

「持続可能な社会の実現」領域



運営統括

國枝 秀世

(名古屋大学 審議役)

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) にも表されるなど、生活の質を高めつつ、社会が持続的に維持・発展する方法が現在問われています。

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など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など、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、これらの「環境」「社会」「経済」の変容に対してしなやかに適応し、科学技術を最大限に活用してより質の高い成熟した社会の実現を目指します。

今年度の重点公募テーマの検討においては、テーマ提案募集に応募いただいた提案（本領域に該当するおよそ 700 件）や、様々な分野の有識者との議論等を踏まえて、本領域で実現を目指す価値及び取り組みが期待される分野・課題を俯瞰しました。そして、「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」という領域目標のもと、未来世代の利益の最大化を前提として重点公募テーマの検討を行いました。

「自然環境との共生」と「超高齢化・人口減少への対応」の 2 つの軸を柱に検討を進め、最終的に「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 29 年度の重点公募テーマとして策定しました。

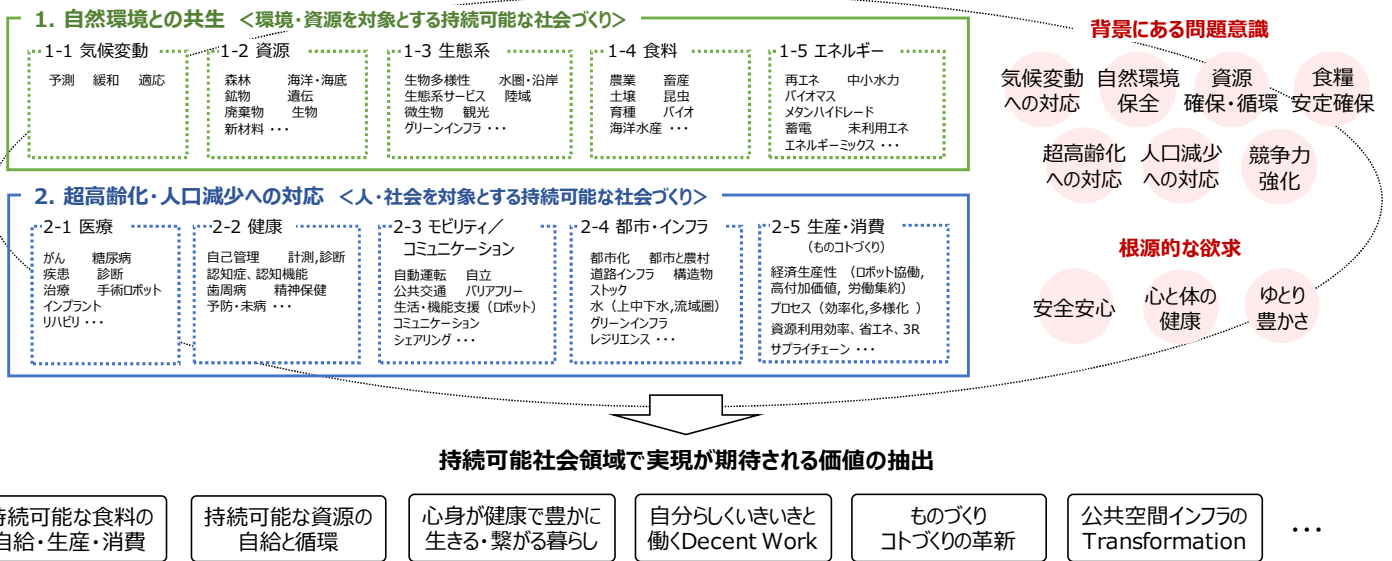


図1：「持続可能社会」領域のテーマ検討過程において作成した俯瞰図

II. 重点公募テーマ

1. 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

(1) テーマの説明

本重点公募テーマでは、社会や産業の変容に対応する産業競争力の向上および世界的に逼迫している鉱物資源（金属資源・非金属資源）と化石資源の材料としての持続的利用や環境保全を促進するため、材料の選択から製品（構造物を含む）の設計・製造・使用・分離・再(生)利用までのサイクル全体を最適化し資源効率性を飛躍的に向上させる、材料設計・製造・分離等の研究開発を行い、ものづくりの新たなプロセスを創出することを目指します。

これまでの大量生産・消費社会において、多くの製品は使い捨てを前提に性能と価格を重視して設計されてきましたが、将来的に確実に起こる世界的な資源逼迫・枯渇への対応のため、資源を高効率に利用する“資源循環型ものづくり”への移行が強く求められています。

また、世界に目を向けると、国連のSDGs（Sustainable Development Goals: 持続可能な開発目標）のひとつの目標として、「Goal 12. Ensure sustainable consumption and production patterns（持続可能な消費と生産のパターンの確保）」が含まれるなど、社会・産業界としての対応が急務となっています。実際、欧州においては、“循環経済（CE: Circular Economy）”という概念のもと、企業が製品の回収・再(生)利用費用を負担する製造者責任の考え方が広がりつつあり、その費用が製品の価格に上乗せされることから、資源の高効率な循環利用はものづくりの産業競争力にも直結しつつあります。

資源の有効活用に係る国内の取り組みに目を向けると、資源（特に希少金属）の使用量低減や、使用済み製品に係る資源の回収等については、個別に研究開発が進められている傾向にあります。また、実際の再(生)利用の現場においても、再生利用よりも資源効率の高い再利用や長期利用（特にアップグレード性¹を付与した利用）の導入が進んでいないほか、再生利用においても付加価値の低い製品への使用を目的とした材料に再生する「ダウンサイクル」が行われている例が多く見られます。したがって、製造・使用・分離・再(生)利用のプロセスを根本的に見直し、ダウンサイクルからリサイクル（同価値のものへの再生利用）・アップサイクル（より付加価値の高いものへの再生利用）、再生利用から再利用・長期利用への転換などによる新しい循環サイクルによって、資源効率性を飛躍的に高めるような研究開発が急務となっています。

¹ アップグレード性：機能や性能を向上させる際に、製品全体の再導入ではなく一部の部品やシステムの交換等によって達成できる性能のこと。

資源の有効利用は、科学技術の進歩や社会の変容に対応し、鉄から稀少元素・プラスチックへと範囲が広がり、再生利用からより効率の高い再利用・長期利用へと循環サイクルが徐々に変わりつつあります。本事業においては、さらに高い資源効率性を目指し、製品使用から再(生)利用にわたる新しい資源循環サイクルを生み出すことを目的とした先進的な「材料設計・製造・分離」要素技術とその「統合化」の研究開発を推進します。

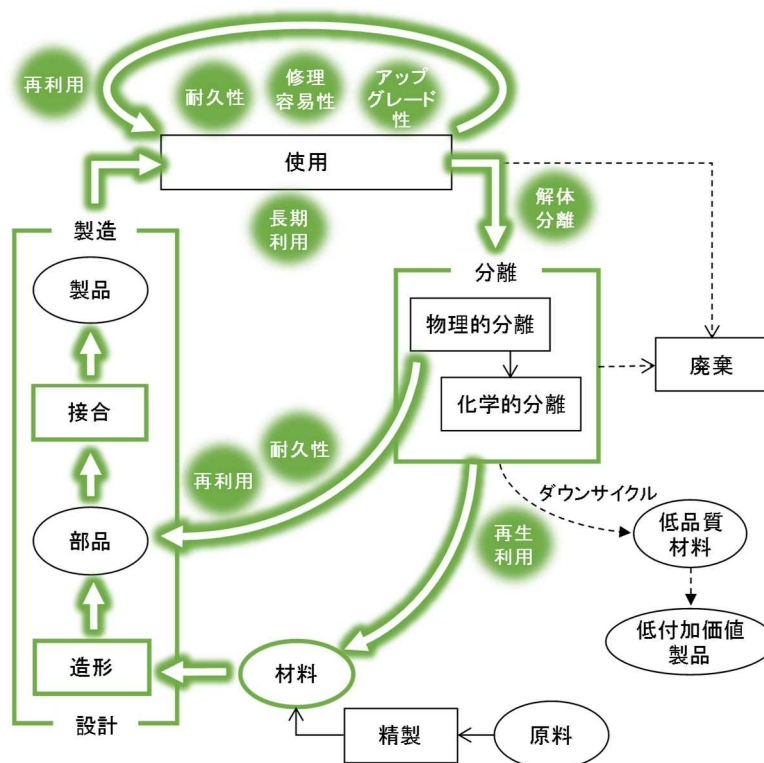


図2：本テーマで想定する新しい循環サイクル

(2) 募集・選考・研究開発推進にあたっての運営統括の方針

① 募集・選考の方針

本重点公募テーマにおいては、ものづくりの材料設計・製造・分離の全体サイクルにおいて、資源を効率よく循環させるための一連の研究開発を推進します。

なお、以下の記述は本格研究において求める主な要件であり、探索研究の提案において全て計画されている必要は必ずしもありませんが、「資源・製品の新しい循環サイクル」と「ボトルネックを解決するための独創的・挑戦的な解決策」は探索研究の提案に含めることを必須とします（次項を確認してください）。探索研究で明確に提案できなかった残りの要件等についても本格研究への審査時までの探索研究期間内で明確にさせていただくことが必要ですので、留意してください。

(研究開発内容)

ダウンサイクルからリサイクル・アップサイクル、再生利用から再利用・長期利用への転換などによる資源・製品の新しい循環サイクルにより資源効率性を向上させる、材料設計・製造・分離の各プロセスの統合化と全体最適化を含む設計を必須とします。そこで最適化した全体目標の下で、例えば研究開発要素として考えられる以下のi~iii等に存在する、解決されると高いインパクトを与える科学技術上のボトルネックと、独創性・挑戦性の高い解決策の提示が必要です。

なお、サイクルの一部には既存技術の活用・最適化などで対応することも想定しますが、既存技術の延長線上で全ての研究開発を行うことは許容しません。社会・経済的にインパクトの高い効果を創出するため、非連続で革新的な要素技術の開発を目指し、学理に立ち返った研究開発等が含まれることなどが期待されます。

i. 容易に再生利用することが可能な先進的材料設計・開発

収率を極限まで高めることが可能で、初期と同等以上の品質の材料に容易に再生できる材料の設計・研究開発が想定されます。

ii. 耐久性を飛躍的に向上させる造形・被覆等の研究開発

大幅な製品寿命の延伸が可能となる革新的な造形技術や被覆技術等の研究開発が想定されます。

iii. 物理的分離が容易な接合技術の研究開発

接合強度や密閉性、耐環境性等の性能を満足しつつも容易に分離できる革新的接合技術の研究開発が想定されます。

具体的には、例えば以下のような提案イメージを想定します。

- ・これまで破碎処理後に再生利用を行っていたためダウンサイクルとなっていたものづくりプロセスについて、再生利用が容易な材料開発と製造に係る先進的な要素技術開発（物理的分離が容易な接合技術開発等）により、材料別に高効率な再生利用を行う資源循環サイクルの確立を行い、初期と同等以上の品質を持つ材料への分離を達成するとともに資源廃棄の抜本的な削減を目指す提案

- ・製造に係る先進的な要素技術開発（これまで短かった製品寿命・部品寿命を大幅に延伸する造形・被覆技術開発と、物理的分離が容易な接合技術開発等）により、製品自体の長寿命化による修理容易性やアップグレード性の向上を達成し、製品の主な循環サイクルについて再生利用から再利用への移行を目指す提案

接合界面の微視的構造や被覆における物質表面ナノ形状の観測、巨大造形物の非侵襲内部計測等、研究開発の推進にあたって重要となる計測について、計測技術自体の研究開発を含むことも想定します。また、部品の標準化（共通化）など循環効率の最大化を見据え、広く産業界と協働して規格化・標準化等にも取り組む計画を高く評価します。

実際の生産現場における生産設備の研究開発については、対象外とします。

（成果の適用先の想定）

資源・製品の循環サイクルについて、社会・経済的なインパクトを見据え、産業界が持つニーズを明確なターゲットとして設定し、研究開発に取り組むことが求められます。したがって、研究開発成果の展開先の一事例として具体的な製品（群）を見据えることが必要です。ただし、より広範な成果の波及を目指すことから、より幅広い製品（群）に適用可能な技術の開発を目指すことが極めて重要です。

（研究開発体制）

開発した要素技術を実用化し、実際に資源・製品の循環サイクルを機能させていくためには、産業界が受容可能な成果を創出する必要があります。したがって、本格研究に進む段階においては企業の参画が望まれます。

（探索研究への提案に求める内容）

探索研究への提案時に具体的な構想が必要である、資源・製品の新しい循環サイクルのビジョンと、ボトルネックを解決するための独創的な解決策は、提案書に明確に記述してください。提案書には、本格研究の選考基準や上記の研究開発内容・実施体制等に対して、具体的に提示できない部分について見込みを含めて明確に記述するとともに、探索研究期間中に実施する研究開発等の内容、探索研究終了時に達成すべきターゲットについて明記してください。

例えば、以下のような内容を含む提案が想定されます。

- ・アイデア段階にある革新的技術について、探索研究では原理実証を行うこととし、POC に向けた科学技術的リスクの顕在化を行う。
- ・資源・製品の循環サイクルに係る全体最適化について構想段階の提案を行い、探索研究期間に社会・産業的インパクトを最大化するような循環サイクルの構想の具体化と、企業・アカデミアによる最適なチーム編成を行う。
- ・製品（群）への適用に係る構想段階の提案を行い、探索研究期間に産業界等との協働体制を整備するとともに、インパクトの大きい具体的な製品（群）を成果展開の一事例として設定する。

② 研究開発の推進方針

本重点公募テーマにおいては、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だ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。

③ 期間・研究開発費

平成 29 年度に開始する研究開発課題において、探索研究の期間は最大 2 年間（ただし、平成 29 年度は、研究開発の開始時期に関わらず 1 年間と計算する）を標準とし、研究費は探索研究期間全体で原則として総額 4,000 万円（間接経費を含む）を上限として計画してください。

本格研究の期間は 5 年以内、研究費は本格研究期間全体で総額 20 億円（間接経費を含む）を上限とします。

2. 労働人口減少を克服する“社会活動寿命²”の延伸と人の生産性を高める「知」の拡張の実現

(1) テーマの説明

我が国は超高齢化・人口減少時代を迎え、生産年齢人口の減少による労働力の縮小、社会保障費の増大などに直面し、産業競争力の面からも早急な対策が必要となっています。これに対し高齢者を含む多様な人々が社会の中で活躍する“社会活動寿命”を延伸するなど、未開拓の労働力を掘り起こす取り組みが求められています。

例えば高齢者に目を向けると、定年後も就労を希望する割合が7割を超えるものの、高齢化に伴う身体機能、知的機能の低下がその意欲や機会を阻むひとつの要因になっていることが指摘されています。これまで主に身体機能を補助する研究開発・産業化が進んでいますが、これに加え、知的機能についての対応が必要となっています。

また、多様な労働人材や能力が求められる一方で、未経験の仕事への就労は、技術の習得の面から必ずしも容易ではありません。さらに特殊・熟練技能などの経験知や暗黙知については、継承されずに失われることへの懸念も大きなところではあります。

このように、労働人口の創出と知的生産性の維持・拡張は、超高齢化・人口減少への対応として今から取り組むべき喫緊の課題といえます。そこで、本重点公募テーマにおいては、未開拓の多様な労働力を発掘し、産業競争力強化に資することを目的とし、科学技術により、空間・時間を超えて人の「知」を適時適切に利活用することができるシステムの創出を目標とします。

加えて、世界に目を向けると、多くの国が同様の状況にある中で、国連のSDGsのひとつの目標として、「Goal 8. Promote sustained, inclusive and sustainable economic growth, full and productive employment and decent work for all（誰もが参加できる持続可能な経済成長と、全ての人に働きがいのある人間らしい雇用の促進）」が掲げられており、労働を含めた社会参加を阻む障害を取り除き、QoL（Quality of Life）やQoW（Quality of Work）を高めることは世界共通の達成目標となっています。

本重点公募テーマで創出を目指すシステムが提供する「知」の支援に関わるサービスは、高齢者をはじめとする多様な人々の社会参加、就労機会を促進すると同時に生活や仕事の質を向上させることが期待されます。それは、社会・人との「つながり」を通じた一人ひとりの心の豊かさを高めるものと考えられます。そして、人と機械が協働していくと予想される未来社会において、人が「人らしさ」を発揮

² 社会活動寿命：ここでは、個人が自立して生き活きと就労等を含む社会活動を行うことができる寿命のことを意味する。「生物学的な寿命」や、健康上の問題で日常生活が制限されることなく生活できることを意味する「健康寿命」とは異なる。

し続ける環境を提供することになると考えられます。そのため、本重点公募テーマを通じて、誰もが生きがいを持ってその能力を最大限に発揮し、生き活きと永く活躍する社会の実現を目指します。

(2) 募集・選考・研究開発推進にあたっての運営統括の方針

① 募集・選考の方針

本重点公募テーマにおいては、新しい労働力や知的生産力の創出を明確な目標として設定した、人の知的活動の支援を対象にしたシステムの研究開発を求めます。

個別の技術開発にとどまらず、最終的に創出されるサービスのビジョンが明確であることが必要です。具体的には、例えば以下に示すような内容が新たに可能になることを想定しています。

i. 個人の知的活動の維持・向上

ある個人の労働を含む一連の知的活動の中で、思い出すことができなくなること（単純な物忘れ）や、以前はできたことができなくなるなど、知的機能低下により円滑な知的活動が阻害されている場合があります。また、個人の技術習得・向上については、特に高齢者では困難になる傾向があります。そして、このようなことが頻繁に生じる場合、実際の業務に支障を来すだけでなく、就労や社会参加への意欲が減退して社会から遠ざかっていくことが懸念されます。

これまで、情報技術をもとにした記憶想起³の支援としては、辞書やインターネット検索といった一般的な情報の蓄積をもとにしたデータベースが主に活用されてきました。一方、個人の記憶のもととなる情報を集積し、その人が想起したい記憶をタイムリーに本人に提示するようなシステムについては研究開発が進んでいません。こうした個人の記憶を含む知的機能の維持・向上に係る支援システムが実現すれば、個人の知的生産性を向上させるとともに“社会活動寿命”を延伸すると考えられます。また、生き活きと永く活躍する個人の増加により、医療費、社会保障費など社会による費用負担の軽減も期待できます。

ii. 新しい仕事・技能への対応支援

機械工作や OA 機器操作、定式書類の作成など、いずれの仕事にもある程度の知識や経験が要求されます。このような事情は、これまで経験を持つことが無かった若年層などが新しい仕事・技能

³ 想起：過去に経験した事柄やそれに関する表象（イメージ）を思い出すこと。

に向かおうとする際に障害となることがあり、未習熟のまま就労機会が得られないことにつながっています。また、AIの導入が進む等の社会変化の影響で個人の職業や要求される職能に変化を余儀なくされる場合が今後想定されますが、変化への対応が困難な個人が発生する問題も想像されます。

上に挙げたような多くの仕事は、マニュアル化はできるものの、そのマニュアルを参照するだけでは仕事を遂行することは困難で、多くはOJT、技術習得訓練、シミュレーターを用いたトレーニングなどを通して身につけていく過程、つまり、人が自ら知を獲得していく過程が必要です。

そこで、人の経験や知のメカニズムの理解を基盤にして、その人が知を獲得するプロセスを効果的に支援できるようなシステムを実現できれば、これまで労働場面に現れてこなかった新しい労働人材の掘り起こしや、未来社会における労働市場の変化に対応した職業の流動化・最適化の促進、ひいては我が国の知的生産性の向上につながると考えられます。

iii. 高度な技能などの伝達

いわゆる「プロフェッショナル」、「熟練工」、「匠」と呼ばれる人には、勘やコツ、簡単には真似ができない技術・動作・視点といった、非常に高度な知があります。これらは、何がその知を司る要点なのかについての理解が進んでいないため、形式知化できていないと考えられます。これを高度に理解し再現するための計測等の基盤技術や、容易に伝達・共有することができるシステムを実現し、特定の個人に依存していた技能までを社会として共有できれば、その固有の技能の維持・継承が可能になることはもちろん、当該技能の一般化と展開を行うことで、生産性や競争力が抜本的に改善されると考えられます。さらに、こういった高度な知的活動のメカニズムや機序を明らかにすることで、未来社会においても人が繋いでいく技能や文化等、社会の価値を創り出す土台を築くことが可能になると考えられます。

上記はあくまでも例示であり、これに限定するものではなく、自由な発想による多様な提案を期待しています。

技術分野は、情報科学技術を中心に基礎・基盤となる研究から高度な応用技術までを含み、認知科学、心理学、脳科学などの諸学問分野との連携を想定しています。

なお、個人の記憶や経験へのアクセスと利活用という側面において、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）や、プライバシーへの配慮、身体的・心理的影響や倫理的課題、制度的課

題の検討などは不可避であるため、研究開発計画策定においては、各要素技術の開発段階から、ELSI⁴の諸課題についてどのように解決していくのかのシナリオを明確化することが必要です。

また、成果創出後にサービス化等の社会展開を目指す上で、システムの堅牢性や信頼性等を構築すると同時に、デジタルディバイド等の様々な格差を発生させないよう初期から検討しておくことが重要であることから、インクルーシブ・デザイン（誰をも排除せず巻き込み（Include）、設計から一緒に考える（Co-design））のアプローチが有用と考えられます。

本重点公募テーマは、関連する科学技術および社会状況の変容が非常に速いものであるため、研究開発課題の推進にあたっては、国内外の動向の適切な把握、積極的なユーザーとの対話等、柔軟な検討を行うことができる体制と研究開発計画を期待します。

本重点公募テーマについては、未成熟な研究開発が多く含まれることから、比較的小規模でチャレンジな研究課題を探索研究として採択し、本格研究の実施に向けては複数の探索研究の融合・統合を積極的に行います。

なお、以下の研究開発課題については本テーマの対象外とします。

- ・身体活動の支援のみを目的とするもの
- ・アプローチとして「脳」や「神経」への侵襲を含むもの
- ・対象として「心（情動）」を含むもの

② 研究開発の推進方針

本重点公募テーマは、国内外の社会動向や研究開発・科学技術の進展により、取り巻く環境や要件が劇的に変化することも想定されます。そこで、国内の関連する事業等と連携を図りつつ進めることは勿論、本領域における研究開発実施者間での連携・協働を図るとともに、内外の幅広い関与者とともに、オープンかつ継続的な国内外の情報の共有と議論を深めていきます。

また、研究開発課題についても、必要に応じて、複数の研究開発課題の統合や研究開発計画（チーム編成や予算を含む）の変更等を指示することがあります。さらに、本格研究への加速を積極的に検討することとし、探索研究期間の途中であっても運営統括の判断により本格研究への進展に係る審査を受けていただくことがあります。

⁴ 研究を進めるにあたって社会との接点で生じる倫理的・法的・社会的な課題（Ethical, Legal and Social Issues）

③ 期間・研究開発費

平成 29 年度に開始する研究開発課題において、探索研究の期間は最大 3 年間（ただし、平成 29 年度は研究開発の開始時期に関わらず 1 年間と計算する）、研究費は探索研究期間全体で原則として総額 4,000～6,000 万円（間接経費を含む）程度として計画してください。

本格研究の期間は 5 年以内、研究費は本格研究期間全体で総額 20 億円（間接経費を含む）を上限とします。