



研究成果展開事業

産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム

Program on Open Innovation Platform with Enterprises, Research Institute and Academia (OPERA)

平成30年度採択オープンイノベーション機構連携型

「物質・エネルギーリノベーションコンソーシアム」 プロジェクト取組紹介

名古屋大学 北 英紀

中部電力株式会社 竹内 章浩



中部地域の地政学的特徴

世界有数の工業地帯 & 農業、漁業、畜産も盛ん

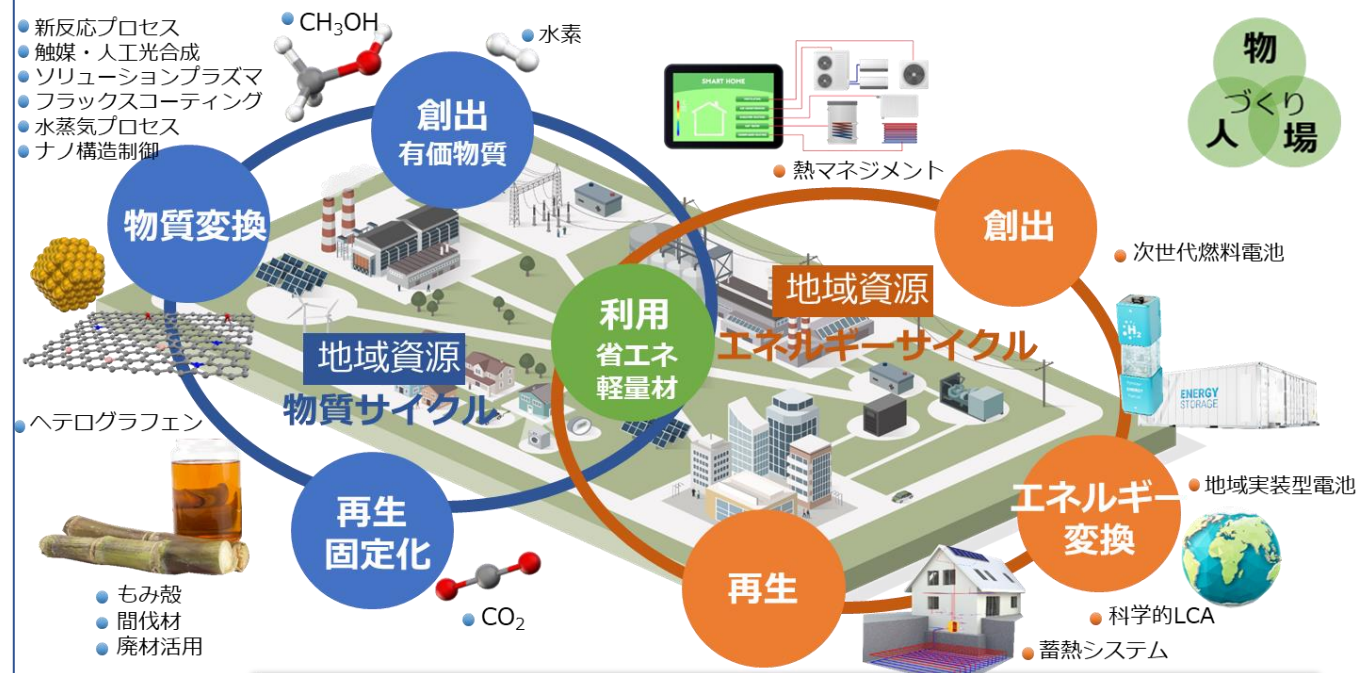
- 工場から出る膨大なCO₂や廃熱
- 稲作地域からの大量のもみ殻等
- 豊富なバイオマス資源 ...

無価値物、有害物 → 有価値物へ変換できる技術

光触媒、高効率エネルギーデバイス、熱輸送など

物質・エネルギーリノベーションコンソーシアム

地域社会に活力と安心をもたらす「地域資源活用型エネルギーエコシステム」の構築
新たな価値“Aging in Place”の追求：住みなれた地域で元気に末永く生活し次世代に継承



- 【活動方針】
- 1) 物質とエネルギー間の変換、蓄積、輸送を最小限のロスで実現する技術の開発
 - 2) 地域社会への協調的実装

- 【活動内容】
- <物づくり> 高効率な物質・エネルギー利用・再利用技術の基盤研究
 - <人づくり> 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
 - <場づくり> 産学官金連携オープンプラットフォームの構築



社会実装の生み出す新たな価値

「Aging in Place」

住み慣れた地域で、いつまでも
健康で生きいきと、安全・安心の暮らし

✓域内資源を活用した物質・エネルギーの好循環
に寄与する物資・エネルギー変換の基盤を創出

キーテクノロジー1： 高効率物質・エネルギー変換技術

※桁違いの物性を持つ材料のプロセス技術

- ・ソリューションプラズマ法
- ・フラックスコーティング法
- ・水蒸気プロセス法

保有シーズ

キーテクノロジー2： 異種界面形成・制御技術

※Å/nm/μmレベル界面の構造・機構解析技術

- ・ヘテロ軽元素の原子配列解析（絶対位置特定）
- ・反応機構解析
- ・熱伝達機構解析

保有
シーズ

研究課題への落とし込み

研究開発課題1：吉田朋子教授（大阪市立大）

安価で高性能な触媒の開発

名古屋大学、大阪市立大学、東京理科大学
名城ナノカーボン、トヨタ自動車、コベルコ科研、デンソー、
堺化学工業、エア・ウォーター、ナノアース、
オーク製作所、本田技術研究所

研究開発課題2：齋藤永宏教授（名大）

安価で高効率なエネルギーデバイスの開発

名古屋大学、信州大学、芝浦工業大学
トヨタ自動車、豊橋鍍金工業、いすゞ自動車、日空工業、放電精密加工研究
所、本田技術研究所、東レエンジニアリング、石福金属興業

研究開発課題3：北英紀教授（名大）

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

名古屋大学、中部電力、北陸テクノ、美濃窯業、ヤマト

5大学 + 19社で実施



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
物質・エネルギーリノベーション共創コンソーシアム
 領域統括：北 英紀（名古屋大学）

アドバイザリ委員会

【幹事機関】

名古屋大学：
領域統括：北 英紀

コンソーシアム運営委員会
 （最高意志決定機関）
 委員長：北 英紀

信州大学：
研究責任者：手嶋勝弥

大阪市立大学：
研究責任者：吉田朋子

芝浦工業大学：
研究責任者：芹澤 愛

東京理科大学：
研究責任者：寺島千晶

コンソーシアム事務局
 （名古屋大学
 未来社会創造機構内）

研究戦略委員会

委員長：齋藤 永宏
 【OI機構と合同】
 ・フェーズアップ推進
 ・実装システムの企画
 ・新規研究テーマ検討
 ・アウトリーチ活動

知財管理委員会

委員長：鬼頭 雅弘
 ・知財運営
 ・特許・知財戦略

人材育成委員会

委員長：則永 行庸
 ・学生教育体制検討

研究開発課題 1 運営委員会

研究開発課題責任者：吉田 朋子

研究開発課題 2 運営委員会

研究開発課題責任者：齋藤 永宏

研究開発課題 3 運営委員会

研究開発課題責任者：北 英紀

研究戦略パートナーシップフォーラム
 （協賛企業との研究戦略連携）

3P人材育成
 産学連携教育プログラム
 （協賛企業との人材育成連携）

3P: Professional, Practice, Philosophy

石福金属興業(株)

エア・ウォーター(株)

(株)コベルコ科研

中部電力ミライズ(株)

東レエンジニアリング(株)

豊橋鍍金工業(株)

日空工業(株)

(株)北陸テクノ

美濃窯業(株)

(株)ヤマト

いすゞ自動車(株)

(株)オーク製作所

堺化学工業(株)

(株)デンソー

トヨタ自動車(株)

ナノアース

(株)放電精密加工研究所

(株)本田技術研究所

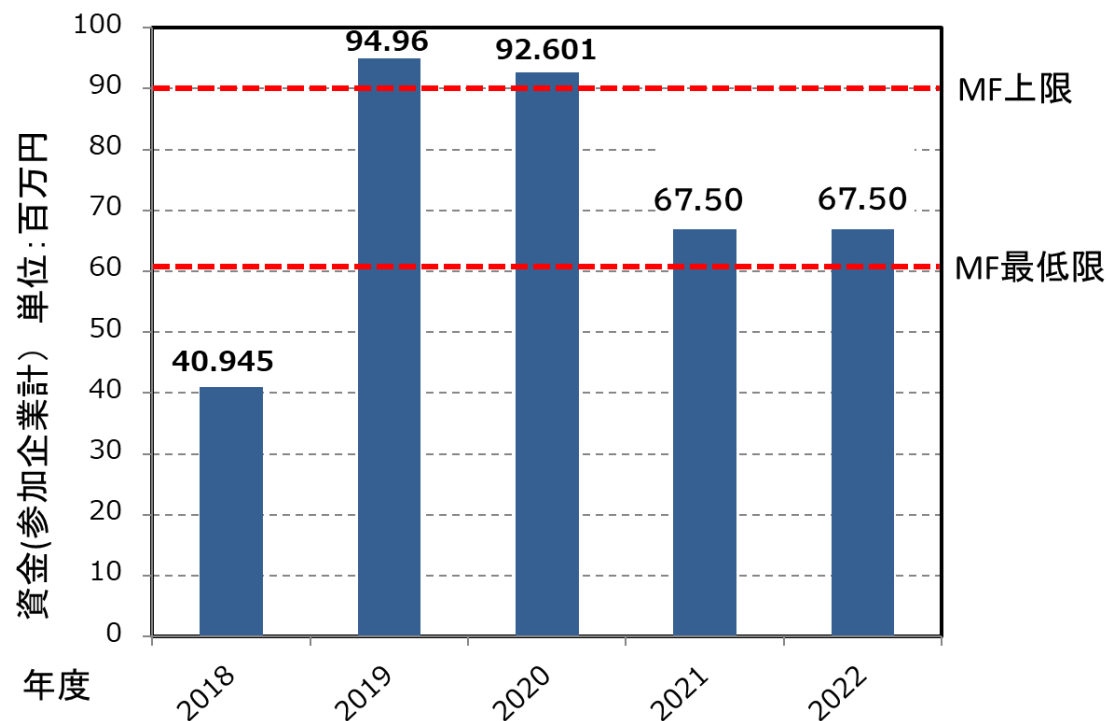
(株)名城ナノカーボン

極東ダイカスト(株)

5大学 + 19社で実施



(1) 民間資金の獲得状況



(2) 成果等の発信状況

項目	2018年～2021年 合計件数	備考
プロトタイプ	1件	3-1-1 量産検討用
国内特許出願	14件	
外国特許出願	6件	
プレス発表	2件	
展示会出展等	27件	外国1件含む
雑誌掲載等	10件	
外部資金獲得	259,178千円	成果の展開
外部資金獲得	42,420千円	研究開発費
論文(査読有)	114件	
学会発表	269件	ポスター発表含む
受賞	26件	

2022年10月1日現在

(3) 若手人材の育成

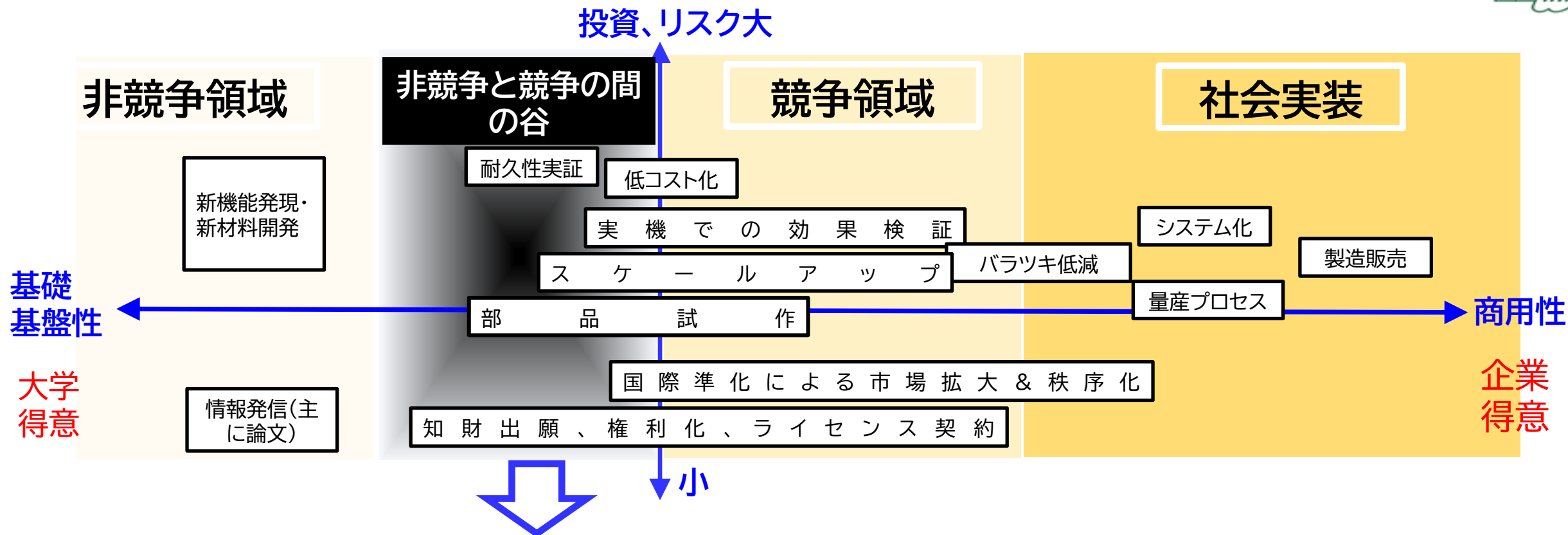
OPERAに参加した学生数

	博士課程後期 学生	博士課程前期 学生	学部生
参加人数 (実人数)	17人	36人	2人
民間資金による 雇用(内数)	10人	10人	-

■社会人ドクター:3名(内数)

■博士後期課程学生の就職者数:3名

■学部生で参加し、現在博士前期課程学生は前期課程でカウント



「非競争と競争の間の谷」を小さくするための対応

対応1:

- ・OI支援での製造ミニライン設置
- ・低コスト&高効率プロセス開発

対応2:

- ・1000時間耐久試験、クリアー
- ・実機による効果実証

対応3:

知財・標準化統合戦略:
国際標準のプロジェクト化提案
(2023年度開始見込み)



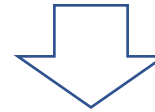
使うかどうかは現場が決める(B2Bビジネスの場合)、しかし...

アカデミア

面白い機能がでた。
早速論文に載せよう。

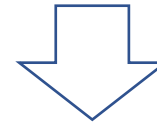


- ✓ 現場の関心事は、コスト、耐久性、実機試験結果
- ✓ 高IF論文発表と、社会実装を両立するためにできること



耐久性、コストを題材にしてもScientific
なアプローチをとればよい論文はかける、と
の思いを得た。

- ✓ 発信方法:論文、学会発表だけで
十分か？



論文以外に、総説、国際標準、
国際特許など、幅広く技術内
容を発信した。

現場の本音

A先生の書いた論文から
性能が良いのはわかった。

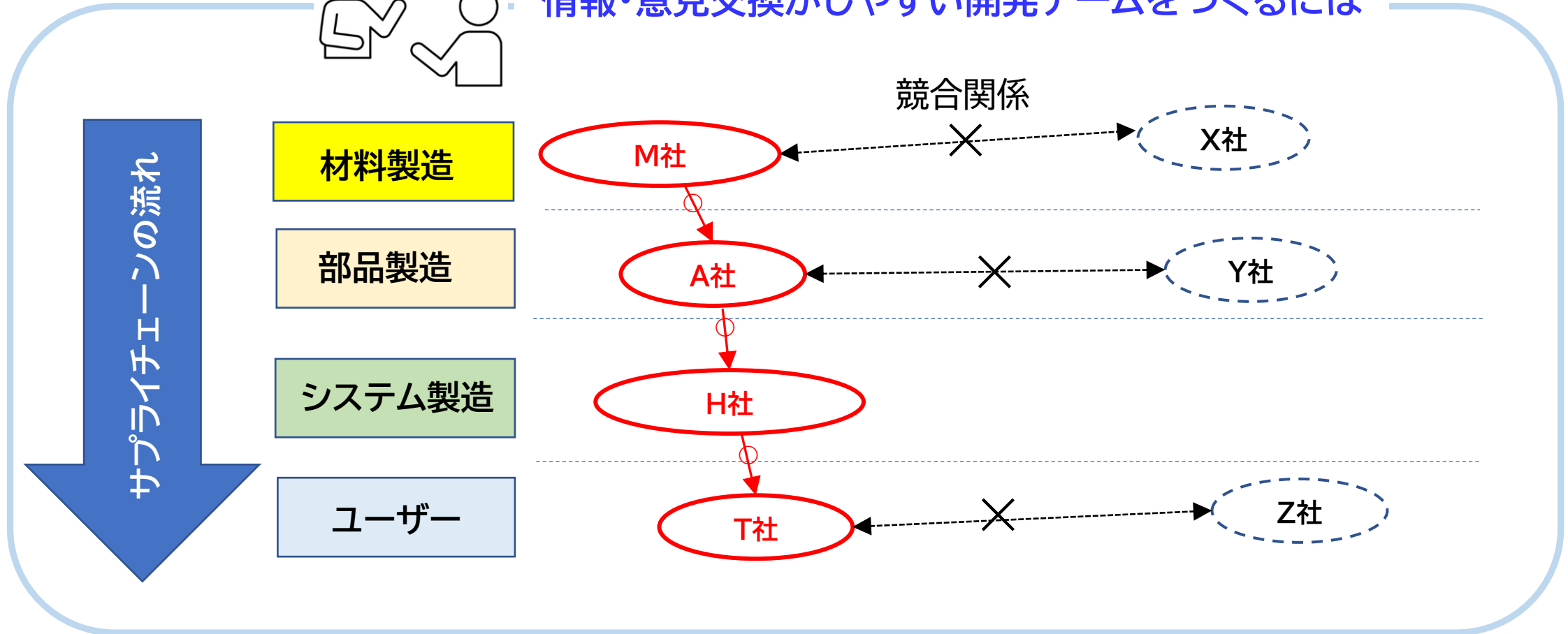
でもコスト、耐久・信頼性
はどうなの？。権利化は
されてるの？

...





情報・意見交換がしやすい開発チームをつくるには



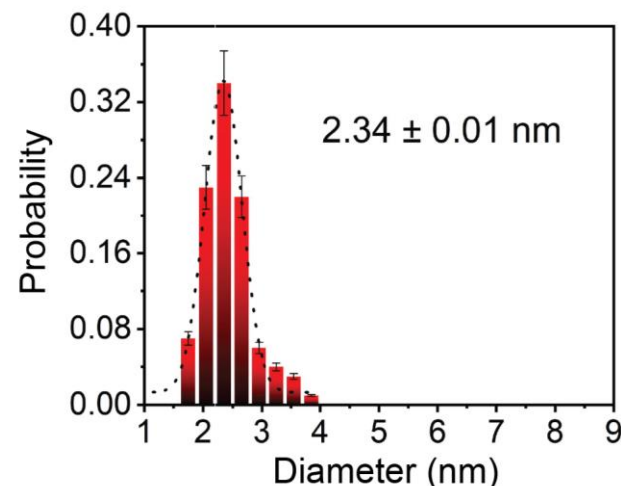
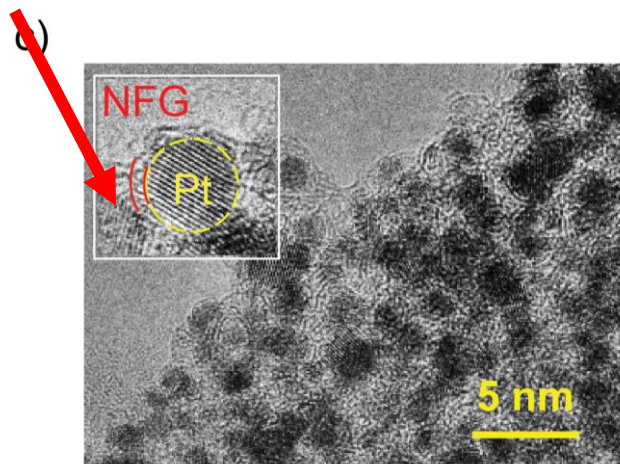
- 競合社衝突は避け、互恵関係にある4社を選択
- ニーズや目標に関する情報を共有しやすくなった。



**目標:白金触媒の低コスト化
と耐久性向上**

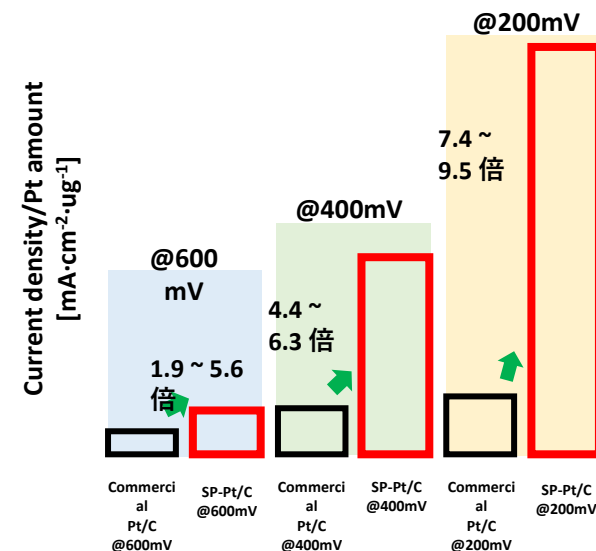
Pt量あたりの電流密度

ヘテログラフェンでコーティ
ングされていることを確認



- ✓ 市販のPt / Cは、約3.33 nm、新開発のPt-NFGは、約2.34 nm **【微小化を実現】**
- ✓ 分散が1nm以下 **【均一化を実現】**

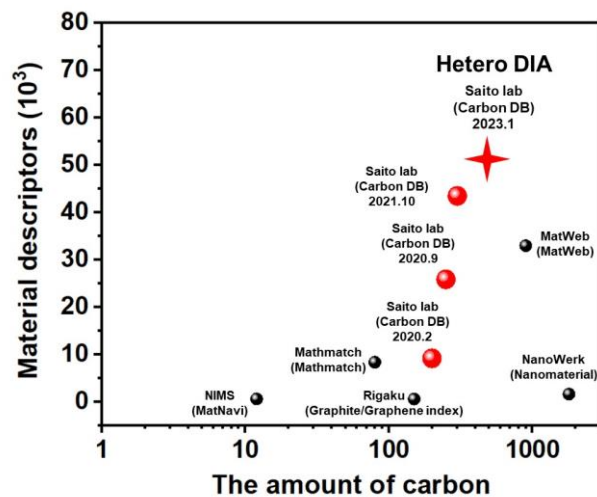
ラッピング技術の開発成功



**電流密度で最大7.4-9.5
倍、耐久性で最大4.5倍
安定させることができた**



① データ収集とデータベース:MI・AI解析に有効なデータを蓄積、解析への実用を開始



カーボンの特性と構造に特化したMI・AI解析に資するデータベースとして圧倒的な優位性

Search interface for the Carbon Database. The main search bar shows the keyword "nanofiber". Below the search bar, there are tabs for different material properties: SEM, TEM, TGA, RAMAN, XRD, BET, and Resistivity. The search results show a list of records for "nanofiber", including sample ID, supplier, and various material descriptors. The interface also displays detailed data for selected records, such as SEM images, TGA curves, RAMAN spectra, and XRD patterns.

Search results for "nanofiber":

Sample ID / Code	Supplier, etc.
142 / 50003001	Sigma Aldrich CNT, nanofiber 719781, nanofiber

Material descriptors for "nanofiber":

Descriptor	Value
SEM	60
TGA	1
RAMAN	1
XRD	1
BET	1
Resistivity	1
TEM	0

SEM 60 records

Feature-based search is possible (特徴量による検索が可能).

Clicking on a record shows detailed data (クリックすると他の特定の量を見ることができる).

SEM 60 records table:

ID	Type	Magnification	Scale bar 1	Scale bar 2	Scale conversion coefficient - E/D -	Long Length (measured)	Short Length (measured)	Long Length (GXF)	Short Length (HXO)	Aspect Ratio (I/J)
93	Particle	2500	4.9 cm	10 mm	2.04	11.4 cm	3.2 cm	23.27 mm	6.53 mm	3.6

BET 1 record

RAMAN 1 record

ISO 1 record

ISO 1 record table:

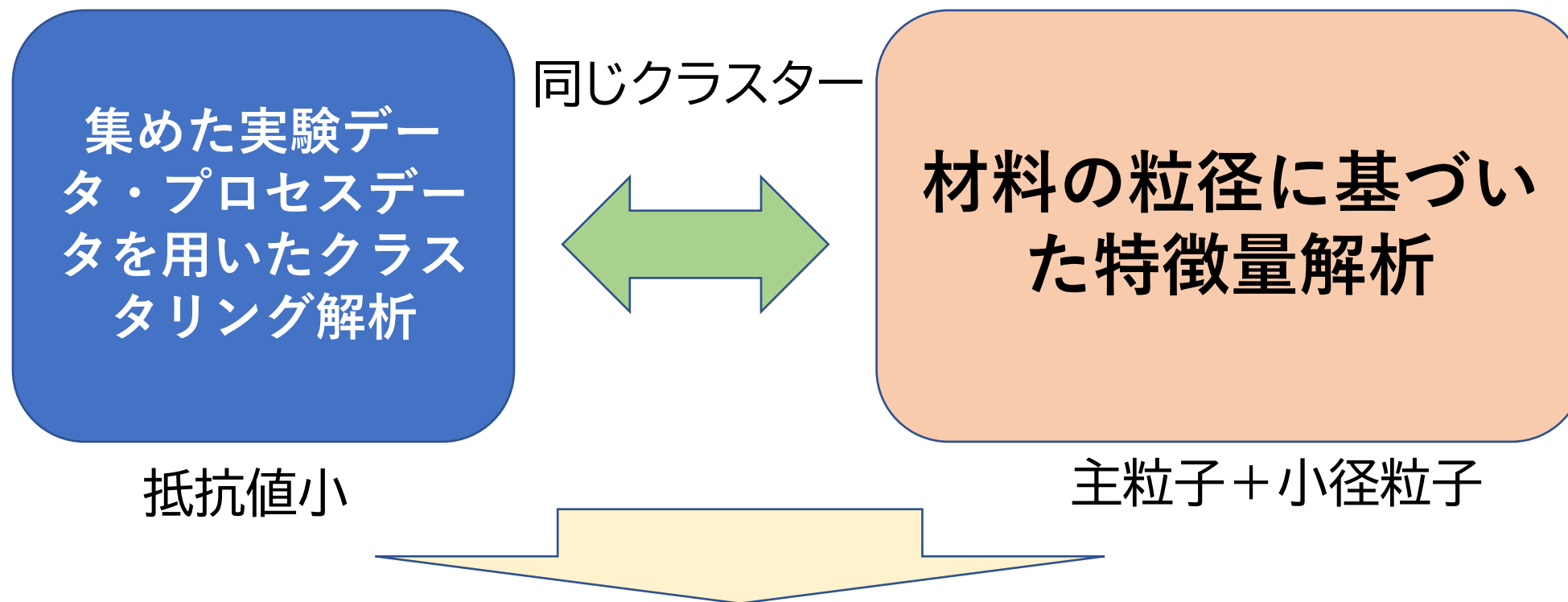
ID	Sample ID	Specific Surface Area [m^2/g]	Average pore diameter [nm]
4	142	9.99999	21.1340

Isotherm Type

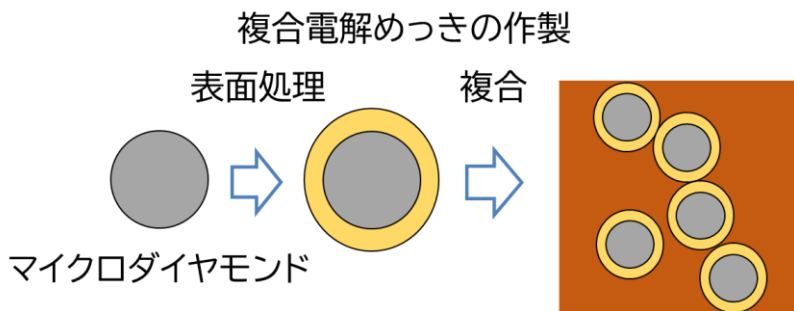
Type 1	Type 2	Hysteresis
3	0	0



使用データ: Raman, 粒子形状, 粒子サイズ



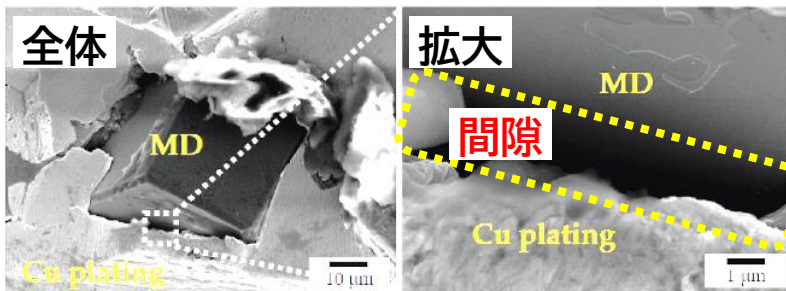
粉末抵抗値の小さいカーボンは、主粒子 + 小径粒子で出来ていることをマテリアルズインフォマティクスで示せた



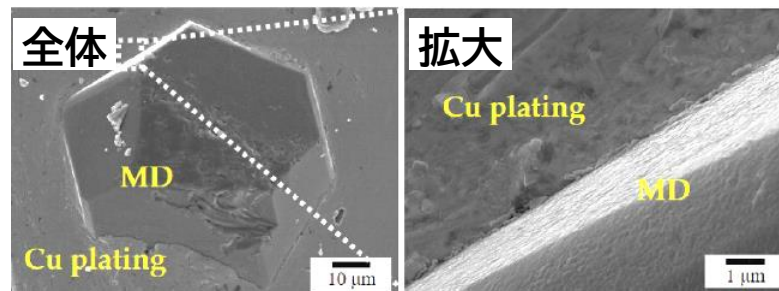
SiC成膜ダイヤモンド

ダイヤモンドの表面処理によるダイヤ
モンド/銅界面の接着改善及び伝熱
パスの形成

◆ 未処理ダイヤモンド ※MD: マイクロダイヤモンド



◆ 1400℃ SiC成膜ダイヤモンド



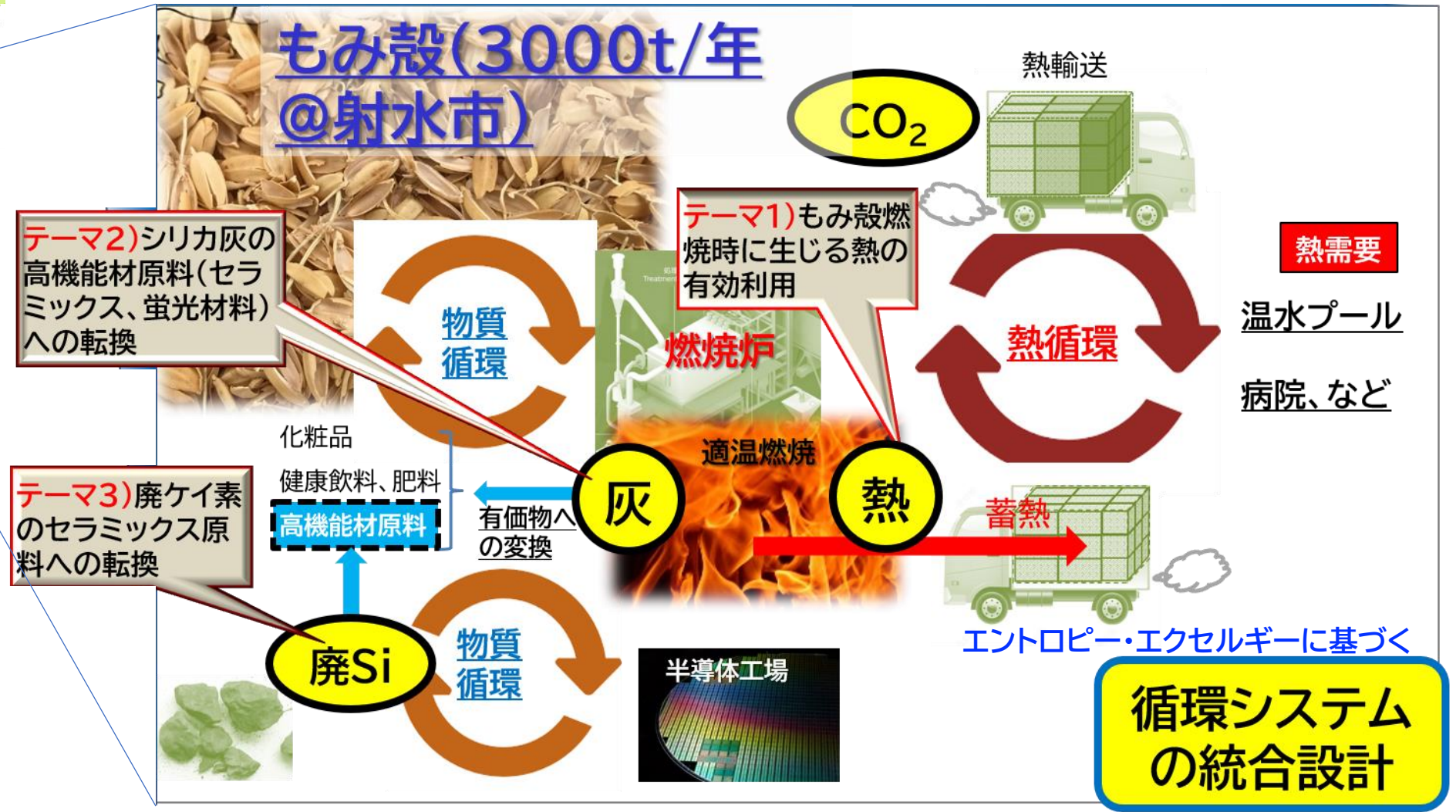
Y. Naruse et al., *Compos. Interfaces* 29 (3), 256-273 (2021).

1400 °Cにおいて均
一かつ薄いSiC層が
ダイヤモンド表面に形
成され、SiC成膜ダイ
ヤモンド/銅複合めっ
きの熱伝導率の向上
に有効

1350～1450 °CでSiC成
膜したダイヤモンドを用いた
複合めっきでダイヤモンド/銅
界面の良好な密着性を確認

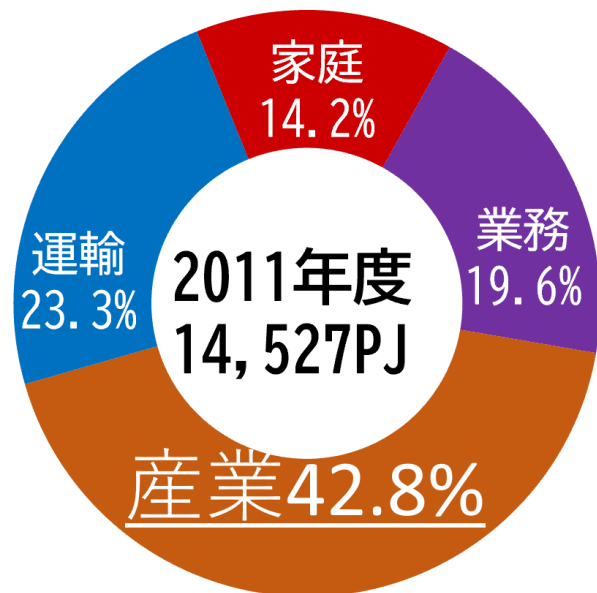


- 自治体(射水市)、地元企業、名大
- もみ殻の減容化とその有価転換(熱輸送、高機能物質、CO₂削減)



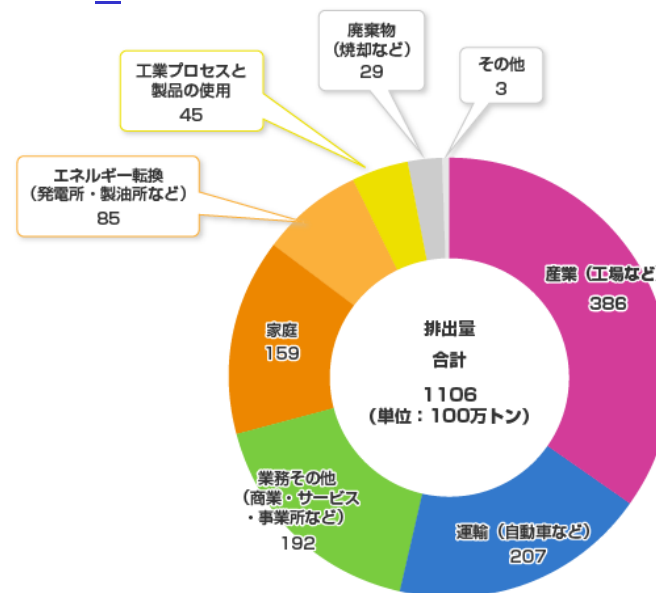


投入エネルギーと内訳



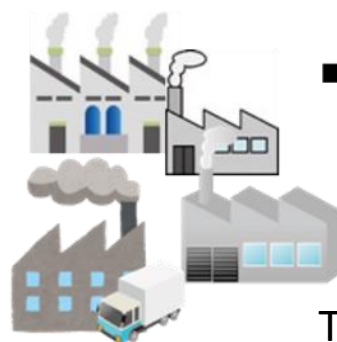
- ！ 産業部門が最大 =6217,000 TJ
- ！ 工業炉の加熱に使われるエネルギー消費が約4割 =2487,000 TJ

CO₂部門別排出量(2019)



- ！ 産業部門からのCO₂排出量が最大 (38.6%)

莫大な工場からの廃熱量(2019)



- 国内工場から1年間に排出される廃熱のエネルギー量

参考文献: ARC WATCHING 6月(2019)

Tera × 1000 → P(Peta)

743,000 TJ/year

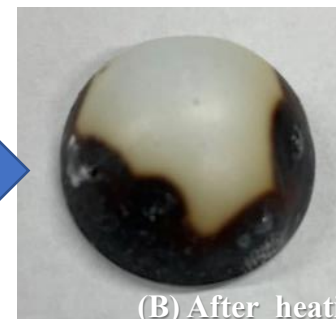
- ！ 廃熱の有効量のキーデバイス; 蓄熱体



従来技術の
問題点



熔融

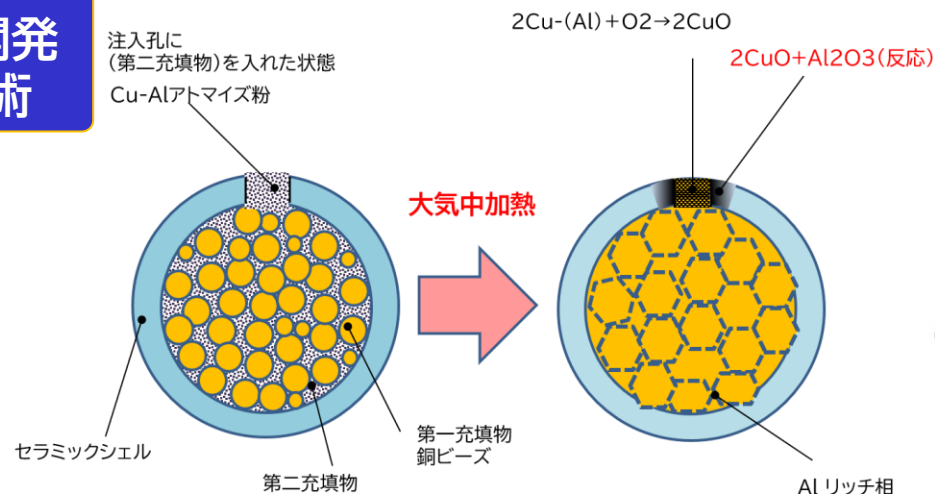


(B) After heating at 1200°C in air



×高温型潜熱蓄熱体となるCuは大気中で熔融すると
セラミックスシェルと激しく反応し、漏れ出した。

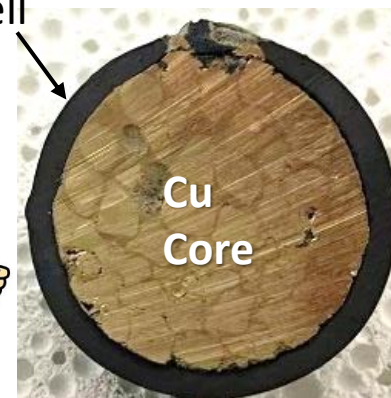
新規に開発
した技術



- 注入部周辺の大气に接触している部分が酸化
- 酸化物がアルミナと反応し、シール機能が発現
- 時間が進むほど反応進行(強化されるシール製)
- 内部は酸化されない

長時間にわたって反応過程を追跡

Shell



Cu
Core

10mm

図 暴露後断面

○大気中、融点以上で
1000時間保持後も酸化
は進行しない。

1100°C×1000時間耐久試験実
施することで、自己シール機能を
発見、耐久性もクリア。蓄熱密度
80%向上。

特許出願済

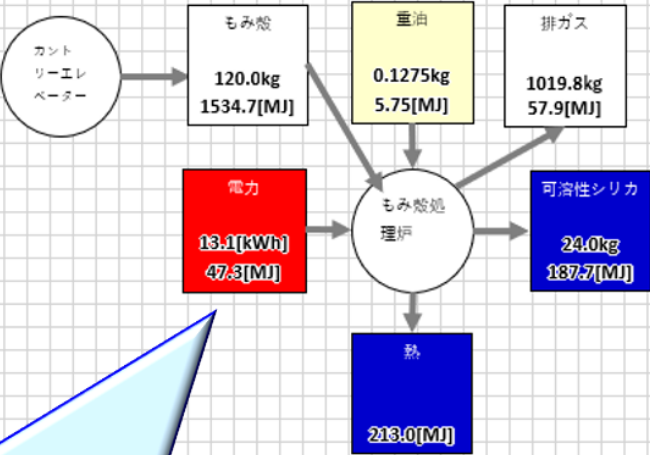
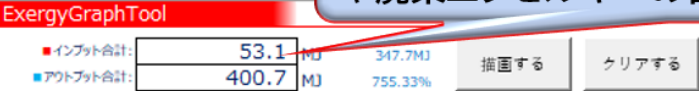
2021-121173 出願日:2021年7月

1) 2) Xin Zhou, Seiji Yamashita, Mitsuhiro Kubota Hideki Kita, Storage and heat dissipation behavior of a heat storage ball with an Al-xSi alloy core and alumina ceramic shell. Journal of Energy Storage, 2022;52:104955.
<https://doi.org/10.1016/j.est.2022.104955>.

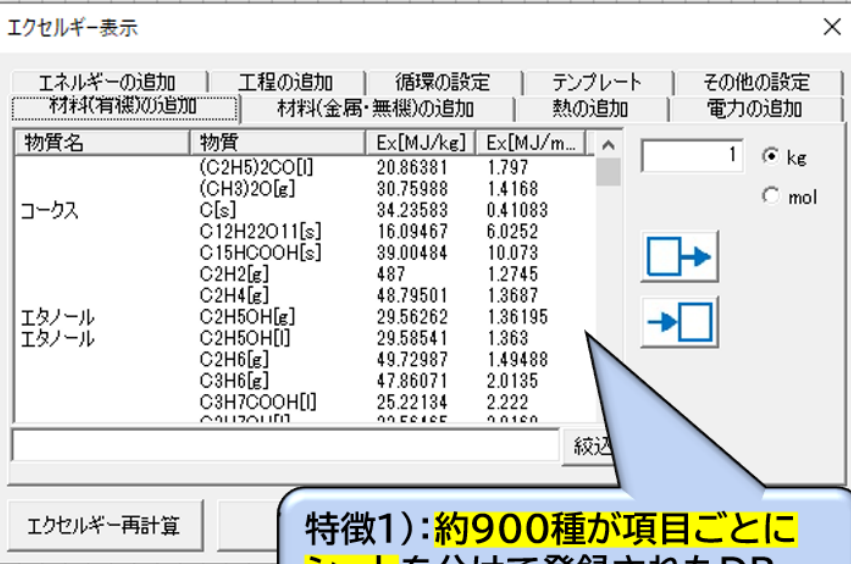
2) Xin Zhou, Seiji Yamashita, Mitsuhiro Kubota, Hideki Kita, Encapsulated copper-based phase-change material for high-temperature heat storage, ACS omega, 2022, 7, 6, 5442-5452 (2021)



特徴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



特徴2)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



特徴1):約900種が項目ごとにシートを分けて登録されたDB。
特徴2):データ追加可能

下限値	上限値	INPUT	OUTPUT
40.0 ≧			
30.0 ≧	<40.0		
20.0 ≧	<30.0		
10.0 ≧	<20.0		
0.0 <	<10.0		
	=0.0		

特徴4)インプット/アウトプットのEx値の大きさによって階層分けし、色分けする機能

● 本コンソで目指している大規模な循環システムの効率性の設計評価ツール

● 資源性の指標としてエントロピー・エクセルギーに着目

● 科学専門出版社2社から依頼を受け有料セミナー開催

● 本年度、通信講座を開講予定

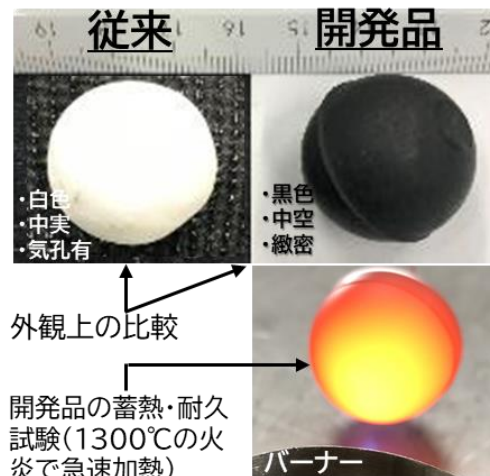
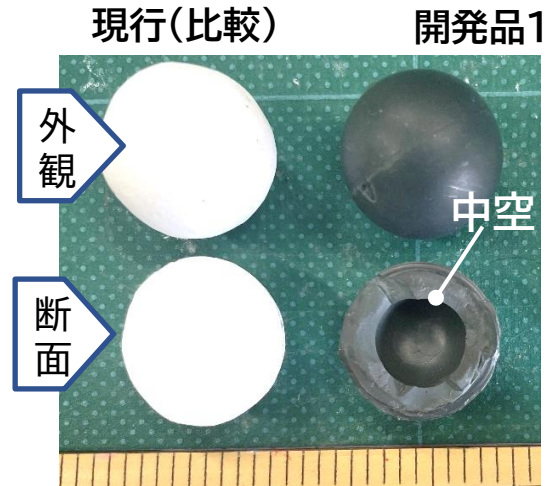


Fig. 外観の比較

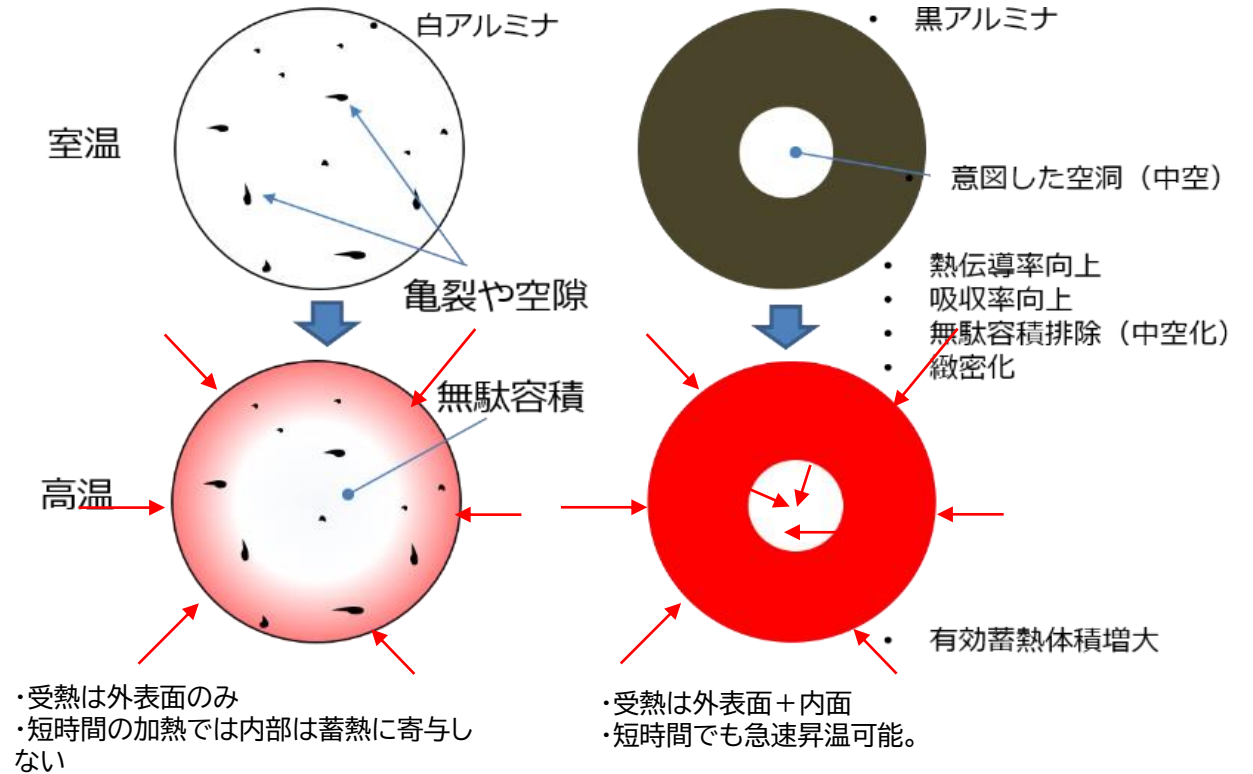


Fig. 構造と加熱原理の比較

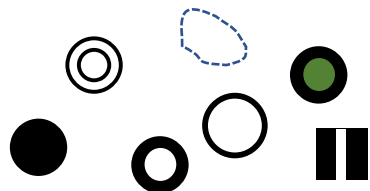
・特許出願済
PCT/JP2022/025244



メーカー

現状：玉石混交、十把一絡げ

セラミックス蓄熱体



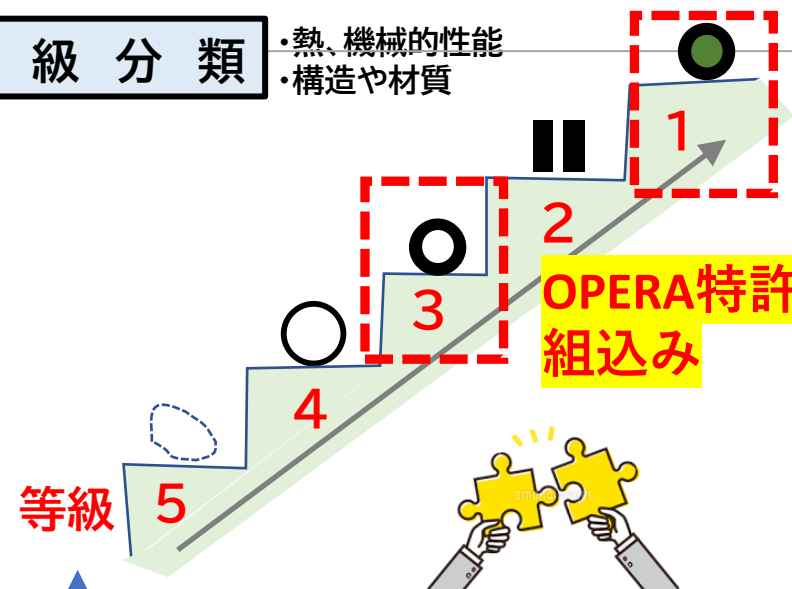
- ✓ 仕様は **マチマチ**
- ✓ 海外粗悪品も出回る
- ✓ 価格は一番安いものが基準となる

モヤモヤ、マチマチの解消

標準化による
市場の秩序化

等級分類

- ・熱、機械的性能
- ・構造や材質



- ✓ ユーザーメリット：ニーズに合ったものを選択
- ✓ メーカーメリット：①適正価格で販売
②工業炉以外の用途展開

モヤモヤ

必要なものを示せない、出せない

マッチング

ユーザー

- 工業炉の規模や性能によって蓄熱体に対するニーズは **マチマチ**





FY→	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	状況など
1-1-1 白金フリー酸素還元触媒HG	実証研究	R	量産準備、製造設備拡充				製造・販売			
1-1-2 機能構造解析データベースHG	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	R	ISO化プロジェクト期間		ISO策定作業					・OPERA非参画企業とライセンス契約済み。 ・国際標準化ISOに向けて2022年度FS委員会立ち上げ草案作成。 ・2023年度からプロジェクト化の見込み。
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				



✓ 本コンソで得た技術成果

- ・高効率物質/エネルギー循環に必要な要素(触媒、蓄熱体等)、および
- ・基盤としてのカーボンデータベース、エクセルギーグラフツール、を開発
- ・4つの成果を競争領域へ移行

✓ 情報の風通しのよい産学連携体制

- ・情報共有、技術協力を得やすい体制づくり
- ・サプライチェーンを考慮し、競合は避け、互惠関係にある企業群でチームを構成

✓ 基盤研究ではカバーできないリスクへの対応

- ・耐久性など時間がかかり、泥臭い研究でも、それをネタに論文化を図る努力
- ・死の谷に陥る要因(リスク)→適切な外部資金等を活用しリスクを減らす

✓ 知財と(国際)標準化の統合戦略

- ・目的は市場の秩序化と拡大
- ・技術成果の特許化(権利化)を確実に。社会実装には不可欠

END

ご清聴ありがとうございました