

平成 27 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 27 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 27 年度発足の新規 CREST、さきがけ研究領域と、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 27 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 新たな光機能や光物性の発現・利活用を基軸とする次世代フォトニクスの基盤技術	きたやま けんいち 北山 研一 (大阪大学大学院 工学研究科 教授)	「新たな光機能や光物性の発現・利活用による次世代フォトニクスの開拓」(平成 27 年度)
さきがけ 光の極限制御・積極利用と新分野開拓	うえだ けんいち 植田 憲一 (電気通信大学 名誉教授)	「新たな光機能や光物性の発現・利活用による次世代フォトニクスの開拓」(平成 27 年度)
CREST・さきがけ複合領域 微小エネルギーを利用した革新的な環境発電技術の創出	たにくち けんじ 谷口 研二 (奈良工業高等専門学校 校長) あきなが ひろゆき 秋永 広幸 (副研究総括) (産業技術総合研究所 ナノエレクトロニクス研究部門 総括研究主幹)	「微小エネルギーの高効率変換・高度利用に資する革新的エネルギー変換機能の原理解明、新物質・新デバイスの創製等の基盤技術の創出」(平成 27 年度)
CREST 多様な天然炭素資源の活用に資する革新的触媒と創出技術	うえだ わたる 上田 渉 (神奈川大学 工学部 教授)	「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 年度)
さきがけ 革新的触媒の科学と創製	きたがわ ひろし 北川 宏 (京都大学大学院 理学研究科 教授)	「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 年度)
さきがけ 理論・実験・計算科学とデータ科学が連携・融合した先進的マテリアルズインフォマティクスのための基盤技術の構築	つねゆき しんじ 常行 真司 (東京大学大学院 理学系研究科 教授)	「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 年度) 「分野を超えたビッグデータ利活用により新たな知識や洞察を得るための革新的な情報技術及びそれらを支える数理的手法の創出・高度化・体系化」(平成 25 年度) 「情報デバイスの超低消費電力化や多機能化の実現に向けた、素材技術・デバイス技術・ナノシステム最適化技術等の融合に

		<p>よる革新的基盤技術の創製」(平成 25 年度)</p> <p>「環境・エネルギー材料や電子材料、健康・医療用材料に革新をもたらす分子の自在設計「分子技術」の構築」(平成 24 年度)</p>
<p>CREST</p> <p>環境変動に対する植物の頑健性の解明と応用に向けた基盤技術の創出</p>	<p>たばた きとし 田畑 哲之</p> <p>(かずさ DNA 研究所 所長・副理事長)</p>	<p>「気候変動時代の食料安定確保を実現する環境適応型植物設計システムの構築」(平成 27 年度)</p>
<p>さきがけ</p> <p>フィールドでの植物の生命現象の制御に向けた次世代技術の基盤的研究</p>	<p>おかだ きよたか 岡田 清孝</p> <p>(自然科学研究機構 理事／龍谷大学 農学部 教授)</p>	<p>「気候変動時代の食料安定確保を実現する環境適応型植物設計システムの構築」(平成 27 年度)</p>
<p>さきがけ</p> <p>情報科学との協働による革新的な農産物栽培手法を実現するための基盤技術の構築</p>	<p>にのみや せいし 二宮 正士</p> <p>(東京大学大学院 農学生命科学研究科附属 生態調和農学機構 教授)</p>	<p>「気候変動時代の食料安定確保を実現する環境適応型植物設計システムの構築」(平成 27 年度)</p> <p>「社会における支配原理・法則が明確でない諸現象を数学的に記述・解明するモデルの構築」(平成 26 年度)</p>

(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 27 年 6 月現在)

	氏名(敬称略)	所属
議長	山本 嘉則	東北大学 原子分子材料科学高等研究機構 特別研究顧問
	笹月 健彦	九州大学 高等研究院 特別主幹教授
	辻 篤子	朝日新聞社 オピニオン編集部 記者
	西尾 章治郎	大阪大学大学院 情報科学研究科 特別教授
	宮野 健次郎	物質・材料研究機構 フェロー

(※)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、科学技術基本計画等の国の方針、各種の調査結果、外部有識者等から構成される各種の審議会からの報告・意見や JST CRDS(研究開発戦略センター)の政策提案等を踏まえて、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 26 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に際しても参照されている、各種の審議会からの報告等や

JST CRDS の戦略プロポーザル等の報告類等を参照するとともに、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 202 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 24 万人、国内外文献の書誌情報約 3,651 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 (Thomson Reuters 社が提供する学術文献引用データベース。文献約 12,500 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 JST 関係者データベース(延べ約 1 万人)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 27 年 5 月 15 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 27 年 6 月 9 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 27 年 6 月 15 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 27 年 6 月現在のもので)

3-1 戦略目標「新たな光機能や光物性の発現・利活用を基軸とする次世代フォトニクスの中核技術」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 『新たな光機能や光物性の発現・利活用を基軸とする次世代フォトニクスの中核技術』(CREST)

(1) 研究領域の概要

本研究領域では、従来の光科学技術を横断的かつ重層的に集積・発展させることにより、将来の社会・産業ニーズに応える新たなフォトニクス分野の「破壊的イノベーション(従来の価値を破壊し、全く異なる価値基準で技術を生み出すイノベーション)」を創造するとともに、新技術シーズの創出を支える基礎的な原理の解明にも併せて取り組みます。これにより、新たな光機能物質の人工生成や革新的な光制御技術による通信・ネットワーク技術の開発、微細構造の高時空間分解可視化、先端数理科学との融合による複合光基盤技術・システムの創出等を目指します。こうした新たな光機能や光物性の解明・制御・利活用を通じて、環境・エネルギー・ものづくり・情報通信・医療・セキュリティ等の広範な分野を更に横断的かつ有機的に支えていくことで、精度・感度・容量・消費電力・コスト等の様々な側面からの要請に応える高次な社会・産業インフラの形成につなげます。

本研究領域の推進にあたっては、単一分野の技術の深掘りに留まることなく、周辺の技術分野を俯瞰し、異なる分野を横断的に融合した新たなパラダイムを切り開く研究開発を進めます。

(2) 研究総括

北山 研一 (大阪大学大学院 工学研究科 教授)

研究領域 2 『光の極限制御・積極利用と新分野開拓』(さきがけ)

(1) 研究領域の概要

本研究領域では、本質的な限界を持たないといわれる光を使って限界に挑戦し、それを超えようとする研究を推進します。具体的には、①環境・エネルギー・ものづくり・情報通信・医療等において将来の様々な社会的要請に応える新たな光利用を創成しようとする研究、②光の存在・介在によって出現する現象を利用して、従来の物理学・化学・生物学・工学等の分野に大きな革新をもたらし、これらの壁を打破しようとする研究、③高エネルギー密度科学や高強度光物理、極限物性科学等を通じて、より普遍的な現象及び原理を光科学技術の視点から確立しようとする研究、④上記の①～③を実現するための光源、受光、計測、イメージング機能を極限まで追求し、新しい応用に提供する研究等を対象とします。

本研究領域の推進にあたっては、横断的な光科学技術の軸を通して異分野との交流を積極的に行い、多様で複雑な対象を扱う分野の先端研究において、新たな視点や発想を生み出すことを目指します。

(2) 研究総括

植田 憲一 (電気通信大学 名誉教授)

[2] 研究領域及び研究総括設定の理由

研究領域 1 『新たな光機能や光物性の発現・利活用を基軸とする次世代フォトニクス^①の基盤技術』(CREST) 研究領域 2 『光の極限制御・積極利用と新分野開拓』(さきがけ)

(1) 研究領域選定の理由

光科学技術は、新物質の創製・新機能発現から量子状態制御に至る様々な適用分野においてフロンティア開拓を先導する現代に欠かせない先端科学技術であり、これまでレーザー技術の精密制御や高感度計測技術の飛躍的な進展がなされてきた。その技術を環境・エネルギー・ものづくり・情報通信・医療等の広範な分野で更に横断的かつ有機的に支えていくことで、精度・感度・容量・消費電力等の様々な点で社会的要請に応える高次な社会・産業インフラの形成につなげることが期待される。

本戦略目標は、以上の背景の下、新たな光機能や光物性の解明・利活用・制御等を通じて従来の光科学技術を横断的かつ重層的に集積・発展させることにより、将来の社会・産業ニーズに応える新たなフォトニクス分野の進展を加速させるとともに、新技術シーズの創出を支える基礎的な原理の解明にも併せて取り組むことで、新たな光機能物質の人工生成や革新的な光通信技術の開発・活用、微細構造の高時空間分解可視化、先端数理科学との融合による複合光基盤技術・システムの創出等を目指すものである。

研究領域 1 は、基礎的な原理解明を行いつつ同時に将来の社会・産業ニーズに応える破壊的イノベーションの創出を目指しており、フォトニクス分野における単なる技術の深掘りではなく、周辺の技術分野を俯瞰し、異なる分野を横断的に統合した新たな研究分野を切り開くように設定されている。研究領域1において、目的を定めた基礎研究を推進するべく、将来の応用分野を明確に設定し、それに向かって開発すべき要素技術や課題、開発の過程を明らかにし、「CREST」の研究チームの形式で必要な分野を結集して課題の解決と要素技術の研究開発を行うような体制をとることで、これまで未解明であった光の基礎原理の解明とともに、産業競争力や知的基盤の強化につながる成果の創出が見込まれる。

研究領域 2 は、これまで限界と考えられていた科学や技術上の課題に対して、光を活用することによってこれらの限界を超えることを目指す研究を基軸とし、多様な独創的・挑戦的な個人型研究を「さきがけ」により推進するものとして設定されている。これにより、新たな科学技術イノベーションの源泉となる先駆的な研究成果を期待することができる。また、異分野融合・シナジー効果によって次代を担う強いつながりを持った研究者ネ

ネットワークが形成されることが見込まれる。

以上のとおり、研究領域1においては、戦略目標の対象分野に関して各研究課題が出口となる応用分野を見据えてそれに向けた分野横断的・統合的な研究を推進し、具体的な課題解決に資する成果創出が期待できる。一方、研究領域2においては、戦略目標の対象分野に関して、個人の独創的着想に基づき、光による科学技術上の限界の突破を目指した革新的な成果の創出と次世代を担う研究者ネットワークの形成が期待できる。このように、研究領域1と2は、「新たな光機能や光物性の発現・利活用」という共通概念の下で相補しつつ、広範な社会・産業ニーズに機動的に応える次世代のフォトニクス分野の開拓に取り組む構成となっており、戦略目標の達成に向けて適切に設定されている。

また、研究領域1、2とも、対象となりうる研究分野は、光科学と化学、物理、生物学との融合分野に加えて、計算科学、数理科学、通信工学や医用工学など多岐にわたり、我が国が優れた研究者を多く擁する分野に対して従来の発想を超える独創的な研究や課題解決を見据えた融合的研究を促すように設定されており、優れた研究提案が多数見込まれる。

(2) 研究総括指定の理由

研究総括 北山 研一

北山 研一氏は、通信工学・フォトニックネットワーク、光ファイバ通信、光信号処理の研究分野において精力的な研究活動を行い、フォトニックネットワークに関する研究では光パケットスイッチングや光符号分割多重(OCDM: Optical Code Division Multiplexing)による光波長多重通信の制御技術の開発を先導し、全光信号処理においては光信号変調方式を世界に先がけて提示する等の卓越した業績を上げている。これらの業績を通じ、IEEE Fellow、電子情報通信学会フェロー、志田林三郎賞、総務大臣賞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、電子情報通信学会副会長、日本学術振興会フォトニクス情報システム第179委員会委員長、NEDOの開発事業に係わる評価委員長や技術委員等を歴任してきていることから、関連分野の研究者から信頼され、公平な評価を行いうると認められる。

加えて、国際会議であるPhotronics in Switching 2013の議長を務めるなど、国際的な協調・普及に尽力していることに加え、超高速フォトニックネットワーク協議会会長を歴任してきていることなどから、関連分野の研究者や企業関係者から信頼されているとともに、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 植田 憲一

植田 憲一氏は、これまでに主として大学の立場から、特にレーザー科学の分野において精力的な研究活動を行い、固体レーザーの革命といわれるセラミックレーザーの開発、高出力ディスク型ファイバーレーザーの開発等の卓越した業績を上げてきた。これらの業績を通じ、光・量子エレクトロニクス業績賞、文部科学大臣表彰科学技術賞(研究部門)、紫綬褒章の受賞及び受章の他に、米国光学会(Optical Society of America: OSA)や応用物理学会からフェロー表彰を受けていることから、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、IUPAP(国際純粋・応用物理学連合)やOSA等において国際会議等の運営にあたってきた他、国内においても応用物理学会 理事、日本物理学会 理事、レーザー学会 副会長を歴任しており、国内出版学術誌の地位向上に努めるなどしてきている。以上のことから、関連分野の研究者から信頼され、公平な評価を行いうると認められる。

さらに、電気通信大学レーザー新世代研究センター長、文部科学省独立行政法人評価委員会 科学技術・学術分科会 日本学術振興会部会長を歴任してきていることから、研究課題の効果的・効率的な推進を目指し、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1「微小エネルギーの高効率変換・高度利用に資する革新的なエネルギー変換機能の原理解明、新物質・新デバイスの創製等の基盤技術の創出」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「微小エネルギーを利用した革新的な環境発電技術の創出」(CREST・さきがけ複合領域)

(1)研究領域の概要

本研究領域は、様々な環境に存在する熱、光、振動、電波、生体など未利用で微小なエネルギーを、センサーや情報処理デバイス等での利用を目的とした μ W~mW程度の電気エネルギーに変換(環境発電)する革新的な基盤技術の創出を目指します。

具体的には、2つの大きな柱で研究を推進します。1つは熱、光、振動、電波、生体等のエネルギーを電気エネルギーに高効率に変換または高度に利用するための基盤技術の構築とその源となる基礎学理の創出です。これらは、全く新しい原理・新物質または新デバイスなどを用いて、未利用の微小エネルギーを電気エネルギーに変換する研究であり、例えばスピンとトポロジーの相関等、革新的なエネルギー変換に資する原理の解明・実証、及びそれらを活用した新物質の創製や、従来の特長や機能を飛躍的に向上させる優れた物性を有する新物質の創製に挑戦します。もう1つの柱は、上記基盤技術の創出のための理論・解析評価・材料設計の研究で、エネルギー変換時における物理現象(材料物性、界面、輸送現象等)の新しい解析技術の構築や、物性理論に基づく、あるいは計算機シミュレーションを駆使した、新たな材料設計の指針を提示することに挑戦します。これら2つの柱は、相互補完的に密接に結びついて研究を進めることが非常に重要です。

したがって、本研究領域では、挑戦的な研究提案を求めつつ、領域終了時には、革新的な新原理、新物質、新デバイスが検証・実証できること、それらが次の研究開発ステージに繋がることを目指して研究を推進します。

そのため、研究総括及び副研究総括の強い統率の下、CREST・さきがけを複合領域として一体的に推進し、成果最大化のために研究チームの再編や研究進捗の調整、また課題間の連携などに取り組みます。

(2-1)研究総括

谷口 研二 (独立行政法人国立高等専門学校機構 奈良工業高等専門学校 学校長)

(2-2)研究副総括

秋永 広幸 (国立研究開発法人産業技術総合研究所 ナノエレクトロニクス研究部門 総括研究主幹)

[2]研究領域及び研究総括設定の理由

研究領域「微小エネルギーを利用した革新的な環境発電技術の創出」(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、大量のセンサー等が社会のあらゆる箇所に配置されるようなIoT時代の到来を見据えて、系統電源からの電源供給が困難な環境下で利用可能な、微小電力の自立電源確立に資するエネルギー変換原理の解明や新物質・新デバイス創製等の基盤技術を創出しようとするものである。

本研究領域は、戦略目標の達成に向けて、2つの大きな柱で研究を推進する。1つは熱、光、振動、電波、生体等のエネルギーを電気エネルギーに高効率に変換または高度に利用するための基盤技術の構築とその源となる基礎学理の創出に関する研究であり、全く新しい原理・新物質または新デバイスなどを創出しようとするものである。もう1つの柱は、上記基盤技術の創出のための理論・解析評価・材料設計の研究であり、エネルギー変

換時における物理現象(材料物性、界面、輸送現象等)の新しい解析技術の構築や、物性理論に基づく、あるいは計算機シミュレーションを駆使した、新たな材料設計の指針などを提示しようとするものである。

本戦略目標に関しては、独創的着想に基づく新原理の発掘・展開から実デバイスの実現可能性の検証・提示に至るまでを進めることで、革新的基盤技術の創出を図ることが必要と考えられる。こうした必要性に対し、前述の2つの柱を相互補完的に結び付けて研究推進し、研究領域の終了時には新原理、新物質、新デバイスの検証・実証まで到達し次の研究ステージへの接続を目指すことや、チーム型研究により卓越した成果を目指す「CREST」と、個人型研究により独創的発想を引き出す「さきがけ」を複合研究領域として設定して一体的に運営することは、有効な運営方策である。従って本研究領域は、本戦略目標の達成に向けて適切に設定されている。

一方、本研究領域は、我が国が強みを有する物性物理分野や材料分野を含む広い分野からの研究提案が喚起されるように設定されているとともに、CREST・さきがけの複合研究領域とすることで広い研究者を対象としつつ、目的達成に向けた異分野研究・融合研究を促すように設定されている。従って、本研究領域の趣旨に合致する優れた研究提案が多数見込まれる。

(2) 研究総括指定の理由

研究総括 谷口 研二

谷口研二氏は、長年、企業及び大学において、半導体分野の第一線級の研究開発に従事し、卓越した研究業績を上げてきた。特に不純物拡散等の物性研究、酸化膜等の材料開発から、集積回路の設計、製造プロセス開発までの幅広い研究開発に精力的に取り組んできており、電子情報通信学会エレクトロニクス賞、電子情報通信学会業績賞を受賞すると共に、応用物理学会フェロー、IEEE Fellow、IEEE EDS Distinguished Lecturer に選定されている。これらのことから、本研究領域を推進するのに必要な先見性及び洞察力を有していると認められる。

また、IEEE 関西支部長、応用物理学会評議員、電子情報通信学会和文論文誌編集委員長、日本学術振興会協力会評議員、日本学術会議第 165 委員会委員長を歴任しており、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。

さらに、同氏は、大阪大学大学院工学研究科 附属高度人材育成センター長、大阪大学グローバル COE プログラム「次世代電子デバイス教育研究開発拠点」の拠点リーダーを歴任してきているとともに、現在は奈良工業高等専門学校(現 奈良先端科学技術大学院大学)の学校長の職にあることから、人材育成に関する優れた能力も含めて、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。

副研究総括 秋永 広幸

秋永広幸氏は、機能性酸化物エレクトロニクスに関する新材料、新デバイス、および新評価技術などの研究開発に精力的に取り組んできており、応用物理学会講演奨励賞受賞、武田研究奨励賞優秀賞受賞、丸文学術賞受賞を受賞するとともに、国際半導体技術ロードマップ新探究材料ワーキンググループの委員を務めてきていることから、本研究領域を推進するのに必要な先見性及び洞察力を有していると認められる。

また、国際半導体技術ロードマップ新探究材料ワーキンググループ委員会における日本のリーダーおよび国際 Co-Chair、応用物理学会における機能性酸化物研究グループ代表、JJAP(応用物理学会英文論文誌)編集委員を歴任しており、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。

さらに同氏は、産業技術総合研究所の研究グループ長、研究センター長、研究部門総括研究主幹を歴任してきていることから、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、谷口氏、秋永氏の両氏は、本研究領域の研究総括として適任であると判断される。研究総括の配置に際しては、将来の具体的なデバイスにつながり得る新原理・新物質の創出や、新デバイスの概念実証を行い、次の研究開発ステージに繋がることを目指す本研究領域の趣旨に照らすと、システムへの実装に近いデバイス技術開発や回路設計等により多くの知見をもつ谷口研二氏を研究総括として位置づけ、物性研究や材料研究、デバイス要素技術等により多くの知見をもつ秋永広幸氏を副研究総括として位置づけることで、領域の適切な運営が図られる。

3-3 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」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『多様な天然炭素資源の活用に資する革新的触媒と創出技術』(CREST)

(1)研究領域の概要

本研究領域は、多様な天然炭素資源をバランスよく活用できる将来の産業基盤の確立に向けて、その根幹をなすメタンをはじめとするアルカンガス資源を従来にはない形で有用な化成品・エネルギーに変換するための革新的な触媒の創出を推進します。

埋蔵量が豊富な天然ガス等に含まれるメタンをはじめとするアルカンガス資源からこれまでにない技術で化成品やエネルギーへの変換が容易にできるようになれば、現代社会が直面する石油依存という問題からの脱却や二酸化炭素排出低減も可能になります。しかし、メタンなどのアルカンガス資源を直接化成品などに変換するプロセスは難度が高く、メタンの改質によって生成する合成ガス(CO+H₂)を経由するなどの間接的なプロセスを利用しているのが現状です。

この高難度な課題を克服することが本研究領域の主眼であり、高度な触媒技術を生み出す新しい取り組みを推進します。そのためには、近年進化しているデータ科学、計算科学、計測技術などと連携することによって、これまでに蓄積された触媒に関する経験知を非連続的に飛躍させることが重要です。

本研究領域では、特に難度が高いメタンを反応基質とする研究を基軸に据えます。エタンやプロパン等の低級アルカンを反応基質とする反応については、既知の手法に比較して圧倒的に高活性・高選択性を目指す革新的な触媒研究を対象とします。

将来的に、化学産業における天然ガス等の資源の新たな活用を切り開き、ひいては新たな産業基盤の確立につながる、本格的にして世界をリードできる触媒研究を推進します。

(2)研究総括

うへだ わたる
上田 渉 (神奈川大学 工学部 教授)

研究領域 2『革新的触媒の科学と創製』(さきがけ)

(1)研究領域の概要

現代社会では、石油を主な炭素資源として、化成品やエネルギーへ変換可能な原料を生産しています。石油に加えて、天然ガス等に豊富に含まれるメタンや低級アルカン等も化学産業の原料として効率的に活用するためには、新しい発想を用いた、極めて高度な技術の創出が重要です。

本研究領域では、メタンや低級アルカン等を、化成品原料やエネルギーへ効率的に変換するための革新的な触媒の創製に取り組みます。

具体的には、メタンや低級アルカンを効率的に変換できる反応に関して、高度な触媒の設計と創製につながる研究を推進します。触媒の種類は、均一系、不均一系、微生物等、広い範囲のものを対象とし、金属、酸化物、金属錯体及び有機金属錯体、分子、タンパク質等が、ナノ粒子、ナノワイヤ、ナノシート、多孔性物質、籠型、コアシェル型等、多岐にわたる構造を形成する、物質・材料の研究を推進します。さらに、光、プラズマ、電場などの反応場を用いた研究も対象とします。

近年進化している計算科学や計測技術分野などと連携して、触媒科学のナノテクノロジー・材料研究において新たな方法論を切り拓き、新しいサイエンスの源流になり得るとともに、将来的に、化学産業を変える可能性を持つ、挑戦的・独創的な研究を推進します。

(2)研究総括

きたがわ ひろし
北川 宏 (京都大学大学院 理学研究科 教授)

[2]研究領域及び研究総括設定の理由

研究領域 1 「多様な天然炭素資源の活用にあ資する革新的触媒と創出技術」(CREST)

研究領域 2 「革新的触媒の科学と創製」(さきがけ)

(1)研究領域選定の理由

本戦略目標は、日本が誇る触媒研究の高い競争力を活かして、メタン(CH₄)や、低級アルカン(C_nH_x: n = 2, 3)等の多様な資源を、化成品原料やエネルギーとして活用するための革新的触媒の創製を目的としており、具体的には、最先端の物質合成・計測・計算技術とデータ科学を活用した物質探索を共通基盤として、原理解明と触媒創製を戦略的に推進し、多様な天然炭素資源を高効率に活用する社会を切り拓くことを目指すものである。

研究領域 1 は、難度の高いメタンを反応基質とする研究を基軸に据えて、低級アルカン等の資源を化成品原料やエネルギーへ変換できる革新的触媒の研究に取り組む。この高難度な課題の解決に向けて、近年進化している計測技術やマテリアルズインフォマティクス等との連携を切り口として、これまでに蓄積された触媒に関する経験知を非連続的に飛躍させることを目指すように設定されている。本研究領域において、研究チームを編成できる「CREST」によって多分野の研究者が協働した総合的なアプローチによる研究を推進することで、将来の化学産業における天然ガス等の資源の新たな活用を切り開き、ひいては多様な炭素資源をバランス良く活用できる、新たな産業基盤の確立につながる成果創出が期待できる。

研究領域 2 は、メタンをはじめとする低級アルカン等の資源を化成品原料やエネルギーへ変換する反応に関して、触媒科学のナノテクノロジー・材料研究において新たな方法論を切り開き、高度な触媒の設計と創製につながる多様な独創的・挑戦的な研究を、「さきがけ」の個人型研究により推進するように設定されている。物質科学を専門とする研究総括と産業界等で研究開発経験が豊富な領域アドバイザーを配置し、両者の指導の下で新しい発想をもった研究者が互いに切磋琢磨することで、将来の化学産業を変革させるような科学技術イノベーションの源泉を生み出すことが期待できる。

以上を総合すると、計測技術やインフォマティクスとの協働を含む多分野連携・融合による課題解決を目指す研究領域 1 と、個人の独創的発想により触媒分野における革新的技術シーズの創出を図る研究領域 2 とを設定することで、本戦略目標の達成に向けて多様なアプローチが確保されるようにしており、研究領域 1 及び 2 は本戦略目標の達成に向けて適切に設定されている。

また、触媒化学、材料科学、有機合成技術については、我が国は世界最高水準の研究が活発に行われている。加えて SPring-8、J-PARC や京などの最先端設備の活用・連携も可能であることから、研究のブレイクスルーが大いに期待できる。以上から、優れた研究提案が多数見込まれる。

(2)研究総括指定の理由

研究総括 上田 渉

上田渉氏は、触媒化学、固体物質合成化学、新資源エネルギー科学の第一線の研究者として、多様な触媒の開発に取り組んできた。具体的には、「構造ユニットとその高次構造化」という新たな視点を導入することで、複雑なステップからなる反応の精密な制御を可能とする等、高度な機能を発現する複合金属酸化物触媒を創出した。また、創出した新規触媒を工業的に価値の高い触媒反応へ応用し、多大な成果を挙げている。これらの業績により、石油学会賞や触媒学会賞などを受賞して、本研究領域を推進するのに必要な先見性及び洞察力を有していると認められる。

また、触媒学会 副会長及び会長、石油学会 副会長及び会長を歴任していることから、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。

以上に加えて、北海道大学触媒化学研究センター長を歴任していることから、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 北川 宏

北川宏氏は、無機化学、機能・物性・材料、機能物質科学等の分野を中心として、低次元強相関電子系、電荷移動錯体、配位高分子、金属ナノ粒子、有機伝導体、水素吸蔵物質、超プロトン伝導体等の研究に精

力的に取り組んできた。同氏は、特に、「固体プロトニクス」の学問分野を創ることを目指し、多様な性質を柔軟に設計できる分子性物質の創製や、ナノサイズに特有な新しい量子現象や新機能を数多く見出している。その業績は、学術的価値が高いことに加えて、環境・エネルギー問題の解決にも大きく資する研究成果であることが高く評価され、日本化学会学術賞や井上學術賞を受賞しており、本研究領域を推進する上で必要な先見性及び洞察力を有していると認められる。

また、SPring-8 ユーザー協同体評議員、文部科学省科学技術・学術審議会ナノテクノロジー・材料科学技術委員会(第8期)委員を歴任していることから、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。

さらに、文部科学省研究振興局科学官、京都大学理事補(研究担当)を歴任していることから、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1「多様な天然炭素資源を活用する革新的触媒の創製」、戦略目標 2「分野を超えたビッグデータ利活用により新たな知識や洞察を得るための革新的な情報技術及びそれらを支える数理的手法の創出・高度化・体系化」、戦略目標 3「情報デバイスの超低消費電力化や多機能化の実現に向けた、素材技術・デバイス技術・ナノシステム最適化技術等の融合による革新的基盤技術の創成」、戦略目標 4「環境・エネルギー材料や電子材料、健康・医療用材料に革新をもたらす分子の自在設計『分子技術』の構築」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 『理論・実験・計算科学とデータ科学が連携・融合した先進的マテリアルズインフォマティクスのための基盤技術の構築』(さきがけ)

(1) 研究領域の概要

計測・分析技術の進歩、コンビナトリアル合成などのハイスループット実験手法の発展、スーパーコンピュータに代表される計算機能力の飛躍的向上、第一原理計算などの強力な計算科学から得られる高精度な知見などにより、物質・材料科学における原理解明が進むとともに関連するデータが短時間で大量に得られるようになっていきます。また、大量かつ複雑なデータからそれらの持つ意味や新しい知識を引き出す情報科学技術の進展もめざましいものがあります。

本研究領域では、これら実験科学、理論科学、計算科学、データ科学の連携・融合によって、それぞれの手法の強みを活かしつつ相互に得られた知見を活用しながら新物質・材料設計に挑む先進的マテリアルズインフォマティクスの基盤構築と、それを牽引する将来の世界レベルの若手研究リーダーの輩出を目指します。

具体的には、

- 1) 社会的・産業的に要求される機能を実現する新物質・材料の発見の促進、設計指針の構築
- 2) 大規模・複雑データから構造・物性相関や物理法則を帰納的に解明する手法の開発とそれを用いた新材料の探索・設計
- 3) 未知物質の物性を高精度に予測し、合成・評価の実験計画に資する候補物質を高速・大量にスクリーニングする手法の構築
- 4) 多種多様な物質データを包括的に整理・記述・可視化する新しい物理的概念や方法論の構築
- 5) データ科学と物質・材料科学の連携・融合に資する物性データ取得・蓄積・管理手法の開発、データベースの整備、各種計算・解析ツールの構築

などの研究を対象とします。

研究推進にあたっては、情報科学研究者と物質・材料科学研究者等が連携し互いに触発しながらシナジー効果を得る体制を整え、エネルギー、医療、素材、化学など多くの産業応用に資する物質・材料の設計を劇的に加速しうる先駆的・革新的な研究を推進し、物質・材料科学にパラダイムシフトを起こすことを目指します。

(2) 研究総括

つねゆき しんじ
常行 真司 (東京大学大学院 理学系研究科 教授)

[2] 研究領域及び研究総括設定の理由

研究領域 「理論・実験・計算科学とデータ科学が連携・融合した先進的マテリアルズインフォマティクスのための基盤技術の構築」(さきがけ)

(1) 研究領域選定の理由

戦略目標1は、天然ガスの大半を占めるメタン(CH₄)や、低級アルカン(C_nH_x: n = 2, 3)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革新的触媒を創製するため、物質創製、計測・解析、理論計算、実験・計算データを利活用した物質探索の連携による、触媒反応の指導原理解明へ向けた共通基盤を確立することを目指すものである。

戦略目標2は、分野を超えたビッグデータの利活用により、新しい科学的発見や社会的課題解決に資する新たな知識や洞察を得るための、革新的な情報科学技術や数理的手法の創出・高度化・体系化を行うことで、我が国の産業競争力強化や研究基盤の整備への貢献を目指すものである。

戦略目標3は、将来のエレクトロニクス産業の基盤を確立するため、新規機能性材料の適用可能性の追求等による素材技術(先端材料や部材の開発及び活用に必要な基盤技術)の創出を目指すものである。

戦略目標4は、精密合成技術と理論・計算科学との協働により、新規機能性物質を自在に設計・創成する技術等を構築し、「分子技術(物理学、化学、生物学、数学等の科学的知見を基に、分子を設計、合成、操作、制御、集積することによって、分子の特性を活かして目的とする機能を創出し、応用に供するための一連の技術)」の構築を目指すものである。

有用な機能や性質を持つ新物質・新材料の研究開発は、有機化合物、無機化合物、金属・合金、高分子化合物、アモルファスなどあらゆる物質系において世界的な競争が激化している。新物質・新材料の研究開発は、エネルギー、医療、素材、化学等の様々な産業の源であると同時に、新機能・新現象の発見が基礎科学の発展にも寄与するため、我が国が将来にわたって成長し発展していくため、継続的な推進が求められている。

近年、組成や構造の精緻な分析を可能にする計測・分析技術、コンビナトリアル合成などのハイスループット実験手法、高性能のスーパーコンピュータによる物性の高精度予測、第一原理計算をはじめとした計算科学などの進展により、関連データが短時間で大量に得られるようになってきている。同時に、大量かつ複雑なデータからそれらの持つ意味や新しい知識を引き出す情報科学技術も大きく進展している。しかしながら、要求機能を特定した材料開発では、膨大な可能性の中から候補物質を見つけ出すことは困難であり、製造プロセスによっても組織やその特性が左右されるため、経験と勘に基づいた試行錯誤的材料開発とならざるを得ない状況が多い。

このような状況のもと、本研究領域は、実験科学、理論科学、計算科学、データ科学の連携・融合を強力に推進し、それぞれの手法の強みを活かしつつ相互に得られた知見を活用しながら新物質・材料設計に挑む先進的マテリアルズインフォマティクスの基盤構築と、それを牽引する将来の世界レベルの若手研究リーダーの輩出を目指すこととしている。

具体的には、望んだ機能を有する新物質・新材料の発見や、機能発現する原理の深い理解、試行錯誤的ノウハウに勝るシステマティックな物質・材料設計の指導原理の解明等に関する研究を対象としている。対象とする物質・材料は戦略目標1が対象とする触媒に加えて、有機化合物、無機化合物、金属・合金、高分子化合物、アモルファスなどあらゆる物質系であり、戦略目標3および戦略目標4の達成に貢献すると期待される。また、実験科学、理論科学、計算科学だけでなくデータ科学を巻き込んだ異分野の連携・融合研究によって、複雑な物質・材料データに基づく物質探索手法の開拓や設計指導原理の解明等が進められ、戦略目標2の達成に貢献することが期待される。

以上を総合すると、本研究領域は、戦略目標1、2、3及び4の達成に向けて適切に設定されている。

さらに、本研究領域における研究の推進によって、望まれる材料機能を出発点に、それを実現しうる組成・構造などを「逆デザイン」する発想による包括的な物質選択が可能となると考えられ、先進的マテリアルズインフォマティクスの基盤構築に向けて、我が国が強みを有する物質・材料分野の幅広い研究者の参画が喚起されると見られる。加えて、情報科学と物質・材料科学などの異分野連携が鍵を握るため、公募において個人で推進する研究のみならず、他の提案者との連携内容をあらかじめ提案することを可能とする「連携提案」の仕組みを導入することとしている。これにより情報科学技術分野の研究者の効果的な参入を促すことも期待される。以上のことから、本研究領域の趣旨に合致する優れた研究提案が多数見込まれる。

(2) 研究総括指定の理由

研究総括 常行 真司

常行真司氏は、物性理論および計算物質科学等の分野において、第一線で活躍する研究者であり、電子

論に立脚した第一原理物性シミュレーション手法を開発し、具体的な物質の物性をミクロな観点から探ることによる、物性物理学の新展開を切り開いてきた。特に、分子動力学法や第一原理電子状態計算などのコンピュータシミュレーション手法の開発と、それを用いた超伝導、磁性、触媒反応、半導体界面、超高压下の物性等の多様な物性研究において多くの研究成果を挙げており、2001年には原子間力の性質や量子効果の理解に基づく未知の結晶構造を予測する研究として、超高压下物性の理論的研究への貢献により、日本 IBM 科学賞(物理分野)を受賞している。以上から、同氏は本研究領域が対象とする物質・材料科学と情報科学の融合分野について先見性及び洞察力を有していると認められる。

加えて、日本学術会議連携会員、東京大学情報基盤センタースーパーコンピューティング専門委員会、社団法人 HPCI コンソーシアム理事および同副理事長、筑波大学計算科学研究センター運営協議会委員および議長などの要職を歴任していることから、国内外の関連分野の研究者から信頼され、公平な評価を行いうると認められる。

さらに、次世代スパコン戦略プログラム第 2 分野戦略機関「計算物質科学イニシアティブ(CMSI)」統括責任者、東京大学物性研究所計算物質科学研究センター センター長を歴任しており、研究開発、人材育成、成果の展開普及、国際連携、産学連携等を含むプロジェクトの管理・運営経験が豊富であることから、本研究領域における研究課題の効果的・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。

以上を総合して、同氏は本研究領域の研究総括として適任であると判断される。

3-5 戦略目標「気候変動時代の食料安定確保を実現する環境適応型植物設計システムの構築」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 『環境変動に対する植物の頑健性の解明と応用に向けた基盤技術の創出』(CREST)

(1)研究領域の概要

本研究領域では、フィールドにおける植物の環境応答機構の包括的な理解に基づき、実用植物を分子レベルから設計する技術の確立に資する研究を推進します。具体的には、環境変動にロバストに応答する植物の特性を定量的に把握し、生長や機能の人為的な制御を可能とする新技術の確立を目指します。また、出口戦略の観点から主として実用植物を対象とし、機能マーカーやDNAマーカーなどの生物指標の同定やそれらを活用した新しい植物の開発等を試みます。

具体的な研究対象は、分子レベルで得られた知見のフィールドまでの利用を念頭に置き、以下の3つを柱とします。1)植物の環境応答機構に関する高精度定量解析に関する研究、2)植物の環境応答機構に関するモデルの構築、3)遺伝子群の人為的再構築によって生じる植物の形質評価。

研究領域の推進では、植物の多様な機能の定量的な把握、各種大規模データの解析やモデル化とその実証が求められることから、植物生理学に加え、育種学、生態学、統計学、情報科学、そして工学等の様々な分野の参画を促します。また、それらを包含する研究領域の総合的な運営により異分野連携を進めていきます。さらに、戦略目標の達成に向けた成果創出を最大化すべく、さきがけ研究領域「フィールドにおける植物の生命現象の制御に向けた次世代基盤技術の創出」、および研究領域「情報科学との協働による革新的な農産物栽培手法を実現するための技術基盤の創出」と連携した運営を行っていきます。

(2)研究総括

田畑 哲之 (公益財団法人かずさDNA研究所 所長・副理事長)

研究領域 2 『フィールドにおける植物の生命現象の制御に向けた次世代基盤技術の創出』(さきがけ)

(1)研究領域の概要

本研究領域では、フィールドにおける環境変化に適応し、安定的に生育する植物を分子レベルから設計するための次世代基盤技術の創出に関する研究を推進します。具体的には、植物の遺伝子(群)の挙動と表現型との関係性を時間的・空間的に定量的に解析し、環境に適応する植物の生理システムの包括的な理解を目指します。また、環境応答機構のモデルの構築やバイオマーカーなどの同定を行い、新しい植物生産の基盤技術を構築します。さらに、環境応答に関係する複雑な遺伝子(群)・遺伝子型の人工設計のための新たな遺伝的改良技術を開発し、多様な植物への応用展開を目指します。

研究領域の推進では、植物の環境応答機構の定量解析の観点から、植物の単一遺伝子の応答機構ではなく、多因子およびQTLによる複雑な応答機構の解明に主眼を置きます。また、各種大規模データの解析やモデル化、およびその実証の観点から、植物科学のみならず情報科学、工学などの多様な分野の個人研究者の参画を促します。さらに、本研究領域は戦略目標の達成に向けた成果創出を最大化すべく、CREST 研究領域「環境変動に対する植物の頑健性の解明と応用に向けた基盤技術の創出」やさきがけ研究領域「情報科学との協働による革新的な農産物栽培手法を実現するための技術基盤の創出」とも連携した運営を行っていきます。

(2)研究総括

岡田 清孝 (龍谷大学農学部 教授/自然科学研究機構 理事)

[2]研究領域及び研究総括設定の理由

研究領域 1 『環境変動に対する植物の頑健性の解明と応用に向けた基盤技術の創出』(CREST)

研究領域 2 『フィールドにおける植物の生命現象の制御に向けた次世代基盤技術の創出』(さきがけ)

(1) 研究領域選定の理由

本戦略目標は、気候変動に対応する植物生産のための新しい基盤技術の開発を目的とする。その中核技術は目的とする種を分子レベルから設計する技術であり、複雑な生命現象をモデル化し、有用遺伝子群を効率的に同定することが求められる。また、同定した遺伝子群を基にゲノムを設計し、それらを植物へ導入する技術や、作出した植物のフィールドでの評価も求められる。こうした研究に関しては、これまで、フィールド環境下での応答機構の解明が不十分である、定量データの質にばらつきがある、基礎研究と応用研究の間に認識が相違ある、などの様々な課題が存在し、これらの課題に対応する新しい技術の創出が求められてきた。

研究領域 1 は、フィールドにおける植物の環境応答機構の包括的な理解に基づき、実用植物を分子レベルから設計する技術の確立に資する研究を推進するもので、上述した植物機能のモデル、有用遺伝子群の探索、遺伝子群の植物への導入及びフィールドでの実証試験のすべてを包含している。これらのテーマを的確に推進するため、植物生理学、育種学、生態学、統計学、情報学及び工学の広範な分野からの参画を促すとしており、明確な目標設定の下でこうした異分野研究者を結集して研究を推進することで、本戦略目標が目指す「環境適応型植物設計システム」の構築に向けた研究成果が効果的に創出されると期待される。

研究領域2は、研究領域1を相補するように、革新的要素技術の創出を目的とする。具体的な研究内容としては、植物の生理機能の解明、バイオインフォマティクスを介したデータ解析、数理モデルの構築、およびゲノム編集などの新しい遺伝子改変技術などを対象とする。上述したように、環境適応型の植物設計技術では、遺伝子発現量や代謝物量などの時間的および空間的な変化を定量的に解析するための革新的な技術が求められる。本研究領域では、そのような技術開発に資する植物オミクスに関する研究や環境応答モデルの研究を推進する。

以上のとおり、研究領域1においては、フィールド環境での応答を踏まえた実用植物の遺伝子改変技術の開発を目指し、研究領域 2 は、研究領域1を相補する要素技術を開発するという構成となっており、研究領域 1 および 2 は、戦略目標1の達成に向けて適切に設定されている。

また、研究領域1においては既存の植物生理学分野だけでなく、育種学や情報科学など異分野の研究者の参画も求め、それら分野間の連携を促すようにしていること、研究領域 2 においては植物のモデル創出、遺伝子改変技術、バイオマーカーの創出など戦略目標に寄与し得る広範な技術分野・研究分野を対象にしていることから、研究領域の趣旨に合致する優れた研究提案が多数見込まれる。

(2) 研究総括指定の理由

研究総括 田畑 哲之

田畑哲之氏は、1996年にかずさDNA研究所にて光合成を行う生物として世界で初めてシアノバクテリアの全ゲノム構造を明らかにした。また、高等植物であるシロイヌナズナの国際プロジェクトに参加し、本植物の全ゲノム解読に大きな役割を果たした。近年は、食用いちごのゲノム解析から耐病性等の遺伝子を同定し、その成果の育種への展開を試みるなど社会実装への取り組みにも意欲的である。また、同氏は上記課題の対応策の一つとしての情報科学・技術の活用にも早くから着目してきた。例えば、所属するかずさDNA研究所では、設立初期から情報科学と生物学が融合するバイオインフォマティクス研究を推進し、これまでに多くの成果を挙げてきた。こうした研究を通じ、日本植物生理学会賞や文部科学大臣表彰科学技術賞（研究部門）を受賞している。以上から、本研究領域について先見性及び洞察力を有していると認められる。

また、日本分子生物学会 理事、日本植物生理学会 評議員、日本ゲノム微生物学会 評議員、同学会幹事など、関連分野の学会における要職を歴任していることから、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。

さらに同氏は、かずさDNA研究所において研究部長、副所長、所長を歴任しているとともに、CRESTの領域アドバイザーや農林水産省等の各種プロジェクトに従事してきていることから、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 岡田 清孝

岡田清孝氏は、わが国のシロイヌナズナ研究の先駆的研究者で、本植物を活用した形態形成メカニズムに関する世界的に著名な科学者である。同氏は、1980年代に、シロイヌナズナの実験植物としての有用性に着眼し、本植物の変異体等の作製による分子遺伝学研究に着手した。これらの研究を通して、花や葉、さらには根などの形態形成に関する多くの重要な論文を発表し、シロイヌナズナのモデル植物としての基盤の構築に多大な影響を及ぼした。シロイヌナズナは以降、現在に至るまで植物研究の主要な実験材料として広く用いられている。また、植物科学分野への情報科学の活用にも積極的に取り組んでいる。具体的には、遺伝子や代謝物の網羅的な解析を主眼とするバイオインフォマティクス、植物器官等の画像解析、さらには生育環境の物理化学的情報の収集・解析など、情報科学を取り入れた植物分野の研究を先導してきた。こうした研究を通じ、2014年に日本植物学会大賞を受賞しており、本研究領域について先見性及び洞察力を有していると認められる。

また、日本植物生理学会会長、日本分子生物学会理事長など植物分野のみならず日本のライフサイエンス分野の主要な学会の学会長職を歴任していることから、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見られる。

さらに、自然科学研究機構 基礎生物学研究所 所長、自然科学研究機構 理事を歴任していることから、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2の研究総括として適任であると判断される。

3-6 戦略目標1「気候変動時代の食料安定確保を実現する環境適応型植物設計システムの構築」、戦略目標 2「社会における支配原理・法則が明確でない諸現象を数学的に記述・解明するモデルの構築」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『情報科学との協働による革新的な農産物栽培手法を実現するための技術基盤の創出』(さきがけ)

(1)研究領域の概要

本研究領域では、気候変動や環境負荷低減に向けた要求等、さまざまな制約の下でも高収量・高品質な農業生産を持続的に行うことを可能とする先進的な栽培技術の確立を目指します。このため、農学・植物科学と、先端計測やデータ駆動型科学等の情報科学との協働により、さまざまな環境に適応した植物栽培や生産品質に合わせた植物の生育制御を実現するための研究を異分野連携により推進していきます。

具体的には、植物生体機能を非破壊で計測する技術、多様で大規模なデータから最適栽培に資する知識を抽出する技術、植物栽培の地域特異性を凌駕できる汎用生育モデルや不確実性を考慮できる生育モデル、圃場生態系を記述する複雑系モデル、野外での生育を精度よく制御する技術等を対象とします。

研究推進にあたっては、情報科学研究者と農学・植物科学研究者との情報交換・議論・連携を重視します。さきがけ研究者がそれぞれの専門分野の強みを生かしながら連携することで、互いに触発しながらシナジー効果を得る体制を整え、将来の食料問題への解決に挑みます。さらに、戦略目標を踏まえた成果を最大化すべく、必要に応じてCREST研究領域「環境変動に対する植物の頑健性の解明と応用に向けた基盤技術の創出」、さきがけ研究領域「フィールドにおける植物の生命現象の制御に向けた次世代基盤技術の創出」とも連携した運営を行っていきます。

(2)研究総括

にのみや せいし
二宮 正士 (東京大学大学院 農学生命科学研究科附属 生態調和農学機構 教授)

[2]研究領域及び研究総括設定の理由

研究領域『情報科学との協働による革新的な農産物栽培手法を実現するための技術基盤の創出』(さきがけ)

(1)研究領域設定の理由

戦略目標1は、植物体に関わる様々な要因と環境条件等の定量的データをもとに植物体の生育・環境応答を予測し、環境適応性を向上した植物の設計・作製及び栽培を可能とする「環境適応型植物設計システム」を構築することを目指すものである。

戦略目標2は、数理モデル化ができれば社会に対して大きなインパクトが見込まれる現象について、その現象を表現する数学的モデルの導出を目指すものである。

世界人口が依然として爆発的に増加している中、経済発展により、より豊かな食をより多くの人が享受する時代に変化しているため、農業生産には単純な生産性向上ばかりでなく品質向上も求められている。しかしながら、生物多様性や環境保全への配慮、水や耕作地の量的限界等の制約に加え、気候変動による栽培不適地拡大等のさまざまな影響が、このような農業生産の実現を阻むよう立ちはだかっている。上記課題の解決のためには、我が国のモデル植物研究で得られた知見を農作物の開発や栽培につなげることが重要であり、植物科学研究の過程で得られる生体機能や環境条件等のデータについて、工学や情報科学等の異分野の技術も含めた新たな視点で収集・解析し、育種開発や栽培技術を高度化させることが期待されている。

本研究領域は、以上のような社会的ニーズに対し、栽培技術の高度化に向けた要素技術に関する研究を対象として、汎用性や不確実性に対応できる植物の生育モデルの構築など、持続的な農業生産のデザインに貢

献できる研究開発を推進することとしており、戦略目標1の達成に資するものと期待される。

また、栽培技術の高度化のために重要であるフィールド環境下での植物生育の頑健なモデリング手法の実現に関して、本研究領域は、農学・植物科学や情報科学、数理科学など幅広い分野における先端研究者の参入によってその実現を図るように設定されており、戦略目標2が目指す現象の数理モデルの実現に資するものと見られる。

さらに、戦略目標1の下に別途設定することとしている CREST「環境変動に対する植物の頑健性の解明と応用に向けた基盤技術の創出」研究領域は、フィールド環境下での植物の環境応答メカニズムを解明する研究から、有用な遺伝子群を導入した植物の機能をフィールド実証試験で評価するに至るまでの包括的テーマを対象とし、また同じく戦略目標1の下に設定することとしているさきがけ「フィールドにおける植物の生命現象の制御に向けた次世代基盤技術の創出」研究領域は、植物の遺伝子群の挙動と表現型との関係を定量的に解析することで植物の環境応答の生命原理を明らかにする研究を対象としている。これら2つの研究領域に対して、本研究領域は植物の生体機能の革新的な計測技術に関する研究、及び環境応答機構の詳細は未解明であってもそのブラックボックス化を許容して植物の環境応答を精度よく表現する頑健なモデル・シミュレーション研究を対象とし、栽培技術に資する知見を得ることとしている。これら3つの研究領域は異なるアプローチにより相補的に戦略目標に貢献するよう設定されている。

以上を総合すると、本研究領域は、戦略目標1及び2の達成に向けて適切に設定されている。

本研究領域の推進にあたっては、異分野連携が鍵を握るため、公募において個人で推進する研究に加え他の提案者との連携内容をあらかじめ提案することを可能とする「連携提案」の仕組みを導入することとしている。研究領域を農業・植物科学者のみならず情報科学者、数理科学者の参入を促す内容に設定していることに加え、こうした新たな公募提案の仕組みを導入することで、本研究領域の趣旨に合致する優れた研究提案が多数見込まれる。

(2) 研究総括設定の理由

研究総括 二宮 正士

二宮正士氏は、農業情報学、生物測定学、遺伝育種学を専門としており、農業情報システムの研究開発において優れた成果をあげてきた。具体的には、画像解析を利用した植物フェノミクスに関する先駆的な研究を1980年代に開始し数多くの関連論文を発表している。さらに ICT の農業への応用に関する研究でも長きにわたり世界を先導するなど当該分野における長年の研究実績を有している。こうした研究を通じ、2004年にはネットワーク基盤を利用した農業情報システムの開発研究について農業情報学会賞を受賞し、2007年には日本育種学会論文賞を受賞しており、本研究領域について先見性及び洞察力を有していると認められる。

また、日本育種学会の編集委員や筆頭庶務幹事、本年より務める農業情報学会会長等、学会における要職を歴任するとともに、世界の農業工学研究を束ねる CIGR の執行委員会委員やアジアにおける情報科学の農業への活用を推進する団体である「アジア農業情報技術連盟」の会長の経験を有していることから、関連分野の研究者から信頼され、公平な評価を行いうると見られる。

さらに、国立研究開発法人農業食品産業技術研究機構中央農業研究センター研究管理監など、農業現場に直結した研究機関において研究推進のとりまとめ等を担う要職を歴任するとともに、農林水産省の委託研究プロジェクト「データベース・モデル協調システム(2001年～2006年)」など大型農業 IT プロジェクトの推進リーダーを務めてきていることから、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、同氏は本研究領域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27年度 戦略目標

- 新たな光機能や光物性の発現・利活用による次世代フォトニクスの開拓
- 微小エネルギーの高効率変換・高度利用に資する革新的エネルギー変換機能の原理解明、新物質・新デバイスの創製等の基盤技術の創出
- 多様な天然炭素資源を活用する革新的触媒の創製
- 気候変動時代の食料安定確保を実現する環境適応型植物設計システムの構築

平成26年度 戦略目標

- 社会における支配原理・法則が明確でない諸現象を数学的に記述・解明するモデルの構築

平成25年度 戦略目標

- 情報デバイスの超低消費電力化や多機能化の実現に向けた 素材技術・デバイス技術・ナノシステム最適化技術等の融合による革新的基盤技術の創成
- 分野を超えたビッグデータ利活用により新たな知識や洞察を得るための革新的な情報技術及びそれらを支える数理的手法の創出・高度化・体系化

平成24年度 戦略目標

- 環境・エネルギー材料や電子材料、健康・医療用材料に革新をもたらす分子の自在設計『分子技術』の構築

平成 27 年度戦略目標

1. 戦略目標名

新たな光機能や光物性の発現・利活用による次世代フォトニクスの開拓

2. 概要

光の利用技術はこれまで、物質の観察手段としてだけでなく、材料加工や情報通信、医療等の幅広い分野における横断的技術として活用されてきた。近年では、レーザー技術をはじめとする精密制御・高感度計測技術の飛躍的な進展に伴い、新物質の創製・新機能発現から量子状態の制御に至るまで、知のフロンティア開拓を先導する先端科学技術として現代に欠かせない社会インフラの一翼を担っている。他方で、物質と光の相互作用における多彩な非線形光学現象や素励起物性など光の作用の本質については未解明の点も多く、さらなる分野深化や応用展開に向けては新たな系統的・体系的知見の獲得が不可欠となっている。

そのため、本戦略目標では、新たな光機能や光物性の解明・利活用・制御等を通じて従来の光科学技術を横断的かつ重層的に集積・発展させることにより、将来の社会・産業ニーズに応える新たなフォトニクス分野の進展を加速させるとともに、新技術シーズの創出を支える基礎的な原理の解明にも併せて取り組むことで、新たな光機能物質の人工生成や革新的な光通信技術の開発・活用、微細構造の高時空間分解可視化、先端数理科学との融合による複合光基盤技術・システムの創出等を目指す。

これにより、環境・エネルギー・ものづくり・情報通信・医療等の広範な分野を更に横断的かつ有機的に支えていくことで、精度・感度・容量・消費電力等の様々な点で社会的要請に応える高次な社会・産業インフラの形成につなげる。

3. 達成目標

本戦略目標では、結晶構造や素励起の動的挙動等に関する物性解明からナノデバイスの開発、生体組織深部の非侵襲観察から電子の超高速動態の捕捉に至るまで、多様な目的に応じた最適な光源や光検出システムの開発を通じて広範な社会・産業ニーズに機動的に応える次世代のフォトニクス分野を開拓することを目的とする。具体的には、以下の達成を目指す。

- (1) 様々な光応答物性の精密制御による新たな光機能物質やナノ構造体の創製及び高機能光デバイスの開発
- (2) 非線形・有機フォトニクスの応用による生体やソフトマテリアル内部の非侵襲 *in vivo* 観察・イメージング手法の高度化
- (3) 物質中の多彩な素励起と光の相互作用に関する基盤的研究の推進
- (4) 超高密度・高電磁場科学やアト秒レーザー技術、超高精度の光周波数コム技術など極限フォトニクスの開拓

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。

未開拓の光機能物質や先端光源等を用いたフォトニクス技術が環境・エネルギー問題など重要な社会的課題の解決・緩和に貢献し、ものづくり産業の革新や新たな基幹産業の構築が可能となった結果、我が国の知的基盤及びグローバル産業競争力が強化された社会。

新たな光通信技術やセンシング技術など光の利用・制御に関するフォトニクス技術の進展により、情報社会・空間の捉え方が変わり、情報通信基盤の高度化・高セキュリティ化が進むとともに、実世界と IT を緊密につなげる GPS（サイバー・フィジカル・システムズ）やモノのインターネット（IoT）が実現している社会。

人や環境に配慮した光源や光検出器等の開発及びその制御技術の確立により、生命科学や医療システム等の高度化が促され、短時間・低コスト・低負担なストレスフリー診断など先端医療・診断を可能とする先端機器開発等が進展している社会。

5. 具体的な研究例

(1) 様々な光応答物性の精密制御による新たな光機能物質やナノ構造体の創製及び高機能光デバイスの開発

誘電率・透磁率が人工制御されたメタマテリアル等を先行例として、従来の光科学技術では扱われなかった新たな原理に基づく光機能物質の開発やその幅広い利活用に向けた研究開発を行う。具体的には、光の波長よりも小さな構造物を用いた光波の制御や光の回折限界を超えた分解能の実現、ナノスケール領域における微細光加工・計測技術の開発、新物質創製に向けた研究等を行う。今後の課題とされる基礎的な原理の解明や将来的な大量製造技術の確立に向けては、シミュレーションを含む理論的アプローチから新機能の発現過程や新物質の生成過程、従来知られていない物性の解明に向けた研究を行うとともに、特定の屈折率や透明度、誘電率等を持つ物質・材料を自在に設計・作製する手法やそのための装置開発等を行う。

(2) 非線形・有機フォトリソグラフィーの応用による生体やソフトマテリアル内部の非侵襲 *in vivo* 観察・イメージング手法の高度化

幅広い先端生命科学等への応用展開に向け、分子～個体レベルの生体機能を組織深部に至るまで非侵襲的かつリアルタイムで観察可能な光イメージング技術の開発や、そのために必要な小型かつ安定な実用的なコヒーレント光源の開発、生体関連物質（検出対象）と非生体物質（プローブ）との光照射下での相互作用機構の解明に向けた研究等を進める。これにより、生体分子やソフトマテリアル内部の直接観察・分析が可能な高品質・高分解能顕微鏡の開発等につなげる。

(3) 物質中の多彩な素励起と光の相互作用に関する基盤的研究の推進

幅広い基礎研究や産業応用に必要な固体基礎物性の解明・理解深化や、次世代の高機能光デバイスの実現に向け、固体内部や表面における準粒子（集団励起）のダイナミクスや固体からの電子放出等の超高速動的過程を観測・制御可能な手法を開発し、極短パルス幅コヒーレント光の制御技術など様々な光応答や光化学反応に関する制御技術を確立する。具体的には、時間・空間の両次元で高分解能な電子状態の観察手法や、プラズモン・フォノン等の振動・伝搬制御技術の高度化研究等を行う。例えばプラズモニクスに関しては、光の回折限界を下回るサブ波長サイズの光機能素子や表面プラズモン回路・干渉計等のナノ光学素子の開発を目指す。

(4) 超高密度・高電磁場科学やアト秒レーザー技術、超高精度の光周波数コム技術など極限フォトリソグラフィーの開発

超高強度レーザーと物質の相互作用により発生する相対論的高密度プラズマを利用した研究や、アト秒パルス波の発生・制御技術、高強度任意電場の整形技術、究極の時空間計測に向けた光周波数コム技術、レーザー加速技術など、極限環境・条件下における先端光科学技術を開拓する。これにより、先端レーザー科学等に関する知見の集積や基礎的な原理の解明につなげ、原子物理や材料物性の理解深化に寄与するとともに、超高精度・超高安定な光格子時計の高度化・実用化に向けた研究開発や、化学反応等における電子の超高速運動の捕捉、物質中電子のアト秒精度での自在操作等を可能にする技術の開発等につなげる。

以上の各達成目標について、光の状態（位相、パルス、強度、波長等）の高度制御技術を共通項としつつ、計算科学や複雑系の数理科学等の知見に基づく予測的手法など多角的なアプローチからフォトリソグラフィー技術の先鋭化及び広範な利活用を図るとともに、これらの技術に基づくシステムの構築・最適化に向けた開発・実証につなげていく。

6. 国内外の研究動向

(国内動向)

我が国では、センター・オブ・イノベーション (COI) プログラム等の他、「最先端の光の創成を目指したネットワーク研究拠点プログラム」等の光科学技術が関連する利用研究が展開されている。具体的には、従来の動作原理を越える画期的な半導体レーザーを実現するフォトリソグラフィに関する要素技術やレーザー加速システムの確立、その応用による超小型X線自由電子レーザーの開発など新しい研究開発が進められている。

(国外動向)

欧州では、第7次研究枠組み計画（FP7）に引き続き、新しいイノベーション指向の研究開発スキームである「Horizon 2020」が立ち上げられ、情報通信ネットワークの革新や産業競争力の強化を目的とした光科学技術の強化が進められている。また、独国では、フラウンホーファー研究機構を通じて生産技術に関わる光科学技術の研究開発が国策として進められている。さらに、米国では、2014年4月にNSFの光・フォトンクスにおける優先課題委員会より報告書（「Building a Brighter Future with Optics and Photonics」）がまとめられ、今後米国として、イメージングや微弱フォトンクス技術に注力していくことが謳われている。

7. 検討の経緯

「戦略的な基礎研究の在り方に関する検討会 報告書」（平成26年6月27日）に基づき、以下の通り検討を行った。

（サイエンスマップ及び科学研究費助成事業データベースを用いた国内外の研究動向に関する分析資料の作成）

「サイエンスマップ2012&2010」（平成26年7月31日科学技術・学術政策研究所）及び科学研究費助成事業データベースにおける情報を用いて、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」や「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「光の超精密制御による新たなフォトンクス分野の開拓」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「光の超精密制御による新たなフォトンクス分野の開拓」に係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など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。

8. 閣議決定文書等における関係記載

科学技術イノベーション総合戦略2014（平成26年6月24日閣議決定）

第2章第1節1.3.（4）<1>

モーターや情報機器等の消費電力を大幅に低減する超低消費電力パワーデバイス（SiC、GaN等）、超低消費電力半導体デバイス（三次元半導体、不揮発性素子等）、光デバイス等の研究開発及びシステム化を推進し、電力の有効利用技術の高度化を図るとともに、当該技術の運輸・産業・民生部門機器への適用を拡大することで、エネルギー消費量の大幅削減に寄与する。（中略）これにより、エネルギーの効率的な利用と国際展開をねらう先端技術を有する社会を実現する。

第2章第2節1. 基本的認識

分野横断技術を下支えする数理科学やシステム科学、光・量子科学の活用を十分に図る必要がある。

9. その他

○平成20年度戦略目標「最先端レーザー等の新しい光を用いた物質材料科学、生命科学など先端科学のイノベーションへの展開」では、これまで各分野で個別に行われてきた光利用開発を融合し、「物質と光の関わり」に関する光科学技術の基礎研究や、波及効果の大きな技術シーズの創出を目指してきた。ここで創出された優れた研究シーズを、本戦略目標の下で行われる研究により集中的に伸ばしていくことで、最先端光科学技術の実用化を加速していくことが重要である。

○「光・量子科学研究拠点形成に向けた基盤技術開発」事業では、光・量子科学技術分野のシーズと各重点分野や産業界のニーズとを融合した、最先端の光源、ビーム源、ビーム制御法、計測法等の研究開発等を目的としている。ここで開発された新規光源や要素技術が本戦略目標の下で

行われる研究開発の基礎となる。

○「先端計測分析技術・機器開発プログラム」では、革新的な先端計測分析技術の要素技術や機器及びその周辺システム等の開発が進められており、検出器や新規光源の開発が行われている。本戦略目標の下で行われる研究と連携することで、先端装置の実用化、特に光センシングにおいて迅速な成果創出が期待できる。

平成 27 年度戦略目標

1. 戦略目標名

微小エネルギーの高効率変換・高度利用に資する革新的なエネルギー変換機能の原理解明、新物質・新デバイスの創製等の基盤技術の創出

2. 概要

自然界の中で未利用のエネルギーは数多くあり、これらを電気エネルギーに変換して利用する技術が盛んに研究されている。その中でも、微小なエネルギーから $\mu\text{W}\sim\text{mW}$ 程度の出力ができる電気エネルギーへの変換技術の開発が欧米諸国で注目を集め、環境に存在するエネルギーを常に利用可能とすることで、社会の中で数億～数兆と利用されることが想定されるセンサーや、更には系統電源からの電源供給が不可能な環境下で用いることが想定されるモビリティ用デバイスや生体用デバイス等の自立的な電源として活用することを目的とした投資が強化されている。

一方、自然界の中で未利用の微小エネルギーを電気エネルギーに高効率に変換するための新原理と、それに基づく新たな物質の創製が必要とされている中で、我が国は、新しい原理（一例として、スピンゼーベック効果など）や、新物質創製（一例として、高 ZT 物質、マルチフェロイック物質など）に関する革新的な研究シーズを有している。

そのため、本戦略目標では、我が国の強みを活かし、微小エネルギーの高効率変換・高度利用に資する革新的なエネルギー変換機能の原理解明及び新物質・新デバイスの創製等の基盤技術の創出に取り組むことで、大量のエネルギーを必要としないセンサー等の様々な環境への普及を加速し、世界に先駆けた Internet of Things (IoT)、ビッグデータの活用による次世代型の環境保全・ものづくりの実現を目指す。

3. 達成目標

本戦略目標では、基本的な原理の解明や新物質・新構造デバイスの創製だけでなく、基盤的解析・設計技術や理論的アプローチを含めて戦略的に研究を推進することで、現在ある原理や変換材料を凌駕する、微小なエネルギーから電気エネルギーへの変換技術を創出することを目的とする。具体的には、以下の達成を目指す。

- ①微小エネルギーの高効率変換・高度利用技術に資する新原理の解明及び革新的な物質・デバイスの創製
- ②微小エネルギーの高効率変換・高度利用技術創出のための理論及び基盤的解析・設計技術の開発

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。

- 微小エネルギーからの電気エネルギー創出が可能となることにより、系統電源への接続による電源供給には適さないものの大量のエネルギーを必要としないセンサー、モビリティ向けデバイス、生体デバイス等の普及が加速し、IoT、ビッグデータの活用による次世代型の環境保全・ものづくりが実現している社会。

5. 具体的な研究例

- ①微小エネルギーの高効率変換・高度利用技術に資する新原理の解明及び革新的な物質・デバイスの創製

熱、光、電波、振動、生体やフォノン、スピン等のエネルギーを電気エネルギーに高効率に変換または高度に利用するための基盤技術の構築とその源となる基本的な原理の解明を行い、従来の特性や機能を飛躍的に凌駕する、優れた物性を有する新物質・デバイスを創生する。具体的には、スピントポロジーの相関等革新的なエネルギー変換に資する原理の解明及びそれらを活用した新物質の創製や、無機化合物や有機化合物または無機・有機ハイブリッド化合物による機能性物質の創製、環境負荷の軽減を考慮した革新的なエネルギー変換に

資する新物質の創製等を行う。

②微小エネルギーの高効率変換・高度利用技術創出のための理論及び基盤的解析・設計技術の開発

新原理の解明や革新的な材料創製のために必要な、エネルギー変換時における物理現象(材料物性、界面、輸送現象等)の解析基準や新しい解析技術を創出する。具体的には、新原理・新物質創製に貢献する理論計算・計算機シミュレーション手法の確立や、新原理や新物質に基づいた革新的なデバイスの原理や設計指針の創成を行う。また、2つのエネルギー形態(例えばフォノンとスピン流の輸送)を独立に制御するなど相互作用の制御や、電子とフォノン、マグノンとフォノンの分離による解析等を行う。

6. 国内外の研究動向

(国内動向)

我が国では微小エネルギーの活用に注目した大型プロジェクトは実施されておらず、研究投資は大幅に出遅れている。一方で、我が国は、強誘電体等の物理分野や熱電変換をはじめとした変換材料等の基礎的研究開発に強みを持っていることから、異分野の融合、基礎分野と応用分野の融合により、革新的技術を創出するポテンシャルを有している。

(国外動向)

欧州では、多数の微小エネルギーの活用に関連する事業が進行中である。2014年、英国ではエマージング・テクノロジー7分野に対し、4年間で5,000万ポンド(約89億円)のファンディングを決定している。7分野にはエネルギー・ハーベスティングが含まれており、ワイヤレスセンサーや自立電源等の商品化を目指している。また、米国では、2013年にFairchild Semiconductor、University of California, Berkley校等が、毎年1兆個規模のセンサーを使う社会を目指すプロジェクト「Trillion Sensors Universe」を立ち上げ、産学連携の取組が加速している。

7. 検討の経緯

「戦略的な基礎研究の在り方に関する検討会 報告書」(平成26年6月27日)に基づき、以下の通り検討を行った。

(サイエンスマップ及び科学研究費助成事業データベースを用いた国内外の研究動向に関する分析資料の作成)

「サイエンスマップ2012&2010」(平成26年7月31日科学技術・学術政策研究所)及び科学研究費助成事業データベースにおける情報を用いて、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」や「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「小型・分散型電源構築に向けた高効率エネルギー変換・利用に係る基盤的技術の創出」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「小型・分散型電源構築に向けた高効率エネルギー変換・利用に係る基盤的技術の創出」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など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。

8. 閣議決定文書等における関係記載

第4期科学技術基本計画（平成23年8月19日閣議決定）

Ⅲ. 2. (2) i)

付加価値率や市場占有率が高く、今後の成長が見込まれ、我が国が国際競争力のある技術を数多く有している先端材料や部材の開発及び活用に必要な基盤技術、高機能電子デバイスや情報通信の利用、活用を支える基盤技術など、革新的な共通基盤技術に関する研究開発を推進するとともに、これらの技術の適切なオープン化戦略を促進する。

科学技術イノベーション総合戦略（平成26年6月24日閣議決定）

第2章第1節I. 3. (7) ①

さらなるエネルギー利用効率の向上のため、熱と電気を併産するコージェネレーションの活用や、これまで利用されていなかった低温排熱等のエネルギーを活用する技術の向上に取り組む。

9. その他

○以下の関連する研究開発と本戦略目標下で行われる研究の連携を確保しながら、微小エネルギーの高効率変換・高度利用に資する基盤技術の創出及び成果の実用化を目指すことが重要である。

- ・平成23年度戦略目標「エネルギー利用の飛躍的な高効率化実現のための相界面の解明や高機能界面創成等の基盤技術の創出」、平成24年度戦略目標「環境・エネルギー材料や電子材料、健康・医療用材料に革新をもたらす分子の自在設計『分子技術』の構築」、平成25年度戦略目標「選択的物質貯蔵・輸送・分離・変換等を実現する物質中の微細な空間空隙構造制御技術による新機能材料の創製」の下で行われている一部の研究では、エネルギー変換・輸送に関わる基盤的科学技術の創出に取り組んでいる。また、平成26年度戦略目標「二次元機能性原子・分子薄膜による革新的部素材・デバイスの創製と応用展開」の下で行われている一部の研究では、トポロジカル絶縁体を用いたデバイス設計技術の創出に取り組んでいる。その他、平成25年度戦略目標「情報デバイスの超低消費電力化や多機能化の実現に向けた、素材技術・デバイス技術・ナノシステム最適化技術等の融合による革新的基盤技術の創成」の下で行われている研究では、新機能性材料・電子デバイス・システム最適化を連携・融合することに取り組んでいる。
- ・新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）においては、「クリーンデバイス社会実装推進事業」（2014年から2年間）が実施されている。この事業の目的は、省エネルギーに資するクリーンデバイス（環境発電デバイス等の省エネルギーに資する革新的デバイス）が、従来利用を想定してきた機器等だけではなく、様々な製品・サービスへと新規用途の拡大を図ることにより、省エネルギー効果を最大限に活用することであり、デバイスの実装・実証および信頼性・安全性や標準化・共通化の方針策定がターゲットとなっている。
- ・センター・オブ・イノベーション（COI）プログラムにおいては、「さりげないセンシングと日常人間ドックで実現する理想自己と家族の絆が導くモチベーション向上社会創生拠点」等でナノセンシングデバイスの開発及び活用などに取り組んでいる。

平成 27 年度戦略目標

1. 戦略目標名

多様な天然炭素資源を活用する革新的触媒の創製

2. 概要

世界では、石油に依存する化学産業が急激に変容しつつある。米国では、シェール革命を受け、安価な天然ガス原料のエタンを使用して製造するエチレンが強い競争力を持ち始めている。中国でも、石炭を用いたメタノールの合成等が行われている。一方で、天然ガスに豊富に存在するメタンや低級アルカンを効率良く活性化する画期的な触媒の創製は非常に難度が高く、実現できれば、国際的にもインパクトが非常に高い。特に、二酸化炭素排出（エネルギー投入）が少ない製造技術に期待が高まっており、極めて高い技術の醸成が急務である。

そのため、本戦略目標では、日本が誇る触媒研究の高い競争力を活かして、メタン(CH₄)や、低級アルカン(C_nH_x: n = 2, 3)等の多様な資源を、化成品原料やエネルギーとして活用するための革新的触媒を創製する。最先端の物質合成・計測・計算技術とデータ科学を利活用した物質探索を共通基盤として、原理解明と触媒創製を戦略的に推進し、多様な天然炭素資源を高効率に活用する社会を切り拓く。

近年進化している、計算・計測技術を駆使することで画期的な触媒を設計及び創製することができれば、新たな触媒研究の基盤を確立することができるだけでなく、ナノテクノロジー・材料研究における新たな方法論を切り拓くことも期待でき、我が国のさらなる競争力強化につながる。

3. 達成目標

本戦略目標では、天然ガスの大半を占めるメタン(CH₄)や、低級アルカン(C_nH_x: n = 2, 3)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革新的触媒を創製することを目的とする。具体的には、以下の達成を目指す。

- ①メタンを化成品原料やエネルギーへ変換する C1 化学を実現する触媒の創製
- ②低級アルカンを化成品原料やエネルギーへ高効率に変換する触媒の創製
- ③物質創製、計測・解析、理論計算、実験・計算データを利活用した物質探索の連携による、触媒反応の指導原理解明へ向けた共通基盤の確立

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。

- 天然ガスに豊富に含まれるメタンや低級アルカン等、石油以外の多様な炭素資源を化成品や燃料に変換して利活用することが可能となり、我が国の根幹を支える基幹産業が形成されている社会。
- 石油に依存しない多様な原料・エネルギー源活用型社会を構築することで資源リスクを減少するとともに、将来的にメタンハイドレードの利用が実現した場合、資源立国への道が拓けている社会。

5. 具体的な研究例

- ①メタンを化成品原料やエネルギーへ変換する C1 化学を実現する触媒の創製
メタンを反応基質とし、メタノール等の高付加価値化成品への直接合成反応を実現する高活性・高選択性反応触媒を開発する。
- ②低級アルカンを化成品原料やエネルギーへ高効率に変換する触媒の創製
エタン/プロパン等を反応基質とし、エチレングリコールや酢酸、プロパノールやアクリル酸等の高付加価値化成品への反応を実現する革新的な高活性・高選択性反応触媒を開発する。

③物質創製、計測・解析、理論計算、実験・計算データを利活用した物質探索の連携による、触媒反応の指導原理解明へ向けた共通基盤の構築

触媒反応の実作動条件・その場での動的表面計測を実現する。大規模理論計算による触媒反応のマルチスケール、マルチフィジックス解析を実現する。マテリアルズインフォマティクスを活用による実験・計算データを利活用した物質探索を実現する。

6. 国内外の研究動向

(国内動向)

我が国の触媒研究は国外に対して高い競争力を有しており、バイオマスからの可溶化・糖変換、化成品触媒、太陽光を使った水分解・水素生成、二酸化炭素を燃料・原料へ変換する人工光合成等については、研究開発が鋭意進められている。一方で、メタン・低級アルカンを化成品原料やエネルギーとして利活用する研究は未踏の領域である。最近になり、従来の触媒研究とは異なる発想で常温アンモニア合成を可能としたエレクトライド触媒の研究(細野ら、2012)など、メタン・低級アルカンからの原料・エネルギー変換に資する可能性がある研究が活発化している。これらの周辺研究領域の知見や、計測・計算・データ科学の急速な進展を取り込み、メタン・低級アルカンからの原料・エネルギー変換へ取り組む体制を早期に構築する必要がある。

(国外動向)

シェール革命を受けて、メタンや低級アルカンを利活用する技術開発は各国の産業競争力へ直接的な影響を及ぼすこととなったため、欧米を始めとする各国で研究開発が進められている。

例えば、露国では、亜酸化窒素を用いてメタン⇒メタノールの選択合成で 160°Cにおいて最大 96%を達成したとの報告がなされている。また、米国では、米エネルギー省における挑戦的な先端研究へのファンディングプログラム・ARPA-Eにおいて、2013年からメタン資化性微生物を使って、メタンを液体燃料に変換する小規模プロセスを開発するプロジェクトの支援が行われている。加えて、ベンチャー企業が、微生物を利用したメタンからの化成品製造へ取り組んでいる。

7. 検討の経緯

「戦略的な基礎研究の在り方に関する検討会 報告書」(平成 26 年 6 月 27 日)に基づき、以下の通り検討を行った。

(サイエンスマップ及び科研費 DB を用いた国内外の研究動向に関する分析資料の作成)

「サイエンスマップ 2012&2010」(平成 26 年 7 月 31 日科学技術・学術政策研究所)及び科学研究費助成事業データベースにおける情報を用いて、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」や「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「エネルギー高効率変換に向けた革新的触媒の創製」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「エネルギー高効率変換に向けた革新的触媒の創製」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など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。

8. 閣議決定文書等における関係記載

科学技術イノベーション総合戦略 2014（平成 26 年 6 月 24 日閣議決定）

第 2 章第 1 節 I. 3. (3) ①

シェールガス、非在来型原油や二酸化炭素等多様な原料から効率的にエネルギー・化学品の生産を図る革新的触媒技術等及び微生物やバイオマスによるエネルギー資源の生産技術を研究開発する

9. その他

○触媒がカバーする研究領域は幅が広く、プロジェクトごとにターゲットとしている領域が異なる。大型プロジェクトの主な対象は以下の通りである。

- ・平成 24 年度戦略目標「環境、エネルギー、創薬等の課題対応に向けた触媒による先導的な物質変換技術の創出」の下で行われている研究では主に二酸化炭素を変換する化成品触媒や太陽光を使った水分解・水素生成を対象としている。
- ・科学技術振興機構の先端的低炭素化技術開発（ALCA）ではバイオマスからの可溶化・糖変換や、化成品触媒を対象としている。
- ・経済産業省では人工光合成化学プロセス技術研究組合（ARPCHEM）において、太陽光と光触媒を使った水分解反応により生成した水素を用いて、二酸化炭素を原料へ変換する人工光合成へ取り組んでいる。
- ・平成 24 年度戦略目標「環境・エネルギー材料や電子材料、健康・医療用材料に革新をもたらす分子の自在設計『分子技術』の構築」、平成 25 年度戦略目標「選択的物質貯蔵・輸送・分離・変換等を実現する物質中の微細な空間空隙構造制御技術による新機能材料の創製」の下で行われている一部の研究では、バイオマスからの可溶化・糖変換や、化成品触媒を対象としている。

○このように、本戦略目標で対象とするメタンや低級アルカンからの化成品原料やエネルギーへの変換は重要な領域であるにも関わらず、現在までに対象としているプロジェクトがない未踏領域であり、本戦略目標の下で行われる研究に関して、他機関とも連携した体制を構築していくことが期待される。

平成 27 年度戦略目標

1. 戦略目標名

気候変動時代の食料安定確保を実現する環境適応型植物設計システムの構築

2. 概要

気候変動等の環境変化に適応する農作物の開発・栽培技術の確立は、日本を含む世界的な食料問題の解決に不可欠である。これを実現するためには、我が国のモデル植物の研究で得られた基礎植物科学の知見を農作物の開発や栽培につなげることが重要であり、植物科学における生物学的データを工学や情報科学等の異なる分野の技術も含めた新たな視点で収集・解析することで、育種開発や栽培技術の高度化につなげていくことが必要である。

そのため、本戦略目標では、植物科学で蓄積されたゲノム、トランスクリプトーム、メタボローム等のオミクスデータと、最先端の測定技術を活用して取得するフェノーム等の定量的データ、さらには数値化された環境要因等を情報科学的に統合解析することで、植物の生育・環境応答の予測モデルを構築し、さらに予測モデルをもとにした環境適応力が向上した植物体の作製と実環境における栽培実証を行い、植物の「生育・環境応答予測モデル」を基盤とする「環境適応型植物設計システム」を構築する。

これにより、様々な環境条件下で生育可能な農作物の設計・作製及び栽培を可能とし、食料の安定確保の実現を目指す。

3. 達成目標

本戦略目標では、植物体に関わる様々な要因と環境条件等の定量的データをもとに植物体の生育・環境応答を予測し、環境適応性を向上した植物の設計・作製及び栽培を可能とする「環境適応型植物設計システム」を構築することを目的とする。具体的には、以下の達成を目指す。

- ①植物の生育・生理状態・環境応答を詳細に把握可能な定量的計測技術の開発
- ②表現形質の変動に対応する対象植物ごとの生物学的指標（バイオマーカー）の同定
- ③植物科学や工学等の異分野技術の融合を活用したバイオインフォマティクスによる「生育・環境応答予測モデル」の構築
- ④「生育・環境応答予測モデル」を基にした環境適応性を向上した植物体の設計・作製と実証

4. 実現し得る将来の社会像

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。

- 急激な気候変動により、現在の農作物の栽培好適地域が栽培不適地域となる懸念が高まる中、「生育・環境応答予測モデル」による予測をもとに開発されてきた作物・品種によって、現在の農作物では農耕不適地となる地域でも安定した食料生産量を確保できる社会。
- 我が国で開発された「生育・環境応答予測モデル」、作物改良技術、環境モニタリング技術、統合オミクス解析技術等を基盤とした「環境適応型植物設計システム」が総合的な農業技術パッケージとして海外へ技術移転され、国土の大半が現在の農作物では農耕不適地となっている国や気候変動の影響で収量が減少した国においても安定した農作物栽培が可能となり、人口増や環境悪化による食糧不足の解決に貢献している社会。

5. 具体的な研究例

- ①植物の生育・生理状態・環境応答を詳細に把握可能な定量的計測技術の開発
植物の表現型を定量的に把握可能なフェノーム解析技術の高度化を行う。また、植物の生理状態を精密に把握可能なセンシング技術及びイメージング技術の開発と農業現場展開に向けた高度化等を行う。
- ②表現形質の変動に対応する対象植物ごとの生物学的指標（バイオマーカー）の同定
表現形質の変動に対応するバイオマーカーの同定に関する研究を行う。また、野外及び制

御環境など、様々な環境条件下における植物の表現形質とリンクした遺伝子発現及び代謝変動情報の蓄積に関する研究等を行う

③植物科学や工学等の異分野技術の融合を活用したバイオインフォマティクスによる「植物の生育・環境応答予測モデル」の構築

想定環境における植物の生育や開花等の表現形質の予測に係る研究を行う。また、環境ストレスに対する応答性の予測とストレス耐性を向上させる遺伝子及び関連形質の予測に係る研究等を行う。

④「生育・環境応答予測モデル」を基にした環境適応性を向上した植物体の設計・作製と実証
「生育・環境応答予測モデル」を基に環境応答性を向上するように設計した植物体を作製するための植物体改変技術の開発と高度化を行う。また、「生育・環境応答予測モデル」を基に設計・作製された植物体の野外及び制御環境における栽培検証を行い、栽培期間における表現形質や生理状態変化のデータ化と「植物の生育・環境応答予測モデル」へのフィードバック等を行う。

6. 国内外の研究動向

(国内動向)

近年、日本の植物科学分野ではゲノム、トランスクリプトーム、代謝産物などのビッグデータを基盤とした数理解析が進み、生態レベルでの個体差、気象変動なども取り込んだ発現解析などがトレンドとなっている（日本学術振興会 平成 25 年度学術研究動向に関する調査研究報告概要（生物学専門調査班））。一方で植物科学分野における日本の研究水準は極めて高く、イネゲノムプロジェクトの成果に見られるように、欧米に匹敵するものであるが、その応用としての技術開発水準、産業技術力の何れにおいても欧米に劣っていると報告されている（科学技術振興機構研究開発戦略センター ライフサイエンス分野 科学技術・研究開発の国際比較 2009 年版）。

(国外動向)

米国では Plant Genome Initiative のもとに、シロイヌナズナの遺伝子解析が進められてきたが、近年では実用作物に対する遺伝子解析研究も進んでいる。一方で、欧州ではシステムバイオロジーによる統合的な理解をある特定の系に基づいて行ってきており、近年では Crop Performance and Improvement という形で実用作物を指向した研究開発を実施している（科学技術振興機構研究開発戦略センター ワークショップ報告書 2009「フィールドにおける植物の環境応答機構と育種技術」）。海外では DNA マーカー技術・遺伝子解析技術を独自開発できるバイオメジャーが中堅規模の種苗メーカーを吸収し、野菜の種苗開発へ進出する動きが目立つ。さらに次世代型シーケンサーの普及により、非モデル作物のゲノム解読が欧米及び中国で急速に進んでいる（科学技術振興機構研究開発戦略センター 研究開発の俯瞰報告書ライフサイエンス・臨床医学分野 2013 年版）。

7. 検討の経緯

「戦略的な基礎研究の在り方に関する検討会報告書」（平成 26 年 6 月 27 日）に基づき、以下の通り検討を行った。

（サイエンスマップ及び科学研究費助成事業データベースを用いた国内外の研究動向に関する分析資料の作成）

「サイエンスマップ 2012&2010」（平成 26 年 7 月 31 日科学技術・学術政策研究所）及び科学研究費助成事業データベースにおける情報を用いて、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」や「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、アンケートの結果についての分析等を行い、注目すべき研究動向として「植物の生命現象解明を加速するインシリコ植物

デザインシステムの開発」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「植物の生命現象解明を加速するインシリコ植物デザインシステムの開発」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など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。

8. 閣議決定文書等における関係記載

「第4期科学技術基本計画」(平成23年8月19日閣議決定)

Ⅲ. 2. (1) ii)

我が国の食料自給率の向上や食品の安全性向上、水の安定的確保に向けて、安全で高品質な食料や食品の生産、流通及び消費、更に食料や水の安定確保に関する研究開発を、遺伝子組換え生物(GMO)等の先端技術の活用や産業的な観点も取り入れつつ、推進する。

Ⅲ. 2. (5) i)

先端計測及び解析技術の発展につながるナノテクノロジーや光・量子科学技術、シミュレーションやe-サイエンス等の高度情報通信技術、数理科学、システム科学技術など、複数領域に横断的に活用することが可能な科学技術や融合領域の科学技術に関する研究開発を推進する。

「科学技術イノベーション総合戦略」(平成26年6月24日閣議決定)

第2章第1節Ⅳ. 3. (1) ①

ターゲット市場や国際的な技術競争等を踏まえ、ゲノムや代謝産物等の解析、データベース構築等の情報基盤の整備、有用遺伝子の特定、DNA マーカーの開発、バイオインフォマティクスや工学技術、ゲノム編集技術の活用等において、基礎と実用化研究の双方向の連携を図りつつ、画期的な商品提供を実現する新たな育種技術の開発等を戦略的に推進する。

9. その他

○本戦略目標においては、基礎植物科学以外の情報科学・工学・農学等の異分野の研究者が積極的に参入し、実質的に協働するための取り組みが不可欠である。特に、人材不足が指摘されるバイオインフォマティクス分野の人材の参画と養成が重要である。また、我が国におけるライフサイエンス分野の研究データ及び成果が効率的に活用されるためには、科学技術振興機構バイオサイエンスデータベースセンター(JST-NBDC)等を最大限に活用することが求められる。

○実証を伴う課題設計のためには、農作物の実地的栽培環境と同等の条件で植物を栽培・管理する環境を備える機関の参画が期待される。また、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「次世代型農林水産業創造技術」等の出口戦略と有機的に連携し、本戦略目標の下で行われる研究の成果が着実に展開されることが期待される。

平成 26 年度戦略目標

1. 戦略目標名

社会における支配原理・法則が明確でない諸現象を数学的に記述・解明するモデルの構築

2. 達成目標

社会における諸現象のうち、現時点で支配原理・法則が明確でなく、数理モデル化ができれば社会に対して大きなインパクトが見込まれる現象について、数学・数理科学の研究者と応用分野の研究者などによる異分野協働などを通じて、数学がもつ抽象性・普遍性を活用し、諸現象に潜む複雑な構造の「本質」部分を数学的に見いだすことにより、以下の実現を目指す。

○現象を数学的に記述するモデルの導出

○導出された数理モデルの実証・検証及び評価のための数学的理論等の構築

3. 将来実現しうる重要課題の達成ビジョン

本戦略目標を実施し、2.「達成目標」に記載した研究成果が得られることで、現時点で支配原理・法則が明確ではない現象について、数理モデルを導出することができる。

また、数理モデルを実証、検証及び評価するための新たな数学的理論が構築される。さらに、検証された数理モデルは、その普遍性によって、対象や時代の変化を受けることなく、様々な状況下において利用可能となることが期待される。

対象となる現象と応用分野は、例えば以下が想定される。

- ・社会現象（経済変動、感染症の伝搬、交通流、電力・通信ネットワークの変動、災害時の住民行動、各種社会インフラの老朽化 等）
- ・自然現象（気候変動、集中豪雨・地滑り・竜巻・津波等の突発的な自然現象 等）
- ・生命現象（遺伝子間の相互作用メカニズム、脳内の知覚認識・情報処理メカニズム 等）

上記のような現象について数理モデルを導出することで、例えば以下のことが将来に期待される。

○諸現象に潜む複雑な構造の「本質」部分の抽出、数学的に裏付けられた処理の効率化

複雑な構造の現象をモデル化する際の様々な困難（モデルの複雑化等）を回避するため、その「本質」部分を数学的に見だし、数理的な根拠をもって簡略化した記述を行うことで、情報量が多く計算機の処理負荷が高い作業を著しく効率化することができる。例えば、比較的単純で安定な構造によって新たな機能発現を期待する新材料の創成が、その構造の「本質」部分を数学的に見だし精密に制御することにより可能となることや、画像解析処理時間の大幅な短縮、データ分析に要する時間の大幅な短縮などが期待される。

○リスクが顕在化する前の「兆し」の解明、スマートな未然の対応や効果的制御

現象をネットワーク構造の変化と捉えて数理モデル化することで、例えば、ネットワーク構造を有する、電力供給システム、経済システム、製造のプロセス、各種情報サービス等に対して、不安定になる「兆し」等の検出が可能となり、事前の対策や効果的な制御につながることを期待される。

また、限られたデータだけによる経験的モデルでは想定できなかった、まだ発生していない現象の「兆し」の検出が可能になることが期待される。

4. 具体的内容

（背景）

近年、社会の情報化・複雑化や計測機器の発達、計算機性能の飛躍的向上等に伴い、生命現象や自然現象、社会現象などに関する情報を得ることが可能となり、これらの現象の複雑さがよく分かるようになってきた。しかし、これらの現象については、支配原理・法則が不明確でモデルを作れないため、なぜそのような現象が起こるのかは十分に分からないまま、うまく対処した経験知の積み重ねによって現象を理解しているものも多い。また、経済やエネルギー、防災などに

においては既に何らかのモデルが用いられていても、個別分野固有の理論的枠組みに基づくモデルだけでは捉えきれないものが増えており、現象の「本質」を理解する上で不可欠な数学・数理科学研究者との連携は必ずしも十分とは言えない。さらに、近年の数学の発展により、これまで応用されたことのない現代数学の理論がこのような現象の「本質」を理解する手掛かりを与え、画期的な成果をもたらす可能性が残されている。

このような状況の中、我が国では平成 19 年度に戦略目標「社会的ニーズの高い課題の解決に向けた数学/数理科学研究によるブレークスルーの探索」を設定し、数学・数理科学研究者と諸科学分野の研究者の連携を促進している。この取組からは、純粋数学の手法を現象解明に適用したことで課題解決に発展したこと、特に、様々な現象を記述する数理モデルの構築が連携による注目すべき成果として報告されている。

これらの状況を踏まえ、本戦略目標では、従来の科学技術の延長では解決が困難な社会的課題に取り組み、ブレークスルーを起こすために、純粋数学の研究者が現実社会の課題の中から数学的問題を取り上げ参加することを期待するとともに、数学・数理科学の力が発揮できる「現象の数理モデリング」に注力する。また、数理モデルの導出には、既存のモデルの枠組みを超えて、異なる数学分野の技法を融合することや全く新しい定式化を行う必要もあることから、数学内の様々な分野の研究者間の連携や、異なる数理モデリングにかかわる理論研究者間の連携も不可欠である。

(研究内容)

1) 現象を数学的に記述するモデルの導出

社会現象や工学分野などにおける既存のモデル化技術と、現象の「本質」を理解する上で不可欠な数学・数理科学的知見や理論とを融合することで、諸現象に潜む複雑な構造の「本質」部分を見だし、データが十分にある現象だけでなく、不足している現象についても、それを記述する数理モデルを導出する。

対象となる現象と応用分野としては、例えば社会現象においては、経済変動、感染症の伝搬、交通流、電力・通信ネットワークの変動、災害時の住民行動、各種社会インフラの老朽化等、自然現象においては、気候変動、集中豪雨・地滑り・竜巻・津波等の突発的な自然現象等、また、生命現象においては、遺伝子間の相互作用メカニズム、脳内の知覚認識・情報処理メカニズム等が想定される。

これらの現象を記述する数理モデルの枠組みの例としては、以下のようなものがある。

- ①電力網、通信網、神経網、人の接触関係などの現実の複雑なネットワークにおける構造とダイナミクスを表現するネットワークモデル
- ②時空間的に異なるスケールのサブシステムが階層を構成するようなシステムを統合的に扱うためのマルチスケールモデルやマイクロモデルとマクロモデルの間に位置づけられるメソスコピックモデル
- ③連続変数と離散変数を含む電子回路や物理的作用と化学的作用を含む生物の組織形成などのように異質なシステムが相互作用するシステムを記述するための、ハイブリッドモデルやマルチフィジックスモデル

また、導出された数理モデルの普遍性を活用し、当初対象としていた現象とは異なる現象に応用することで、様々な分野に横断的に応用可能なモデリング技術へ発展することを目指す。

2) 数理モデルの実証・検証及び評価のための数学的理論等の構築

上記 1) で導出される数理モデルや既存の数理モデルについて、実際の課題や現象を記述していることを実証・検証するとともに、モデル評価のための数学的理論や技術の構築を目指す。

5. 政策上の位置付け（政策体系における位置付け、政策上の必要性・緊急性等）

第 4 期科学技術基本計画(平成 23 年 8 月 19 日閣議決定)では、「Ⅲ. 我が国が直面する重要課題への対応」の「(5) 科学技術の共通基盤の充実、強化」において、「数理科学」は「複数領域に横断的に活用することが可能な科学技術」として位置付けられ、それに関する研究開発を推進することが明記されている。

また、数学イノベーション戦略(中間報告)(平成 24 年 8 月科学技術・学術審議会先端研究基盤部会)においては、「複雑な現象やシステム等の構造の解明」、「リスク管理」、「将来の変動の予測」等につながる課題が、数学・数理科学の活用による解決が期待される課題として整理されている。

6. 他の関連施策との連携及び役割分担・政策効果の違い

戦略目標「社会的ニーズの高い課題の解決へ向けた数学／数理科学研究によるブレークスルーの探索」(平成 19 年度設定)に基づいて発足した独立行政法人科学技術振興機構(JST)「数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索」研究領域では、純粋数学をはじめとする幅広い分野の研究者の協働により、新たな数理モデルをはじめ、優れた成果が出始めている。本戦略目標では、同領域と連携しつつ、純粋数学をはじめとする幅広い分野の研究者を取り込みながら、数学と諸分野の協働により社会課題の解決を図る取組を加速していく。

また、平成 23 年度より文部科学省が大学等と共催している「数学・数理科学と諸科学・産業との連携研究ワークショップ」(平成 23 年度、24 年度は合計 57 件、参加者合計 3,211 名)や、文部科学省委託事業「数学・数理科学と諸科学・産業との協働によるイノベーション創出のための研究促進プログラム」(平成 24 年度開始)においては、諸科学・産業における数学・数理科学的知見の活用による解決が期待できる課題を積極的に発掘して諸科学・産業との協働による研究テーマを具体化し、具体的な研究へとつなげるための活動を行っている。これらの活動を通じて議論が深められた課題や研究テーマが本戦略目標での研究に発展することが期待される。

7. 科学的裏付け(国内外の研究動向を踏まえた必要性・緊急性・実現可能性等)

JST 研究開発戦略センター(CRDS)の報告書※1によると、我が国におけるモデリングや解析技術の研究は、各大学の数理工学科や複雑理工学科、内閣府最先端研究開発支援プログラムの最先端数理モデルプロジェクトなどにおいて進められており、基礎研究の水準は高いと考えられる。今後は、生物医学におけるゲノム情報などのハイスループットデータの蓄積、脳科学における多計測脳波データの取得、地理情報学におけるリアルタイムの交通・輸送情報データの計測など各分野において大量のデータ取得が可能となってきている中、これらのデータから実際のシステムの本質を抽出し数理モデリングを行う技術の確立が課題となっている。

また、同報告書では、米国の NSF、NIH、USDA、及び英国の BBSR が共同で、約 15 億円を投じて 2012 年から 5 年間のプロジェクト「感染症の生態学と進化」を発足しており、その目標の一部として、感染症抑制のための生態学的、進化的、社会生態学的原理の数理モデリングを掲げていること、米国 DOE は、応用数学分野のプロジェクト編成の枠組みにおける指針において、今後どのような数理モデリング研究やアルゴリズム研究にファンディングを配分していくのかを示していることが記載されている。

数理モデリングを中核に据えた本戦略目標を設定することで、各応用分野の研究者、数理科学研究者、数学研究者等を集めて数理モデリング研究に注力させ、国際競争力の更なる向上を図る必要がある。

※1 独立行政法人科学技術振興機構研究開発戦略センター、『研究開発の俯瞰報告書 システム科学技術分野(2013年)』

8. 検討の経緯

平成 21 年度の文科省委託調査(委託先:九州大学ほか)において、大学の数学・数理科学研究組織(175 組織)、他分野研究者(5,000 名)、企業(1,000 社)へのアンケート調査及び国内外有識者(65 名)へのヒアリング調査を踏まえた調査報告がされ、JST 戦略的創造研究推進事業で実施中の「数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索」研究領域の発展的継続が提言された。

数学イノベーション戦略(中間報告)においては、「複雑な現象やシステム等の構造の解明」、「リスク管理」、「将来の変動の予測」等につながる課題が、数学・数理科学の活用による解決が期待される課題であるとされた。

平成 25 年に出された GRDS の報告書において「先端的数理モデリング」が 5 つの研究開発領域の 1 つとして取り上げられた。その中において、数理モデリングは、現象や行動のモデル化プロセス自体を対象とする横断的学術領域であること、また、対象の適切なモデル化は、現象の制御、将来予測、科学的意思決定の前提であり、多くの学術的、社会的課題は、パラメータなどモデルの要素の条件付最適化を通じて達成されること、等が指摘されている。

本戦略目標はこれらの検討の結果を踏まえて作成したものである。

9. 留意点

本戦略目標に基づく研究の実施に当たっては、数理モデリングに関わる本領域の研究者や関連する国内外の応用分野の研究者等が一定期間集まり、社会における数理モデル化を目指すべき現象や数理的アプローチなどについて集中的に議論し、世界の社会的重要な課題、研究動向を把握できるような場を設け、新たな展開へつなげていくことも重要である。

平成 25 年度戦略目標

1. 戦略目標名

情報デバイスの超低消費電力化や多機能化の実現に向けた、素材技術・デバイス技術・ナノシステム最適化技術等の融合による革新的基盤技術の創成

2. 達成目標

従来のシリコンデバイスによる微細化、集積化が限界を迎える中、現在より 2 桁以上低い消費電力と 2 桁以上高速の情報デバイスを開発することを共通目標とし、将来のエレクトロニクス産業の基盤を確立するため、新規機能性材料の適用可能性の追求等による素材技術（先端材料や部材の開発及び活用に必要な基盤技術）の創出、新材料・新原理・新構造の論理素子・記憶素子の動作検証等によるデバイス技術の構築、先進的なナノテクノロジー等の実装に向けたナノシステム[※]最適化技術の創出、そしてそれら技術の融合に取り組むことにより、以下の目標を達成することを目指す。

- 革新デバイスを下支えする新規機能性材料の創製及び適用可能性の追求による素材技術の創出
- 超低消費電力、超高速、超大容量等を可能にする新材料・新原理・新構造の論理素子・記憶素子等による革新デバイス技術の創出
- 異分野の要素技術を集積・統合・融合することによるナノシステムの最適設計に向けた基盤技術の創出

※本戦略目標においては、ナノテクノロジーを基軸として他分野の要素技術を集積・統合・融合し、全体として重要課題の解決に資する高度な機能を提供することが可能で、かつ社会的に認知される部品・装置・システムのことと定義する。

3. 将来実現し得る重要課題の達成ビジョン

本戦略目標において「2. 達成目標」に記載した研究成果を企業等の実用化研究につなげることにより、その諸技術を活用した革新的なデバイスが開発され、情報通信機器やシステム構成機器の超低消費電力化、高機能化や多機能化の実現が可能となる。

これにより、具体的には以下のような社会の実現につなげ、第 4 期科学技術基本計画（平成 23 年 8 月 19 日閣議決定）に掲げられた「エネルギー利用の高効率化及びスマート化」、「産業競争力の強化に向けた共通基盤の強化」、「領域横断的な科学技術の強化」等の達成に貢献することを目指す。

- (1) あらゆる情報通信端末、情報デバイス等が超低消費電力化されることにより、省エネルギー時代に適合した持続可能な高度情報通信ネットワーク社会の形成に大きく貢献する。
- (2) 新たな動作原理に基づくデバイスの融合による、タッチパネル、フレキシブルディスプレイ、太陽電池、バイオセンサ等、多方面での応用が可能となり、真のユビキタス社会が実現される。
- (3) 知識基盤社会、低炭素社会、高度情報化社会等に対応した社会的付加価値を有する最終製品を生み出すことにより、我が国の国際競争力を堅持し、新たな産業構造を切り拓（ひらく）基幹産業が育成される。

4. 具体的内容

（背景）

現在、半導体産業は世界的に厳しい競争に直面しているが、最近の予測^{*1}では、2012 年の市場規模は 2,899 億ドルと過去最高であった前年度をわずかに下回ったものの、今後も緩やかな成長を継続していくと予想されており、その位置付けについては、例えば「半導体産業は「見える

インパクト」と「見えざるインパクト」を通して、日本の社会、経済、環境に大きな影響を与えている」と紹介^{※2}されるなど、産業競争力の基盤としての役割を果たしている。また、今後の本格的な IT 化に伴い、我が国の情報量は爆発的に増大（情報爆発）し、試算では 2025 年には現在の 100～200 倍もの情報がインターネット上を行き交う時代となり、こうした情報爆発に対応すべく、情報を処理する IT 機器の台数が大幅に増加するとともに、各機器の情報処理量が急増し、今後の IT 機器による消費電力量の急増が深刻な課題になると指摘されている（消費電力量が 2025 年には 2006 年比で約 5.2 倍、2050 年には 2006 年比で約 12 倍になると推計されている。）^{※3}。また、民間調査機関の推計^{※4}によれば、世界の情報量は、2020 年には約 40 ゼタバイト（2010 年度時の約 50 倍）へ拡大する見込みであり、この増え続ける情報を処理するために、現在のシリコンデバイスの集積化、微細化は今後も必須の流れとなっている。しかし、現状のシリコンデバイスでは、集積化に伴う素子の消費電力増大、微細化の物理的限界、特性ばらつきの増大等が喫緊の課題となっている。これらの制約を突破する方策として、近年、世界的に進展の著しいナノエレクトロニクス技術を駆使して、従来の CMOS（相補性金属酸化膜半導体）技術に沿って新たな機能を持った材料及びデバイスを付加し性能向上を図る方向と、従来の CMOS を超える新しい動作原理に基づくデバイス及びシステムの実現を目指す方向とが模索されている。

（研究内容）

このような現状において、本戦略目標では、微細化・高速化や低消費電力・多機能化を個別に追及するのではなく、先進的なナノテクノロジー等の要素技術を糾合することにより、革新的なシーズを創出し、将来のエレクトロニクス産業の基盤を確立することを目的として、具体的には、以下のような研究を行う。なお、本戦略目標では、材料、デバイス、システム等、それぞれの分野の専門家がプロジェクトの早期の段階から連携・協働できる体制を構築し、現在より 2 桁以上低い消費電力と 2 桁以上高速の情報デバイス（携帯電話、パソコン、ストレージ等をはじめとする ICT 機器全般）を開発するという共通目標の達成に向け、戦略的かつ機動的な研究を実施することが求められる。具体的には、以下の研究を想定する。

- ① 革新デバイスを下支えする新規機能性材料の創製及び適用可能性の追求による素材技術の創出
 - ・新規機能性材料の構造や物性に関する計測・解析・加工プロセス技術の創出
 - ・革新デバイスになることが期待されるグラフェン等の原子薄膜の結晶実現・機能解明・学理構築に関する研究
- ② 超低消費電力、超高速、超大容量等を可能にする新材料・新原理・新構造の論理素子・記憶素子等による革新デバイス技術の創出
 - ・優れた物性を有する新物質・新規機能性材料をデバイスに応用する技術に関する研究
 - ・異種材料の接合等による新機能デバイスの提案と原理実証
 - ・微細化・高集積化を可能とする革新的なデバイス・アーキテクチャ技術の創成
- ③ ①、②をはじめとする要素技術を集積・統合・融合することによるナノシステムの最適設計に向けた基盤技術の創出
 - ・デバイス機能を発現・最適化するための物質構造及びデバイス構造の設計及び計算機シミュレーション技術の創出
 - ・素材、回路等の様々な階層の連携・協調による超低消費電力化技術の創出

※1 世界半導体市場統計（WSTS: World Semiconductor Trade Statistics）, “WSTS Semiconductor Market Forecast Autumn 2012”, 2012.11

※2 一般社団法人半導体産業研究所（Semiconductor Industry Research Institute Japan）, 「半導体産業が日本の社会・経済・環境に与えるインパクトの社会科学分析 最終報告書」, 2009.7

※3 経済産業省「情報通信機器の省エネルギーと競争力の強化に関する研究会」

※4 IDC, “Big Data, Bigger Digital Shadows, and Biggest Growth in the Far East”, 2012.12

5. 政策上の位置付け（政策体系における位置付け、政策上の必要性・緊急性等）

「第 4 期科学技術基本計画」では、エネルギー利用の高効率化及びスマート化に向け、「情報

通信技術は、エネルギーの供給、利用や社会インフラの革新を進める上で不可欠な基盤的技術であり、次世代の情報通信ネットワークに関する研究開発、情報通信機器やシステム構成機器の一層の省エネルギー化、ネットワークシステム全体の最適制御に関する技術開発を進める」こととされ、また、産業競争力の強化に向けた共通基盤の強化のため、「付加価値率や市場占有率が高く、今後の成長が見込まれ、我が国が国際競争力のある技術を数多く有している先端材料や部材の開発及び活用に必要な基盤技術、高機能電子デバイスや情報通信の利用、活用を支える基盤技術など、革新的な共通基盤技術に関する研究開発を推進するとともに、これらの技術の適切なオープン化戦略を促進する」こととされている。

総合科学技術会議においても、「平成 25 年度科学技術重要施策アクションプラン」（平成 24 年 7 月 19 日総合科学技術会議 科学技術イノベーション政策推進専門調査会）において、「大幅なエネルギー消費量の削減を目指す「エネルギー利用の革新」が政策課題として掲げられ、「技術革新によるエネルギー消費量の飛躍的削減」が重点的取組とされた。また、「平成 25 年度重点施策パッケージの重点化課題・取組」（同上）では、我が国で発見されたカーボンナノチューブやグラフェン等のナノカーボン新材料を、世界に先駆け様々な部材・製品（熱交換器、電池、エレクトロニクスデバイス、複合材料等）へ応用することにより、幅広い産業で部材、部品及び製品の産業競争力を高めるとともに、新たな成長産業を創出することなどから、我が国の産業競争力の強化に向けた重点的取組として、「ナノカーボン新材料（CNT（Carbon Nano Tube）・グラフェン等）の様々な分野への応用／商用技術の開発」が提示された。

以上のとおり、「グリーンイノベーションの推進」や「我が国の産業競争力の強化」に向け、革新的な材料による省エネデバイスの開発が政策的にも求められているところである。

6. 他の関連施策との連携及び役割分担・政策効果の違い

大学等におけるこれまでの取組や既存の戦略的創造研究推進事業等の成果を積極的に活用するとともに、関連するプロジェクト間と緊密な連携を確保し、速やかに成果の実用化を図る。具体的には、本戦略目標において創出される成果については、将来のエレクトロニクス産業の基盤を確立する観点から、研究期間中であっても、知的財産を適切に確保した上で、研究成果の実用化を目指す産学連携事業等や民間企業のプロジェクトへ速やかに展開する。特に、幅広い産学官の研究者が集結する TIA（つくばイノベーションアリーナ）やその他の研究開発拠点等の枠組みを最大限に活用し、本戦略目標における基礎研究の成果を、我が国の産業競争力の強化に直結させる体制を構築する。

7. 科学的裏付け（国内外の研究動向を踏まえた必要性・緊急性・実現可能性等）

米国では 2011 年 2 月に改定された「米国イノベーション戦略」において重点項目として「ナノテクノロジーを加速化する」との表現が盛り込まれ、特にナノエレクトロニクスへの投資の必要性が謳（うた）われている。また、欧州においては、長期的かつ多額の資金が必要なハイリスク研究で、産業界の支援が明確な領域を優先的に支援する「ジョイント・テクノロジー・イニシアティブ（JTI）」を立ち上げており、その中に、「ナノエレクトロニクス」が含まれている。中国においては、国家中長期科学技術発展計画綱要（2006～2020 年）に基礎研究分野の重点科学研究のテーマとしてナノテクノロジー研究が盛り込まれており、具体的な重点課題として「コンセプト及び原理段階のナノデバイス、ナノエレクトロニクス、ナノバイオ・医学」が挙げられている。

一方、我が国の現状については、「ナノエレクトロニクスでは日本は総じて高い水準を保つが、世界のアクティビティと比較すると必ずしも楽観できるものではない。特にナノエレクトロニクスを牽引（けんいん）するナノ CMOS 技術においては、世界的に研究開発の拠点化とアライアンスが進む中、日本メーカーの研究開発アクティビティは大幅に低下している。深刻なのはアカデミアの基礎研究・開発も他国に遅れ始めたことであり、今後、長期的観点に立った人材育成策や産学協同体制の構築を図らない限り、やがては韓国あるいは中国に追い抜かれることは避けられないだろう」と、諸外国との国際比較に基づき分析している*。

このような状況を踏まえ、本戦略目標を通じて、ナノエレクトロニクスに関わる研究開発が進

展することで、大幅な低消費電力化、小型化、新機能を有するデバイスが実現し、ビッグデータ時代に不可欠な省エネシステムを達成するとともに、エレクトロニクス産業等の競争力強化を実現することが求められる。

※独立行政法人科学技術振興機構研究開発戦略センター、『ナノテクノロジー・材料分野 科学技術・研究開発の国際比較 2011 年版』，2011

8. 検討の経緯

独立行政法人科学技術振興機構研究開発戦略センター（JST/CRDS）が開催した科学技術未来戦略ワークショップ「次世代を拓くナノエレクトロニクス～2030年の先を求めて」（平成 21 年 3 月）において、①微細化、集積化の限界を突破又は回避するためのナノエレクトロニクス基盤技術の研究開発、②ナノエレクトロニクスデバイスのための新材料探索とデバイス適用可能性の実証の推進の重要性が改めて確認された。上記ワークショップの議論も踏まえ、JST/CRDS 戦略プロポーザル「ナノエレクトロニクス基盤技術の創成－微細化、集積化、低消費電力化の限界突破を目指して－」（平成 21 年 7 月）が策定され、新原理、新構造、新材料の探索と、それらを用いたデバイスの研究開発に対する長期にわたる取組が必要であることが提言された。グラフェンを始めとする二次元薄膜が注目を集めている中、JST/CRDS 科学技術未来戦略ワークショップ「機能性原子薄膜／分子薄膜の創生と展開」（平成 24 年 2 月）が開催され、エレクトロニクス動作に際してのエネルギーロス最小化には、究極的に薄い膜、つまり原子薄膜、分子薄膜が理想的であることが指摘された。上記ワークショップの議論を踏まえ、JST/CRDS 戦略プロポーザル「二次元機能性原子薄膜による新規材料・革新デバイスの開発」が策定され、「アプリケーションニーズに応える機能性原子薄膜による革新デバイス基盤技術の創出」と「シーズ技術の先鋭化に資する新構造原子薄膜の機能研究とデバイス設計学理の創出」が、具体的な研究開発課題として提言された。

以上の議論も踏まえ、科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 ナノテクノロジー・材料科学技術委員会が取りまとめた「ナノテクノロジー・材料科学技術の研究開発方策について＜中間取りまとめ＞」（平成 23 年 7 月）において、「エレクトロニクスの省エネルギー化、多機能化」が課題解決に向けた重点研究開発課題とされ、省エネルギー性能の向上やグローバルな競争環境を注視しながら研究開発を加速することが重要であるとされた。また、情報科学技術委員会が取りまとめた「情報科学技術に関する推進方策（中間報告）」（平成 23 年 9 月）において、情報科学技術に今後求められる方向性として、「IT システムの超低消費電力化（グリーン化）」が挙げられた。以降、両委員会において継続的に議論が重ねられた。

本戦略目標は、これらの検討の結果を踏まえて作成したものである。

9. その他

世界各国がしのぎを削る中、我が国としてもこれまでの学術的・技術的・人的蓄積を最大限生かし、TIA などの世界的な産学官集中連携拠点等とも連携して、本戦略目標における基礎研究の成果を、我が国の産業競争力の強化に直結させる体制を構築させることが重要である。そのため、本戦略目標では、大学等におけるこれまでの取組や既存の戦略的創造研究推進事業等の成果を積極的に活用するとともに、関連するプロジェクト間と緊密な連携を確保し、速やかに成果の実用化を図ることが求められる。

平成 25 年度戦略目標

1. 戦略目標名

分野を超えたビッグデータ利活用により新たな知識や洞察を得るための革新的な情報技術及びそれらを支える数理的手法の創出・高度化・体系化

2. 達成目標

情報科学・数理科学分野とビッグデータの利活用により大きな社会的インパクトを生むような様々な研究分野（アプリケーション分野）との協働により研究を進め、アプリケーション分野での課題解決を通じてビッグデータから新たな知識や洞察を得ることを可能とする次世代アプリケーション技術を創出し、高度化すると同時に、様々な分野のビッグデータを統合解析することを可能とする共通基盤技術の構築を目指す。そのため、以下の目標の達成を目指す。

○各アプリケーション分野においてビッグデータの利活用を推進しつつ様々な分野に展開することを想定した次世代アプリケーション基盤技術の創出・高度化

○様々な分野のビッグデータの統合解析を行うための次世代基盤技術の創出・高度化・体系化

3. 将来実現し得る重要課題の達成ビジョン

本戦略目標を実施し、「2. 達成目標」に記載した研究成果が得られることで、様々な分野のビッグデータを統合解析するための共通基盤技術を構築することができ、分野を超えたビッグデータの利活用を実現することができる。構築された技術を用いることで、ビッグデータの利活用が有効な研究分野の論文データ、実験・シミュレーションデータ、観測データ等の高度利用が可能となり、社会科学・人文科学等を含む複数の分野が連携した異分野融合領域のイノベーション創出を加速させることができる。

本事業終了後、アカデミア・企業等が様々な分野のビッグデータを統合解析できる共通基盤技術を活用して、研究開発や実用化を推進することで、例えば

- ・ライフサイエンス分野では、診療情報と関連づけられた 10 万人規模の全ゲノムデータ（30 億塩基対）を活用した、疾患関連遺伝子の効率的な探索技術等による、オーダーメイド医療や早期診断、効果的治療法の確立

- ・地球環境分野では、様々な要因が複雑に絡み合う地球規模課題の解決に貢献し持続可能な社会を構築するため、地球温暖化、森林や水などの自然循環、生態系、地理空間等の異なるデータ間の関係性を高度につなぎ合わせる基盤的情報技術の確立

- ・防災分野では、災害・事故から得られた気象、地理空間等のデータを容易に分析可能な形に蓄積・構造化する技術等による精緻な災害の予測や防災機能強化の推進、都市の最適設計手法の高度化 等

の実現を目指す。これらの実現によって、イノベーションによる新産業・新市場の創出や、国際競争力の強化を推進し、第 4 期科学技術基本計画（平成 23 年 8 月 19 日閣議決定）の「我が国の産業競争力の強化」、「研究情報基盤の整備」の達成に貢献することを目指す。

4. 具体的内容

（背景）

高度情報化社会の進展に伴い、デジタルデータが爆発的に増大するビッグデータ（情報爆発）時代が到来した。世界のデジタルデータの量は、民間調査機関の推計※1によれば、2020 年には、約 40 ゼタバイト（2010 年度時の約 50 倍）へ拡大する見込みである。また、情報通信政策研究所の調査※2によると、日本における平成 21 年度の流通情報量は 7.61E21 ビット（一日あたり DVD 約 2.9 億枚相当。例えば、E18 ビットは 10 の 18 乗であることを示している。）であるが、消費情報量は 2.87E17 ビット（一日あたり DVD 約 1.1 万枚相当）であり、流通に対して消費された情報量は 0.004%にしかすぎない、と言われている。

その質的・量的に膨大なデータ（ビッグデータ）には新たな知識や洞察を得られる可能性があ

るが、様々なデータ（バイオ、天体観測等の自然科学のデータから社会科学的な人の観測データまで多様）を組み合わせて、大規模な処理を実行しようとする、想定外のデータや正常に分析できないデータが大きくなることが多く、現況においてはその多くのデータが整理・構造化されておらず、有効に活用できていない状況である。

このため、ビッグデータを効果的・効率的に収集・集約し、革新的な科学的手法により知識発見や新たな価値を創造することの重要性が、国際的に認識されてきている。第一の科学的手法である経験科学（実験）、第二の科学的手法である理論科学、第三の科学的手法である計算科学（シミュレーション）と並び、データ科学（data centric science =e-サイエンス）は第四の科学的手法と言われ※3、ビッグデータ時代における科学の新たな地平を拓（ひら）く方法論として注目されている。

（研究内容）

本戦略目標では、ビッグデータの解析を円滑に実行するための革新的な方法論等の創出等のため、2つの達成目標の実現を目指す。具体的には以下の研究を想定する。

（1）各アプリケーション分野においてビッグデータの利活用を推進しつつ様々な分野に展開することを想定した次世代アプリケーション基盤技術の創出・高度化

個別のアプリケーション分野の課題解決とともに、固有技術の他分野展開や新規基盤要素技術の導入を強力に推進する。このため、情報科学・数理科学分野とアプリケーション分野の研究者等による協働研究チーム体制を構築することが期待される。具体的には、以下の研究を推進する。

- ・多様かつ大量のアプリケーションデータ（健康・医療データ、地球観測データ、防災関連データ、ソーシャルデータ等）の転送、圧縮、保管等を容易に実現するための研究

- ・画像データや3次元データ等の多様なデータを検索、比較、解析等することで有意な情報を抽出するための研究

- ・アプリケーションデータから新たな課題の発見や洞察をより正確に行うための研究（疾患要因の解明、気候変動予測、リアルタイム解析による減災、人のニーズの予測等）

- ・定量データから生体、自然現象等に係る多様な数理モデルを構築し、実測データと組み合わせることで新たな知見を得るような、発見的探索スタイルの研究アプローチ推進のための研究基盤創出

（2）様々な分野のビッグデータの統合解析を行うための次世代基盤技術の創出・高度化・体系化

情報科学・数理科学分野や人文科学の研究者による、独自の新規基盤要素技術の創出や複数のアプリケーション分野に展開する新規要素技術の創出を行う。具体的には、以下の研究を推進する。

- ・データクレンジング技術（ノイズ除去、データの正規化、不要なデータ変動の吸収等）やデータに対して自動的に意味や内容に係る注釈を付与する技術

- ・高度な圧縮技術、圧縮したままで検索する技術、秘密性や匿名性を損なわないままマイニングする技術

- ・データマイニング技術や機械学習の高度化（大量・多様なデータからのモデリング技術、異種データから関連性を探索する技術等）

- ・多様なアプリケーションデータの相関や関係性から新たな洞察を導くための可視化技術

- ・ビッグデータを共有・流通するためのシステム技術（データの加工、メタデータ管理、トレーサビリティ、匿名化、セキュリティ、課金等）

- ・課題の本質やビッグデータの構造を見いだすための数理的手法

なお、（1）の次世代アプリケーション基盤技術の創出・高度化に当たっては、（2）の研究で得られる次世代基盤技術を取り込みながら推進することが効果的であり、また、（2）の次世代基盤技術の創出・高度化・体系化に当たっては、（1）の研究で得られる次世代アプリケーション基盤技術やデータを共有、活用しながら研究を進めることが効果的であることから、（1）と（2）の研究が相互に連携することが求められる。

※1 IDC, “Big Data, Bigger Digital Shadows, and Biggest Growth in the Far East”, 2012. 12

※2 情報通信政策研究所調査部「我が国の情報通信市場の実態と情報流通量の計量に関する調

査研究結果（平成 21 年度）「情報インデックスの計量」, 平成 23 年 8 月

※3 Tony Hey, Stewart Tansley, and Kristin Tolle, The Fourth Paradigm: Data-intensive Scientific Discovery, (Microsoft Research 2009)

5. 政策上の位置付け（政策体系における位置付け, 政策上の必要性・緊急性等）

第 4 期科学技術基本計画では、「我が国が直面する重要課題への対応」において、「我が国の産業競争力の強化」として、電子デバイスや情報通信の利用、活用を支える基盤技術等、革新的な共通基盤技術に関する研究開発を推進するとともに、これらの技術の適切なオープン化戦略を促進すると掲げている。また、「科学技術の共通基盤の充実、強化」として、シミュレーションや e-サイエンス等の高度情報通信技術、数理科学等、複数領域に横断的に活用することが可能な科学技術や融合領域の科学技術に関する研究開発を推進すると掲げている。さらに、「国際水準の研究環境及び基盤の形成」において、「研究情報基盤の整備」として、研究情報基盤の強化に向けた取組を推進するため、研究情報全体を統合して検索、抽出することが可能な「知識インフラ」としてのシステムを構築し、展開すると掲げている。

文部科学省では、全国の大学等の研究者が、サイエンスに活用できる多分野にわたるデータ、情報、研究資料等を、オンラインにより、手軽に利用でき、最新の「データ科学」の手法を用いて、科学的あるいは社会的意義のある研究成果を得ることのできる「アカデミッククラウド環境」について、必要な議論、検討等を進めるため、研究振興局長の下に「アカデミッククラウドに関する検討会」を設置し、平成 24 年 4 月から 6 月に、「データベース等の連携」、「システム環境の構築」、「データ科学の高度化に資する研究開発」の 3 点を検討課題として議論を行い、7 月に提言「ビッグデータ時代におけるアカデミアの挑戦」において、ビッグデータに関する共通基盤技術の研究開発として、ビッグデータ処理の各段階（データ収集、蓄積・構造化、分析・処理、可視化）における基盤技術の研究開発等が必要との方向性を取りまとめた。

6. 他の関連施策との連携及び役割分担・政策効果の違い

平成 24 年 10 月に科学技術政策担当大臣及び総合科学技術会議有識者議員による「平成 25 年度科学技術関連予算重点施策パッケージ」の選定が行われ、総務省、文部科学省、経済産業省の 3 省合同で提案した「ビッグデータによる新産業・イノベーションの創出に向けた基盤整備」が資源配分の重点化を行うべき重点施策パッケージとして特定された。この重点施策パッケージでは、3 省が連携して平成 28 年頃までの実現を目指したある一定の分野におけるビッグデータの収集・伝送、処理、利活用・分析に関する基盤技術の研究開発及び人材育成を一体的に進めることとしている。

このうち、文部科学省は「次世代 IT 基盤構築のための研究開発」の一プログラム「ビッグデータ利活用のためのシステム研究等」を、重点施策パッケージの個別施策として位置付け、異分野融合型研究拠点によるデータサイエンティスト等の人材育成や国際連携を進めるとともに、データ連携技術等の技術開発課題やアカデミッククラウド環境（大学等間でクラウド基盤を連携・共有するための環境）構築の在り方に関する検討を行うこととしている。また、独立行政法人科学技術振興機構はビッグデータ活用モデルの構築のため、死蔵されている膨大なデータの掘り起こしやルール整備を行い、研究機関のデータベース連携や民間等での利活用を推進することとしている。上記施策に加え、分野を超えたビッグデータの利活用を可能にするため、本戦略目標では、中長期的な視野で次世代の課題解決に向けた共通基盤技術の高度化・体系化のための研究を行う。

また、総務省では、平成 24 年 5 月に情報通信審議会 ICT 基本戦略ボードにおいて、「ビッグデータの活用の在り方について」を取りまとめ、情報通信インフラの構築を進めているため、本戦略目標下の研究を推進する際には、当該インフラ（独立行政法人情報通信研究機構（NICT）が構築・運用するテストベッド（JGN-X））も必要に応じて活用する。

7. 科学的裏付け（国内外の研究動向を踏まえた必要性・緊急性・実現可能性等）

米国においては、2011 年に科学技術に関する大統領諮問委員会（PCAST）が、連邦政府はビッ

グデータ技術への投資が少ないと結論づけたことに対応し、科学技術政策局（OSTP）が2012年3月29日にビッグデータイニシアチブに関する公告を発表した。このイニシアチブには6機関（NSF, NIH, DOD, DARPA, DOE, USGS）が総額2億ドルを投資し、データへのアクセス、体系化、知見を集める技術を改善、強化するとしている。欧州、アジアにおいても、ビッグデータに対する研究投資を実施しており、今後、激しい国際競争が予想される。具体的には、欧州では2020年までにICTにおける研究開発への公共支出を55億ユーロから110億ユーロへと倍増させ、大規模なパイロットプロジェクトを実施し、公共に利益のある分野における革新的かつ相互運用可能なソリューション（エネルギーや資源を節約するためのICT、持続可能な保険医療、電子政府、インテリジェント輸送システム等）を開発することとしている。また、中国では情報資源を共有するためのセンターを設置し、収集したデータの相互の関係付けのためにメタデータの付与や自動分類等の技術開発を行っている。さらに、韓国ではビッグデータを含む研究データの共有とデータ科学を推進するNational Scientific Data Centerを2013年から構築することとなっている。このことから、官民の役割分担と省庁の枠を越えた連携のもと、科学技術分野におけるイノベーションの推進等に向け、分野を超えたビッグデータの利活用を促進するための研究開発が急務となっている。

我が国は、各種センサー情報が発達していること、ハイパフォーマンスコンピューティング、自然言語処理等、世界的に高い研究水準を有する関連研究領域があることや、遺伝子情報等の地域単位での研究が必要な大規模データを扱う領域にも取り組んでいる。このことから、大規模データの活用において、これらの強みが幅広い分野・領域に展開することで、科学技術における共通基盤の強化や産業競争力の強化が可能な環境である。

8. 検討の経緯

文部科学省の研究振興局長の下に設置したアカデミッククラウドに関する検討会においては、平成24年7月4日に提言「ビッグデータ時代におけるアカデミアの挑戦」を取りまとめ、ビッグデータに関する共通基盤技術の研究開発として、ビッグデータ処理の各段階（データ収集、蓄積・構造化、分析・処理、可視化）における基盤技術の研究開発等が必要との方向性や具体的な研究開発事項について取りまとめた。

これを踏まえ、科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会情報科学技術委員会（第77回、第78回）（平成24年7月5日、8月2日）においても、様々な分野における知的活動の成果として生み出されている大量データを効果的・効率的に収集・集約し、革新的な科学的手法により情報処理を行うことにより、新たな知的価値を創造する「データ科学」が重要との共通認識のもと、ビッグデータを利活用するための共通基盤技術の研究開発が必要との見解が示された。

また、科学技術・学術審議会先端研究基盤部会（第5回）（平成24年8月7日）で取りまとめられた「数学イノベーション戦略（中間報告）」においては、ビッグデータを有効に活用するための革新的な手法や技術を開発するには、数学研究者は情報科学分野の研究者や各アプリケーション側の研究者と積極的に連携を図るとともに、数学研究者の多様な知見とポテンシャルを最大限活用し、ビッグデータの有効活用において本質や構造を見いだすための共通基盤的技術の構築に向けて取り組むことが重要と述べられている。

本戦略目標は、これらの検討の結果を踏まえて作成したものである。

9. その他

本戦略目標を推進するに当たっては、情報科学・数理科学分野とビッグデータの利活用が有効な様々な研究分野の融合により、ビッグデータに関係する研究者に流動的なネットワークを生み出し、新たな人材育成スキームや、イノベーション創出サイクル（常にイノベーションを創出し続ける環境）の構築も目指すことを期待する。

平成 24 年度戦略目標

1. 戦略目標名

環境・エネルギー材料や電子材料、健康・医療用材料に革新をもたらす分子の自在設計『分子技術』の構築

2. 達成目標

「分子技術（物理学、化学、生物学、数学等の科学的知見を基に、分子を設計、合成、操作、制御、集積することによって、分子の特性を活かして目的とする機能を創出し、応用に供するための一連の技術）」の構築を目指し、蓄電デバイス、有機薄膜太陽電池等の分子を用いた超低消費電力・超軽量デバイスの実現や、ドラッグデリバリーシステム、機能性医療材料などの革新的な治療方法の確立等の基盤技術となる以下の技術体系を構築する。

- 「設計・創成の分子技術（精密合成技術と理論・計算科学との協働により、新規機能性物質を自在に設計・創成する技術）」に係る技術体系の構築
- 「形状・構造制御の分子技術（分子の形や構造を厳密に制御することにより、新たな機能の創出に繋げる技術）」に係る技術体系の構築

3. 将来実現しうる重要課題の達成ビジョン

有機ELディスプレイに代表されるように、既に今日様々な部品や機器が分子素材である“ソフトマテリアル”に移行しつつある。これは、低環境負荷、資源制約への対応、そして、高い生体親和性といった人間社会全体の課題に対して本質的な解決策をソフトマテリアル、すなわち、それを実現する「分子技術」が与えることを示唆するものである。

本戦略目標下において「2. 達成目標」に記載した研究成果が得られることで、分子性物質としての機能設計が可能となり、その結果として幅広い社会ニーズの課題解決に適用することが可能となる。関連する学問分野の研究者と産業界との協力体制を構築することにより、第4期科学技術基本計画に掲げられたグリーンイノベーション、ライフイノベーションの推進に向け、例えば、下記の成果が事業終了後5年程度で得られることを目指す。

●『ソフトマテリアルで構成された電子機器』

既存の半導体や金属に置き換わり、導電性制御が可能となる有機材料が電子機器の素材として使用され、低環境負荷の超低消費電力のコンピュータや超軽量携帯情報端末が創出される。

●『超低消費電力かつ資源再利用に対応した太陽電池フィルム』

分子材料を用いた素材原料や製造プロセスの転換による超低コストかつ低環境負荷の太陽電池が創出される。

●『ドラッグデリバリーシステム等を活用した治療』

感知機能や有効成分の放出を調整できる機能を備えた高度な薬物送達（ドラッグデリバリーシステム）の開発や、組織や臓器の再生に必要な機能性医療材料の3次元での構造化などにより、安全で有効性の高い治療が実現する。

上記の他、脱化石資源、高密度二次電池、高度環境モニタリング、低コスト造水・水浄化といった分野での実用化が考えられる。

4. 具体的内容

（背景）分子科学から分子“技術”へ！

近年、例えば、低環境負荷の発電技術として注目されている有機太陽電池の開発では、フラール

ンという分子からなる薄膜のn型半導体としての導入が大きな進展に繋がっている。また、創薬の世界では、分子の構造や形状をコンピュータ上で設計することにより、副作用が大幅に軽減され、疾患部をピンポイントで狙う分子標的薬が可能になってきた。

このような成果の背景には、分子科学という基礎的学問が存在する。従来の分子科学では、自然界を観察し、探索することによって、様々な分子を発見・解析し、天然の分子を人工的に模倣することで、同様の機能を得てきた。しかし近年の新たな流れとして、コンピュータの急速な性能向上や測定・解析技術等の著しい進展に伴い、自然界にモデルを求めずとも、目的とする機能を設計し、それに合った物質を得るという研究開発事例が見出されるようになってきた。

これらの状況を踏まえ、本戦略目標では、「分子技術」を開発することによって、環境・エネルギー技術や情報通信技術、医療技術等を下支えする一連の材料創製技術に対し、抜本的なブレークスルーをもたらすことを目指すものである。

(研究内容) ライフイノベーション、グリーンイノベーションに共通する基盤技術の確立へ！

本戦略目標では、グリーンイノベーション、ライフイノベーションに関わる革新的成果を創出するために、個別応用課題の研究開発とは“別”に様々な分野への展開が可能な「分子技術」を確固たる土台として築いておくことで、個別施策の研究開発や異分野融合が加速されることを目指す。「分子技術」の研究開発においては、従来の化学や物理学、生物学、数学といった学術分野単独の知見では推進が困難であり、応用課題上のボトルネックを共通の課題として、分野融合的なアプローチにより、それを克服する体系を構築することが重要である。本戦略目標では、「分子技術」を、分野横断的な「設計・創成の分子技術」、「形状・構造制御の分子技術」、「変換・プロセスの分子技術」と、具体的な応用分野を見据えた「電子状態制御の分子技術」、「集合体・複合体制御の分子技術」、「輸送・移動制御の分子技術」からなる6つの要素技術からなるものと捉え、特に、最も根本的な「設計・創成の分子技術」と、「形状・構造制御の分子技術」に重点を置くこととする。以下、具体的な研究開発課題の例を挙げる。

● 設計・創成の分子技術

設計・創成の分子技術とは、新規機能性物質を自在に創成することを目指す技術である。すなわち、従来型の勘と経験に大きく頼る手法から踏み出し、合成と理論解析が密接に協力し、目的とする機能を持つ物質を思うがままに設計し、合成する指導原理を与える技術である。

(研究開発課題例)

- ▶ 機能から分子を創出するための理論創成とシミュレーション技術の開発
- ▶ 分子構造の予測を可能にする分子デザイン手法の開拓
- ▶ 機能設計・予測に基づく精密合成法の開発
- ▶ 分子性物質の高純度精製法の開発

● 形状・構造制御の分子技術

形状・構造制御の分子技術とは、分子配列、分子集積、自己組織化等に基づいて創成される分子レベルのナノ構造から、実用材料を構築するための1次元、2次元、3次元のマクロ構造を自在に創成する技術であり、分子の形や構造を厳密に制御することにより、新たな機能の創出に繋げるための技術である。

(研究開発課題例)

- ▶ 自己組織化等ビルドアップ及びトップダウン手法による空間空隙構造形成技術
- ▶ ナノからマクロ構造への規模拡大技術
- ▶ マクロ構造を持つ材料における物理的諸現象の観測・解析技術
- ▶ 計算機シミュレーションによるマクロレベルの構造・機能の設計・解析

5. 政策上の位置付け（政策体系における位置付け、政策上の必要性・緊急性等）

「分子技術」によって創出されるソフトマテリアルは、21世紀の課題である低環境負荷、省エネ・省資源、低コスト、人間・社会との親和性等に応え得る多様な能力を備えている。これらを実現する「分子技術」を、国の基盤技術として確固たるものとするのが、本戦略目標の最大の目標である。「分子技術」が生み出す高付加価値産業は、我が国の経済発展を支えるとともに、世界の環境・エネルギー問題、安全・安心、医療・健康問題等の解決に大いに寄与することが期待される。

「第4期科学技術基本計画」（平成23年8月19日閣議決定）では、産業競争力の強化に向けた共通基盤の強化のため、「付加価値率や市場占有率が高く、今後の成長が見込まれ、我が国が国際競争力のある技術を数多く有している先端材料や部材の開発及び活用に必要な基盤技術、高機能電子デバイスや情報通信の利用、活用を支える基盤技術など、革新的な共通基盤技術に関する研究開発を推進するとともに、これらの技術の適切なオープン化戦略を促進する」とこととされ、また、領域横断的な科学技術の強化に向け、「先端計測及び解析技術等の発展につながるナノテクノロジーや光・量子科学技術、シミュレーションやe-サイエンス等の高度情報通信技術、数理科学、システム科学技術など、複数領域に横断的に活用することが可能な科学技術や融合領域の科学技術に関する研究開発を推進する」とこととされている。さらに、「ナノテクノロジー・材料科学技術の研究開発方策について〈中間取りまとめ〉」（平成23年7月 科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 ナノテクノロジー・材料科学技術委員会）においては、「国際的な優位性を保持するためには、革新的な技術の開発が不可欠であることから、社会的課題を設定する際に把握可能な技術のみに重点化するのではなく、中長期的観点から、潜在的可能性をもつ技術の創出に向けた研究開発等の取組も推進すべきである」とされ、課題解決に向けた重点研究開発課題である「物質材料設計及び制御技術」の一つに分子技術が取り上げられている。

6. 他の関連施策との連携及び役割分担・政策効果の違い

これまで、「太陽電池」や「蓄電池」、「創薬」といった出口テーマ毎に分かれて課題を解決しようとする施策が主流であった。しかしながら本戦略目標では、様々な分野において共通してボトルネックとなっている技術的課題を、「分子技術」という横断的技術概念で捉え直し、多様な分野の研究者が協力して研究に取り組むことを意図している。「分子技術」は、我が国がこれまで長年に渡って積み上げてきた基礎科学の成果を発展的に再編し、これまでにはない新たな技術体系を構築するものである。「分子技術」を展開・体系化する過程においては、物理学、化学、生物学、数学の基礎分野のみならず、ナノテクノロジー、情報技術、バイオテクノロジー等の工学分野の寄与が不可欠であり、これらの学問領域での融合が求められるとともに、各種の技術を複合的に活用することが必要となるため、材料設計技術やプロセス技術といった技術レベルでの融合も必要となるものである。

また、平成24年度に設定する戦略目標「環境、エネルギー、医療等の課題対応に向けた触媒による先導的な物質変換技術の創出」において、物質変換のための新しい触媒開発を開始することとしているが、当該技術は、「分子技術」を確立する上でも重要な要素技術である「変換・プロセスの分子技術」を補完するものとなり得ることから、必要な連携を図ることが求められる。

7. 科学的裏付け（国内外の研究動向を踏まえた必要性・緊急性・実現可能性等）

本戦略目標は、我が国が環境・エネルギー問題、医療・健康等に関する諸問題の解決に率先して貢献するための新たな材料技術戦略である。我が国はナノテクノロジー・材料技術に基づく部素材産業が強く、なかでも本戦略目標に掲げる「分子技術」については強さを保持している。例えば、ディスプレイ製品の中に用いられる分子性物質の多くの市場占有率は、日本が国際的にも圧倒的である。この新しい技術分野の基礎を学問的に深化させて、より革新性を高めるための戦略的かつ総合的な研究投資はまだ国内、海外ともに実施されておらず、我が国が先駆けて推進することにより、世界をリードできる可能性がある。

8. 検討の経緯

独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター(CRDS)において、平成20年7月に「物質・材料分野俯瞰ワークショップ」が開催され、ナノテクの成果、融合の効果、今後の課題について、議論が交わされ、「分子技術」という概念を確立することが提案された。平成21年12月には、「分子技術」が今後我が国にとって重要な基幹的技術に成り得るかどうかを専門家間の集中議論によって検証するとともに、今後の方向性や具体的な研究開発課題を抽出する目的で、「科学技術未来戦略ワークショップ『分子技術』」が開催された。ワークショップにおける議論を踏まえ、今後重点的に推進すべき研究領域、課題等について更なる検討が行われ、平成22年3月に戦略イニシアティブ「分子技術“分子レベルからの新機能創出”～異分野融合による持続可能社会への貢献～」がとりまとめられた。

以上の議論も踏まえ、文部科学省 科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 ナノテクノロジー・材料科学技術委員会が平成23年7月に中間とりまとめを行った「ナノテクノロジー・材料科学技術の研究開発方策について」において、課題解決に向けた重点研究開発課題である「物質材料設計及び制御技術」の一つに分子技術が取り上げられた。

本戦略目標は、これらの検討の結果を踏まえて作成したものである。

9. 留意点

「分子技術」の開発には、異分野の研究者が積極的に参入し、実質的に協働するための環境が必要である。また、本戦略目標の成果を「分子技術」の構築に向けて発展させていくため「分子技術」を前競争領域における共通基盤技術として捉え、つくばイノベーションアリーナ等、産学官協働のための「場」を積極的に活用することが重要である。