

| | |
|--------------|---|
| Title | NEDOにおけるトランスフォーマティブ・イノベーションに向けた仕組みづくりとその課題 |
| Author(s) | 植木, 健司; 桑島, 修一郎; 一色, 俊之; 大宮, 俊孝; 新井, 志穂 |
| Citation | 年次学術大会講演要旨集, 38: 294-299 |
| Issue Date | 2023-10-28 |
| Type | Conference Paper |
| Text version | publisher |
| URL | http://hdl.handle.net/10119/19320 |
| Rights | 本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management. |
| Description | 一般講演要旨 |

NEDOにおけるトランスフォーマティブ・イノベーションに向けた 仕組みづくりとその課題

○植木健司（新エネルギー・産業技術総合開発機構）、
桑島修一郎（京都大学）、
一色俊之，大宮俊孝，新井志穂（新エネルギー・産業技術総合開発機構）
uekiknj@nedo. go. jp

1. はじめに

気候変動などの社会課題の深刻化の中で、革新技術による課題解決への貢献が期待されている。課題解決に向けた革新技術の研究開発は各企業にとって技術・事業の両面からのリスクが大きいことから、国による研究開発プロジェクトの推進が必要とされている。

そのため、従来から、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」という。）などの政府機関においては、国家プロジェクトにより産学官連携による実施体制を構築し、課題解決に向けて、革新技術の研究開発を推進してきており、様々な成果が得られている。

プロジェクト終了後は民間が主体となって社会実装に向けた取組を進めることが求められるが、プロジェクトにより革新技術の研究開発成果が得られていても、コストが高い、市場規模が小さい、規制に合わない、利用者のニーズに合わないなどの理由により、速やかに実用化・事業化につながらない、さらには、実用化・事業化につながっても個別技術の範囲にとどまり解決を目指す社会課題への貢献が限定的であるケースも見られる。

また、民間により継続的な取組が進められるためには、単なる社会貢献ではなく、社会的な価値を経済的な価値にもつなげることが求められる。実際に、持続可能な開発目標（SDGs）やカーボンニュートラルなどの社会課題解決に向けた目標と併せて、ESG投資やCSV（Creating Shared Value）などの金融や企業経営における動きも見られる。

特に、課題解決に向けた革新技術では、これまでにない技術により新たな価値の創出を目指すものであり、技術開発を行うだけでなく、技術を活用するための事業モデルの構築、制度・ルールの整備、社会的受容性の醸成など、社会システムとしての変革、すなわち「トランスフォーマティブ・イノベーション」が求められる。

トランスフォーマティブ・イノベーションを推進するためには、技術開発の主体だけでなく、事業の主体となる企業、制度・ルールの整備する国・自治体・業界等、技術のユーザーとなる利用者など多様なステークホルダーとの連携が不可欠である。

トランスフォーマティブ・イノベーションは、歴史を振り返ると、世界規模の社会課題解決とイノベーションとの両立が指摘され始めた2000年代に、その必要性が認識されるとともに、イノベーション政策の新たな「フレーム」として「トランスフォーマティブ・イノベーション政策（以下、「TIP」という。）」への関心が高まったもの [1]。

この新しい政策フレームは従来の科学技術・イノベーション政策の考え方を基礎としながらも、政策アジェンダとイノベーション・プロセスの両方に、より広範な視点を必要とすることが示唆されている。代表的な例として、OECDのS&T政策2025、EUのFit for 55立法パッケージ、スウェーデン・イノベーション庁のインパクト・イノベーション・プログラム、ドイツのハイテク戦略2025に加えて [2]、日本の「戦略的イノベーション創造プログラム（以下、「SIP」という。）」が挙げられる。

また同時に、TIPでは社会の多様なセクターにおける持続可能性への挑戦として「ミッション志向型」への移行を伴うことから、そこには多様なステークホルダー間の取組の調整が必要とされている。従来の企業を中心としたイノベーション・フレームを描くべきか、従来フレームから脱却した新たなフレームを描くべきかの議論はあるものの [3, 4]、イノベーション政策のパラダイムシフトが生じている。

このような中で、NEDOにおいても、TIPに対応し、社会変革を進めるための効果的な国家プロジェクトの企画立案や運営のあり方が問われてきている。

そのため、これまでのNEDOでの取組を検証するとともに、最近の国内外での関連する動きを踏まえ、NEDOにおけるトランスフォーマティブ・イノベーションに向けた仕組みづくりとその課題を考察する。

2. これまでの NEDO での取組

2-(1) 技術戦略の策定

NEDO は 2014 年度に技術戦略研究センター（以下、「TSC」という。）を設立し、TSC が策定する「技術戦略」に基づき、NEDO が実施する国家プロジェクト（以下、「NEDO プロジェクト」という。）の企画立案が行われてきた。本技術戦略は、産業技術政策上の重要技術分野を対象として、国内外の技術・産業・政策動向を踏まえた上で、解決すべき社会課題や実現すべき将来像を設定した上で、その解決や実現に向けた技術開発を含む実現手段や研究開発プロジェクト構想等をまとめたものである [5]。TSC 設立以来、2022 年度までに 95 の技術戦略を策定し、それらが延べ 149 件のプロジェクト組成に活用されている。

一方で、技術戦略策定後の NEDO プロジェクト組成に向けた政府の予算要求プロセスにおいて、技術戦略で提案した将来像や実現手段、研究開発プロジェクト構想が、必ずしもそのまま実現されるわけではない。例えば、産業政策上の優先順位により予算化がなされない場合、政府予算上の制約により全体構想の一部しか実施できない場合、想定されていた技術やプレーヤーとは異なる動きが生じてきた場合、対象分野を取り巻く環境変化が生じ構想の見直しが必要となった場合等があげられる。また技術戦略では、NEDO プロジェクト実施中もしくは終了後に取り組むべき制度・ルール整備といった技術開発以外の政策手段や構築すべきエコシステムについての提案も含まれるものの、それらの担い手となる政府や業界・民間企業への具体的な取組にまで繋がらない場合もある。

また、2022 年度に NEDO が実施した技術戦略視点での試行的追跡評価では、NEDO プロジェクトの企画立案段階での課題として、次のような有識者コメントが出されている [6]。例えば、「問題はオーケストレータが不在であったこと。全体のオーケストレーションがあれば、このプロジェクトでの技術開発はオプションの一つであり、システムとして成立するように検討することが強く求められたかもしれない。」「外部環境の変化、あるいは、プロジェクト実施に影響が大きいと推論し得る制度変更機敏な対応をすることができるのか。」「本プロジェクトのエコシステムの解析が十分に行われれば、再現性を高めることができるのではないか。」「アウトプット目標からアウトカム目標に繋ぐためのブレイクダウンされた道筋やマイルストーン設定が必要であったと考えられる。」「上市、製品化にあと一步のプロジェクトまたは確実に事業化の覚悟のあるプロジェクトには、予算の増加だけでなく研究期間を更に延長できるような仕組みにより、開発プロジェクトの中止の回避や参加者のモチベーション向上に寄与できることが望ましい。」などであり、これらは現在の技術戦略策定プロセスの課題にも共通するものといえる。各コメントの詳細については、対象となった NEDO プロジェクトやその達成状況の理解が必要であり、本調査の成果報告書を確認頂きたい。

2-(2) 将来像の策定

NEDO では、2020 年から TSC のミッションに「将来像の策定」を加え、目指すべき将来像の設定や考察、その実現に向けた新たな価値軸や指標等を提示する活動を進めている。2020 年に策定し、2023 年に改定した将来像「持続可能な社会の実現に向けた技術開発総合指針(NEDO 総合指針)」[7, 8]においては、持続可能な社会の実現には「サーキュラーエコノミー」、「バイオエコノミー」、「持続可能なエネルギー」の一体的で有機的な推進とそれらを支える基盤としてのデジタルトランスフォーメーション (DX) 技術が不可欠であることを示した (図 1)。また、カーボンニュートラルに実現に向けた重要技術を俯瞰・評価し、技術開発のあり方や方向性を示すとともに、代表的な重要技術の CO2 削減ポテンシャルと CO2 削減コストの試算結果を示した。

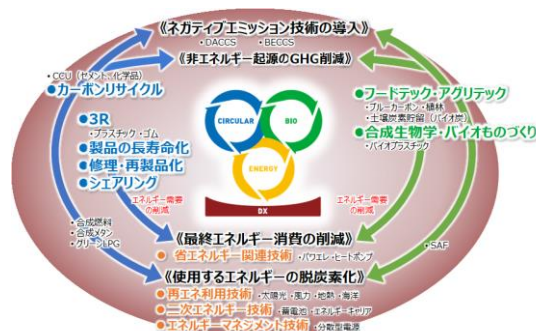


図 1：カーボンニュートラルに向けた《3 つの社会システム》の一体的な取り組み [7, 8]

2021年に策定した将来像「イノベーションの先に目指すべき『豊かな未来』」[9]においては、持続可能な開発目標（SDGs）が掲げる17の目標や第6期科学技術・イノベーション基本計画で示された「持続可能性の確保」、「強靱性の確保」、「一人ひとりの多様な幸せ」といった価値の方向性、さらに国内外で発信されている豊かさやウェルビーイングに関する合計29編の報告書などに対し、共起ネットワーク分析等俯瞰的な解析を実施し、「大切にすべき6つの価値」と「実現すべき12の社会像」を提示した（図2）。「自分らしい生き方の実現」や「強靱で快適な社会基盤の実現」といった目に見えない価値を含む価値軸から実現すべき社会像を導きだし、豊かな未来の実現に向けて現代社会が取り組むべき40の具体的なイノベーション事例も提示した。

これらのレポートは、将来像の実現に向けて、新たな価値創出を目指す、トランスフォーマティブ・イノベーションを推進するTSCの活動を社会に示した事例といえるだろう。



図2：大切にすべき6つの価値軸と実現すべき12の社会像[9]

3. 最近の国内外での関連する動き

3-(1) EUにおけるミッション志向アプローチ

EUでは、2021年より開始された研究・イノベーション枠組みプログラム Horizon Europe において、ミッション志向アプローチを採用し、具体的取り組みを進めている。

具体的なミッションの策定に関しては、まず欧州委員会が作成した原案を踏まえ、欧州理事会、欧州議会における政治的協議を経て、「がん」、「社会変革を含む気候変動への適応」、「健全な海洋・沿岸・内水面」、「気候中立かつスマートな都市」、「土壌と食料」の5つの大きな社会課題が「ミッションエリア」として決定された。これらのミッションエリア毎に、有識者からなるミッションボードが設置され、より具体的なミッションの文言・内容と実施方法の検討を行った。検討においては研究・イノベーション総局（DG-RTD）が事務局として検討を支えるとともに、EU加盟国の公的研究機関等の専門家からなるミッションアセンブリーやEUのシンクタンクである共同研究センター（JRC）、その他シンクタンク等が科学的知見や専門性に基づき検討を支援した。

各ミッションボードからの具体的なミッションと実施方法についての提案は2020年9月に公表され、これを踏まえた公式のミッションと実行計画の策定が欧州委員会で行われた。欧州委員会ではミッション策定ガイドラインを踏まえ、欧州全体の長期戦略等への貢献、明確な研究・イノベーションの要素、総局横断の支持や賛同、実現可能性、実行可能性、予算などの面での精査が行われた。欧州委員会では、関連分野総局や実行機関、加盟国政府、関連ステークホルダー等との協議を踏まえた検討を約1年間にわたって行い、2021年9月に策定したミッションと実行計画を公表した。

各ミッションの達成に責任を持つミッションマネージャーには主に関連の深い分野担当総局の副総局長（次官級）が任命され、分野施策を含むミッション達成に必要なすべての取組を調整・推進するとともに、加盟国やステークホルダーとの調整も担う。

EUにおけるミッションは欧州全体の長期戦略である、欧州グリーンディール、デジタル時代に適した欧州などの実現を支援するものであると位置づけられている。また、もう一つの特徴としては、地域や都市といった具体的な課題の現場ごとに、当事者を中心としたイノベーションエコシステムを構築することを企図している。研究・イノベーション活動に加えて、法規制やルール、標準、調達、補助金などの政策手段を活用するとともに、欧州における結束基金（Cohesion Fund）や欧州投資銀行（EIB）などの資金や融資・投資を活用し、それら呼び水として民間資金も導入していくことを狙っている [10]。

3-(2)戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第3期における社会実装に向けた仕組み

2023年4月から開始されたSIP第3期では、これまでのSIPを振り返り、SIPの位置づけを見直し、社会実装に向けた仕組みを大幅に強化している。

これまでのSIPでは、技術開発や実証実験を中心として実施してきたところ、SIPを通じて優れた研究開発成果が得られても、直ちに社会実装につながらないようなケースも見られていた。社会実装に至るまでは、SIPでの研究成果を生かしつつ、民間企業が製品・サービスとしての展開に取り組む必要があるが、市場、規制、社会的受容性、人材などの壁が存在することがある。特に、SIPで開発するような革新技術は、既存の市場が存在しておらず、市場創出から取り組む必要があり、1企業の取組ではハードルが高い。具体的には、これまでのSIPの追跡評価の中で、「基盤技術企業のデモンストレーションを実施したが、メーカーが本格的に研究を開始しなければ製品化、産業化はできない。」「実装先が重要インフラ等であり、すぐに製品を受け入れてもらえる訳ではなかった。」「関係省庁や業界団体への引継ぎ、新会社の設立等を整理し、終了後の具体的な活動に落とし込むべき。」「SIP終了後の社会実装に向け、普及拡大等で課題が残されるものもある。各省と連携しながら出口を考えていくべき。」など社会実装に向けた意見が出されている[11]。

このため、SIP第3期では、社会実装を見据えて、技術開発とともに、関係省庁や産業界と連携しつつ、事業モデルの構築、制度・ルールの整備、社会的受容性の醸成、人材の育成・確保などの取組を併せて推進することとした。具体的には、研究開発計画の策定に当たって、技術、事業、制度、社会的受容性、人材の5つの視点から、社会実装に向けた戦略を作成し、それに基づきSIPとして取り組むべき研究開発テーマを抽出することとしている。社会実装に向けた戦略では、TRL（Technology Readiness Level）は一般に用いられるようになってきているが、この考え方を応用し、BRL（Business～）、GRL（Governance～）、SRL（Social～）、HRL（Human resources～）の5つの成熟度レベル（XRL）を整備し、XRLを用いてロードマップを作成することとした。XRLはSIPの研究開発テーマのみならず、SIPを取り巻く関係省庁や産業界の取組状況を把握し、相互に連携しながら、社会実装に向けた取組を進めるためのコミュニケーションツールとして活用することとした（図3）[12, 13]。

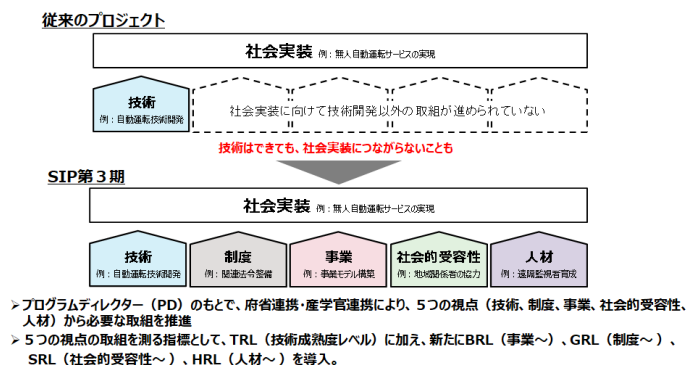


図3：社会実装に向けた5つの視点からの取組[12, 13]

SIP第3期で取り組む14の研究課題について、今後、XRLを用いてPDCAサイクルを回し、国内外の研究開発の動向や社会情勢の変化に応じてアジャイルに見直しながら、社会実装に向けて研究開発を進めていく予定としている。

3-(3) 研究開発成果の社会実装への橋渡しプログラム（BRIDGE）の立ち上げ

内閣府では、従来の「官民研究開発投資プログラム（以下、「PRISM」という。）」の制度を見直し、2023年度に「研究開発成果の社会実装への橋渡しプログラム（以下、「BRIDGE」という。）」を立ち上げた。

従来のPRISMでは、個別技術領域における各省庁の研究開発の加速を行うため、各技術領域にかかる各省庁からの提案を募集し、「総合科学技術・イノベーション会議（以下、「CSTI」という。）」ガバニングボードが審査を行い、その結果に応じて各省庁の研究開発に予算を追加配分していたが、研究開発フェーズを特定しておらず、社会課題解決や新事業創出にすぐにつながらないものもあった。そのため、BRIDGEでは、CSTIガバニングボードがあらかじめ、研究開発の成果を生かし社会課題解決や新事業創出に橋渡し（イノベーション化）するための重点課題を設定した上で、各省庁から重点課題に対応した取組を募集し、CSTIガバニングボードで評価を行い、その結果に応じて各省庁に予算を配分することとした（図4）[14]。

<「イノベーション化」の考え方>

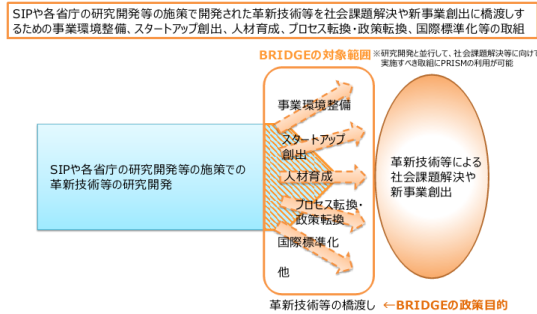


図4：「イノベーション化」の考え方[14]

2023年度のBRIDGEの重点課題としては、SIP成果の社会実装など7つを設定している。例えば、SIP成果の社会実装では、これまでのSIP課題の研究成果について、SIP課題を取り巻く経済・社会情勢の変化等を踏まえ、早期実装を図るため、各省庁が主導して、社会実装に向けた取り組みを加速・強化すべきものを対象としている。

3-(4) 複素価値による思考

トランスフォーマティブ・イノベーションの推進にあたっては、複数の施策や取組が重層的に働く際に生じるステークホルダー間の利害対立をどのように回避しながらイノベーションに導いていくのかについての有効な手立てを示す必要がある。

また、ミッション志向型アプローチにおいては、従来のボトムアップ的なイノベーションとは異なり、多様なステークホルダーが共有できる新しい価値基準が必要となる。特に、従来の経済的な価値として表現することが困難な価値軸の中でイノベーションを実現することは尚更困難と言える。

そこで、図5に示すように、一見相反する価値要素同士を結びつけて新たな価値とする考え方の例として「複素価値」が考えられる[15]。

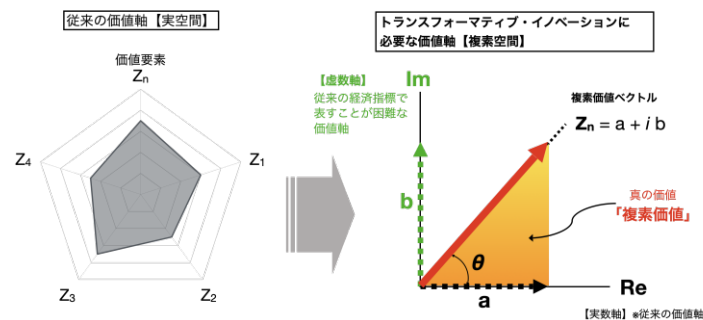


図5：トランスフォーマティブ・イノベーション実現に必要なとされる新たな価値体系「複素価値」

産学官連携といった、それぞれ価値観の異なるセクター間における効果的な連携を考察する中で提案されてきた考え方であるが、トランスフォーマティブ・イノベーションに参加する多様なステークホルダーに対しても拡張することが期待できる。

通常、複数の価値要素を定量的に表現する際には図5のレーダーチャートのような考え方が便利であるが、例えば図2に示されるような価値要素に対して定量的な評価を試みても、ステークホルダー毎に多様な捉え方があり得ることから、それらに重みを付けて平均化するなどの一般的な評価では必ずしも価値の共有化が行えているとは言えない。

複素価値とは、複素数の考え方を応用し、価値の考え方に一般に価値認識されやすい要素（実部）とトランスフォーマティブ・イノベーションに求められるような現状では価値として認識されにくい要素（虚部）を導入することにある。そして、虚実両要素で構成される複素価値ベクトルが実数軸に対して形成される面積成分を真の価値として定義することにより、多様な価値レベルの要素を含む統一的な価値として表現することができる。

政策の現場に応用する場合、各省庁の施策において、これまでの価値基準に基づく実部に加えて、トランスフォーマティブ・イノベーションに必要なとされる虚部要素の設定が重要になるが、仮に、これまでの各施策の実部要素のみに基づく評価体系がボトルネックの要因とされるならば、各省庁施策の特性を虚部にまで拡張して捉えることにより利害対立を軽減した効果的な統合施策の遂行が期待できる。

4. 考察

冒頭で述べたとおり、気候変動等の社会課題解決に向けて革新技術の社会実装を速やかにかつ幅広く進めることが重要となっているが、そのためには技術開発だけでなく、社会システム全体の変革として、トランスフォーマティブ・イノベーションを推進する必要性が高まっている。

このような中で、NEDO では従来から社会課題に対して技術開発やそれ以外の解決手段を抽出しプロジェクトのイメージをまとめる技術戦略の策定等を進めてきた。それらの策定プロセス、それらを踏まえたプロジェクトの形成、プロジェクト以外も含む社会実装に向けた取組を従来の枠組みを超えて一体的に推進するためには、課題が残されている。

国内外ではトランスフォーマティブ・イノベーションを推進するための新たな政策が検討されている。トランスフォーマティブ・イノベーションは技術開発の主体だけでなく、多様なステークホルダーと連携し社会実装に向けた取組を推進するものであり、従来のプロジェクトよりもマネジメントの重要性が高い。

そうした中で、研究開発マネジメントを推進する NEDO としても、トランスフォーマティブ・イノベーションにどう対応していくのか改めて検討する必要がある。

国内外の事例を踏まえると、社会課題に対して技術開発とそれ以外を含む解決手段を総合的に示し、プロジェクトとそれ以外の取組を具体的に示すこと、NEDO として取り組むプロジェクトと多様なステークホルダーの取組との連携体制を構築すること、プロジェクト以外も含む社会実装に向けた道筋を示すこと、経済社会情勢の変化や技術・市場の動向を踏まえながら機動的に加速・見直しを行うこと、プロジェクト終了後に社会実装に向けた継続的な取組を推進することが課題として挙げられるだろう。

これらの課題はこれまでも指摘されてきたことであるが、これらの課題に対してより効果的に対応するためには、ステークホルダー間の利害対立の回避や多様なステークホルダーの価値の共有が重要であり、複素価値による思考を用いながら、取り組むことが考えられるだろう。

引き続き、国内外の先進事例を調査するとともに、有識者の意見を聴きながら、NEDO におけるトランスフォーマティブ・イノベーションに向けた仕組みについて検討を進めたい。

参考文献

- [1] F. W. Geels, Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study, *Research Policy*, 31, 1257-1274 (2002).
- [2] C. R. Haddad, A. Bergek, Towards an integrated framework for evaluating transformative innovation policy, *Research Policy*, 52, 104676 (2023).
- [3] J. Schot, W. E. Steinmueller, Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change, *Research Policy*, 47, 1554-1567 (2018).
- [4] J. Fagerberg, Mobilizing innovation for sustainability transitions: A comment on T transformative innovation policy, *Research Policy*, 47, 1568-1576 (2018).
- [5] NEDO, スマートテレオートノミー他 TSC 技術戦略策定分野, TSC Foresight, (2015-2023)
- [6] NEDO, 2022 年度成果報告書「技術戦略視点での試行的追跡調査・評価手法に関する調査」, (調査委託先 株式会社エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所), 17-18 (2022)
- [7] NEDO, 持続可能な社会の実現に向けた技術開発総合指針 2020, TSC Foresight, (2020)
- [8] NEDO, 持続可能な社会の実現に向けた技術開発総合指針 2023, TSC Foresight, (2023)
- [9] NEDO, イノベーションの先に目指すべき「豊かな未来」, TSC Foresight, (2021)
- [10] JST/CRDS, ミッション志向型科学技術イノベーション政策と研究開発ファンディングの推進, 戦略プロポーザル, (2022)
- [11] 内閣府科学技術・イノベーション推進事務局, これまでの SIP での社会実装に向けた論点とその対応策について, ガバニングボード (令和 5 年 3 月 2 日) 配布資料, (2023)
- [12] 内閣府科学技術・イノベーション推進事務局, 次期 SIP の検討状況について, ガバニングボード (令和 4 年 9 月 29 日) 配布資料, (2022)
- [13] 植木健司, 戦略的イノベーション創造プログラムの開始にあたって, 月刊経団連 9 月号, 一般社団法人日本経済団体連合会, 72-73 (2023)
- [14] 内閣府科学技術・イノベーション推進事務局, BRIDGE の重点課題の設定について, ガバニングボード (令和 5 年 1 月 26 日) 配布資料, (2023)
- [15] 桑島修一郎, 新たな産学官連携に向けた複素関数論的一考察, 研究・イノベーション学会年次学術大会講演要旨集, 443-446 (2020).