       | 深紫外線と酸化チタン複合電極を用いた促進酸化による水浄化                                                                                        | 光機能材料研究会 & 拠点成果報告会 合同シンポジウム               | オンライン             | 2020/11/27 | 東京理科大学、オーク製作所 | ポスター発表 | 課題1-2-2     |
| 195 | 加藤華月, 寺島千晶, 鈴木孝宗, 萩尾健史, 上塚洋, 近藤剛史, 湯浅真, 藤嶋昭                                                                                                    | 高熱伝導材料作製に向けた光触媒によるダイヤモンド粒子の表面処理                                                                                     | 光機能材料研究会 & 拠点成果報告会 合同シンポジウム               | オンライン             | 2020/11/27 | 東京理科大学        | ポスター発表 | 課題1-2-2     |
| 196 | 丸田晃大, 鈴木孝宗, 湯浅真, 近藤剛史, 手嶋勝弥, 藤嶋昭, 寺島千晶                                                                                                         | 太陽熱触媒CeO <sub>2</sub> -TiO <sub>2</sub> の水中プラズマ法による高活性化                                                             | 光機能材料研究会 & 拠点成果報告会 合同シンポジウム               | オンライン             | 2020/11/27 | 東京理科大学        | ポスター発表 | 課題1-2-2     |
| 197 | 寺島千晶, 手嶋勝弥, 藤嶋昭                                                                                                                                | ダイヤモンド半導体によるCO <sub>2</sub> の光電気化学還元                                                                                | 第82回応用物理学会秋季学術講演会                         | オンライン             | 2021/9/13  | 東京理科大学、信州大学   | 招待講演   | 課題1-2-2     |
| 198 | 寺島千晶                                                                                                                                           | 光触媒を取り巻く環境と期待感                                                                                                      | 高分子学会フォトニクスポリマー研究会                        | オンライン             | 2021/10/27 | 東京理科大学        | 招待講演   | 課題1-2-2     |
| 199 | 富永悠介, 上塚洋, 石田直哉, 近藤剛史, 湯浅真, 藤嶋昭, 寺島千晶                                                                                                          | マイクロ波液中プラズマCVDによるボロンドープダイヤモンドの合成条件の最適化                                                                              | 第35回ダイヤモンドシンポジウム                          | オンライン             | 2021/11/17 | 東京理科大学        | ポスター発表 | 課題1-2-2     |
| 200 | Akihiro Maruta, Yuta Fujii, Norihiro Suzuki, Takeshi Kondo, Makoto Yuasa, Akira Fujishima, Katsuya Teshima, and Chiaki Terashima               | Enhanced Activity of CeO <sub>2</sub> -TiO <sub>2</sub> Solar Photothermal Catalysis over Solution Plasma Activated | Materials Research Meeting 2021 (MRM2021) | Pacifico Yokohama | 2021/12/13 | 東京理科大学、信州大学   | ポスター発表 | 課題1-2-2     |
| 201 | Y. Tominaga, A. Uchida, H. Uetsuka, N. Suzuki, N. Ishida, T. Kondo, M. Yuasa, A. Fujishima, and C. Terashima                                   | Expansion of diamond film formation area by using in liquid microwave plasma CVD                                    | Materials Research Meeting 2021 (MRM2021) | Pacifico Yokohama | 2021/12/13 | 東京理科大学        | ポスター発表 | 課題1-2-2     |
| 202 | Akihiro Maruta, Yuta Fujii, Naoya Ishida, Takeshi Kondo, Makoto Yuasa, Akira Fujishima, Katsuya Teshima, and Chiaki Terashima                  | CO <sub>2</sub> Reduction by Solar Photothermal Catalyst of Solution Plasma Activated CeO <sub>2</sub>              | 第31回日本MRS年次大会                             | パシフィコ横浜ノース        | 2021/12/14 | 東京理科大学、信州大学   | ポスター発表 | 課題1-2-2     |
| 203 | Y. Tominaga, H. Uetsuka, N. Ishida, T. Kondo, M. Yuasa, S. Sato, A. Fujishima, and C. Terashima                                                | Synthesis and Crystalline Evaluation of Boron-doped Diamond by Using In-liquid Microwave Plasma CVD                 | 第31回日本MRS年次大会                             | パシフィコ横浜ノース        | 2021/12/14 | 東京理科大学        | ポスター発表 | 課題1-2-2     |
| 204 | Akihiro Maruta, Yuta Fujii, Norihiro Suzuki, Naoya Ishida, Takeshi Kondo, Makoto Yuasa, Akira Fujishima, Katsuya Teshima, and Chiaki Terashima | Solar Photothermal Catalyst of CeO <sub>2</sub> -TiO <sub>2</sub> Enhanced by Solution Plasma Processing            | Pacificchem 2021                          | Virtual           | 2021/12/16 | 東京理科大学、信州大学   | ポスター発表 | 課題1-2-2     |
| 205 | Y. Tominaga, A. Uchida, H. Uetsuka, N. Suzuki, N. Ishida, T. Kondo, M. Yuasa, A. Fujishima, and C. Terashima                                   | Synthesis of large-area diamond film by in-liquid microwave plasma CVD                                              | Pacificchem 2021                          | Virtual           | 2021/12/16 | 東京理科大学        | ポスター発表 | 課題1-2-2     |
| 206 | 山田 哲也・手嶋 勝弥                                                                                                                                    | 六方晶窒化ホウ素のc軸結晶成長制御に向けたデータ駆動方法論の構築                                                                                    | 公益社団法人日本セラミックス協会第34回秋季シンポジウム              | オンライン (ZOOM)      | 2021.9.02  | 信州大学          | 口頭発表   | 2B07、課題2-2  |

|     |                                                          |                                                                                                                                                      |                                                                     |                        |            |                      |        |                  |
|-----|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------|------------|----------------------|--------|------------------|
| 207 | 手嶋勝弥, 山田哲也, 藤智仁, 椎葉寛将, 林文隆, 柳澤和道, 田中秀樹, 大石修治, 寺島千晶, 是津信行 | フラックス法による機能性単結晶の育成とその応用 ～信大クリスタルが拓くSDGsソリューション～                                                                                                      | 2021年第82回応用物理学会秋季学術講演会                                              | オンライン開催                | 2021.09.10 | 信州大学                 | 招待講演   | 10p-N221-1       |
| 208 | 山田 哲也・手嶋 勝弥                                              | インフォマティクスを利用したフラックス法研究の新展開                                                                                                                           | 第50回結晶成長国内会議                                                        | オンライン (ZOOM)           | 2021.10.28 | 信州大学                 | 招待講演   | 28s-C02、課題2-2    |
| 209 | 手嶋勝弥、山田哲也、藤智仁、林文隆、大石修治、寺島千晶、是津信行                         | フラックス結晶育成法が拓く新技術・新材料～信大クリスタル～                                                                                                                        | 第50回結晶成長国内会議                                                        | オンライン (ZOOM)           | 2021.10.28 | 信州大学                 | 招待講演   | 28s-C01、課題2-2    |
| 210 | 手嶋勝弥                                                     | フラックス結晶育成研究の“むかし・いま・みらい”～信大クリスタルとともに～                                                                                                                | 第15回日本フラックス成長研究発表会                                                  | 信州大学 長野(工学)キャンパス       | 2021.12.02 | 信州大学                 | 招待講演   | 1PL02            |
| 211 | 獅野和幸, 山田哲也, 手嶋勝弥                                         | Growth Mechanism of Seed-Layer-Free ZnO Crystal Layers on a Polymer Surface                                                                          | MRS-J MATERIALS RESEARCH MEETING 2021                               | バシフィコ横浜ノース:4FG403-404室 | 2021.12.14 | 信州大学, 東レエンジニアリング株式会社 | ポスター発表 | F3-PR15-08、課題2-2 |
| 212 | 山城拓也                                                     | カーボンナノチューブ含有Ni-W合金めっきの耐食性                                                                                                                            | 第31回MRS-J年次大会                                                       | オンライン                  | 2021/12/13 | 名古屋大学                | 口頭発表   | 研究開発課題2-1-1      |
| 213 | バク ジェヒョク                                                 | 電析三元系Fe-W-Zn合金めっきの腐食特性: 浴pH、めっき構造および元素組成の影響                                                                                                          | 第31回MRS-J年次大会                                                       | オンライン                  | 2021/12/13 | 名古屋大学                | 口頭発表   | 研究開発課題2-1-1      |
| 214 | 吉田朋子                                                     | 総論・ケーススタディ                                                                                                                                           | 触媒・表面部会2021年度ナノ材料の表面分析講習                                            | オンライン                  | 2021/11/5  | 大阪市立大学               | 口頭発表   | 研究課題1-2-1        |
| 215 | 吉田朋子                                                     | 窒素添加による半導体光触媒の可視光応答化                                                                                                                                 | 第4回 次世代スマート・マテリアルの創製と応用展開に関する研究会                                    | オンライン                  | 2021/11/2  | 大阪市立大学               | 口頭発表   | 研究課題1-2-1        |
| 216 | Tomoko Yoshida                                           | Application of soft X-ray spectroscopy to chemical state analysis of nitrogendoped TiO2 photocatalysts                                               | The international Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2021 | on-line                | 2021/12/17 | 大阪市立大学               | 口頭発表   | 研究課題1-2-1        |
| 217 | Tomoko Yoshida                                           | Surface modification effects of gallium oxide photocatalyst for carbon dioxide reduction                                                             | The international Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2021 | on-line                | 2021/12/21 | 大阪市立大学               | 口頭発表   | 研究課題1-2-1        |
| 218 | 白藤立                                                      | 気液界面プラズマを用いたタンパク質の高速分解                                                                                                                               | 2021年日本表面真空学会学術講演会                                                  | オンライン                  | 2021/11/3  | 大阪市立大学               | 口頭発表   | 研究開発課題1-3-1      |
| 219 | 山本紗哉加                                                    | プラズマ・液界面プロセスを用いた褐藻(オウキモ)由来フコイダンのプラズマ解重合                                                                                                              | 第39回プラズマプロセス研究会/第34回プラズマ材料科学シンポジウム                                  | オンライン                  | 2022/1/25  | 大阪市立大学               | 口頭発表   | 研究開発課題1-3-1      |
| 220 | 白藤立                                                      | プラズマ・液界面プロセスで分解したウシ血清アルブミンのFTIR評価                                                                                                                    | 第39回プラズマプロセス研究会/第34回プラズマ材料科学シンポジウム                                  | オンライン                  | 2022/1/25  | 大阪市立大学               | 口頭発表   | 研究開発課題1-3-1      |
| 221 | 河野 隆大                                                    | 気液界面プラズマによるアルギン酸ナトリウムの低分子量化に関する研究                                                                                                                    | バイオメディカルフォーラム2022                                                   | オンライン                  | 2022/1/31  | 大阪市立大学               | ポスター発表 | 研究開発課題1-3-1      |
| 222 | Ai Serizawa, Kazuhiko Miyazawa, Yusuke Ito, Masami Takai | Improving the electrochemical performance of Aluminum alloys by steam coating process                                                                | THERMEC'2020 (The 11TH THERMEC '2020 International Conference)      | オンライン                  | 2021/5/10  | 芝浦工業大学               | 招待講演   | 研究開発課題2-1-2      |
| 223 | 板野真尊, 芹澤愛                                                | 塩基性物質の添加がAlO(OH)皮膜の成長に及ぼす影響                                                                                                                          | 軽金属学会第140回春期大会                                                      | オンライン                  | 2021/5/23  | 芝浦工業大学               | ポスター発表 | 研究開発課題2-1-2      |
| 224 | 栗原健輔, 芹澤愛                                                | Al-Mg-Si系合金中に形成する2種類のナノクラスターの安定構造                                                                                                                    | 軽金属学会第140回春期大会                                                      | オンライン                  | 2021/5/23  | 芝浦工業大学               | ポスター発表 | 研究開発課題2-1-2      |
| 225 | 中野涼, 石崎貴裕                                                | 蒸気コーティングを利用した2段階プロセスによるマグネシウム合金上への酸化スズ皮膜の作製と評価                                                                                                       | 軽金属学会第140回春期大会                                                      | オンライン                  | 2021/5/23  | 芝浦工業大学               | ポスター発表 | 研究開発課題2-1-2      |
| 226 | Ai Serizawa, Kensuke Kurihara, Naotaka Itano             | Anticorrosive properties of acid-resistant films on Aluminum alloy substrate fabricated by using steam                                               | Eurocorr 2021                                                       | オンライン                  | 2021/9/21  | 芝浦工業大学               | 口頭発表   | 研究開発課題2-1-2      |
| 227 | So Yoon Lee, Ai Serizawa                                 | Facile synthesis of nanostructured Potassium-doped Titanium oxide (KTiO <sub>x</sub> s)/AlO(OH) composites to enhance the photocatalytic performance | Interfinish 2020                                                    | オンライン                  | 2021/9/6   | 芝浦工業大学               | 口頭発表   | 研究開発課題2-1-2      |

|     |                                                 |                                                                                                                        |                           |       |            |        |        |             |
|-----|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------|------------|--------|--------|-------------|
| 228 | Naotaka Itano, So<br>Yoon Lee, Ai<br>Serizawa   | Effect of Ammonia Addition on the Growth of AlO(OH) Film during Steam Coating process                                  | Interfinish 2020          | オンライン | 2021/9/7   | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 研究開発課題2-1-2 |
| 229 | Hiroto Shishida, So<br>Yoon Lee, Ai<br>Serizawa | Fabrication of AlO(OH)/carbon Hetero-structured Thin Film using Steam Coating Process                                  | Interfinish 2020          | オンライン | 2021/9/7   | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 研究開発課題2-1-2 |
| 230 | Koh Takazawa, So<br>Yoon Lee, Ai<br>Serizawa    | Long-term Stability of Potassium-incorporated Titanium oxide Nano Structured KTiO <sub>x</sub> s/AlO(OH) Photocatalyst | Interfinish 2020          | オンライン | 2021/9/7   | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 研究開発課題2-1-2 |
| 231 | 石崎貴裕                                            | マグネシウム合金の腐食と防食技術                                                                                                       | 日本マグネシウム協会 第21回 表面処理分科会例会 | オンライン | 2021/10/14 | 芝浦工業大学 | 招待講演   |             |
| 232 | Yusuke ITO, Ai<br>SERIZAWA                      | Evaluation of mechanical properties of the foamed AlO(OH) film on an Al-Mg-Si alloy by steam coating process           | 軽金属学会第141回 秋期大会           | オンライン | 2021/11/13 | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 研究開発課題2-1-2 |
| 233 | 高井昌美, 芹澤愛,<br>渡邊秀綱, 金内良夫                        | Al-5.5%Mg-4%Si合金における水蒸気時効硬化性および耐食性の評価                                                                                  | 軽金属学会第141回 秋期大会           | オンライン | 2021/11/13 | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 研究開発課題2-1-2 |
| 234 | 高橋知也, 芹澤愛,<br>茂泉健                               | Mg-Al-Zn系合金の疲労寿命に及ぼす水酸化物皮膜および基材強度の影響                                                                                   | 軽金属学会第141回 秋期大会           | オンライン | 2021/11/13 | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 研究開発課題2-1-2 |
| 235 | 宮澤一彦, 芹澤愛,<br>塩田正彦, 田内雄一朗,<br>西本一恵, 仲津照人        | 低温時効を施したAl-Mg-Si合金荒引線におけるナノクラスタの形成挙動                                                                                   | 軽金属学会第141回 秋期大会           | オンライン | 2021/11/13 | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 研究開発課題2-1-2 |
| 236 | 栗原健輔, 芹澤愛                                       | Al-Mg-Si合金におけるβ'相/母相の整合および非整合界面構造の解析                                                                                   | 軽金属学会第141回 秋期大会           | オンライン | 2021/11/13 | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 研究開発課題2-1-2 |
| 237 | 鈴木めぐみ, 石崎貴裕                                     | Al-Zn-Mg系合金上へのポーラスカーボン系複合皮膜の作製と評価                                                                                      | 軽金属学会第141回 秋期大会           | オンライン | 2021/11/13 | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 研究開発課題2-1-2 |
| 238 | 中野涼, 鈴木めぐみ,<br>石崎貴裕                             | 蒸気コーティングを利用した複合プロセスによりマグネシウム合金上へ形成したSn-O系皮膜の耐食性と導電性                                                                    | 軽金属学会第141回 秋期大会           | オンライン | 2021/11/13 | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 研究開発課題2-1-2 |
| 239 | 伊藤友佑, 芹澤愛                                       | Al-Mg-Si合金上に被覆したAlO(OH)皮膜の機械的性質およびひずみ付与による破壊機構                                                                         | 軽金属学会関東支部 第6回若手研究者講演発表会   | オンライン | 2021/11/27 | 芝浦工業大学 | 口頭発表   | 研究開発課題2-1-2 |
| 240 | 高井昌美, 芹澤愛,<br>渡邊秀綱, 金内良夫                        | 水蒸気を用いて処理したAl-5.5%Mg-4%Si合金の機械的性質および耐食性の評価                                                                             | 軽金属学会関東支部 第6回若手研究者講演発表会   | オンライン | 2021/11/27 | 芝浦工業大学 | 口頭発表   | 研究開発課題2-1-2 |
| 241 | 高橋知也, 芹澤愛,<br>茂泉健                               | 2種類のMg-Al-Zn系合金の疲労寿命に及ぼす耐食性皮膜および基材強度の影響                                                                                | 軽金属学会関東支部 第6回若手研究者講演発表会   | オンライン | 2021/11/27 | 芝浦工業大学 | 口頭発表   | 研究開発課題2-1-2 |
| 242 | 宮澤一彦, 芹澤愛,<br>塩田正彦, 田内雄一朗,<br>西本一恵, 仲津照人        | Al-Mg-Si合金荒引線のナノクラスタ形成挙動に及ぼす自然時効温度の影響                                                                                  | 軽金属学会関東支部 第6回若手研究者講演発表会   | オンライン | 2021/11/27 | 芝浦工業大学 | 口頭発表   | 研究開発課題2-1-2 |
| 243 | 栗原健輔, 芹澤愛                                       | Al-Mg-Si系合金に形成されるナノクラスタの安定性に対する局所的結合の影響                                                                                | 軽金属学会関東支部 第6回若手研究者講演発表会   | オンライン | 2021/11/27 | 芝浦工業大学 | 口頭発表   | 研究開発課題2-1-2 |
| 244 | 鈴木めぐみ, 石崎貴裕                                     | Al-Zn-Mg合金上への導電性ポーラスカーボンの作製と評価                                                                                         | 軽金属学会関東支部 第6回若手研究者講演発表会   | オンライン | 2021/11/27 | 芝浦工業大学 | 口頭発表   | 研究開発課題2-1-2 |
| 245 | 中野涼, 石崎貴裕                                       | 蒸気コーティングを利用した多段階プロセスによるマグネシウム合金上への酸化スズ皮膜の作製と評価                                                                         | 軽金属学会関東支部 第6回若手研究者講演発表会   | オンライン | 2021/11/27 | 芝浦工業大学 | 口頭発表   | 研究開発課題2-1-2 |
| 246 | 板野真尊, 李素潤,<br>芹澤愛                               | アンモニアを添加した水蒸気プロセスによって形成するAlO(OH)結晶の成長挙動                                                                                | 表面技術協会第145回講演大会           | オンライン | 2022/3/8   | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 研究開発課題2-1-2 |

|     |                                                                                                 |                                                                                                                             |                                                                               |                                  |            |               |        |             |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------|---------------|--------|-------------|
| 247 | 矢田拓太郎, 李素潤, 芹澤愛, 徳田祐樹                                                                           | 水蒸気プロセスおよびイオン化蒸着法を併用したAlO(OH)/カーボンヘテロ構造皮膜の作製                                                                                | 表面技術協会第145回講演大会                                                               | オンライン                            | 2022/3/8   | 芝浦工業大学        | ポスター発表 | 研究開発課題2-1-2 |
| 248 | 高澤滉, 李素潤, 芹澤愛                                                                                   | カリウムを添加した酸化亜鉛光触媒KZnOxおよびKZnOx/AlO(OH)複合体の光触媒特性評価                                                                            | 表面技術協会第145回講演大会                                                               | オンライン                            | 2022/3/8   | 芝浦工業大学        | ポスター発表 | 研究開発課題2-1-2 |
| 249 | 久保祐量, 鈴木めぐみ, 中野涼, 石崎貴裕                                                                          | AZ91D合金に対する蒸気コーティング法及びソルボサーマル法を利用した耐食性/導電性皮膜の作製と特性評価                                                                        | 表面技術協会第145回講演大会                                                               | オンライン                            | 2022/3/8   | 芝浦工業大学        | ポスター発表 | 研究開発課題2-1-2 |
| 250 | *Wataru Sugimoto, Kana Ito, Sho Hideshima                                                       | Charge Storage Mechanism of MnO <sub>2</sub> in Neutral Electrolyte – A rotating disk electrode study –                     | 72nd Annual Meeting of ISE                                                    | Jeju, Republic of Korea (Hybrid) | 2021/9/2   | 信州大学          | 口頭発表   | 研究開発課題2-3   |
| 251 | ○竹村 祐太、齋藤亮太、アンガ ヘルマワン、杉本 渉                                                                      | 酸化ルテニウムナノシート-酸化マンガンナノシート複合電極のスーパーキャパシタ特性                                                                                    | 2021年 電気化学秋季大会                                                                | オンライン                            | 2021/9/8   | 信州大学          | 口頭発表   | 研究開発課題2-3   |
| 252 | *Wataru Sugimoto, Yuta Takemura, Ryota Saito, Anngra Hermawan, Keisuke Muramatsu, Sho Hideshima | Synergetic Effect of RuO <sub>2</sub> Nanosheets as an Active Binder for MnO <sub>2</sub> in Aqueous Supercapacitors        | 2021 Materials Research Society-Taiwan International Conference (2021 MRSTIC) | オンライン                            | 2021/11/13 | 信州大学          | 招待講演   | 研究開発課題2-3   |
| 253 | ○竹村祐太、齋藤亮太、アンガヘルマワン、村松佳祐、杉本渉                                                                    | 酸化マンガンの電荷蓄積能の向上を目指した複合電極材料：酸化ルテニウムナノシートのアクティブバインダーとしての利用                                                                    | 電気化学会東海支部・東北支部合同シンポジウム                                                        | 長野市(ハイブリッド)                      | 2021/11/23 | 信州大学          | 口頭発表   | 研究開発課題2-3   |
| 254 | *Angga Hermawan, Ryota Saito, Yusuke Sato, Wataru Sugimoto                                      | Thickness dependent capacitance of oxide nanocomposite containing RuO <sub>2</sub> nanosheet and TiO <sub>2</sub> nanosheet | 電気化学会東海支部・東北支部合同シンポジウム                                                        | 長野市(ハイブリッド)                      | 2021/11/23 | 信州大学          | 口頭発表   | 研究開発課題2-3   |
| 255 | ○竹村祐太、齋藤亮太、アンガヘルマワン、村松佳祐、杉本渉                                                                    | ナノ構造を制御した酸化マンガンナノシート-酸化ルテニウムナノシートの電気化学特性                                                                                    | 電気化学会第89回大会                                                                   | オンライン                            | 2022/3/15  | 信州大学          | 口頭発表   | 研究開発課題2-3   |
| 256 | ○齋藤亮太、田中秀樹、手嶋勝弥、滝本大裕、秀島 翔、杉本渉                                                                   | Ir固溶層状酸化マンガンのレドックスピークの可逆性向上                                                                                                 | 電気化学会第89回大会                                                                   | オンライン                            | 2022/3/15  | 信州大学          | 口頭発表   | 研究開発課題2-3   |
| 257 | 丸田晃大、藤井悠太、安田章人、石田直哉、近藤剛史、湯浅真、藤嶋昭、手嶋勝弥、寺島千晶                                                      | 二酸化炭素還元を目的とした太陽熱触媒CeO <sub>2</sub> の基礎物性評価                                                                                  | 第26回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」                                                       | オンライン                            | 2022/3/3   | 東京理科大学、信州大学   | ポスター発表 | 課題1-2-2     |
| 258 | 富永悠介、上塚洋、石田直哉、近藤剛史、湯浅真、佐藤進、藤嶋昭、寺島千晶                                                             | マイクロ波液中プラズマCVDによるボロンドープダイヤモンド膜成長の高速化                                                                                        | 第26回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」                                                       | オンライン                            | 2022/3/3   | 東京理科大学        | ポスター発表 | 課題1-2-2     |
| 259 | 池田藍子、富永悠介、上塚洋、石田直哉、藤嶋昭、寺島千晶                                                                     | マイクロ波液中プラズマ法を用いた二酸化炭素還元                                                                                                     | 第26回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」                                                       | オンライン                            | 2022/3/3   | 東京理科大学        | ポスター発表 | 課題1-2-2     |
| 260 | 安田章人、丸田晃大、藤井悠太、石田直哉、藤嶋昭、手嶋勝弥、寺島千晶                                                               | 二酸化炭素還元を目的とした太陽熱触媒Fe-Ce 複合酸化物の性能評価                                                                                          | 第26回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」                                                       | オンライン                            | 2022/3/3   | 東京理科大学、信州大学   | ポスター発表 | 課題1-2-2     |
| 261 | 高木海、鈴木孝宗、岡崎晟大、早川壮則、丸田晃大、寺島千晶、藤嶋昭                                                                | 大気圧プラズマジェットと真空紫外線を用いたCO <sub>2</sub> 還元                                                                                     | 第26回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」                                                       | オンライン                            | 2022/3/3   | 東京理科大学、オーク製作所 | ポスター発表 | 課題1-2-2     |
| 262 | 池田藍子、石田直哉、寺島千晶、藤嶋昭                                                                              | マイクロ波液中プラズマ法を用いた二酸化炭素の固定化                                                                                                   | 日本化学会第102春季年会                                                                 | オンライン                            | 2022/3/26  | 東京理科大学        | 口頭発表   | 課題1-2-2     |
| 263 | 富永悠介、上塚洋、石田直哉、近藤剛史、湯浅真、佐藤進、藤嶋昭、寺島千晶                                                             | マイクロ波液中プラズマCVDを用いたボロンドープダイヤモンドの超高速成長                                                                                        | 日本化学会第102春季年会                                                                 | オンライン                            | 2022/3/26  | 東京理科大学        | 口頭発表   | 課題1-2-2     |
| 264 | 白藤立                                                                                             | 気液界面プラズマによる多糖類の低分子量化                                                                                                        | 31st Annual Meeting of MRSJ                                                   | オンライン                            | 2021/12/14 | 大阪市立大学        | ポスター発表 | 研究開発課題1-3-1 |
| 265 | 山本 紗哉加                                                                                          | プラズマ・液界面プロセスを用いた褐藻(オオウキモ)由来フコイダンのプラズマ解重合                                                                                    | 第69回応用物理学会春季学術講演会                                                             | オンライン                            | 2022/3/25  | 大阪市立大学        | 口頭発表   | 研究開発課題1-3-1 |



|     |                                                                                 |                                                                                                                                               |                                                                |                   |             |        |        |             |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------|-------------|--------|--------|-------------|
| 266 | 北英紀                                                                             | エクスルギー消費に基づくプロセスと社会のデザイン(基調講演)                                                                                                                | 日本セラミックス協会 2021年秋季シンポジウム                                       | オンライン             | 2021/9/1    | 名古屋大学  | 招待講演   | 研究開発課題3     |
| 267 | 苟 柔佳、山下 誠司、窪田 光宏、北 英紀                                                           | Microstructural analysis of network-like crack structure formed at Al-B4C interface                                                           | 化学工学会 第52回秋季大会                                                 | オンライン             | 2021/9/22   | 名古屋大学  | 口頭発表   | 研究開発課題3     |
| 268 | ZHOU XIN,Kita Hideki,Yamashita Seiji,Kubota Mitsuhiro                           | Development of encapsulated phase change material based on Cu for high temperature                                                            | 化学工学会 第52回秋季大会                                                 | オンライン             | 2021/9/23   | 名古屋大学  | 口頭発表   | 研究開発課題3     |
| 269 | ZHOU XIN,Kita Hideki,Yamashita Seiji,Kubota Mitsuhiro                           | Basic study on the durability of the core-shell structure heat storage body containing Cu-based                                               | The Society of Chemical Engineers (SCEJ) 87th Annual Meeting   | オンライン             | 2022/3/16   | 名古屋大学  | 口頭発表   | 研究開発課題3     |
| 270 | ○竹村祐太・齋藤亮太・アンガヘルマワ・村松佳祐・杉本渉                                                     | サイズの異なる2種ナノシートを用いた複合電極の電荷蓄積挙動                                                                                                                 | 2022年 電気化学秋季大会                                                 | 神奈川大学             | 2022/9/8    | 信州大学   | 口頭発表   | 研究開発課題2-3   |
| 271 | Yuta Takemura, Ryota Saito, Angga Hermawan, Keisuke Muramatsu, *Wataru Sugimoto | RuO2 Nanosheets as Redox Active Conductive Binders                                                                                            | Asian Conference on Electrochemical Power Sources 11 (ACEPS11) | Singapore         | 2022/12/12  | 信州大学   | 招待講演   | 研究開発課題2-3   |
| 272 | *Keisuke Muramatsu, Yuta Takemura, Ryota Saito, Angga Hermawan, Wataru Sugimoto | Design of composite electrodes with two types of metal oxide nanosheets for effective charge accumulation                                     | 5th International Conference on Nanospace Materials (ICNM2022) | Pattaya, Thailand | 2022/12/13  | 信州大学   | 口頭発表   | 研究開発課題2-3   |
| 273 | 杉本 渉                                                                            | ナノシートを用いたスーパーキャパシタの現状と課題                                                                                                                      | 日本化学会 第103春季年会(2023)                                           | 東京理科大学 野田キャンパス    | 2023/3/24   | 信州大学   | 招待講演   | 研究開発課題2-3   |
| 274 | ○杉本 渉、ヘルマワ・アンガ、齋藤 亮太、村松 佳祐                                                      | RuO2-TiO2複合ナノシート電極の組成と膜厚が蓄電能に及ぼす影響                                                                                                            | 電気化学会第90 回大会                                                   | 東北工業大学            | 2023/3/27   | 信州大学   | 口頭発表   | 研究開発課題2-3   |
| 275 | Kim D.; Shiiba H.; Zettsu N.; Teshima K.                                        | Surface oxy-sulfidation of LiNi0.5Mn1.5O4 single crystals and characterization of their electrochemical properties                            | 第59回電池討論会                                                      | 大阪府立国際会議場         | 2018.11.28  | 信州大学   | ポスター発表 | 課題2-2       |
| 276 | Kim H.; Zettsu N.; Teshima K.                                                   | Insulating binder-free anodes for lithium ion batteries consisting of covalently cross-linked MW-CNTs network and silicon-carbon microspheres | 第59回電池討論会                                                      | 大阪府立国際会議場         | 2018.11.28. | 信州大学   | ポスター発表 | 課題2-2       |
| 277 | 山田哲也、手嶋勝弥                                                                       | テンプレート援用フラックス法による機能性単結晶の育成                                                                                                                    | 第47回結晶成長国内会議                                                   | 仙台市戦災復興記念館        | 2018.11.01. | 信州大学   | 口頭発表   | 課題2-2       |
| 278 | 板野真尊、李素潤、芹澤愛                                                                    | アンモニアを添加した水蒸気プロセスによって形成するAlO(OH)結晶の成長挙動                                                                                                       | 表面技術協会第145回講演大会                                                | オンライン             | 2022/3/8    | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 研究開発課題2-1-2 |
| 279 | 矢田拓太郎、李素潤、芹澤愛、徳田祐樹                                                              | 水蒸気プロセスおよびイオン化蒸着法を併用したAlO(OH)/カーボンヘテロ構造皮膜の作製                                                                                                  | 表面技術協会第145回講演大会                                                | オンライン             | 2022/3/8    | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 研究開発課題2-1-2 |
| 280 | 高澤滉、李素潤、芹澤愛                                                                     | カリウムを添加した酸化亜鉛光触媒KZnOxsおよびKZnOxs/AlO(OH)複合体の光触媒特性評価                                                                                            | 表面技術協会第145回講演大会                                                | オンライン             | 2022/3/8    | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 研究開発課題2-1-2 |
| 281 | 久保祐量、鈴木めぐみ、中野涼、石崎貴裕                                                             | AZ91D合金に対する蒸気コーティング法及びソルボサーマル法を利用した耐食性/導電性皮膜の作製と特性評価                                                                                          | 表面技術協会第145回講演大会                                                | オンライン             | 2022/3/8    | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 研究開発課題2-1-2 |
| 282 | 石崎貴裕                                                                            | 水蒸気を利用したマグネシウム合金の防食処理                                                                                                                         | 日本マグネシウム協会 第22回 表面処理分科会例会                                      | 京橋区民会館            | 2022/10/5   | 芝浦工業大学 | 招待講演   | 研究課題2-1-2   |
| 283 | 鈴木めぐみ、石崎貴裕                                                                      | Al-Zn-Mg系合金上への導電性と耐食性を有するカーボン系複合皮膜の作製                                                                                                         | 軽金属学会第143回秋季大会                                                 | 東京工業大学大岡山キャンパス    | 2022/11/12  | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 研究課題2-1-2   |
| 284 | 石崎貴裕                                                                            | 蒸気コーティングを利用したマグネシウム合金の防食技術                                                                                                                    | 第85回高性能Mg合金創成加工研究会                                             | 熊本大学              | 2022/12/1   | 芝浦工業大学 | 招待講演   | 研究課題2-1-2   |
| 285 | 栗原健輔、芹澤愛                                                                        | Al-Mg-Si系合金に形成されるβ”相の形態がβ”/Al界面の構造および安定性に及ぼす影響                                                                                                | 軽金属学会第142回春期大会                                                 | オンライン             | 2022/5/28   | 芝浦工業大学 | ポスター発表 | 研究課題2-1-2   |

|     |                                                                                                         |                                                                                                                  |                                           |                     |            |                |        |             |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------|------------|----------------|--------|-------------|
| 286 | 栗原健輔, 芹澤愛                                                                                               | 第一原理計算によるAl-Mg-X (X=Si, Ge)合金における溶質原子および空孔間の相互作用                                                                 | 材料学会第71期学術講演会                             | オンライン               | 2022/5/31  | 芝浦工業大学         | 口頭発表   | 研究課題2-1-2   |
| 287 | 芹澤愛                                                                                                     | アルミニウム合金上に形成した耐食性皮膜の力学特性評価                                                                                       | 第23回力標準トレーサビリティワークショップ                    | 国立京都国際会館            | 2022/7/1   | 芝浦工業大学         | 招待講演   | 研究課題2-1-2   |
| 288 | Kensuke Kurihara, Ai Serizawa, Tomohito Tsuru, Ivan Lobzenko                                            | First principles study on the local bonding of nanoclusters formed in an Al-Mg-Si alloy                          | ICAA18                                    | Toyma, Japan        | 2022/9/5   | 芝浦工業大学         | ポスター発表 | 研究課題2-1-2   |
| 289 | Ai SERIZAWA, So Yoon LEE, Kensuke KURIHARA, Naotaka ITANO, Yuchen WANG, Hirotaro SHISHIDA, Koh TAKAZAWA | Anticorrosive properties of acid-resistant films on Aluminum alloy substrate fabricated by steam coating process | ICAA18                                    | Toyma, Japan        | 2022/9/6   | 芝浦工業大学         | 口頭発表   | 研究課題2-1-2   |
| 290 | 板野真尊, 李素潤, 芹澤愛                                                                                          | 蒸気プロセスの蒸気源へ添加する塩基性物質の種類およびpHがAl合金へ耐食性皮膜の形成に及ぼす影響                                                                 | 軽金属学会関東支部総会第8回若手研究者ポスター発表会                | オンライン               | 2022/9/17  | 芝浦工業大学         | ポスター発表 | 研究課題2-1-2   |
| 291 | 栗原健輔, 芹澤愛                                                                                               | Al-Mg-X (X=Si, Ge)合金における溶質原子および空孔間相互作用の第一原理計算                                                                    | 軽金属学会関東支部総会第8回若手研究者ポスター発表会                | オンライン               | 2022/9/17  | 芝浦工業大学         | ポスター発表 | 研究課題2-1-2   |
| 292 | 田村拓太郎, 徳田祐樹, 李素潤, 芹澤愛                                                                                   | 水蒸気プロセスを用いたAl合金上へのAlO(OH)/カーボンヘテロ構造皮膜の形成                                                                         | 軽金属学会関東支部総会第8回若手研究者ポスター発表会                | オンライン               | 2022/9/17  | 芝浦工業大学         | ポスター発表 | 研究課題2-1-2   |
| 293 | 高澤滉, 李素潤, 芹澤愛                                                                                           | 水蒸気プロセスによって作製したKTiO <sub>x</sub> s / AlO(OH)複合体の光触媒特性評価                                                          | 軽金属学会関東支部総会第8回若手研究者ポスター発表会                | オンライン               | 2022/9/17  | 芝浦工業大学         | ポスター発表 | 研究課題2-1-2   |
| 294 | Ken Moizumi, Yuya Hirai, Yunsoo Lim, Ai Serizawa                                                        | Effect of Cu addition on thermal fatigue cracking in Al-Si alloys                                                | The 74th World Foundry Congress(WFC 2022) | BEXCO, Busan, Korea | 2022/10/19 | いすゞ自動車, 芝浦工業大学 | 招待講演   | 研究課題2-1-2   |
| 295 | 神田慶吾, 李素潤, 芹澤愛                                                                                          | 加圧式水熱合成法を用いた複合物触媒CaFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> の作製                                                            | 第51回結晶成長国内会議(JCCG-51)                     | RCC文化センター、広島        | 2022/11/1  | 芝浦工業大学         | ポスター発表 | 研究課題2-1-2   |
| 296 | 田村拓太郎, 徳田祐樹, 李素潤, 芹澤愛                                                                                   | 蒸気プロセスを用いたAl合金上へのAlO(OH)/カーボンヘテロ構造皮膜の形成                                                                          | 第51回結晶成長国内会議(JCCG-51)                     | RCC文化センター、広島        | 2022/11/1  | 芝浦工業大学         | ポスター発表 | 研究課題2-1-2   |
| 297 | 芹澤愛, 栗原健輔, 板野真尊                                                                                         | 水蒸気プロセスによるアルミニウム合金上での水酸化物の結晶成長                                                                                   | 第51回結晶成長国内会議(JCCG-51)                     | RCC文化センター、広島        | 2022/11/2  | 芝浦工業大学         | 招待講演   | 研究課題2-1-2   |
| 298 | Ai Serizawa, Kensuke Kurihara, Naotaka Itano, Koh Takazawa                                              | Anticorrosive properties of AlO(OH) film fabricated on Al substrate by steam coating process                     | WCETAS-2022                               | Bangkok, Thailand   | 2022/11/8  | 芝浦工業大学         | 口頭発表   | 研究課題2-1-2   |
| 299 | 板野真尊, 李素潤, 芹澤愛                                                                                          | 水蒸気プロセスの蒸気源へ添加する塩基性物質の種類およびpHがAl合金へ耐食性皮膜形成に及ぼす影響                                                                 | 軽金属学会第143回秋期大会                            | 東京工業大学大岡山キャンパス      | 2022/11/12 | 芝浦工業大学         | ポスター発表 | 研究課題2-1-2   |
| 300 | 王宇辰, 栗原健輔, 芹澤愛                                                                                          | Al-5.6%Zn-2.6%Mg合金における $\eta'$ 相の析出量がセレーション挙動に及ぼす影響                                                              | 軽金属学会第143回秋期大会                            | 東京工業大学大岡山キャンパス      | 2022/11/12 | 芝浦工業大学         | ポスター発表 | 研究課題2-1-2   |
| 301 | 栗原健輔, 芹澤愛                                                                                               | Al-Mg-Si合金およびAl-Mg-Ge合金における溶質原子および空孔間の相互作用                                                                       | 軽金属学会第143回秋期大会                            | 東京工業大学大岡山キャンパス      | 2022/11/12 | 芝浦工業大学         | ポスター発表 | 研究課題2-1-2   |
| 302 | 高澤滉, 李素潤, 芹澤愛                                                                                           | 水蒸気プロセスで作製したKTiO <sub>x</sub> s / AlO(OH)複合体の光触媒特性評価                                                             | 軽金属学会第143回秋期大会                            | 東京工業大学大岡山キャンパス      | 2022/11/12 | 芝浦工業大学         | ポスター発表 | 研究課題2-1-2   |
| 303 | 古殿幸祐, 鈴木めぐみ, 久保祐量, 石崎貴裕                                                                                 | 蒸気コーティング法を利用したA7075合金への導電性を有する耐食性皮膜の作製                                                                           | 表面技術協会第147回講演大会                           | 千葉工業大学津田沼キャンパス      | 2023/3/7   | 芝浦工業大学         | ポスター発表 | 研究開発課題2-1-2 |
| 304 | 山本 紗哉加, 呉 準席, 白藤 立, 前澤 志織, 高岡 素子                                                                        | プラズマ・液界面プロセスを用いた褐藻(オオウキモ)由来フコイダンのプラズマ解重合                                                                         | 第39回プラズマプロセス研究会／第34回プラズマ材料科学シンポジウム        | オンライン               | 2022/1/25  | 大阪市立大学         | 口頭発表   | 研究開発課題1-3-1 |
| 305 | 白藤 立, 中谷 大樹, 呉 準席, 前澤 志織, 高岡 素子                                                                         | プラズマ・液界面プロセスで分解したウシ血清アルブミンのFTIR評価                                                                                | 第39回プラズマプロセス研究会／第34回プラズマ材料科学シンポジウム        | オンライン               | 2022/1/25  | 大阪市立大学         | 口頭発表   | 研究開発課題1-3-1 |
| 306 | 河野 隆大, 中谷 大樹, 呉 準席, 白藤 立                                                                                | 気液界面プラズマによるアルギン酸ナトリウムの低分子量化に関する研究                                                                                | バイオメディカルフォーラム2022                         | オンライン               | 2022/1/31  | 大阪市立大学         | ポスター発表 | 研究開発課題1-3-1 |

|     |                                                                                                              |                                                                                                                 |                                                                                                                               |                 |           |        |      |                 |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------|--------|------|-----------------|
| 307 | 山本 紗哉加, 呉 準<br>席, 白藤 立, 前澤 志<br>織, 高岡 素子                                                                     | プラズマ・液界面プロ<br>セスを用いた褐藻(オ<br>オウキモ)由来フコイ<br>ダンのプラズマ解重合                                                            | 第69回応用物理学会<br>春季学術講演会                                                                                                         | オンライン           | 2022/3/25 | 大阪市立大学 | 口頭発表 | 研究開発課題1-3-<br>1 |
| 308 | S. Yamamoto, S.<br>Maezawa, T. Shirafuji,<br>M. Takaoka, and J.-<br>S. Oh                                    | Rapid preparation of<br>low-molecular-weight<br>fucoidan using a<br>plasma-liquid<br>interface process          | 2022 MRS Spring<br>Meeting & Exhibit                                                                                          | オンライン           | 2022/5/24 | 大阪公立大学 | 口頭発表 | 研究開発課題1-3-<br>1 |
| 309 | Tomohiro Okamoto,<br>Tatsuru Shirafuji,<br>Jun-Seok Oh                                                       | Polymerization of<br>EDOT on H2O by<br>DBD treatment                                                            | 11th International<br>Conference on<br>Reactive Plasmas                                                                       | 仙台国際会<br>議場     | 2022/10/6 | 大阪公立大学 | 口頭発表 | 研究開発課題1-3-<br>1 |
| 310 | Sayaka Yamamoto,<br>Haruki Kato, Jun-<br>Seok Oh, Tatsuru<br>Shirafuji, Shiori<br>Maezawa, Motoko<br>Takaoka | Preparation of low-<br>molecular-weight<br>fucoidan using multi-<br>nozzle linear DBD in<br>contact with liquid | 15th International<br>Symposium on<br>Advanced Plasma<br>Science and its<br>Applications for<br>Nitrides and<br>Nanomaterials | 岐阜大学            | 2023/3/7  | 大阪公立大学 | 口頭発表 | 研究開発課題1-3-<br>1 |
| 311 | 白藤 立, 加藤 晴輝,<br>山本 紗哉加, 呉 準<br>席, 高岡 素子                                                                      | DBD埋め込みマイクロ<br>コンタクタによる液体<br>処理                                                                                 | 第70回応用物理学会<br>春季学術講演会                                                                                                         | 上智大学四<br>谷キャンパス | 2023/3/16 | 大阪公立大学 | 口頭発表 | 研究開発課題1-3-<br>1 |

## (平成30年度～令和4年度) OPERA 活動実績一覧【幹事機関:名古屋大学】

領域名 地域資源活用型エネルギーエコシステムを構築するための基盤技術の創出

## ⑪ 受賞

| No | 受賞名                                                                                                                                                                                        | 主催(表彰団体名)                                                                                        | 受賞者氏名                                 | 受賞者所属機関           | 受賞年月       | 備考<br>(関連する研究開発課題番号等) |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------|------------|-----------------------|
| 1  | The International Conference on Advanced and Applied Petroleum, Petrochemicals, and Polymers 2018<br>The Macromolecular Materials and Engineering (MME) poster award in Sustainable Energy |                                                                                                  | Phan Quoc Phu, Nagahiro Saito他        | 名古屋大学             | 2018.12.20 | 研究開発課題1-1-1           |
| 2  | 第5回大阪市立大学女性研究者大学院生奨励賞(岡村賞)                                                                                                                                                                 | 大阪市立大学                                                                                           | 小澤晃代                                  | 大阪市立大学、堺化学工業株式会社  | 2018.12.21 | 研究開発課題1-2-1           |
| 3  | 一般社団法人表面技術協会<br>学術奨励賞                                                                                                                                                                      | 一般社団法人表面技術協会                                                                                     | 武藤拓, 石崎貴裕                             | 芝浦工業大学            | 2019.3.18  | 研究開発課題2-1-2           |
| 4  | 一般社団法人軽金属学会<br>平成30年度軽金属希望の星賞                                                                                                                                                              | 一般社団法人軽金属学会                                                                                      | 嶋田雄太, 石崎貴裕                            | 芝浦工業大学            | 2019.1.22  | 研究開発課題2-1-2           |
| 5  | 一般社団法人軽金属学会<br>平成30年度軽金属希望の星賞                                                                                                                                                              | 一般社団法人軽金属学会                                                                                      | 森浩太郎, 芹澤愛                             | 芝浦工業大学            | 2019.1.22  | 研究開発課題2-1-2           |
| 6  | 一般社団法人軽金属学会<br>優秀ポスター発表賞                                                                                                                                                                   | 一般社団法人軽金属学会                                                                                      | 森浩太郎, 芹澤愛                             | 芝浦工業大学            | 2018.11.10 | 研究開発課題2-1-2           |
| 7  | 一般社団法人軽金属学会<br>優秀ポスター発表賞                                                                                                                                                                   | 一般社団法人軽金属学会                                                                                      | 宮下智弘, 石崎貴裕                            | 芝浦工業大学            | 2018.11.10 | 研究開発課題2-1-2           |
| 8  | Winner of Poster Presentation                                                                                                                                                              | The 2nd International Conference on Materials Research and Innovation                            | M. Tipplook, N. Saito                 | Nagoya University | 2019.12    | 研究開発課題1-1-1           |
| 9  | Poster Rewards                                                                                                                                                                             | 3rd Smart Materials Research Meeting Lecture                                                     | P.Q. Phu, N. Saito                    | Nagoya University | 2019.12    | 研究開発課題1-1-1           |
| 10 | Student Award                                                                                                                                                                              | 12th International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices '19 | 赤柄誠人                                  | 大阪市立大学            | 2019.9     | 研究開発課題1-2-1           |
| 11 | Outstanding Research Award                                                                                                                                                                 | Osaka-Kansai International Symposium on Catalysis 2019                                           | 吉岡こころ                                 | 大阪市立大学            | 2019.9     | 研究開発課題1-2-1           |
| 12 | 教員活動表彰(研究分野)                                                                                                                                                                               | 大阪市立大学                                                                                           | 吉田朋子                                  | 大阪市立大学            | 2019.6     | 研究開発課題1-2-1           |
| 13 | 日本表面真空学会誌賞                                                                                                                                                                                 | 日本表面真空学会                                                                                         | 白藤 立                                  | 大阪市立大学            | 2019.10    | 研究開発課題1-3-1           |
| 14 | 優秀英語ポスター発表賞                                                                                                                                                                                | 一般社団法人軽金属学会                                                                                      | 宮下智弘, 稲村萌々, 長島悠真, 石崎貴裕                | 芝浦工業大学            | 2019.5     | 研究開発課題2-1-2           |
| 15 | 令和元年度軽金属希望の星賞                                                                                                                                                                              | 一般社団法人軽金属学会                                                                                      | 宮下智弘, 石崎貴裕                            | 芝浦工業大学            | 2020.1     | 研究開発課題2-1-2           |
| 16 | 軽金属学会第139回秋期大会, 優秀ポスター発表賞                                                                                                                                                                  | 軽金属学会                                                                                            | 武藤拓, 石崎貴裕                             | 芝浦工業大学            | 2020.11    | 研究開発課題2-1-2           |
| 17 | 軽金属学会女性未来賞                                                                                                                                                                                 | 軽金属学会                                                                                            | 芹澤愛                                   | 芝浦工業大学            | 2020.11    | 研究開発課題2-1-2           |
| 18 | 軽金属学会希望の星賞                                                                                                                                                                                 | 軽金属学会                                                                                            | 長島悠真, 石崎貴裕                            | 芝浦工業大学            | 2021.1     | 研究開発課題2-1-2           |
| 19 | 第2回ダイヤモンド・DLC関連若手研究会若手の会プレゼンテーション賞ゴールド                                                                                                                                                     | ニューダイヤモンドフォーラム                                                                                   | 富永悠介, 上塚洋, 石田直哉, 近藤剛史, 湯浅真, 藤嶋昭, 寺島千晶 | 東京理科大学            | 2021.11    | 課題1-2-2               |
| 20 | 軽金属学会関東支部第6回若手研究者講演発表会 最優秀研究講演賞                                                                                                                                                            | 軽金属学会                                                                                            | 高井昌美, 芹澤愛                             | 芝浦工業大学            | 2021.11    | 研究開発課題2-1-2           |
| 21 | 軽金属学会関東支部第6回若手研究者講演発表会 優秀研究講演賞                                                                                                                                                             | 軽金属学会                                                                                            | 栗原健輔, 芹澤愛                             | 芝浦工業大学            | 2021.11    | 研究開発課題2-1-2           |
| 22 | 軽金属学会関東支部第6回若手研究者講演発表会 優秀研究講演賞                                                                                                                                                             | 軽金属学会                                                                                            | 宮澤一彦, 芹澤愛                             | 芝浦工業大学            | 2021.11    | 研究開発課題2-1-2           |

|    |                                            |                         |                               |        |         |             |
|----|--------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|--------|---------|-------------|
| 23 | 軽金属学会関東支部<br>第6回若手研究者講演<br>発表会 最優秀聴<br>講者賞 | 軽金属学会                   | 栗原健輔, 芹澤愛                     | 芝浦工業大学 | 2021.11 | 研究開発課題2-1-2 |
| 24 | 軽金属学会関東支部<br>第6回若手研究者講演<br>発表会 自動車賞        | 軽金属学会                   | 高橋知也, 芹澤愛                     | 芝浦工業大学 | 2021.11 | 研究開発課題2-1-2 |
| 25 | 軽金属学会 希望の<br>星賞                            | 軽金属学会                   | 中野涼, 石崎貴裕                     | 芝浦工業大学 | 2022.1  | 研究開発課題2-1-2 |
| 26 | 軽金属学会 希望の<br>星賞                            | 軽金属学会                   | 伊藤友佑, 芹澤愛                     | 芝浦工業大学 | 2022.1  | 研究開発課題2-1-2 |
| 27 | 第8回若手研究者ポ<br>スター発表会優秀ポ<br>スター賞             | 軽金属学会関東支部               | 宍田拓太郎, 徳田<br>祐樹, 李素潤, 芹<br>澤愛 | 芝浦工業大学 | 2022.9  | 研究開発課題2-1-2 |
| 28 | 第8回若手研究者ポ<br>スター発表会関東支<br>部賞               | 軽金属学会関東支部               | 板野真尊, 李素潤,<br>芹澤愛             | 芝浦工業大学 | 2022.9  | 研究開発課題2-1-2 |
| 29 | 第8回若手研究者ポ<br>スター発表会関東支<br>部特別賞             | 軽金属学会関東支部               | 宍田拓太郎, 徳田<br>祐樹, 李素潤, 芹<br>澤愛 | 芝浦工業大学 | 2022.9  | 研究開発課題2-1-2 |
| 30 | 第8回若手研究者ポ<br>スター発表会関東支<br>部特別賞             | 軽金属学会関東支部               | 板野真尊, 李素潤,<br>芹澤愛             | 芝浦工業大学 | 2022.9  | 研究開発課題2-1-2 |
| 31 | 軽金属論文新人賞                                   | 軽金属学会                   | 栗原健輔, 芹澤愛                     | 芝浦工業大学 | 2022.11 | 研究開発課題2-1-2 |
| 32 | 軽金属学会第143回<br>秋期大会優秀ポ<br>スター発表賞            | 軽金属学会                   | 栗原健輔, 芹澤愛                     | 芝浦工業大学 | 2022.11 | 研究開発課題2-1-2 |
| 33 | 令和4年度軽金属希<br>望の星賞                          | 軽金属学会                   | 板野真尊, 芹澤愛                     | 芝浦工業大学 | 2023.1  | 研究開発課題2-1-2 |
| 34 | 令和4年度軽金属希<br>望の星賞                          | 軽金属学会                   | 栗原健輔, 芹澤愛                     | 芝浦工業大学 | 2023.1  | 研究開発課題2-1-2 |
| 35 | 令和4年度軽金属希<br>望の星賞                          | 軽金属学会                   | 鈴木めぐみ, 石崎<br>貴裕               | 芝浦工業大学 | 2023.1  | 研究課題2-1-2   |
| 36 | プラズマ材料科学賞<br>基礎部門賞                         | 名古屋大学低温プラズマ<br>科学研究センター | 白藤 立                          | 大阪公立大学 | 2023.1  | 研究開発課題1-3-1 |

## 8 社会実装に向けたロードマップ

### 1) 外部化法人 「Tokai Innovation Institute (TII) (株)」構想

オープンイノベーション機構（OI 推進室）は、将来的に法人格を持つ TII「Tokai Innovation Institute (TII) (株)」への発展を目指す（2023 年 10 月 2 日事業開始予定）。本 TII の設置は、当 OPERA プロジェクトにおける「成果の社会実装を目指す方針」に強く影響され、その趣旨で設置を計画したものである。TII のビジネススキームを図 8-1 に示すが、TII では共同研究斡旋、共同研究実施、コンサルティングを行う計画である。また TII として知財権を所有せず知財の活用にかかわる連携先の紹介は行う。なお、本内容は「令和 3 年度国立大学イノベーション創出環境強化事業」に提案し採択済みである。

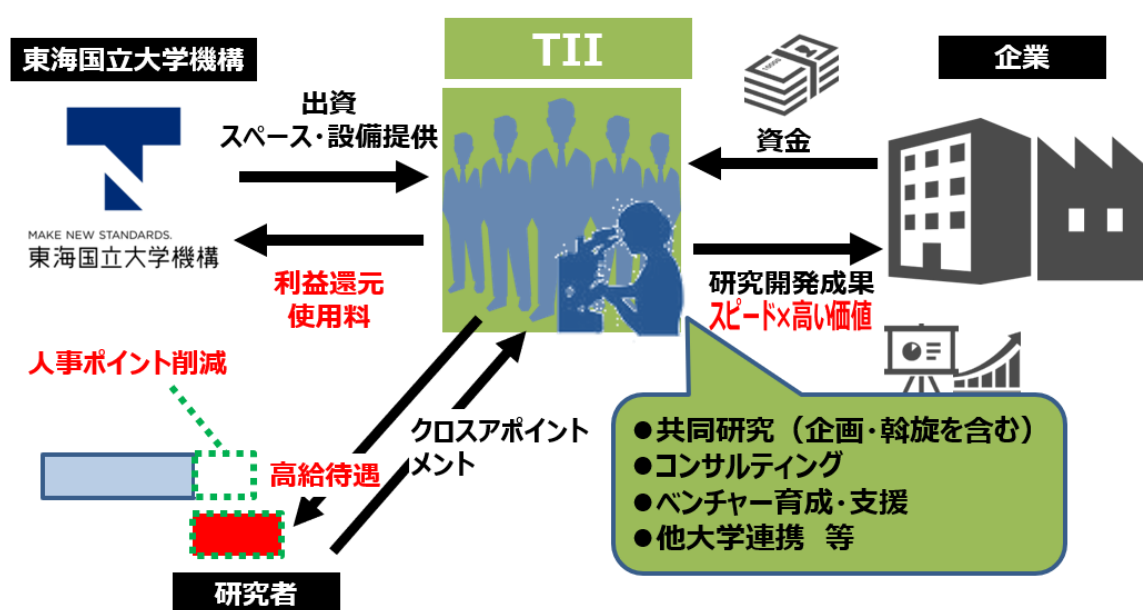


図 8-1 外部化法人 「Tokai Innovation Institute (TII) (株)」構想

### 2) OPERA 成果の社会実装シナリオ

#### 2)-1 社会実装の観点で見た成果の現状と分析／大学組織における位置づけ

図 8-2 は社会実装に向け、複数の段階(ステージ)に分け、OPERA での競争領域移行成果がどのステージにあるかを示した図である。これまでに OPERA で進めていたカーボンデータベースの構築に伴うデータ入力システムとソフトの購入（課題 1-1-2）や試作機器の購入（課題 3-1-1）といった各研究課題については OI 機構からの支援もあり、最終的に本 OPERA プロジェクトの成果として競争領域への移行が加速された。特に、課題 3-1-1 の場合ネックとなっていた低コスト化、量産技術に見通しが立つと共に実機試験が実施されたことで、OPERA 非参画企業 2 社とのライセンス契約の検討段階に移行することができた。

それ以外の成果についても図 8-2 におけるステージ 0 とステージ 1 のゲートをクリアすべく、公的資金も活用しながら共同研究を継続している。OI の支援が特に必要であるステージ 2 以降においては、事業化に必要な企業連携の構築等を中心に支援する予定である。特に、ここに挙げたテーマはいずれも脱炭素に寄与するものであるために、名古屋大学未来社会創造機構内に 2022 年 4 月に設置された脱炭素社会創造センターで進める

テーマもあることから、今後は同センターとの産学官連携活動の中で継続的にフォローする。

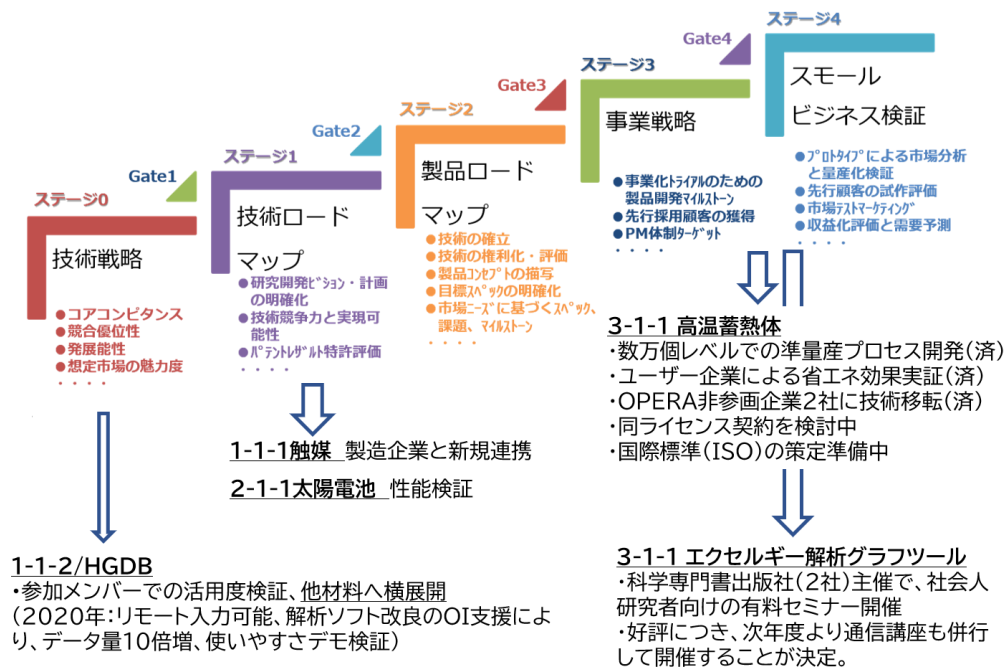


図 8-2 競争領域移行成果の分析と今後解決すべき課題

## 2)2 これまで得られた競争領域移行成果の社会実装に向けたシナリオ

社会実装が見込まれる成果について、10年間のスケジュールを表 8-1 に纏めた。

表 8-1 これまで得られた競争領域移行成果の社会実装に向けたシナリオ

| FY→                                                           | 2023          | 2024 | 2025         | 2026 | 2027 | 2028  | 2029  | 2030                      | 2031 | 備考                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------|---------------|------|--------------|------|------|-------|-------|---------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1-1-1<br>白金フリー酸素還<br>元触媒HG                                    | 実証研究          | R    | 量産準備、製造設備拡充  |      |      |       |       | 製造・販売                     |      |                                                                                             |
| 1-1-2<br>機能構造解析テ<br>クニクスHG                                    | 市場調査、<br>内容検討 | R    | 製品改良、有効性検証   |      |      |       |       | 第三者への販売 and/or<br>企業内での活用 |      |                                                                                             |
| 3-1-1 蓄熱体適<br>用に向けたセラ<br>ミックスの特性改<br>良と形状効果<br>【選択吸収アルミ<br>ナ】 | 生産<br>準備      | R    | ISO化プロジェクト期間 |      |      | 製造・販売 |       |                           |      | ・現在ライセンス契約<br>検討中の2社を想定<br>・ISOについては現在<br>FS委員会で審議中。<br>提案は決定。2022年<br>度末にプロジェクト化<br>の判断あり。 |
| 3-1-1 同<br>【高温PCM】                                            | 技術移転先<br>の調査  | R    | 生産準備         |      |      |       | 製造・販売 |                           |      |                                                                                             |
| 3-1-2 科学的<br>LCAの開発<br>【エクセルギー解<br>析グラフツール】                   | 市場調査、<br>内容検討 | R    | 製品<br>改良     |      |      | 販売    |       |                           |      |                                                                                             |

## 9 領域統括によるプロジェクト総括と今後の展望

### 1) 本領域の代表的な課題に関する今後の展望

冒頭のエグゼクティブサマリーで述べたように、競争領域への移行4件(2023.5.31 現在)を含め、成果を生むことができた。そして競争領域移行後の成果についても、OPERA 非参画企業とのライセンス契約の検討段階に移行した成果や、新たなオープンクローズ戦略の方法論として、海外も含めた社会実装への足掛かりを得るため、知財と国際標準化の統合戦略を推し進めてきた。その成果として、以下を主たる今後の取り組みとしてまとめる。

#### 【カーボン材料のデータベース】

データベースの知財化と今後の Hetero-DIA への活用の向けた、OI 主導型のデータベース活用をめざした TII の設置が決定し、今後は国際展開を含めて社会実装へ向けた利活用のプロジェクトへと発展することになった。

#### 【白金フリー酸素還元触媒】

現在の燃料電池用触媒などに用いられている白金に置き換わる新しい触媒として、今後はその触媒メカニズムの部分における知財戦略を強化するとともに、社会実装をめざした量産化プロセスへの移行を進めることとなった。

#### 【熱マネジメント、蓄熱体】

温域での光吸収特性に優れたアルミナセラミックス及び同材料をシェルとする高温型潜熱蓄熱体を含むセラミック蓄熱体を検討対象とした、国際標準化プロジェクトが2023 年度から3 年間の予定で立ち上がることになった<sup>1)</sup>。

- 1) 2023 年度事業計画 p.3 「(d) カーボンニュートラルに向けた脱炭素・再生可能エネルギーの有効活用と熱エネルギーマネジメントに関する標準化調査」  
JFCA HP JFCA 紹介； <https://www.jfca-net.or.jp/contents/view/3035/>

### 2) 本領域の成果まとめ

#### 【本領域における5 年間の定量的な成果】

| OPERA 構成要件              | 取り組みの現状(2022 年度までの結果)                                                                                    |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 参画機関の追加<br>(民間6 社以上)    | 2018 年度実績: 13 社, 2019 年度実績: 16 社, 2020 年度:19 社,<br>2021 年度実績: 21 社, 2022 年度実績: 21 社                      |
| 民間資金の拡大<br>(60 百万円/年以上) | 2018 年度実績:40,945 千円, 2019 年度実績: 94,960 千円, 2020 年度:92,601 千円, 2021 年度実績: 67,500 千円, 2022 年度実績: 64,250 千円 |



|                            |                   |                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 博士後期課程学生の<br>RA 等雇用（6 名以上） |                   | 2018 年度:後期課程学生 7 名参加(うち民間資金による雇用 4 名)<br>就職者は 1 名,<br>2019 年度:後期課程学生 11 名参加(うち民間資金による雇用 6 名)<br>就職者は 2 名,<br>2020 年度:後期課程学生 14 名参加(うち民間資金による雇用 7 名)<br>2021 年度:後期課程学生 10 名参加(うち民間資金による雇用 7 名)<br>2022 年度:後期課程学生 15 名参加(うち民間資金による雇用 7 名) |
| 共同研究<br>ガイドライン             | 間接費適正化<br>管理の高度化  | 名大：既設の「指定共同研究制度」にて対応(間接費：30%, アワーレート方式による積算など),<br>他大学も独自の制度で対応                                                                                                                                                                         |
|                            | RA の処遇・<br>教育上の配慮 | 名大の処遇：24 万円/月(フルタイム)を含め全参加大学で制度確立<br>論文作成・発表と就職自由度の担保（企業合意済）<br>他大学も独自の制度で対応                                                                                                                                                            |
|                            | 知財管理方針            | 共創コンソーシアムの知財管理規程を制定（知財実施許諾をコンソーシアムがコンソーシアム終了後も含めてとりまとめる）<br>データマネジメントプランの策定と Hetero-DIA への展開                                                                                                                                            |

#### 【研究開発全体の進捗状況について】

全体計画やロードマップ、社会実装スケジュールとの関係では、ほぼ計画通りに進んだと考えている。競争領域への移行案件は現時点で 4 件であり、それらの社会実装化へのアクションについては上述の通りであるが、それ以外のテーマについても以下の通り今後も継続的に研究を進め外部資金なども活用しながら、競争領域、社会実装へと発展させていく所存である。

1. 課題 1-1-2 のカーボン材料のデータベースについては競争領域に移行すべく、参画会社と集積データの有効性の検証作業を進めている。また OI 推進室ではデータベースビジネスを行うために、ビジネスモデルの構築やその課題の検討を進めてきたが、2021 年度には実際にデータベースを HP で検索・閲覧・比較のできる仕様として実際に稼働させることができた。2022 年度には、運用する上でのニーズに合わせた仕様の最終決定と競争領域移行後を見据えたデータベースの運用面での問題の解決を実施した。そのため、今後は外部資金を活用したデータベースの競争領域移行に向けた具体的なアクションに入る予定である。
2. 課題 2-1-1 では太陽電池を目指した p 型・n 型ヘテログラフェンの開発過程において、リチウムイオン電池に用いられる導電性カーボンに比べて 10 倍以上の導電率を有する材料および透明電極用材料が得られており、競争的資金の獲得によりそのいずれについても競争領域に早期に移行させたい。特に、導電性カーボンの表面構造と導電性に強い相関があることから、表面構造の改良ならびに最適化を実施する予定である。
3. 課題 1-3-1, 1-3-2, 2-1-2, 2-2, 2-3, 3-1-1 については研究が着実に進んでおり、当初の計画通り本プロジェクト期間内での競争領域への移行がなされるものと予想する。
4. 課題 1-1-1, 1-2-1, 1-2-2, 2-1-1, 3-1-2 は基礎研究の段階であるが、本プロジェクトの中で優れた研究成果をあげてステップアップするとともに、終了後は早い段階に競争領域に移行することを期待したい。

3) その他：コロナ禍への対応

長引くコロナ禍に伴い様々な制約にも適応せざるを得ない状況であったが、制約と共存したオンラインでの対応を中心とした状況下でも研究開発を着実に進めることができた。現在は政府のコロナ対策の5類移行など、コロナ禍に対して社会全体が積極的に動き始めた状況であることから、今後はこれまでに得てきたノウハウにより人材育成、社会実装の両軸をさらに深化させていく所存である。

以上

## 10 特殊用語等の説明

| 用語                                     | 説明                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ソリューションプラズマ<br>(課題 1-1, 2-1-1)         | 液中もしくは液面上など、液体と接する室温程度の冷たいプラズマのことを言う。従来の溶液化学反応にプラズマからの活性種や荷電粒子の寄与があるため、従来の溶液反応では合成困難な物質の合成や、従来よりも高速の合成などが可能となる。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| ヘテロカーボン, ヘテログラフェン<br>(課題 1-1-1, 1-1-2) | 通常、グラファイトやグラフェンといったシート状カーボンについては、炭素原子のみで構成されている状態が安定的である。本課題で作製もしくは取り扱いをしたヘテロカーボンはカーボンだけでなく窒素原子などの異種原子を一定割合でドーブしたものを指し、ヘテログラフェンについてはグラフェンシートに異種原子を炭素原子の代わりにドーブしたグラフェンを指す。本課題で合成されたヘテロカーボン、ヘテログラフェンは上で示すソリューションプラズマ技術を用いることで達成できたものである。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 有機ナノテンプレート<br>(課題 1-2-1)               | ある物質の表面上にナノ粒子を配列するときに、ナノ粒子の配置を制御するためのテンプレートのことを指す。一般的にはパターンニングされてナノスケールの凹凸を持つポリマーを使う。その上に別途合成したナノ粒子を吸着させ、それをスタンプのように別の表面に押しつけることで、意図したナノ粒子の配列をもつ表面を形成する。或いは、テンプレートの表面に化学修飾や、もともと備わっている化学的な表面物性を使うことで、テンプレート自身にナノ粒子を配列する場合もある。本プロジェクトの吉田等は、後者に関係した独自の手法として、酸化グラフェンのテンプレートを用いた触媒作製を行っている(吉田等, 「酸化グラフェンをテンプレートとして用いたナノメートルサイズ酸化ガリウム光触媒の作製」, 日本科学会第 100 春季年会, 2F1-33)                                                                                                                                                                                              |
| PEDOT/PSS<br>(課題 1-3-1)                | PSS (ポリ(4-スチレンスルホン酸))をドーブした PEDOT (ポリ(3,4-エチレンジオキシチオフェン))の意味。PEDOT は、導電性ポリマーの中でも商業的に成功した材料のひとつである。通常、共有結合のみで形成された高分子中の価電子は、局在化しているために電気伝導には寄与しない。しかし、PEDOT のように軌道の重なりのある共役 $\pi$ 軌道が形成されていると、その軌道を構成している電子が非局在化する。これによって電気伝導性が発現する。ただし、これだけでは、電子が流れるための経路ができただけである。実際に電気伝導が起こるためには、電気伝導の担い手となる電子(または正孔)を付与する(つまり半導体のようにドーピングする)必要がある。このドーピングのために PSS が添加されている(PSS は PEDOT から電子を引き抜いて正孔を付与する)。また、PEDOT 単独では疎水性であるため水中に安定に分散させることができないが、親水性の高い PSS が添加されることによって水中分散性が向上し、塗布による成膜が可能となっている。しかしながら、ドーピングや水分散性に寄与する PSS 自身は絶縁物質であるため、電気伝導性の向上を期待して PSS ドーピングを増やしすぎる |

|                          |                                                                                                                                                                         |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                          | と、期待とは裏腹に導電率が低下する。そのため、水溶性を必要としない非塗布形式の成膜方法（プラズマ化学気相堆積法、熱化学気相堆積法）や PSS 以外のドーピング方法（酸素ドーブなど）が研究されている。本研究で行われているソリューションプラズマによる成膜もその試みのひとつである。                              |
| ソーラー燃料電池<br>(課題 1-3-2)   | 太陽電池と電気化学リアクターの複合体。電気化学反応を起こさせるための電源として太陽電池を使用する。                                                                                                                       |
| 水蒸気プロセス<br>(課題 2-1-2)    | 水溶液を含む密閉容器内にて加熱処理することで液相（亜臨界水）と気相の水が共存している状態の水蒸気を発生させ、水蒸気と基材の金属を化学反応させることにより、基材に由来する酸化物あるいは水酸化物の皮膜を形成させることができる。アルミニウム合金やマグネシウム合金に適用した場合、皮膜形成と同時に基材のミクロ組織を変化させることも可能である。 |
| LIB<br>(課題 2-2)          | リチウムイオン電池                                                                                                                                                               |
| フラックスコーティング法<br>(課題 2-2) | さまざまな物質（金属、ポリマー、ガラス、セラミックスなど）の表面に高品質な結晶層を直接形成（デザイン）することができる新しい結晶層・薄膜形成技術。                                                                                               |
| C レート<br>(課題 2-2)        | 電池を充放電するスピード。1 時間で完全充電（または放電）させる電流の大きさを 1C と定義する。                                                                                                                       |
| キャパシタ<br>(課題 2-3)        | いわゆるコンデンサのことで、活性炭とチタン酸バリウムを主原料とした蓄電器です。さまざまな種類があり、蓄電用途だけではなく、電流の平滑化や安定化、対ノイズ性能向上などの目的でも用いられる。                                                                           |
| エクセルギー<br>(課題 3-1)       | かつては有効エネルギー (Available Energy) や経済エネルギーともいわれた。エクセルギーでは、環境を基準としていることで物質とエネルギーに共通のエネルギー的価値（資源性）を一元的に表現できる。                                                                |
| E-LCA<br>(課題 3-1)        | Exergy based Life Cycle Accesment の略。人工物の採掘から、製造、使用、廃棄そして地球への還元に至る資源性の消費を累積エクセルギー量を使って評価する手法                                                                            |
| 回収可能な蓄熱量 (課題 3-1)        | 熱的に非平衡な状態で入熱と放熱を繰り返した時に回収できる熱量。本計画書では「同一のサイズの蓄熱体を、限られた時間高温に晒し、放熱させた時の（蓄熱量-残存熱量）」としている。                                                                                  |
| ニアネットシェイプ技術 (課題 3-1)     | セラミックス分野では、機械加工を施すことなく、成形・焼成によって最終形状に近い製品を作製する技術を指す。加工コストが高いセラミックスの低コスト化に有効で実用化には不可欠な技術である。                                                                             |