

## 募集要項別紙

## 第6章 募集対象となる重点公募テーマ・技術テーマ

タイプ	募集対象	研究開発期間	研究開発費	頁
探索加速型 (探索研究)	「次世代情報社会の実現」領域 <新規> (運営統括:前田 英作) Human centric デジタルツイン構築による新サービスの創出	最長2年半	3,500万円 上限	4
	「顕在化する社会課題の解決」領域 <新規> (運営統括:高橋 桂子) 持続可能な環境・自然資本を実現し活用する新たな循環社会システムの構築	最長2年半	3,500万円 上限	9
	「個人に最適化された社会の実現」領域 <新規> (運営統括:和賀 巖) 場面や状況により変化するひとの幸福な状態を再現性高く計測・評価する技術に基づく新サービスの創出	最長2年半	3,500万円 上限	14
	「持続可能な社会の実現」領域 (運営統括:國枝 秀世) 社会の持続的発展を実現する新品種導出技術の確立	最長1年半	1,200万円 上限	20
	「世界一の安全・安心社会の実現」領域 (運営統括:田中 健一) 心理状態の客観的把握とフィードバック手法の確立による生きがい・働きがいのある社会の実現	最長1年半	1,800万円 上限	26
	「地球規模課題である低炭素社会の実現」領域 (運営統括:橋本 和仁) 「ゲームチェンジングテクノロジー」による低炭素社会の実現	最長4年半	1.23億円 上限	32
	「共通基盤」領域 (運営統括:長我部 信行) 革新的な知や製品を創出する共通基盤システム・装置の実現	最長2年半	3,500万円 上限 (要素技術 2,300万円)	55
大規模 プロジェクト型	(運営統括:大石 善啓) 安全・安心かつスマートな社会の実現につながる革新的マイクロ波計測技術 <新規>	最長9年半	27億円 上限	73

※探索加速型の研究開発期間は探索研究のみ、研究開発費は探索期間の総額(直接経費)。

大規模プロジェクト型の研究開発費は総額(直接経費)。

## 6.1 探索加速型

探索加速型では、以下の通り、文部科学省から示された領域を踏まえて、JST が重点公募テーマを設定します。

### ①「次世代情報社会の実現」領域

近年、デジタル化やデータ連携・活用の急激な進化より、グローバルな環境において人、組織、物流等、あらゆる「もの」が瞬時に結び付き、相互に影響を及ぼし合う新たな状況が生まれてきている。本領域では現実世界における多種多様で信頼性の高いデータを収集し、様々な「もの」との連携による新たな価値の創造や、不確実・非連続な変化への即座な対応を可能にする次世代情報社会の実現を目指す。

### ②「顕在化する社会課題の解決」領域

我が国では、新型コロナウイルス感染症のような公衆衛生危機や想定を超える災害、少子高齢化問題、気候変動問題、地方と都市の問題、食糧問題、資源問題、インフラ老朽化問題、自然災害のリスク等数多くの問題を抱えている。また、我が国を取り巻く安全保障環境の変化等に適切に対応し、国土や社会機能のレジリエンスを高めていくことも求められている。本領域では、このように顕在化する社会問題の解決を目指した領域とする。

### ③「個人に最適化された社会の実現」領域

今後は人々の生活が本質的に変化していくことが予想される。具体的には、移動や商習慣、生活習慣等の行動様式が、物理的空間や時間といった制約から解放され、変容していく。また、これまで十分に活躍できていなかった人材が制約から解放され、社会の多様性が向上していく。本領域では物やサービスが多様なユーザーに最適化された社会の実現を目指す。

### ④「持続可能な社会の実現」領域

資源、食料の安定的な確保（資源の安定的な確保と循環的な利用、食料の安定的な確保）、超高齢化・人口減少社会等に対応する持続可能な社会の実現（世界最先端の医療技術の実現による健康長寿社会の形成、持続可能な都市及び地域のための社会基盤の実現、効率的・効果的なインフラの長寿命化への対策）、ものづくり・コトづくりの競争力向上、生物多様性への対応等を対象とする領域とする。また、海洋の持続可能な開発・利用等に資する海洋に関する技術等も対象とする。

**⑤「世界一の安全・安心社会の実現」領域**

自然災害への対応、食品安全、生活環境、労働衛生等の確保、サイバーセキュリティの確保、国家安全保障上の諸課題への対応等を対象とする領域とする。

**⑥「地球規模課題である低炭素社会の実現」領域**

2050年の温室効果ガスの大幅削減に向けて、基礎研究から実用化まで切れ目のない研究開発支援となるよう関係省庁との連携を進めながら、創エネルギー技術、蓄エネルギー技術、省エネルギー技術やそれらのエネルギー利用の安定化技術、カーボンリサイクル等の実現を目指した領域とする。

**⑦「共通基盤」領域**

広範で多様な研究開発活動を支える共通基盤技術や先端的な研究機器等を対象とする。

これにより、

- ・ 新たな学際領域を切り拓き、世界最先端の研究成果をもたらす基盤として我が国の基礎科学力を支え、持続的な科学技術イノベーションの創出に貢献すること
- ・ 従来の技術・機器を抜本的に置き換える創造的・独創的な技術・機器の開発により、我が国の計測分析機器産業の競争力向上に寄与すること

を目指す。

なお、実施に当たっては、

- ① ハイリスク・ハイインパクトで先端的な計測分析技術・機器等
- ② データ解析・処理技術等のアプリケーション開発やシステム化
- ③ 研究開発現場の生産性向上等に資する技術

に係る研究開発に特に重点化する。

## 6.1.1 「次世代情報社会の実現」領域

新規



運営統括

前田 英作

(東京電機大学 システムデザイン工学部 学部長・教授)

### I. 「次世代情報社会の実現」領域の目指すところ

我が国が目指す社会として Society 5.0<sup>1</sup>が掲げられており、第6期科学技術・イノベーション基本計画では、社会のあらゆる要素をデジタルツインとして構築することが実現の鍵とされています。そして、サイバーとリアルとの融合が急速に進みつつある中、“人間”をシステムデザインの中心に据えて考えること(Human-in-the-Loop)は Society 5.0 に必須の要件の一つです<sup>2</sup>。また、デジタルツインは製造業等で先行していますが、近年その対象が拡大してきており、都市のデジタルツインはもとより、人間や社会のデジタルツインの活用に対する期待が高まっています<sup>34</sup>。

他方、地政学的変化に起因する世界秩序の不安定化、深刻化する気候変動、生物多様性の喪失、自然災害の激甚化、予期せぬ感染症の世界的流行等、我々を取り巻く社会は不確実・非連続な変化に直面しています<sup>5</sup>。さらに、近年急進展した機械学習とゲノム編集という二つの先進技術は、私たちの生活様式、産業構造を変貌させるだけでなく、人類の行方を左右するかもしれません。このような大きな変革の過渡期にある今、社会で起こりうる不確実・非連続な変化に対して個人・社会が適切に対応するために、様々なデータを活用した将来予測とそれに基づく個人・社会の意思決定の支援等が期待されています。

これらの背景を踏まえ、本領域では、社会のあらゆる要素をデジタルツイン化し、人間・社会の新しい生活・行動様式の変革をもたらす情報技術の確立とそれによる新サービス創出を目指します。

<sup>1</sup> サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する人間中心の社会

<sup>2</sup> 「人間中心の AI 社会原則」内閣府統合イノベーション戦略推進会議(2019)

<sup>3</sup> 「革新的デジタルツイン～ものづくりの未来を担う複合現象モデリングとその先進設計・製造基盤技術確立～」JST CRDS-FY2017-SP-01(2017)

<sup>4</sup> 「DX レポート」IT システム「2025 年の崖」の克服と DX の本格的な展開」経済産業省デジタルトランスフォーメーションに向けた研究会(2018)

<sup>5</sup> 「令和2年版環境白書・循環型社会白書・生物多様性白書」環境省(2020)

## II. 重点公募テーマ

### Human centric デジタルツイン構築による新サービスの創出

#### (1) テーマの説明

本重点公募テーマでは、AI 技術を核とするデジタルツイン(AI デジタルツイン)を前提におき、社会の構成要素としての個人、組織を対象に、①顕在化しているニーズや課題に対する新たな価値の創出と、②AI デジタルツイン上での新概念・新サービスの提案と実現を目指します。

本重点公募テーマは、次の二つの視点に立っています。第一は、機械学習を柱とする現代 AI 技術が多く産業分野を席卷しつつあるのは事実ですが、その潜在的可能性の大きさからみれば、デジタル化や AI 技術の利用は端緒についたばかりであり、個別の分野・課題ごとに試行的に行われているに過ぎないという点です。現在私達が想定し、予見できている将来は、ありうる未来のほんの一部でしかなく、まだたくさんの思いもよらない新しい着想、アイデアが埋もれているに違いありません。第二は、現在地球は、人間の様々な活動の影響が地球上のすべての地域に及んでいる人新世(Anthropocene)の時代に入ったという点です。二酸化炭素排出量、人口爆発等、人間の活動に起因する過去 100 年の環境変動は爆発的な規模であり、既に帰還不能点(Point of No Return)を越えているかもしれません。この問題は 10 年後にはさらに顕在化するでしょう。こうした背景を念頭に置きつつ、本重点公募テーマでは、私達の足下にある社会ニーズを丹念に拾い上げ、適切な優先順位をつけた上で、具体的な問題解決と新しい未来社会像を提示する研究開発を推進します。

具体的には、デジタルツイン化の前提となるデータの収集、加工、変換、統合に関する技術とともに、現代 AI 技術に適したデータの変換技術、出力結果の知的統合等、個々の要素技術の先鋭化に加え、将来のサービス化までを見据えた最適な組み合わせが必要です。その上、産業分野・学術分野を横断した俯瞰的考察が必要となりますが、現状ではそのような取り組みが十分ではありません。

そこで、本重点公募テーマでは、リアル(計測、データ収集等)、サイバー(生成モデル、シミュレーション等)、リアルとサイバーをつなぐ技術(データ同化、セキュリティ等)、サイバーからリアルへのフィードバック(行動変容のための仕組み等)における個々の技術の先鋭化に加え、それらの組み合わせにより新サービス創出を目指します。

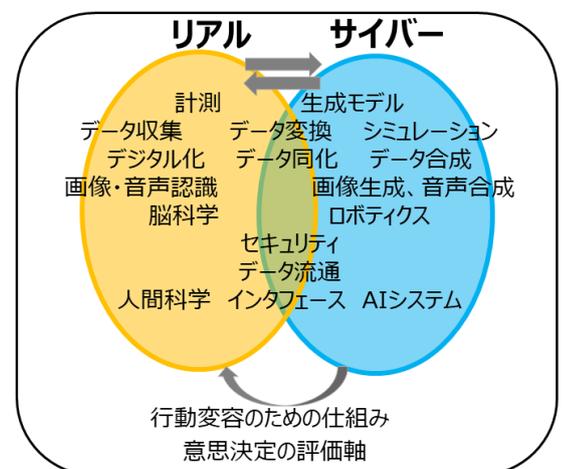


図 本重点公募テーマの対象とする技術例

本重点公募テーマでは上記のような視点に立った幅広い分野を研究開発の対象とします。以下に想定される事例を示しますが、これらに限定する必要はありません。本重点公募テーマの趣旨に合致する独創的なアイデアに基づく研究開発提案を歓迎します。

a. 防災×デジタルツイン

- ・ 物理計測情報と人間行動を組み込んだ大規模シミュレーション
- ・ 確率モデルを組み込んだ災害生成モデルの導入
- ・ 上記を活用した災害訓練の実施と人間行動データの収集・災害事象に対応する新サービス提案

b. 学習・教育×デジタルツイン

- ・ オンライン環境を想定した新たな学習・教育環境の提案と実装
- ・ 学習・教育に関する行動変容を誘起する評価指標の提案、実装、実証
- ・ 学習・教育に伴う非言語情報と言語情報の収集、解析、フィードバック

c. 食糧×デジタルツイン

- ・ 生産から消費に至る循環システムの可視化と制御
- ・ フードロス軽減につながる行動変容をもたらす仕組みの提案と実装
- ・ 元素循環・ゲノム情報・トレーサビリティ

d. ヘルスケア×デジタルツイン

- ・ 生活習慣や身体的・知的活動履歴からの健康状態の可視化・予測
- ・ デジタルツイン活用によるオンデマンドオンライン診療サービスの提案と実装

## (2) 募集・選考・研究開発推進に当たっての運営統括の方針

### ① 募集・選考の方針

情報技術は急速に進展しており、独創的なアイデアや発想が大きなイノベーションをもたらさう時代です。行政や為政者が考える「あるべき未来」はリスクをできるだけ押さえた必要条件であり、生活者や企業が考える「ありたい未来」は希望や期待を背にしたシナリオである中で、研究者、技術者の視点からもう一つの「ありうる未来」を考えることが重要です。「ありうる未来」は、技術的な可能性、将来性を見据えた上で描く未来であると言えます。「あるべき未来」「ありたい未来」に配慮はしつつ、約10年後を見据えた「ありうる未来」について、独創的なアイデア・発想に基づく、チャレンジングな研究開発提案を期待しています。

研究開発提案に当たっては、以下の点にご留意ください。

(研究開発提案のシナリオについて)

- ・ 重点公募テーマの趣旨を踏まえ、対象となるフィールド(出口となる産業分野等)、POC(実用化が可能かどうか見極められる段階)は提案者自身が設定し、社会実装のために必要となる要件(周辺技術等)と解決のための道筋を示してください。
- ・ 上記に当たっては、約10年後を見据えた「ありうる未来」を明示するとともに、その実現に対して提案者が持つ強みや国内外の研究開発動向を踏まえ、従来技術の延長ではない科学技術に基づく研究開発提案の優位性と独自性を示してください。
- ・ POC達成後、技術が社会実装された際に社会や生活がどう変わるのかを明示してください。
- ・ 社会実装までの道筋がまだ明確でないものでも、独創的なアイデア・発想が明確であれば、研究開発提案は可能です。その場合でも、提案時点では何が不足しており、探索研究期間中にそれらについてどのように取り組むのか、その構想を客観的・具体的に示してください。

(探索研究および本格研究における目標の提示)

- ・ 本格研究の構想、本格研究で達成を目指すPOCの内容およびその社会・経済的インパクトを明確に示してください。また、マイルストーンを定量的に明示してください。
- ・ 探索研究は、本格研究の実施およびPOC達成に向けたフィージビリティ確認を行うものであり、技術的ボトルネックの解決や仮説の検証、本格研究構想に向けて必要なチームビルディング等に集中的に取り組んでいただきます。そのことを前提に、探索研究期間中に達成すべき目標も、明確に示してください。

(チーム体制について)

- ・ 当初から研究開発構想を全てカバーするチーム編成にする必要はありません。ただし、本格研究の構想実現に当たって、探索研究期間中に追加が必要な要件がある場合、どのような研究者との連携が必要であるかや、連携のための活動予定等を明示してください。
- ・ 研究開発提案書の内容を踏まえ、課題間の連携やチームビルディングのためのワークショップの企画・参加等を依頼する場合があります。

## ② 研究開発の推進方針

研究開発運営会議委員等による研究開発計画の確認やサイトビジット、研究会等を通じて適切な助言・指導を行えるマネジメント体制を整え、運営統括・研究開発運営会議委員と研究開発実施者が一体となっ

て、テーマ目標の実現を目指した研究開発を推進します。探索研究は、POC 達成に向けたフィージビリティ確認を行うものであることから、技術的ボトルネックの解決や仮説の検証に重点を置いて研究開発を実施するとともに、本格研究に向けて、POC 達成に必要なかつ最適な企業・アカデミアによる研究開発チーム構成の検討や本格研究構想のブラッシュアップ等を実施してください。また、探索研究期間中であっても、インパクトの大きい研究成果が得られた場合等、積極的に成果発信を行っていきます。

### ③ 期間・研究開発費

令和3年度に開始する研究開発課題は、探索研究の期間を最長2年半(令和5年度末まで)、研究開発費を探索研究期間全体で最大3,500万円(直接経費)として計画してください。令和5年度末までの運営統括が指定する時期に本格研究への移行にかかるステージゲート評価を受けていただきます。

本格研究の期間は最長5年間、研究開発費は本格研究期間全体で総額5.7億円(直接経費)を上限に構想してください。

なお、採択後は研究開発内容に応じて柔軟な予算配分を行います。

## 6.1.2 「顕在化する社会課題の解決」領域

新規



運営統括

高橋 桂子

(早稲田大学総合研究機構グローバル科学知融合研究所

上級研究員／研究院教授)

### I. 「顕在化する社会課題の解決」領域の目指すところ

COVID-19 による世界的なパンデミックにより、私たちの意識や生活は一変し、これからの世界を形成する上で何が重要な核となり、何が課題となっていくのか、そしてそれをどのように乗り越えるのか、様々な試みと模索、そして解決が求められています。一方、近年の爆発的な情報科学技術の発展は、私たちに新たな恩恵をもたらすであろう未来を感じることができます。

顧みれば、これまでのグローバルな社会・経済発展は、地球環境の持続可能性を危うくする側面を持っていることが指摘され、技術や富の偏在化をもたらす等、科学技術の負の側面も浮き彫りになりました。世界科学会議が「21 世紀の科学の役割として知識の創出だけでなく、平和・開発・社会のための科学の役割がある」という「ブダペスト宣言」(平成 11 年)を発表して以降、世界中の国々において社会課題の解決に向けた研究開発を推進していますが、研究開発の成果だけでは必ずしも解決につながらないことが明らかになってきています。

このような状況下においても、従来から指摘されている社会課題は確固として存在しており、さらに気候変動、世界・社会情勢の変容や私たちの意識そのものの変化とともに、課題の在りようも変わりつつあります。COVID-19 の感染拡大による公衆衛生危機や自然災害の激甚化等に起因する社会課題は、近年深刻化すると共に、複数の課題が相互に関係してさらに複雑化しています。例えば、局所的な豪雨は洪水による直接的な人への被害だけでなく、少子高齢化問題に起因する担い手不足もあいまって、浸水による農作物や住居、地域産業への被害は偏在化し深刻化しています。また、再生エネルギー設備や道路・鉄道等のインフラの破壊・破損は電力・流通にも影響を及ぼし、河川や山林の被害の質的变化も指摘されており、それらの被害は大規模化し、復興に要する期間も長期化しています。加えて、都市と地方では豪雨等による被害とその影響の性質が異なることから、対策についても地域の特性を見極めて対処しなければなりません。私たちは、これからの将来を見据えて、従来の社会課題を新たな視点で捉え直し、新たな解決の道筋を見出す必要が

ある転換期の真っ只中にあるのだと思います。

このような転換期において、社会課題は1つの技術や解で一点突破できる訳ではなく、学問分野や組織の縦割りを超えて、複眼的な視点から将来をとらえ、解決の道筋を見出していくことが求められます。また、今後顕在化が予測される社会課題には、課題の複雑性に加えて、将来の社会・経済・環境の不確実性や、常時と非常時の効率と冗長性のバランス等も考慮して解決することを、より意識して取り組む必要があると考えられます。

そこで本領域では、複数の社会課題の関係性を踏まえた上で、求められる知見や技術開発を分析・融合・開発すると共に、包摂的に解決しうる社会システムを設計していくことを目指します。そのためには、科学技術だけでなく社会科学や数理科学等と連携して英知を集めること、そして新たな価値観を社会に組み込むために企業・行政・NPO等と連携しながら取り組むことが必要です。従来 of 学問分野を超えて社会を変えていく志を持った若手研究者や技術者からの挑戦的な取組を期待します。

## II. 重点公募テーマ

### 持続可能な環境・自然資本を実現し活用する新たな循環社会システムの構築

#### (1) テーマの説明

本重点公募テーマでは、持続可能な環境・自然資本の実現と活用に向けて、科学的知見・技術開発等に基づく解決策を見出し、解決策の実行による影響評価等をフィードバックする、新たな循環社会システムの構築を目指します。

社会課題の相互関係は、自然環境の変化のみならず、政治・経済・技術の発展等に伴い変化することから、一意的な解決ではなく、社会システムも常に進化していくことが重要です。そのためには、環境・水・生物資源、人やモノの流れ等の相互の関係性を定量的に計測・観測・分析し、不連続性や不確実性等の評価を踏まえた社会システムを設計・構築して、実現した社会システム自体がもたらす影響等をも想定しながら、定量的に評価しフィードバックするループを繰り返して、課題を解決する社会システムを構築していくことが重要です。例えば、従来の物理計算のみによる気候変動予測に留まらない、人的活動と生態系保全等のトレードオフとなる要素や極端現象・アウトブレイクも含めた多角的な分析システムの開発を通じて、影響評価技術やリスクマネジメント技術等に基づき、気候変動に適応しうる社会システムを構築し循環していくことが求められています。

また、気候変動、自然災害、食料生産、少子高齢化、公衆衛生、都市・地方やインフラ等の様々な課題は

相互につながっており、一つの課題を解決しても、その過程で新たな課題が引き起こされることがあります。そのため、社会システムの構築に向けては、複数の切り口を念頭においた取り組みが必要です。

本重点公募テーマでは、顕在化する社会課題を7つの切り口で整理した上で、それらを支える基盤としてデジタル、データ、数理科学、ELSIという要素があると考えています(図)。

令和3年度は、国際的にも喫緊の課題と指摘されている「気候変動」と「災害」を核に、都市・地方、公衆衛生との関係も踏まえた「激変する環境や甚大化する自然災害に備えた社会システムの構築」を切り口にした研究開発提案を重点的に募集します(図①)。

具体的には、社会課題の解決を一義的な目標として、低コストかつ低環境負荷な観測・計測技術、多成分一斉分析技術、極端現象の予測手法、予測の信頼性評価技術、リスクマネジメント技術などの開発、およびこれらを組み合わせることで変化する環境や災害に備えた社会システムの設計に関する研究開発を推進します。

令和4年度以降は「消費と生産」と「食料・水・環境」、「脱炭素・エネルギー」と「少子高齢化・人口動態」を核に切り口を変えながら(図②③)、様々な社会課題を複眼的にとらえ解決への道筋を示していく予定です。

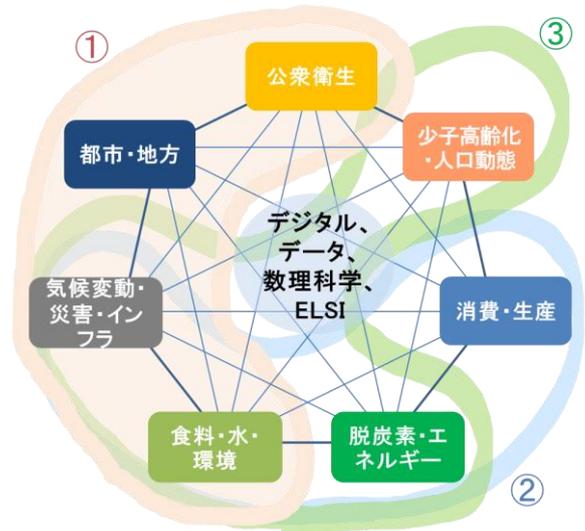


図 顕在化する社会課題の解決に向けた7つの切り口と4つの基盤に対して想定している3つの複眼的な視点

## (2) 募集・選考・研究開発推進に当たっての運営統括の方針

### ① 募集・選考の方針

社会課題の解決に向けて、これまでの科学技術から社会課題の解決へつなげる提案ではなく、社会課題の解決のために必要な科学技術を揃えてシステムを設計していく提案を求めます。特に、実現するとインパクトの大きい独創的な発想による研究開発提案を歓迎します。

令和3年度は、激変する環境や甚大化する自然災害に備えた社会システムを切り口にした研究開発提案を重点的に募集しますが、この切り口を凌駕する複眼的な課題解決に向けた研究開発提案も可能です。

研究開発提案に際して、以下の点を示してください。アイデアや仮説の段階であっても、探索研究の提案時点で不足していること、および探索研究期間中の取組が論理的に示されていれば提案は可能です。

- ・ 相互関係を意識しながら複数の切り口で顕在化する社会課題を分析した結果をどのように捉えている

か、解決すべき課題は何か、それをどのように解決するか、解決後の未来社会(ビジョン)

- ・ 上記の課題を解決するために必要な研究開発要素(科学的知見、データ、数理科学、技術等)、および社会システムの設計手法
  - ・ 構築した社会システムの受け手と、達成すべきPOC(実用化が可能かどうか見極められる段階)
  - ・ 新たな社会システムを構築するために考慮すべき倫理的・法的・社会的課題(ELSI)
  - ・ 提案する社会システムを実施する場合のトレードオフや相乗効果の分析手法
  - ・ 従来技術の延長ではなく、国内外の研究開発動向を踏まえた研究開発提案の優位性と独自性
  - ・ 新たな社会システムを構築するために必要な体制(提案時にPOC達成に必要な全てのチームが揃っていない場合、探索研究期間中の体制構築に向けた活動計画を示してください。)
- なお、社会課題の相互関係は、環境・社会・経済基盤によって異なることから、特定の区域に対する社会システムの構築を目指す提案であっても、横断的な展開の可能性を客観的かつ論理的に示してください。

## ② 研究開発の推進方針

研究開発運営会議委員等による研究開発計画の確認やサイトビジット、研究会等を通じて適切な助言・指導を行えるマネジメント体制を整え、運営統括・研究開発運営会議委員と研究開発実施者が一体となつて、テーマ目標の達成を目指した研究開発を推進します。

本領域は、現時点のシーズの延長線上にある技術開発研究にとどまらず、新たな循環社会システムの構築による社会課題の解決に挑戦します。「社会課題の解決」を主眼としているため、探索研究期間中に、社会システムの構築に向けて追加すべき研究開発要素や取組などの検討を進めてください。

また、探索研究期間中から、研究開発だけでなく、社会実装に向けて企業・行政・NPO・NGO等といった社会実装の担い手と連携し、本格研究の構想やPOCを具現化していくことが重要です。探索研究期間中に新たに必要となった協力者の発掘やマッチングについては、運営統括・研究開発運営会議委員等による支援を実施予定です。

探索研究から本格研究への移行のためのステージゲート評価においては、探索研究期間中に十分に検討し実現可能性を上げて改訂した研究開発計画を基に実現の見込みやインパクトの大きさ等を確認することを想定しています。

本重点公募テーマで対象としている社会課題は日本のみならず国際的にも重要であるため、研究開発課題の活動や成果を国内に限らず国際的にも発信し、ネットワーク構築を積極的に推進していきます。

### ③ 期間・研究開発費

令和3年度に開始する研究開発課題は、探索研究の期間を最長2年半(令和5年度末まで)、研究開発費を探索研究期間全体で最大3,500万円(直接経費)として計画してください。令和5年度末までの運営統括が指定する時期に本格研究への移行にかかるステージゲート評価を受けていただきます。

本格研究の期間は最長5年間、研究開発費は本格研究期間全体で総額5.7億円(直接経費)を上限に構想してください。

なお、採択後は研究開発内容に応じて柔軟な予算配分を行います。

### 6.1.3 「個人に最適化された社会の実現」領域

新規



運営統括

和賀 巖

(NEC ソリューションイノベータ株式会社 プロフェッショナルフェロー)

#### I. 「個人に最適化された社会の実現」領域の目指すところ

本領域は第6期科学技術・イノベーション基本計画に基づきモノやサービスが多様なユーザーに最適化された社会の実現を目指し設定されました。私たちが Society5.0 の人間中心の社会を目指すうえでは、科学技術の発展に加え、このように人というものを理解し、最適化する視点を補強する必要があります。

領域名を初めて目にすれば、冷たい感触も感じられるかもしれません。しかし、“個人”を利己的単位として定義したわけではなく、数学的な最適化問題として答えを求める事でもありません。むしろ、世界の変革期にあつて、様々な技術領域の境界で予想もできなかった勃興が生まれ、これまでの制約から人間らしさの「解放」をうたった新しい技術開発要件が読み取れます。

本領域の運営を始めるにあたり、国内の著名な研究者を中心に、およそ50名にもおよぶ有識者へのヒアリングを実施して準備を進めてきました。そこから、「個人」とは、“属性や場面、価値観等で多様に変容しうる複属的・分人的なもの”、「最適化」とは、“制約から解放され、個人として心身が満たされる等、いきいきとした幸福な状態(ウェルビーイング)であり、同時に他の人も満たされる状態”、という定義が浮かび上がってきました。

この定義に基づき、令和3年度は個人の状態の構成要因の変化計測を重点化し、その後は、個人のウェルビーイングを高める作用の解明と活用、集団の状態の構成要因の計測と相互関係性の解析、社会の中で個人を最適に導く、例えば利他等の行動展開等を、順次重点化して進めることを長期的なビジョンとして描いています(図1)。

課題を成功に導くためには、本領域の研究開発チームは、ジェンダーバランスを配慮した研究人材、若手、多国籍の才能ある人材など、多様性を重視したメンバー構成が望ま

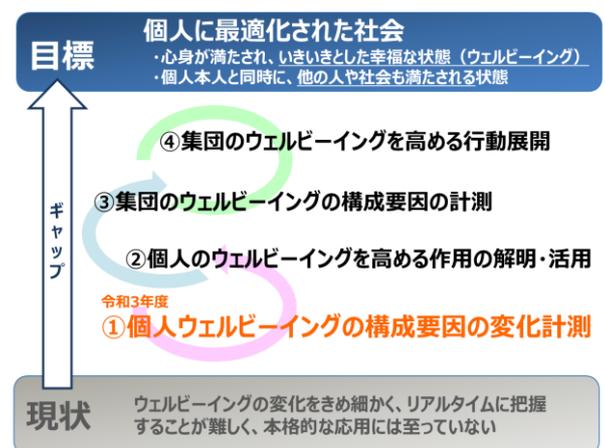


図1 本領域が目指す目標へのロードマップ

しいと考えています。工学系や医学系に加えて、心理学や人文社会系、進化生物、藝術やデザインの専門家等の幅広い才能が集う事を期待します。また令和3年度は、大学や国の研究機関のみならず、中小企業、大企業、NPO等の同志を増やす事も進めたいと考えています。ここで令和4年度以降に向けた人的基盤を築き、理念に共感でき・共創できる仲間を取り込むコミュニティ・エコシステムの形成を促す必要性があると判断しています。

同様の趣旨で、研究開発の内容においても、例えば、実験の被験者のジェンダーや年齢、地域等の多様性について考慮することが必要と考えています。多様な個人を対象とする中で、生物的、社会・経済的、或いは心理的な差も念頭において、研究手法・研究計画を設計することが重要であると考えています。

社会に偏在するデジタルテクノロジーが大きな力を持つ時代にあって、それらを効率化や自動化ではなく、人のために活用することにチャレンジします。目指す研究開発課題は、自分のためではなく誰かのための研究開発としてください。バックキャストで望ましい未来と社会を手に入れるために、アカデミアや産業界での活躍が期待される方からの研究開発提案を歓迎します。

## II. 重点公募テーマ

### 場面や状況により変化するひとの幸福な状態を再現性高く計測・評価する技術に基づく新サービスの創出

#### (1) テーマの説明

これまでの社会の発展は、国内総生産(GDP)の成長率に代表されるような、人口経済の「拡大・成長」の軸に対して最適化されてきました。組織のみならず、個人に対しても生産性や効率性の向上が重視されてきました。しかしそのような拡大・成長を重視した社会では、国民一人ひとりのへの配慮は優先されず、その結果社会で「分断化」や「格差」と「こころの問題」等が深刻化しています。このような問題を抱える従来型の社会から脱却し、本領域が目指す未来社会を実現するためには、これまでの拡大・成長を軸とする社会から個人に最適化された社会へと、価値意識・原理等を大きく転換する必要があります。

個人に最適化された社会を目指す先行事例では、令和3年の世界経済フォーラム年次総会(ダボス会議)の主要テーマである「グレート・リセット」にて、GDPに代わる指標の一つとして検討されたウェルビーイング指標があります。OECD(経済協力開発機構)でも、指標作成を通じてウェルビーイングの全体像を描き出そうとする試みが行われ、平成23年に開始した「より良い暮らしイニシアチブ(Better Life Initiative)」の中でウェルビーイングを測る指標(Better Life Index)を開発しています。WHO(世界保健機関)においてはウェルビーイ

ングを「身体的、精神的、社会的に良好な状態にあること」と定義しています。

国内では、内閣府の「幸福度に関する研究会」(平成 22 年度設置)においてウェルビーイングを可視化する各種指標の検討が行われている他、令和 3 年 3 月に創設された日本版 Well-being Initiative ではウェルビーイングを測る新しい尺度の開発を進める等の取り組みが行われています。

第 6 期科学技術・イノベーション基本計画においても「国民一人ひとり、世界の市民に多様な幸せ(well-being)をもたらす」ことや、「一人ひとりが多様な幸せ(well-being)が実現できる社会」が、我が国が目指すべき社会(Society 5.0)の具体像として示されています。

このように、国内外で現在利用されている個人の状態の先行計測方法の多くは主観的幸福(subjective well-being)により体系化され、アンケート調査に基づく評価方法が取られています。これらは、政策決定等に有用かつ信頼できる方法であることが実証されています。ただし、アンケート調査の場合、外的要因や内的要因によるウェルビーイングの変化をきめ細かく把握することは難しく、リアルタイム性に課題があり、簡易計測を基にした定量方法が不在で、あいまいさが伴うというボトルネックが存在しています。したがって、本格的な産業応用へは至っていないのが現状です。

一方で、近年の工学や情報科学、生物学等における技術の進展に伴い、センシングデータから個人の状態やその周辺環境等を時間分解能高かつ高感度に計測する技術が開発されています。例えば、表情や心拍等のマルチモーダルな生体情報の計測から、個人の緊張をリアルタイムに検出すること等が可能となっています。このような最新のセンシング技術やバイオマーカーを用い、個人の状態を計測することが可能となりました。各種センシングデータを組み合わせることで、個人の最適化を量的に把握する方法の開発に期待がよせられています。

そこで、本重点公募テーマでは、人文科学や社会科学の知見や研究方法、センシングや機械学習、人工知能(AI)等の解析技術等を重層し、個人を構成する多様なウェルビーイングの要因を計測し、動的に変化する状態を可視化する技術を開発します。将来的にはこれらの技術を実社会に適用し、個人の動的なウェルビーイングの評価・可視化の実現に取り組みます。

## (2) 募集・選考・研究開発推進に当たっての運営統括の方針

### ① 募集・選考の方針

研究開発提案に当たっては、家庭、学校、介護、ビジネス等の社会における具体的なシーンを設定し、各シーンにおけるあらゆる多様な人々を想定した上で、個人の状態に関係する主要な計測対象をウェルビー

ングの要因として選定してください。例えば、感情、動機付け、自己肯定感、主体性、自立性、本来感、感謝、共感、つながり、利他性等多彩な要因が想定されます。対象とする要因がどのようにウェルビーイングの計測・可視化と関係しているかを記載してください。

選定したウェルビーイングの要因(単一あるいは複数)について、アンケート調査や統計データ分析等との相関も検証しながら、人の行動情報(動作、パターン等)や生体情報(視線、

表情、生化学、脳活動等)の計測によりリアルタイムにデータ化する技術を開発します。社会実装を見据えて、最終的に簡便な方法へと置き換えが可能であれば、計測方法は問いません。

さらに、計測した要因を統合的に解析し、機械学習や人工知能(AI)等を活用した解析を行うことで、動的に変化する個人の状態を正確に、再現性高く評価する技術を開発してください。要因を計測・解析する方法、また、要因の統合的解析から動的評価方法については具体的に記載し、人文科学、社会科学、自然科学の各分析手法を取り入れた分野融合の研究開発提案を積極的に求めます。また、要因の計測・解析の結果については、エビデンスに基づいてその妥当性が示されている必要があります。

なお、研究開発期間内の社会実装は求めません。しかし、評価・可視化されたウェルビーイングの状態に基づいて、その最適化を図る新たな非営利的サポートやサービス等の創出に向けて、具体的な道筋を描く研究開発提案を積極的に求めます。

研究開発提案に当たっては、以下の点にご留意ください。

(多様性について)

本領域では、ジェンダー、年齢、地域等の多様性の観点を重視します。研究開発提案書にどの観点で多様性を持たせたかを必ず記載してください。特に、研究開発の内容においてはジェンダー、年齢、地域等のバランスを考慮することが必要です。研究手法・研究計画において、多様な個人を対象とする中で、生物的、社会・経済的、或いは心理的な差等をどのように考慮したかを必ず記載して下さい。

(異分野連携について)

人文科学、社会科学、自然科学の異分野連携の研究開発提案を重視しますが、提案時はいずれかの分野のみでも構いません。いずれかの分野のみの場合は、研究開発提案の強化の視点から、異分野に対して期待する内容を具体的に記載してください。

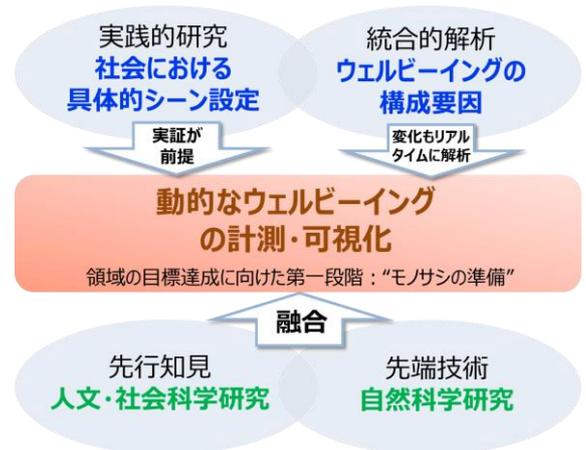


図2 本重点公募テーマの概要

(倫理的課題等への対応について)

本重点公募テーマでは、個人の生活状況のみならず、人の生体情報を計測・活用等も含めて研究開発対象とする上で、プライバシーへの配慮や個人の意思の尊重(選択の自由、同意や撤回の自由意志等)、身体的・心理的影響や倫理的課題、取得したデータの管理や利活用における制度的課題等が想定されます。テーマ目標の達成と社会実装を実現するため、これらの倫理的課題等をどう解決するかも研究対象とすることが可能です。その場合は、具体的な研究内容や研究体制とともに、当該研究に係る研究開発費(内訳も含む)を研究開発提案書に記載してください。研究開発費の詳細は「③期間・研究開発費」をご参照ください。

## ② 研究開発の推進方針

研究開発運営会議委員等による研究開発計画の確認やサイトビジット、研究会等を通じて適切な助言・指導を行えるマネジメント体制を整え、運営統括・研究開発運営会議委員と研究開発実施者が一体となって、テーマ目標の達成を目指した研究開発を推進します。研究マネジメント体制としては研究推進(伴走)と研究評価の体制を分離します。研究推進(伴走)では、採択された研究開発課題の各研究者と共に、同じ立場から研究の進展を全面的に支援します。研究者が研究開発に集中して取り組める環境を整えながら、特に異分野連携や社会実装促進等において、研究者が必要とする支援を適時提供できる支援の仕組みを構築していきます。また、研究評価では、本事業で定める評価基準を踏まえ、社会インパクトや科学技術等の観点から評価を実施します。さらに、倫理的課題等については、研究マネジメントの中でも JST 他事業との連携等の取り組みを推進し、必要なサポートを行うことを想定しています。

また、採択後には、テーマ目標の達成に向けて研究開発課題間の協働や体制拡充等の強化を図っていくことを想定しています。本領域が目指す目標の達成に向けて、各研究開発課題の強化ポイント等について、運営統括、研究開発運営会議委員、研究開発課題の研究者等が密な情報共有と建設的な意見交換を重ね、また、公開イベント等を通じて外部の意見を積極的に取り込む活動を推進します。

## ③ 期間・研究開発費

令和3年度に開始する研究開発課題は、探索研究の期間を最長2年半(令和5年度末まで)、研究開発費を探索研究期間全体で最大3,500万円(直接経費)として計画してください。研究開発課題において、倫理課題等の解決に向けた研究も対象とする場合は、採択後に別途評価を行い、研究開発費を増額する可能性があります。令和5年度末までの運営統括が指定する時期に本格研究への移行にかかるステージ

一ト評価を受けていただきます。

本格研究の期間は最長 5 年間、研究開発費は本格研究期間全体で総額 5.7 億円(直接経費)を上限に  
構想してください。

なお、採択後は研究開発内容に応じて柔軟な予算配分を行います。

## 6.1.4 「持続可能な社会の実現」領域



運営統括

國枝 秀世

(公益財団法人科学技術交流財団あいちシンクロトン光センター 所長)

### I. 「持続可能な社会の実現」領域の目指すところ

「持続可能な社会の実現」は、我が国のみならず人類全体の究極的な目標です。世界の開発の方向が経済発展だけでなく持続可能(sustainable)な社会を目指すことに舵を切っており、そのことは国連の掲げるSDGs(Sustainable Development Goals:持続可能な開発目標)にも表される等、生活の質を高めつつ、社会が持続的に維持・発展する方法が問われています。

我が国の置かれた状況に着目すると、気候変動やグローバリゼーション等、地球規模の環境変化の中で、20年以上に亘って経済が停滞し、特に日本が得意としていた製造業をはじめとする多くの産業の国際競争力にかけりが見られます。また、世界各国より速いペースで進む少子高齢化により人口減少が始まり、労働生産人口の減少や社会的な支援を要する高齢者の増加等、国民生活の持続可能性が危ぶまれていることも事実です。本領域は、科学技術を最大限に活用してこれらの「環境」「経済」「社会」の変容に対してしなやかに適応し、より質の高い成熟した社会の実現を目指します。

本領域の重点公募テーマは、テーマアイデア募集に応募いただいたアイデアや様々な分野の有識者との議論等を踏まえ、持続可能な社会の実現に向けた自然環境(生態系サービス)と人間の Well-being の向上／未来世代の利益の最大化を目標として検討しています。

平成29年度は、「新たな資源循環サイクルを可能とするものづくりプロセスの革新」と「労働人口減少を克服する“社会活動寿命”の延伸と人の生産性を高める『知』の拡張の実現」を、平成30年度は「将来の環境変化に対応する革新的な食料生産技術の創出」、令和元年度は「モノの寿命の解明と延伸による使い続けられるものづくり」を重点公募テーマとして設定しました。

令和3年度は、令和2年度に新規に設定した重点公募テーマ「社会の持続的発展を実現する新品種導出技術の確立」の2回目の公募を行います。

持続可能な社会の実現に向けては、未来志向の研究者・実践者の層を拡げることが重要であり、多様な

研究分野・ステークホルダーが一体となって未来に向かってチャレンジすることが必要だと考えます。そのため、本領域では、若手の登用や学際的研究開発体制の構築等に積極的に取り組みます。

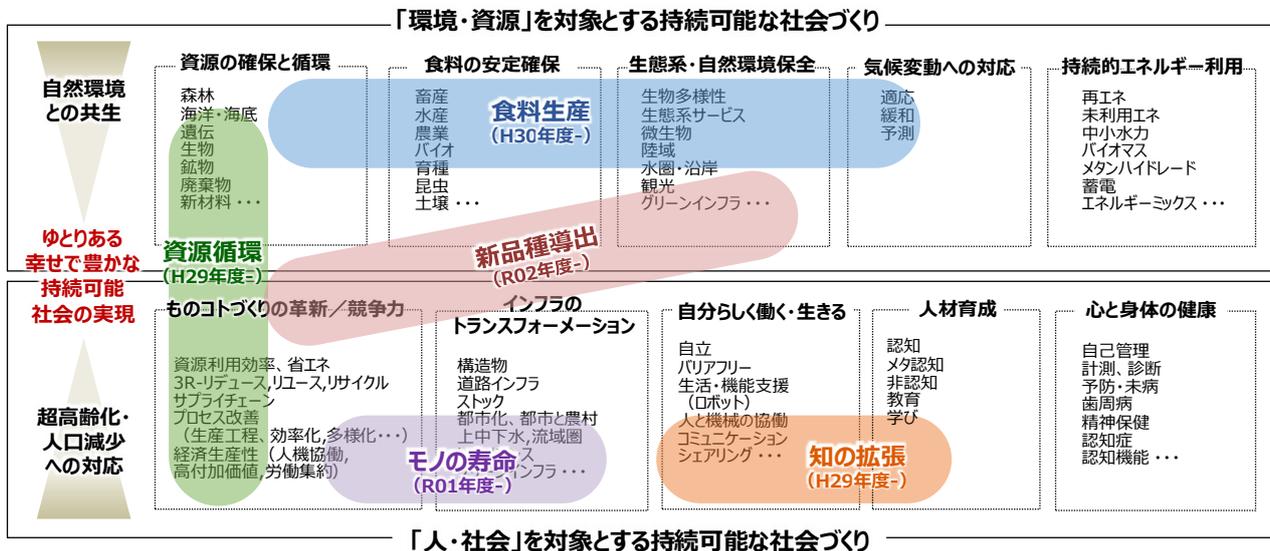


図1 テーマアイデア提案等をもとにした「持続可能社会」領域に求められる価値・対象分野の俯瞰と、推進中の重点公募テーマ

## II. 重点公募テーマ

### 社会の持続的発展を実現する新品種導出技術の確立

#### (1) テーマの説明

本重点公募テーマでは、より豊かな暮らしを送りつつ地球にも優しい社会の実現を目指し、高効率・低負荷で工業材料や食料の供給を実現する新品種の導出技術の確立を目指します。

世界人口の増加や新興国・発展途上国の経済成長、より豊かな暮らしの追求等に伴い、工業材料や食料の需要がより高まることが想定されています。一方、それらの確保においては、廃水を含む廃棄物の発生や枯渇資源への高い依存等により持続性が危ぶまれていることから、増加する需要に対応するために環境負荷を大幅に低減する仕組みや技術の導入が必要となっています。

これらの解決策の一つとして、長い年月をかけて進化・最適化されてきた生物の機能を最大限利用して、工業材料や食料の効率的かつ低負荷な生産を実現することが期待されています。実際、交配から遺伝子操作までの幅広い技術により、これまでに数多くの品種が導出されてきました。特に近年は、ゲノム編集等の技術の登場により開発スピードが上がり、様々な生物種において新品種の導出が試みられています。ま

た、日本におけるゲノム編集生物の取り扱いについては、外来の遺伝子が残存しておらず、自然界での突然変異と区別がつかない遺伝子改変は、カルタヘナ法に規定された従来の「遺伝子組換え」とは区別され、表示や安全性審査の規制の対象外となっている等、取り扱いの環境整備も整いつつあります。しかしながら、多くの生物種においては、未だに目的の材料や食料の高効率生産に直結する遺伝子配列が特定されているわけではありません。特定できたとしても、ゲノム編集を行う場合、植物においては現在の組織培養を経る方法では、同じ作物種でも品種が異なると適用出来ないケースや、遺伝子配列によっては自由な編集が困難なケースがあります。これらの理由により、新品種導出に至らない、あるいは導出に時間を要する場合も多くあります。

本重点公募テーマでは、主に植物・微生物・昆虫における新品種の導出に関わる様々な技術を確立することにより、機能性の高い工業材料や食料を高効率・低負荷で供給する新品種を世界に先駆けて導出することで、豊かな生活を送りつつ地球にも優しい社会の実現を目指します。

## (2) 募集・選考・研究開発推進に当たっての運営統括の方針

### ① 募集・選考の方針

令和3年度は植物を対象と想定し、本格研究への移行を見据え、令和2年度に採択した課題との連携・協働によって相乗効果を期待できる研究開発提案を募集します。対象は、品種改良の6つのステップ(図2)の内、遺伝変異の拡大、遺伝変異の選抜、遺伝変異の固定とします。



図2 品種改良の6つのステップと令和3年度の募集対象

研究開発提案においては、新品種導出に係るボトルネックを解決する革新的な科学技術の中核に据えるとともに、その科学技術の有効性証明のため、社会・産業的なニーズやインパクトが大き高いものの、これまでに実現したことがないような新品種に関しての試験的な導出を本格研究の目標に置くことが必要です。また、探索研究においては、POC 達成のキーポイントとなる、最大の技術的ボトルネックの解決やその実現可能性の確認に重点を置いて研究開発を実施するとともに、本格研究に向けて、既に採択された研究開発課題と連携・協働し、POC 達成に必要なかつ最適な企業・アカデミアによる研究開発チーム構成の検討や本格研究構想のブラッシュアップ等を実施することとします。

以下に、研究開発提案において中核に据える革新的な研究開発の例を示します。ただし、これに限定するものではなく、実現するとインパクトの大き高い、幅広い発想による研究開発提案を歓迎します。

- 新たな手法により、有益な突然変異を高効率で標的部位に創出する技術
- 異分野の技術も活用し、遺伝変異選抜の効率を劇的に向上させる技術
- 変異の固定化を飛躍的に高効率化する革新的な技術

研究開発提案書には、以下を必ず記述してください。いずれも可能な限り具体的・定量的に示されることを強く期待します。

- 提案内容の社会実装の具体的なイメージと、現実的に想定する社会・産業的インパクトの大きさ
  - 汎用的な技術の創出を目指す場合、想定している適用種や得られる工業材料・食料の中でも社会・産業のニーズが高く、インパクトの大きいものを例示してください。
- 前項「社会実装のイメージ」を実現する際に障壁となる、現状では解決が難しいボトルネック
  - 技術的ボトルネックは1つに限定する必要はありません。複数存在する場合は、解決の困難さや優先順位をつけて記述してください。
  - 上記の技術的ボトルネックに加え、研究開発成果(例:ゲノムを扱う技術あるいは当該技術によって生産される工業材料・食料等)の社会実装に向けて倫理的・法制度的・社会的な課題(ELSI)が想定される場合は、これらの側面も考慮して記述してください。
- 本格研究終了時に達成を目指す POC(社会・産業界が実用化の可能性を見極められる段階)
  - 前項「ボトルネック」を解決する革新的な科学技術を明示することが必要です。
  - ボトルネックの解決に加え、工業材料・食料生産を目的とする新品種の試験的な導出を目標に置いてください。

- 本格研究に向けた探索研究の目標・実施内容
  - 探索研究は、POC 達成に向けたフイージビリティ確認を行うものであり、最大の技術的ボトルネックの解決やその実現可能性の確認に集中的に取り組む実施内容であることが求められます。
  - ELSI への配慮が必要な研究については、提案時の考察も踏まえ、社会実装に向けた課題を整理するとともにそれらを解決するまでの道筋を明らかにしていく必要があります。

(対象外とする研究開発提案)

- 令和2年度採択課題との連携が想定されていない研究開発提案
- 植物以外の生物を対象とする研究開発提案
- 既存技術の単なる対象拡大(例えば既存のゲノム編集技術を用いて、適用可能なことが既知な品種への適用)を主な手段とする研究開発提案
- 大規模なデータベース構築等、革新的な科学技術の確立以外に多くのリソースを費やす研究開発提案
- 新品種導出技術(例えば新しいゲノム編集技術)の確立のみをPOCとして設定する研究開発提案

(特に期待する研究開発提案)

チャレンジングな研究開発提案や、既存の研究分野を超えた新規参入を歓迎します。アイデア段階、仮説段階の研究開発構想であっても、提案時点で何が不足しており、探索研究期間中にそれらの課題にどのように取り組むのか、その構想が客観的・具体的に示されていれば、研究開発提案は可能です。

## ② 研究開発の推進方針

研究開発運営会議委員等による研究開発計画の確認やサイトビジット、研究会等を通じて適切な助言・指導を行えるマネジメント体制を整え、運営統括・研究開発運営会議委員と研究開発実施者が一体となって、テーマ目標の実現を目指した研究開発を推進します。

本重点公募テーマは、工業材料や食料の供給における飛躍的な持続可能化・安定化を目的とするものであり、革新的な科学技術の創出を前提とすることから、従来の学術分野を超える積極的な異分野融合が効果的だと考えられます。また、将来的には社会の強い実需につなげる必要があることから、企業・社会とアカデミアとの連携も強く期待されます。そのような状況を踏まえ、国内の関連する事業等と連携を図りつつ、成果の最大化に向けた研究開発を推進します。

また、ボトルネックの解消等による社会・経済への大きなインパクトが見込まれた段階で、社会や産業へ

の適用・応用が急速に進むことが想定されることから、探索研究期間の途中であっても積極的に本格研究への移行を検討することとします。社会・経済的インパクトの最大化において必要だと運営統括が判断した場合は、採択時点、研究開発遂行中に問わず、複数の研究開発課題の融合・統合や研究開発計画の改善等(チーム編成や予算の見直し、中止を含む)を行うことも想定しています。

### ③ 期間・研究開発費

令和3年度に開始する研究開発課題は、探索研究の期間を最長1年半(令和4年度末まで)、研究開発費を探索研究期間全体で最大1,200万円(直接経費)として計画してください。令和4年度末までの運営統括が指定する時期に本格研究への移行にかかるステージゲート評価を受けていただきます。

本格研究の期間は最長5年間、研究開発費は本格研究期間全体で総額5.7億円(直接経費)を上限に構想してください。

なお、採択後は研究開発内容に応じて柔軟な予算配分を行います。

## 6.1.5 「世界一の安全・安心社会の実現」領域



運営統括

田中 健一

(三菱電機株式会社 技術統轄)

### I. 「世界一の安全・安心社会の実現」領域の目指すところ

私たちが生きる社会は常に変化しています。この社会の変化に先んじて、私たちは実現すべき「安全・安心」を常に模索し、準備を重ねていく必要があります。

本領域では「安全・安心」を提供する様々な形のサービス、あるいはサービスのために必要な技術の研究開発を実施し、POC を達成することを求めますが、とりわけ重要と考えているのは本成果を活用して行われる活動の継続性です。継続的なサービスを提供するためには、ビジネスモデルをきちんと設計し経済の好循環を実現することが必要です。そのために、「安全・安心」というキーワードから連想される、現在明らかになっているネガティブな要因を低減・排除するというイメージにとらわれず、ポジティブな要因を加えて、快適さ・喜びを追求するサービスに関する研究開発提案も積極的に求めたいと思います。

令和2年度に設定した重点公募テーマ「心理状態の客観的把握とフィードバック手法の確立による生きがい・働きがいのある社会の実現」では、心理状態を客観的に推定する技術を開発し、推定された心理状態に応じた適切なフィードバックの手法を開発することにより、ひとりひとりが生きがいや働きがいを感じながら活躍できる社会の実現を目指しています。令和3年度は、令和2年度に採択された研究開発課題との融合により本格研究への移行を目指す研究開発提案を重点的に募集します。

令和3年度に募集するテーマの詳細は重点公募テーマの説明をご参照ください。また、これまでの重点公募テーマとの関連性については、下記の概略図を参考にしてください。

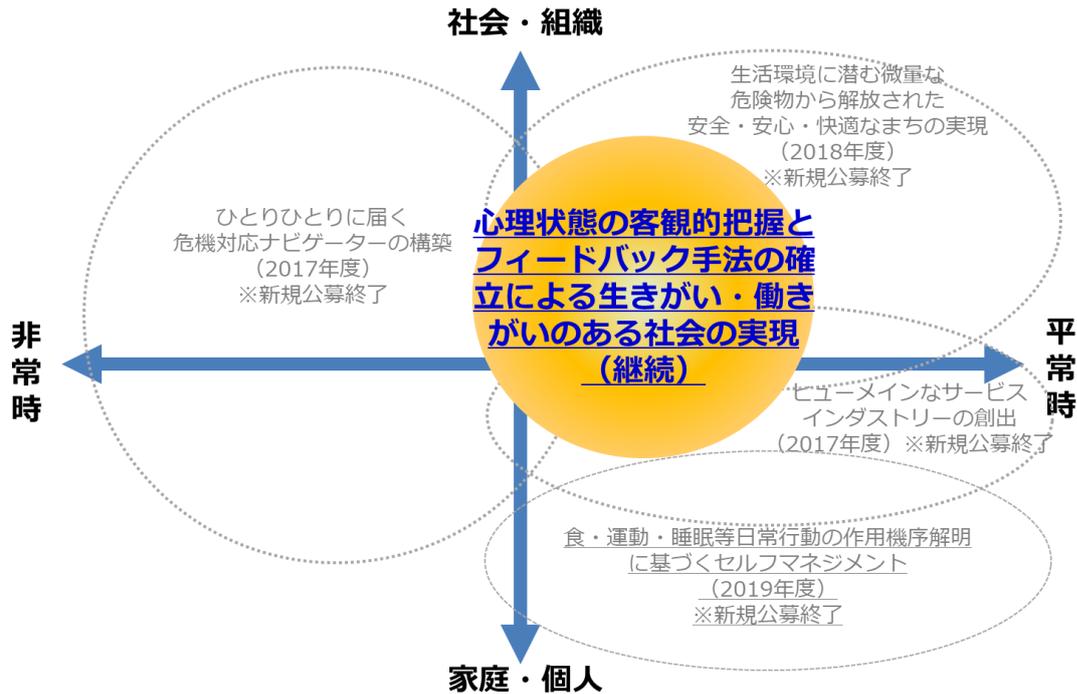


図1 「安全・安心」領域における重点公募テーマの位置づけ(概略図)

## II. 重点公募テーマ

### 心理状態の客観的把握とフィードバック手法の確立による生きがい・働きがいのある社会の実現

#### (1) テーマの説明

少子高齢化が一層進む中、我が国が将来に渡り社会・経済の成長を維持していくには、ひとりひとりが能力を十分に発揮し、生きがいや働きがいを感じながら活躍できる社会の実現が不可欠です。そのためには、日常生活の中で個人やグループの心理状態をきめ細かく把握し、不安や憂うつ等の心理状態が続くことによるメンタル不調の兆候を早期に検出してその改善を促すことや、喜び等の心理状態を促すことにより学習や仕事に取り組む人の意欲や集中力を高めることが重要です。このように、日常生活における様々な心理状態を把握して適切なフィードバックを行うことが、ひとりひとりが能力を発揮しながら活躍できる社会の実現につながります。

私たちの心理状態は、学校や職場等の日常生活の中で、内的要因(想像、思い出等)や外的要因(環境刺激等)をきっかけとして、多種多様に変化します。人の心理状態は、言語による表現(言語情報)や、動作や表情(動的情報)だけでなく、自律神経系に作用して心拍、血圧、体温等の生体的な反応としても表出します。また、商品購入等の行動にも心理状態が深く影響していると言われており、人の社会行動とも密接に

関わるようになってきています。

これまで、人の心理状態の調査は実験環境下の行動観察や質問紙等の方法を中心に行われてきました。しかし、これらの方法は観察者や回答者の主観的な要素が含まれることに留意が必要であり、また、心理状態の継続的な変化を追う調査が難しいこと等から、日常生活における人の心理状態を把握することは困難でした。最近では、表情の画像データから喜びや悲しみを検出する技術や、心拍数と心理モデルから喜怒哀楽を可視化する技術等が開発されており、表情や心拍数といった単一の計測データに基づいて一時的な心理状態を客観的に判定する技術は実現しつつあります。さらに、日常生活における長期的な心理状態の変化を把握することができれば、メンタル不調の兆候や意欲が高まった状態等の検出が可能になると考えられていますが、依然として、それらはできていません。また、脳活動の計測によってそれらを検出しようとする研究も進展していますが、脳活動の計測には fMRI 等の大型装置が必要なことから、脳活動の計測によって日常生活を変えることなくそれらの兆候・状態等を把握することはできません。

日常生活の中で心理状態やその変化を正確に把握するためには、学校や職場等で継続的に測定できるデータを基に、客観的に心理状態を推定する新たな技術を開発する必要があります。

さらに、ひとりひとりが能力を発揮しながら活躍できる社会を目指すには、その心理状態を日常生活の中で改善する手法を確立することも重要です。例えば、絵や文字を手で描いたときの触覚と聴覚の相互作用による人の意欲の向上等、様々な刺激等と人の感覚、知覚、心理状態の関係を明らかにし、その仕組みを用いたフィードバック手法を開発することによって、ひとりひとりが能力を発揮できる心理状態を促すことが求められています。

以上を踏まえ、本重点公募テーマでは、日常生活の中で継続的に測定できるデータから心理状態を客観的に推定する新たな技術を開発するとともに、心理状態に応じた適切なフィードバック手法を開発することで、ひとりひとりが能力を発揮できる心理状態を促し、生きがいや働きがいのある社会の実現を目指します。

## (2) 募集・選考・研究開発推進に当たっての運営統括の方針

### ① 募集・選考の方針

本重点公募テーマでは、学校や職場等の日常生活への実装を想定し、継続的に計測する複数のデータから人の心理状態を客観的に推定する技術と、科学的エビデンスに基づく心理状態に応じた適切なフィードバック手法を開発し、ひとりひとりが能力を発揮できる心理状態を促し、生きがいや働きがいのある社会の実現を目指す研究開発を実施します。

令和3年度は、本重点公募テーマで令和2年度に採択された研究開発課題(以下、既存課題)との融合により本格研究への移行を目指す研究開発提案を重点的に募集します。具体的には、既存課題の心理状態の推定技術(表1)を参考にしつつ、新たな応用先を設定し、心理状態の適切な改善や促進に有効なフィードバック手法を開発する提案を求めます。

表1 既存課題(令和2年度採択)の心理状態の推定技術

課題名	心理状態の推定技術	
	計測データ	推定する心理状態
①うつ兆候のモバイルヘルスによるプレゼンティーズム軽減	質問紙、生活行動指標(行動量、リズム、内容、会話量、日光照射量等)、神経生理指標(心拍、音声)、神経認知指標、脳活動(fMRI)	閾値下うつ(≒プレゼンティーズム)
②表情からの感情センシングによるウェルビーイング向上	質問紙、表情(筋電図)、皮膚電気、唾液(コルチゾール)、脳活動(fMRI)	感情の種類(喜怒哀楽)、質、強さ
③内受容感覚の解釈と制御によるメンタル調整技術	質問紙、心拍、表情(視線、瞳孔径)、呼吸、音声、行動(姿勢、歩容、睡眠)、脳活動(fMRI)	内受容感覚の状態(メンタルコンディション)
④QOL 計測とハートフルネス実践による食体験共創システム	質問(セルフモニタリング)、表情、発話、活動(量)、心拍、バイオマーカ、発汗・皮膚電気伝導、筋電図	人のQOL(生理的・心理的)状態、社会的交流活動の状態
⑤疲労負債ダイナミクスの理解に基づく健康増進介入法の最適化	質問紙、表情、心拍、行動(量、睡眠)、認知機能、血液	疲労感の深度・勾配の動態、蓄積度合い

参考: 既存課題の概要(重点公募テーマウェブサイト)

<https://www.jst.go.jp/mirai/jp/program/safe-secure/theme05.html>

図2は本重点公募テーマの応用先に関するポートフォリオです。研究開発提案に当たっては、既存課題の応用先と重複がないようにしてください。今回の募集対象となる応用先として、子どもの学習・教育、思春期や周産期のメンタルケア、社会人の人間関係(テレワーク等を含む)を例示していますが、フィードバック手法の開発と適用が考えられる応用先があれば、これらに限らず提案可能です。

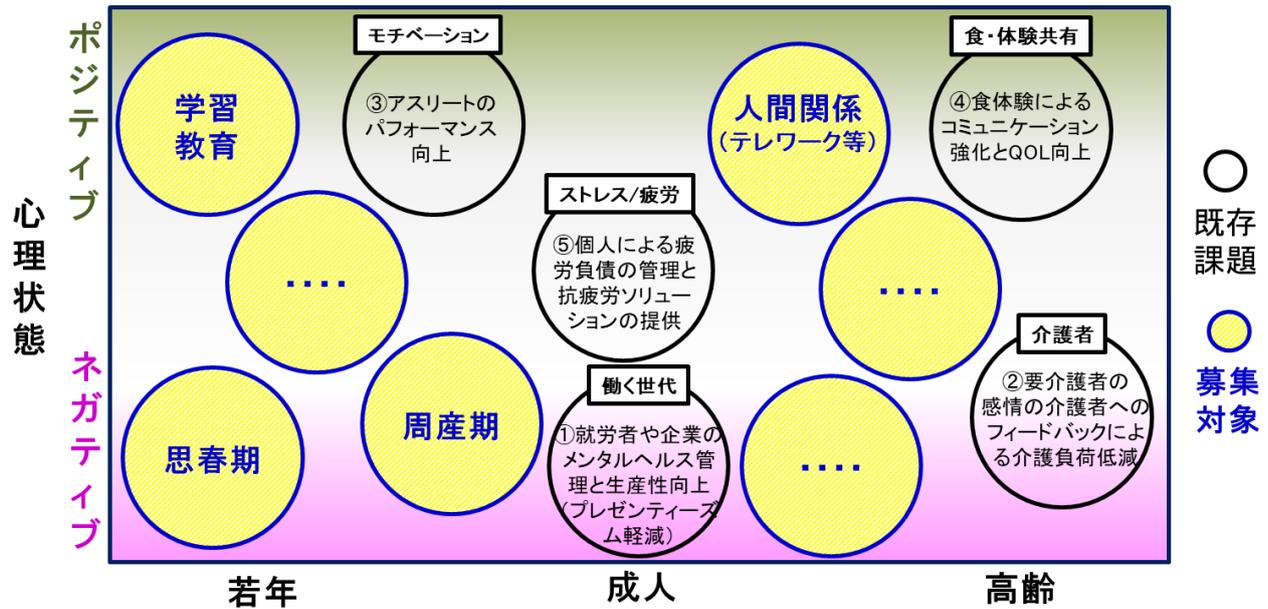


図2 本重点公募テーマの応用先に関するポートフォリオ

研究開発提案を構成する心理状態を客観的に推定する技術と、心理状態に応じた適切なフィードバック手法の開発が、既存課題と類似する場合には、採択にあたって研究内容を調整することがあります。

また、令和2年度に引き続き、提案以外の分野への波及の実現性やそのインパクトが高い研究開発提案を優先しますので、幅広い他分野への応用も見込まれる場合は、その実現性について必ず記載してください。

なお、本重点公募テーマでは、個人の生活状況のみならず、人の生体情報を計測・利活用し、心理状態等に介入するフィードバックまでを含めて研究開発対象とする上で、プライバシーへの配慮や、個人の意思の尊重(選択の自由、同意や撤回の自由意志等)、身体的・心理的影響や倫理的課題、取得したデータの管理や利活用における制度的課題等の検討を求めます。研究開発提案に当たってはこれらの側面についても十分に考慮のうえ、日常生活等の実環境下のデータ取得に関しても実現可能な具体的な計画を立案してください。なお、データのセンシングに侵襲を伴う研究開発提案を行う場合には、倫理的課題の整理とともにその必要性の説明と対応方針について記述することを必須とします。



図3 本重点公募テーマの目指すところ(全体イメージ)

## ② 研究開発の推進に当たっての方針

研究開発運営会議委員等による研究開発計画の確認やサイトビジット、研究会等を通じて適切な助言・指導を行えるマネジメント体制を整え、運営統括・研究開発運営会議委員と研究開発実施者が一体となって、「誰もが守られていると実感できる社会」の実現を目指します。

研究開発提案に当たっては心理学の理論に照らしたデータ処理とフィードバック方法を含む等、心理学や経済学等の人文科学と生化学、工学、医学等の自然科学の研究者の共同による研究開発提案を期待しています。また、探索研究から本格研究への移行に際しては、研究課題に参画するチームや研究課題の統合・再構築等を行うことも想定しています。

## ③ 期間・研究開発費

令和3年度に開始する研究開発課題は、探索研究の期間を最長1年半(令和4年度末まで)、研究開発費を探索研究期間全体で最大1,800万円(直接経費)として計画してください。令和4年度末までの運営統括が指定する時期に本格研究への移行にかかるステージゲート評価を受けていただきます。

本格研究の期間は最長5年間、研究開発費は本格研究期間全体で総額5.7億円(直接経費)を上限に構想してください。

なお、採択後は研究開発内容に応じて柔軟な予算配分を行います。

## 6.1.6「地球規模課題である低炭素社会の実現」領域



運営統括

橋本 和仁

(国立研究開発法人物質・材料研究機構 理事長)

### I. 「地球規模課題である低炭素社会の実現」領域の目指すところ

地球温暖化問題の原因である温室効果ガス、特に二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)の排出を抑制する「低炭素社会」を構築することが世界的課題となっています。平成27年12月に開催された、国連気候変動枠組み条約第21回締約国会議(COP21)において採択された「パリ協定」では、産業革命前からの気温上昇を2°C未満にし、1.5°C以内に抑制する努力が求められました。それを受けて我が国でも、平成27年12月、「温室効果ガスを2030年度に、2013年度比26%削減する」という目標を掲げ、この達成に向けて着実に取り組む旨、地球温暖化対策推進本部にて決定されています。

また、令和元年6月に閣議決定された「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」(以下長期戦略)では、最終到達点として「脱炭素社会」を掲げ、それを野心的に今世紀後半のできるだけ早期に実現することを目指し、2050年までの80%の温室効果ガス排出削減の実現に向けて、大胆に取り組むことを宣言し、さらに令和2年1月に統合イノベーション戦略推進会議がとりまとめた「革新的環境イノベーション戦略」では、長期戦略に掲げた温室効果ガス排出削減目標に向けて革新的技術の確立と社会実装を目指していく道筋が示されました。

この目標を達成するためには、全く新しい概念や科学に基づいた革新的な技術、すなわち「ゲームチェンジングテクノロジー」の創出が必要です。

ゲームチェンジングテクノロジーの創出に向けては、当該分野の研究者による先端的研究手法を融合・駆使・発展させた挑戦的な研究開発提案に加え、異分野の研究者による全く新しい研究開発提案も重要です。

これまでに一般より公募した重点公募テーマ案や、関連する専門分野、異分野の有識者からの意見聴取を踏まえてゲームチェンジングテクノロジーの創出を促すため、令和3年度の重点公募テーマを研究開発運営会議にて検討しました。

その結果、革新的な技術開発に継続的に取り組むことが極めて重要であるとの判断から、令和2年度に引き続き、重点公募テーマは「『ゲームチェンジングテクノロジー』による低炭素社会の実現」としました。さら

に、低炭素関連技術分野を4つのサブテーマに分類した上で、一般公募した重点公募テーマ案の内容分析や令和2年度に提示したボトルネック課題(成果の社会実装をする際の技術的課題)を踏まえて、改めてボトルネック課題を設定し、これを解決する研究開発課題を募集することとしました。

なお、令和元年度より、サブテーマ「④低炭素社会実現のための循環型高分子材料の創製」において「異分野シーズの融合運用」を導入しました。これは、早期の成果創出・社会実装を目指すため、異分野・他制度の技術シーズを組み合わせ、新たな社会的価値を創成する新たな試みです。詳細は「●研究開発内容」のサブテーマ④および「●期間・研究開発費」をご参照ください。

## II. 重点公募テーマ

### 「ゲームチェンジングテクノロジー」による低炭素社会の実現

サブテーマ	募集区分	ボトルネック課題
①創エネルギー技術	R3-B1	高耐久性・高効率の Pb フリーペロブスカイト太陽電池
	R3-B2	20%以上の変換効率を持つ有機太陽電池
	R3-B3	単接合太陽電池の理論限界を超える低コストなタンデム型太陽電池
	R3-B4	ナノ構造体や未利用エネルギーを活用した新概念太陽電池
	R3-B5	軽量で柔軟性のある高効率太陽電池
	R3-B6	飛躍的な効率向上を目指した人工光合成
	R3-B7	再生可能エネルギーから持続的に水素製造を可能にする水電解技術
②物理・化学プロセスによる省エネルギー技術	R3-B8	電力／動力変換システムの革新的省エネ・高効率化技術
	R3-B9	超低消費電力データ通信・データセンタ向けグリーンエレクトロニクス基盤技術
	R3-B10	革新的熱エネルギー利用技術の開発
	R3-B11	高効率・高性能分離技術を用いたプロセス強化技術
	R3-B12	新規反応場を利用した難反応の低エネルギー化によるバルクケミカル製造技術の革新
③化学プロセス・バイオ技術を活用したカーボンニュートラル技術	R3-B13	CO <sub>2</sub> の大規模かつ効率的なメタノール、オレフィン等への資源化技術
	R3-B14	高効率な温室効果ガス分離・吸収剤の開発
	R3-B15	化学品製造を目指した高効率バイオマスガス化プロセスの開発
	R3-B16	低炭素化に資する新しい生物資源の効率的探索と応用技術
	R3-B17	最小限の資源投入量でバイオマス生産性を向上できるための技術

	R3-B18	有用物質高生産細胞をデザインするための合成生物技術、革新的バイオプロセス技術
④低炭素社会実現のための循環型高分子材料の創製	R3-B19	【異分野シーズの融合運用】低炭素社会実現のための循環型高分子材料の創製
⑤その他	R3-B20	低炭素社会実現に向けた新発想

※サブテーマはボトルネック課題を分野別に分類したものです。

※ 研究開発提案書・表紙(様式 1)の「応募重点公募テーマ」欄には、重点公募テーマ名、サブテーマ番号(①～⑤)、募集区分(R3-B1～R3-B20)、ボトルネック課題名を記載してください。

【記載例】

応募重点公募テーマ	「ゲームチェンジングテクノロジー」による低炭素社会の実現 ① R3-B1:高耐久性・高効率の Pb フリーペロブスカイト太陽電池
-----------	---

※個々のボトルネック課題は、必ずしも独立したものではなく、相互に関連し合っている場合もあるため、研究開発提案が複数のボトルネック課題に関係することが想定されます。その場合には、その技術が最も強く関係するボトルネック課題、あるいは「⑤ R3-20:低炭素社会実現に向けた新発想」を選択して応募ください。

(1) テーマの説明

全く新しい概念や科学に基づいた革新的な技術であるゲームチェンジングテクノロジーを創出し、JST の他事業や、他省庁の取り組み等と連携して成果を社会に実装することで、2050年に想定されるサービス需要を満足しつつCO<sub>2</sub>を抜本的に削減する低炭素社会の実現に貢献することを目指します。

本領域の俯瞰図は図1のとおりです。

## イノベーション・アクションプランの重点領域

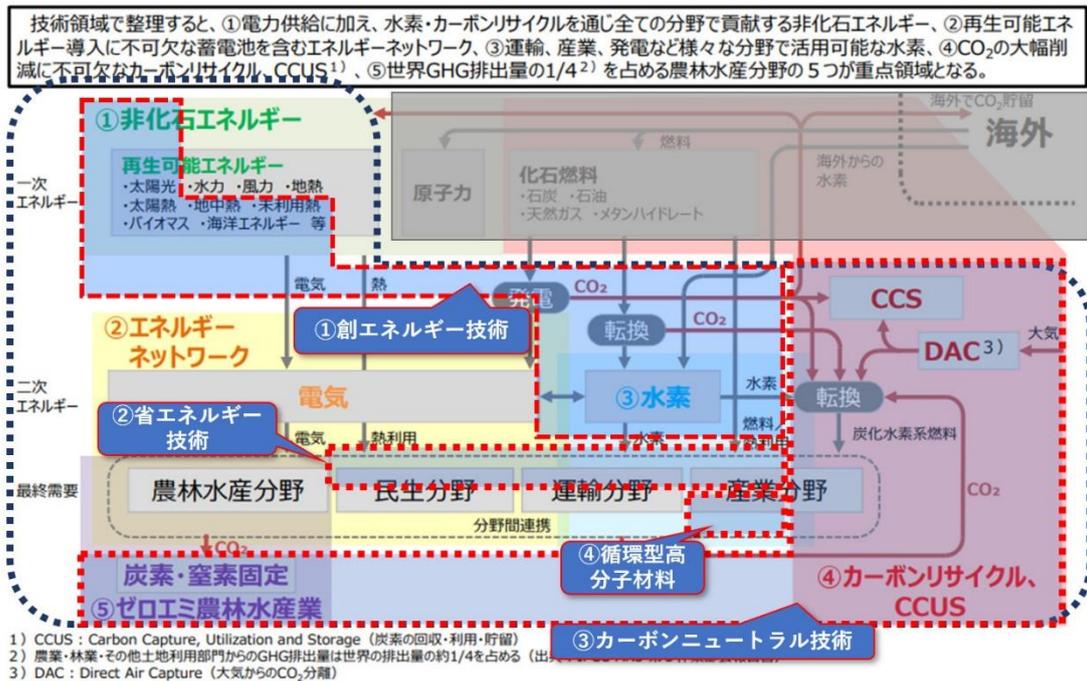


図1 「地球規模課題である低炭素社会の実現」領域の俯瞰図

(革新的環境イノベーション戦略における低炭素社会領域の対象と設定したサブテーマの対応)

[出典]「革新的環境イノベーション戦略」(令和2年1月21日)統合イノベーション戦略推進会議決定

上述のとおり、平成28年に閣議決定された「地球温暖化対策計画」では、長期的な目標を見据えた戦略的取り組みとして「2050年までに80%の温室効果ガスの排出削減を目指す」という目標が設定されています。これを実現するには、これまでの削減技術とは非連続的な技術も含めて、世界全体での排出量の抜本的な削減を実現するイノベーションを創出することが不可欠であり、CO<sub>2</sub>排出削減のイノベーションを実現するための中長期的なエネルギー・環境分野の研究開発を、産学官の英知を結集して強力に推進し、その成果を世界に展開していくことが我が国の果たすべき役割となります。これは長期戦略や令和2年1月決定の「革新的環境イノベーション戦略」にも盛り込まれている考え方です。本領域にて取り組むゲームチェンジングテクノロジー創出の考え方はこれらの戦略と合致しており、公益性の高い研究開発を推進します。

また、国の研究開発資金および社会へのインパクトの視点から、当領域への研究開発提案には「低炭素技術のコストエンジニアリング」の観点が含まれていることを期待します。これは低炭素技術・システムが将来社会に導入・普及される際の技術開発の合理的予測及びCO<sub>2</sub>排出量の削減効果の評価をするものであり、2050年の温室効果ガス80%削減の目標達成に向けた重要な観点です。研究開発提案が対象とする低炭素技術・システムについて、そのコスト展望、技術が確立する時期・産業化時期・市場規模の見通し等を検討すると共に、それに対応した課題解決策(シナリオ)が提示されていることが望まれます。

なお、国際社会への貢献という観点では、例えば意欲ある途上国等に対し、優れた技術を用いて協働による取り組みを進める等により、世界の CO<sub>2</sub> 排出量の削減に対して、我が国が技術力で中核的役割を果たすことも想定されます。産業界では、日本経済団体連合会（経団連）が「経団連低炭素社会実行計画」（平成 25 年 1 月作成、平成 31 年 4 月改訂）を策定し、「革新的技術の開発」を計画の柱のひとつに据えて、産学官による連携も活用しながら、中長期的な革新的技術の開発・実用化に積極的に取り組むとされています。本領域が狙う、低炭素化を阻害するボトルネック課題の解決に資する革新技術が創出され、その技術が企業に橋渡しされれば、企業自身の CO<sub>2</sub> 削減目標の達成に資するのは勿論、日本の産業競争力の向上にも直結することが期待されます。

## (2) 募集・選考・研究開発推進に当たっての運営統括の方針

### ●募集・選考の方針

事業のコンセプト(革新的研究開発による概念実証)に添った課題を採択するため、以下の要件で選定します。

- ・CO<sub>2</sub> 排出削減に大きく貢献し得るか(サイエンスとしての観点のみではない)
- ・社会実装を担う企業等が必要としている技術か
- ・大学等アカデミアが実施すべき革新的研究か

また、社会実装に向けては必要に応じて他省庁のプログラムと連携し、成果の橋渡しを実施します。

以上の取り組みを通じて、2050 年に想定されるサービス需要を満足しつつ CO<sub>2</sub> を抜本的に削減する、全く新しい概念や科学に基づいた革新的な技術である「ゲームチェンジングテクノロジー」を創出し、社会実装につなげることで、低炭素社会の実現に貢献することを目指します。

### ●評価項目及び基準

選考は「第 2 章 2.1.2(5)選考の観点」に記載の選考基準に基づき行われますが、本領域では、その技術が導入されるプロセス全体を通して見込まれる CO<sub>2</sub> 削減量等、取り組もうとする技術課題が 2050 年頃の低炭素社会実現にどれほど寄与するのかが定量的に示されていることも重視しています。

### ●研究開発内容

地球温暖化の解決には大別して「適応策」と「緩和策」の二つのアプローチがあります。前者は、自然や社会の在り方を調整して温暖化による影響を軽減しようというものであり、後者は温室効果ガスの排出自体を

抑制しようというものです。緩和策には、科学技術の貢献が大いに期待されており、本領域でも、緩和策による低炭素社会の実現に資するゲームチェンジングテクノロジーの創出を目指します。

CO<sub>2</sub>削減に資する技術開発は、これまで様々なトライアルがなされていますが、未だに実現されていないものも数多く存在します。この原因である「ボトルネック課題」を本領域関係者でまとめ、研究者に具体的に提示することとします。

また、本領域では、当該分野の研究者による先端的研究手法を融合・駆使・発展させた挑戦的な研究開発提案に加え、異分野の研究者による全く新しい研究開発提案も重要であると考えています。そこで、一般より公募した重点公募テーマ案について内容分析を行うと共に、令和2年度に提示したボトルネック課題も踏まえて、改めてボトルネック課題を設定し、その内容を具体的に記載しました。以下に、分野別に4つのサブテーマ(①~④)に分類して示します。

## ① 創エネルギー技術

### R3-B1 高耐久性・高効率のPbフリーペロブスカイト太陽電池

鉛を含む太陽電池は、製造や廃棄において特別な管理を必要とし、コストを増加させます。メガソーラーや産業用だけでなく家庭用への適用が拡大する中、環境負荷を増大させないためには鉛フリー化が不可欠です。ペロブスカイト太陽電池の鉛フリー化は、既に多くの研究が行われていますが、他の太陽電池に比べ十分な効率が得られていないのが現状です。また、耐久性のない太陽電池では短期間での交換が必要となるため、実用化されている太陽電池と同程度の期間(20~25年間)使用できる高耐久性の太陽電池が求められています。ペロブスカイト太陽電池は材料、プロセスの最適化によって、耐久性が向上していますが、未だに十分ではありません。

以上から、鉛フリーかつ低環境負荷の材料から構成され、しかも高耐久性と高効率(面積1cm<sup>2</sup>以上で効率20%以上)を兼ね備えたペロブスカイト太陽電池の実現を目指した挑戦的な研究開発提案を募集します。例えば以下のような研究開発提案を期待します。

- ・ Sn および Bi 等を基盤とした Pb フリーペロブスカイト材料の高品質化と太陽電池の開発
- ・ Pb フリーダブルペロブスカイト結晶等の新しい構造体の開発と太陽電池への応用
- ・ 高耐久性を実現する封止材料・技術の開発とそれを利用した高効率 Pb フリーペロブスカイト太陽電池の実現

### R3-B2 20%以上の変換効率を持つ有機太陽電池

高成膜性、軽量、フレキシブル、低コスト等の優れた特徴を有する有機太陽電池は、次世代の太陽電池の

有望な候補です。同様な特徴を有する太陽電池として、ペロブスカイト太陽電池の開発が進んでいますが、含まれる有機鉛は製造や廃棄において特別な管理を必要とするため、メガソーラーや産業用だけでなく家庭用への普及の大きな障害となっています。鉛ペロブスカイト太陽電池では、高い短絡電流密度( $J_{sc}$ )と開放電圧( $V_{oc}$ )を両立できるため、すでに20%を超える変換効率が達成されているのに対して、有機太陽電池では、特に $V_{oc}$ の損失過程が存在するために、変換効率の向上は難しいと言われていました。最近、非フラーレン型の新しいアクセプターの開発等により変換効率が急激に向上し、面積 $1\text{cm}^2$ 以上で効率15%以上の報告等もあり、有機太陽電池開発は新しい局面を迎えています。

以上の観点から、電圧損失過程のメカニズムを解明し、効率向上に結びつけるシナリオの構築とそれに基づいた電圧損失過程を抑制できるような材料開発が必要です。 $J_{sc}$ と $V_{oc}$ を同時に大幅に向上できる有機太陽電池を実現する挑戦的な研究開発提案を募集します。電子や正孔の輸送の機構を解明し、それに基づいた材料・電池構造を開発することで、新しい高効率有機太陽電池の実現を期待します。画期的な効率向上と高耐久性を目指す挑戦的な研究開発提案を募集します。例えば以下のような研究開発提案を期待します。

- ・ 非フラーレン系アクセプター材料の探索・開発と高効率・高耐久性有機太陽電池の作製
- ・ 有機太陽電池の電圧損失の抑制法の開発と高効率化
- ・ 新しい構造の有機太陽電池の設計法の構築と高効率化および高耐久性の実現

### R3-B3 単接合太陽電池の理論限界を超える低コストなタンデム型太陽電池

単接合太陽電池の理論限界である約30%を超える変換効率を実現する太陽電池として、バンドギャップが異なる半導体材料を積層することにより、吸収波長域を拡大したタンデム型太陽電池が期待されています。しかしながら、高効率化は限られた材料の組み合わせでのみ達成されており、汎用性の高い材料の組み合わせでは十分な変換効率を得られていません。低コストと高効率、高耐久性を兼ね備えたタンデム型太陽電池の開発は重要です。例えば、ボトム層の太陽電池としては、変換効率が高く、耐久性に優れたSiやCIGS太陽電池(バンドギャップ $\sim 1.1\text{eV}$ )が候補となります。トップ層の太陽電池にはバンドギャップが $1.5\sim 1.7\text{eV}$ 程度の半導体層を光吸収層とする太陽電池が検討されています。さらに、ペロブスカイト半導体や有機半導体は、バンドギャップの操作性が高くタンデム型太陽電池のボトム層およびトップ層の有力な候補となります。Pbペロブスカイトを利用したタンデム太陽電池の研究開発提案も可能ですが、Pbフリーへの道筋を明確に示すことが必要です。実用化に向けてモジュール、システム全体の電氣的・光学的性能を考慮し、タンデム型化により太陽電池の著しい効率向上と高耐久化を低コストで実現することを目指した挑戦的な研究開発提案を募集します。例えば以下のような研究開発提案を期待します。

- ・ 多接合時のバンドアライメント、接合界面の電流・電圧特性、フォトンマネジメント等を考慮した新しいシステム構造の設計・最適化手法の提案と実践

- ・ Pb や Cd 等の環境負荷の大きな元素を含まないペロブスカイト/Si やペロブスカイト/CIGS 等の構造を持つタンデム型太陽電池の開発とその高効率化
- ・ Pb フリーを目指したペロブスカイト/ペロブスカイトのタンデム型太陽電池
- ・ オール有機タンデム型太陽電池の設計と実践

### R3-B4 ナノ構造体や未利用エネルギーを活用した新概念太陽電池

単接合の太陽電池では理論的に最大変換効率が約 30%程度とされています。これは、通常の太陽電池では、バンドギャップよりもエネルギーの低い光は吸収できず、エネルギーの高い光では余剰のエネルギーが熱となって失われるためです。これに対して、量子ドット太陽電池ではバンドギャップの中に中間バンドを形成することができ、光のエネルギーの大半を電気に変換することが可能であると指摘されています。そのため、中間バンド太陽電池では、理論的には集光型で 60%以上の効率が得られると予想されています。しかしながら、実際に得られている変換効率は低く、理論モデルの妥当性・実現性も含めた基礎的・原理的な検討に加えて量子ドット等の中間バンド材料、形成方法、さらには太陽電池構造等の最適化が必要です。以上から本募集区分では、量子効果、フォトンマネジメント等の新しいコンセプトを利用した太陽電池の設計と、それに基づく材料・電池構造の開発により、これまでになく高い変換効率を持つ太陽電池の実現を目指す挑戦的な研究開発提案を募集します。材料は制限しませんが、従来の太陽電池に対する優位性が提示されること、さらに具体的な作製方法や効率目標を示した研究開発提案であることが評価のポイントとなります。また、太陽光発電と熱発電を組み合わせたような従来技術の組み合わせは、応募対象となりません。例えば以下のような研究開発提案を期待します。

- ・ 長いキャリア寿命を実現する高密度量子ドット系の作製技術と太陽電池の高効率化
- ・ マルチエキシトン生成、ホットキャリア等の新しい現象を利用した高効率太陽電池の開発
- ・ フォトニック結晶やプラズモン等を利用したフォトンマネジメントによる高効率太陽電池の開発
- ・ 超高効率に向けた新しい理論的な提案とその実験的実践
- ・ 光と熱を同時に利用することで飛躍的に効率を高めるこれまでになく新しい太陽電池の開発

### R3-B5 軽量で柔軟性のある高効率太陽電池

IoT 社会の到来とともに、様々なタイプのセンサや小型の電子機器の動作を支える小型で軽量の電源の開発は重要となります。さらに、今後の発展が期待されるフレキシブルエレクトロニクスや伸縮性エレクトロニクスに対応できる太陽電池の開発も重要な課題です。また、これまでに重量制限や伸縮性の関係で利用されていない場所への設置可能な太陽電池や移動体へ搭載できる太陽電池の開発も注目されていますが、デ

デザイン性も求められます。これらを実現するには、高いエネルギー変換効率と長時間安定性を有する、折り曲げ可能で薄くかつ柔軟性のある材料や基板を利用した超軽量太陽電池の開発が課題となります。そこで、フレキシブルで超軽量、高効率、さらには高耐久性を同時に実現する新しい薄膜太陽電池の開発を目指した挑戦的な研究開発提案を募集します。例えば、超薄膜無機材料および有機材料を利用する以下のような太陽電池の開発研究および技術開発の研究開発提案を期待します。

- ・ 薄膜化・軽量化に伴う太陽電池効率の低下を抑制できる新しい構造の提案
- ・ 湾曲可能な超薄型の高効率結晶 Si 太陽電池の開発
- ・ 軽量フィルム基板上への超薄膜半導体の作製と優れた太陽電池特性の実現
- ・ エピタキシャルリフトオフ法等の新しい技術を利用した超薄膜太陽電池の開発
- ・ 軽量で伸縮性のある透明導電膜の開発とそれを用いた太陽電池の開発

### R3-B6 飛躍的な効率向上を目指した人工光合成

人工光合成は、低炭素社会実現のための究極のゴールです。太陽光を利用して、水、二酸化炭素等の安定小分子を活性化し水素やメタノール等の有用な物質に変換する手法およびその変換過程を促進する触媒の開発は非常に重要なボトルネック課題です。また、太陽光エネルギーのみを活用し、エネルギー密度の高いエネルギーキャリアに変換するための基盤技術の開発も重要な課題です。単なるモデル研究ではない社会に確実に役立つ人工光合成プロジェクトとして、水の光分解による水素発生や二酸化炭素からのメタノール生成等の有用物質の光化学合成に関する研究開発提案を募集します。この場合、犠牲剤等を用いず水を電子源として用いることが鍵です。また、この他にも水から汲み出された電子を利用した社会的に有用な有機化合物合成や、既存の合成ステップを大幅に縮減する省エネルギープロセスの開発も本課題に含まれます。これらの人工光合成における生成物の単離プロセスも含めた総合的・革新的な研究開発提案も募集します。例えば、太陽光を利用する以下のような研究開発提案を期待します。

- ・ 従来の2倍以上の効率を目指した新規触媒材料の開発
- ・ 電荷再結合・逆電子移動を抑制した高効率酸化還元プロセスの設計と開発
- ・ 太陽光発電を利用した電気化学反応のための電極開発
- ・ アンモニアやアルコール等の燃料化・資源化を可能にする太陽光活用技術の開発

### R3-B7 再生可能エネルギーから持続的に水素製造を可能にする水電解技術

低炭素社会の実現に向け、我が国は二酸化炭素排出量を大幅に削減(2050年までに80%の温室効果ガス排出削減)することが求められています。従来から、炭素を含まず、使用時に二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)を排出しないクリーンなエネルギー媒体(キャリア)として、水素が注目されてきました。

現在、水素は石油や石炭等の化石燃料を原料として製造されていますが、製造の際に CO<sub>2</sub> を副成することから、そのままではクリーンエネルギーとは言えません。副成される CO<sub>2</sub> に CCS(二酸化炭素回収・貯蔵) 技術を適用することで、CO<sub>2</sub> フリーのエネルギー媒体(ブルー水素)として取り扱われています。一方、太陽光、風力等の再生可能エネルギーにより製造された電気を用いて水電解を行うことによって得られる CO<sub>2</sub> フリー水素(グリーン水素)に大きな期待がもたれていますが、コスト、効率の向上、負荷変動対応性、寿命等、課題は多岐にわたります。

しかもこれらは相反する要素を含んでいるために、戦略的な研究開発が求められています。例えば、大規模水電解には、装置コストの安いアルカリ水電解技術が実用化されていますが、変動する再生可能エネルギーへの適応技術や水素製造効率向上が課題とされています。一方、変動する再生可能エネルギーには、頻繁な起動停止への対応力が高い高分子膜型水電解技術が適しますが、現状では高価な貴金属を用いる電極触媒を利用する必要があるため、低コスト化を実現するためには、貴金属を用いない材料開発が望まれています。また、水素を大規模に、かつ持続的に生成するためには、有効利用されていない海水からの電気分解で水素を製造することが特に重要になります。しかし、そのままでは塩素ガスが発生し、装置の劣化や、環境への影響が懸念され実用化されていません。

以上の点をふまえ、本ボトルネックでは、これらの問題を解決できる以下の技術について募集いたします。

- ・ 貴金属電極触媒を使わない、中性領域での水電解技術
- ・ 塩素を発生しない海水からの水素製造技術

## ② 物理・化学プロセスによる省エネルギー技術

### R3-B8 電力／動力変換システムの革新的省エネ・高効率化技術

我が国の現在の総電力需要は約 1000TWh にのぼり、低炭素社会の実現のためには、自動車等のモビリティ、家電、産業機械等あらゆる分野で電力／動力変換システムの省エネ・高効率化が求められています。電力／動力変換システムの省エネ・高効率化のためには、窒化ガリウム、酸化ガリウム、ダイヤモンド等の次世代パワー半導体材料の高信頼・超低コスト基板の製造技術、インダクタ等の受動素子を高周波化する低鉄損・高飽和磁束密度のソフト磁性材料、インバータやコンバータ向けの耐圧・オン抵抗・動作速度のトレードオフに解決する大電力スイッチング素子、および電力／動力システムの高効率駆動のための回路システムのデジタル制御や積層集積化・実装技術が重要です。

研究開発提案にあたっては、構造・システム・回路・デバイス開発の場合は事前に理論予測もしくはシミュレーションによる見積もりで既存方式に対する優位性を示し、材料開発の場合には理論予測による見通しもしくは既存材料に優越する特性が期待されることを示唆する予備実験の結果を示してください。いずれの研究開発提案でも、研究開発計画にプロトタイプでの性能実証を含めてください。

以下に研究開発提案の具体例を示しますが、これらに限定することなく革新的な省電力技術を募集します。

- ・ 高効率でエネルギー回生可能な蓄電池・インバータシステム
- ・ 低速運転可能かつ応答性に優れた高効率モータ制御
- ・ 周波数 50MHz 以上で Ni-Zn フェライトを凌駕する特性のソフト磁性材料
- ・ 高耐圧・低オン抵抗・高速動作を実現するワイドバンドギャップスイッチング素子

### R3-B9 超低消費電力データ通信・データセンタ向けグリーンエレクトロニクス基盤技術

我が国が目指す未来社会(Society5.0)の実現に向けて、家電、建物、輸送機器、農業等モノ・人に取り付けた膨大なセンサ情報(ビッグデータ)を収集する通信路網でのデータ通信量が急増しています。また、4K/8K等の動画コンテンツサービス、セキュリティ、教育、医療等でも高精細画像のニーズは飛躍的に高まり、データ通信量は増加の一途をたどっています。さらに、これらのデータをクラウド処理するデータセンタにおいても、高性能のチップや端末数の急増により、データセンタ内部での通信量が爆発的に増加しています。現状のままでは、これらのデータ通信処理に必要とされる電力は指数関数的に増加し、2030年代には全電力消費量の1/3に達するという予測もあります。増大し続ける通信需要をまかない、かつ低炭素社会を実現していくには、1通信ビット当たりの消費電力を数桁低減する革新的なハードの開発が急務です。

当該技術分野における克服すべきボトルネック課題は、エッジ側からクラウド側にいたるすべての通信経路に存在しています。たとえばエッジ側では、超低消費電力の無線通信用パワーアンプやエッジ情報処理デバイス・チップの開発、クラウド側では、高速ルータ機器の省電力化、超低消費電力の光電インターフェース、情報処理ボード／チップ間通信の省電力化をはじめ、様々な技術を駆使して情報処理・通信経路のボトルネックを解決しなければなりません。

以下に研究開発提案の具体例を示しますが、これらに限定することなく画期的な省電力技術を募集します。

- ・ 量子技術、スピントロニクス技術等新しい原理・アーキテクチャに基づくエッジ向け情報処理デバイス
- ・ AI等を利用したリアルタイム画像認識データのクラウド側への転送データ量を劇的に減らす情報圧縮チップ(エッジ側)
- ・ データ転送遅延の小さい低消費電力 LSI チップ間光配線および LSI インターフェース技術
- ・ ビットあたりの通信電力量を大幅に削減する通信システムのハードウェア技術

### R3-B10 革新的熱エネルギー利用技術の開発

高温で動作するタービンやエンジン等ではカルノーサイクルに基づく高い動力変換効率が得られますが、消費エネルギーの大半を占める中低温領域では、いまだシステム製造・保守コストに見合う熱エネルギーの利用技術が未熟で、多くの熱は環境に廃棄されています。このため中低温領域において、温暖化ガスの排

出量の削減に資する熱動力変換技術や蓄熱・遮熱・断熱、熱再生利用、熱回収等の熱マネジメント技術の開発が強く求められています。さらに、電化・水素化の加速に対し、バッテリー・インバータ・モータの統合熱制御、空調や油冷・空冷システムの高効率化、熱害対策等の社会的ニーズが高まっています。

今回、この要請に応え得る革新的熱エネルギー利用技術の研究開発提案を募集します。例えば、革新的で高効率な熱交換器、熱伝達効率が高く耐久性に優れた伝熱媒体、低コストの蓄熱媒体および蓄熱技術、高断熱・高機能保温材料、高効率熱電変換材料・システム、低摩擦界面形成・機構・制御、また、熱利用システムでは新冷媒を用いた高効率バイナリー発電、熱音響エンジンの最適設計と高度化利用、低温駆動ヒートポンプ等が想定されます。各システムとも、低コスト化のほか形状・構造の最適化、熱媒体の高密度化による装置のコンパクト化、腐食防止や反応耐久性の確保が課題です。さらに、従来技術の枠を超える広義の革新的な熱エネルギー利用技術のアイデアも期待しています。開発対象とする熱利用技術の原理、構造等の具体性や、システムの維持・製造コスト等社会実装の実現性が評価の重要なポイントとなります。

以下に具体的な研究開発提案例を示しますが、これらに限定することなく革新的な研究開発提案を募集します。

- ・ 高速熱貯蔵かつ高蓄熱容量の化学蓄熱材料、化学蓄熱装置における反応層の伝熱促進
- ・ 居住空間の熱マネジメントに資する高耐久性超断熱材、遮熱型 Low-E ガラス、長寿命真空断熱材および長期性能を保持するクールルーフ・クールロード材料
- ・ 熱媒体輸送における低圧力損失と伝熱促進の両立を可能とする媒質構造・特性制御
- ・ 再エネの P2H2P に資する新たな熱エネルギー貯蔵および CO<sub>2</sub> 循環利用

### R3-B11 高効率・高性能分離技術を用いたプロセス強化技術

化学産業における生産プロセスのエネルギー消費は、製造工程だけではなく、未反応原料・製品・溶媒の分離・回収・リサイクルといった後工程プロセスに大きく影響を受けます。例えば、含水アルコールの濃縮には蒸留法が、また、分子量の近いオレフィン／パラフィン混合物分離には深冷分離法が用いられていますが、いずれも大きなエネルギー消費が伴います。さらに、コスト削減のために、エネルギー消費の大きな未反応原料・溶媒の分離・回収・リサイクルが行われない場合もあります。従って、化学産業において低炭素化を実現するためには、このようなエネルギー多消費型プロセスを見直して生産プロセスの省エネ性を高めることが大きな課題となります。

この課題を解決するためには、従来の分離法に代わる高効率・省エネルギー型の分離技術が必要となります。これまでに、膜分離、相分離、吸着、抽出、晶析等の様々な分離技術と共に、それらをハイブリッド化した高性能分離プロセス、さらには、反応分離技術(メンブレンリアクター、反応吸収、反応晶析、反応蒸留等)が検討されてきました。このうち、蒸留法に代わる高効率省エネルギー型の分離技術として膜分離技術が期

待されています。材料的には、有機系(高分子)材料、無機系材料、また有機・無機複合材料等、様々な選択肢がありますが、実用化に当たっては、分離性能と耐久性に関して、従来技術を凌駕する革新的な技術の確立が必要です。

今回の公募では、これら新規分離膜の開発研究と共に、分離膜のサポート層となる支持体、省エネ化・低コスト化を可能とする新規な膜モジュール構造とモジュール材料の開発課題も対象とします。

なお、研究開発提案にあたっては、対象技術が実現したときの省エネ率について、理論値との差異を明示化するとともに、従来プロセスに対する優位性(見通し)を示すことを要件とします。

### R3-B12 新規反応場を利用した難反応の低エネルギー化によるバルクケミカル製造技術の革新

バルクケミカル製造におけるエネルギー消費量の削減は、化学産業における低炭素化の重要施策となっています。

C1 化学は、各種炭素源の CO、H<sub>2</sub> への変換を経由するか、またはメタン等、炭素数 1 の化合物を直接原料とする化学品製造の反応体系ですが、問題点も多くあります。例えば、現在のメタノール合成プロセスは、750°C以上という高温下でのメタン水蒸気改質(吸熱反応)と 250°C程度でのメタノール合成反応(発熱反応)からなるプロセスであり、大量の CO<sub>2</sub> を排出するエネルギー多消費型プロセスとなっています。メタンの酸化による直接法メタノール合成の研究も行われていますが、反応性の低いメタンを酸化して反応性の高いメタノールで止めるのは容易ではなく、高難度反応の一つとなっています。また、アンモニアは、肥料や繊維、化学品といった幅広い用途で大きな需要があるばかりでなく、将来的にはエネルギーキャリアとして期待される基礎化学品ですが、現在、エネルギー消費の大きなバーバー・ボッシュ法(400-500°C、100-300 気圧)にて大規模に製造されており、CO<sub>2</sub> の大量排出につながっています。

このようなエネルギー多消費型プロセスの低エネルギー化や高難度反応における目的物の選択性改善ためには、触媒性能の飛躍的な向上がボトルネック課題となります。

一般に触媒は熱的平衡反応場での使用が前提ですが、本領域では、熱的非平衡反応場や、その反応場で高活性を示す触媒開発等に着眼し、従来型反応場では実現できない新規な反応、反応プロセスの研究開発提案を募集します。新規反応場へのエネルギー供給手段として、電磁波、超音波、磁場、電場および、それらの複合が考えられます。また反応としては、生産量が多い汎用化学品の生産のためにエネルギーを多量に消費しながら現在実施されている反応、並びに高難度反応の高収率化と低エネルギー化の両立を対象とします。

研究開発提案にあたっては、従来の生産プロセスと比較した新プロセスの優位性を、投入エネルギー量・CO<sub>2</sub>削減量の観点から評価することを要件とします。

### ③ 化学プロセス・バイオ技術を活用したカーボンニュートラル技術

#### R3-B13 CO<sub>2</sub>の大規模かつ効率的なメタノール、オレフィン等への資源化技術

現在、化学品は化石資源を炭素源ならびにエネルギー源として生産され、使用後は焼却等により CO<sub>2</sub>として大気中に放出されています。低炭素社会における化学品生産の究極の形は、エネルギーセクター等から排出される CO<sub>2</sub>を、CO<sub>2</sub>フリーの水素で還元した化学原料から化成品を合成する炭素循環の実現です。

CO<sub>2</sub>の分離回収技術は、CCS 技術開発の一環として各国で盛んに研究開発されており、実証試験段階のものもあります。しかし、回収した CO<sub>2</sub>を資源化する技術(CCU)は、ポリカーボネートの製造等を除いては、ほとんど進んでいないのが現状です。

今回の公募では、要素技術として重要な CO<sub>2</sub>の大規模かつ効率的な資源化技術を先行して構築する研究開発提案を募集します。具体的には CO<sub>2</sub>からのメタノール合成・エタノール合成・酢酸合成、CO<sub>2</sub>からの FT 合成、CO<sub>2</sub>の改質による合成ガス製造、CO<sub>2</sub>を直接の原料とした汎用ポリマー原料の合成、メタンの部分酸化・改質の高効率化等です。この種の CO<sub>2</sub>の大規模資源化のためには CO<sub>2</sub>フリー水素が必要ですが、この技術開発は長期的な課題であるため、本公募では CO<sub>2</sub>発生が比較的少ないメタン等、既存技術との組み合わせを前提とすることを可とします。

なお、研究開発提案にあたっては、効率及びコストの目標値の明示を要件とします。

#### R3-B14 高効率な温室効果ガス分離・吸収剤の開発

化石資源の利用により発生する CO<sub>2</sub>排出量は莫大であり、その排出削減に向けて、省エネルギー技術の開発や、CO<sub>2</sub>フリーの再生可能エネルギーへのシフトが進められています。しかし、化石エネルギーへの依存が当面避けられない現状では、大規模発生源から分離・回収した CO<sub>2</sub>の大規模貯留(CCS)や有効活用(CCU)の実用化が緊急の課題です。

2060年までの累積 CO<sub>2</sub>削減量の約 14%を CCS が担うべきとする試算(IEA-ETP 2017 報告書)が提示されています。CCS コストは CO<sub>2</sub>排出源や分離・回収方法、貯留条件に大きく依存しますが、現在最も普及している化学吸着法(アミン系吸収液使用)で 5,000 円/t-CO<sub>2</sub>以上と試算されており、実用化には大幅なコスト低減が必須です。この CCS コストのうち、CO<sub>2</sub>の分離・回収が全体コストの 50~60%を占めており、これが CCS 普及のボトルネックの一つとなっています。

CO<sub>2</sub>分離・回収には、化学吸収法、物理吸収法、膜分離法、深冷分離法、吸着分離法等様々な方法がありますが、大幅なコスト削減に繋げるためには、いずれの方法においても従来法を凌駕する革新的な技術開発が必要です。さらに、脱炭素化社会を実現するためには、空気中の CO<sub>2</sub>を直接捕集し貯留する DAC (Direct Air Capture)技術の開発も必要とされます。

CO<sub>2</sub>の分離・回収技術は、使用される燃料の種類やアプリケーションによって動作条件や要求特性が異なる

ることから、多岐にわたるアプローチが考えられます。研究開発提案にあたっては、出口アプリケーションによって動作条件や規模を明確にし、分離エネルギーが理論エネルギーにどの程度近づけるかも考慮しつつ、運転や設備の低コスト化も視野に入れた革新的な吸収液・吸着材料・分離膜の開発を期待します。併せて、これらの材料を効率的に活用できる新規モジュールの開発に関する研究開発提案も対象とします。さらに、CO<sub>2</sub>に限らず、温暖化係数の大きいガスを対象とした分離・回収技術も対象とします。

### R3-B15 化学品製造を目指した高効率バイオマスガス化プロセスの開発

大気中の CO<sub>2</sub> 濃度増加抑制のために、化石資源に代わる炭素源の活用とその循環使用が今後ますます強く求められます。特に重要な炭素源はバイオマス資源もしくは捕集された CO<sub>2</sub> ですが、これらを化学品・燃料に変換して活用するプロセスの確立が今後の重要課題です。

既存化学品・燃料の製造を想定した場合、捕集 CO<sub>2</sub> 利用ケースに比べてバイオマスガス化ケースの方がコスト的に有望であるという試算があります(提案書 FY2017-PP-09/JST 低炭素社会戦略センター)。ただし、基幹化学品であるメタノールでも、現状では、バイオマスガス化プロセスで得られるものは市場価格の約3倍と見積もられており、本プロセス普及のためにはコストダウンが大きな鍵です。

これを実現するためには、代表的なバイオマス種について、ガス化工程でのエネルギー収率(冷ガス効率)85%以上を達成するとともに、後段の化学品・燃料製造プロセスに悪影響を与えない純度の高い合成ガスを安定して供給できることが必要です。この両技術を達成することにより、低コストで安定して化学品を製造するためのプロセスを構築することが出来ます。

今回の募集では、バイオマスガス化により得られた合成ガスを用いた化学品や燃料の低コスト合成・SAF(持続可能な航空燃料)・高付加価値化学品への展開等、下流プロセスの高度化に関する研究開発課題も対象とします。

これら技術の実用化により、我が国の豊富なバイオマス資源のポテンシャルを生かした国産・低炭素エネルギーの活用を図ることができ、低炭素社会の実現に貢献、さらにはバイオマス活用促進を通じ、林業の活性化にも貢献することが可能となります。

### R3-B16 低炭素化に資する新しい生物資源の効率的探索と応用技術

バイオ生産には大腸菌や酵母等いくつかの微生物が広く使われていますが、産業的には、より利用しやすい革新的な微生物の登場が望まれており、世界中で探索が行われています。また、従来の微生物培養技術では、微生物の1%程度しか培養できておらず、未培養微生物資源が存在します。最近では、深部地下や深海において巨大な生物圏が見つかる等、未知微生物群が次々と明らかになっていることから、莫大な生物資源が手つかずで残されていると言えます。また、メタゲノム解析やロングリード解析等遺伝子情報解析は近

年飛躍的に進展してきましたが、そこからは現在の情報ではアノートできない遺伝子配列や非 ATG 開始タンパク質等機能未知の遺伝子(ダークマター)が数多くあることが分かってきています。こうした未知の微生物資源や、それらが持つ遺伝子の中から低炭素化に資する新たな機能を持った分子の探索やそれらを活用した生産プロセス開発は重要です。しかしながら、新しい生物資源を見出し、機能を理解するにはまだまだ膨大な時間と手間を要しているため、遺伝子の機能解析と遺伝子間相互作用が同時に見られるような、新たな技術が期待されています。さらに、日本は固有の植物種が豊富であり、多種多様な、ファイトケミカルや生合成遺伝子の新発見と有用物質生産への展開も期待されています。こうしたことから、低炭素化に資する新しい生物資源(微生物や植物、それらが持つ遺伝子群等)を効率的に探索する技術、得られる生物資源を応用して新たな物質やエネルギー生産等を行う応用技術開発を公募いたします。具体的には下記のような研究開発提案例が考えられます。

- ・ 従来のバイオ生産を革新する有用な新規微生物や生体分子の探索や利用。例えば、生産物を圧倒的に多く細胞内に貯められる微生物、生産物を選択的に細胞外に排出する微生物、CO<sub>2</sub>を容易に資化できる微生物、安価な培地でも富栄養培地と同様に増殖できる微生物、温度にかかわらず増殖・生産を維持できる微生物、低エネルギー条件下(例えば低温条件)で効率的に化合物を分解・再資源化する機能をもつ微生物や生体分子。
- ・ 低炭素化に資する新たな植物資源や植物由来の遺伝子群の探索技術とその応用。
- ・ 衛星情報や生態系等のマクロ情報を利用して、コンソーシアや細胞の改変に容易に落とし込める技術。
- ・ 未知遺伝子機能の解明や遺伝子機能の迅速な解析手法、およびその利用。ゲノムの大規模改変を容易にする技術。植物細胞への高効率な遺伝子導入や植物体再生技術の開発。
- ・ 低炭素化に資するバイオインフォマティクスや微生物解析に関わる新技術。
- ・ 物質循環に対して、必要なエネルギーを効率的に蓄積・放出する創エネルギー機能、コンデンサー様機能、ストレスを回避するロバストネスをもつ微生物や生体分子。

### R3-B17 最小限の資源投入量でバイオマス生産性を向上できるための技術

CO<sub>2</sub>削減に大きく寄与する植物のバイオマス増産の方法には、生育地の拡大、生産性の増加向上があります。いずれにおいても、少ない水分や栄養分で生育できること、環境変動に対する強い耐性、病虫害抵抗性等によって、様々な劣悪な環境や変動する環境においても生産量/成長を維持できる植物を開発することが有効と考えられますが、まだ抜本的な解決技術はありません。水分や栄養分等の資源投入は、とりもなおさずエネルギー投入であり、その削減は収量当たりのエネルギー投入量を抑える観点からも重要です。さらに、植物の生育状況は土壌の違いによって大きく異なり、微生物叢の相違が重要な一因と考えられますが、

その実態の解明と効率的な制御は今後の課題です。また、これら育種を実現するための情報解析とプログラムといった非生物的な開発も重要です。

そこで、飛躍的に少ない資源投入量でも生育の優れた植物や環境に対してロバストな植物を育成するための画期的な植物育種法の開発を公募します。例えば、以下のような研究開発提案を期待します。

- ・ 物質の植物内への取り込みや植物内での移動を促進する、あるいは新しい代謝経路を加えることで、今まで利用できなかった窒素源等を利用できるようにする等の育種法の開発
- ・ 光合成、代謝、ホルモン等とのリンクを通し、植物全体のバランスを高いレベルで維持できるように最適に設計・育種する技術開発
- ・ 植物に共生する微生物との相互作用を理解し、共生微生物の中から植物の生育促進や病虫害抵抗性に貢献する微生物を単離・同定して微生物剤として利用する技術や、環境微生物群を制御できる化合物の技術開発
- ・ 優良圃場中の微生物叢の組成を明らかにするとともに、微生物の機能を最大化する植物栽培技術を開発することで、微生物利用を実用的な植物バイオマス増産技術として確立する研究、メタゲノム情報を用いて植物改変を行う研究開発
- ・ 圃場での植物や土壌等の情報解析や、データに基づいた育種の予測モデルプログラムの開発
- ・ 栽培の工学的見地からの革新的な低エネルギーバイオマス生産法の開発

### R3-B18 有用物質高生産細胞をデザインするための合成生物技術、革新的なバイオプロセス技術

物質生産へのバイオプロセス導入による生産エネルギーの低減により、CO<sub>2</sub> 排出削減が期待されます。バイオプロセスの汎用化、スケールアップを目指し、オミックス解析、システムバイオロジー、フラックス解析、ゲノム編集やゲノム合成技術の進展により、微生物の中に人工的な代謝経路を導入し、新たな物質生産能を付与することができるようになってきています。こうした研究により、多様な糖質原料を利用できるようになるのみならず、CO<sub>2</sub> やメタン等低分子ガスから化成品を合成する技術も期待されています。光合成微生物によるCO<sub>2</sub>からの物質生産も期待されています。

しかし、ある経路を導入したとしても、一過的なもの、冗長性の中への埋没、予想した程度の効果が得られない、経路改変・導入により細胞内の代謝バランスやエネルギー・酸化還元バランスが崩れて生育速度が悪くなる等の理由で十分な生産性が得られないことが多く見られます。また、物質生産におけるエネルギー投入量を減少させる必要がありますが、それには独立栄養微生物の機能に学び新しい手法を開発する必要があります。さらに、標的生産物が毒性を示し、生産できないといった問題も生じています。大規模な培養においては、実験室とは異なり生産性が低くなりがちであるという克服すべきハードルもあります。

これらの問題点を解消するために、人工代謝経路とエネルギー・還元力供給系を併せて最適に構築する

等、物質生産に最適に細胞全体をデザインする合成生物技術とその利用に資する開発を公募します。また、大規模な培養に向けて、最適な微生物、細胞デザインの開発も公募します。例えば、以下のような研究開発提案を期待します。

- ・ 多種の微生物に共通で導入が可能な高効率 ATP・還元力再生系の開発
- ・ 電子供給能、化学エネルギー供給能、炭酸固定能等、独立栄養微生物の機能を活用する技術
- ・ 人工的な代謝経路に必要となる人工酵素を効率よく創製できる手法の確立
- ・ 収率やエネルギー利用効率を上げながら毒性の高い物質でも生産できる、遺伝子回路の合理的な設計手法の確立
- ・ 上記を利用して、合成生物学的な設計を行う設計ツールの開発
- ・ 合成生物学的な開発に適したプラットフォーム宿主細胞の開発
- ・ 大規模培養に最適な環境変動にロバストな微生物の開発
- ・ 生物と化学の両プロセスを容易に接続・連関できるような新たなプロセス開発

#### ④ 低炭素社会実現のための循環型高分子材料の創製

##### R3-B19 【異分野シーズの融合運用】低炭素社会実現のための循環型高分子材料の創製

高分子材料(プラスチック、エラストマー等)が、その発明以来長年にわたり我々の生活に利便性と恩恵をもたらしてきたこと、また将来においても有用な材料であることに疑いの余地はありません。一方で、高分子材料の廃棄物は金属等と比べて有効利用される割合が低いことが大きな問題となっています(プラスチック容器包装廃棄物の世界全体での有効利用率 14%<sup>6</sup>、日本での有効利用率 84%<sup>7</sup>)。プラスチック容器包装廃棄物の有効利用率が 84%に達している日本においても、その内訳を見るとマテリアルリサイクルは 23%、ケミカルリサイクルは 4%に留まり、サーマルリサイクルが 57%、単純焼却が 9%、そして、埋め立てが 7%となっており、結果として、全体の 66%が焼却され炭酸ガスの発生源となっています。

人類が 1950 年から 2015 年までの間に製造されたプラスチックの総量は 83 億トンに達していますが、プラスチックの生産量は今後年間 5%増の勢いで増加しており、このままでいくと 2050 年までに累計 330 億トンを超えるプラスチックが生産されると予測されています<sup>8</sup>。よって、このまま進むと大量のプラスチックゴミが廃棄され、ゴミ処理の施設不足の問題や処理(熱回収や焼却)の結果として排出される CO<sub>2</sub> が地球温暖化に及ぼす影響がクローズアップされてくる可能性は極めて高いと言えます。また昨今では陸上から海洋へのプラスチックごみの流出が懸念されており、このままでは 2050 年までに魚の重量を上回るプラスチックが海洋環

<sup>6</sup> 「Single-use plastics: A roadmap for sustainability」(国連環境計画、2018)

<sup>7</sup> 「プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処理処分の状況 2018 年」(一般社団法人プラスチック循環利用協会)

<sup>8</sup> Roland Geyer, Jenna R. Jambeck and Kara Lavender Law, Production, use, and fate of all plastics ever made, Science Advances 2017; 3: e1700782 (19 July 2017)

境に流出すると予測されています。

以上の懸念や問題を抜本的に解決するために、今回の募集では「低炭素社会実現のための循環型高分子材料の創製」を目的とするハイリスク・ハイインパクトな基盤研究・基盤技術に関する研究開発提案を期待します。

ここでの循環型高分子材料とは、限りのある資源から作られる高分子材料が容易に再生産できるように工夫することで、持続可能な形で生態系の中で循環させながら利用でき、その結果として、低炭素社会の実現に資する高分子材料(プラスチック、エラストマー等)のことを指します。具体的には、バイオマスプラスチック\*1、生分解性プラスチック\*2、リサイクル容易なプラスチック\*3、長寿命・自己修復プラスチック\*4、あるいは、同様のエラストマーを挙げることができます。各材料を実現する目的は次の通りです。

\*1: バイオマスプラスチック: カーボンニュートラル

\*2: 生分解性プラスチック: 環境中で完全に分解する材料の創出、プラスチックによる海洋汚染の低減

\*3: リサイクル容易なプラスチック: リサイクルによる焼却廃棄物の低減

\*4: 長寿命・自己修復プラスチック: 長寿命化による焼却頻度の低減

これらの高分子材料について、具体的には次のような材料と創製に係る技術を例示できます(全ての材料はエラストマーも対象に含みます)。

## 1. バイオマスプラスチック

- ・ 高耐熱性、高強度、耐衝撃性、長期安定性等の点で石油系プラスチックを超える特徴を持つ、バイオマス为原料とするプラスチックとその基となる新奇なモノマー合成系
- ・ ナノセルロースで複合化した高機能材料への展開
- ・ 天然ゴムをベースとして用いた高付加価値材料への展開
- ・ 環境低負荷な条件によるモノマー合成技術(水系、常温・常圧、非金属触媒、発酵技術)
- ・ 流動性や離型性、柔軟性や靱性等の性能制御を可能にし、成形や繊維化を容易にする材料の生産(ポリマー重合・成形)技術

## 2. 生分解性プラスチック

- ・ 物理的・化学的・生化学的な特殊刺激に反応する機能が組み込まれており、それが作動することで分解が誘発される生分解性プラスチック
- ・ 物理的・化学的・生化学的な分解が、連続的あるいは同時並行的に働く生分解性プラスチック
- ・ 物理的・化学的・生化学的な分解速度を制御可能な生分解性プラスチック
- ・ 汎用プラスチックの微生物等による分解

- ・ 生分解性の接着剤・添加剤・フィラーの開発
  - ・ プラスチック構造と生分解菌の関係とその最適化
3. リサイクル容易なプラスチック
- ・ ケミカルリサイクルのための分解機構が構造中に組み込まれており、回収後にそれを発動させることでその低分子量体を容易に回収できるプラスチック
  - ・ マテリアルリサイクルを容易にする接着剤・添加剤、フィラー(バイオマス由来を含む)の開発および複合材界面制御技術
4. 長寿命・自己修復プラスチック
- ・ 自己修復機能や分子量が低下しないプラスチック
  - ・ 使用とともに性能が向上するプラスチック
  - ・ 寿命が制御できるプラスチック
  - ・ 上記プラスチックの機能発現メカニズムの解明
5. 上記 1~4 のプラスチックの生産(ポリマー重合)のためのモノマー合成に関する技術
6. 上記 1~5 を進めるために必要な基盤技術
- ・ プラスチックの分解、自己修復、劣化等のメカニズムの解析
  - ・ プラスチックのナノ構造解析と物性相関
  - ・ 上記プラスチックを設計するためのデータ集積とそれを用いた理想構造のシミュレーション技術

以上 1~6 の高分子材料と技術にかかる課題を達成し、循環型高分子の社会実装を実現するためには、バイオ、化学(触媒、重合)、分析・解析、データベース構築、シミュレーション等のあらゆる分野のサイエンスシーズの活用と研究連携(融合)が重要となります。融合事例と想定される例として、生分解プラスチックの合成と分解シミュレーションや、バイオマスプラスチックへの自己修復機能の付与等が挙げられます。研究開発提案書(様式 3)「6. その他」に、提案する研究と他のシーズ(本事業で実施した研究以外も可)との融合構想について記載してください(任意)。

※「異分野シーズの融合運用」について

令和元年度より、サブテーマ「④低炭素社会実現のための循環型高分子材料の創製」において「異分野シーズの融合運用」を導入しました。これは、社会的期待が大きく、より挑戦的な技術課題について、異分野・他制度からの技術シーズを組み合わせ、新たな社会的価値を創成する試みです。

特定のサブテーマについて、異分野・他制度で創出された複数の小規模な技術シーズを募集・育成し、ステージゲート評価を経て大きな研究開発体制に融合していきます。融合後はチーム編成を行い、本格研究に

において目標達成に向けた研究開発を推進します。

- 探索研究では個別に研究開発課題を推進し、探索研究期間中に少なくとも1回のステージゲート評価を行います(この段階でも小規模な融合を行う可能性があります)。本格研究移行時のステージゲート評価に基づいて大規模な融合を行い、大きな研究開発体制でPOCの達成を目指します。
- 他のサブテーマとは研究開発費が異なります。下記の「●期間・研究開発費」をご参照ください。
- 研究開発提案書(様式3)「6. その他」に、本技術シーズが創出された他制度の名称・課題名・研究開発代表者・研究開発期間を記載してください。

### ●成果の適用先の想定

本領域には、上記ボトルネック課題の解決に向けたチャレンジングな研究開発を進めるため、実用化までに長い年月を要する技術も含まれています。そこで、JSTの他事業や他省庁のプログラムと早期に連携を行い、産業界への成果の橋渡しに加え、さらに長期的な取り組みが必要な課題においては、成果をより実用化に近い他の研究開発プログラムへ引き継ぐことも検討します。

### ●関連事業との連携

新エネルギー・産業技術総合開発機構(以下NEDO)の先導研究プログラムのうち、平成29年度に発足した「未踏チャレンジ2050」との連携を進めます。連携は審査段階から行います。2050年の低炭素社会実現に向けた革新的な研究開発の創出のため、JST側では主としてアカデミアを中心としたボトルネック課題の解決を推進し、NEDO側では主として産学連携による産業界のニーズを踏まえた課題の解決を目指します。

### ●実施体制

探索研究においては、出口をしっかりと意識しつつも挑戦的な研究テーマを採択します。ステージゲート評価では、研究が将来の低炭素社会実現に向かっているか、つまり本領域の目標達成に資するかどうかを評価します。ステージゲート評価は単にふるい落とす手段ではなく優れた研究の方向を正しく意識付けると共に、効果的に引き上げ、伸ばす評価であり、将来的にCO<sub>2</sub>排出削減に大きく貢献し得る技術を育成する方法であることにご留意ください。

本格研究においては、「低炭素社会への貢献可能性」を意識した運営を行い、社会実装に向けた研究開発の加速を行います。

### ●研究開発の推進方針

JSTでは、平成22年より「先端的低炭素化技術開発」(ALCA)を実施しています。ALCAは低炭素社会実

現に向けた研究開発に特化したプログラムとして「スモールスタート・ステージゲート方式」を採用しています。この方式は、採択時には比較的研究開発費が少額の課題を多数採択し(スモールスタート)、ステージゲート評価を経て通過した課題は、重点化によって研究規模を拡大する取り組みです。

その他、経済産業省をはじめとする他省庁の関連プログラムおよびプロジェクトとの連携を行う等、2030年頃の成果の社会実装に向けた研究開発の加速、および実用化に向けて成果を橋渡しする取り組みを行っています。

本領域では、このような ALCA の運営方針を踏襲し、よりチャレンジングな目標を掲げた研究開発を推進することで、2050年頃の温室効果ガス排出量の大量削減に貢献することを目指します(図2)。

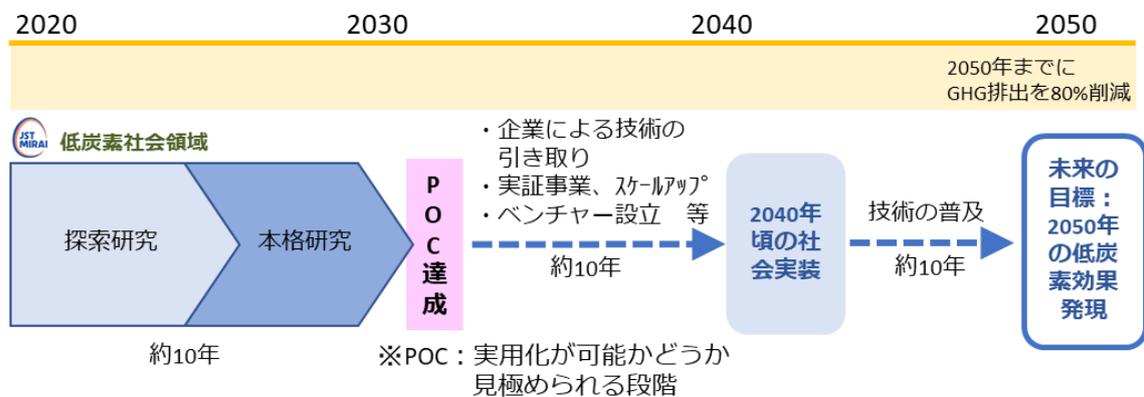


図2 低炭素社会実現に向けたロードマップ

また、ボトルネックの解消等による社会・産業界への大きなインパクトが見込まれた段階で、社会や産業への適用・応用が急速に進むと予想されることから、本領域では探索研究期間の途中であっても積極的に本格研究への移行を検討することとします。また、社会・経済的インパクトの最大化において必要と運営統括が判断した場合は、複数の研究開発課題の融合によるチームの再構成等を行うことも想定しています。

### ●ステージゲート評価について

本領域では、「本格研究」への移行は原則として令和8年度とします。

また、本領域では、探索研究における研究進捗(マイルストーン達成)を評価するものと、本格研究移行の可否を評価するものの、二種類のステージゲート評価があります。本格研究移行のステージゲート評価前には、マイルストーン達成に対するステージゲート評価を少なくとも1回通過する必要があります。マイルストーン及びステージゲート評価の時期は、採択後、担当の研究開発運営会議委員との面談により決定します。ステージゲート評価の結果、進捗によっては早期に本格研究へ移行することも検討します。

**●期間・研究開発費****① 探索研究**

令和3年度に開始する研究開発課題は、探索研究の期間を最長4年半(令和7年度末まで)、研究開発費を探索研究期間全体で最大1.23億円(直接経費)として計画してください。

なお、本領域では、当初予算を少額とし(スモールスタート)、ステージゲート評価を経て重点化する運用を行っています。スモールスタートの趣旨を踏まえ、採択後に予算計画の見直しを要請する場合があります。

**② 本格研究**

本領域では探索研究におけるステージゲート評価を踏まえて本格研究の期間や予算を決定しますが、提案段階における本格研究の期間は最長5年間、研究開発費は本格研究期間全体で総額3.8億円(直接経費)を上限に構想してください。

**※「異分野シーズの融合運用」について****① 探索研究**

令和3年度に開始する研究開発課題は、探索研究の期間を最長4年半(令和7年度末まで)、研究開発費を年間最大500万円(直接経費)として計画してください。ステージゲート評価の結果によっては、研究開発課題の絞り込みや他課題との融合等により増額する可能性もあります。

**② 本格研究**

本格研究の研究開発期間は最長5年間、研究開発費は本格研究期間全体で総額3.8億円(直接経費)を上限に構想してください(総額3.8億円は複数課題を融合した結果の金額です)。

## 6.1.7 「共通基盤」領域



運営統括

長我部 信行

(株式会社日立製作所 ライフ事業統括本部 CSO 兼企画本部長)

### I 「共通基盤」領域の目指すところ

本領域は、広範で多様な研究開発活動を支える共通基盤技術や先端的な研究機器等を対象とする領域として、平成30年度に新設されました。

研究現場は将来の社会に大きなインパクトをもたらす革新的な「知」や飛躍的な製品を創出する源泉です。米国・中国に比べ研究者数や研究費に劣る我が国が研究力を高めていくためには、基礎科学力に立脚した効率的・効果的な研究開発を進めること、そのための革新的な共通基盤を構築することが重要です。しかしながら、研究開発の活力を示す指標の一つである論文生産数はここ数年伸び悩んでおり、日本の研究力の低下が懸念されています。背景には、中国における科学技術イノベーション政策の一層の推進、その他新興国の台頭、我が国の少子化等、社会構造の変化もありますが、これを打破するためには、先端分野の研究者が、近未来に実現すべき目標を共有して分野を超えて連携し、新たな研究分野を拓くダイナミックな取組が必要です。

また、研究現場をより活性化する仕掛けとして、社会のニーズに応える出口指向の研究のみならず、研究現場のニーズに応えるための研究についても着実に推進する必要があります。

このような状況を踏まえ、本領域では①ハイリスク・ハイインパクトで先端的な計測分析技術・機器等の開発、②データ解析処理技術等アプリケーション開発やシステム化、③研究現場の生産性向上等に資する技術の開発の3つの項目を重視し、重点公募テーマとして「革新的な知や製品を創出する共通基盤システム・装置の実現」を設定しました。

共通基盤の構築に向け、上記の観点を重視したシステム・装置化を目指した計測分析技術・機器(目で見える)の開発を目指し、昨今応用展開が急速に進展している数理解析・数理工学に立脚した数理解析・シミュレーション等(計算機で見る)の高度化も取り入れる等、2つの成果を統合して分解能・精度・スループット等を向上

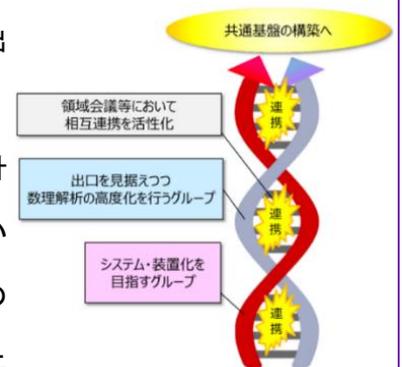


図1 領域運営における仕掛け

させて研究手法を刷新することで、これまでにない新しい価値の創出を目指します(図1)。

## II. 重点公募テーマ

### 革新的な知や製品を創出する共通基盤システム・装置の実現

#### (1) テーマの説明

##### <背景>

昨今、イノベーションによる既存技術の淘汰が頻繁に起こるようになってきました。研究現場も例外ではなく、平成29年にノーベル化学賞の対象となったクライオ電子顕微鏡による膜タンパク分子・単分子の解析手法や、次世代シーケンサーによるゲノム配列決定、遺伝子編集技術 CRISPR-Cas9 等の新しい技術が既存の研究手法を刷新しつつあります。

例えばゲノム解析については、平成15年までに13年間、30億米ドルをかけて終了したヒトゲノム計画に対し、現在は一人あたり1,000米ドル、1日で5人のヒトゲノムを解析することが可能な次世代シーケンサーが実用化されています。解析コストの飛躍的な低減により、ゲノム解析は研究現場における一技術から、テーラーメイド医療の実現に必要な不可欠な医療現場の基盤技術へと拡大し、この技術を持つillumina社は時価総額6.0兆円(令和3年3月現在)の企業に成長しています。

材料開発の研究現場においても革新が進んでいます。一例として、平成23年から推進された米国「マテリアルゲノムイニシアチブ」は、材料開発から商品化までにかかる約20年という期間を、データ駆動科学を駆使して半分にするという大変意欲的な計画であり、既に5億ドル以上が投資されたと言われています。追隨した中国も多くの成果を出しています。

米国・中国に比べ、研究者数や研究費に劣る我が国が研究力を高めていくためには、基礎科学力に立脚した効率的・効果的な研究開発を進めること、そのための革新的な共通基盤を構築することが必要です。

##### <目標>

本領域で創出する基盤技術は、次の目標いずれかの達成に貢献することを期待します。

目標①: 基盤技術の活用により日本の研究力を高めること

目標②: 基盤技術の事業化により我が国の産業競争力を強化すること

本事業は本格研究期間内に POC の達成を目指すものであり、本領域ではプロトタイプを用いて研究現場で有用性の実証を行うレベル(企業等が実用化可能かどうか見極められるレベル)まで到達することを求めます。本領域の成果が、①我が国の研究力向上や、②システム・装置自体が大きなビジネスになるだけでなく、産業・サービスに直接貢献できるような、社会に大きなインパクトを与える事業の創出へつながることを期待しています。

## 重点公募テーマ：革新的な知や製品を創出する共通基盤システム・装置の実現

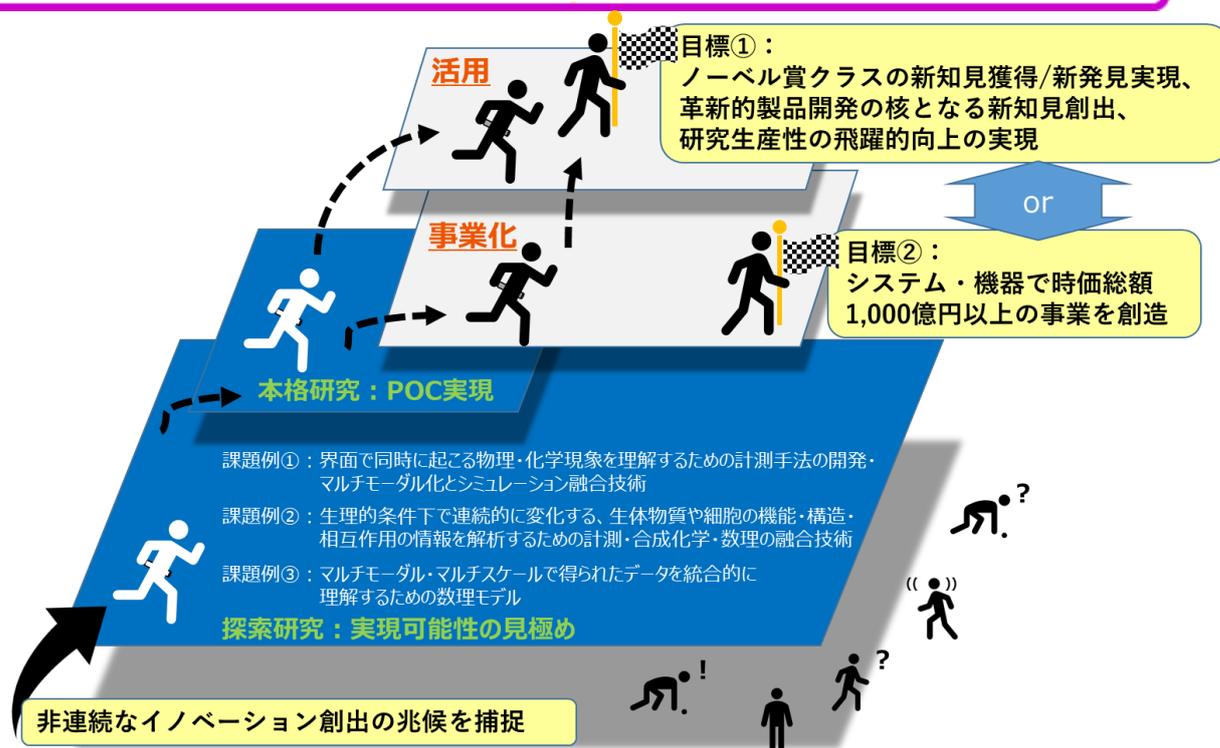


図2 本重点公募テーマの目標と、本領域で実施する研究開発フェーズの概念図

### (2) 募集・選考・研究開発推進に当たっての運営統括の方針

#### ● これまでの募集について

本領域が掲げる重点公募テーマの高い目標を実現するには、目的を共有し、相互に関連する複数課題を同時進行する必要があります。そのため、平成30年度の募集では、以下の3つの項目を踏まえ、広範な領域を研究ニーズにより大別した10のサブテーマ(図3)で研究開発提案を募りました。

- ① ハイリスク・ハイインパクトで先端的な計測分析技術・機器等の開発
- ② データ解析・処理技術等のアプリケーション開発やシステム化
- ③ 研究現場の生産性向上等に資する技術の開発

令和元年度は、重点公募テーマの実現に向けて10のサブテーマによる様々な新しい研究開発提案を募ることを継続しつつ、本領域における研究開発の方向性の重点化にも着手し、以下の2つの「優先的に提案を求める課題」を新たに設定し募集しました。そして、マルチモーダル・マルチスケール解析の進展に資する研究開発提案、スマートラボ実現のためのハイスループット化の進展に資する研究開発提案を採択しました。

- ・Y01: 一原子・分子・細胞から生体・材料の網羅的な理解を促進する計測分析技術・機器の開発
- ・Y02: 研究現場の負荷を低減し、超高品質な実験(サンプル、合成等)に貢献する革新的技術の開発

令和2年度は、令和元年度から10のサブテーマ並びに2つの「優先的に提案を求める課題」を継続しつつ、上記のY01、Y02に不足していた以下の観点を特定し、その充足に資する研究開発提案を採択しました。

- ・Y01 フォーカス:材料界面や生体分子の機能解明につながる「実環境下における物質・分子等の構造・機能解析」の貢献に資する研究開発提案を募集
- ・Y02 フォーカス:本格研究にむけ、材料開発研究のスマートラボ実現を目的とした研究開発提案を中心に募集。特に有機材料合成やハイスループット評価等の提案を採択しました。

### ● 募集・選考の方針

- ・10のサブテーマの募集を継続しつつ、2つの「優先的に提案を求める課題」を新たに設定し重点的に募集します。
- ・「優先的に提案を求める課題」における本格研究を見据えた新たな募集の観点は以下の通りです(詳細は、後述の「研究開発内容」をご確認ください)。

Y01:「材料界面の物理・化学変化を観察するための解析・分析技術」

複雑な階層構造を有する製品・デバイスの革新につなげるため、界面の物理・化学現象を、高度化・マルチモーダル化した計測技術で観測し、マルチスケールな現象間のギャップを数理モデルに基づくシミュレーション(連成解析)を組み合わせる技術を集

※該当する募集区分:サブテーマ ST03、ST04～06、ST09

Y02:「生理的条件下で生体の機能・相互作用の発現機序を明らかにする解析・分析技術」

作用機序に基づく解析機器や創薬の創出につなげるため、生理的環境下で連続的に変化する物質、細胞内小器官、細胞の動態・相互作用の発現因子を計測し、獲得したデータの解析手法、分子動力学(MD)法等を組み合わせる生体機能・相互作用の発現機序を解明する技術を集

※該当する募集区分:サブテーマ ST04、ST03、ST05～06、ST09

- ・「要素技術タイプ」については、令和2年度に引き続き、募集区分 ST09「多様な実データから真理を追究する数理モデルや解析手法の構築」に限定して募集します。
- ・採択件数は6～9件程度を予定しています。

**重点公募テーマ：革新的な知や製品を創出する共通基盤システム・装置の実現**

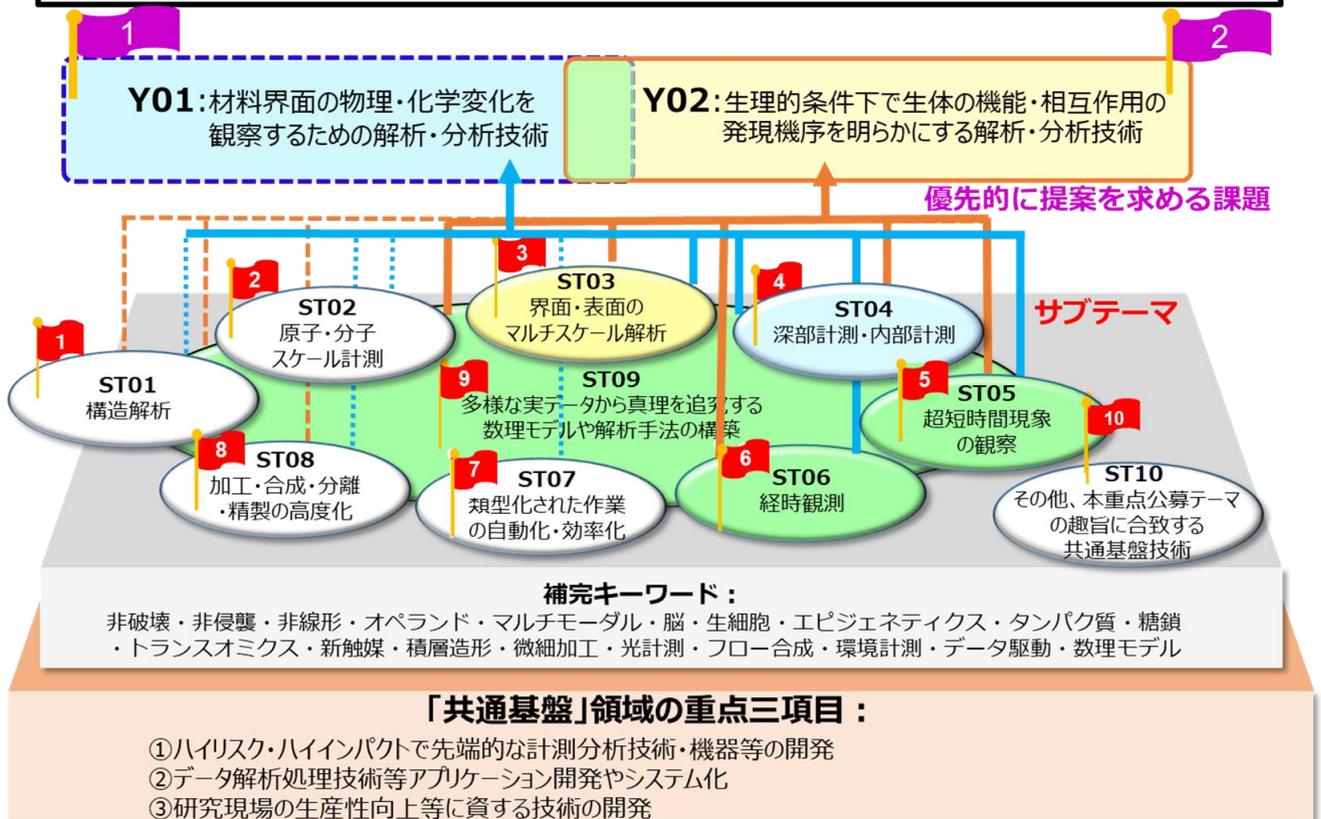


図3 令和3年度版「共通基盤」領域の優先的に提案を求める課題とサブテーマの俯瞰図

● **要素技術タイプの募集について**

本領域では本格研究への移行を目指す「探索研究(通常タイプ)」の研究開発提案に加え、本格研究による重点公募テーマの実現に貢献する「探索研究(要素技術タイプ)」の研究開発提案(2.1.1 探索加速型について、2.1.3/2.1.5 探索加速型(要素技術タイプ)の研究開発提案書(様式)記入要領をご参照ください)を募集します。

要素技術タイプの研究開発代表者は、その成果が単独で本格研究に移行することではなく、本領域の重点公募テーマの下で実施される本格研究に導入されることを前提に、POC 達成のための要素技術を確立等することを目的に研究開発に取り組んでください。

なお、要素技術タイプは募集区分 ST09「多様な実データから真理を追究する数理モデルや解析手法の構築」に限って募集します。募集区分 ST09 にて詳細を記載しますのでご参照ください。

(注意事項)

令和3年度の要素技術タイプは ST09 のみが応募対象です。ST01～08、10 並びに Y01～02 は対象外であり、応募タイプの様式を誤って提案された場合は、評価の対象外となりますのでご注意ください。

本領域では、採択課題の代表者は、テーママネージャーの助言を受けつつ、研究開発を進めていただきます。

● テーママネージャー(五十音順)



テーママネージャー

合原 一幸

(東京大学 特別教授室 特別教授)



テーママネージャー

岡島 博司

(トヨタ自動車株式会社 先進技術開発カンパニー 先進技術統括部 主査／担当部長)



テーママネージャー

佐藤 孝明

(株式会社島津製作所 シニアフェロー・基盤技術研究所ライフサイエンス研究所長  
／筑波大学プレシジョン・メディシン開発研究センター長)

## ● 募集する研究開発内容

募集・選考の方針に記載の通り、令和3年度は以下の2課題に関連する研究開発提案を優先的に求めます。なお、後に記載するサブテーマに即す優れた研究開発提案については、以下の2課題との関連に関わらず、採択の対象とします。どちらの研究開発提案に当たっても、課題を解決した時の社会的インパクトの大きさ、実現するための現状と既存の技術のギャップの明示とそれを埋めるための方針、国際的な競合技術分析との比較や、企業等のPOCの引き取り手が期待を持って参画しているか(予定を含む)という観点からも、可能な限りの提示がなされることを望みます。

また、選考は「優先的に提案を求める課題」や「サブテーマ」単位で独立して行うものではなく、全てを同時に比較検討して進めます。選考の結果、採択課題が複数あるサブテーマもあれば、採択課題のないサブテーマがある可能性もあります。

### ① 優先的に提案を求める課題

募集区分	優先的に提案を求める課題名
Y01	材料界面の物理・化学変化を観察するための解析・分析技術
Y02	生理的条件下で生体の機能・相互作用の発現機序を明らかにする解析・分析技術

#### 1) 材料界面の物理・化学変化を観察するための解析・分析技術(募集区分:Y01)

マテリアル産業と、それを基盤にした電子部品や自動車等の製品で、我が国は世界で高いシェアを保有していますが、リチウムイオン二次電池に見られるように、かつては日本が、研究開発も産業も圧倒的に優位であったものの、昨今では優位性を失いつつある分野も出てきています。そのような状況の中、課題解決に直結する材料に対する要求性能は高機能化のみならず、二律背反機能の両立等多岐にわたるようになり、いかに材料開発を効率的に進めるかの難しさに直面しています。電池、半導体、複合材、タイヤ、触媒等に代表される複雑な階層構造を有する製品・デバイスでは、様々な階層において異種材料間、同種材料内に界面が存在し、界面における物理・化学現象が性能、耐久性に大きく関わっているため、単に優れた性能の材料を組み合わせるだけでは高性能化、高耐久化を達成することができなくなっています。そのため、直接界面を計測することに加え、計測できない界面はシミュレーション技術を通して界面で起きる物理・化学現象を俯瞰的に理解することが、製品・デバイスの飛躍的な高性能化・高耐久化を達成するために極めて重要です。

界面の種類には、固体／固体、固体／液体、固体／気体、液体／液体、液体／気体、気体／気体が存在し、これら全種類が対象とはなりますが、ここでは固体／固体、固体／液体を中心に扱うものとします。

令和3年度の募集では、複雑な階層構造を有する製品・デバイスの界面の物理・化学現象を理解するために、計測技術の高度化・マルチモーダル化と数理モデルを用いて界面の物理・化学現象をマルチスケール

につなぎ、俯瞰的に理解するためのシミュレーション技術を組み合わせた研究開発提案を求めます。

界面の物理・化学現象とは、電子・イオン・物質の移動、イオンの空間電荷層が作る電位分布・イオン分布、欠陥や亀裂の進展・金属の析出・界面への原子侵入等の構造変化、化学反応による生成物等を示しています。

以下に、これらの変化を計測する技術とシミュレーション技術に分けて、求める技術内容を具体的に例示します。

- 計測技術の高度化では、半導体を例として示します。電解効果トランジスタ(FET)の一種 FinFET はチャネル長が 10nm 以下に微細化が進んでいます。従来、二次イオン質量分析法(SIMS)では空間分解能が  $1\mu\text{m}$  であることからゲート電極/層間絶縁膜界面等の組成分析を行うことはできませんでした。最新の三次元アトムプローブ顕微鏡では空間分解能が 0.5nm と透過型電子顕微鏡(TEM)並の空間分解能で、先端径 100nm に加工した針状 FinFET を計測可能であることから、所望界面の原子レベルの構造解析を行うことができますが、試料作製に手間がかかります。研究開発提案においては、計測対象界面を設定し、従来技術と比較した上で空間・時間分解能、スループット、試料作製方法の工夫等、分析技術として優れた点を明確化してください。
- 計測技術のマルチモーダル化では、全固体電池を例として示します。全固体電池では電極/固体電解質界面に形成される数 nm 厚みの空間電荷層や固体電解質の粒界が性能や耐久性に大きく関わっていることから、充放電中の電極/空間電荷層/固体電解質、固体電解質の粒界における電位分布、イオン分布を異なる分析技術で計測することを求めます。メソスケール(nm $\sim\mu\text{m}$ )、原子スケール(nm)のように界面の異なる空間スケールを同時に異なる分析技術で計測する場合や、同一スケールにおいても 2 つの分析技術を 1 つのプローブにまとめたマルチプローブ技術で計測する場合等が考えられます。具体的な例として、正極と硫化物固体電解質界面を放射光による角度分解 XAFS 法と電気化学測定法を組み合わせで計測を行い、界面における化学反応が全固体電池性能に及ぼす影響を理解することが考えられます。研究開発提案においては、計測対象界面を設定し、分析技術を組み合わせでどのような界面の物理・化学変化を観察しようとしているか明確化してください。
- 経時的な計測を実施する中で、次の計測条件をリアルタイムでフィードバックをかけ、より最適な条件で計測を行っていく条件を特定するためのループを構築していくことも課題として検討し、提案してください。
- 直接界面反応を観察・計測することが困難な場合、シミュレーション技術により界面の物理・化学現象を理解することが極めて重要です。シミュレーション技術には階層構造に応じスケール毎に原子スケールの第一原理計算、分子動力学(MD)計算、メソスケールの粗視化モデル、マクロスケール(mm)の有限要素法等がありますが、ここでは第一原理計算から有限要素法までを組み合わせ、複数の物理(電流、磁場、流体等)・化学現象をマルチスケールにつなぎ、俯瞰的に理解するための「連成解析・マルチフィジックス」

を可能とする数理モデル・計算手法を用いたシミュレーション技術を求めます。

- リチウムイオン二次電池を例に示します。活物質、導電助剤、結着剤等から成る合剤電極は充放電により体積変化が劣化を引き起こし、単セルから電池パックへスケールアップした時にマクロスケールの温度分布、体積分布が性能、耐久性に大きな影響を与えます。界面反応の基礎的理解からデバイスの特性、性能、耐久性の予測シミュレーション技術まで連続して拡張することが望ましいです。研究開発提案においては、界面の物理・化学現象をマルチスケールに繋ぎ、界面の物理・化学現象を俯瞰的に理解するための数理モデルを用いたシミュレーション技術、最終的には製品・デバイスの性能、耐久性にどのように関連づけることを目指すのかを示してください。

## 2) 生理的条件下で生体の機能・相互作用の発現機序を明らかにする解析・分析技術(募集区分:Y02)

世界的に競争が激化する健康・医療分野の研究加速のため、従来行われている計測機器毎に最適化された条件での測定に対し、夾雑物の存在下や細胞内を想定した高濃度状態での測定等、生体内環境に対応した生理的条件下で、連続的に変化する物質、細胞内小器官、細胞の動態・相互作用の発現機序を解析可能な技術を求めます。また、生体試料(臨床サンプル)を用いた、新たな計測システムの研究開発提案や、既存のモダリティとの組み合わせによる新たな知見創出に向けた研究開発提案も歓迎します。

なお、本区分では、創薬・細胞治療・医療機器・農薬・機能性食品等の分野に広く適用される技術、かつPOC 達成を見据えた研究開発提案を期待します。研究開発提案に当たっては、競合技術との比較の上、優れている点とPOC が達成された時に期待される社会的インパクトをできる限り明示してください。

以下に、各分野の計測分析技術・機器の現況を踏まえ、生理的条件下で生体の機能・相互作用の発現機序を明らかにするための解析・分析技術の必要性や求めるべき性能等を例示します。

- 脳神経科学分野において、脳領野間あるいは細胞間での解析を行う脳神経ネットワーク機構研究が注目されています。特にアルツハイマー病等の神経疾患の発生機序解明には、個々の神経細胞の活動に加えて、神経回路(ネットワーク)自体がどのように接続され情報処理が進んでいくのかをリアルタイムで観察する必要があります。しかしながら従来の電気生理学的手法では、時空間分解能に限界があります。例えば、3次元空間的に配置された複数の任意の神経細胞に刺激を同時に与えることができる技術や、その刺激に伴う反応を、空間分解能  $1\mu\text{m}$  以下・時間分解能 1 ミリ秒以下で、3次元空間において計測できる技術、また、標的細胞をマーキングする技術を加えることによって、機能結合情報が得られた細胞の分子発現解析(トランスクリプトーム解析)を行う技術等を加えることにより、統合的な理解の進展が期待されています。
- がん研究分野においては、正常細胞(免疫細胞、線維芽細胞、リンパ球等)、生体分子、細胞外マトリックス、血管や免疫抑制性分子等から構成される癌細胞周囲を囲む微小環境での細胞間の相互作用が注目

されています。癌細胞は微小環境から栄養の供給を受ける等、癌細胞と微小環境は相互に影響を及ぼし合っており、微小環境が癌細胞の縮小や増殖にも影響を及ぼし、様々な細胞から成るがん微小環境を制御することが、癌増殖のメカニズム解明に重要であると考えられていますが、このような相互作用の発現機序に関しては十分な理解が進んでいません。

複数の要因により引き起こされる細胞同士の複雑な相互作用(免疫担当細胞の浸潤機構等)の発現機序を解明するために、光学・電子顕微鏡の画像等から得られる情報を飛躍的に向上させる計測技術の開発、そこから得られる大量の画像情報と解析ゲノム情報等のように従来別々に扱われてきた情報を高精度に統合する技術開発(ここから得られた高次元のデータから、機械学習やデータ解析技術を用いて異常細胞と正常細胞を判別可能な特徴的情報を抽出する等)も期待されています。

- 神経疾患や癌の原因として、ミトコンドリア等の細胞小器官が深く関わっていることが示唆されていますが、従来の技術では細胞内の物質の局在化した位置・動態の観察には不十分でした。

これらの疾病の治療や創薬研究の促進に資するメカニズム解明のためには、例えば細胞内(平均  $20\mu\text{m}$  程度)の様々な生体内分子の構造やその動態を生理的条件下で解析する必要があり、空間分解能  $1\mu\text{m}$  以下・時間分解能  $1$  ミリ秒以下で測定可能となるような新たな解析技術・機器が必要です。また、時間分解能  $1$  ミリ秒以下で  $100\text{nm}$  以下の空間分解能をもつ測定法も期待されています

- 上記の解析を実現するためには、計測技術・機器の空間・時間分解能の向上のみならず、生理的条件下で機能を損なうことなくタンパク質や細胞内小器官や細胞等を観測するための技術(非侵襲な化学プローブ、透明化技術等)や、細胞内環境における高濃度状況で挙動解析を実現するために、計測技術とミリ秒以下の時間分解能でタンパク質や低分子化合物の動きをシミュレーション可能にする分子動力学(MD)法等の計算科学との融合も重要です。

また、ミクロからマクロの視点で統合的に生体を理解するためには、従来の異なる試料・異なる解析手法や様々なイメージング情報、ゲノムやプロテオーム等、様々なオミクスデータの実験情報を統合する必要があり、同一サンプルを用いた同時測定技術や数理モデル・数理データ解析技術・情報処理技術等を含む研究開発提案も引き続き歓迎します。

## ② サブテーマ一覧(継続)

募集区分	サブテーマ名
ST01	構造解析
ST02	原子・分子スケール計測
ST03	界面・表面のマルチスケール解析
ST04	深部計測・内部計測
ST05	超短時間現象の観察
ST06	経時観測
ST07	類型化された作業の自動化・効率化
ST08	加工・合成・分離・精製の高度化
ST09*	多様な実データから真理を追究する数理モデルや解析手法の構築
ST10	その他本重点公募テーマの趣旨に合致する共通基盤技術

\* 令和3年度は本募集区分に限定して、「要素技術タイプ」の研究開発提案を求めます

他の募集区分と研究費上限が異なりますのでご注意ください(後述の「期間・研究開発費」をご参照ください)

※ e-Rad での申請の際に、「優先的に提案を求める課題」(Y01 か Y02)または「サブテーマ」(募集区分 ST01～ST10)で該当する番号を選択してください(複数選択可)。

※ 要素技術タイプへの申請は提案書様式が異なりますのでご注意ください(2.1.3/2.1.5 探索加速型(要素技術タイプ)の研究開発提案書(様式)記入要領参照。要素技術タイプについては e-Rad での申請の際に「ST09」を選択ください)。

### 1) 構造解析(募集区分:ST01)

本サブテーマでは、複雑な構造を持つ物質の構造解析を行うための基盤技術開発を行います。

マテリアルサイエンス分野では、新たに作成した材料の構造を詳細に把握し、物性との相関を解明して次の新材料設計に役立てたいというニーズが数多くあります。特に多元系材料、不均一系材料、高分子複合材料等の構造解析や、構造上の欠陥、ドーパントの位置情報の把握が課題となっています。軽原子の分析が困難であることは長らく課題となっていますが、これを解決する手法や、既存方法より簡便で正確な解析技術の開発が依然として求められています。

ライフサイエンス分野では、生体内の各種分子の構造解析は、健康・医療分野、特に創薬研究における重要な開発要素となっています。例えばクロマチンや複合タンパク質、膜タンパク質の高次構造、ペプチドの立体構造、さらには糖鎖構造等が創薬ターゲットとして注目されています。

さらに構造解析の概念を広く捉えれば、DNA の配列決定についても高いニーズがあります。現在主流となっている次世代シーケンサーと呼ばれる解析技術の次の世代を目指した、既存の手法を格段に向上させるような技術開発が求められています。

特に、近年、極微量サンプルに対する構造解析ニーズが高くなってきています。例えば、従来の結晶構造解析は、測定に足る結晶を作る必要がありますが、解析可能な化合物の種類を限定したり、結晶化プロセスに長時間を有する等、研究を進める上で大きな制約になっていました。仮に、これが比較的小さな結晶や混合状態であっても構造解析が可能になれば、今まで得られなかった構造に対する知見を得られることに加え、研究開発効率を大きく向上させることが期待されています。

### 2) 原子・分子スケール計測(募集区分:ST02)

本サブテーマでは、系全体に様々な影響を及ぼす原子・分子スケールの様々な対象を計測する手法の開発を行います。

マテリアルサイエンス分野では、材料の持つ物性・特性を理解するため、電場・磁場・光子・フォノン・スピン・電子状態・振動状態・ゆらぎ等を計測することが求められています。

ライフサイエンス分野では、分子集団における平均値ではなく一分子の振る舞いを個別に観測することが求められており、膜タンパク質、特に GPCR や Channel 等の構造と各種リガンドとの一分子解析、マイクロ流体力学を用いた一分子分離や機能評価、さらには生細胞における一分子解析のための計測技術等がニーズとして挙げられています。

### 3) 界面・表面のマルチスケール解析(募集区分:ST03)

本サブテーマでは、特に界面・表面に着目し、局所の測定のみならず、マイクロからメソスケール、マクロ

スケールの解析を行うための研究開発を実施します。

マテリアルサイエンス分野では、材料設計やトライボロジー等に関する研究においてマイクロからマクロの観点までの評価が必要となっており、物質の特性評価や性能向上のための研究開発の一環として、詳細かつ広範囲に対象を解析する技術の発展が望まれています。これらの研究を通じて、信頼性と耐久性に優れた製品の開発が実現し、省資源・省エネルギー化等に貢献することが期待されています。

ライフサイエンス分野では、細胞膜の一部だけでなく、細胞膜全体でどのような分子がどのように分布しているかを解析することが望まれています。特に細胞の表面における膜タンパク質等は、細胞と細胞外のコミュニケーションのための重要な解析対象であり、例えば細胞を利用した物質生産を社会実装しようとする研究開発現場においても、現象の解明に資する詳細な解析が望まれています。

#### 4) 深部計測・内部計測(募集区分:ST04)

本サブテーマでは、物質の深部・内部の構造や内部現象を測定するための技術開発を行います。

マテリアルサイエンス分野では、電池や構造材料の品質確認・評価のための内部劣化状況の測定や、内部の不純物検出、機能発現状況の解析を目的とした内部における化学変化の様子等を観測することが求められています。

ライフサイエンス分野では、細胞内小器官、がん微小領域における細胞間相互作用、血管内細胞動態、臓器内一細胞解析、脳解析(神経可塑性解析)等のための深部計測が求められています。

なお、詳細は応募区分 Y02 の説明をご参照下さい。

また、観測過程での状態変化を惹起しないよう、特に低侵襲・非破壊・非侵襲で行うことが分野を問わず重要なニーズとなっており、これらを踏まえた計測技術の開発が求められています。

#### 5) 超短時間現象の観察(募集区分:ST05)

本サブテーマでは、化学反応の遷移状態等、超短時間の現象を観察する技術として、既存の計測の時間分解能を劇的に向上させることを目標とした研究開発を実施します。

例えば電子は非常に短い時間で移動するため、通常の計測手法ではこのような超短時間現象を直接観察することは困難です。一方で、様々な分野の研究現場のニーズとして、例えば製品開発に向けて物理特性を理解するために超短時間現象を説明する仮説を構築する場合がありますが、その検証を行うための超短時間現象の観察技術が求められています。フェムト秒レーザー、アト秒レーザーの制御や、検出性能の向上によるポンププローブ法の高度化等新たな手法の確立が求められています。

#### 6) 経時観測(募集区分:ST06)

本サブテーマでは、個々の分野や研究対象においてニーズの高い、インパクトのある経時観測のための技術開発を実施します。

マテリアルサイエンス分野では、触媒上における化学反応の進行を観察・計測するようなニーズに加え、全固体電池の内部熱伝導を観測する技術、材料の劣化がどのようなきっかけで進んでいくのかを理解するための観測技術も大きなニーズとして挙げられます。測定に時間のかかるクリープ現象の解明や、加速劣化試験の効率化のための新たな測定方法等を介した新知見も求められています。これら技術の発展により、製品の耐久性・信頼性の向上が期待されます。

ライフサイエンス分野では、遺伝子発現の量的解析、DNA メチル化等の時系列修飾、タンパク質や代謝物等の各種オミクス解析、薬物動態等の経時的観測のための1週間~1ヶ月単位で計測可能な新たなプローブ等の新技術が求められています。

#### 7) 類型化された作業の自動化・効率化(募集区分:ST07)

本サブテーマでは、研究現場で既に類型化されている作業を自動化・効率化することで、研究生産性の飛躍的向上・加速を実現し、より短時間に目的とする成果に辿り着くことを目指します。

ニーズ、対象は様々なものが想定されますが、例えばマテリアルサイエンス分野では、望みの原子配列を持った新奇材料の作製をひとつひとつの原子層を重ねることで実現する技術がありますが、熟練の作業・技術が必要となるため、自動化・ロボット化による効率化とともに技術継承を簡便にすることが求められています。コンビナトリアルケミストリーにおける化合物ライブラリー作製の自動化についても高いニーズがあります。

ライフサイエンス分野では、各種生化学、分子生物学実験の自動化、効率化、高速化が求められており、具体例としてオミクス解析の前処理の標準化と自動測定が挙げられています。また、自動化のみならず、様々な測定前処理の高度化、簡略化についても重要な研究開発として求めます。

#### 8) 加工・合成・分離・精製の高度化(募集区分:ST08)

本サブテーマでは、研究現場における汎用技術である、加工・合成・分離・精製技術の高度化についての研究開発を行います。

##### <加工技術・合成技術>

マテリアルサイエンス分野では、結晶成長技術、微細加工技術、積層造形技術等について高度化が求められています。例えば、新奇材料創製のための結晶成長装置について、作製した試料の細かなパラメータが使用した装置によって変化してしまうという問題点も指摘されており、根本的解決が求められ

ています。

ライフサイエンス分野では、化学合成のプロセスを AI 等を活用して検討し、さらにモジュール型のフロー合成システムを構築することで物質生産の効率を向上させる手法についても議論されています。このような装置の実現により、医薬にとどまらず、食品、化粧品等の様々な産業での活用が期待されている機能性ペプチドや、感染症ワクチンとして注目を浴びている RNA や抗体の開発期間の短縮と併せて、高純度化やコストの低減が可能になることが期待されています。

#### <分離技術・精製技術>

ライフサイエンス分野では、生体サンプルからのタンパク質の精製技術が挙げられます。とりわけ複合タンパク質や素過程にあるタンパク質は研究要素のみならず創薬標的としても高いニーズがあります。また、細胞内の粒子や細胞外に放出されるエキソソーム等の分離・精製についても収率、純度の観点等多くの課題があり汎用技術の開発が求められています。

さらに、マテリアルサイエンス・ライフサイエンス分野ともに、従来精製を前提としていた計測を、非精製な状態でも可能にする様な新たな計測技術も望まれています。

ST07 と概念が一部重なりますが、ST07 はあくまで類型化された作業として加工・合成・分離・精製が既にできているものを自動化する技術、ST08 では、基本となる要素技術はあるものの、現時点で実現できていない加工・合成・分離・精製を行う技術と整理しています。ST07 と ST08 の双方の要素が含まれる研究開発提案も歓迎します。

### 9) 多様な実データから真理を追究する数理モデルや解析手法の構築(募集区分:ST09)

本サブテーマでは、目的とする特性や性能の予測可能性に資する「本質的な情報」を記述・抽出するための数理モデルや解析手法、測定技術の抜本的改革を先導し得る新たな数理的手法の開発が求められています。

マテリアルサイエンス分野では、物性評価や、マテリアルズ・インフォマティクスにおいて大規模データ活用の重要性は認識されており、それらのデータ蓄積から生まれる新たな数理モデルや解析手法は、実現象を理解するために本質的に重要な役割を果たすものと大きく期待されています。具体的には、電気化学反応や触媒反応等のデータ等が当該研究現場で蓄積されてきましたが、現場の専門家と協働し、機械学習・ベイズ最適化等を用いて整理し、記述子を定め、さらにはスパースモデリング等を活用して適切なパラメータを解明する、というサイクルを構築することで、材料開発の複雑な反応制御が初めて可能となり、新材料開発の加速につながります。

ライフサイエンス分野では、計測された大量のデータを解析する新たな手法・計算手法の構築に向けた数理的基盤技術も重要です。例えば ST06 で観測された生命動態の測定情報は、生命現象を理解す

るために統合的な数理データ解析が必要となります。RNA・DNA・タンパク質・代謝物質といった物性の異なる分子群(オミクス階層)、細胞内のオルガネラ等の動態を可視化する技術を統合した多階層オミクスデータの取り扱いを可能にする新たな数理モデルの研究開発提案や従来の解析機器では拾えなかった信号の処理を可能にする数理科学的・数理工学的解析により、単に階層(分子・細胞・組織・個体レベル)毎の解析ではなく階層間の相互作用を含む統合的ネットワーク構造を解明することで生命現象をより深く理解することが求められています。

要素技術タイプでは、本領域のコンセプトを重視して、特に計測分析やデータ処理分野に関わる「本質的な情報」を記述・抽出するための数理モデルや解析手法・測定技術の抜本的改革を先導し得る新たな数理的手法の開発等の研究開発提案を中心に求めます。

例えば、何れの分野においても計測技術とシミュレーション技術の融合を可能とする分子動力学(MD)法、多階層データや複数の物理・化学現象を簡易かつ精度よくつなげ、現実解に近付けるための数理モデル・計算手法・データ解析(第一原理計算から有限要素法までを組み合わせる連成解析等)の技術が求められます。また、研究現場から得られた多元的でノジリーな時系列データを元に、そのデータを生み出したシステムの非線形ダイナミクスを推定して数理モデル化し、背後に潜む法則性を取り出すデータ駆動型の数理モデル構築技術や、近年の AI・機械学習等の進展を踏まえ、光電子工学やスピントロニクス、また生命科学分野やロボティクス等へ応用されつつある「リザーバー計算法」(ネットワーク内部の複雑な応答に適切な重みを掛け合わせることで、目的にあったものを取得する計算方法)等の新たな動的情報処理手法は、学習時間の大幅な短縮やセンサや複雑な時系列解析等への多様な応用が期待されます。このような新規の発想に基づく数理的手法を本領域で目指す「優先的に研究開発提案を求める課題」に適用するような研究開発提案も望まれます。

本サブテーマにおいては、各分野の専門家との密な議論を通じて、数理モデル開発や数理データ解析を可能とする柔軟性・汎用性を持つ新たな数理科学者・数理工学者の参入を期待しています。

※ 研究開発提案の内容に応じた適切な予算規模でご提案ください。下限は設けていません。

#### 10) その他本重点公募テーマの趣旨に合致する共通基盤技術(募集区分:ST10)

上記 9 つのサブテーマに限らず、本重点公募テーマや優先的に提案を求める課題の趣旨に合致する、研究開発の現場で「今」あなたが必要だと考える基盤技術を創出する研究開発提案を求めます。

また、分野に関わらず、本領域のコンセプトに合致する、斬新なアイデアを歓迎します。

ST01～ST09 から選択が難しい場合には、本サブテーマ(ST10)を選択してください。これまで見えなかったもの、計れなかったものを、「見える化」、「計れる化」するための、科学技術による解決手段となるような研究開発提案をお待ちしています。

### ● 成果の適用先の想定

本領域では、JST の他事業(研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP)・出資型新事業創出支援プログラム(SUCCESS)・大学発新産業創出プログラム(START)等)や他府省のプログラムと好機を捉えて連携し、スタートアップ企業や産業界への成果の橋渡しに加え、さらに長期的な取組が必要な課題においては、より実用化に近い他の研究開発プログラムへ成果を引き継ぐことも検討します。

### ● 関連事業との連携

本領域では、革新的な知や製品の創出を目指し、研究活動に高いインパクトを与えるチャレンジングな研究開発を推進するため、JST の他事業や他府省のプログラムと密接に連携を行い、各プログラムの成果の活用を研究段階において積極的に進めます。

また、これまでに本領域の前身となる JST 先端計測分析技術・機器開発プログラム(令和 2 年度終了)等では、多くの研究開発ツールが実用化されているため、本領域への研究開発提案を検討されるにあたりご参照ください。

さらに、ユーザーニーズを踏まえた研究開発を推進する観点から、共用施設・設備等との連携も歓迎します(4.12「研究設備・機器の共用促進について」参照)。

### ● 研究開発の推進に当たっての方針

本領域では、チャレンジングな研究開発課題への取組に当たって、従来の学術分野にとらわれない異分野融合の積極的な推進や、若手研究者の参画、企業とアカデミアの積極的な連携を推進する等、研究開発体制のダイバーシティを活用し、斬新なアイデアを取り込むことを重視します。テーママネージャーを含む研究開発運営会議委員による研究開発計画の確認やサイトビジット、研究会等を通じて、適切な助言・指導を行えるマネジメント体制を整え、運営統括・研究開発運営会議委員と研究開発実施者が一体となって、研究開発手法を刷新し、革新的な知や製品を創出する共通基盤システム・装置の実現を目指します。

また、探索研究から本格研究への移行に際しては、研究課題に参画するチームや研究課題の統合・再構築等を積極的に行うことを想定しています。

### ● 期間・研究開発費

令和 3 年度に開始する研究開発課題は、探索研究の期間は最大 2 年半(令和 5 年度末まで)、研究開発費は探索研究期間全体で最大 3,500 万円(通常タイプ、直接経費)、最大 2,300 万円(要素技術タイプ、直接経費 ※ST09 のみ)として計画してください。令和 5 年度末までの運営統括が指定する時期に本格研究への移行にかかる審査を受けていただきます。

本格研究の期間は最大5年、研究開発費は本格研究期間全体で総額5.7億円(直接経費)を上限に構想してください。ただし、ST09「多様な実データから真理を追究する数理モデルや解析手法の構築」への研究開発提案の総額は、内容に応じた適切な予算規模としてください(下限は設けていません)。

なお、採択後は研究内容に応じて柔軟な予算配分を行います。

## 6.2 大規模プロジェクト型

大規模プロジェクト型では科学技術イノベーションに関する情報を収集・分析し、現在の技術体系を変え、将来の基盤技術となる技術テーマを文部科学省が特定します。令和3年度は本項に示す技術テーマについて、研究開発課題の提案を募集します。



運営統括

大石 善啓

(三菱総合研究所 常務研究理事／シンクタンク部門長)

### 6.2.1 大規模プロジェクト型の運営方針

#### (1) 募集・選考・研究開発推進に当たっての運営統括の方針

大規模プロジェクト型では、未来社会を創造する先進的な技術を選定し、技術の実用化、社会実装が可能であることを見極められる段階(概念実証:POC)を目指した研究開発を進めます。そして、POC 達成後には、幅広い分野へのインパクトを有する基盤技術として、社会課題の解決、未来社会の実現、新産業の創出に適用、展開されることを期待しています。

大規模プロジェクト型の技術テーマは、上記の観点から注目すべき技術分野を選定して設定しています。そして、これらの技術を社会実装につなぐPOCは、適用先やビジネスモデルを明確に見据えて、研究開発代表者(PM)自身に設定して頂きます。PMは、高く挑戦的な目標を設定し、目標達成によって結実する成果が社会課題の解決や新産業の創出につながるよう高い志を持って構想を描いてください。同時に、POC達成後の社会実装のビジョンや、将来の社会・産業に革新をもたらすアウトカムを具体的に描き、未来社会創造という事業目的につながる計画を求めます。

このためには、我が国のトップレベルの研究開発力及び知識を結集できることが肝要です。大規模プロジェクト型における採択の評価基準は「2.2.2(4) 選考の観点」に記載されていますので、必ずご参照ください。研究開発を進める中では、新たなメンバーの参画や、新たな知見・技術の導入を含め、様々な技術分野、研究者・研究機関等の適切な機能分担及び融合が促される広い視野のマネジメントがなされることを期待します。

大規模プロジェクト型では、POCを目指した研究開発を推進する中で民間投資の誘発を必須としています。民間投資の誘発を図るため、早期からの企業の参入を推奨しており、特に第1のステージゲート評価では資

金導入対象機関から所定の規模の資金導入を求めています(「3.4.2 大規模プロジェクト型における評価」に記載されていますので、必ずご参照ください)。PM におかれては、POC 後の展開まで見据え、自らが立案した独創的かつ優れた研究開発構想に基づき、POC の設定やその達成に向けてバックキャストしたマイルストーンの設定等を行い、積極的かつ柔軟に企業等と対話しながら、研究開発を推進していただくことを強く希望します。

なお、研究開発計画書を策定するにあたり、運営統括の指示で、一定期間の作り込み期間を設ける場合があります。研究開発開始後も国内外の研究開発動向や社会環境の変化等に鑑み、必要に応じて研究開発計画を大胆に見直す等、柔軟に実施してください。

## (2) 募集・選考・研究開発に当たっての方針

### 安全・安心かつスマートな社会の実現につながる革新的マイクロ波計測技術

Society 5.0 として、サイバー空間とフィジカル空間の融合による持続可能で強靱な社会の実現が求められ、これまで困難であった対象物の計測・検出を可能にする等デジタル化に資する研究・技術開発は、気候変動による気象災害の甚大化や社会インフラの老朽化への対応等、様々な社会課題の解決にとって重要な基盤となります。

近年、周囲の環境変化の影響を受けづらく、地上や宇宙において様々な状態をセンシングできるマイクロ波計測技術が、気象観測、医療診断、インフラ管理など幅広い分野へ適用可能な技術として期待されています。マイクロ波計測技術は、対象物にマイクロ波を照射してその反射・散乱を計測するレーダ技術と、対象物が放射するマイクロ波を受動的に観測する放射計に大別されます。今後、これらの技術の適用先を拡大していく上では、例えば従来のレーダは 1 つの装置で 1 つの周波数しか計測できないことや、微弱なマイクロ波を計測するマイクロ波放射計のアンテナ回転駆動部の摩耗による短寿命化の問題等、多くの克服すべきボトルネックが残されています。本技術テーマでは、これらのボトルネックを解消する革新的なマイクロ波計測技術を実現するための挑戦的な研究開発課題を募ります。

PM には、未来社会を見据えて今取り組むべき社会課題を明示したうえで、その社会課題解決への貢献に向けたシナリオに、提案する革新的マイクロ波計測技術の役割を位置付けて研究開発構想を示すことを求めます。また、最終的な適用先やアプリケーションに応じて、数値目標や社会実装までの道筋が異なることが想定されるため、具体的な適用先やアプリケーションを明示した上で、数値目標等を明確に示してください。その際、それらの妥当性を示すグローバルなベンチマークや国内外の研究開発状況との比較における位置づけも明確にしてください。さらに、事業終了後の実用化を見据え、技術や製品・サービスの提供者だけでなくエンドユーザーを含むバリューチェーン全体を見据えた産学連携の研究開発体制を構築していただくことを期待しています。

令和3年度に開始する研究開発課題の研究開発費は、1～4年度目は最大総額10.8億円(直接経費)および最大年間2.7億円(直接経費)、研究開発期間全体(9年半)の上限を総額27億円(直接経費)として計画してください。

## 6.2.2 技術テーマ

### (1) テーマ名

新規
----

**安全・安心かつスマートな社会の実現につながる革新的マイクロ波計測技術**

### (2) 概要

Society5.0では、従来取得されてこなかった状態をセンシングすることによって、新たな価値を創造していくことが想定されている。その実現に向けて、マイクロ波計測技術は、周囲の環境変化の影響を受けづらく、地上や宇宙において様々な状態をセンシングできる重要かつ基盤的な技術となる。マイクロ波計測技術は、対象物にマイクロ波を照射してその反射・散乱を計測するレーダ技術と、対象物が放射するマイクロ波を受動的に観測する放射計技術に大別され、地上で気象観測に用いるレーダや衛星に搭載したマイクロ波を観測する放射計などは重要な社会基盤として活用されている。また、データ処理技術の進展により、乳がん検査機器、インフラ非破壊検査装置、セキュリティゲート、車載レーダなどでの活用も期待されるようになってきている。

このようにマイクロ波計測技術の役割が広がり、重要性が増す中、従来のマイクロ波計測技術における課題を克服することが求められている。例えば、気象レーダでは、最近では計測方向を電子的に変更できるフェーズドアレイアンテナが開発され、3次元の高速立体観測が可能となった。しかし、現行のフェーズドアレイアンテナは単一の周波数での観測に留まり、複数の周波数を用いてゲリラ豪雨や線状降水帯等の早期検知を可能とする気象予測の高精度化に限界がある。また、衛星に搭載したマイクロ波を観測する放射計では、回転駆動部を有するアンテナが用いられており、高空間分解能化するためのアンテナの大型化と駆動部の摩耗による長寿命化が困難である。そこで、電子的に計測方向を変更できるフェーズドアレイアンテナの搭載が期待されているが、単一の周波数では取得できる観測データの精度に限界がある。

本技術テーマでは、最近の技術の進展を踏まえ、従来のマイクロ波計測技術の課題を克服する革新的マイクロ波計測技術を実現し、幅広い分野でマイクロ波計測の可能性を広げることにより、Society5.0の実現に一層貢献することが期待できる。

### (3) 達成目標

気象予測精度の向上やデータを活用した漁業の効率化等によるスマートかつ安全・安心な社会を実現す

革新的マイクロ波計測技術の確立を達成目標とする。実際に当該技術が社会実装される具体的な場面（気象レーダ、乳がん検査機器、インフラ非破壊検査装置、衛星搭載マイクロ波放射計など）を想定しつつ、従来の技術に対する技術的優位性及び市場競争力の検討を踏まえ、実用化が可能かどうか見極められる段階（概念実証：POC）までの研究開発を一気通貫で実施する。また、研究開発を進めるにあたっては、要素技術ごとに社会実装に向けた具体的な到達点（マイルストーン）を明確に設定することが望ましい。例えば、研究開発開始から4年後に超広帯域・広角アンテナや超高速信号処理技術を開発し、それらを計測システムとして組み上げ、地上実証を行い、10年後にアンテナの小型・軽量化や超高速信号処理回路の省電力化、必要な要素技術の開発を行うなどして、想定する社会実装までの道筋を描くこと等が考えられる。その際、事業終了後の実用化を見据え、製造業者だけでなくエンドユーザーにサービスを提供するまでのバリューチェーン全体を見据えた産学連携の研究開発体制を構築することに留意する。

#### (4) 研究推進の際に見据えるべき将来の社会像

研究開発課題の推進を通じ、以下に挙げるような社会の実現に将来的につながると考えられる。

- ・ 雨・雲・雪を同時観測可能な多周波地上気象レーダにより、降雨発生前の状況から積乱雲の発達・降雨までを高精度に計測し、ゲリラ豪雨・線状降水帯等の気象予測精度の向上に基づく減災を可能とする安全・安心な社会。
- ・ 超広帯域マイクロ波計測を乳がんイメージングやインフラ破損箇所特定などの近距離センシングに適用することにより、我々の生活の質の向上をもたらす安全・安心な社会。
- ・ 衛星搭載マイクロ波放射計による海面水温計測は、現在陸地の影響により沿岸から30kmより内側のデータが欠損しているところ、本技術テーマの実現により沿岸1~2kmまでのデータ取得が可能となり、衛星データによる漁場探索などのスマート漁業を沿岸漁業や養殖業を含む幅広い海域で実現する社会。

#### (5) 具体的な研究例

例えば下記に挙げるようなものを含めることが考えられる。

- ・ 超広帯域・超広角計測が可能な自己補対アンテナ素子の開発（例：周波数範囲 1~41GHz 程度、広角 110° 程度）及び小型・軽量化に向けた研究開発。
- ・ 所望方向の超広帯域マイクロ波のスペクトル計測を可能にする超高速アナログデジタル(AD)変換や Field-Programmable Gate Array (FPGA) の超高速信号処理技術の開発及び省電力化に向けた研究開発。（例：処理速度 30GSPS 程度、計測周波数チャンネル数 5000 個程度）
- ・ 広帯域・超広角アンテナ素子を用いたフェーズドアレイアンテナの素子数・配置最適化の研究開発。
- ・ 広帯域・超広角アンテナ素子を用いたフェーズドアレイアンテナと超高速信号処理技術を組み合わせた

マイクロ波計測システムの開発及び地上実証。

#### (6) 国内外の研究動向

マイクロ波に関する研究開発は、1990年以降順調に増加し、中国・米国・インド・フランス・ドイツ・日本を中心に進められており、関連する分野として気象、医療、漁業など多様な広がりを見せている。また、我が国において、微弱な電波で乳がんを高精度に可視化する世界初のマイクロ波マンモグラフィやリチウムイオン電池の非破壊検査機、コンクリート内部の腐食検査機、スーパーセキュリティゲートなどの開発が進められるなど、今後もマイクロ波計測技術の利用分野の可能性が拡大していくことが見込まれる。さらに、マイクロ波を観測する放射計は、人工衛星搭載用が日本、米国、欧州、中国で開発・運用され、地上観測用が米国、欧州で販売されているが、我が国の人工衛星搭載用の放射計は世界最高分解能(10km@36GHz、50km@7GHz)を有し、米国等の気象分野の不可欠な社会インフラとして必要とされているなど、国際的に大きく貢献し、我が国が世界をリードしている分野と言える。こうした中で、マイクロ波計測技術の高度化に向けて、我が国では、必要な要素技術として、広帯域・広角アンテナ素子の設計シミュレーションや、単一アンテナ素子による超広帯域マイクロ波計測器の開発(世界初)、超広帯域マイクロ波計測を2つのアンテナ素子を用いて実証、フェーズドアレイアンテナの素子数・配置決定のための数値モデルの開発、マルチパラメータ・フェーズドアレイ気象レーダの開発(世界初)、レーダとトモグラフィを融合させた多元的電磁波画像解析の研究などが進められている。