

## 平成 30 年度戦略的創造研究推進事業における 新規発足研究領域及び研究総括の設定について

本事業の新規研究領域(公募型研究)及びその研究総括は、科学技術振興機構(JST)の「戦略的創造研究推進事業(社会技術研究開発及び先端的低炭素化開発を除く。)の実施に関する規則」に基づき、JST の研究主監会議が事前評価を行い、研究領域及び研究総括の設定を行います。

平成 30 年度の新規研究領域及び研究総括について、上記の手続きを経て、以下の表に示すとおり、平成 30 年度発足の新規 CREST、さきがけの研究領域と、当該研究領域の研究総括を決定しました。研究主監会議における事前評価結果と、その設定理由は、別紙のとおりです。

表. 平成 30 年度新規発足研究領域、研究総括及び戦略目標 一覧

研究領域	研究総括	戦略目標(設定年度)
CREST トポロジカル材料科学に基づく革新的機能を有する材料・デバイスの創出	うえだ まさひと 上田 正仁 (東京大学 教授)	「トポロジカル材料科学の構築による革新的材料・デバイスの創出」
さきがけ トポロジカル材料科学と革新的機能創出	むらかみ しゅういち 村上 修一 (東京工業大学 教授)	「トポロジカル材料科学の構築による革新的材料・デバイスの創出」
CREST・さきがけ複合領域 ゲノムスケールの DNA 設計・合成による細胞制御技術の創出	しおみ はるひこ 塩見 春彦 (慶應義塾大学 教授)	「ゲノムスケールの DNA 合成及びその機能発現技術の確立と物質生産や医療の技術シーズの創出」
CREST Society5.0 を支える革新的コンピューティング技術	さかい しゅういち 坂井 修一 (東京大学 教授)	「Society5.0 を支える革新的コンピューティング技術の創出」
さきがけ 革新的コンピューティング技術の開拓	いのうえ こうじ 井上 弘士 (九州大学 教授)	「Society5.0 を支える革新的コンピューティング技術の創出」
CREST 新たな生産プロセス構築のための電子やイオン等の能動的制御による革新的反応技術の創出	よしだ じゅんいち 吉田 潤一 (鈴鹿工業高等専門学校 校長／京都大学 名誉教授)	「持続可能な社会の実現に資する新たな生産プロセス構築のための革新的反応技術の創出」
さきがけ 電子やイオン等の能動的制御と反応	せきね やすし 関根 泰 (早稲田大学 教授)	「持続可能な社会の実現に資する新たな生産プロセス構築のための革新的反応技術の創出」

(別紙)

## 研究領域及び研究総括の設定の手順及び理由

### 1. 研究領域及び研究総括の設定のための事前評価の項目及び評価者

事前評価は、「戦略的創造研究推進事業(社会技術研究開発及び先端的低炭素化開発を除く。)の実施に関する規則」に基づき行いました。公募型研究に係る研究領域及び研究総括の事前評価の項目及び評価者は以下のとおりです。

#### (1) 事前評価の項目

##### (ア) 研究領域

- ① 戦略目標の達成に向けた適切な研究領域であること。
- ② 我が国の研究の現状を踏まえた適切な研究領域であり、優れた研究提案が多数見込まれること。

##### (イ) 研究総括

- ① 当該研究領域について、先見性及び洞察力を有していること。
- ② 研究課題の効果的・効率的な推進を目指し、適切な研究マネジメントを行う経験、能力を有していること。
- ③ 優れた研究実績を有し、関連分野の研究者から信頼されていること。
- ④ 公平な評価を行いうること。

#### (2) 評価者

研究主監会議が評価を行う。

##### ◆研究主監会議 名簿 (平成 30 年 4 月現在)

	氏名(敬称略)	所属
議長	宮野 健次郎	物質・材料研究機構 フェロー
	有川 節夫	放送大学学園 理事長
	小安 重夫	理化学研究所 理事
	澤本 光男	中部大学 教授
	辻 篤子	名古屋大学 特任教授
	富山 和彦	株式会社 経営共創基盤 代表取締役 CEO
	保立 和夫	豊田工業大学 副学長兼教授

(※)研究主監は、戦略的創造研究推進事業(CREST、さきがけ、ERATO)のプログラムディレクターです。

### 2. 研究領域及び研究総括設定の手順

#### (1) 文部科学省における戦略目標の検討状況を踏まえた、JST における事前調査

- (ア) 文部科学省において、戦略目標等策定指針に従い、戦略目標の検討が行われました。
- (イ) JST は、上記の戦略目標の検討段階から文部科学省より情報提供を受け(平成 29 年 10 月)、戦略目標の達成に向けてイノベーション創出に資する研究領域設定のための事前調査を行いました。
- (ウ) JST の事前調査は、以下の手法によりました。
  - ① 上記の文部科学省における検討を踏まえ、関連分野に関する研究動向・技術動向や関連学会の状況等の情報の収集と分析を行いました。

- ② 関連分野における有識者へのインタビュー調査を行い、そのとりまとめと分析を行いました。
- インタビューは、JST のスタッフ 45 人が、延べ 103 名の外部有識者を対象として実施。
  - インタビュー対象者は、上記の報告類からの関連科学技術分野をもとに、以下のデータベース等を用いて抽出。
    - ◇ J-GLOBAL (科学技術総合リンクセンター。JST が運営する科学技術情報の連携サービス。国内研究者約 27 万人、国内外文献の書誌情報約 4,571 万件を収録。)、JDreamⅢ (JST が運営する日本最大の科学技術文献データベース。6,000 万件を収録)、Web of Science (Clarivate Analytics 社が提供する学術文献引用データベース。文献約 18,000 誌を収録)等を用い、国内の研究者を俯瞰。
    - ◇ JST 内部で構築している FMDB (ファンディングマネジメントデータベース)に蓄積された、過去のファンド状況や評価者としての活動状況などを確認。
- (エ) 上記の事前調査の進捗を、戦略目標毎に定めた担当研究主監に報告し、議論を深めました。
- (オ) 文部科学省からの戦略目標の正式通知(平成 30 年 3 月 26 日付、別添資料1)を受け、さらに調査(領域調査)を進めました。

## (2) 研究領域および研究総括の事前評価と決定

- (ア) 研究主監会議(平成 30 年 4 月 2 日、4 月 3 日)を開催し、研究領域および研究総括の事前評価を行いました。
- (イ) 上記の事前評価結果を受け、JST が研究領域および研究総括を決定しました(平成 30 年 4 月 9 日)。

## 3. 新規研究領域及び研究総括とその設定の理由

新規研究領域および研究総括と、研究主監会議によるその設定の理由は以下の通りです。  
(研究総括の所属・役職は、平成 30 年 4 月現在のもので)

### 3-1 戦略目標「トポロジカル材料科学の構築による革新的材料・デバイスの創出」の下に設定した研究領域

#### [1] 研究領域の概要及び研究総括

##### 研究領域 1 『トポロジカル材料科学に基づく革新的機能を有する材料・デバイスの創出』(CREST)

#### (1) 研究領域の概要

本研究領域は、将来の超スマート社会実現に資するため、連続変形に対する不変性に着目した新たな物質観であるトポロジーに着目し、新規な機能発現に関する現象の解明、新規機能・新原理・新規構造に基づいた材料・デバイスの創出に資する研究開発を基礎基盤的アプローチから推進することにより、既存の技術では実現できない革新的機能を有する材料・デバイスの創出を目的とします。

具体的な研究分野としては、電子状態のトポロジーに関する物性物理学を中心に置き、フォトニクスやスピントロニクス分野、さらに新規機能を実現するデバイス工学への展開を対象とします。一方、実空間のトポロジーにおいても位相欠陥等のトポロジカルな性質を利用したスピン流の制御に加え、分子の幾何学的性質や絡み合いを制御するソフトマターも対象とします。

これらの研究分野が複合的に連携することで、結晶成長技術、構造や物性の解明と制御のための計測・解析・加工プロセス技術、部素材・デバイス設計技術等の技術基盤の創出やこれらに関する基礎学理の構築も行いつつ、革新的機能を有する材料・デバイスの創出に取り組みます。

#### (2) 研究総括

う え だ ま き ひ と  
上田 正仁 (東京大学 大学院理学系研究科 教授)

## 研究領域 2 『トポロジカル材料科学と革新的機能創出』(さきがけ)

### (1) 研究領域の概要

本研究領域は、トポロジーという新たな物質観に立脚したトポロジカル材料科学の構築と、それによる革新的な新規材料・新規機能創出を目的とし、「トポロジカル絶縁体」に代表される様々なトポロジカル量子材料に加え、磁性、光学、メカニクス、ソフトマター(高分子材料・ゲル材料など)分野など、広範な領域における“トポロジカル材料科学”の探求を通して、原理的にその性能向上の限界が顕在化してきているエレクトロニクスデバイス分野等において新たなパラダイムを築くことを目指します。

具体的には、電子材料、磁性材料、光学材料、メタマテリアル、高分子材料、分子性材料といった広範な分野での新規トポロジカル物質を開拓し、それらの材料としての設計・制御による革新的機能創出およびデバイス創成へつながる先駆的で独創的な研究を推進します。さらにトポロジカル材料科学の体系化を目指し、物理学・化学・工学・数学などの広範な学問分野の連携を推進します。これらを通じて、様々なトポロジカル物質群、機能群を統合し、従来の物質観を超えたトポロジー材料科学を構築します。

トポロジーを共通言語とした新規物質・材料開発、理論・計算研究、計測・解析技術の開発の緊密な連携を通じて、低エネルギー社会、超スマート社会といった社会的ニーズに応える、革新的材料・デバイス創出につながる物質・材料研究の新たなパラダイムを生み出します。

### (2) 研究総括

むらかみ しゅういち  
村上 修一 (東京工業大学 理学院 教授)

## [2] 研究領域及び研究総括設定の理由

### 研究領域 1 『トポロジカル材料科学に基づく革新的機能を有する材料・デバイスの創出』(CREST)

### 研究領域 2 『トポロジカル材料科学と革新的機能創出』(さきがけ)

#### (1) 研究領域選定の理由

本戦略目標は、トポロジーの概念で特徴づけられる全く新しい物性に着目し、基礎学理およびシーズ育成研究をベースに新たなデバイス展開を見据えた研究へ発展させ、新規機能を持つトポロジカル材料の開発や小型化、高速化、低消費電力化、耐傷・伸縮性向上などに資する革新的材料及びデバイス機能の創出を目的とするものである。

研究領域 1 は、(1)トポロジカル絶縁体を用いた 超低消費電力電子デバイス、トポロジカル超伝導体のマヨラナ粒子を用いた量子コンピューティング法の開発と設計など、トポロジカル量子材料に基づく新規量子電子デバイスの創製および(2)トポロジカル光学構造による単一方向伝搬光導波路、光遅延技術を用いた光メモリデバイス、低損失高速通信技術など、トポロジカル光学材料に基づく新規光学デバイスの創製、(3)トポロジカル高分子材料による超弾性素材や新規ソフトマターなど物質の創製を目指す。そのためにはトポロジカル相の探索とその理論構築およびトポロジカル物質の探索に加え、原子層レベル結晶成長、ヘテロ構造積層、原子レベル界面制御などの加工技術や新規分析技術・評価技術との連携が必要となる。様々な階層と広範な分野に関わる学問・技術分野の融合を目指す上で、研究推進体制としては、前述の複数分野の研究者からなるチームの編成が可能な CREST を選定することは適切である。

研究領域 2 は、研究領域 1 と目的は同様であるが、個人研究者の独創的な発想による先鋭的でより挑戦的な研究を対象とする。電子材料、磁性材料、光学材料、高分子材料、分子性材料といったあらゆる材料分野を対象に、トポロジカルな物性を最大限に引き出した革新的な新規材料および機能創出を目指す。さらに、それらの知見を統合しトポロジーの観点から再構成することで、新物質予測・材料設計・材料特性予測を可能とする新たな理論体系に裏打ちされたトポロジカル材料科学を構築し、新たな学術分野を創出することにも積極的に取り組む。本研究領域では、これまでに個別のコミュニティでトポロジカル材料研究を進めていた様々な分野の研究者が分野の垣根を越えて参画することで多岐にわたる新しい視点の提案が多数見込まれる。さらに異分野の知識を融合して新たな研究を生み出すネットワークの構築が期待でき、さきがけとして選定することは適切である。

本戦略目標の達成に向けては、分野の垣根を越え将来のデバイス機能実現に向けた研究を牽引していく研究者・研究グループの育成が必須であり、研究領域1と研究領域2が成果を共有し新しい連携を行うことが必要である。以上のことから、研究領域1および研究領域2は、戦略目標の達成に向けて適切に設定されていると認められる。

## (2) 研究総括指定の理由

### 研究総括 上田 正仁

上田正仁氏は、引力相互作用する原子気体のボーズ・アインシュタイン凝縮に関する理論的研究や情報熱力学・量子光学、およびメソスコピック系物理をはじめとした物性理論研究において多大な実績を有する。近年ではレーザー冷却技術やナノ技術により構築される人工量子系での広範囲にわたるトポロジカル現象に関する研究発展に注力しており、本研究領域における高い先見性や洞察力を有していると認められる。上述のような卓越した研究業績等から、2002年に松尾学術振興財団松尾学術賞を、2008年に仁科記念賞を受賞するなど高く評価されている。

またERATO「マクロ量子制御プロジェクト」(2005-2012)研究総括や新学術領域研究における指導的役割などから適切な研究マネジメントを行う経験、能力を有していると認められる。

さらに日本物理学会にとどまらず、米国物理学会のPhysical Review Lettersの編集委員(Divisional Associate Editor)を務めたほか、Physical Review Xの編集委員(Editorial Board Member)にも就任したことから、関連分野の研究者からも信頼されており、公平な評価を行いうると認められる。

以上より、同氏は研究領域1の研究総括として適任であると判断される。

### 研究総括 村上 修一

村上修一氏は、スピンホール効果の理論的研究、トポロジカルな絶縁体における特異な伝導現象の解明とデザインに関する研究、ベリー曲率の物理とトポロジカル絶縁体・トポロジカル半金属の理論研究など物性理論分野で顕著な実績を有する。専門は物性理論だが、常に物理実験との乖離を避けることに注力していることから本研究領域における高い先見性や洞察力を有していると認められる。上述のような卓越した研究業績等から、2010年に本多記念研究奨励賞を、2013年に日本学術振興会賞を、2017年に井上学術賞を受賞するなど高く評価されている。

これらの研究実績は物性理論研究者のみならず実験物理研究者との連携において指導的役割を果たすことで成しえたものであることから、適切な研究マネジメントを行う経験、能力を有していると認められる。

さらに日本物理学会では理事を歴任し、「固体物理」の編集委員に就任していることに加え、米国物理学会ではフェローに選任されるなど、関連分野の研究者からも信頼されており、公平な評価を行いうると認められる。

以上より、同氏は研究領域2の研究総括として適任であると判断される。

### 3-2 戦略目標「ゲノムスケールの DNA 合成及びその機能発現技術の確立と物質生産や医療の技術シーズの創出」の下に設定した研究領域

#### [1]研究領域の概要及び研究総括

研究領域 『ゲノムスケールの DNA 設計・合成による細胞制御技術の創出』(CREST・さきがけ複合領域)

##### (1)研究領域の概要

本研究領域はゲノムの構造と機能に関する基本原理(ゲノムの動作原理)の解明とその知見に基づく細胞利用の基盤技術の創出を目指すものです。特に、長鎖 DNA の活用を通して細胞の制御を目指すことで生命科学、ゲノム科学、細胞工学などのライフサイエンスのフロンティアの開拓と技術基盤の確立を目指します。

近年、世界的に長鎖 DNA を活用した研究開発が加速しています。これらはいずれも合成生物学の流れを汲むものであり、米国、中国、英国では複数のゲノム合成拠点が形成され、基礎研究や技術開発、ベンチャー企業の育成など戦略的な投資が行われています。しかしながら、各国の取り組みを見ると、細胞を任意に制御するためのゲノムの設計指針にまで踏み込んだ研究開発は少ないように見受けられます。

そこで、本研究領域では将来的なゲノム設計の基盤技術の構築に向けゲノムの動作原理の解明を目的とした研究開発に取り組みます。ここでは、進展が著しい長鎖 DNA の活用を視野に「ゲノムの構造と機能の解明」、「ゲノム設計のための基盤技術」、「ゲノム合成技術」、「人工細胞の構築」の4つの課題を推進し、ゲノムの複雑な機能と構造に関する知見の創出とゲノム合成や人工細胞に関する新たな技術の構築を目指します。

##### (2)研究総括

しおみ はるひこ  
塩見 春彦 (慶應義塾大学 医学部 教授)

#### [2]研究領域及び研究総括設定の理由

研究領域 『ゲノムスケールの DNA 設計・合成による細胞制御技術の創出』(CREST・さきがけ複合領域)

##### (1)研究領域選定の理由

本戦略目標はゲノムスケールの DNA を合成し、その機能発現技術の確立と物質生産や医療の技術シーズの創出を目指すものである。ゲノム配列決定技術やゲノム編集技術に続く新たな技術としてゲノム合成技術に革新が起こりつつある。当該技術による長鎖 DNA を活用することで、ゲノム機能の本質的な理解とそれに基づく細胞制御が可能となる。本戦略目標では、「①ゲノムが持つ機能を理解し、人工的にゲノム配列を設計するための基本的な原理の発見と手法の創出」、「②ゲノムを設計、合成して細胞に導入し、期待する機能を発現させる技術の開発」、「③設計・合成した長鎖 DNA を用いた細胞機能の制御技術の創出」の3つの項目が達成目標として設定されている。

以上のような達成目標を踏まえ、本研究領域では、長鎖 DNA の活用を視野に「①ゲノムの構造と機能の解明」、「②ゲノム設計のための基盤技術」、「③ゲノム合成技術」、「④人工細胞の構築」の4つの課題を推進し、ゲノムの複雑な機能と構造に関する知見の創出とゲノム合成や人工細胞に関する新たな技術の構築を目指すこととしており、3つの達成目標に基づく適切な課題設定となっている。また、基礎的段階でのボトルネックの解決に資する研究や、従来にはない斬新な発想に基づく挑戦的な課題を個人で取り組む「さきがけ」、異なる課題の研究者からなるチーム編成が可能な「CREST」、の双方を選定することで上述した4つの課題に対応する設計となっている。さらに、一人の研究総括がさきがけとCRESTを一体的にマネジメントすることにより、個人型とチーム型の研究交流と連携がより一層緊密になり、その相乗効果からそれぞれの研究課題の効率的な推進とともに、新たな技術構築が期待できる。

以上を総合すると、本研究領域は効率的・効果的に戦略目標の達成に寄与するように設計されており、優れた先進的な研究提案が多数見込まれると考えられる。

## (2) 研究総括指定の理由

### 研究総括 塩見 春彦

塩見春彦氏は、RNA 生物学、RNAi/RNA サイレンシング、ゲノム科学の分野で優れた研究成果を挙げており、RNA サイレンシングとよばれる遺伝子発現制御機構の研究では分野を牽引する国際的リーダーの一人である。その業績は高く評価され、日本分子生物学会や日本 RNA 学会、The RNA Society など、国内外の学会で要職を務めるとともに、文部科学省科学官や日本国際賞審査委員などを歴任しているなど、本研究領域運営に必要な先見性および洞察力を有していると認められる。

また、Nucleic Acids Research や EMBO reports の Editorial Board member としても活躍し、さらに、自然科学研究機構基礎生物学研究所長選考委員会委員やかずさ DNA 研究所外部研究評価委員を務めるなど、関連分野の研究者から信頼され、公平な評価を行っていると認められる。

また、日本 RNA 学会で 2 期 4 年にわたって会長を務め、日本分子生物学会で長年理事を務めると共に、研究助成選考委員会委員長や研究倫理委員会委員長に就いた経験などから、適切なマネジメントを行う経験、能力を有していると認められる。

以上より、同氏は研究総括として適任であると判断される。

### 3-3 戦略目標「Society5.0 を支える革新的コンピューティング技術の創出」の下に設定した研究領域

#### [1]研究領域の概要及び研究総括

##### 研究領域 1 『Society5.0 を支える革新的コンピューティング技術』(CREST)

###### (1)研究領域の概要

私たちの社会は、情報技術があらゆるところに浸透した超スマート社会(Society5.0)に変貌を遂げようとしています。超スマート社会の情報インフラは、巨大なクラウド群と無数のエッジから成ると考えられます。多くの場合、エッジには、センサやアクチュエータがあり、これらを制御する超小型高性能コンピュータとネットワークインタフェースが備えられています。クラウドは、物理的に分散された多数のサーバとなりますが、論理的にはさまざまなサービスの総体として抽象化されることになると考えます。

このためエッジ、クラウドのいずれにおいても、大量かつ多様なデータを扱うことになり、従来の情報処理技術の高度化などに加えて、人工知能(深層学習など)、量子計算、光計算などがキーテクノロジーとなります。現実の諸問題に一定の時間内で回答するリアルタイム技術も、多様化する社会のニーズに答えるべく高度化する必要があります。その上で、これらを統合し、システムとして高効率・省エネルギーで機能させるための新しい回路技術、アーキテクチャ技術、ソフトウェア技術が必要となります。

本研究領域は、こうした近未来の超スマート社会を念頭に、従来技術の単純な延長では得られない新しいコンピューティング技術の基盤構築を目指します。具体的には、以下の研究開発に取り組みます。

(1) 情報処理を質的に大転換させる新たなコンピューティング技術の創出

(2) アルゴリズム、アーキテクチャ等の技術レイヤーを連携・協調させた高効率コンピューティング技術の開発

これらの研究開発により、高度な情報処理を活用したスマートロボット、スマート工場、自動運転、IoT、セキュリティ強化などによる超スマート社会(Society5.0)の実現に貢献します。

###### (2)研究総括

坂井 修一 (東京大学 大学院情報理工学系研究科 教授)

##### 研究領域 2 『革新的コンピューティング技術の開拓』(さきがけ)

###### (1)研究領域の概要

超スマート社会を実現しその持続可能性を維持するためには、情報処理基盤の要であるコンピュータシステムの飛躍的かつ継続的な発展が必要不可欠となります。しかしながら、近い将来、半導体の微細化がついに限界に達すると予想されており、コンピュータシステムを進化させ続けるための新しい概念や技術の創出が求められています。

そこで本研究領域では、半導体微細化に頼らない革新的コンピューティング技術の開拓を目指します。大きなダイナミズムを有する超スマート社会を支える情報処理基盤を構築するには、社会的変化と技術的進歩を敏感に察知し、将来を予測し、様々なトレードオフを考慮した上で、柔軟かつ斬新な発想に基づく次世代コンピュータシステムを実現しなければなりません。そこで、高性能化、低コスト化、低消費電力、安全性向上、高信頼化、運用容易性向上など、様々な観点から次世代コンピュータシステムのあるべき姿を探求します。研究内容としては、1)回路、アーキテクチャ、システムソフトウェア、プログラミング、アルゴリズム、アプリケーションなどを対象としたクロスレイヤ、コデザインに基づく新しい高効率コンピューティング技術の確立、2)現在主流であるデジタルCMOS処理とは異なる新コンピューティング技術の創成、3)従来の計算モデルとは一線を画す新計算原理／新概念の創出、などを対象とします。そして最終的には、世界をリードする若手研究者を輩出するとともに、持続可能な超スマート社会の実現を可能にするための情報処理基盤の構築に貢献します。

###### (2)研究総括

井上 弘士(九州大学 大学院システム情報科学研究所 教授)



## [2]研究領域及び研究総括設定の理由

### 研究領域 1 『Society5.0を支える革新的コンピューティング技術』(CREST)

### 研究領域 2 『革新的コンピューティング技術の開拓』(さきがけ)

#### (1)研究領域選定の理由

本研究領域にかかる戦略目標は、リアルタイム性や低消費電力性、大量データの高速処理を実現するためのアーキテクチャの開発を通じた新たなコンピューティング技術の創出と、従来手法にとらわれないアルゴリズム、アーキテクチャ等の技術レイヤーを連携・協調させることによる、セキュリティ技術やアプリケーションの開発を通じた高効率コンピューティング技術の研究開発を推進し、あらゆる情報システムの高効率化に資する基盤技術を構築することを目的としている。これにより、自動運転、知能ロボット、スマート工場などに代表される「超スマート社会(Society5.0)」の実現に貢献することが期待されている。そのため、達成目標として、以下の2項目が設定されている。

(1)情報処理を質的に大転換させる新たなコンピューティング技術の創出

(2)アルゴリズム、アーキテクチャ等の技術レイヤーを連携・協調させた高効率コンピューティング技術の開発

以上の目標を踏まえ研究領域1では、近未来の超スマート社会を支える革新的なコンピューティング技術の研究をテーマとし、従来の情報処理から質的にも量的にも飛躍した新しい世界の実現に向けて、新しい計算原理から回路、アーキテクチャ、ソフトウェア、アルゴリズム、ヒューマンインタフェースまで、様々な研究分野における要素技術を開発し、これらの技術を有機的に結合させることに取り組むことから、戦略目標の達成に向けた適切な設定となっている。また、研究課題の推進においては、「超スマート社会」の意味するものは広範・多岐に渡るため、研究チーム間で情報交換や技術協力などの交流・連携を促進し、新しい情報処理基盤の創出に向けてのコミュニティ作りを推進し、領域外の識者の意見等も取り入れることを想定している。以上のことから、本研究領域は CREST の研究領域として適切であると考えられる。

研究領域2は、革新的コンピューティング技術の開拓を目指し、システム階層を視野に入れた高効率コンピューティング技術の確立、脱デジタルCMOS処理を念頭においた新コンピューティング技術の創出、従来とは一線を画す新計算原理や新概念の研究開発を幅広く対象としている。海外とのネットワークを広げ、将来的に世界をリードする人材を輩出するため、海外の若手研究者と議論する場や海外の大学/企業を訪問する場を設けることで領域全体として積極的に交流を深め、若手研究者同士の国際連携も積極的に支援することを想定している。以上のことから、本研究領域はさきがけ研究領域として適切に設計されている。

以上を総合すると、これら2領域は、Society5.0を支えるために、情報システム全体の高効率化に向けて、従来性能を圧倒的に凌駕する新たなコンピューティング技術の基盤技術の構築という戦略目標の達成に向けて適切に設計されており、優れた研究提案が見込まれると考えられる。

#### (2)研究総括指定の理由

研究総括 坂井 修一

坂井修一氏は、コンピュータアーキテクチャ分野における優れた見識を有しており、並列処理ソフトウェア、省電力マルチプロセッサ、ディペンダブルシステム等の新世代コンピュータシステムに関する研究開発を推進しており、コンピュータアーキテクチャの最高峰の国際会議であるACM/IEEE International Symposium on Computer Architecture (ISCA)での発表実績等、顕著な業績を有する。また、世界最先端の研究機関である米国マサチューセッツ工科大学 Laboratory for Computer Science、Computation Structures Groupに客員研究員として在籍した経験もあり、当該研究分野における国内外の研究動向を熟知し、幅広い知見や優れた先見性及び洞察力を有している。

情報処理学会、電子情報通信学会の理事や東京大学大学院情報理工学系研究科の研究科長を務めるなど、本研究領域の運営においても適切なマネジメントを行う経験、能力を有している。

日本IBM科学賞、情報処理学会論文賞、同学会フェロー、電子情報通信学会フェロー、IEEE Outstanding Paper Awardの受賞等、これまでの研究実績が学会等から高く評価されるとともに関連分野の研究者から広く信頼を得ていると考えられる。

国内外の学会等におけるプログラム委員やChairを務め、JSTにおいても「さきがけ」の選考・評価委員の経験

があることから、関連分野を中心に幅広い研究提案の集まる CREST 研究領域において、公平な評価を行っていると認められる。

以上より、同氏は研究領域 1 の研究総括として適任であると判断される。

研究総括 井上 弘士

井上弘士氏は、従来のコンピュータアーキテクチャのみならず、集積ナノフォトニクスによる光コンピューティングや単一磁束量子回路による低電力高性能プロセッサのアーキテクチャ等の多方面での研究開発を異分野連携により推進しており、当該研究分野における国内外の研究動向を熟知し、幅広い知見や優れた先見性及び洞察力を有している。

コンピュータアーキテクチャの最高峰の国際会議である ACM/IEEE International Symposium on Computer Architecture(ISCA)のプログラム委員(2017 年、2018 年)や 2018 年に 51 回目で日本初開催となる IEEE/ACM International Symposium on Microarchitecture(MICRO)の組織委員長を務めるなど、本研究領域の運営においても適切なマネジメントを行う経験、能力を有している。

情報処理学会論文賞、文部科学大臣表彰若手科学者賞の受賞等、これまでの研究実績が学会等から高く評価されるとともに関連分野の研究者から広く信頼を得ていると考えられる。

IEEE や ACM が主催する主要国際会議の International Symposium on High-Performance Computer Architecture(HPCA)、International Conference on Parallel Architectures and Compilation Techniques(PACT)等の多数の国内外の会議のプログラム委員や科研費の審査委員を務めるなど、国内外の研究者から信頼され、公平な評価を行っていると認められる。

以上より、同氏は研究領域 2 の研究総括として適任であると判断される。

### 3-4 戦略目標「持続可能な社会の実現に資する新たな生産プロセス構築のための革新的反応技術の創出」の下に設定した研究領域

#### [1]研究領域の概要及び研究総括

#### 研究領域 1『新たな生産プロセス構築のための電子やイオン等の能動的制御による革新的反応基盤技術の創出』(CREST)

##### (1)研究領域の概要

現在の化学合成や化学品生産においては熱エネルギーの利用が主流であり、新たな合成法・生産法の創製・確立のためには、熱エネルギー以外のエネルギーの積極的な利用が重要課題です。本研究領域は、電気や光等の古典的な熱エネルギー以外のエネルギーを積極的に利用した革新的反応技術を創出することを目的とします。すなわち、電気化学、光化学、触媒化学、合成化学、材料科学、理論・計算、計測等に立脚して化学反応場における電子やイオンの能動的制御を探索し、物質合成・生産に資する革新的反応技術を創出します。

具体的には、(1)理論・計算と計測の連携による反応機構解明およびそれに基づいた革新的反応の設計、(2)革新的反応を可能にするための新材料の創製、(3)新材料や新技術を活用し、電気や光等、単独のエネルギーを用いた革新的反応プロセスの構築、(4)複数のエネルギーを組み合わせた革新的反応プロセスの合理的設計および構築、等の研究開発に取り組みます。反応原理の解明とともに電子やイオンの能動的制御法の開発や、それらに基づいた電気や光等を利用する新規合成反応の開拓を推進し、持続可能な社会の実現に向けた革新的反応技術を生み出すとともに、この分野のさらなる発展を担う研究者を輩出することを目指します。

##### (2)研究総括

よしだ じゅんいち  
吉田 潤一 (鈴鹿工業高等専門学校 校長/京都大学 名誉教授)

#### 研究領域 2『電子やイオン等の能動的制御と反応』(さきがけ)

##### (1)研究領域の概要

本研究領域では、電気や光などを用いて電子やイオンの能動的な制御を狙い、革新的な化学反応技術を創出することを目的とします。これによって、従来にはない物質生産プロセスを実現させ、既存技術における反応制御の難しさ、収率や選択性の低さ、高い反応温度、平衡制約などから脱却できる新たな化学反応の体系を確立することを狙います。

具体的には、電気化学や光化学、非在来型プロセスなどを単独あるいは組み合わせることにより、電子やイオンを能動的に制御し、これによって化学反応の選択性向上、平衡制約からの脱却といった次世代反応場の開拓を狙います。高効率な物質合成に資する化学反応プロセスのみならず、反応プロセスを構築するための新規材料開発、例えば従来にはない中温域で作動する新規イオン伝導材料の開発や、これら反応・材料の新規評価方法の確立、そのために必要となる理論化学の援用によるモデル化と実験系へのフィードバックなども研究対象に含めます。

化学(電気や光等)、反応プロセス(フローリアクターなど)、材料(電極材料、固体イオニクス材料、触媒など)、計測、理論の融合からなる次世代反応プロセスの創出により、持続可能な社会の実現を目指します。

##### (2)研究総括

せきね やすし  
関根 泰 (早稲田大学 理工学術院 教授)

## [2]研究領域及び研究総括設定の理由

研究領域 1 『新たな生産プロセス構築のための電子やイオン等の能動的制御による革新的反応基盤技術の創出』(CREST)

研究領域 2 『電子やイオン等の能動的制御と反応』(さきがけ)

### (1)研究領域選定の理由

本戦略目標は、様々な製品の原料等となる基礎化学品を製造する際のエネルギーの削減による、エネルギー多消費型生産プロセスからの脱却を目指し、持続可能な社会の実現に資する「革新的反応技術」の実現に向けて、電気や光等を用いた革新的反応プロセスを構築することを目的とするものである。具体的には、以下の達成を目指す。

- ① 電気や光等により、電子やイオンを制御する化学反応の機構解明及びそれによる新しい反応ルートを開拓する。オペランド計測や計算化学による計測と理論のインタラクションを通じて、電気や光等を用いた反応機構を解明する。
- ② 電気や光等を用いた革新的反応プロセス構築のための新規材料を創製する。各反応における主目的生成物に対して、選択性と反応速度の両立を可能にするために、新規材料の創製を進める。
- ③ 電気や光等を用いた革新的反応プロセスを構築する。電気や光等を用いた新しい反応プロセスへの適応を進めるとともに、電位操作等の外部操作を含めて高精度に反応を制御するための技術開発を行う。このような革新的な反応プロセスにより希少物質やファインケミカル、創薬等の開発を進める。

上記のような目標を踏まえ、研究領域1では、①理論・計算と計測の連携による反応機構解明及びそれに基づいた革新的反応の設計、②革新的反応を可能にするための新材料の創製、③新材料や新技術を活用し、電気や光等、単独のエネルギーを用いた革新的反応プロセスの構築、④複数のエネルギーを組み合わせた革新的反応プロセスの合理的設計および構築、の4つのアプローチを設定しており、それぞれが戦略目標の達成項目に対応している。また、研究課題の推進上、「異分野研究者の積極的な融合・連携」、「分野のさらなる発展を担う次世代の研究者の輩出」の促進を掲げ、我が国における新反応開発、物質創製、材料創製の分野での基盤技術の創出を目指す等、戦略目標の達成に向けた適切な設定となっており、戦略目標の目指す「持続可能な社会の実現に資する新たな生産プロセス構築のための革新的反応技術の創出」が見込まれる。

一方、研究領域2も、戦略目標の「持続可能な社会の実現に資する新たな生産プロセス構築のための革新的反応技術の創出」を目指して、電気や光等を用いた電子やイオンの能動的な制御により、既存技術における反応制御の難しさ、収率や選択性の低さ、高い反応温度、平衡制約などから脱却できる新たな化学反応の体系を確立することに焦点を当てる。これにより、最先端の研究分野を切り開こうとする若手研究者からの斬新な提案ならびに分野の垣根を超えた研究者ネットワークの形成を促進し、新たな研究領域を産み出して、ブレークスルーを起こすことが期待される。

以上を総合すると、これら2研究領域は互いに連携し、「革新的反応技術」の創出に向けて、それぞれが電気や光等を用いた従来にない効率的・効果的な化学反応を確立することで、戦略目標の達成に寄与するように設計されており、優れた先進的な研究提案が多数見込まれると考えられる。

### (2)研究総括指定の理由

研究総括 吉田 潤一

吉田 潤一氏は、有機合成化学、特に有機電極反応、マイクロ合成化学の研究分野において精力的な研究活動を行い、有機電極反応に関する研究では電子補助基という新しい概念を提唱し、有機化合物からの電子移動を効率よく行い、かつ生じる炭素カチオンの発生を位置選択的に行う手法を開発している。また近年、極低温条件下での電極反応による活性種の発生・蓄積を行う新手法の開発や、マイクロリアクターを用いた研究ではカチオン、アニオンといった不安定有機化学種に着目し、これらをマイクロ空間で高度制御することにより、効率の良い物質生産が可能な方法論を開発するなど卓越した業績を上げている。これらの業績を通じ、フンボルト賞(2007年)、第9回グリーン・サステイナブルケミストリー賞(2010年)、Ta-Shue Chou Lectureship Award(2013年)、第65回日本化学会賞(2013年)、The Electrochemical Society, Manuel M. Baizer Award(2014年)、紫綬褒章(2015年)等多くの賞を受けており、本研究領域を推進するために必要な先見性、洞察力を有していると認

められる。

また、これまで日本学術振興会や新エネルギー・産業技術総合開発機構の評価委員などを歴任していることから、公平な評価を行いうると認められる。加えて、日本化学会理事、有機合成化学協会副会長及び会長を歴任していること等から、関連分野の研究者や企業関係者から信頼され、研究課題の効果的・効率的な推進を目指し、適切な研究マネジメントを行う経験、能力を有していると認められる。

以上より、同氏は研究領域1の研究総括として適任であると判断される。

#### 研究総括 関根 泰

関根泰氏は、主に触媒化学、触媒反応プロセスの分野において活躍してきた。特に、非在来型触媒反応に関して、革新的な炭化水素変換プロセスの研究では次世代エネルギー問題の解決に向けた優れた業績を数多く挙げており、石油学会論文賞、日本エネルギー学会進歩賞、FSRJ 研究進歩賞、触媒学会奨励賞等多くの受賞歴を有することから、本研究領域を推進するために必要な先見性、洞察力を有していると認められる。

また、日本化学連合理事、触媒学会理事、石油学会石油化学部会長、水素エネルギー協会理事、日本学術会議連携会員等の学協会での要職に就き、サイエンスの視点のみならずイノベーションにつなげるためのテクノロジー創出も積極的に進めており、適切な研究マネジメントを行う十分な能力を有していると思われる。

さらに、関根泰氏は若手研究者の人材育成にも積極的に取り組んでおり、関根泰氏が研究代表者を務めるCREST 研究課題の研究参加者からは複数のさきがけ研究者を輩出している。

本領域では、アカデミアの研究者だけでなく、産業界の研究者の参加を期待しており、関根泰氏は、アカデミアはもとより産業界との連携を多く有していることから、各々がおかれている立場や特徴の違いを適切に理解しつつ、双方の長所を最大限に引き出して異分野融合を促進する領域運営を行うことが期待できる。

上記を総合すると、関根泰氏は触媒化学、反応プロセス工学における上位のサイエンティストであり、関連分野の研究者からの信頼も厚く、本研究領域についての先見性および洞察力を有すると同時に若手研究者の育成などを含め、研究を推進するマネジメント能力を有していると認められる。

以上より、同氏は研究領域2の研究総括として適任であると判断される。

(別添資料1)

# 戦略目標

## 平成30年度 戦略目標

- トポロジカル材料科学の構築による革新的材料・デバイスの創出
- ゲノムスケールのDNA合成及びその機能発現技術の確立と物質生産や医療の技術シーズの創出
- Society5.0を支える革新的コンピューティング技術の創出
- 持続可能な社会の実現に資する新たな生産プロセス構築のための革新的反応技術の創出

## 平成30年度戦略目標

### 1.1 目標名

トポロジカル材料科学の構築による革新的材料・デバイスの創出

### 1.2 概要

”トポロジー”に基づいた新たな物質観によって導かれる新たな物質群の創出とその基礎学理の構築及びトポロジカル材料を応用した革新的デバイス創成の基礎技術を開拓する。「トポロジカル絶縁体」に代表される様々なトポロジカル量子材料に加え、磁性、光学、メカニクス、ソフトマター（高分子材料・ゲル材料など）分野など、広範な領域における“トポロジカル材料科学”の探求とその材料・デバイス応用を目指すことで、原理的にその性能向上の限界が顕在化してきているエレクトロニクスデバイス分野等において新たなパラダイムを築き、Society5.0を支える基盤強化等へ貢献する。

### 1.3 達成目標

本戦略目標では、“トポロジー”の概念で特徴づけられる全く新しい物性の創出を目指し、基礎学理からシーズ育成研究、応用研究までを数学理論の概念を通して統合し、新たな機能を持つトポロジカル材料の開発や小型化、高速化、低消費電力化、耐傷・伸縮性向上などに資する革新的材料及びデバイスの創出を目指す。具体的には、デバイス創出に関しては企業による実用化を志向した研究開発への着手を目指せるよう産業界等とも連携し、以下の達成を目指す。

- (1) トポロジカル材料科学の理論体系の構築
- (2) トポロジカル材料の設計、創製、計測・評価技術の創出
- (3) トポロジカル材料を応用した革新的デバイスの創出

### 1.4 研究推進の際に見据えるべき将来の社会像

3. 「達成目標」に記載した事項の達成を通じ、以下に挙げるような社会の実現に貢献する。
- ・量子演算技術の進歩による AI 技術の発展やムーアの法則から飛躍的な進歩を遂げた超高性能デバイスの創出によって、我が国が目指す Society5.0 の実現に貢献する社会。
  - ・光ファイバー・通信デバイス等の革新により、低損失かつ超高速な通信を実現し、通信、情報処理の高速化や医療技術の高度化などによる快適な生活を実現する社会。
  - ・新たな機能を有する材料の創出が、メカニクスやソフトマター分野など多くの分野へ波及することで、快適で持続可能な生活を実現する社会。

### 1.5 具体的な研究例

- (1) トポロジカル材料科学の理論体系の構築

新しいトポロジカル相の探索とその理論的解釈、マヨラナ粒子など物質中の準粒子の発見。光、熱、機械的振動、超分子の高次構造、機能性ポリマー材料等への展開。それらの基盤となるバンド理論、第一原理、分子動力学など、量子力学や相対性理論と位相幾何学を融合した新しい量子物性論の確立。統一的な数学理論による分野融合の材料科学の構築。

- (2) トポロジカル材料の設計、創製、計測・評価技術の創出

周期構造をもつ結晶性物質に加え、アモルファスや準結晶などの非晶質における新しいトポロジカル物質の探索、マテリアルズインフォマティクスを応用した材料探索。角度分解光電子分光法、電子顕微鏡、超解像顕微分光法など、電磁場を原子分解能で観察・評価する新規超解像顕微分析技術の開発。原子層レベル結晶成長／ヘテロ構造積層、原子レベル界面制御、ナノ加工・接合技術、真空制御、極低温制御技術、化学合成の開発。汎用化を目指した新規大量創製技術の開発。

- (3) トポロジカル材料を応用した革新的デバイスの創出



トポロジカル絶縁体を用いた超低消費電力電子デバイス、トポロジカル超伝導体のマヨラナ粒子を用いた量子コンピューティング法の開発と設計など、トポロジカル量子材料に基づく新規量子電子デバイスの創製。スキルミオンを用いた超高密度データ記録デバイスや医療用超高感度磁気センサなどトポロジカル磁性材料に基づく新規磁気デバイスの創製。トポロジカル光学構造による単一方向伝搬光導波路、光遅延技術を用いた光メモリデバイス、低損失高速通信技術など、トポロジカル光学材料に基づく新規光学デバイスの創製、トポロジカル高分子材料による超弾性素材や新規ソフトマターなどの創製。

## 1.6 国内外の研究動向

(国内動向)

2010年から科研費・新学術領域において「対称性の破れた凝縮系におけるトポロジカル量子現象」(領域代表者：前野悦輝・京大教授)が開始されたのを皮切りに、「トポロジカル量子現象」が世界的に広く認知されるきっかけとなり、超伝導、絶縁体、超流動体、冷却原子系など広範な物性を対象に分野融合型プロジェクトを我が国は世界に先駆けて推進した。2009年最先端研究開発支援プログラム「強相関量子科学」(中心研究者：十倉好紀・理研センター長)、2010年最先端・次世代研究開発支援プログラム「トポロジカル絶縁体による革新的デバイスの創出」(中心研究者：安藤陽一・阪大(現ケルン大)教授)へと発展し、世界を牽引する成果を数多く創出した。これらの研究成果は、2015年科研費・新学術領域「トポロジーが紡ぐ物質科学のフロンティア」(領域代表者：川上則雄・京大教授)、東北大学WPI-AIMR「トポロジカル機能性材料」、2017年科研費・新学術領域「次世代物質探索のための離散幾何学」(領域代表者：小谷元子・東北大学教授)など、広範な学術分野へさらに活発な深化を見せており、その基礎学理形成の下地が整いつつある。

(国外動向)

米国 Microsoft Research の Station Q の取り組みをはじめ、欧州、中国など、世界各地において、トポロジカル材料を工学応用に着手する動きが激化しており、米国 NSF の「10 Big Ideas for Future NSF Investments」における「6つの研究アイデア」の一つとして、量子システムの活用が挙げられるなど、材料の量子効果を積極的に応用する動きがある。この背景には、トポロジカル材料の基礎研究と、将来の量子デバイスの基礎としてのポテンシャルの高さが共通の認識としてある。2016年のノーベル物理学賞に「物質におけるトポロジカル理論」のほか、2010年のグラフェン、2012年の量子光学に関する研究にノーベル物理学賞が授与されており、トポロジカル材料に基づく量子現象が高いポテンシャルを有するとの認識を示していると考えられる。

これまで材料開発・材料創出の分野では我が国が世界を先導する一方で、我が国も参加する「Topo-Q International Network」という国際ネットワークが形成され連携が強化されつつある。

## 1.7 検討の経緯

「戦略目標等策定指針」(平成27年6月8日科学技術・学術審議会戦略的基礎研究部会決定)に基づき、以下のとおり検討を行った。

(科学研究費助成事業データベース等を用いた科学計量学的手法による国内外の研究動向に関する分析資料の作成)

科学研究費助成事業データベース等を用いて、研究論文の共引用関係又は直接引用関係の分析等の科学計量学的手法を活用することにより、国内外の研究動向に関する分析資料を作成した。

(分析資料を用いた専門家へのアンケートの実施及び注目すべき研究動向の作成)

「科学技術振興機構研究開発戦略センターの各分野ユニット」、「日本医療研究開発機構のプログラムディレクター等」及び「科学技術・学術政策研究所科学技術動向研究センターの専門家ネ

ットワークに参画している専門家」に対し、作成した分析資料を用いて今後注目すべき研究動向に関するアンケートを実施した。その後、アンケートの結果の分析等を行い、注目すべき研究動向として「トポロジカル材料科学と革新的デバイス創出」を特定した。

(ワークショップの開催及び戦略目標の作成)

注目すべき研究動向「トポロジカル材料科学と革新的デバイス創出」に関係する産学の有識者が一堂に会するワークショップを開催し、特に注目すべき国内外の動向、研究や技術開発の進展が社会的・経済的に与え得るインパクトやその結果実現し得る将来の社会像、研究期間中に達成すべき目標等について議論を行い、ワークショップにおける議論等を踏まえ、戦略目標を作成した。

(その他)

- ・戦略プロポーザル「トポロジカル量子戦略」(JST-CRDS:2017年3月)
- ・科学技術未来戦略ワークショップ「トポロジカル量子戦略～量子力学の新展開がもたらすイノベーション～」(2016年12月開催)
- ・日本物理学会 科学セミナー「トポロジーがひらく新しい科学」(2017年8月19日、20日)
- ・応用物理学会 特別シンポジウム「物質中のトポロジー：応用にどのように結びつくのか？」(2017年9月7日)

## 1.8 閣議決定文書等における関係記載

「第5期科学技術基本計画」(平成28年1月22日閣議決定)

第2章(3)「超スマート社会」における競争力向上と基盤技術の強化

新たな価値創出のコアとなる強みを有する基盤技術

- ・革新的な構造材料や新機能材料など、様々なコンポーネントの高度化によりシステムの差別化につながる「素材・ナノテクノロジー」
- ・革新的な計測技術、情報・エネルギー伝達技術、加工技術など、様々なコンポーネントの高度化によりシステムの差別化につながる「光・量子技術」

「科学技術イノベーション総合戦略2017」(平成29年6月2日閣議決定)

第2章(2)[C]<2>ii)

- ・超小型・超低消費電力デバイスの開発(センサ、アクチュエータ、半導体デバイス含む。)
- ・個別システムを支えるナノテクノロジー・材料技術の開発・実証

## 1.9 その他

- ・科研費・新学術領域に、「次世代物質探索のための離散幾何学」(H29-33, 領域代表:小谷元子)、「トポロジーが紡ぐ物質科学のフロンティア」(H27-31, 領域統括:川上則雄)が進行中である。これら2領域は、トポロジカル物質科学に関する基礎学理の構築が研究の主眼である。本目標では、次世代の革新的デバイスの創出を見据え、実用化に適うトポロジカル材料の探索と創製、評価・計測技術、デバイス化技術の創出を主眼としている。これらの研究領域は人的・研究知見的に相互に連携し、学理構築、トポロジーの概念を用いた新規機能性材料創製、およびトポロジカル材料を応用した革新的デバイス創出を有機的に進展させることが期待される。
- ・本戦略目標の推進にあたっては、トポロジーの概念を他分野へ波及させることにより新しい機能を有する材料を創出することが求められる。その際既存の社会像にとどまることなく、新たな社会像を提案するような材料・デバイスの創出も期待される。
- ・国際的な戦略としては「Topo-Q International Network」等の国際的な連携の場を活用し、米国・欧州等と連携を進め、世界を牽引していく立場を築くことが重要である。

## 2.1 目標名

ゲノムスケールの DNA 合成及びその機能発現技術の確立と物質生産や医療の技術シーズの創出

## 2.2 概要

ゲノム DNA 配列決定技術やゲノム編集技術は、生命科学研究の進展を支える重要な基盤技術となっている。特に近年、ゲノム編集技術は、CRISPR-Cas9 の登場により生命科学を転換する技術として大きな注目を集め、育種や医療分野への応用研究も急速に進められている。このような中、これらに続く新たな技術として DNA 合成技術に革新が起こりつつあり、数万塩基対以上の長鎖 DNA を合成し、細胞内での機能発現を解析することで、ゲノムに関する機能やその原理を理解するための研究が行われつつある。

本戦略目標では、生命科学を中心に、情報科学、物質科学等とも連携しつつ、ゲノムを設計、合成して細胞に導入し、期待する機能を発現させる技術の確立を目指す。

## 2.3 達成目標

本戦略目標では、ゲノムスケールの DNA を合成する技術の確立と、合成した DNA の活用によるゲノム機能の本質的解明及び細胞機能の制御を目指す。具体的には、以下の達成を目指す。

- (1) ゲノムが持つ機能を理解し、人工的にゲノム配列を設計するための基本的な原理の発見と手法の創出
- (2) ゲノムスケールの DNA を設計、合成して細胞に導入し、期待する機能を発現させる技術の開発
- (3) 設計・合成した DNA を用いた細胞機能の制御技術の創出

## 2.4 研究推進の際に見据えるべき将来の社会像

3. 「達成目標」の実現を通じ、生物種に依存せず細胞を工学的に操作、制御するための技術基盤が整備され、以下に挙げるような社会の実現に貢献する。

- ・未利用の生物機能を最大限引き出すことにより、製品の製造や精製に係るエネルギー消費が大幅に削減し、持続可能な消費と生産のパターンを確保する社会。
- ・バイオ医薬品の製造効率の大幅な向上、疾患研究や創薬研究に利用する細胞の確立が進み、複合的な要因による疾患に対する研究と治療法の確立が進む社会。
- ・化学工業プロセスからバイオ産業プロセスへの転換が進み、我が国がその分野で強い産業競争力を持つ社会。

## 2.5 具体的な研究例

(1) ゲノムが持つ機能を理解し、人工的にゲノム配列を設計するための基本的な原理の発見と手法の創出

ゲノムが持つ機能を理解し、人工的にゲノム配列を新たに設計する具体的な手法に関する研究を行う。例えば、機能未知のゲノム領域を欠損・合成し、それらの変異体の機能を解析することによりゲノムが持つ機能を明らかにする研究、長鎖 DNA を用いてゲノムの高次構造を自在に再構成し、構造が細胞や生物の機能に対して果たす役割を明らかにする研究、期待する機能を具体的な DNA 配列情報として書き出す情報処理アルゴリズムの開発とその実験検証を行う研究、ミトコンドリアや葉緑体のゲノム DNA を合成した長鎖 DNA に置き換え、その機能を解明する研究等を行う。

(2) ゲノムスケールの DNA を設計・合成して、細胞に導入し、狙った機能を細胞内で発現させるための基盤技術の開発

現在の DNA の設計・合成・機能発現に関する要素技術を育成、革新し、長鎖 DNA の設計・合成・機能発現を可能にする基盤技術開発を行う。例えば、ゲノム配列設計に向けたビッグデータの解析、合成可能な DNA 長の上限を飛躍的に拡張する長鎖 DNA の合成、長鎖 DNA の物理的安定化、長鎖 DNA の細胞への導入、長鎖 DNA の導入や機能発現が容易な宿主細胞等に関する技術開発を行う。

### (3) 設計・合成した長鎖 DNA を用いた細胞機能の制御技術の創出

設計・合成した長鎖 DNA を細胞に導入し、ゲノム配列とその機能の対応関係を解明し、それに基づき細胞機能を制御するための研究を行う。例えば、合成した長鎖 DNA を利用して細胞に新たな機能を導入するほか、長鎖 DNA を利用する細胞のゲノムを再設計し、細胞機能を制御する研究等を行う。

なお、具体的な研究例 (1) ~ (3) に係る項目の研究開発にあたっては、将来の実用化を想定した際の倫理的・法的・社会的課題に配慮するために、関連する人文社会系の研究者の助言・提案を取り入れて研究を実施することが求められる。

## 2.6 国内外の研究動向

### (国内動向)

内閣府において、平成 29 年 10 月にバイオテクノロジーによるイノベーションを促進する上での課題及び戦略策定について政策討議が行われ、その後 12 月からバイオ戦略検討ワーキンググループが開催されている。その中で合成生物学についてはアカデミアのみならずバイオ産業からの関心も高く、その基礎基盤の確立が求められている。また、科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会「ライフサイエンス委員会」(第 85 回)において、ゲノム医療に関わる重要テーマのひとつとして "Genome-Write technology" が紹介された。

我が国ではゲノムスケールの長鎖 DNA 合成の基盤技術シーズが生まれつつある。枯草菌を DNA 集積に利用する手法や、試験管内で大腸菌ゲノム複製の機構を再構成した手法が報告される (ImPACT「人工細胞リアクタ」) など、長鎖 DNA 合成はわが国が世界的にも強みを有している分野である。このように、長鎖 DNA の合成技術の高度化とその普及による学術研究の新たな展開やその産業応用に、我が国の将来の成長エンジンとして大きな期待が集まっている。

### (国外動向)

米国でゲノムスケールの DNA 合成の国際コンソーシアム (GP-Write) が立ち上がり、そのキックオフミーティングでは参加者の半数が企業であるなど、産学とも関心が高い。加えて、Nature 誌で 2017 年の注目テーマに挙げられた。中国では、ゲノムスケールの DNA 合成を含む合成生物学の分野で、深セン市、天津大学、中国科学院が中心となり数百億円レベルの予算で世界レベルの研究所の設置、拡充が進んでおり、若手研究者が米国で技術を習得し帰国している。しかし、国際コンソーシアム全体をコーディネートしているのは米国のコミュニティで、依然、研究のフロンティアは米国にある。英国は 2000 年代後半から合成生物学のコンソーシアムを作っているが学術的に世界をリードする状況にはなく、ベンチャー企業を介した産業化に重きを置いている。

## 2.7 検討の経緯

「戦略目標等策定指針」(平成 27 年 6 月科学技術・学術審議会戦略的基礎研究部会決定)に基づき、以下のとおり検討を行った。

(科学研究費助成事業データベース等を用いた科学計量学的手法による国内外の研究動向に関する分析資料の作成)

科学研究費助成事業データベース等を用いて、研究論文の共引用関係又は直接引用関係の分析等の科学計量学的手法を活用することにより、国内外の研究動向に関する分析資料を作成した。

(分析資料を用いた専門家へのアンケートの実施及び注目すべき研究動向の作成)

「科学技術振興機構研究開発戦略センターの各分野ユニット」、「日本医療研究開発機構のプログラムディレクター等」及び「科学技術・学術政策研究所科学技術動向研究センターの専門家ネットワークに参画している専門家」に対し、作成した分析資料を用いて今後注目すべき研究動向に関するアンケートを実施した。その後、アンケートの結果の分析等を行い、注目すべき研究動

向として本目標に係わる動向を特定した。

(ワークショップの開催及び戦略目標の作成)

注目すべき研究動向に関係する産学の有識者が一堂に会するワークショップを開催し、特に注目すべき国内外の動向、研究や技術開発の進展が社会的・経済的に与え得るインパクトやその結果実現し得る将来の社会像、研究期間中に達成すべき目標等について議論を行い、ワークショップにおける議論等を踏まえ、戦略目標を作成した。

## 2.8 閣議決定文書等における関係記載

「第5期科学技術基本計画」(平成28年1月閣議決定)

第3章(1)①ii)

バイオマスや廃棄物等からの燃料や化学品等の製造・利用技術及び廃棄物処理技術の研究開発等にも取り組む。

第3章(3)②ii)

このように、個別システムにおいて新たな価値創出のコアとなり現実世界で機能する技術として、国は、特に以下の基盤技術について強化を図る。

・センサ技術やアクチュエータ技術に変革をもたらす「バイオテクノロジー」

第3章(1)③

また、計算科学・データ科学を駆使した革新的な機能性材料、構造材料等の創製を進めるとともに、その開発期間の大幅な短縮を実現する。

「科学技術イノベーション総合戦略2017」(平成29年6月閣議決定)

第2章(2)[C]②ii)

・生物情報のデジタル化、AI、ゲノム編集技術等のNBT(New Plant Breeding Techniques)の融合、農業と生物機能の高度活用による新価値創造等バイオテクノロジー等に係る研究開発の強化

## 2.9 その他

本戦略目標に関連する施策として、ImPACT「人工細胞リアクタ」がある。当該プログラムは計測ともの作りを組み合わせ、無細胞系での長鎖DNA合成を進め、成果の社会還元を目指し事業化を推進しているのに対し、本戦略目標は長鎖DNAの設計・合成・機能確認を通じたゲノム機能の解明を目指しており、当該プログラムと相補的な関係にあるため、緊密な連携の下で進める必要がある。

国際戦略として、ゲノムサイズのDNA合成の国際コンソーシアム「GP-Write」との連携により若手人材の育成、日本発の技術の海外展開等を積極的に進める。また、技術を利用する企業と連携し、研究開発成果の社会還元を推進する。

本研究開発目標の下で行われる研究によって得られたデータについては、科学技術振興機構(JST)の「ライフサイエンスデータベース統合推進事業」(平成23年度～)等と連携しながら、データベース化等により更なる研究展開に向けた基盤を構築するなど、効率的・効果的な研究推進のための取組が期待される。

### 3.1 目標名

Society5. 0を支える革新的コンピューティング技術の創出

### 3.2 概要

自動運転、知能ロボット、スマート工場などに代表される「超スマート社会（Society5. 0）」の実現には、エッジ～大規模システムに渡る情報処理システムにおいて、多種多様なIoTデバイスから得られる大量データの知的情報処理をリアルタイム・高効率で行うことが不可欠である。これまでの情報処理技術は、ムーアの法則に象徴されるような半導体の微細化により性能向上を追求してきたが、微細化の限界に直面しており、これまでの技術の延長では今後の情報処理技術の革新的な発展は見込めなくなっている。

本戦略目標では、リアルタイム性や低消費電力性、大量データの高速処理を実現するためのアーキテクチャの開発を通じた新たなコンピューティング技術の創出と、従来手法にとらわれないアルゴリズム、アーキテクチャ等の技術レイヤーの連携・協調とそれを活かしたセキュリティ技術やアプリケーションの開発を通じた高効率コンピューティング技術の研究開発を推進し、あらゆる情報システムの高効率化に資する革新的コンピューティングの基盤技術の構築を目指す。

### 3.3 達成目標

本戦略目標では、高速処理、低消費電力化、低コスト化等による情報システム全体の高効率化に向けて、従来性能を圧倒的に凌駕する革新的コンピューティングの基盤技術の創出を目指す。具体的には以下の達成を目指す。

- (1) 情報処理を質的に大転換させる新たなコンピューティング技術の創出
- (2) アルゴリズム、アーキテクチャ等の技術レイヤーを連携・協調させた高効率コンピューティング技術の開発

### 3.4 研究推進の際に見据えるべき将来の社会像

3.「達成目標」に記載した事項の達成を通じて、各種センサーからの情報を高効率に取得・解析し、状況に応じてエッジ側でのリアルタイムの認識・判断、クラウド側での他の蓄積データとの比較・分析など、計算システム全体としての適切な情報処理技術を高効率に行うことができるようになり、以下に挙げるような社会の実現に貢献する。

- ・高度な情報処理を活用したスマートロボット、スマート工場、自動運転、IoTなどによる超スマート社会（Society5. 0）。
- ・少子高齢化に伴う労働力不足の解消、高齢者・障がい者の介護・自立支援、安全で便利な移動手段の確保、ものづくりの効率化、社会インフラの効率的な保全、セキュリティ強化、プライバシーの確保などが可能となる社会。

### 3.5 具体的な研究例

(1) 情報処理を質的に大転換させる新たなコンピューティング技術の創出

- ・リアルタイム性や低消費電力性に注目し、深層学習のアルゴリズム、布線論理アーキテクチャ等を活用し、従来性能を飛躍的に高めるための新たなアーキテクチャの研究開発。
- ・大量データの高速処理に向けて、量子コンピュータ、光コンピュータ、ニューロモルフィック、ブレインモルフィック等を実現するための新たなアーキテクチャの研究開発。

(2) アルゴリズム、アーキテクチャ等の技術レイヤーを連携・協調させた高効率コンピューティング技術の開発

- ・社会実装を見据え、計算分野の技術（自動制御、診断・予測、分散学習等）を活用したアルゴリズム、アーキテクチャ、ハードウェアを最適に組み合わせ、飛躍的な性能向上を実現する研究開発。
- ・アルゴリズムとアーキテクチャが連携し、IoTデバイスからの大量データの信頼性を担保するセキュリティ技術の研究開発。

- ・アルゴリズムとアーキテクチャが連携し、量子コンピュータを高効率に利活用するための言語やコンパイラ等の研究開発やニューロモルフィックを高効率に利活用するためのアプリケーションの研究開発。

### 3.6 国内外の研究動向

(国内動向)

近年、AI・深層学習関係のコンピューティング技術の研究活動が注目されており、2016年にNECと東京大学による「ブレインモルフィックAI技術」の研究開発や、産業技術総合研究所による130PFLOPSの深層学習演算能力をもつ「人工知能処理向け大規模・省電力クラウド基盤」の開発が開始されている。また、ImPACT「量子人工脳を量子ネットワークでつなぐ高度知識社会基盤の実現」プロジェクト、日立製作所の「CMOS アニーリングチップ」、富士通の「デジタルアニーラー」などの量子アニーリング技術の開発や、ERATO「中村巨視的量子機械プロジェクト」の超伝導量子ビットを用いた量子コンピュータ技術の開発も進められている。2018年度には経済産業省「AIチップ開発加速のためのイノベーション推進事業」も開始予定であるが、いずれもアルゴリズムやソフトウェア、デバイス分野に特化した研究開発となるため、アーキテクチャ分野を主流とした研究には至っておらず、ハードウェア技術とソフトウェア技術の接点となる当該分野の研究振興が極めて重要な状況にある。

(国外動向)

米国では、フォン・ノイマン・ボトルネックの問題が顕在化する以前の2008年よりDARPAのSyNAPSEプログラムでニューロモルフィックチップの開発が進められ、2016年にIBMが「TrueNorth」を発表した。IEEEがRebooting Computing Initiativeを設立して以降、Googleは深層学習のアクセラレータチップ「TPU」開発に着手し、NVIDIAはトヨタ自動車等と自動運転用のAI搭載チップ開発の協業を始め、DARPAではグラフ解析特化した研究プログラム「HIVE」を開始するなど、米国企業などが莫大なコストを集中投資投入して研究開発を活発化している。欧州では欧州委員会による施策として、Human Brain Projectにおいて50PFLOPSのスパコンを設置する計画が進行中であり、Horizon2020でも、エクサスケール技術の研究開発が実施されている。中国でも第13次五カ年計画によって、100PFLOPSのスーパーコンピュータシステム（Sunway TaihuLight）の取り組みを実施中である。

上記のように米国の企業や国策を通じてGPU、FPGAなど現実的なところから、ニューロモルフィック、量子コンピューティングのように挑戦的な研究領域まで、コンピューティングの新たな取り組みを加速している。

### 3.7 検討の経緯

「戦略目標目標等策定指針」（平成27年6月8日科学技術・学術審議会戦略的基礎研究部会決定）に基づき、以下のとおり検討を行った。

(科学研究費助成事業データベース等を用いた科学計量学的手法による国内外の研究動向に関する分析資料の作成)

科学研究費助成事業データベース等を用いて、研究論文の共引用関係又は直接引用関係の分析等の科学計量学的手法を活用することにより、国内外の研究動向に関する分析資料を作成した。

(分析資料を用いた専門家へのアンケートの実施及び注目すべき研究動向の作成)

「科学技術振興機構研究開発戦略センターの各分野ユニット」、「日本医療研究開発機構のプログラムディレクター等」及び「科学技術・学術政策研究所科学技術動向研究センターの専門家ネットワークに参画している専門家」に対し、作成した分析資料を用いて今後注目すべき研究動向に関するアンケートを実施した。その後、アンケートの結果の分析等を行い、注目すべき研究動向として「革新的コンピューティングによるSociety5.0を支えるコア技術の創出」を特定した。

(ワークショップの開催及び戦略目標の作成)

注目すべき研究動向「革新的コンピューティングによる Society5.0 を支えるコア技術の創出」に関係する産学の有識者が一堂に会するワークショップを開催し、特に注目すべき国内外の動向、研究や技術開発の進展が社会的・経済的に与え得るインパクトやその結果実現し得る将来の社会像、研究期間中に達成すべき目標等について議論を行い、ワークショップにおける議論等を踏まえ、戦略目標を作成した。

(その他)

- ・2017年3月にCRDSシンポジウム「IoT/AI時代に向けたテクノロジー革新—大変革時代の新機軸とは—」が開催され、コンピューティングの大幅な機能向上に向けた取り組みの必要性が議論された。
- ・2017年4月より、CRDS内で「革新的コンピューティング」の調査活動が開始され、2017年7月26日に「革新的コンピューティング」の研究開発戦略検討会を開催し、今後取り組むべき研究開発領域や推進体制について議論された。
- ・2017年11月29日にはCRDSのワークショップ「ドメインスペシフィック・コンピューティング～新たなコンピューティングの進化の方向性～」が開催され、国内外の状況、産業界からの期待、研究開発の進め方などについて議論された。

### 3.8 閣議決定文書等における関係記載

「第5期科学技術基本計画」(平成28年1月22日閣議決定)

第2章(3)<2>i)

- ・大規模データの高速・リアルタイム処理を低消費電力で実現するための「デバイス技術」
- ・IoTの高度化に必要な現場システムでのリアルタイム処理の高速化や多様化を実現する「エッジコンピューティング」

「科学技術イノベーション総合戦略2017」(平成29年6月2日閣議決定)

第2章(2)[A]<2>i)

- ・デバイス技術：大規模データの高速・リアルタイム処理を超小型・超低消費電力で実現するための技術開発が重要である。
- ・エッジコンピューティング：リアルタイム処理の高速化に向け、分散処理技術構築の推進や、ゲートウェイ等の終端装置のセキュリティが確保又は確保されないことにも配慮したアーキテクチャの構築が重要となる。

第2章(2)[B]<2>i)

- ・情報処理技術：高速・大規模情報処理を実現するため、三次元集積チップの開発、量子デバイス・アーキテクチャの開発等の要素技術開発が重要である。

第2章(2)[C]<2>i)

- ・大規模データをリアルタイム処理するためのエッジコンピューティング、仮想化・処理部最適化等のネットワーク技術、及び高速かつ高精度にデータから知識・価値を抽出するビッグデータ解析技術の研究開発を推進する。

### 3.9 その他

本戦略目標に関連する施策として、平成30年度より開始予定の経済産業省「AIチップ開発加速のためのイノベーション推進事業」が挙げられるが、当該事業は短・中期的な目標で高効率・高速処理を可能とするAIチップと設計ツール整備に関するプロジェクトとして早期の実用化を目指すものであるのに対し、本戦略目標では中・長期の視点でさらに先を見据えた研究開発として、将来の産業に貢献できる基盤技術の開発を行う。また、文部科学省の「AIPプロジェクト(人工知能/ビッグデータ/IoT/サイバーセキュリティ統合プロジェクト)」(平成28年度発足)の機械学習・深層学習のアルゴリズム・ソフトウェア研究等の取組と、本目標とは相補的な関係にあることから、相互に連携することで有機的に進展することが必要である。



国際的な戦略として、既に米国や中国、台湾や英国などで研究開発に集中投資されているアプリケーションやシステムと、本戦略目標が目指す新技術（回路アーキテクチャなど）を組合せ、各々の技術の連携・協調が図られることでコンピューティングの更なる高効率化を目指すことが重要となる。

#### 4.1 目標名

持続可能な社会の実現に資する新たな生産プロセス構築のための革新的反応技術の創出

#### 4.2 概要

化学産業は、エネルギーを大量に消費する製造工程が主流であり、「パリ協定」（平成 28 年 11 月発効）の本格実施等を踏まえ、熱消費を大幅低減させるための生産プロセスの革新が期待されている。

「エネルギー・環境イノベーション戦略」（平成 28 年 4 月総合科学技術・イノベーション会議）においても、様々な製品の原料等となる基礎化学品を製造する際のエネルギーの削減による、エネルギー多消費型生産プロセスからの脱却の必要性が示されている。

本戦略目標では、電気や光等を用いた「革新的反応技術」の研究開発に取り組み、生産プロセスの省エネ化及び低コスト化や、希少物質や既存技術では創成が難しい物質の創製技術の実現などを通じて、持続可能な社会の実現に資する。

#### 4.3 達成目標

本戦略目標では、持続可能な社会の実現に資するため、社会・経済に大きなインパクトを与える「革新的反応技術」を創出し、電気や光等を用いた革新的反応プロセスの構築を目指す。具体的には、以下の達成を目指す。

- (1) 電気や光等を用いて電子やイオンを制御する化学反応の機構解明及びそれによる新しい反応ルートの開拓
- (2) 電気や光等を用いた革新的反応プロセス構築のための新材料の創製
- (3) 電気や光等を用いた革新的反応プロセスの構築

#### 4.4 研究推進の際に見据えるべき将来の社会像

3. 「達成目標」に記載した事項の達成を通じ、以下に挙げるような社会の実現に貢献する。

- ・ 革新的反応プロセスにより、反応工程の短縮等が可能となり、消費エネルギーを低減させ、温室効果ガスの排出を抑えた社会
- ・ 世の中に豊富に存在するが、技術的な理由等で利用されていなかった原料へのシフトや、需要に応じた個別生産を可能にするなど、生産プロセスの革新を実現する社会
- ・ 中小規模の生産プロセスへ適用することで、オンデマンド、オンサイトでの化学品生産が可能となり、生産性の向上、安全性の確保や輸送コストの削減等に貢献し、一極集中型から地域の特性に合わせた分散型を実現する社会

#### 4.5 具体的な研究例

(1) 電気や光等を用いて、電子やイオンを制御する化学反応の機構解明及びそれによる新しい反応ルートの開拓

オペランド計測や計算化学による計測と理論のインタラクションを通じて、電気や光等を用いた反応機構を解明する。例えば、電位制御や波長制御、電場制御等による反応の促進や素反応機構の変化等の新しい効果の原理を解明し、活性化エネルギーの大幅な低下や選択性の向上等を目指す。また、反応において電気や光等を組み合わせるなど、分野を超えた複合化を図り、反応工程を短縮するような新しい反応ルートの開拓を行う。

(2) 電気や光等を用いた革新的反応プロセス構築のための新規材料の創製

電子やイオンの動き等に着目した反応機構に対応できる新規材料の創製を行う。各反応における主目的生成物に対して、選択性と反応速度の両立を可能にするために、電極材料や固体イオンクス材料等の新規材料の創製を進める。例えば、金属錯体触媒などの分子触媒を固定化できる規則性多孔体材料及び還元と酸化の反応場分離を可能にできる材料創製、さらにはプロトンや酸素

イオン以外のイオン伝導体（ヒドリド等）など、新しい機能が期待できる固体イオニクス材料、半導体触媒等の創製を行う。

### (3) 電気や光等を用いた革新的反応プロセスの構築

電気や光等を用いた新しい反応プロセスへの適応を進めるとともに、電位操作等の外部操作を含めて高精度に反応を制御するための技術開発を行う。例えば、燃料電池・二次電池開発や人工光合成、マイクロリアクター等で培われた要素技術・デバイス技術を積極的に適用することで高効率な反応プロセスを構築する。このような革新的な反応プロセスにより希少物質やファインケミカル、創薬等の開発を進める。

## 4.6 国内外の研究動向

### (国内動向)

国内では、戦略目標「多様な天然炭素資源を活用する革新的触媒の創製」（平成 27～34 年度）に基づき、科学技術振興機構（JST）の CREST・さきがけにおいて、天然ガスの大半を占めるメタンや低級アルカン等の多様な天然炭素資源を化成品原料やエネルギーとして活用するための触媒の創製を目指しているが、採択課題の大半が熱反応における触媒開発を目指したものとなっており、電気や光等を用いた革新的反応における触媒開発への取組は比較的少ない。CREST「元素戦略を基軸とする物質・材料の革新的機能の創出」の「革新的環境改善材料としての導電性ダイヤモンドの機能開発」（平成 22～27 年度）や、ACT-C「先導的物質変換領域」の「メソポーラス有機シリカを利用した生体模倣触媒に関する研究」（平成 24～29 年度）等においては、電気や光等を用いた「革新的反応技術」の研究開発が一部で進められてきた。NEDO「二酸化炭素原料化基幹化学品製造プロセス技術開発」（平成 26～33 年度）では、人工光合成によるプラスチック原料等の基幹化学品製造の技術開発を実施している。

上記の取組において、電気や光等を用いた反応により、従来手法では達成できなかった成果が一部で創出されるなど、本戦略目標における「革新的反応技術」が社会・経済に大きなインパクトを与えうる可能性が示されている。これらの成果に見られるように、我が国は物質創製・材料設計技術の分野で研究レベルが高く、特に固体イオニクス分野においては世界でも上位の論文数を誇り、強みを有していることから、飛躍的な成果の創出が期待される。また、一部の企業を中心に、持続可能な社会の実現を目指し、電気や光等を用いた新しい反応技術に関心が高く、本戦略目標における「革新的反応技術」による新たな事業展開も期待される。

### (国外動向)

国外では、将来の再生可能エネルギーの大量導入を見越して、次のような取組をはじめ、電気等を用いた研究開発が盛んに行われている。例えば、ドイツでは将来における再生可能エネルギーの余剰電力を用いて電気から化学原料やガス燃料等の形で貯蔵するための産業上の条件を整備する課題への取組が始まっている。（出典：科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 第 9 期環境エネルギー科学技術委員会（第 2 回） 資料 4-2）。また、米国 DOE の ARPA-E における REBELS (Reliable Electricity Based on Electrochemical Systems) プログラムでは、中温域作動の電解質材料を用いて、電気化学による化学品の電解合成を狙う研究開発を実施している。（出典：ARPA-E プログラムホームページ）。研究分野としては、電気化学による CO<sub>2</sub> 還元反応の研究が注目されており、サイエンス、ネイチャー等に当該分野に関する論文が掲載されている。

## 4.7 検討の経緯

「戦略目標等策定指針」（平成 27 年 6 月 8 日科学技術・学術審議会戦略的基礎研究部会決定）に基づき、以下のとおり検討を行った。

（科学研究費助成事業データベース等を用いた科学計量的手法による国内外の研究動向に関する分析資料の作成）

科学研究費助成事業データベース等を用いて、研究論文の共引用関係又は直接引用関係の分析等の科学計量学的手法を活用することにより、国内外の研究動向に関する分析資料を作成した。

(分析資料を用いた専門家へのアンケートの実施及び注目すべき研究動向の作成)

「科学技術振興機構研究開発戦略センターの各分野ユニット」、「日本医療研究開発機構のプログラムディレクター等」及び「科学技術・学術政策研究所科学技術動向研究センターの専門家ネットワークに参画している専門家」に対し、作成した分析資料を用いて今後注目すべき研究動向に関するアンケートを実施した。その後、アンケートの結果の分析等を行い、注目すべき研究動向として「持続可能な社会の実現に資する新たな生産プロセス構築のための革新的反応技術の創出」を特定した。

(ワークショップの開催及び戦略目標の作成)

注目すべき研究動向「持続可能な社会の実現に資する新たな生産プロセス構築のための革新的反応技術の創出」に関係する産学の有識者が一堂に会するワークショップを開催し、特に注目すべき国内外の動向、研究や技術開発の進展が社会的・経済的に与え得るインパクトやその結果実現し得る将来の社会像、研究期間中に達成すべき目標等について議論を行い、ワークショップにおける議論等を踏まえ、戦略目標を作成した。

(その他)

- ・科学技術未来戦略ワークショップ「高度炭素・水素循環に資する革新的反応・分離のための CxHyOz 制御科学」(平成 29 年 7 月 31 日、JST-CRDS 主催)
- ・科学技術未来戦略ワークショップ「高度炭素・水素循環に資する革新的反応・分離のための CxHyOz 制御科学」(平成 29 年 11 月 29 日、JST-CRDS 主催)
- ・ボトルネック課題研究会 公開ワークショップ(平成 30 年 2 月 14 日、内閣府主催)

#### 4.8 閣議決定文書等における関係記載

「エネルギー・環境イノベーション戦略」(平成 28 年 4 月 19 日総合科学技術・イノベーション会議)

第 1 章 (3) 2) [B]

様々な製品の原料等となる基礎化学品の製造における分離精製プロセスは、(中略)加熱・冷却プロセスを数十回繰り返すためにエネルギーを大量に消費している。このため、基礎化学品の製造コストの 50%をエネルギーコストが占めている。低炭素社会の実現に向けて、各化学品製造プロセスを、こうした従来型のエネルギー多消費型から脱却させる、(中略)従来と異なる生産プロセス・イノベーションを創出する。これにより、大幅な省エネルギー及び CO2 排出削減と経済性向上を実現する。

「第 5 期科学技術基本計画」(平成 28 年 1 月 22 日閣議決定)

第 3 章 (1) <1> i)

(前略) 将来のエネルギー需給構造を見据えた最適なエネルギーミックスに向け、エネルギーの安定的な確保と効率的な利用を図る必要があり、現行技術の高度化と先進技術の導入の推進を図りつつ、革新的技術の創出にも取り組む。(後略)

「科学技術イノベーション総合戦略 2017」(平成 29 年 6 月 2 日閣議決定)

第 1 章 (1)

(前略) Society 5.0 への移行という経済・社会のゲームチェンジを実現するに当たっては、高度なものづくり力、材料科学、基礎科学力等の我が国にストックされている強みを維持して効果的に生かす(後略)

## 第2章 (2) [B] <2> ii)

○素材・ナノテクノロジー：個別システムの高度化（エネルギーバリューチェーンの最適化等）に資する以下の技術等について引き続き強化を図る必要がある。

（略）

- ・プロセスの革新に資する触媒技術
- ・新たな機能や特性を有する構造材料、機能材料、バイオマテリアル等の材料技術

（略）

### 4.9 その他

国際的な戦略として、固体イオニクス等の日本の強みを活かし、他分野との連携を進めることで、革新的な生産プロセスを世界に先駆けて実現することを目指す。なお、革新的な生産プロセスの構築に向けて、他国が強みを持つ分野においては、目標の進捗にあわせて他国との連携も柔軟に検討していく。