

戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）
スマートエネルギーマネジメントシステムの構築
社会実装に向けた戦略及び研究開発計画（案）

令和5年1月26日

内閣府

科学技術・イノベーション推進事務局

目次

I. Society5.0における将来像.....	3
II. 社会実装に向けた戦略.....	3
1. ミッション.....	3
2. 現状と問題点.....	4
3. ミッション到達に向けた5つの視点での取組とシナリオ.....	5
(1) 5つの視点での取組.....	5
① 技術開発.....	5
② 事業.....	6
③ 制度.....	6
④ 社会的受容性.....	6
⑤ 人材.....	6
(2) ミッション到達に向けたシナリオ.....	6
4. SIPでの取組(サブ課題).....	8
(1) 背景(グローバルベンチマーク等).....	10
(2) 社会実装に向けたSIP期間中の達成目標.....	16
(3) ステージゲート等による機動的・総合的な見直しの方針.....	17
(4) SIP後の事業戦略(エグジット戦略).....	17
5. 5つの視点でのロードマップと成熟度レベル.....	18
(1) ロードマップ.....	18
(2) 本課題における成熟度レベルの整理.....	27
6. 対外的発信・国際的発信と連携.....	30
III. 研究開発計画.....	30
1. 研究開発に係る全体構成.....	30
2. 研究開発に係る実施方針.....	31
(1) 基本方針.....	31
(2) 知財戦略.....	32
(3) データ戦略.....	32
(4) 国際標準戦略.....	32
(5) ルール形成.....	32
(6) 知財戦略等に係る実施体制.....	33
3. 個別の研究開発テーマ.....	36
(1) A1 エネルギーとモビリティのセクターカップリング.....	36
① 研究開発目標.....	37
② 実施内容.....	40
(2) A2 RE100を実現する農村型VPPの開発.....	43

①	研究開発目標	43
②	実施内容.....	46
(3)	B1 アンモニア・水素利用分散型エネルギーシステム	47
①	研究開発目標	49
②	実施内容.....	51
(4)	B2 カーボンニュートラルモビリティシステム	54
①	研究開発目標	57
②	実施内容.....	59
(5)	B3 系統安定化をサポートする USPM によるインテリジェントパワエレシステムの開発	63
①	研究開発目標	64
②	実施内容.....	65
(6)	C1 エリアエネルギーマネジメントシステムのプラットフォーム開発と実装	67
①	研究開発目標	67
②	実施内容.....	69
(7)	C2 熱エネルギーマネジメントシステムの基盤技術開発と共通化	72
①	研究開発目標	74
②	実施内容.....	75
(8)	C3 産業用スマートエネルギーマネジメント連携システムの開発と実装	77
①	研究開発目標	78
②	実施内容.....	79

I. Society5.0 における将来像

「パリ協定」で我が国が宣言した中・長期目標「2030年代にCO₂排出を大幅削減」「2050年までにエネルギー起源CO₂正味ゼロ（ネットゼロ、気温上昇1.5℃シナリオ）」を実現するには、現状の削減努力の延長上だけでは間に合わず、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る。カーボンニュートラルの文脈でのSociety5.0には、GX（グリーン・トランスフォーメーション）およびDX（デジタルトランスフォーメーション）により利便性が高く魅力的なサービスが実装された「カーボンニュートラルなエネルギー消費社会」が将来像として定義される。

こうした将来社会とカーボンニュートラルが共に実現した社会の基盤となるのが、次世代エネルギーインフラとしての「スマートエネルギーマネジメントシステム」（スマートEMS）である。電力需給ひっ迫や燃料価格の高騰も踏まえ、エネルギー安全保障を確保する効率的かつ強靱な地域分散型のエネルギーインフラとすることが必要となる。

II. 社会実装に向けた戦略

1. ミッション

戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）の第3期課題「スマートエネルギーマネジメントシステムの構築」（以下、本課題）では、2050年カーボンニュートラル、エネルギー安全保障の確保、ならびにSociety5.0の実現に向けて、従来の一建物や一地域における電力マネジメントの枠を超え、クロスボーダー・セクター横断での、主に再生可能エネルギーを起源とする電気・熱・水素・合成燃料を含めた様々なエネルギーを包含する「スマートエネルギーマネジメントシステム」を構築し、次世代の社会インフラを確立する（図II-1 コンセプトイメージ）。より具体的には、多様な再生可能エネルギー由来の電気や水素、熱を効率的に活用する。エネルギーの需給バランスを調整して、需要地に供給する。需要地では、電気、熱、水素、ほかの燃料に相互に変換して、民生、産業、運輸をセクターカップリングして、相互に、エネルギーを協調して、効率的に利用する。地域を超えたクロスボーダーで、DER（分散型エネルギーリソース）を統合して、最大限のエネルギー高効率化を目指す。従来のスマートグリッドから発展させ、グリーン水素や変換した燃料、さらに、熱を活用するマネジメントシステムを構築する。統合したエネルギーシステムを運用しながら、データ収集を行い、エネルギーマネジメントシステム（EMS）を構築する。また、統合したEMSの運用に必要な法制度の制約について検討するとともに、企業・業種間連携についても推進する。

新たな社会のインフラとサービスを生み出すためには、組織ごとの単独の取組だけでは不十分であり、内閣府の司令塔機能のもと府省連携・官民連携を主導することのできるSIPとして本課題に取り組むことで、次世代社会のインフラ・サービスを市場基盤とともに確立するとともに、国際社会を先導することを目指す。

本課題では、再エネを最大限活用し、エネルギーバリューチェーン全体で統合制御・最適運用を行うスマートEMSの早期構築により、カーボンニュートラルとエネルギー利用の利便性・効率向上を実現す

る。これに向けて、5つの視点での取組（技術開発・事業・制度・社会的受容性・人材に対応するXRL3～7）を推進する（図 II-2 現状・問題点とミッション達成に向けた5つの取組）。

- ▶ サイバー×フィジカルによりエネルギーバリューチェーン全体で再生可能エネルギーを中心としたゼロエミエネルギーを使いこなす統合的なスマートEMSを構築
- ▶ セクター横断・クロスボーダーでのエネルギー全体最適を実現し、脱炭素化とあらゆる消費セクターでのエネルギー利用の利便性・効率向上に貢献

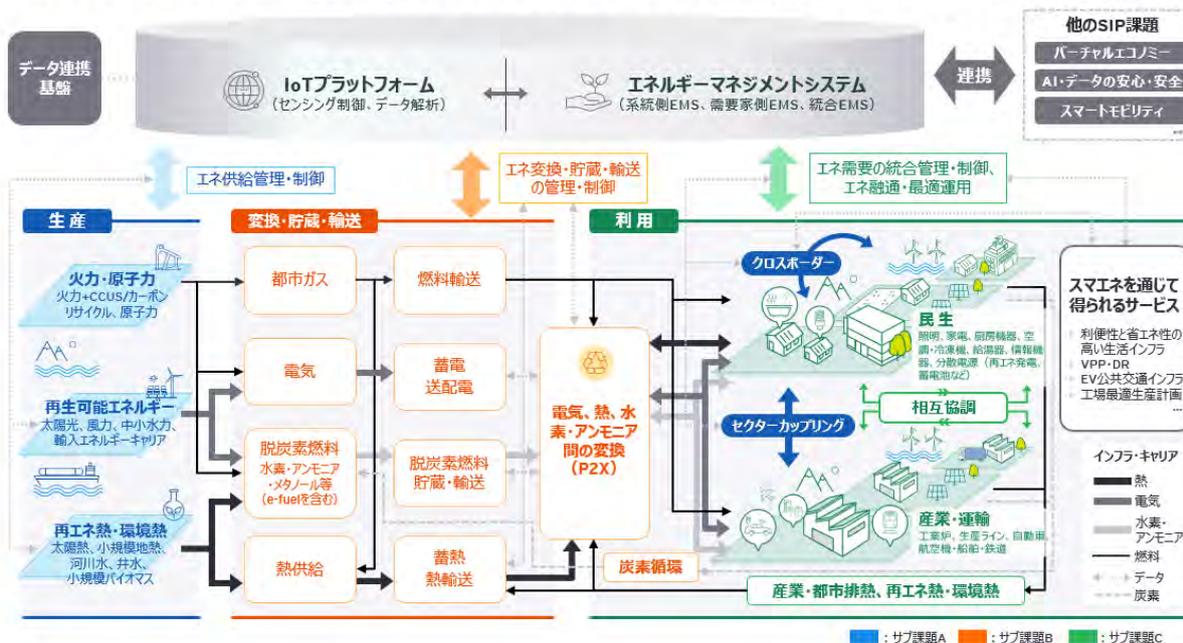


図 II-1 コンセプトイメージ

2. 現状と問題点

日本がパリ協定の中期目標として掲げた「2030年代にCO₂排出を大幅削減」を達成するためには、再エネポテンシャルとDER（分散型エネルギーリソース）/IoTシステムを活用したスマートEMSへの移行を目指す必要がある。一方で、その達成に向けて、以下の現状・問題点を認識している。

- ▶ カーボンニュートラルおよびエネルギーの安定供給、さらには多様な消費セクターの利便性向上のためには更なる再エネ導入・活用と協調制御が不可欠
- ▶ 再エネの最大限活用には、地域やセクターの枠を超えたエネルギーマネジメントの高度化が求められるとともに、必要な基盤技術の実装に向けては既存の社会システムの改革が不可欠
- ▶ カーボンニュートラルの実現のためには、再エネの導入拡大を進めつつ、経済安全保障上のリスクマネジメントの観点から、熱・水素・合成燃料を含めたスマートEMSの社会インフラ化は必須である。しかし市場形成に向けた仕掛け・仕組みづくりの検討が不十分
- ▶ スマートEMSの社会インフラ化に向けては、クロスボーダー・セクター横断のデータ連携基盤の構築が不可欠である。しかし、「機能重複・不足の解消方法」や「各種システム間の連携方法」について、府省・官民連携を推し進めるための実行可能な計画が不十分

そこで、カーボンニュートラルの実現に向けたスマエネ構築・社会インフラ整備に向けて、「市場形成や国際標準化のための仕掛け・仕組みづくり」と「データ連携基盤構築のための府省・官民連携の取組強

化」を5つの視点で推進する（図 II-2 現状・問題点とミッション達成に向けた5つの取組）。

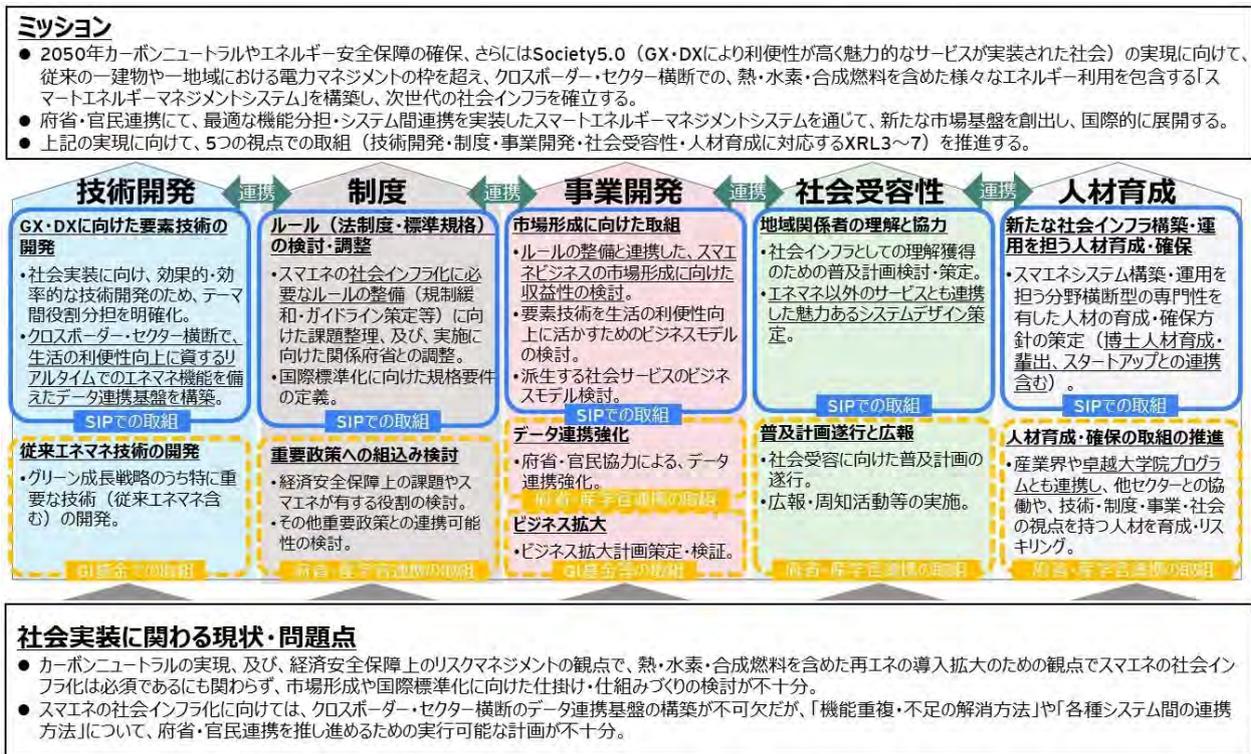


図 II-2 現状・問題点とミッション達成に向けた5つの取組

3. ミッション到達に向けた5つの視点での取組とシナリオ

(1) 5つの視点での取組

先述のミッション、現状・問題点を認識したうえで、SIPでは、スマエネ構築・社会インフラ化に向けて、「市場形成や国際標準化のための仕掛け・仕組みづくり」と「データ連携基盤構築のための府省・官民連携の取組強化」を、技術開発・事業・制度・社会的受容性・人材の5つの視点で推進する（図 II-2 現状・問題点とミッション達成に向けた5つの取組）。図の内容を以下に解説する。

① 技術開発

- ▶ SIP内での取組：GX・DXに向けた要素技術の開発
 - ・ 社会実装に向け、効果的・効率的な技術開発のため、テーマ間役割分担を明確化。
 - ・ 熱・水素・合成燃料を含めた様々なエネルギーを活用したエネルギーマネジメント技術の開発。
 - ・ クロスボーダー・セクター横断で、生活の利便性向上に資するリアルタイムでのエネマネ機能を備えたデータ連携基盤を構築。
- ▶ GI基金での取組：従来エネマネ技術の開発

- ・ グリーン成長戦略のうち特に重要な技術（従来エネマネ含む）の開発と活用。

② 事業

- ▶ SIP 内での取組：市場形成に向けた取組
 - ・ ルールの整備と連携した、スマエネビジネスの市場形成に向けた収益性の検討。
 - ・ 要素技術を生活の利便性向上に活かすためのビジネスモデルの検討。
 - ・ 派生する社会サービスのビジネスモデル検討。
- ▶ 府省・産学官連携の取組：データ連携強化
 - ・ 府省・官民協力による、データ連携強化。
- ▶ GI 基金等の取組：ビジネス拡大
 - ・ ビジネス拡大計画策定・検証。

③ 制度

- ▶ SIP 内での取組：ルール（法制度・標準規格）の検討・調整
 - ・ スマエネの社会インフラ化に必要なルールの整備（規制緩和・ガイドライン策定等）に向けた現行ルールの課題整理、及び、実施に向けた関係府省との調整。
 - ・ 国際標準化に向けた規格要件の定義。
- ▶ 府省・産学官連携の取組：重要政策への組込み検討
 - ・ 経済安全保障上の課題やスマエネが有する役割の検討。
 - ・ その他重要政策との連携可能性の検討。

④ 社会的受容性

- ▶ SIP 内での取組：地域関係者の理解と協力
 - ・ 社会インフラとしての理解獲得のための普及計画検討・策定。
 - ・ エネマネ以外のサービスとも連携した魅力あるシステムデザイン策定。
- ▶ 府省・産学官連携の取組：普及計画遂行と広報
 - ・ 社会受容に向けた普及計画の遂行。
 - ・ 広報・周知活動等の実施。

⑤ 人材

- ▶ SIP 内での取組：新たな社会インフラ構築・運用を担う人材育成・確保
 - ・ スマエネシステム構築・運用を担う分野横断型の専門性（エネルギー分野の専門領域に加え、制御技術やデジタル技術など）を有した人材の育成・確保方針の策定（博士人材育成・輩出、スタートアップとの連携含む）。
- ▶ 府省・産学官連携の取組：人材育成・確保の取組の推進
 - ・ 産業界や卓越大学院プログラムとも連携し、他セクターとの協働や、技術・制度・事業・社会の視点を持つ人材を育成・リスクリング。

(2) ミッション到達に向けたシナリオ

「エネルギーインフラによる Society5.0 の実現」と「早期のカーボンニュートラル（CN）達成」を将来像としたうえで、ミッション到達に向け、その実現に不可欠となる Activity を 5 つの視点で整理して

いる。ここでは、SIP 内の活動に加え、SIP 外・後の活動（主に、関連省庁・民間企業との連携によるもの）を含めて記載することで、最終的なミッション到達、及び、将来像実現までに必要なプロセスを、全体的に可視化している（図 II-3 ロジックツリー）。図中の重要な要素を解説する。

左端の Activity（誰が何をするか、どのような取組が必要か）の「SIP 内の活動」及び「SIP 外・後の活動」については、先述の「(1) 5つの視点での取組」に記載のとおりである。

中央の Output（取組から直接的に得られる成果）は、Activity と同じく、5つの視点で、以下のとおり整理している。

Output（取組から直接的に得られる成果）

① 技術開発

- ▶ 生活の利便性を向上に資するリアルタイムでのエネマネ機能を備えたデータ連携基盤技術に係る知的財産

② 事業

- ▶ 課題全体（派生する事業含む）を解決するビジネスモデル・事業化計画

③ 制度

- ▶ スマエネの社会インフラ化を実現するうえで必要なルール

④ 社会的受容性

- ▶ スマエネ製品・サービスの社会実装の意義（実証済み）

⑤ 人材

- ▶ スマエネシステム構築・運用を担う分野横断型の専門性を有した人材の確保

また、Output が得られたことによって変わる状態を Outcome として整理しており、ミッションである「クロスボーダー・セクター横断での分散型スマエネのインフラ化」、及び、「官民連携によるスマエネ市場基盤の創出」の状態を経たうえで、最終的な将来像を「エネルギーインフラにより Society5.0 を実現」と「早期のカーボンニュートラル達成」として見据え、その実現をロジカルに、プロセスに沿って達成することを目指す。

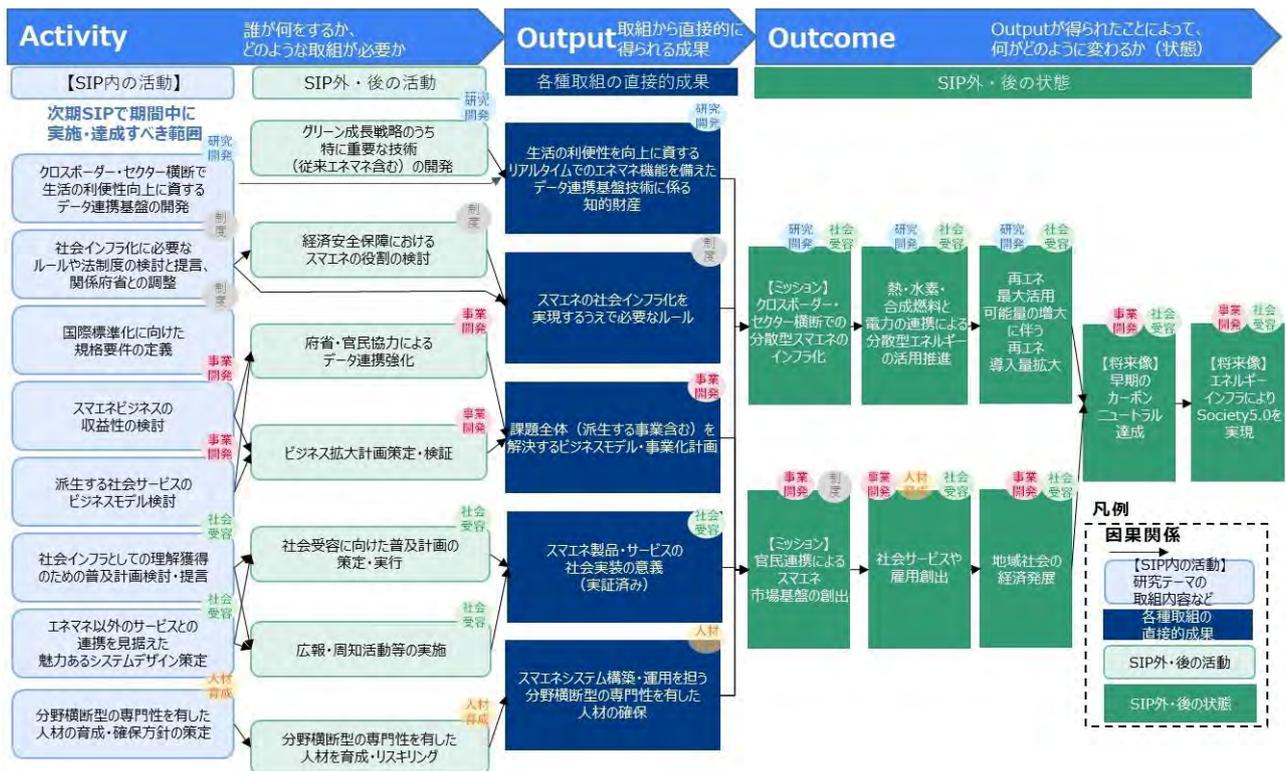


図 II-3 ロジックツリー

4. SIP での取組(サブ課題)

図 II-4 にスマート EMS の定義を示す。本課題「スマートエネルギーマネジメントシステムの構築」で取り扱うスマートエネルギーマネジメントは、再生可能エネルギー、特に太陽光や風力などの不安定なエネルギーを供給力の主力とする。そのためには、各種エネルギー変換・貯蔵・輸送技術を通じてエネルギーの需給両面を情報によって統合し、需給調整に必要な柔軟性を確保することが重要である。この目的を達成するには、従来のエネルギーマネジメントとは異なる AI やリアルタイムデータなどを活用し、セクターカップリングなどの広域のエネマネを行う。また、エネルギー需給協調として、スマートグリッド（ヒートポンプ、電気自動車（EV）、分散型蓄電池などの柔軟性リソース：分散型エネルギーリソース（DER））、スマート熱グリッド（地域熱供給の拡張イメージ）さらにスマートクロスグリッド（水素、アンモニア、e-fuel、電力・熱・運輸部門のセクターカップリング）を調整対象としている。併せてセクターカップリングによるスマートエネルギー社会を実現するために Power-to-X に向けて様々なアプリケーションに柔軟に対応可能な USPM を用いたインテリジェントパワエレシステムを開発する。これらの実現により個別のエネルギー供給以上のシナジー効果（安定供給、エネルギー損失軽減、排出削減、コスト削減）を生むことが要件となる。

スマート・エネルギー・マネジメント・システムの定義

- ▶ 目的と定義：再生可能エネルギー、特に変動電源（太陽光＋風力）を供給力の主力とするため、各種エネルギー変換・貯蔵・輸送技術を通じてエネルギーの需給両面を情報によって統合(Integration)し、需給調整に必要な柔軟性(Flexibility)を確保する。
- ▶ エネルギーインフラとして、スマートグリッド（ヒートポンプ、EVなどの柔軟性ソース）、スマート熱グリッド（地域熱供給のイメージ）、スマートガスグリッド（水素、アンモニア、電力・熱・運輸部門のセクターカップリング）を含む
- ▶ 要件：個別のエネルギー供給以上のシナジー効果（安定供給、エネルギー損失軽減、排出削減、コスト削減）を生むこと
- ▶ SIPで規制改革などの面で、府省連携の取組みを必要とする

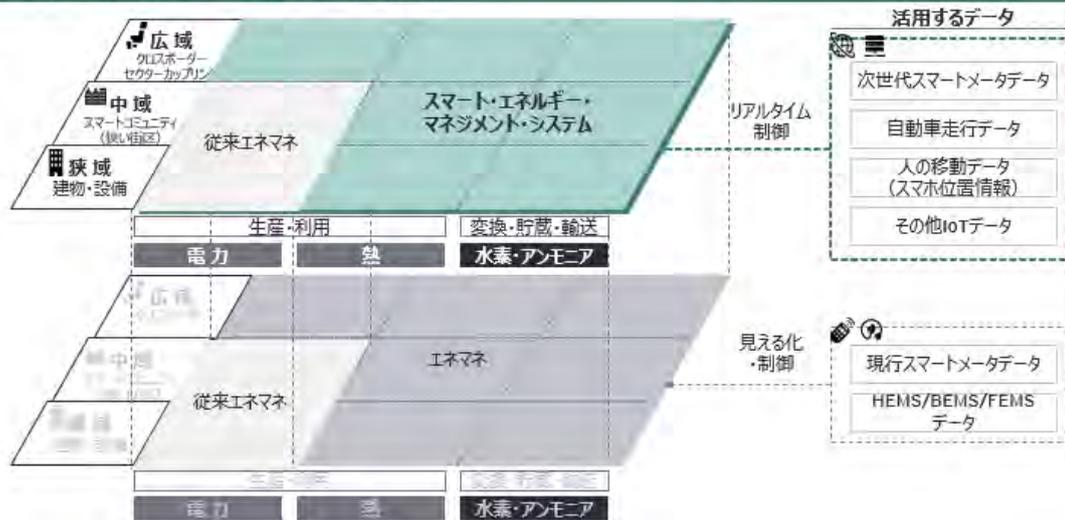


図 II-4 スマートエネルギーマネジメントシステムの定義

上述の定義を踏まえ、本課題では、取り扱う研究対象の関連の強さからエネルギーバリューチェーンごとに区分けしたサブ課題を設定する。(図 II-5 サブ課題の構成)

- ▶ サブ課題 A：電力セクターと交通・運輸セクターのカップリングにより、エネルギー生産から（民生・産業・運輸部門での）統合利用までの最適運用マネジメントを行う技術およびプラットフォームを開発・実証する。セクターカップリング型スマートグリッドの実現を目指す
- ▶ サブ課題 B：水素・アンモニア・e-fuel など各種エネルギーキャリアの相互変換や、運輸部門等モビリティ分野のカーボンニュートラル化、集中型/分散型利用等に係るマネジメント技術を開発・実証する。スマートクロスグリッドの実現を目指す
- ▶ サブ課題 C：家庭用、業務用、産業用、運輸のエネルギー効率化技術の開発とその最適な組み合わせによる運用の実証を行う。スマート熱グリッドの実現を目指す

サブ課題 A で開発するエネルギー需給マネジメントプラットフォームは、本課題のミッションであるエネルギー社会インフラの基盤である。サブ課題 C は同インフラでのエネルギーの最適利用を実現する技術開発をするもの、サブ課題 B は同インフラを支える要素技術を開発するものであり、サブ課題ごとに技術開発を進めた上で最終的には統合して社会に実装されるよう取り組む必要がある。まずはサブ課題内での情報交換や相互連携を進めつつ、サブ課題で分担しながらも実施期間中に、相互の技術を活用して共同実証を実施するなど、サブ課題間の連携も図りながら一体的に取り組んでいく。

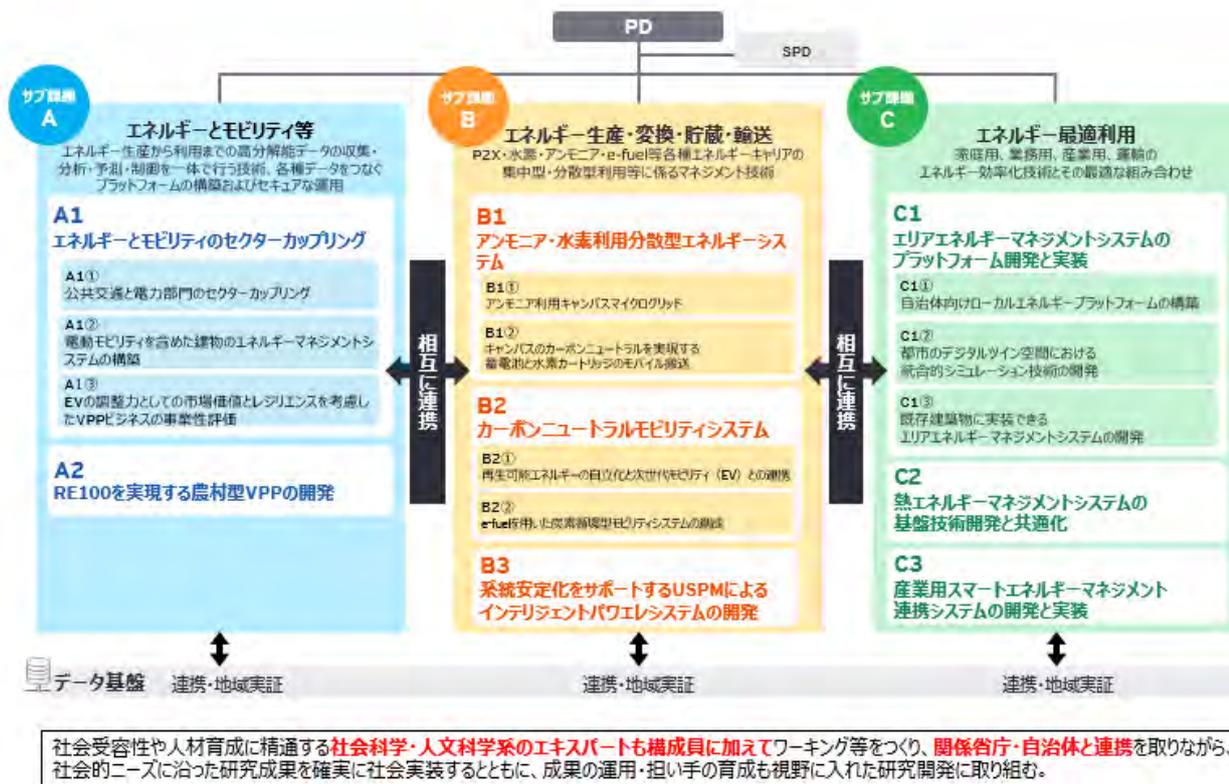


図 II-5 サブ課題の構成

(1) 背景(グローバルベンチマーク等)

エネルギーマネジメントは、技術開発動向や各国の研究開発支援動向から、国際的に重要度の高い研究領域であるとともに、国際的に高い研究開発力を誇る我が国が技術面で優位に立つことのできる領域である(後述)。一方で、欧米の政府投資額が年々拡大する中、我が国の投資状況の伸びはさほど広がりを見せておらず、技術面・事業面で主要国が競争力を増している(図 II-6 主要国政府のエネルギーマネジメント分野への支援状況)。将来社会を見据えた新たな技術領域としてのスマートエネルギーマネジメントへの投資・技術開発に早期に着手し、我が国の本分野における技術的優位性を活用することができれば、カーボンニュートラルという難易度の高い目標や、エネルギー資源の枯渇などの社会課題解決に向けて世界をリードすることが可能となる。他方、技術の社会実装に当たっては、技術・事業・制度・社会・人材の5つの視点それぞれのボトルネックが特定されている。技術開発とともにこれらの解消に取り組むためには、5つの視点の取組を一体的に推進することのできるSIPの仕組みが不可欠である。

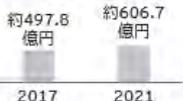
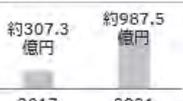
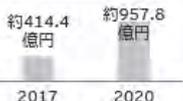
国/地域	主な主幹省庁	エネマネ分野における施策の実施状況 ¹ (2022年現在)	エネマネ分野への投資の伸び ²
 日本	 経済産業省	GI基金 1件 経産省 12件 環境省 3件 <small>運輸システムの最適化や系統制御実証など「従来エネマネ」を対象としたプロジェクト 「スマエネ」に着眼した取組は未だ無い</small>	 約497.8億円 (2017) → 約606.7億円 (2021) 22%
 米国	 DOE (エネルギー省)	DOE/ARPA-E 7件 DOE/EERE 2件 <small>系統制御管理やパワーデバイス等の技術開発 水素利用ネットワーク形成やエネルギー-地産地消に係る施策</small>	 約307.3億円 (2017) → 約987.5億円 (2021) 221%
 欧州	 欧州委員会	Horizon Europe 34件 Innovation Fund 10件 <small>クラスター5「気候、エネルギー、モビリティ」下の複数領域（「エネ供給」、「エネ利用」、「交通部門」等）でエネマネプロジェクトが進行</small>	 約414.4億円 (2017) → 約957.8億円 (2020) 131%
 中国	 国家発展改革委員会 国家能源局	第14次5か年企画 不明 国家重点研究開発計画 不明 <small>重点プロジェクトに「蓄電・スマートグリッド技術」を位置づけ（「水素」、「新エネ自動車」も含まれるが、インフラ開発が中心）</small>	(データなし)

図 II-6 主要国政府のエネルギー管理分野への支援状況

▶ 技術開発動向

本課題で取り扱う予定の技術開発内容は、論文・特許動向から国際的に注目されている研究領域であることが確認されている。“セクターカップリング”や“エネルギー管理”など研究領域のキーワードをとり、論文数・特許数を検索すると、特に海外論文数において大幅な増加傾向がみられ、国際的な重要度の高さが伺える。

加えて、3つのサブ課題のいずれにおいても新規性・独自性ある技術を扱う予定であることが確認されている。具体的には、論文・特許において類似する技術を調査し、3つのサブ課題いずれにおいても、取り扱う技術の既存研究との違い・新規性を検証している（図 II-7 国内外の論文・特許動向）。

また、国内外の既存施策での実施内容との比較から、制御対象エリア・エネルギーキャリア・制御手法との違いを確認した。とりわけ、国内の既存施策については、従来のエネルギー管理を取り組むにとどまり、将来社会に必要となるスマートエネルギー管理の実現を目指した取組はなされていない。

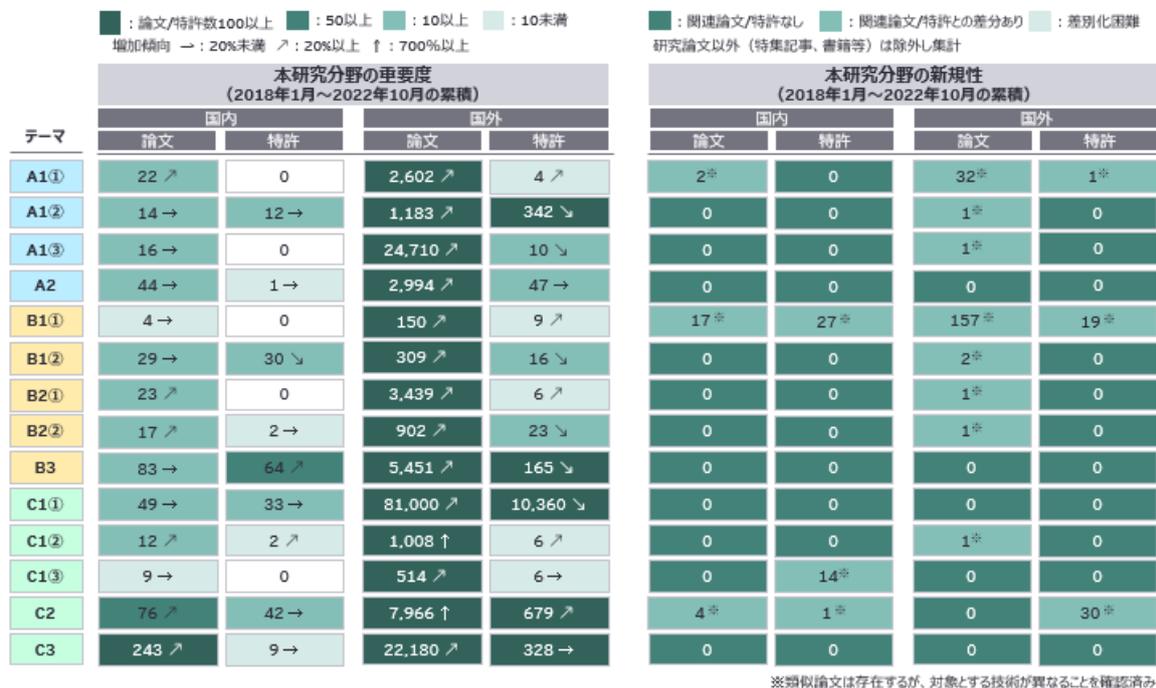


図 II-7 国内外の論文・特許動向

▶ 国内外政策動向

米国政府および欧州委員会では、エネルギー分野の研究開発を取り扱う国家プログラムにおいてエネルギーマネジメント領域への投資を増やしている一方、日本政府の投資額の伸びは小規模である。前述のとおり国際的に重要視されている研究領域に各国が投資することは必然であることや、本課題における技術が国際的に新規性を有することを踏まえると、日本政府として本領域へ投資を行い、独自の技術を世界に先駆けて実用化することは国際競争性の観点から有効である。また、エネルギーマネジメント技術そのものに加え、エネルギーマネジメントの対象となるエネルギー消費設備・機器の開発やこれらの技術を支えるパワエレなどの要素技術は我が国が他国に対して技術的優位性を示しており、これらの機器を最適制御するスマート EMS の開発はこれらの技術の優位性を維持するためにも重要である。

▶ 技術実現性

電動モビリティの蓄電技術の利用や VPP システム、限られた区域における EMS など、一部の個別術は要素技術として既存のシステム上で確立されているが、要素技術を統合して、セクターカップリングやネットワークのプラットフォーム化を実装可能なトータルシステムとして機能させるまでに至っていない。また、分散型エネルギーシステムでの水素・アンモニア利用技術、熱や燃料など電力以外のエネルギー資源を活用するにあたり、エネルギー資源の変換・貯蔵・輸送・再変換技術の要素技術開発とそのシ

システムへの統合技術が現時点で確立されておらず、また、他セクターとの協調技術を含めたエネルギーの生産から利用までを最適化するスマート EMS の構築に必要なデジタル化や管理制御技術などの技術も今後開発が必要な要素である。このように、現時点で確立できておらず、今後開発が必要な技術を図 II-8 に特定している。

これらの技術的ボトルネックを解消し技術実現性を獲得するための研究開発テーマを各サブ課題において設定し、SIP における開発実証を通じて、各分野での提案技術の機能を検証し、トータルマネジメントシステムの技術実現性・社会実装可能性を立証していく。また、技術開発の初期段階から着手が必要なボトルネックについては、SIP の機能を活用して関係機関との連携により技術開発を加速し、社会実装を目指す。さらに、実施期間後の国際標準化を展開する。

テーマ	技術的なボトルネック（現時点で確立できておらず、今後開発が必要な技術）
A1①	公共交通-電力のセクターカップリングに必要な要素技術をシステムに統合する機能
A1②	電動モビリティの蓄電池としての大量導入・大規模活用にあたり必要な充放電等制御技術
A1③	スマートエネルギー・マネジメントシステムの社会実装に必要な、事業性や組織ガバナンスを検証する機能
A2	既存のVPPシステムでの、農村の地中熱など未利用熱の利用技術（燃料の非化石化技術）
B1①	分散型エネルギーシステムでのアンモニア利用に必要な、各セクターへのアンモニアエネルギー導入に必要な技術
B1②	分散型エネルギーシステムでの水素利用に必要な、余剰電力を水素に変換・貯蔵・輸送・再変換する技術
B2①	電力-モビリティの複合ネットワークプラットフォームに必要な要素技術をネットワークに統合する機能
B2②	輸送分野のカーボンニュートラル実現に不可欠なカーボンニュートラルなe-fuelの製造技術
B3	Power-to-Xの実現に求められる、全エネルギー機器（パワエレシステム）を統合制御できる電力変換技術
C1①	自治体のエネルギー需給の現状分析・施策検討・評価に必要なデータやツール
C1②	エネルギー・マネジメントの脱炭素ポテンシャルをわかりやすく可視化したり、最先端技術の導入シナリオを評価する手段
C1③	既存建築でBEMSデータを統合し、地域でのエリアマネジメントをおこなう手法
C2	熱の有効利用に必要な熱利用技術のデジタル化およびEMSによる熱の利用管理技術
C3	産業のエネルギー・マネジメントに不可欠な、熱や燃料など電力以外のエネルギー資源のデジタル化・管理制御技術

図 II-8 抽出された技術的ボトルネック

▶ 事業実現性

事業実現性については、本課題の開始前に、得られる成果のビジネスとしてのバリューチェーンを確認しながら市場規模の推計を行っている。推計の結果、スマート EMS が社会インフラとして確立されることを前提とした場合、2040年における市場規模（推定）は概ね数百億円から数千億円となり、市場が形成されれば価値あるビジネスとなることがわかっている（図 II-9 推定市場規模（個別テーマ））。（ただし、現時点での市場規模推計は、普及率等を一定の仮定の下で算出した結果であり、今後、さらなる精査が必要である）。加えて、得られたシステムは CO2 排出量を既存のシステムより低減させることが可能となり、地域・社会におけるカーボンニュートラル実現に大きく貢献するという点でも事業価値がある。

また、本課題の提案の要件として、産業界や自治体との連携で技術開発から事業開発まで取り組むこと

としており、事業実現までの道筋を確保している。例えば、サブ課題 A では宇都宮市と地域公共交通事業者との連携により事業を進め、事業終了後には自治体や事業者による成果の活用が計画されている。また、V2X/VPP ビジネスのユースケースについては実施期間内で事業性・費用便益を検証していく。

一方、現時点では、市場形成にあたっての仕掛けづくりや仕組みの検討には至っておらず、これが事業開発面でのボトルネックとなっている。SIP におけるボトルネックの解決に向けた方策の検討や関係府省等との調整を通じ、本システムの実現に向けて必要なルール（法制度等）が整備されることで、事業者にとっての経済的便益が創出され、事業面で評価される社会インフラとなる。

※なお、以下の市場規模は、社会実装に向けた課題が適切に解消した状態を仮定したうえでの試算値である。具体的には、「図 II-2 現状・問題点とミッション達成に向けた 5 つの取組」の「社会実装に関わる現状・問題点」に記載している「市場形成や国際標準化に向けた仕掛け・仕組みづくり」が進捗し、社会インフラとしてのスマエネ構築に不可欠な府省・官民連携が適切に機能することを前提としている。については、後述する各個別テーマの KPI における数値（普及率等）とは、整合しない部分があることを留意願いたい。

■ : > = 1兆円 ■ : 1兆>市場規模 > = 1,000億円 ■ : < 1,000億円

テーマ	2030における市場規模	2040における市場規模	推定における主な前提条件	
			想定利用者	将来的に販売する主な商品・サービス
A1①	524億円	956億円	路線バスの運行会社、 貨物事業者、タクシー事業者	電力・公共交通データ連携型エネルギー管理プラットフォーム
A1②	774億円	1,538億円	不動産会社、不動産管理会社	電動モビリティを蓄電池として積極活用する エネルギー管理システム
A1③	43億円	79億円	アグリゲーションコーディネーター	系統電力と相互補完的な地域の自立分散型エネルギーシステム
A2	1,074億円	1,961億円	リソースアグリゲーター会社	農山漁村エネルギー管理システム
B1①	4,326億円	7,899億円	マイクログリッド事業者	マイクログリッドエネルギー管理システム、 マイクログリッドのインフラ構成機械
B1②	3,746億円	1.2兆円	燃料電池の需要家	小型・可搬型の水素カードリッジ、 コミュニティにおけるエネルギー需給最適化システム
B2①	362億円	661億円	アグリゲーションコーディネーター	再エネ100%による地域MaaS
B2②	1,899億円	3,418億円	バス、トラック、重機の所有者	e-fuel、e-fuel供給器
B3	1,255億円	3,459億円	PV、蓄電池の 電気機械器具メーカー	USPM半導体が格納されたパワーコンディショナー
C1①	244億円	446億円	自治体	自治体向けローカルエネルギープラットフォーム
C1②	1,946億円	3,554億円	不動産会社、自治体	再生可能エネルギー供給ポテンシャルの定量評価システム、 デジタルツインを活用する都市設計システム
C1③	266億円	485億円	不動産会社、地方自治体、 町会・自治会	地域内の多数のビルを統合的にマネジメントする エリアエネルギー管理システム
C2	5,029億円	9,182億円	住宅メーカー、 電気機械器具メーカー	ソフトウェア、ハードウェア（機器、センサ） を含めた熱のエネルギー管理システム
C3	51億円	77億円	工場	産業用スマートエネルギー管理連携システム

※：本推計は、限定的な条件に基づいて推定した結果であり、本個別テーマの社会的意義・価値を表現した値ではないことに注意が必要

図 II-9 推定市場規模(個別テーマ)

▶ ルール（法制度・標準規格）

上述のとおり、カーボンニュートラル社会の実現に向けた技術の普及・社会インフラ化のためには、技術開発と並行し、社会的意義・価値が適切に評価されるルールの整備が必要である。法制度面で取り組むべき事項としては、EMSの社会インフラ化にあたり必要な制度設計（法制度の改正等）、技術の普及のボトルネックとなる規制の緩和、インフラを支える事業者の参入を促す仕組みの整備（補助金等のインセンティブの確保やカーボンプライシング等の誘導策）、得られた技術の国際標準化などが挙げられる。また、特に考慮すべき現行のルール・法律に関する課題は、「認定電気使用者情報利用者等協会（認定協会）制度」、「農林漁業の健全な発展と調和のとれた再生可能エネルギー電気の発電の促進に関する法律（農山漁村再生可能エネルギー法）」、「エネルギーの使用の合理化等に関する法律（省エネ法）」、「ガス事業法」、「高圧ガス保安法」、「電気事業法」、「半導体集積回路の回路配置に関する法律」、「電波法」である。中でも、「電波法」について、現時点では空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの利用は屋内に限定されており、本課題のサブ課題C「エネルギー最適利用」の研究開発技術の社会実装のためには、屋外使用の規制緩和を強く促す必要がある。

必要なルール整備・制度設計の実現に向けて、政策等の提言を打ち出すことにより産学官のステークホルダーへの働きかけを行うほか、関係省庁と協議しながら制度的ボトルネックの解消に向け必要な仕組みを構想する。SIPとしてこうした取組を進め、社会実装における制度的ボトルネックの解消に加え、事業者にとっての経済価値として転換され、事業性として評価されることを目指す。

▶ 社会的受容性

本課題における社会的受容性とは、スマートEMSの社会インフラとしての実装・普及にあたり、製品・サービスが導入先のコミュニティ（地域住民や産学官の関係者）からの理解・協力を獲得できるかどうかの尺度を指す。地域や自治体でのスマートEMSの実装においては、関係する市民や行政などの主体を巻き込んだ合意形成が必要になるため、高度な可視化技術、地域それぞれの特徴を反映した効果の定量的評価手法などステークホルダーの理解を得られるような技術開発が必要である。

例えば、研究開発成果の社会実装へ向け市民等への理解を促すことや自治体におけるデータ連携基盤の普及が求められるため、導入技術によるカーボンニュートラリティの達成効果の周知、スマートメータ統計データ等の公共性・公益性の高いデータの個人情報排除された形での公開方法の在り方の検討・実現や、住民を巻き込んだワークショップや節電ポテンシャルの見える化等の取組を通じ、コミュニティの理解醸成を図ることが重要である。

▶ 人材

人材面では、次世代の社会インフラであるスマートEMSの構築・運用を担う人材が必要である。分野横断型の専門性を有した人材の育成・確保のため、卓越大学院プログラム（東京工業大学「エネルギー・情報卓越大学院」や早稲田大学「パワー・エネルギー・プロフェッショナル人材育成プログラム」）との連携等による学生の育成や技術者のリスクリングを包含した人材育成・確保方針を策定し、必要な人材を確保する。

(2) 社会実装に向けた SIP 期間中の達成目標

サブ課題ごとの実施期間中の主な達成目標は以下の通り。

サブ課題 A :

- ▶ 《達成目標 a-1》
交通セクターと電力セクターのカップリングによるリアルタイムエネルギーマネジメント技術や電動モビリティの蓄電池としての利用技術を確立したスマート EMS プラットフォームを社会実装可能にする。
- ▶ 《達成目標 a-2》
再エネを積極的に活用した農山漁村地域の特性に合わせた固有の VPP システム(農村型 VPP)設計を実現する。
- ▶ 《達成目標 a-3》
V2X/VPP 等スマートエネルギーマネジメントに係るビジネスの事業性・費用便益性の分析を通じて、同ビジネスの確立・普及・促進に必要な政策提言を行う。
- ▶ KPI
 - ✓ 路線バス 160 台程度の規模の都市で、全てのバスが電動化する前提にて、当該地域の一般送配電事業者供給エリア全体での時間帯別 CO2 排出量をベースに計算した場合、全車両を夜間充電する場合の CO2 排出量に対して、最適充電を行ったケースで、年間約 300t-CO2 (約 6%) 排出削減することを目標とし、セクターカップリングによるスマート EMS プラットフォームを開発する。
 - ✓ CO2 排出削減を実現する EV バスのリアルタイム充放電制御システムおよび BEMS(Building Energy Management System) を開発する。
 - ✓ V2X に係る事業性・費用便益性評価ツールを開発する。V2X の実装によって、再エネ出力制御量の抑制による再エネ発電量比率の向上を目指すとともに、それによる対象エリアの CO2 排出量削減への効果を明らかにする。

サブ課題 B :

- ▶ 《達成目標 b-1》
アンモニア、水素、e-fuel を活用したカーボンニュートラル分散型エネルギーシステム(生産・変換・貯蔵・輸送・利用を含む)を社会実装可能にする
- ▶ 《達成目標 b-2》
ゼロカーボンエネルギーを一次エネルギー源とした電力、e-fuel を活用した運輸部門等モビリティ分野でのカーボンニュートラルシステムの構築を目指す。
- ▶ 《達成目標 b-3》
各分野での活用を目指して、全パワエレシステムの協調制御を実現した Power-to-X 向けインテリジェントパワエレシステムを構築する
- ▶ KPI
 - ✓ モビリティ分野のカーボンニュートラル化へのトランジションに関するロードマップを

定量的に示す。運輸部門における CO2 排出量の約 10% (1850 万トン) 削減を目標とし、当該開発技術による CO2 排出削減ポテンシャルと技術ロードマップを定量的に示す。

- ✓ 再生可能エネルギーのエネルギー貯蔵技術として当該開発技術のポテンシャルを示す。
- ✓ 当該開発技術の達成のための制度面・社会的受容性に対する課題を明らかにする。

サブ課題 C :

- ▶ 《達成目標 c-1》
自治体によるエネルギー需給の現状分析や施策検討を支援するローカルエネルギープラットフォームを構築し、公的 EMS を社会実装可能にする。
- ▶ 《達成目標 c-2》
熱に関する個別要素技術のデジタル化と統合により、熱利用・貯蔵、ハイブリッド利用技術をより積極的に活用した EMS を具現化する。
- ▶ 《達成目標 c-3》
電気・熱・燃料等の資源を含めた産業用エネルギー設備の運用に関わる情報モデルを確立する。
- ▶ KPI
 - ✓ 2025 年度までにサブ課題 C で主に対象とする、我が国の民生・産業分野におけるエネルギー起源 CO2 排出量の開発技術による削減ポテンシャル (最低 10%) を定量的に示す。
 - ✓ 2025 年度までに同分野(一部 EV 充電を含む)における電力需給の調整力を定量的に示し、VPP としての能力を明らかにする。
 - ✓ 2027 年度までに上記削減ポテンシャルと調整力を高い精度で再評価するとともに、社会実装を通じてこれらの達成に至るロードマップ、そのために必要な制度面・社会的受容性に対する課題を明らかにする。

(3) ステージゲート等による機動的・総合的な見直しの方針

研究開発の進捗状況や社会実装の見込みなどを十分に考慮した上で、年度毎の成果目標の妥当性について精査し、中間時点 (2025 年度末予定) でのステージゲートを念頭に置いた課題マネジメントを徹底する。また、評価期間に関わらず、研究の進捗に伴いサブ課題を超えた技術連携が必要となるなどの場合にサブ課題構成の変更を行うなど、機動的な研究体制整備を図る。

(4) SIP 後の事業戦略(エグジット戦略)

スマート EMS の社会実装に向けた出口戦略を設定する。具体的には、実用化に向けて、事業化の担い手となる企業との連携や、担い手を創出するためのコンソーシアム等の座組の組成、国際会議での情報発信や研究交流を実施する。社会実装に向けて、法制度面でボトルネックとなる事項を解消するための関係省庁との連携などの取組を戦略に位置づける。さらに国際標準化へと展開する。

5. 5つの視点でのロードマップと成熟度レベル

(1) ロードマップ

本課題の社会実装に向けた成熟度は、成熟度レベル（XRL）を計測量とし、全関係者での活用を推進する。そのうえで、5つの視点別に社会実装に向けたロードマップを作成し、各XRLにおける現在地及びSIPの実施期間5年間での推進目標を設定している。

ただし、ロードマップは、各サブ課題の主要技術テーマの進捗をベースに作成しているため、個別テーマにおいては、異なる進捗を示すものもある。（図 II-10、図 II-12、図 II-14）

▶ サブ課題 A 「エネルギーとモビリティ等」

主要技術テーマにおいて、現時点（2022年度末）で、TRL2（仮説）、BRL2（仮説）、GRL1（基礎検討）、SRL3（検証）、HRL1（基礎検討）を達成している。各XRLの詳細は以下のとおり。

- TRL・・・SIP第2期において、代表都市の事例として検討、設定済みであり、現時点で仮説（TRL2）達成済み。ステージゲート（2025年度末予定）では、研究室レベルでの初期テストの実施中の状況（TRL4）である。2027年度末には、想定使用環境でのテスト（TRL5）を完了するとともに、代表都市におけるエネマネシステムの事業化主体が明確になり、実証（システム）（TRL6）、生産計画（TRL7）が部分的達成される状況を見通している。
- BRL・・・社会的価値および経済的価値は、本課題に先立ち実施した基礎的調査およびFS調査より、現時点で仮説（BRL2）達成済み。ステージゲート（2025年度末予定）では、代表都市におけるユーザーである公共交通事業者と意見交換を繰り返し、検証（BRL3）を進め、初期テスト（BRL4）の実施を目指す。2027年度末には、これまで検証してきた事業モデルの妥当性が実証（BRL6）された状態を見通している。なお、サブ課題 A における主要テーマ「公共交通と電力部門のセクターカップリング」では、想定されるバリューチェーンを図 II-11 バリューチェーン（テーマ A1①「公共交通と電力部門のセクターカップリング」）のとおり検討している。このテーマでは、図 II-9 に示したように、路線バスの運行会社、貨物事業者、タクシー事業者に対して、「電力・公共交通データ連携型エネルギーマネジメントプラットフォーム」を提供する計画であり、その市場規模見通しを2030年に約524億円、2040年に956億円と見込んでいる。ただし、この数値については、前提としている初期費用、年間サービス費用、及び、普及率等の設定について、更なる精緻化を行う予定である。
- GRL・・・現時点では、対象技術から生み出す製品・サービスの公共性の有無が検討され、それによって、対象技術が社会に影響を及ぼし得る範囲が特定されている状況（GRL1）。また、制度面の課題は整理されているが、文書化（GRL2）はされていない状況と評価している。ステージゲート（2025年度末予定）には、評価（GRL3）実施中の状況を目指す。2027年度末

には、改変後の制度の有効性が特定および実証（GRL5）がされ、部分的に導入計画（GRL6）が進んでいる状況を見込んでおり、省庁への導入計画の提案実施を目指す。

- ・ **SRL**・・・SIP 第2期で基礎検討（SRL1）、仮説（SRL2）を実施済みであり、代表都市における公共交通事業者に繰り返しプレゼン・インタビューが実施され、有効性が確認されている状況であることから、検証（SRL3）を達成済み。ステージゲート（2025年度末予定）では、初期検討（SRL4）実施中の状況を目指す。2027年度末には、実証（SRL5）を完了させ、部分的に普及計画（SRL6）を策定している状況を見通している。
- ・ **HRL**・・・現時点で、電力システム分野、交通システム分野のデータ分析・最適化計算、システム構築技術として検討されており、基礎検討（HRL1）達成済み。ステージゲート（2025年度末予定）では、シミュレーションやOJTを通して、コアスキル要素、事業化スキル要素群、チーム形成・育成計画の仮説の検証（HRL3）実施中の状況を目指す。2027年度末には、検証（HRL4）が完了し、実際に必要な人材が手配・チーム形成・育成のテストがなされ、育成計画（HRL5）に着手した状況を見通している。

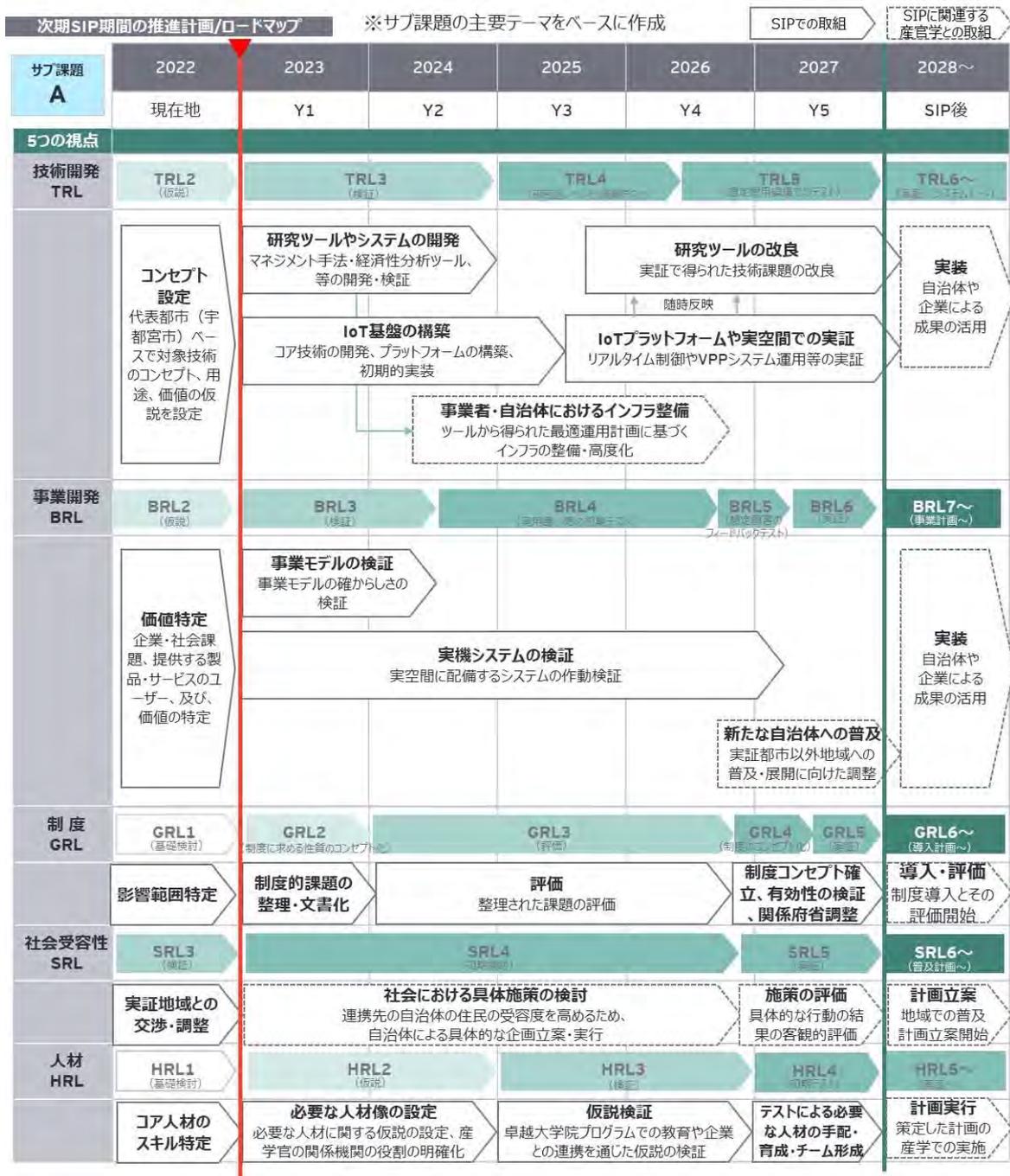


図 II-10 ロードマップ(サブ課題 A)