

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	詳細 ページ
探索加速型 (探索研究)	「超スマート社会の実現」領域 (運営統括：前田 章) 異分野共創型の AI・シミュレーション技術を駆使した健全な社会の構築＜新規＞	4
	「持続可能な社会の実現」領域 (運営統括：國枝 秀世) 1. 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 2. 社会の持続的発展を実現する新品種導出技術の確立＜新規＞	11
	「世界一の安全・安心社会の実現」領域 (運営統括：田中 健一) 1. 食・運動・睡眠等日常行動の作用機序解明に基づくセルフマネジメント 2. 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＜新規＞	22
	「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	35
	「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	61
大規模 プロジェクト型	(運営統括：大石 善啓) トリリオンセンサ時代の超高度情報処理を実現する革新的デバイス技術＜新規＞	80

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重点公募テーマの設定に当たっての領域（区分）に基づき、JST が重点公募テーマを設定します。

重点公募テーマの設定に当たっての領域について

「未来社会創造事業（探索加速型）」においては、研究開発を実施すべきテーマ（以下、重点公募テーマという。）を国立研究開発法人科学技術振興機構が設定することとなっているが、その設定に当たっての領域（区分）については、第5期科学技術基本計画を踏まえ、以下の5つの領域（区分）とする。

重点公募テーマの検討の際は、経済・社会的にインパクトのあるターゲットを明確に見据えた技術的にチャレンジングな目標に果敢に挑戦することが本事業の趣旨であることを踏まえ、斬新で多様なアイデアが幅広く集められるようにすることや、政府における各種方針と整合をとること、他の国立研究開発法人等において重点的・挑戦的に実施されている研究開発について重複を避けること等に留意しつつ、戦略性をもって行うこと。

①「超スマート社会の実現」領域

当該領域は、将来の産業創造と社会変革に向けた新たな価値の創出の視点に留意しつつ、領域横断的（横串的）な領域として設定する。具体的には、ネットワークや IoT を活用する取組を、ものづくり分野の産業だけでなく様々な分野に広げる研究開発や、超スマート社会において、我が国が競争力を維持・強化していくための基盤技術の強化等を対象とする領域とする。また、衛星測位、衛星リモートセンシング、衛星通信・衛星放送に係る宇宙に関する技術等も対象とする。

②「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。

③「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。

④「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、エネルギーの安定的な確保とエネルギー利用の効率化（省エネルギー技術、再生可能エネルギーの高効率化、水素や蓄エネルギー等によるエネルギー利用の安定化技術）等を対象とする領域とする。

⑤「共通基盤」領域

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、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する。

6.1.1 「超スマート社会の実現」領域



運営統括

前田 章

(元 株式会社日立製作所 ICT事業統括本部 技師長)

I. 「超スマート社会の実現」領域の目指すところ

第5期科学技術基本計画や統合イノベーション戦略等で示されているように、Society 5.0 とは、「サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させることにより、地域、年齢、性別、言語等による格差なく、多様なニーズ、潜在的なニーズにきめ細かに対応したモノやサービスを提供することで経済的発展と社会的課題の解決を両立し、人々が快適で活力に満ちた質の高い生活を送ることのできる、人間中心の社会」と定義されています。

本領域では、「超スマート社会」(Society 5.0 と同義)を、「実世界のモノにソフトウェアが組み込まれて高機能化(スマート化)し、それらが連携協調することによって社会システムの自動化・高効率化を実現し、また新しい機能やサービスの実現を容易にする仕組みが実現された社会」と考えます。これは単なる「スマートな社会」や Society 4.0 とされる従来の「情報化社会」との違いとして、「情報技術がデータ処理等のサイバー空間内での処理を高度化するものとすれば、「超スマート社会」では電力システムや交通システム、サービスロボット等、物理的実体に情報技術によるインテリジェンスが埋め込まれ、それらの間の相互作用により全体システムとしての自動化・自律化の範囲を拡げるとともに、新たなサービス・ビジネスが継続的に創出される仕組みを備えた社会」と考え、本領域ではその実現を目指して研究開発を推進します。

このような考え方に基づいて、平成29年度は、システム連携により新たなサービスが次々と生まれる社会を目指した重点公募テーマ「多種・多様なコンポーネントを連携・協調させ、新たなサービスの創生を可能とするサービスプラットフォームの構築」を設定しました。

平成30年度は、高度なサイバー・フィジカルシステムにより産業システムや社会システムが効率化された社会を目指した「サイバー世界とフィジカル世界を結ぶモデリングと AI」を重点公募テーマとして追加しました。ここでは、「API化された現実空間のモノやシステムを制御する機能を実現するため、モ

デリングやシミュレーションを用いてリアルタイム性や信頼性を担保する技術」を独立した問題意識として切り出し、AI・ビッグデータ分析技術等も活用した新しいサービスプラットフォームを構築するための重要技術と位置付けました。

令和元年度は、平成30年度のリアルタイム性・信頼性といった課題に加え、AI・ビッグデータ分析技術等を活用するにあたり、認識・推論結果の説明が困難で人間との協働に支障が生じる、ビッグデータの収集が困難な例外的な事象や刻々と変化する環境への適用が難しい等といったAIの社会実装に向けた課題を解決し、AIシステムの普及が加速する社会を目指した「サイバーとフィジカルの高度な融合に向けたAI技術の革新」を重点公募テーマとして設定しました。

また近年、IoTやSNS等の普及により、あらゆる人やモノがつながることで、様々な知識や情報が共有され、社会に新たな価値が創出されています。その一方で、玉石混交の情報が氾濫し、災害時の避難指示やパンデミックが起きた際の感染経路の特定に時間がかかる、インターネットでデマが拡散する等、社会に混乱を及ぼすような問題が顕在化しています。

そこで本年度は、昨年度の重点公募テーマの問題意識を継続しつつ、AIシステムの普及・実用化がさらに進み、人々の生活や経済活動を支える基盤となる社会において、情報技術の発展とともに顕在化してきた社会課題を解決することを目指します。このためには、人や社会の視点を重視した技術開発であることと、それが実際に社会課題を解決するものであることが求められ、情報科学だけでなく人文・社会科学等の多様な分野の共創が重要となります。このような問題意識の下、「異分野共創型のAI・シミュレーション技術を駆使した健全な社会の構築」を重点公募テーマとして設定しました。令和元年度テーマのAI・シミュレーション技術における説明可能性や信頼性保証等に、人や社会の振る舞いを踏まえた解析技術や行動変容を促す技術を加えて、テーマを設定するものです。

本テーマでは、具体的な応用ターゲット（社会課題や実現すべき社会像からバックキャストして設定）と、それを実現するための技術的課題、実現までの道筋を明確に設定することを求めます。また課題解決のために、人文・社会科学をはじめとした幅広い分野における知見や技術を融合・組み合わせたアプローチが必要になることを想定しています。学术界と産業界の連携も重要です。本テーマの趣旨を踏まえた研究開発提案が多くの方から寄せられることを期待します。

Ⅱ. 重点公募テーマ

新規

1. 異分野共創型の AI・シミュレーション技術を駆使した健全な社会の構築



テーママネージャー

鷲尾 隆

(国立大学法人大阪大学 産業科学研究所 教授)

※本重点公募テーマでは、運営統括の研究開発マネジメントを補佐するテーママネージャーを配置します。

(1) テーマの説明

「超スマート社会の実現」に向けて、IoT や SNS 等の普及により、あらゆる人やモノがつながり様々な知識や情報が共有されることで、社会に新たな価値が創出されています。その一方で、玉石混交の情報が氾濫し、例えば、東日本大震災や今年の台風 19 号、新型コロナウイルス（COVID-19）の流行の際には、避難指示や感染経路の特定に時間がかかったり、インターネットでデマが拡散したりする等、社会に混乱を及ぼすような問題が顕在化しています。

これらの問題を解決し健全な社会を構築するために、AI・シミュレーション技術が期待されていますが、単にこれらの技術を高度化するだけでは、複雑化する社会や人の振る舞いを捉えきれず、現状では効果的な対策が十分には打てていません。

加えて、AI 技術については、実世界への適用を進める際の課題である、深層学習（ディープラーニング）の分析結果はそこに至った経緯がブラックボックスであるため人間が理解困難であることや、故障等、例外的な事象への対応力は必ずしも十分ではないこと、変化する環境の中でリアルタイムに動作を適応させる必要があること等も解決すべき課題です。

そこで今年度は、「複雑な人や社会の振る舞いを捉えきれず、社会課題の解決に向けて効果的な対策が打てていないこと」と「AI 技術の社会実装に向けた課題」の 2 つを解決するために、「異分野共創型の AI・シミュレーション技術を駆使した健全な社会の構築」を重点公募テーマとして設定しました。このテーマは令和元年度に設定した「サイバーとフィジカルの高度な融合に向けた AI 技術の革新」で公募した範囲に加えて、社会構造や人の行動原理を考慮した AI・シミュレーション技術を確立し、それを実装までつなげるという目標を含んだより幅広いテーマを設定したものです。

本テーマでは、Society 5.0 が目指す社会の実現に向けて、例えば以下のような技術を対象として実施します。

- ・データの信頼性・高品質化技術（ファクトチェック、バイアス除去）、効率的なデータ収集技術
- ・人や社会の複雑なモデルを組み込んだ AI・シミュレーション技術
- ・解析結果の価値変換と実装技術（行動変容、インセンティブ設計）
- ・AI の利用者が結果の妥当性を検証することができる説明可能な AI 技術、AI がシステムに組み込まれた際の安全性・信頼性を確保する技術
- ・データの収集が困難な例外的・突発的な事象にも対応できる AI 技術
- ・リアルタイム性を要求される環境での実行速度と精度の確保 等

これらの技術開発においては、人の行動原理や価値、社会構造等を理解すること、的確な課題設定、社会実装のためのインセンティブ設計等が必要ですが、そのためには情報科学だけではなく、人文・社会科学等の知見を踏まえた「異分野共創型」の研究アプローチが有用であると考えます。人文・社会科学との連携においては、その知見を情報科学に取り入れるだけではなく、SNS 等から大規模かつリアルタイムに取得できるようになった人間行動・社会活動データを活用することで、これまでの理論やモデルの妥当性検証や高度化が進むと思われ、従来とは違うレベルの異分野共創が本重点公募テーマで生まれることを期待しています。また、下図のようなサイクルを回すことにより、持続的な技術開発がおこることを期待しています。

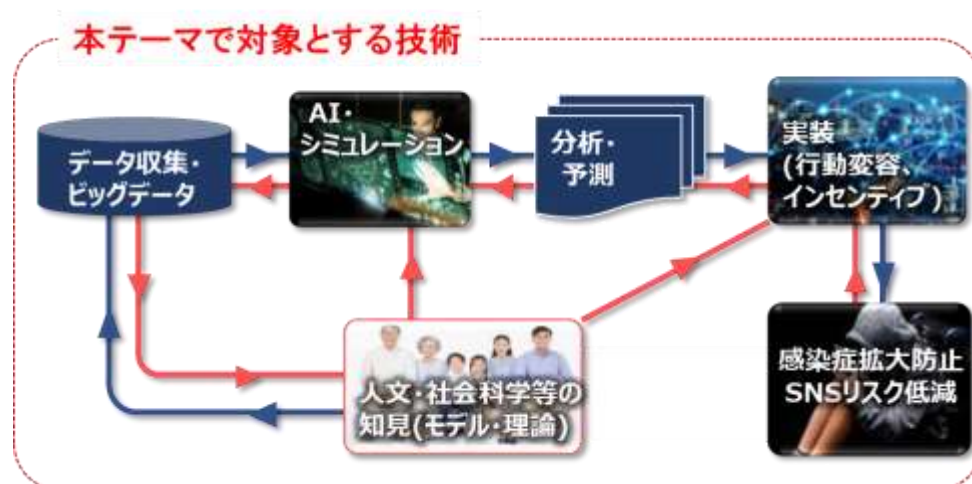


図1：異分野共創型の研究サイクル

これらにより、現状の AI 技術が可能としている「データ中心の解析・予測」を越えて、複雑な人や社会の構造が見える化し、意思決定や社会の仕組みの最適化に貢献する「次世代の AI・シミュレーション

技術」の開発を目指します。

上記をもとにした研究開発の具体例としては、感染症への対策等に資する研究開発をはじめ、実社会への適用が期待できる以下のような内容を想定しています。これらは例であって、本テーマの趣旨に合致するものであれば、これら以外の研究開発内容の提案も歓迎します。

a. 感染症の人的・社会的・経済的影響予測と意思決定支援システム

- ・ 人間行動モデルとマルチエージェントシミュレーションによる無症状感染者を含む伝播予測
- ・ ナッジ理論やコミュニティ形成論に基づく、伝播防止行動のためのインセンティブ設計
- ・ ユーザの状況に従って最適な役割分担を動的に決定する AI・人間協働技術による製品・サービス開発

b. フェイクニュースやネットデマ・炎上等の評価と対応支援サービス

- ・ 人間行動や情報拡散モデルを活用した効果的な情報修正策の立案による、デマ拡散の防止
- ・ 帰納型と演繹型推論の融合や実世界モデルを活用した説明可能 AI による産業・消費者向け製品・サービス
- ・ 安全性・信頼性を保証する AI 技術による製品・サービス開発

c. 緊急時・災害時に適切な対応を立案し、その実行を支援するシステム・サービス

- ・ 少数の観測データから社会的な現象の実態をリアルタイムに予測・推定するシステム
- ・ 情報発信とそれに対するフィードバックのサイクル全体をマネジメントすることで、行動変容を促しつつ各種施策の有効性を向上させ、また検証するサービス

なお、本格研究終了時点での社会実装を必須とするものではありませんが、実用化が可能かどうか見極められる段階（概念実証：POC）の達成を目標とします。

（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

Society 5.0 で扱う複雑かつ逐次変化する人間を含めた社会システムを安心・安全に運用し、かつ新しい価値を実現するための挑戦的な提案を募ります。本重点公募テーマでは、情報科学と人文・社会科学等との積極的な連携、融合研究が重要であると考えていますので、この点を留意したうえでの応募を期待し

ます。提案時点での連携が難しい場合も、連携に向けた構想や計画の検討をお願いします。

また、以下の方針に従って提案を検討するという前提で、提案の時点で開発する技術が仮説段階である、研究開発体制の構築が不十分であるといった場合でも、応募は可能です。

提案に当たっては本格研究の成果が社会に実装される 10～15 年後の未来像を想定し、例えば、以下のような考え方で、解決すべき社会課題または、あるべき社会像からバックキャストした研究開発提案を求めます。

- 現在、未解決であり 10～15 年後も存在する社会課題の解決を目指す
- 顕在化しつつあり、10～15 年後に大きな社会課題となっていることが想定される問題の解決を目指す
- 10～15 年後のあるべき社会像を提示し、その社会の実現を目指す 等

その際、目指すべき将来像の実現に向けて、具体的にどのようなシステムやアプリケーション、サービスに AI・シミュレーション技術を適用するのか、適用することによってどのような価値（社会的・経済的インパクト）を創出するのか、が構想されていることを求めます。現在の状況を踏まえた上でボトルネックとなっている技術的課題を特定し、それを解決する手段と道筋を明らかにしてください。なお、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提案の優位性、独自性を十分に説明してください。

また、本格研究期間を通じた POC とその達成に向けた研究開発計画は当然として、その先の社会実装に向けたシナリオも可能な限り描いてください。また、社会的・経済的インパクトやシナリオが不明瞭な場合は、それを明らかにするための調査等も探索研究での実施内容になり得ます。

（チームの体制について）

本重点公募テーマでは、当初から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。探索研究中にチーム体制を構築するという提案も可とします。その場合は、以下の点について研究開発提案書に明記してください。

- ・ どのような研究者と連携して研究を実施したいか
- ・ 連携するためにどのような活動を行う予定か

研究開発提案書の連携プランを元に、選考時や採択後に、提案した研究者同士の連携を JST から促す場合があります。

② 研究開発の推進方針

探索研究は、本格研究（原則 5 年間）の準備期間と位置づけます。探索研究の期間は原則 2 年半（令和 4 年度末まで）とします。探索研究では、具体的には、以下の研究開発に取り組むことを想定しています。

- ・研究成果が将来もたらす社会的・経済的インパクトやそのシナリオについて検証する
- ・技術的フィージビリティを検証し、技術開発ターゲットと研究計画を具体化する
- ・必要に応じ情報科学者、人文・社会科学者、企業等も含めた実効的な体制作りを進める

また、探索研究期間や本格研究への移行時には、選択と集中のみならず、プロジェクトチーム内サブチームの再編も含む大胆な体制の組み替えもあり得ることを前提とします。研究の進捗状況により、より早い段階で本格研究に進むプロジェクト（研究開発課題）もあり得ます。

③ 期間・研究開発費

令和 2 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 4 年度末まで）、研究開発費を探索研究期間全体で最大 2,500 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 7.5 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 「持続可能な社会の実現」領域



運営統括

國枝 秀世

(科学技術振興機構 参与／名古屋大学 参与)

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ル化等、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げりが見られます。また、世界各国より早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。本領域においては、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、テーマ提案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」を重点公募テーマとして設定しました。

本年度は、令和元年度に設定した重点公募テーマ「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」の 2 回目の公募を行うとともに、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」について研究開発提案を募集します。

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。

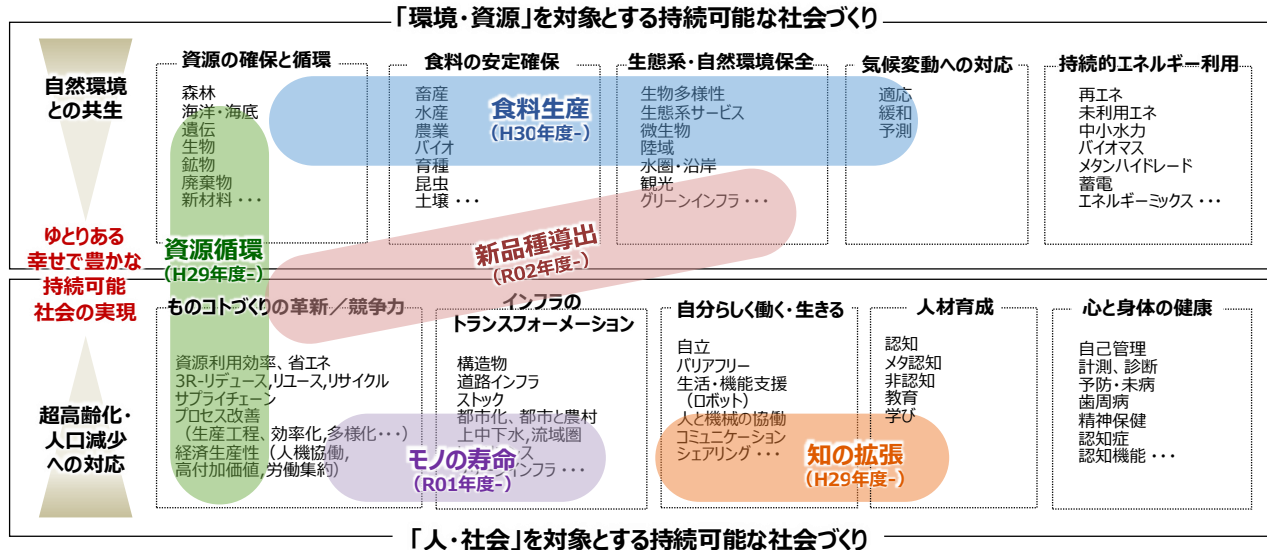


図1：テーマアイデア提案等をもとにした「持続可能な社会」領域に求められる価値・対象分野の俯瞰と、推進中の重点公募テーマ

II. 重点公募テーマ

1. 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（1）テーマの説明

本重点公募テーマでは、世界市場の拡大が期待されている複合材を対象に、複合的な現象である疲労・劣化の原理や破損・破壊につながる機構を解明して、製品に残された寿命（余寿命）を高精度に推定する技術を確立することにより、継続使用・再使用の促進、限界設計による必要最小限の資源利用、より長寿命かつ高機能な素材設計等の達成を目指します。

製品の機能を保持しつつ材料の使用量を最小化する技術は、低コスト化に直結するだけでなく、資源の有効活用や輸送・移動コストの最小化（省エネルギー化）につながる等、ものづくりの基盤となっています。その中でも、複数の素材の異なる性質を利用し高強度・軽量性といった特徴を併せ持つ複合材は、社会的・経済的要請が後押しして、省資源・省エネルギー化を目指して、研究開発が進められてきました。さらに、複合材の耐熱性や成形（造形）性に注目すると、従来の素材では実現できなかった新しい領域のものづくりへの応用が期待され、「廃棄から循環へ、所有から共有へ」と価値観が大きく変化している今、そのニーズを先取りした継続使用・再使用する新しいものコトづくりに広く利用されることが期待されています。

しかし、現状においては複合材の使用範囲は特定領域に限られており、その特性を活かした応用や普及が進んでいる状況とはいえません。高強度・軽量性といった特徴を併せ持つ複合材は、さまざまな産業分野で強度部材としての展開が有望視されていますが、使用に伴う疲労や劣化が破損・破壊に及ぼす影響を定量化できていないことから、安全性・信頼性確保のために余裕をもって厚みを増した設計をせざるを得ず、軽量であることのメリットを十分に活かせていない、というケースがあります。また、疲労や劣化による変化を詳細に把握できず、一度使用した製品・部品に残された機能や寿命の高精度な評価ができないため、品質保証が難しく、継続使用・再使用が進んでいません。これは、複合材における異素材間の界面や現象の相関の複雑性により、疲労や劣化、破損・破壊に関する基礎過程、複合現象に対する科学的理解が進んでいないことが、複合材本来の高強度・軽量等の特性を最大限有効に活かすことの障壁になっているためです。

本重点公募テーマでは、複合材に発生する未解明の現象に対する科学的理解を進め、複合材の持つ性能・機能を最大限活用することにより、ものづくりのみならず使用方法にも革新をもたらすことによって、国連のSDGs（Sustainable Development Goals）の9および12にも掲げられている「資源利用効率の向上と持続可能な消費生産形態の促進」に貢献するとともに、変わりゆく社会や人々のニーズに応じながら環境的・経済的に持続可能な社会の実現を目指します。

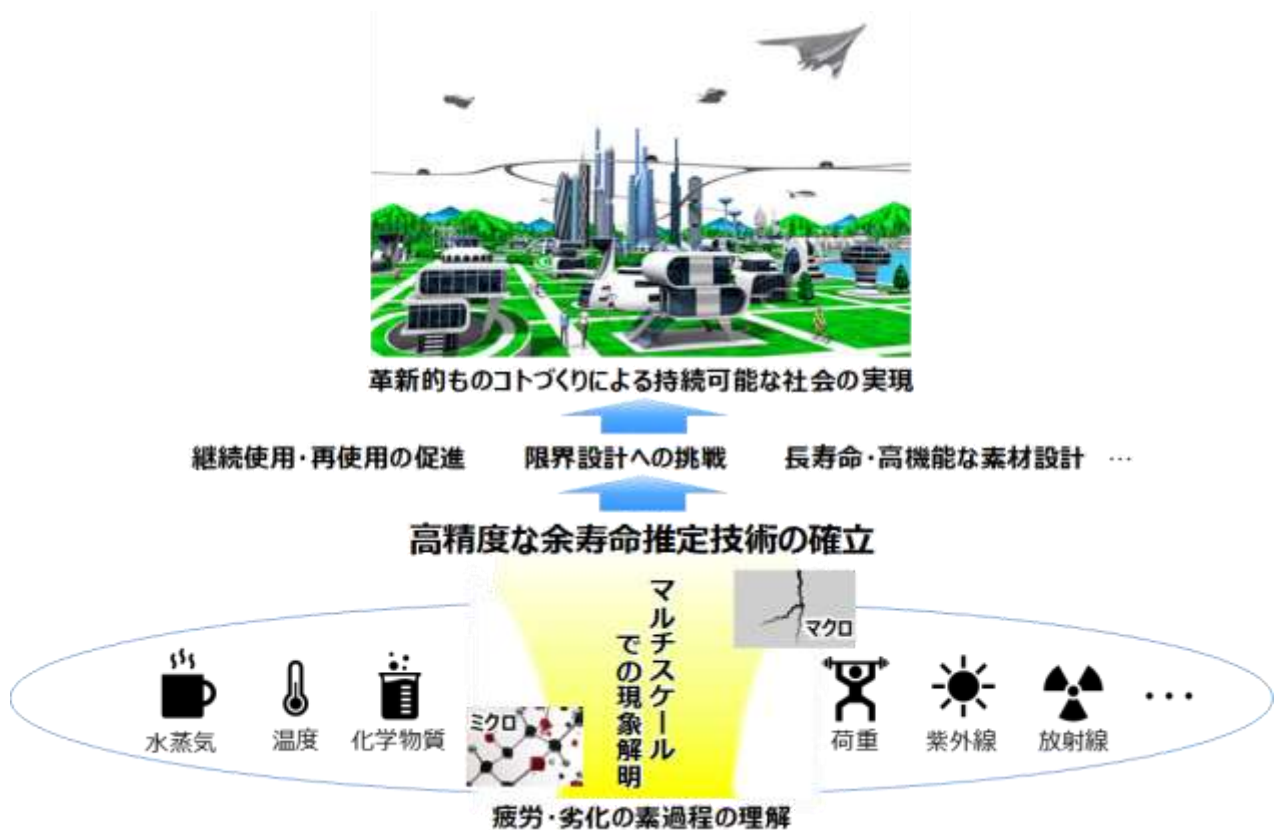


図 1：本重点公募テーマの目指す全体像

（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、母材と強化材料で構成される複合材の、疲労・劣化の過程と破損・破壊につながる機構を学理に立ち戻って科学的に解明し、高精度な余寿命推定技術を確立することにより、高寿命かつ高機能な素材設計等を可能にする研究開発提案を募集します。

令和 2 年度においては、本格研究への移行を目指す研究開発構想の提案に加え、重点公募テーマの実現に貢献する要素技術の提案を「探索研究（要素技術タイプ）」（以下、「要素技術タイプ」という）として募集します。

i. 本格研究への移行を目指す研究開発構想の提案

継続使用・再使用や限界設計、素材設計へのフィードバック等、社会的にもインパクトのある具体的な適用先からバックキャストした提案であることが必要です。疲労・劣化の素過程についてこれまで未解明の部分も含めて科学的な理解を深め、破損・破壊につながる機構を解明し、高精度な余寿命推定技術（例えば、疲労・劣化がひきおこす物性値や微小な構造の変化を特定してそれを計測する技術や、疲労メカニ

ズムのモデルに基づいた高精度な余寿命推定シミュレーション技術等)の構築を POC として設定することを必須とします。

提案においては、素過程による物理描像から最終的な余寿命推定、素材の持つ機能を最大限活用した設計へのフィードバック等に至るまでの明確な構想のもと、一連の研究開発として計画することが必要です。その際、疲労・劣化における、温度、水蒸気、紫外線、繰り返し負荷等の複合的な環境要因を考慮する必要があります。

特に、モノの寿命の解明の観点では、破壊試験データをもとにした統計処理による寿命シミュレーションモデル等といった従来手法の延長上ではなく、原理に基づいた機構解明をベースにした余寿命推定ができるような提案を求めます。例えば、以下のような研究開発要素が含まれることが必要と考えられます。

- 疲労・劣化の素過程の理解
- ミクロからマクロに進展するマルチスケールでの現象解明

本テーマでは、特定の母材・強化材料の組み合わせや、特定の製品・使用環境の組み合わせにとどまらず、より広範な製品や新規素材開発に貢献する余寿命推定技術の開発を目指しています。令和2年度は、既に上市されている CFRP・CMC 等の複合材料に限定されることなく、革新的な発想に基づいた新しい複合材料や、これにまでない機能や具体的な適用先を想定した提案を重点的に求めます。

既存の研究分野を超えた新規分野からの参入提案や、技術分野を横断して協働するような提案を期待いたします。また、従来の技術の延長上にないチャレンジングな提案を期待しています。

探索研究においては、POC 達成のキープポイントとなる、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、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。

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。

- 提案が目指す社会実装の具体的なイメージと、現実的に想定する社会・経済的インパクトの大きさ
 - 継続使用・再使用や限界設計、素材設計等の、インパクトのある具体的な適用先を見据えることが必要です。
- 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)

- POC 達成を見据えた本格研究の構想
 - 機構を解明する観察手段、物性試験等、単一の研究だけではなく、素過程に基づく物理描像から最終的な余寿命推定に至る一連の研究開発であることが必要であり、さらには素材の持つ機能を最大限活用した設計へのフィードバック等まで見据えてください。
- 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 達成に向けたフィ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。

なお、本格研究への移行を目指す研究開発構想の提案へ応募された場合にも、その提案内容に鑑み、要素技術タイプとしての参画を条件として採択する場合があります。

ii. 要素技術タイプの提案

募集要項の第2章に述べたように、要素技術タイプは単独で本格研究に進むものではなく、重点公募テーマの下で実施される研究開発課題の POC 達成に必要な要素技術を確立することを目的とします。このタイプの提案においては、要素技術のフィージビリティ（最大の技術的課題の解決やその実現可能性の確認）を示すことを目的としてください。

今年度は以下の提案を求めます。

CFRP または CMC の疲労・劣化の素過程にかかわる、これまで明らかにできなかったミクロな構造の変化（例えば分子レベルの微小な空隙等）が計測できる技術を求めます。

提案書には、以下を必ず記述してください。

- 本研究開発課題で達成する目標
 - CFRP・CMC のいずれか、あるいは両方を対象として、どのような構造の変化を、どの程度の空間分解能、精度、時間分解能等での計測を目指すのか定量的な記述をお願いします。
- 目標達成に向けた手法・研究実施内容
 - 提案で解決しようとしている技術的課題と、それをどのような新たな手法で解決しようとしているのかを具体的に記述してください。

② 研究開発の推進方針

研究開発運営会議においては、会議やサイトビジット、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、運営統括をはじめとする運営会議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ていきます。

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、研究遂行中に関わらず、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）を行うことを想定しています。また、本格研究への移行を目指す研究開発構想の提案においては、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。

③ 期間・研究開発費

令和 2 年度に開始する本格研究への移行を目指す研究開発課題は、探索研究の期間を最長 2 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 3,500 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。要素技術タイプは最長 1 年半（令和 3 年度末まで）、研究開発費を期間全体で最大 1,200 万円（直接経費）として計画してください。

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 7.5 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。

新規

2. 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は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、それら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

本重点公募テーマでは、主に植物・微生物・昆虫において新しい品種を効率的に導出する革新的な技術の研究開発提案を求めます。

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、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、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高い、幅広い発想による提案を歓迎します。

- ・ これまで不可能であった品種や遺伝子領域のゲノム編集を可能とする技術
- ・ 有用形質を発現するゲノム配列を高効率で発見する技術
- ・ 新品種導出等を飛躍的に高効率化する技術

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くことが必要です。
- 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 達成に向けたフィ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ことが必要です。

（対象外とする研究開発課題）

- 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リソースの多くを費やす提案
- 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 として設定する提案

（特に期待する提案）

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、提案は可能です。

② 研究開発の推進方針

研究開発運営会議においては、会議やサイトビジット、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、運営統括をはじめとする運営会議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ていきます。

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2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4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7.5億円（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 「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提案も積極的に求めたいと思います。

令和元年度設定の重点公募テーマ「食・運動・睡眠等日常行動の作用機序解明に基づくセルフマネジメント」では、食・運動・睡眠等の日常行動による人の身体の健康にフォーカスしました。令和2年度は新たに重点公募テーマ「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」を設定し、これらの2つの重点公募テーマで公募を行うことで、人の身体と心の両面における「安全・安心」の実現を目指します。

新規の重点公募テーマ「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、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ます。また、継続の重点公募テーマ「食・運動・睡眠等日常行動の作用機序解明に基づくセルフマネジメント」については、昨年度の選考採択実績を踏まえ、特に「食」又は「運動」を中心として、日常行動が健康に影響を与える作用機序を解明し、客観的指標に基づいたセルフマネジメントによる健康長寿社会の実現を目指す研究開発を重点的に募集します。

令和 2 年度に募集するテーマの詳細は各重点公募テーマの説明、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。

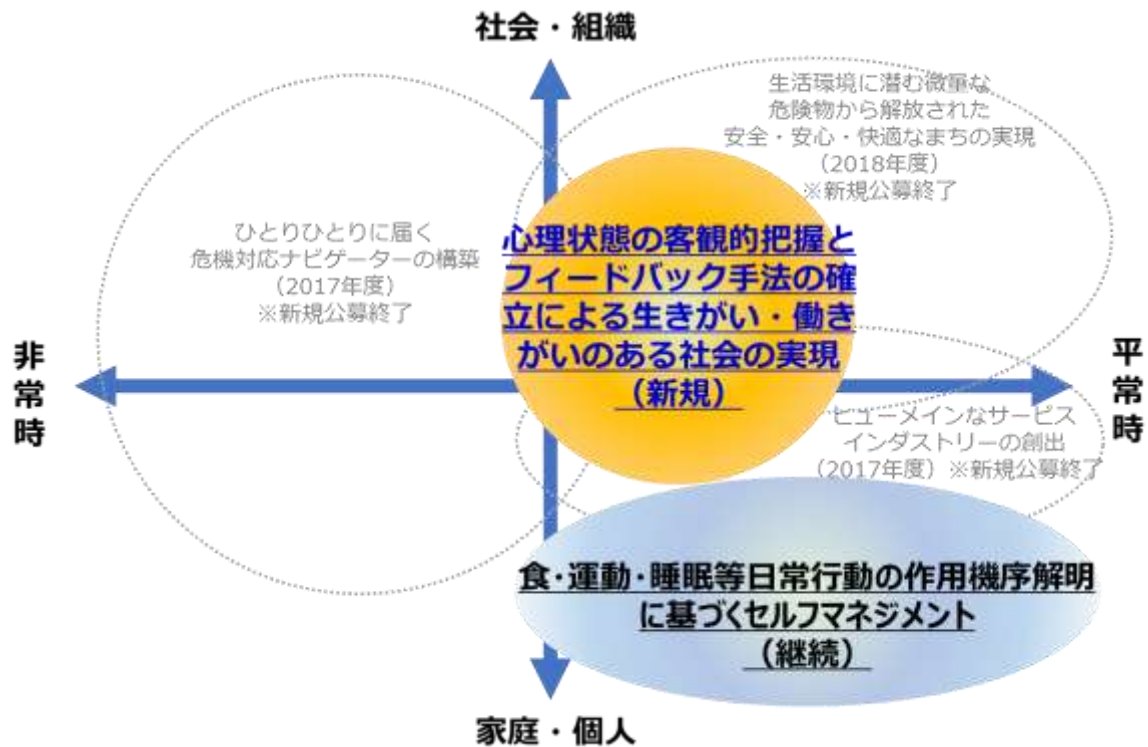


図 1 : 「安全・安心」領域における重点公募テーマの位置づけ (概略図)

継続

Ⅱ. 重点公募テーマ

1. 食・運動・睡眠等日常行動の作用機序解明に基づくセルフマネジメント

(1) テーマの説明

本重点公募テーマでは、健康維持の基本である食・運動・睡眠等の生体における作用機序を解明し、真に効果的な行動をおこすための科学的エビデンスを形成することで、健康維持のためのセルフマネジメントを広く普及させることを期待します。また、個々人に最適な健康活動を提示・促進するなどのサービスを次々と生み出すための基盤となり、健康長寿社会の実現に大いに貢献することを期待します。

日本は超高齢化社会を迎えており、身体に不調を訴える人や不健康な人の割合が増えて医療費が増大することにより、国の財政を圧迫し、医療保険などの社会保障の継続性にも深刻な影響を与えることが懸念されています。こうした社会課題を解決し、国民ひとりひとりが長く活躍できる社会を実現するためには、健康寿命の延伸が大変重要です。

適切な「食」「運動」「睡眠」は私たちが健康を維持する上で基本となる3原則と言われ、バランスのとれた食事、適度な運動、十分な休養・睡眠の徹底などの日常行動が、私たちが人生を通じて健康でいられる期間（健康寿命）に大きな影響を与えていると考えられています。そのため、「食」「運動」「睡眠」等の日常行動が健康状態に及ぼす影響を科学的に明らかにすることで、日常生活で測定可能な客観的な指標に基づいて、自らが日常行動を適切にマネジメントできれば、国民ひとりひとりが長く活躍できる社会を実現できると期待されています。さらに、病気を発症する兆候を早期に把握し、自らの日常行動を通じて、医療にかかることなく、健康状態を回復することができれば、社会保障の持続性にも貢献します。

現在、私たちの身の周りには健康維持に有効とされる日常行動についての様々な情報が流通していますが、「食」「運動」「睡眠」等の日常行動がどのような作用機序で健康に影響を与えているのかは十分に解明されていないため、そうした情報の多くは日常行動と健康状態の相関に基づく解釈に過ぎませんでした。しかし、作用機序についての研究が進むにつれて、必ずしもこうした相関に基づく解釈が正しいとは限らないことが明らかになってきました。例えば、疫学研究により得られた相関データから、運動で筋肉に蓄積される乳酸は疲労の原因物質であると考えられていましたが、その後、乳酸と疲労の因果関係等の解明が進んだ結果、現在はむしろ疲労を抑制する作用を有することが分かってきました。このように、

作用機序の解明が不十分であるために、個々人の日常行動が必ずしも正しくない情報に左右されている場合も多いのが現状です。国民ひとりひとりの健康維持のための適切な行動を促し、健康長寿社会を実現するための第一歩として、「食」「運動」「睡眠」等の日常行動が健康に影響を与える作用機序のさらなる解明が不可欠です。

(2) 募集・選考・研究開発推進に当たっての運営統括の方針

令和 2 年度のポイント

・令和 2 年度は、特に「食」又は「運動」を中心として、日常行動が健康に影響を与える作用機序を解明し、客観的指標に基づいたセルフマネジメントによる健康長寿社会の実現を目指す研究開発を重点的に募集します。昨年度の募集に引き続き、提案に作用機序解明の研究を含むことを必須とします。

① 募集・選考の方針

本重点公募テーマでは、「食」「運動」「睡眠」等の日常行動が健康に影響を与える作用機序を解明し、これらの複数の日常行動を総合的に捉えて、客観的指標に基づいて日常行動をセルフマネジメントできる手法を確立することで、国民ひとりひとりが長く活躍できる社会を実現します。令和元年度に本テーマで採択した研究開発課題（本事業の WEB ページ参照）を踏まえ、本年度は日常行動のうち特に、「食」又は「運動」を中心とした研究開発を重点的に募集します。

例えば、「食」と健康を考える上で重要となるのは、何をいつどれだけ食べると健康に良いかという情報です。近年、分析技術の発達により、食品を構成する様々な栄養素（タンパク質、脂質、糖質、ビタミン等）や非栄養素（食物性繊維、ポリフェノール類等）の生体内における機能が明らかとなってきましたが、それらの情報だけでは肥満等の「食」の生活習慣に起因する健康問題の予防は難しいと考えられています。今回の募集では、食品成分の生体内における機能や生体応答に加えて、いつ食べるかといったリズムや、食欲・食嗜好の神経伝達などを含めて食行動として捉え、「食」が健康に影響を与える作用機序を明らかにする研究開発を求めます。

また、「運動」については、細胞に物理的刺激が加わることで、筋活動、液性因子による調節、免疫系の賦活等の生体応答が起こり、それらが各臓器・器官の恒常性維持に寄与していると考えられています。そのため、「運動」は高血圧や糖尿病などの生活習慣病の予防に有効とされていますが、「運動」の各臓器・器官に対する作用は広範囲にわたり、その作用機序はまだ十分に解明されていないため、例えば、健康維持のためには、具体的にどの程度の強度・量の運動が求められるかも科学的に十分に理解されていま

せん。今回の募集では、臓器・器官（筋肉、骨、血管など）に対する「運動」の作用機序を解明し、個々人における健康維持に必要な運動の強度や量などの定量化を目指す研究開発を求めます。

このように、未病初期からの回復やさらなる健康の増進の客観的指標（マーカー）となる因子の中で「食」「運動」の日常行動が関係するものを同定し、それらの指標に基づいて日常行動をセルフマネジメントするための研究開発を主眼とします。作用機序に基づく客観的指標から日常行動のセルフマネジメントが可能となるまでの一連の研究開発を強く求めます。さらにはナッジ効果やゲーミフィケーション等の研究を組み合わせるなどによって、働く人や高齢者などの各世代に日常行動のセルフマネジメントを広く推奨・普及させるためのビジョンが明確な提案を重視します。

こうした指標は、自宅や学校、会社、デイケア、ドラッグストアなど身近な場所で簡便に測定できるものでないと、私たちが日常行動のセルフマネジメントに活用することはできません。本研究成果にもとづいた新しいサービスを展開し、私たちの生活に広く普及させることを見据え、実現可能性の高い構想を提示していただく必要があります。

- ※ 日常行動のうち「食」または「運動」を中心とした提案以外であっても、「食」「運動」「睡眠」等の複数の日常行動を総合的に捉え、健康長寿社会の実現に大きなインパクトを与えるような POC を描くことができる研究提案は歓迎します。
- ※ 昨年度の募集に引き続き、「食」「運動」「睡眠」等の日常行動が健康に影響を与える作用機序を解明する研究を含むことを必須とします。
- ※ 健康な人などを追跡調査するコホート研究は想定しておりませんが、他のコホート研究などで蓄積された長期観察データをもとにした研究提案は歓迎します。
- ※ 探索研究期間終了後のステージゲート評価を経て、本格研究へ移行の際に、本重点公募テーマにおいて採択されている他の研究開発課題との間で統合等の調整が行われる可能性があります。

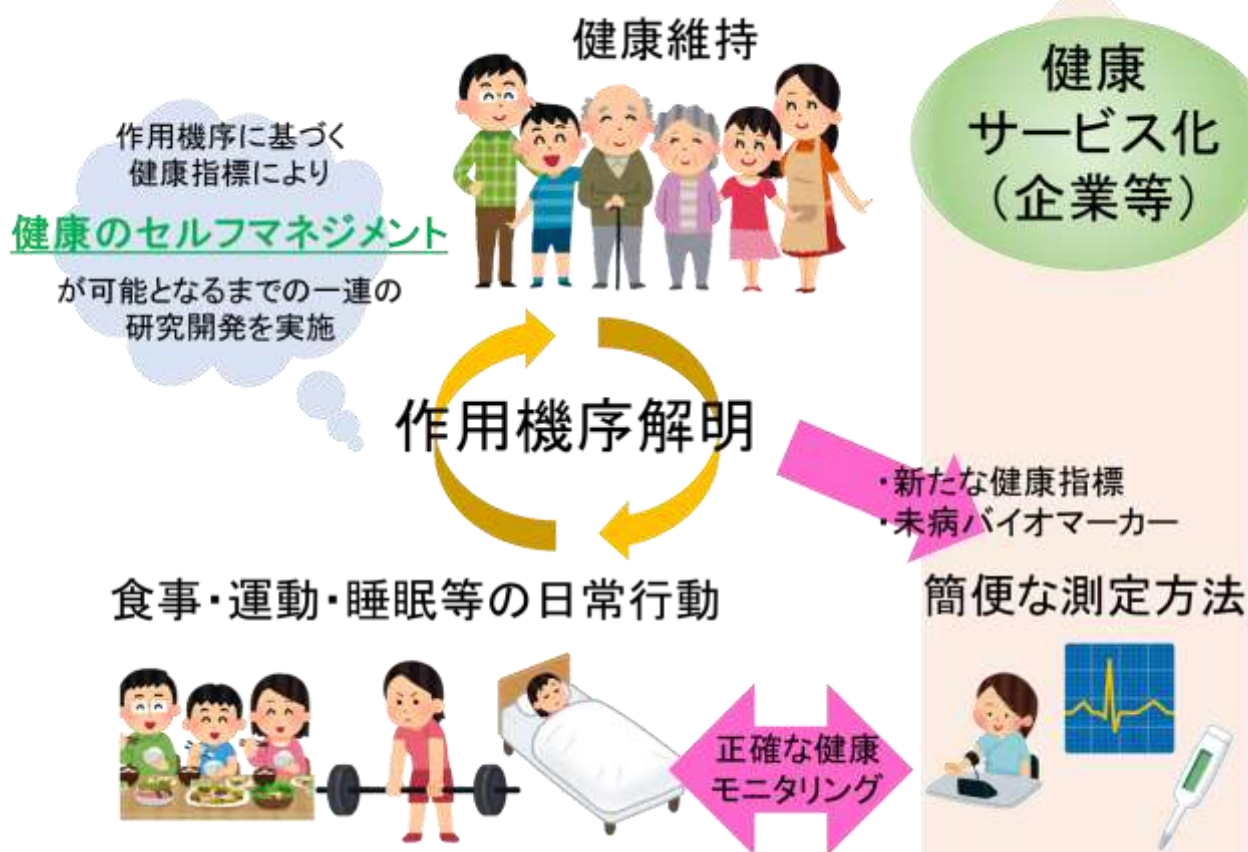


図2：本重点公募テーマの目指すところ（全体イメージ）

② 研究開発の推進方針

本領域では、チャレンジングな研究開発課題への取り組みにあたって、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など、研究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。研究開発運営会議メンバーによる研究計画の確認やサイトビジット等を通じて、助言・指導できる研究マネジメント体制を整え、領域一丸となって、社会・経済に大きなインパクトを与える研究成果の創出を目指します。

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・再構築等を行うことも想定しています。

③ 期間・研究開発費

令和 2 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 4 年度末まで）、研究開発費を探索研究期間全体で最大 3,000 万円（直接経費）として計画して下さい。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 7.5 億円（直接経費）を上限に構想してください。

2. 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

新規

(1) テーマの説明

日常生活の中で計測できるデータと心理状態の関係を明らかにし、複数の計測データにより心理状態を客観的に推定する技術を開発するとともに、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の手法を開発します。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。

我が国においては、少子高齢化が一層進む中、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、不安や憂うつなど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、喜びなど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、学校や職場などの日常生活の中で、内的要因（想像、思い出など）や外的要因（環境刺激など）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、体温などの生体的な反応としても表出します。また、商品購入など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ことが分かってきています。

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などから、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などが開発されおり、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など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・状態など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、メンタル不調に関して現状では、本人が不調を感じてはじめてカウンセラーや医師の問診を受け、医療機関において診断・治療を受けています。学校や職場等の日常生活の中で継続的に測定するデータから客観的に心理状態を推定できればメンタル不調の兆候を早期に検知することができ、日々の生活の中で心理状態の改善に取り組むことで不調の深刻化を防ぐこともできます。うつ気分の改善に有効な栄養素の同定とその機能性評価に基づいた食品の開発等、日常生活において改善に向けて実践可能な手法へとつなげることが期待されています。

メンタル不調の改善にとどまらず、人の意欲を増進させることができれば、国民全体の生きがいや働きがいの向上が実現します。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り、人の意欲の向上に効果があることなどが、近年の研究で明らかとなってきました。このように、様々な刺激と人の感覚、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等によって、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。

以上により、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と心理状態の関係を明らかにし、測定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、学校や職場など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の開発に一貫して取り組む提案を求めます。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提案を募集します。

心理状態の客観的な推定に関して、具体的には、言語情報、動的情報（音声、表情、動作等）、生体情報（心拍、血圧、汗等）、生化学的情報（ホルモン等）などのセンシングデータと心理状態の関係を解明する研究開発を求めます。心理状態は、行動観察や質問紙調査等も含めた複数の方法によって裏付けがされ、エビデンスに基づいていることを必須とします。その上で、日常生活における複数のセンシングデータから、メンタル不調や意欲などの複雑な人の心理状態を客観的に推定する解析モデル／アルゴリズムの開発を目指します。

ノイズが大きな日常環境の中でデータの特徴や変化の検出も求められるため、解析モデル／アルゴリズムの開発においては数理科学の手法等を取り入れた分野融合の提案を歓迎します。今回の募集では、全ての心理状態を範囲としますが、対象とする具体的な心理状態については提案の中で提示してください。

心理状態を推定するうえでは脳活動情報（脳波、fMRI 等）も有用と考えられますが、日常的に計測を行うには課題があると予想されます。本重点公募テーマでは、脳活動もセンシングデータの対象に含めることは可能ですが、その場合も日常生活での社会実装を見据えて、脳活動データと相関する他のセンシングデータを探索するなど、日常生活での継続的な計測を目指す提案を求めます。

加えて、ひとりひとりが能力を発揮できる心理状態を促すため、推定されたそれぞれの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提案を求めます。例えば、不安や憂うつなどの心理状態の改善に有効な行動変容アプリや機能性食品の開発、触覚と聴覚などの様々な感覚の相互作用を応用して意欲などの心理状態を増進する手法の開発などが想定されます。心理状態を推定する技術と、それぞれの心理状態に応じた適切なフィードバック手法を組み合わせ、日常生活への実装イメージを具体的に描いた提案を求めます。

以下、想定される研究開発課題例を示しますが、あくまでも一例ですので、これらにとらわれず、自由な発想で記載してください。

研究開発課題例 1 :

子どもは学校や家庭、学習塾などの様々な場面で学習を行います。学習中は、室内環境などの外的要因や苦手意識などの内的要因によってネガティブな感情が生じる可能性があり、そのような学習中のネガティブ感情をどのように防ぎ、対応するかが重要な課題です。また、学習中に子どもが感じている喜びや楽しいといったポジティブな感情を活かして、学習効果の促進を図ることも重要です。そこで、子どもの表情や視線、行動様式等のセンシングデータと心理状態との関係を解明し、子どもの楽しい、快適、イライラ、不安などの心理状態を推定するモデルを開発します。この技術を学校や家庭、学習塾などの各現場に適用し、実際に室内で学習を行っている子どもの心理状態を客観的に推定します。親や教師が子どもの心理状態をリアルタイムに把握することで適切なサポートや教材選択が可能となる他、視覚・聴覚・触覚等の様々な感覚の相互作用に基づいて、子どもの学習意欲を増進する新たな教材開発等へとつなげ、子どもたちがどこでもポジティブな感情の下で学習できる社会を実現します。

研究開発課題例 2 :

企業において、従業員の健康に関する最大のコスト要因は「プレゼンティーイズム（職場には出勤しているものの、何らかの健康問題によって、業務の能率が落ちている状況）」と言われ、そのうち最も大きな割合を占めるのはメンタル不調と言われています。従来は、カウンセラー等による問診での判別が主であった従業員のメンタル不調の兆候を、実際の仕事環境下において自動的に検知することを目指します。脳活動と相関する生体情報や生化学的情報等のマーカーを同定し、それらのセンシングデータと心理状態の関係を解明し、不安や憂うつなどメンタル不調へつながる心理状態を高精度に推定するモデルを開発します。さらに、不安や憂うつなどの心理状態の改善に有用な行動変容アプリを開発し、不調の兆候が見られる従業員に対して最適なアドバイスを提示するなどのフィードバックを行うことで、誰もが活き活きと仕事ができる社会を構築します。

人の心理状態を客観的に推定する技術の応用先として、上記の研究開発課題例で示した学習支援や労働生産性向上の他、ものづくりやマーケティング、介護支援、コミュニティ活性化など、社会の中で広範

な分野が考えられますので、自由な発想で記載してください。特に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提案を優先しますので、これらの例にとらわれず、提案内容が幅広い他分野への応用も見込まれる場合は、応用先や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など）、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などの検討を求めます。提案にあ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

研究開発運営会議メンバーによる研究計画の確認やサイトビジット等を通じて、助言・指導できる研究マネジメント体制を整え、領域一丸となって、「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。

なお、提案にあたってはセンシングデータから心理状態を客観的に推定する解析モデル／アルゴリズムとその推定結果に基づいたフィードバック手法の開発により、実際の日常生活の中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に一貫して取り組む提案を強く求めます。また、心理学の研究者が有する心理状態の知見に対して、生化学や工学の研究者が計測項目を提案し、それをデバイスで計測する方法、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など、心理学や生化学、工学等の研究者の共同による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2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4年度末まで）、研究開発費を探索研究期間全体で最大3,000万円（直接経費）として計画して下さい。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7.5億円（直接経費）を上限に構想して下さい。

6.1.4 「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（CO₂）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。2015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℃未満にし、1.5℃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、2015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年までに80%の温室効果ガスの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提案に加え、異分野の研究者による全く新しい提案も重要です。

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2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、令和元年度に

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昨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」をご覧ください。

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	B1	高耐久性・高効率の Pb フリーペロブスカイト太陽電池
	B2	従来の太陽電池の2倍以上の変換効率を実現する新コンセプト太陽電池
	B3	デバイス部の厚さが「従来にない程に薄い」ことを特徴とする高効率太陽電池
	B4	単接合太陽電池の理論限界を超えるタンデム型太陽電池
	B5	20%以上の変換効率を持つ有機太陽電池
	B6	飛躍的な効率向上を目指した人工光合成
②物理・化学プロセスによる省エネルギー技術	B7	電力／動力変換システムの省エネ・高効率化関連技術
	B8	省電力データ通信・革新的情報処理グリーンエレクトロニクス基盤技術
	B9	革新的熱エネルギー利用技術の開発
	B10	高効率・高性能分離技術を用いたプロセス強化技術
	B11	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	B12	CO ₂ の大規模かつ効率的なメタノール、オレフィンなどへの資源化技術
	B13	高効率な温室効果ガス分離・吸収剤の開発
	B14	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
	B15	大規模生産に向けて環境変動にロバストな光合成微生物の開発

	B16	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
	B17	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
	B18	バイオマス原料から高性能・高機能素材を高効率で生産する新しい合成技術
	B19	次世代ナノセルロース材料を創製するための階層構造制御技術
	B20	次世代のリグニン材料を創製するための化学修飾・複合化技術
④低炭素社会実現のための循環型高分子材料の創製	B21	【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

※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（①～④）、募集区分（B1～B21）、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 B1：高耐久性・高効率の Pb フリーペロブスカイト太陽電池
-----------	--

※今年度は蓄電池関係のボトルネック課題を設定しておりませんが、別事業の先端的低炭素化技術開発（ALCA）特別重点技術領域「次世代蓄電池（ALCA-SPRING）」において、当該事業の評価委員会の指摘をふまえ、既存の研究開発課題を実施している研究開発チームに、新規材料に基づいた固体電解質、および空気電池用の分離技術の研究を行う共同研究開発機関の追加を予定しております。詳細は以下のサイトをご覧ください。

<https://www.jst.go.jp/alca/alca-spring/archive/2020/04/30/group-expansion/index.html>

（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CO₂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。

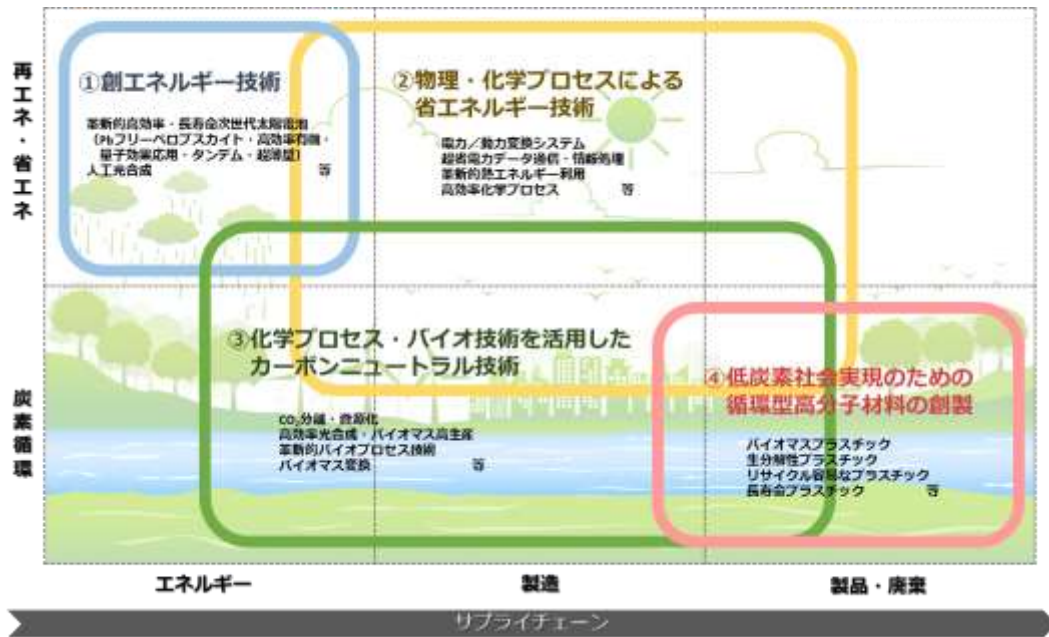


図1: 「地球規模課題である低炭素社会の実現」領域の俯瞰図

上述のとおり、2016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、CO₂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CO₂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。提案課題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CO₂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」(2013年1月作成、2019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CO₂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。

- ・CO₂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CO₂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(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、選考基準1.において、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CO₂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おります。

●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。

CO₂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提案に加え、異分野の研究者による全く新しい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、昨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

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、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は、短期間で交換する必要があるため、長期間使用できる高耐久性の太陽電池が求められています。実用化されている太陽電池では20年～25年の使用が保証されています。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まだ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1cm²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提案を募集します。例えば以下のような提案を期待します。

- ・ 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等の新しい構造体の開発と太陽電池応用
- ・ 高耐久性を実現する封止材料・技術の開発と高効率Pbフリーペロブスカイト太陽電池の実現

B2 従来の太陽電池の2倍以上の変換効率を実現する新コンセプト太陽電池

Si太陽電池におけるセルの変換効率は25%前後に達していますが、単接合の太陽電池では理論的な

最大効率が約 30%程度とされています。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。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されています。一方、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て、従来の単接合太陽電池の 2 倍以上の変換効率を実現する太陽電池の設計指針と、それに基づく太陽電池構造・形成方法を構築し、その実現を目指す挑戦的な提案を募集します。材料や機構は制限しませんが、従来の太陽電池に対する優位性が提示されていること、さらに具体的な作製方法まで踏み込んだ提案であることが評価のポイントとなります。例えば以下のような提案を期待します。

- ・ 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超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超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

B3 デバイス部の厚さが「従来にない程に薄い」ことを特徴とする高効率太陽電池

現在商業生産されている結晶系 Si ウェハはほぼ全量、ワイヤソー技術で作製され、ウェハ厚さ 180 μ m で最適化され、これがほぼ下限となっています。ワイヤソー技術でこれ以下に薄くする場合、歩留まりの低下だけでなく、切断に伴って発生する Si 削り粉（カーフロス）の方が多くなるという製造コスト的には不適切な状況が発生します。また、ワイヤソー技術では、Si 削り粉が潤滑油で汚染されることが問題で、適正な回収技術が開発されていない状況です。これは高価格材料の有効活用の観点から大きな課題です。ここでは、従来の技術にとらわれない超薄型（既存厚さの 1/4 以下）の結晶系 Si ウェハを作製する技術に加えて、セル効率 23%以上を達成できる太陽電池セル作製技術を募集します。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軽量化・フレキシブル化と高効率化を同時に実現する新しい材料の超薄膜太陽電池の実現を目指した挑戦的

な提案を募集します。例えば以下のような提案を期待します。

- ・ 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
- ・ 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
- ・ フィルム基板上への超薄膜無機化合物半導体の作製と優れた太陽電池特性の実現

B4 単接合太陽電池の理論限界を超える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%の変換効率の大幅な向上を実現するためには、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、高効率に限られた材料の組み合わせでのみ実現されており、汎用性の高い材料の組み合わせでは十分な効率向上が得られていません。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～1.1eV）がコスト面から見て最適です。トップ層の太陽電池にはバンドギャップが 1.5～1.7eV 程度の半導体層の太陽電池が検討されていますが、低コストと高効率、高耐久を兼ね備えた太陽電池は実現されていません。例えばペロブスカイト太陽電池（バンドギャップ～1.5eV）や化合物半導体（CuGaS）等がトップ層として検討されてきました。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発電性能向上を低コストで実現することを目指した挑戦的な提案を募集します。例えば以下のような提案を期待します。

- ・ 多接合時のバンドギャップアライメント、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 等のタンデム太陽電池の開発とその高効率化
- ・ Pb フリーのペロブスカイト/ペロブスカイトのタンデム太陽電池

B5 20%以上の変換効率を持つ有機太陽電池

有機太陽電池は、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ため、有望な太陽電池の候補です。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、

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}) を両立できるために、20%を越える変換効率が達成されているのに対し、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、薄膜太陽電池で非フラーレン型の新しい嵩高いアクセプターの開発等により、変換効率が急に向上し、シングルセルで効率が17%を越え、タンデムセルでは17.3%の報告もあり、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。高い J_{sc} と V_{oc} を両立できる有機太陽電池を実現する挑戦的な提案を募集します。有機化合物の高いデザイン性は、タンデムセルの開発に必要な各セルの光吸収マッチングに最適です。電子やホール輸送の分子機構を解明し、それに基づいた材料・電池構造を開発して、新しい太陽発電システムの実現を狙います。画期的な効率向上と耐久性を目指す挑戦的な提案を募集します。例えば以下のような提案を期待します。

- ・ 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
- ・ タンデム型や新しい構造の有機太陽電池の設計法の構築と高効率化

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。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。太陽光による二酸化炭素からメタノールを生成する従来に無い効率的な人工光合成技術の開発も重要な課題です。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・革新的な提案を募集します。例えば以下のような提案を期待します。

- ・ 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

② 物理・化学プロセスによる省エネルギー技術

B7 電力／動力変換システムの省エネ・高効率化関連技術

我が国の現在の総電力需要は約 1000TWh、うち 5 割強がモータの動力として使われており、エネルギー資源の有効利用に向けて、モータおよびその駆動システムのさらなる省電力化が強く求められています。現在、使用されているモータ自体の動力変換効率は 90%以上に達していますが、モーター消費電力の総量が膨大なだけに、たとえ 1%の効率向上でも省エネ効果は大きいのです。

高効率電力/動力変換システムに関する下記の技術分野における革新的な提案を募集します。

- (1) モータの固定子や回転子の構造を工夫して鉄損・銅損の低減やトルクの向上を実現する技術
- (2) モータの動作状況や負荷に合わせた高効率駆動のためのデジタル制御 IC と電力変換器（インバータ、コンバータ）からなる集積パワーモジュールとモータ制御法
- (3) 高保持力ハード磁性材料および低鉄損・高飽和磁束密度のソフト磁性材料
- (4) インバータや回生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優れた大電力スイッチング素子

提案に当たっては、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と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越性を示し、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。いずれの提案でも、研究計画にはプロトタイプでの性能実証を含めてください。

以下に提案の具体例を示しますが、それらに限定することなく革新的な技術提案を募集します。

- ・ 電気自動車において蓄電池に効率良くエネルギー回生できるモータドライブシステム
- ・ ブラシレスモータにおいて低速運転可能かつ応答性に優れたセンサレス制御方式
- ・ ジスプロシウム不要のネオジム磁石や焼結加工できるサマリウム鉄窒素磁石等、高性能・低コスト希土類磁石
- ・ 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

B8 省電力データ通信・革新的情報処理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（Society 5.0）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ー情報（ビッグデータ）を収集する通信路網での電力消費量の急増が懸念されています。また、移動体通信機器においても 4K/8K 等の動画コンテンツ、さらにはセキュリティ、教育、医療等でも高精細画像のニーズは飛躍的に高まり、データ通信量は倍々ゲームで増加の一途をたどっています。例えば、次世代 5G 通信システムでは 1000 倍以上のビット容量、10Gbps を超える高速化が期待されているように、長期的な視点で増大し続ける通信需要に応えるにはビット当たりの通信電力を桁違いに低減することが要請されます。

当該技術分野における克服すべき課題（通信ボトルネック）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おり、無線通信用パワーアンプ、エッジ情報処理チップや高速ルータ機器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。

以下に提案の具体例を示しますが、そ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。

- ・ 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
- ・ 量子コンピューティング等、新しいアーキテクチャに基づく情報処理デバイス
- ・ データ転送遅延の小さい LSI チップ間光配線技術
- ・ リアルタイム画像認識等、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)

B9 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を得られますが、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。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、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、反応層の伝熱促進による熱輸送・貯蔵の高速化、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。

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。

以下に具体的な提案例を示しますが、それらに限定することなく革新的な技術提案を募集します。

- ・ 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 CO₂ 循環利用

B10 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生産性・省エネ性は、生産過程の収率向上と共に、未反応原料・製品・溶媒の分離・回収・リサイクルプロセスに大きく依存します。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、高効率・高性能な分離技術を開発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、革新的な分離性能を有する分離膜、様々な分離技術（膜分離、相分離、吸着、抽出、晶析等）をハイブリッド化した高性能分離プロセスに加え、メンブレンリアクター、反応吸収、反応晶析、反応蒸留といった反応分離技術等が必要となります。特に、膜分離法は、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期待されています。材料的には、有機高分子材料、無機材料、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、透過能・選択性・耐久性において、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、提案に当たっては、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。

B11 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

C1 化学は、各種炭素源の CO、H₂ 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℃以上という高温下でのメタン水蒸気改質（吸熱反応）と 250℃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 CO₂ を排出するエネルギー多消費プロセスとなっています。また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。

このようなエネルギー多消費プロセスの低エネルギー化や高難度反応の選択性の改善のための触媒開発が盛んですが、触媒性能の飛躍的な向上のためのブレークスルーが切望されています。

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、反応プロセスの提案を公募します。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。

提案に当たっては、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・CO₂ 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**B12 CO₂ の大規模かつ効率的なメタノール、オレフィンなどへの資源化技術**

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 CO₂ 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 CO₂ を、CO₂ 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。

CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ の大規模かつ効率的な資源化技術を先行して構築する提

案を募集します。具体的には CO₂ からのメタノール合成・エタノール合成・酢酸合成、CO₂ からの FT 合成、CO₂ の改質による合成ガス製造、CO₂ 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 CO₂ の大規模資源化のためには CO₂ 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 CO₂ 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、提案に当たっては、効率及びコストの目標値の明示を要件とします。

B13 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 CO₂ 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、CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ 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が、現状の CCS コストは、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 6,000 円/t-CO₂ 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、CO₂ 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。

CO₂ 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手法がありますが、大幅コストダウンに繋げるためには、いずれの手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、空気中から直接 CO₂ を捕集し貯留する DAC（Direct Air Capture）技術の開発も必要とされます。

CO₂ 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ことから、多岐にわたるアプローチが考えられます。提案に当たっては、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提案も対象とします。

さらに、CO₂ に限らず、温暖化係数の大きいガスを対象とした分離・回収技術も提案の対象とします。

B14 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 CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ 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70%以上（冷ガス効率）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・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。

B15 大規模生産に向けて環境変動にロバストな光合成微生物の開発

微細藻類、ラン藻、光合成細菌等の光合成微生物による化学品、燃料の生産は、光合成によって CO₂ から物質生産できるため大変期待されています。これまで培養条件の検討や遺伝子制御技術によって、目的物質を効率よく生産するための研究がなされてきました。これらの成果は、高付加価値化成品の生産も併せたもの等、実用化に向けて期待を持たせるものであり、実用化に向け、大規模化を伴う実証実験が様々な試みられています。そこで明らかになってきたことは、大規模培養においては、実験室とは異なる克服すべき高いハードルがいくつかあるということです。一番の問題は、大規模培養系では実験室の分析系と比べて著しく生産性が低いことです。例えば、微細藻類は、種類により適切な光の強さが異なっており、実験室では目的の微細藻類に合わせ理想的な光・温度環境を利用できます。しかし、野外においては光・温度環境は天候によって著しく変動し、人為的にコントロールするのは困難です。強弱の変動により、野

外環境では高密度での培養を維持できないことが、目的物の生産性低下、コンタミネーション、回収コストの問題につながります。また、野外に限らず、室内での閉鎖系の大規模培養でも、培養槽の表層と深層における細胞環境の違い、攪拌の問題、深部を照らす照明が必要になる問題等、実験室の分析系とは全く異なる問題が生じます。

そこで、大規模生産のためのボトルネック克服のために、環境変動にロバストな光合成微生物の開発を公募します。例えば、以下のような提案を期待します。また、回収した菌体からの化合物抽出に有効な破碎技術とリンクしていると、なお実用化の可能性が高まると考えられます。

- ・ 光の強弱あるいは培養槽の深度に関わらず生産性が維持できる微細藻類の開発
- ・ 室内の弱い照明でも高密度の細胞濃度の得られる微細藻類の開発

B16 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

CO₂ 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を開発を公募します。例えば、以下のような提案を期待します。

- ・ 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

B17 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

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、CO₂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、CO₂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。

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。

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。これらの合成生物学的知見を用いた、(細胞を用いない) バイオプロセスの革新的開発も含めます。例えば、以下のような提案を期待します。

- ・ 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
- ・ 従来の化学プロセスを置き換えるような新しい（細胞を用いない）高効率なバイオプロセスの革新的開発
- ・ 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

B18 バイオマス原料から高性能・高機能素材を高効率で生産する新しい合成技術

バイオマス（木本系・草本系材料）の成分分離で得られる糖類やリグニンを原料として、日常生活や産業に有用な化成品や高分子素材を省エネルギープロセスにおいて高効率で生産する新しい技術を開発してその産業体系を確立することは、低炭素社会を実現するための重要課題の一つです。最近の数年間において、木本系あるいは草本系材料から主として、セルロース、ヘミセルロース、リグニンの 3 成分を合目的的に分離する多様なプロセスが提案され、それぞれ特色ある分離技術の開発が急速に進展しています。結果として、セルロース、糖類、リグニン等を比較的高純度で生産できるようになってきました。

国内においてバイオリファイナリーシステムを作動させるためには、低炭素社会への貢献と同時に経済性の確保を図ることが必要です。よって、第 1 のボトルネックは、バイオマスから生産できるセルロース、糖類、リグニンを社会が求める高性能あるいは高機能な化成品や高分子素材へと効率的に変換する新しい化学的・生物学的合成方法を開発することにあります。また、これまではバイオマス含有量が少ないうえにあまり注目されていなかったテルペンやポリフェノール等を付加価値の高い機能製品に変換する技術開発も必要です。第 2 のボトルネックは、有機酸やアルコール等の汎用化成品をバイオマスから低コストで生産できる技術を開発することです。これらのボトルネックを解決することで、初めて、石油を原料とするプラットフォームがバイオマスを原料とするプラットフォームに変換され、低炭素社会を経て真の炭素循環社会が実現されます。

今回は第 1 のボトルネックであるセルロース、糖類、リグニン、テルペンやポリフェノール等を原料として、高性能あるいは高機能な化成品や高分子素材を省エネルギープロセスで効率良く生産する新しい合成技術を開発する挑戦的な提案を公募します。

セルロース、糖類、リグニン、テルペンやポリフェノール等を有機酸やアルコールのような安価な汎用化成品やエネルギー原料に変換するのではなく、例えば以下のような提案を期待します。

- ・ セルロース、糖鎖、リグニン、テルペンやポリフェノール等が保有する生物由来六員環等の骨格構造を活かした高性能あるいは高機能な化成品や高分子素材に変換する化学的・生物学的な合成技

術

- ・ 今後増産が予想される天然ガス、シェールガスからは生産が困難で将来的に品薄が予想される化成品原料、例えば、C4 以上の化合物や芳香族化合物を、セルロース、糖類、リグニン、テルペンやポリフェノール等を用いて、低コストで効率良く生産する合成技術の開発
- ・ リグニンは架橋高分子であることから、高温、高圧等の過酷な反応条件でないと短時間では分解しないことが知られており、リグニンから芳香族化合物等の低分子化合物を効率的かつ高収率で得ることは極めて困難である。この問題を解決するためのリグニン分解の反応やプロセスに関する技術開発

B19 次世代ナノセルロース材料を創製するための階層構造制御技術

バイオマスから太さ 20nm 程度のナノセルロース（セルロースナノファイバー（CNF）、セルロースナノクリスタル（CNC）等）を効率よく分離する技術の開発が進み、国内外においてナノセルロースの工業生産も試験的に始まっています。ナノセルロースの引張強度（3GPa）と弾性率（140GPa）はアラミド繊維等の超高強度繊維と同程度であり、熱による変形も小さいことから、ナノセルロースは高性能素材として大きな可能性を持っています。また、ナノセルロースは表面積が大きく、その表面は多数の水酸基を有するため化学修飾して各種官能基を導入することや、ナノセルロース表面に金属イオンや金属ナノ粒子を高密度で付着させることができ、ナノセルロースは高機能素材としても大きな可能性を有しています。

しかしながら、親水性のナノセルロースを用いて単独あるいは他の材料との複合化によって高性能・高機能材料を作製するためには、ナノセルロースを基盤とする材料の一次・二次・三次の階層構造を、各階層において精密に構造制御する技術の開発が必要です。ナノセルロースを用いて次世代材料を設計し創製する技術開発に関する挑戦的な提案を公募します。

例えば、以下のような提案を期待します。

- ・ 結晶・非結晶領域を制御する技術
- ・ 水中の均一分散高次構造を維持したまま水分を除去する技術
- ・ 親水性／疎水性を制御し疎水性の高分子やゴムに完全分散させる技術
- ・ 階層構造に起因する新しい機能、性能（吸湿性、耐熱性等）の大幅改善に着目した技術
- ・ 自動車のボディ等部材に用いる場合、粘り強く・しなやかな特性、耐衝撃性を付与する技術

B20 次世代のリグニン材料を創製するための化学修飾・複合化技術

従来、リグニンは製紙プロセスの前処理によって変成が進み、前処理に使用された薬品の混ざった黒ずんだ液体（黒液）となって回収され、燃料としてのみ工業的に利用されてきました。またリグニンを化成品や高分子素材として再利用するため、リグニンを分解して低分子化し、得られた低分子化合物を変換し化成品を得る、あるいは重合して高分子を得る研究開発が鋭意行われてきました。しかしながら、反応が遅い、収率が低い、多段階のプロセスとなる、エネルギー消費が大きい等の問題があり、実用化の見通しが未だ立っていないのが現状です。一方、昨今のリグニン分離の研究開発の進展によりバイオマスから変成のほとんどない綺麗なリグニンを得ることができるようになってきました。リグニンは多数の水酸基を有するため化学修飾して各種官能基を導入することや他の材料と複合化することで従来にない高性能・高機能素材として再生できる可能性を有する魅力的な材料です。従来のアプローチのようにリグニンを分解するのではなく高分子のまま活用し次世代材料へ変換する技術開発に関する挑戦的な提案を公募します。

例えば、以下のような提案を期待します。

- ・ リグニンはその原料種によって基本構造や性状が異なる化合物であることから、リグニン構造を把握し、構造と性状の相関を明らかにすることで、その品質を管理する技術
- ・ リグニンは多数の水酸基を有するため化学修飾して各種官能基を導入することで高分子材料や無機材料と複合化し高性能・高機能素材として再生する技術

④ 低炭素社会実現のための循環型高分子材料の創製

B21 【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%^{a)}、日本での有効利用率 84%^{b)}）。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、このままでは累計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^{c)}。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CO₂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・基盤技術に関する提案を期待します。

ここで言うところ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）のことを言います。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。

*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（植物生育の肥料として活用）

*3：リサイクル容易なプラスチック（リサイクルにより焼却廃棄物の低減）

*4：長寿命プラスチック（長寿命化による焼却頻度の低減）

またボトルネックとして、以下のような課題を例示することができます。

1. バイオマスプラスチック（エラストマーを含む）

- ・ 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を原料とするプラスチック
- ・ 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

2. 生分解性プラスチック（エラストマーを含む）

- ・ 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

3. リサイクル容易なプラスチック（エラストマーを含む）

- ・ ケミカルリサイクルのための分解機構がプラスチックに組み込まれており、回収後にそれを発動させることでプラスチックが、例えば、その低分子量体として容易に回収できるプラスチック
- ・ 回収後に分解機構を発動させることで、プラスチックと複合化した材料、部品、あるいは、システムから構成部材・部品が容易に回収できることを可能にするプラスチック
- ・ 安定で精製が容易なため、そのままのリサイクルが可能なプラスチック
- ・ 使用後破碎回収しても再成形すれば元の優れた物性（機械的強度等）を復元することができる複合材料

4. 長寿命プラスチック（エラストマーを含む）

- ・ 自己修復機能を有するプラスチック
- ・ 分子量の低下しないプラスチック
- ・ 使用とともに性能の向上するプラスチック

5. 上記 1～4 のプラスチック（エラストマー含む）の合成（ポリマー重合）のためのモノマー生産に関する技術

6. 上記 1～4 を進めるために必要な基盤技術

- ・ プラスチック分解メカニズムの解析
- ・ プラスチックのナノ構造解析と物性相関
- ・ 分解性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
- ・ プラスチック構造と生分解菌の関係とその最適化

以上 1～6 の課題を達成するためには、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が重要となります。

a) : 「Single-use plastics: A roadmap for sustainability」(国連環境計画、2018 年)

b) : 「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)

c) : 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)

※「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新たな試みです。

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ございます）。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費が異なります。下記の「●期間・研究開発費」をご覧ください。
- 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・期間を記載してください。

●成果の適用先の想定

本領域では、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、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

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。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 CO₂ 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、2010 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。

その他にも経済産業省をはじめとする他省庁と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)。

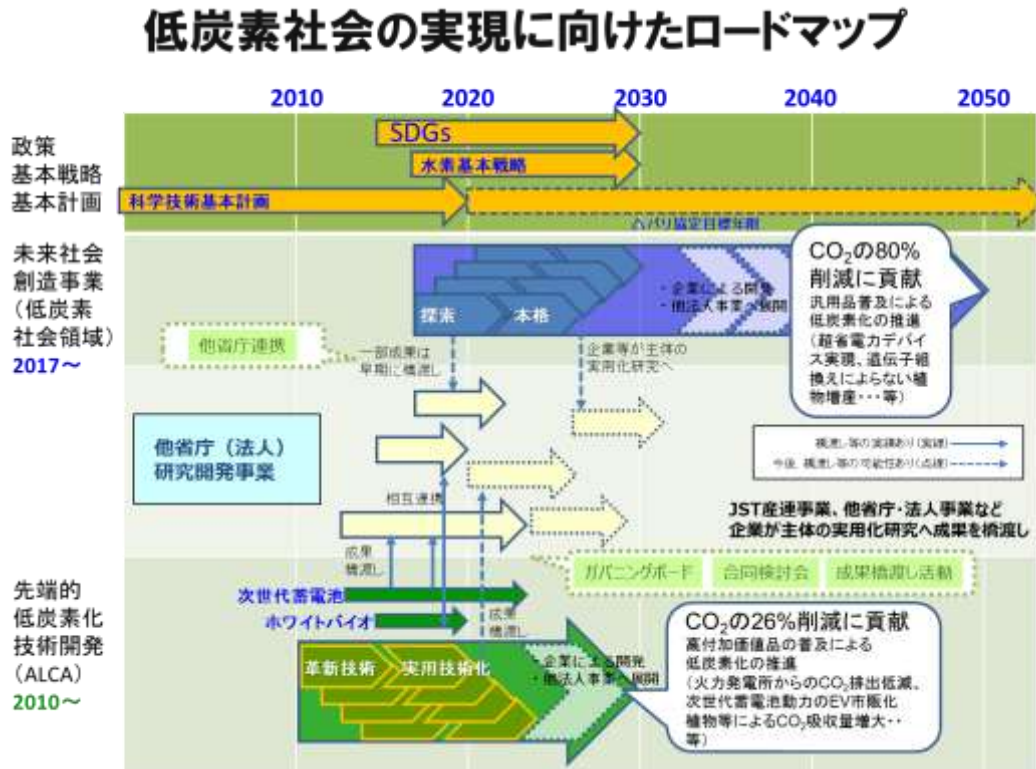


図2 低炭素社会実現に向けたロードマップ

また、本領域では、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・応用が急速に進むことが見込まれることから、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。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7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委員との面談により決定いたします。進捗によっては、ステージゲート評価の結果、早期に本格研究へ移行することも検討いたします。

●期間・研究開発費

① 探索研究

本領域の標準の探索研究期間は、令和 6 年度末までの 5 年度間（ただし、令和 2 年度は研究開発の開始時期に関わらず 1 年度間と計算する）とし、研究開発費は探索研究期間全体で総額 1.6 億円（間接経費込み）を上限として計画してください。

② 本格研究

本領域では探索研究時の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することになりますが、提案段階における本格研究の期間は最大で 5 年間、研究開発費は本格研究期間全体で総額 5 億円（間接経費込み）を上限として計画してください。

※「異分野シーズの融合運用」について

① 探索研究

探索加速型の研究開発期間（5 年間）は年間 650 万円（間接経費込み）を上限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の可能性もあります。

② 本格研究

本格研究の研究開発期間は最大で 5 年間、研究開発費は本格研究期間全体で総額 5 億円（間接経費込み）を上限として計画してください（総額 5 億円は複数課題を融合した結果の金額です）。

6.1.5 「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企画本部長 兼
ヘルスケアビジネスユニットチーフエグゼクティブ)

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で伸び悩んでおり、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つのコンセプトを重視し、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

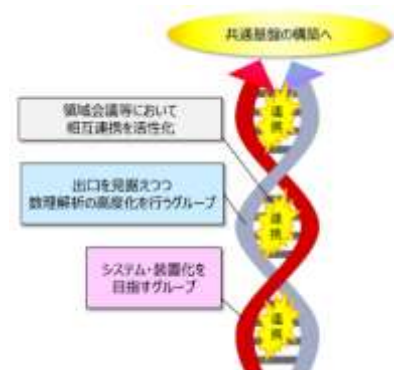


図1：領域運営における仕掛け

している数理科学・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

継続

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ています。研究現場も例外ではなく、2017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、2003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 3.6 兆円（2020年3月現在）の企業に成長しています。

材料開発においても革新が進んでいます。一例として、2011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。追随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>

本事業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 を目指す制度であり、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。本事業の成果が、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と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、本事業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年度の初年度の募集では、以下の3つのコンセプトを踏まえ、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3参照）で提案を募りました。

- 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

続く令和元年度募集では、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。これらによりマルチモーダル・マルチスケール解析の進展に資する提案、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、培養、合成等)に貢献する革新的技術の開発

※本事業 web サイトに設けたテーマ提案募集へのご意見・アイデア、並びに有識者による検討ワークショップに基づき検討・設定

● 募集・選考の方針

令和 2 年度のポイント

- ・ 令和 2 年度は令和元年度に引き続き、10 のサブテーマを継続しつつ、2 つの「優先的に提案を求める課題」を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」をご覧ください）。
Y01：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」の重要性が顕著であることを踏まえて、Y01 下でその貢献に資する提案を募集
Y02：本格研究にむけ、材料のスマートラボ実現を目的としたマテリアルサイエンス分野からの提案を中心に募集。特に有機材料合成やハイスループット評価等の技術を期待。
- ・ 「要素技術タイプ」については、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

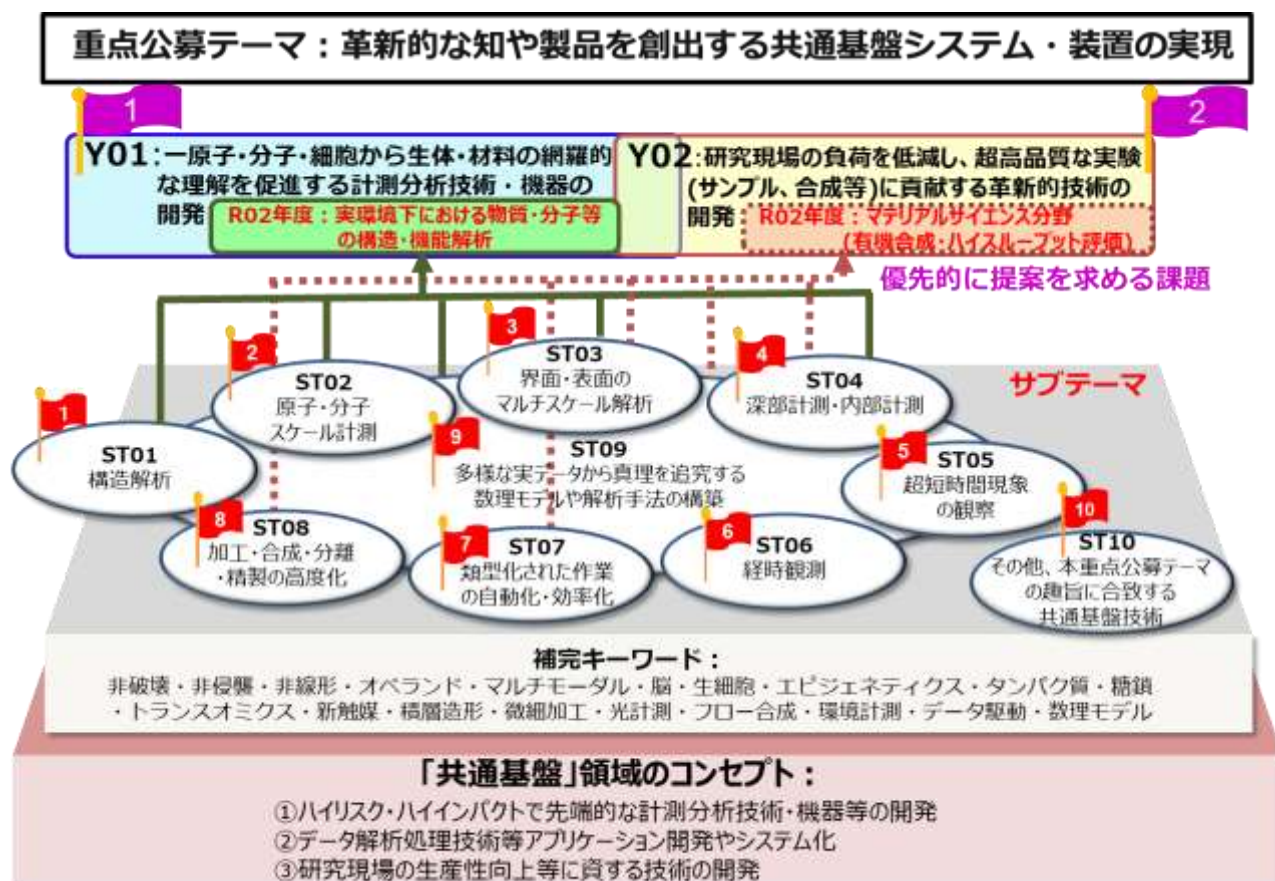


図3：「共通基盤」領域の優先的に提案を求める課題とサブテーマの俯瞰図

●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要素技術を「探索研究（要素技術タイプ）」の提案として募集します。

従って、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、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いただきます。

本年度は募集区分 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参照してください。

(注意事項)

本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、もし応募タイプの様式を誤り提案された場合は、評価を行いません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とおり、令和2年度は以下の2課題に関連する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。どちらの提案に当たっても、これらの課題を解決した時の社会的インパクトの大きさと、それを実現するための現状と既存の技術のギャップを明示し、それを埋めるための方針が、国際的な競合技術分析との比較や、提案段階の構成の中に企業がどの程度の期待を持って参画しているかという観点からも、可能な限り提示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もありえます。

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	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 (実環境下における物質・分子等の構造・機能解析)
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 (マテリアルサイエンス分野（有機合成・ハイスループット評価）)

1) 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（実環境下における物質・分子等の構造・機能解析）（募集区分：Y01）

世界的に競争が激化する健康・医療（創薬、診断機器等）、新材料創成（物質生産、機能性材料開発等）の研究加速のため、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や、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が求められています。更なる将来を見据えると、これらの開発技術について、時間軸も含めた4次元で統合的に解析が可能となるような飛躍的な技術開発も極めて重要となります。

（令和2年度の焦点）

特に激しい競争となっている新興研究を加速させるためには、物質・分子・イオン等が実際に機能する空間で計測分析ができるような「実環境下における物質・分子等の構造・機能解析」の提案を求めます。

以下、各分野の計測分析技術・機器の現況を踏まえ、実環境下の構造・機能の解析の必要性や求めるべき

性能等について例示します。

ライフサイエンス分野では、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また POC 達成を見据えた提案を期待します。具体的には、例えば、神経やがんに関わる疾病に関しては、ミトコンドリア等の細胞小器官や標的タンパク等が深く関わっていることが示唆されていますが、従来クライオ電子顕微鏡では生体外で標的タンパクの精製が必須であるように、細胞内 (in vivo) の生体分子を生きたまま直接観測することは困難であるため、代わりに試験管 (in vitro) 等で生体内を模した実環境になるべく似た系を再現したモデル系での解析にとどまっています。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 マイクロメートル程度) の様々な生体内分子の構造やその動態を実際に機能する空間で解析することが必要であり、空間分解能 1 マイクロメートル以下・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。加えて、こ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、細胞内や生態環境での機能を損なうことなくタンパク等を観測する技術 (高感度な化学プローブ等) や、ミリ秒以下の時間分解能でタンパクや DNA の動態シミュレーションを可能にする計算科学との組み合わせが必要です。また、ミクロからマクロまで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ことが重要です。このための同一サンプルを用いた同時測定技術や数値モデル・数理解析技術・情報処理技術等を含む提案も歓迎します。

マテリアルサイエンス分野では、電子部品・半導体・触媒等の材料、またバイオマテリアル等に広く適用される技術また POC 達成を見据えた提案を期待します。また、各提案においては適切な実証ターゲットと実環境を設定し、その計測・解析の実現に必要な精度等を明確にすべくご検討ください。

具体的には、例えば、リチウムイオン電池の数ナノメートル程度の電極・電解質界面には、空間電荷層 (イオンがほとんど存在しない層) が存在し、その厚みや電子・微量イオンの分布が出力特性等、電池特性に影響を与えることが知られています。しかし、電圧を変化させた状態でリチウムイオン電池の電極・電解質界面の電子・イオンの状態や反応の挙動解析はできていません。そこで、高性能で安全性の高い電池の実現のためには、電圧等を変化させた状態でかつ空間分解能 1 ナノメートル以下・時間分解能マイクロ秒以下で測定可能な計測・解析する技術や機器が求められます。

また、例えば自動車の軽量化等に資する高機能な複合化材料 (コンポジット材料) の開発には、様々な状況下でも力学物性に優れ、強固でしなやかさも併せ持つ材料の形成と、材料が実際に形成される実環境

下において変化する特性を把握することが必要です。そのためには、異なる材料をナノレベルで混合する等の製造工程中の状況や材料を複合化する際の物理的・化学的な配向や結合状態が攪拌速度等のパラメータによってどのように経時変化するかを解析可能とし、空間分解能 0.1 マイクロメートル以下・時間分解能マイクロ秒以下で測定可能な計測・解析する技術や機器が必要です。なお、募集はこれらの研究や開発事例に限定されるものではなく、先に述べた広範な適用技術を念頭に提案をご検討ください。

さらに、従来、「化合物物性～材料界面の状態～実際に組み立てられたモジュール性能」といったスケール毎に異なった解析法で測定されていた情報を統合できる数理・情報処理技術を含む提案も歓迎します（募集区分 ST09 も参照のこと）。

2) 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（マテリアルサイエンス分野（有機合成・ハイスループット評価））（募集区分：Y02）

研究現場で日々行われる前処理、化学合成等、大量同品種から少量多品種の反復作業の自動化により、本領域が重視するコンセプトの一つである「研究現場の生産性向上等に資する技術の開発」に貢献すると共に、スマートラボラトリの実現を目指します。

（令和2年度の焦点）

各研究分野における共通課題である、材料設計から最終生成物を得るまでに必要な一連の工程のハイスループット化を実現し、これらを統合することにより、高品質なデータの蓄積による新たな価値の創出、知的研究時間の確保や研究の再現性の確保等、研究現場の革新的な効率化に貢献します。

今年度は、マテリアルサイエンス分野を中心に以下の提案を求めます。

新材料探索のために様々な研究が行われていますが、これを支える共通基盤技術として、ターゲット材料に対する「1.前処理、2.合成、3.精製、4.評価（解析）」までの一連の工程をハイスループット化する本格研究の推進を目指しています。今年度は、特に有機材料合成をハイスループットで実現するための装置並びに評価等の技術開発の提案を求めます。また、上記 1. から 4. までの全工程のみならず、個々の工程（複数の工程の連関を含む）について、材料設計から最終生成物までを見据えた全体最適の観点でハイスループット化することも重要な視点となります。例えば、全行程を可能な限り自動化・ユビキタス化する、あるいは精製工程等を不要として短縮化することで、設計された物質・材料を合成・製造する過程の最適化を実現するような提案を求めます。

さらに、強力なハイスループット化に資するデータ駆動型の研究開発を実現するための、プロセス技

術・合成技術と数理科学・数理工学が融合する提案に大いに期待します。具体的には、メタデータや高速・大量に生成される実験データ、マルチモーダル・マルチスケールのデータ等の単独あるいは一部の連携しかなかった多種多様なデータを、数理モデルを構築し、目指す物性や構造を予測するために統合・活用することが必須となります。このモデルには特定の実験結果を表現するだけでなく、材料物性をより一般的に表現することが求められ、そのためには記述子の工夫等が必要です。将来的にここで得られた計測分析技術や機器・分析装置の標準化が実現されることで、我が国の国際競争力強化に資することを見据えた提案が望まれます。

※ライフサイエンス分野については Y02 における提案は求めませんが、新発想に基づく研究現場の革新的な効率化に貢献する提案については、引き続きサブテーマの枠組みで提案可能です。

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

* 本サブテーマに限定して、「要素技術タイプ」の提案を求めます

他のサブテーマと研究開発費の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」（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留意下さい（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さらに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ることができることに加え、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・フォトン・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、ミクロからメゾスケール、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ミ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、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。

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に実際に超短時間現象を観察すること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について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。

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の製造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クソソーム等の分離・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。

また、マテリアルサイエンス分野・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、といった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さら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3つ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提案を中心に求めます。例えば、研究現場から得られた多元的でノイジ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が実現できれば、本領域で目指す優先的な研究課題はもとより、様々な研究分野において大きなブレークスルーとなることが期待できます。

以上の提案においては、各分野の専門家との密な議論を通じて、数理モデルや解析手法を開発すること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。

※ 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提案を求めます。

また、分野に関わらず、本領域の3つのコンセプトに合致する、斬新なアイデアを歓迎します。

ST01～09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テーマ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早期に連携を行い、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、本領域への提案を検討されるに当たり、先端計測分析技術・機器開発プログラムのwebサイトをご参照いただければ幸いです。

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」を参照）。

●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始めとする研究開発運営会議メンバーによる研究開発計画の確認やサイトビジット等を通じて、助言・指導できる研究開発マネジメント体制を整え、領域一丸となって、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、研究開発課題に参画するチームや研究開発課題の統合・再構築等を行うことも想定しています。

● 期間・研究開発費

令和2年度に開始する研究開発課題は、探索研究の期間を最大2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3,500万円（直接経費）、要素技術タイプは最大2,300万円（直接経費 ※ST09のみ）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7.5億円（直接経費）を上限として構想してください。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」への提案の総額は5億円（直接経費）を上限とします。

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。

6.2 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2年度は本項に示す技術テーマについて、大規模プロジェクト型の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／研究開発部門長)

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）を達成するための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、目標設定を高く、挑戦的なものとし、戦略的に知的財産を創出・保護・活用等し、これらが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 達成後の展開につなげていく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も期待されています。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、柔軟な運営を実施していただきます。

（2）募集・選考・研究開発に当たっての方針「技術テーマ別」

「トリリオンセンサ時代の超高度情報処理を実現する革新的デバイス技術」

Society 5.0 では、あらゆる情報をセンサによって取得し、AI によって解析することで、新たな価値を創造していくことが期待されていますが、センサの増大に伴い、これまでとは桁違いの膨大な情報を極めて低電力で解析する必要に迫られています。この高度情報処理の実現には、情報が集約されるクラウド側では、電気配線の微細化による情報遅延と消費電力拡大を抑えるための光配線の導入等が、情報が発生するセンサを搭載したエッジ側では飛躍的な低消費電力化を可能とする革新的な情報処理デバイスの開発が強く求められています。研究代表者（PM）には、光配線を有効に活用することを可能とする光電インタフェースや、飛躍的な低消費電力化を実現するエッジ情報処理デバイスの開発を目指し、近年注目されているフォトリソグラフィ、スピントロニクスあるいはそれらを融合した技術を取り入れる等、革新的な技術が社会実装される具体的な場面を想定しつつ、用途に応じた最適化までを一貫して研究開発するビジョンと研究開発マネジメントが求められます。またこの分野は、変化のスピードが速く国際競争が激しい分野であるため、国際的なベンチマークや産業界における開発口

ードマップとの整合等を踏まえた POC 設定を行うとともに、社会実装を円滑に進めるため、コストやデバイスの生産性を考慮し可能な限り安価で生産可能な構造を検討し、事業終了後の実用化を見据え、製造業者だけでなくユーザーとなり得るプレイヤーも含め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2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（10 年間）の上限を総額 27 億円（直接経費）として計画してください。

なお、本技術テーマのもとに複数の課題・研究者を採択する場合は、上記予算規模の内数として当該採択課題等の予算規模を調整します。

6.2.2 技術テーマ

(1) テーマ名

「トリリオンセンサ時代の超高度情報処理を実現する革新的デバイス技術」

新規

(2) 概要

Society 5.0 では、あらゆる情報をセンサによって取得し、AI によって解析することで、新たな価値を創造していくことが想定される。その際、AI は、センサの増大に伴いこれまでとは桁違いの膨大な情報を解析する必要に迫られる。この超高度情報処理の実現には、情報が集約されるクラウド側と、情報が発生するセンサを搭載したエッジ側での情報処理に係る技術革新が必要となる。

具体的にはクラウド側では、電気配線の微細化による電気抵抗増大や寄生容量による遅延等が高速化と低消費電力化の限界になっており、この限界の超越に向けて、コンピューター内の電気配線を可能な限り光配線に置き換えるための技術開発競争が世界各国で激化している。しかし、光配線が導入できた場合でも計算処理を行うためには電気信号に変換する必要がある、バッファメモリを備えた光-電気変換インターフェースの更なる高速化と低消費電力化に取り組むことが情報処理の高度化に大きく貢献すると考えられている。一方のエッジ側でも、生体モニタや自動運転等の移動体では、電源の確保に限度があり、一層の低消費電力化が達成できないと、エッジ側に求められている情報処理が十分にできないと考えられている。

未来社会創造事業では、令和元年度から、これらのセンサを駆動するための電源として、革新的熱電変換技術の研究開発を開始した。今年度は、トリリオン（一兆個）センサ時代の超高度情報処理を実現する、従来のフォトリソ、スピントロニクスをはるかに凌駕するもの、あるいはそれらを融合

した技術等様々な技術を応用した革新的情報処理ハードウェア技術を研究開発する。エッジ側の革新的熱電変換技術との相乗効果により、Society 5.0の実現への一層の貢献が期待される。

(3) 達成目標

トリリオンセンサ時代の超高度情報処理を消費電力の劇的な削減と超高速処理の達成により実現する革新的情報処理ハードウェア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（生体モニタや自動運転）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当たっては、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、5年後に不揮発メモリを備えた光電インターフェースやエッジ情報処理デバイスを原理実証し、10年後に従来の消費電力と処理速度の限界を突破し、双方の連携を想定した光電インターフェースとエッジ情報処理デバイスを実現し、社会実装までの道筋を描くこと等が考えられる。その際、双方のデバイスは生産性も考慮して可能な限り安価でシンプルな構造とすること等が望まれる。また、事業終了後の実用化を見据え、製造業者だけでなくユーザーとなりうるプレイヤーも含め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。

- ・ 子どもから大人まで、ウェアラブルデバイス等により取得した生体情報をリアルタイムに処理することが可能になり、個人における疾患の早期発見や生体リズムの最適化だけでなく、それらの情報を大規模に処理した感染症の早期検知等いつでもどこでも安心して暮らせる社会。
- ・ 自動運転車に取り付けられたセンサにより、画像情報から人や動物の飛び込みをリアルタイムで検知して交通事故ゼロを実現するとともに、位置情報から自動車の流れ全体を適切に調整して交通渋滞ゼロを実現した、安全かつ快適に移動できる社会
- ・ 上記のような大量のセンサからの情報を集約するクラウドにおいては、消費電力の劇的な削減と超高速処理が達成により超高度情報処理を実現し、今までにない新たな価値が生み出される社会。

(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。

- ・ 毒性が少なく、希少元素を用いない材料で、室温において安定的、効率的に読み書き、記憶、制御を可能とする効率的な材料の探索・開発及びそれらの材料を用いた素子動作原理の実証。
- ・ 実証された材料を用いて、光電インターフェース、エッジ情報処理デバイスを開発。仕様につい

ては、最新の技術開発の状況を鑑みつつ将来の技術移転の現実性を踏まえて設定（例：消費電力 10 μ W/Gbps 程度、光書き込み速度 1ns/bit 程度）。

- ・ 各用途で要求されるサイズや形状に合わせて、高集積化や量産性を念頭に置いたデバイス構造の簡素化。

（6）国内外の研究動向

情報処理の高速化は、半導体デバイスの微細化によって、これまでに目覚ましい発展を遂げてきた。微細化に伴う電気配線の抵抗増大や配線間の寄生容量による遅延の限界を突破し、さらなる高速化と低消費電力化のために電気配線を光配線に置き換えるフォトリソ技術の研究開発が世界各国で行われている（例えば、NTT、Intel、SONY を中核とする 65 者が参画する国際企業コンソーシアム IOWN 構想等）。しかし、高速・低消費電力の不揮発性光メモリは未だに実現されておらず、また光を使った情報処理は集積化が困難という課題がある。そこで、電子スピンの自由度を用いたスピントロニクス技術とフォトリソ技術の融合技術が注目を集めている。例えば、光と電子スピンの相関を活用して、光により電子スピンを制御するスピンフォトリソ技術等の様々な方法についても基礎的な研究が進捗しつつあり、電子スピン流の伝導体として注目されている 2 次元物質中に光子源やスピン源となる欠陥が発見され、各国で関連論文数も急激に増加している。また、米国の IEEE「Rebooting Computing Initiative」が主導するポストムーア時代のニューロモフィックチップの開発や、欧州の Human Brain Project による脳研究と脳を模倣したコンピューティングデバイス等の非ノイマン型コンピューティングデバイス等も盛んに研究されている。