

戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)  
脱炭素社会実現のためのエネルギーシステム  
研究開発計画(案)

内閣府

政策統括官(科学技術・イノベーション担当)

## 目次

研究開発計画の概要	1
1. 意義・目標等	3
2. 研究内容	3
3. 実施体制	4
4. 知財管理	5
5. 評価	5
6. 出口戦略	5
1. 意義・目標等	6
(1) 背景・国内外の状況	6
(2) 意義・政策的な重要性	8
(3) 目標・狙い	11
① Society 5.0 実現に向けて	13
② 社会面の目標	14
③ 産業的目標	14
④ 技術的目標	15
⑤ 制度面等での目標	16
⑥ グローバルベンチマーク	16
⑦ 自治体等との連携	17
2. 研究開発の内容	18
3. 実施体制	22
(1) 国立研究開発法人科学技術振興機構の活用	22
(2) 研究責任者の選定	22
(3) 研究体制を最適化する工夫	23
(4) 府省庁連携	24
(5) 産業界からの貢献	24
4. 知財に関する事項	25
(1) 知財委員会	25
(2) 知財権に関する取り決め	25
(3) バックグラウンド知財権の実施許諾	25
(4) フォアグラウンド知財権の取扱い	25
(5) フォアグラウンド知財権の実施許諾	25
(6) フォアグラウンド知財権の移転、専用実施権の設定・移転の承諾について	26

(7) 終了時の知財権取扱いについて .....	26
(8) 国外機関等(外国籍の企業、大学、研究者等)の参加について .....	26
5. 評価に関する事項 .....	27
(1) 評価主体 .....	27
(2) 実施時期 .....	27
(3) 評価項目・評価基準 .....	27
(4) 評価結果の反映方法 .....	27
(5) 結果の公開 .....	27
(6) 自己点検 .....	27
① 研究責任者による自己点検 .....	27
② PDによる自己点検 .....	28
③ 管理法人による自己点検 .....	28
6. 出口戦略 .....	29
(1) 出口指向の研究推進 .....	29
(2) 普及のための方策 .....	29
7. その他重要事項 .....	31
(1) 根拠法令等 .....	31
(2) 弾力的な計画変更 .....	31
(3) PDの履歴 .....	31

## 研究開発計画の概要

### 1. 意義・目標等

2015 年末に開催された国連気候変動枠組条約第 21 回締約国会議(COP21)では、地球温暖化問題の主要因である人為的な温室効果ガス排出の大幅な削減を目指し、2020 年以降の新たな国際枠組みである「パリ協定」が採択された。同協定では、世界共通の長期目標として世界全体の平均気温の上昇を工業化以前よりも摂氏 $2^{\circ}\text{C}$ 高い水準を十分に下回るものに抑えること(「 $2^{\circ}\text{C}$ 目標」)、加えて同気温上昇を 摂氏 $1.5^{\circ}\text{C}$ 高い水準までのものに制限する努力を追求すること、世界全体の温室効果ガスの排出量が出来る限り速やかにピークに達すること、今世紀後半に温室効果ガスの人為的な発生源による排出量と吸収源による除去量との間の均衡達成への取組が言及されている。

「パリ協定」を実現するためには、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とされている。

エネルギー・環境分野でイノベーションを創出するためには、温室効果ガスの大きな排出削減に寄与する有望技術を強力に開発・導入していくことが重要であることに加え、それら個別技術の確立・実用化と合わせて、個々の技術(機器・設備等)をネットワーク化し、エネルギーシステム全体として最適化を図ることが求められる。

将来を見据えた脱炭素型エネルギーシステムを鳥瞰すると、将来必須であり、我が国が主導的地位を担うべき基盤技術として①エネルギー貯蔵②エネルギーマネジメント③コ・プロダクションが挙げられる。

まず、エネルギー貯蔵に対しては国が主導し、次世代蓄電池の開発にきわめて積極的である。蓄電池の用途として、電気自動車(EV)などが挙げられるが、EV は充電に時間がかかることが大きな課題になっている。高効率ワイヤレス電力伝送システムの開発により、走行中に継ぎ足し充電をすることが可能になり、さらにそれにより大きなバッテリーを積載する必要もなくなることから、ユーザー利便性とエネルギー効率の両方が高まり、一層効率的かつ魅力的なシステムとなる。また、エネルギーマネジメントは蓄電池、パワーエレクトロニクス、環境センサーなどの基盤技術を駆使しながらモノのインターネット(IoT)、人工知能(AI)などのシステム化により次世代型超スマートエネルギーネットワークの構築を実現することが急務である。これまでは電力マネジメントが主流であったが、今後は熱・化学反応(水電解等によるグリーン水素製造を含む)・ヒートポンプ・ワイヤレス電力伝送などに重点を置いたエネルギーマネジメントで強さを発揮出来ると考えられる。更に、従来独立していた技術を連結し、エネルギーと物質生産システムの一体化・最適化を図ることにより、大幅な省エネ・二酸化炭素( $\text{CO}_2$ )削減への寄与が期待できるコ・プロダクションについては、メタンや  $\text{CO}_2$  を炭素資源とし、オレフィンの高効率低コスト製造システムを確立することにより、革新的炭素資源高度利用技術・システムの開発・商用化が実現できれば世界への波及効果は極めて大きい。

本 SIP ではこれらの基盤技術・システムをさらにシステム化することにより相乗効果を最大化することが極めて重要であると考えており、まさに脱炭素社会実現のための”System of Systems”を着実に実践し、社会実装への体制を構築することを目指す。

### 2. 研究内容

主な研究開発項目を以下に記す。

#### (A) エネルギーマネジメント

エネルギーマネジメント技術に関しては、これまで国を中心として、ホームエネルギー管理システム(HEMS)、ビルエネルギー管理システム(BEMS)、スマートコミュニティ(環境配慮型都市)事業、仮想発電所(VPP)事業等、点から面までの各事業(実証事業が中心)が行われてきているところ、今後は電力マネジメントのみならず、熱・化学反応(水電解等によるグリーン水素製造を含む)、ヒートポンプなどのエネルギー転換技術もより重要になってくると想定される。当課題に関しては、2018 年度に研究会を立ち上げ、エネルギーマネジメントを効果的に行うためのボトルネック課題を特定するとともに、下記(B)、(C)、(D)のエネルギー利用最適化にも資するエネルギーシステムのグランドデザインを取りまとめて公表する。

#### (B) ワイヤレス電力伝送(WPT)システム

遠距離・高効率・大電力で安全なワイヤレス電力伝送を用いたエネルギーマネジメントの実現に向けて、我が国が強みを持つ次世代半導体をもとにした大電力高周波スイッチングデバイス及び高周波受電デバイスの開発、WPT システムの送信側・受信側の高効率化、高度伝送制御技術の開発等を実施し、①EV への走行中給電(停止時の給電の開発・実証を除く)、②屋外での給電(ドローン(インフラ維持・管理))、③屋内での給電(センサーや情報機器等)で実証を行う。デバイスなど基盤要素技術の研究開発から WPT システム技術としての研究開発、安全性確保、標準化に向けた取組など社会実装に必要な実用化技術の研究開発まで一貫した取組を実施する。

#### (C) 革新的炭素資源高度利用技術

CO<sub>2</sub> 排出原単位の低いメタン等の炭素源を高度利用するため、①従来のメタン改質より CO<sub>2</sub> 排出量を削減するメタン酸化的低温改質プロセス技術の開発、②従来の酸素製造法より消費エネルギーを削減する安価な酸素製造技術(空気分離装置)の開発、③蒸留法と比較して運転に要するエネルギーを削減する混合生成物の膜分離・精製技術の開発、④ライフサイクルアセスメント(LCA)を考慮した CO<sub>2</sub> 排出量を最小化する評価手法の開発を実施する。

#### (D) ユニバーサルスマートパワーモジュール(USPM)<sup>\*</sup>

再生可能エネルギー等の不規則な変動電源にも常に高効率の対応が可能で、最新パワー半導体スイッチング素子の優れた特性を極限まで発揮でき、低コストで高い機能性、汎用性に富むユニバーサルスマートパワーモジュール(USPM)の開発のため、①ワイドバンドギャップ(WBG)系半導体向け高速デジタルコントローラの開発、②高パワー密度、高温動作可能で①のデジタルコントローラに対応可能なパワーモジュールの開発、③WBG 系半導体スイッチング素子として、炭化ケイ素(SiC)並みの低損失をシリコン(Si)程度のコストで実現する MOSFET (電界効果トランジスタの一種)の開発を実施する。

<sup>\*</sup>再生可能エネルギー等の不規則な変動電源にも常に高効率の対応が可能な低コストで高い機能性に富むパワーモジュールのこと

### 3. 実施体制

柏木 孝夫プログラムディレクター(以下「PD」という。)は、研究開発計画の策定や推進を担う。PD が議長、内閣府が事務局を務め、関係府省庁や専門家で構成する推進委員会が総合調整を行う。国立研究開

発法人科学技術振興機構(以下、「JST」という。)交付金を活用した公募により選定した実施機関により研究開発を推進するとともに、JST のマネジメントにより、各課題の進捗を管理する。エネルギーマネジメントについては、イノベーション戦略コーディネーターを中心とした研究会、それ以外の各課題については、サブ・プログラムディレクターを中心とした分科会を、JST 内に設置し、研究開発を効果的に推進する。

#### 4. 知財管理

知財委員会を JST に置き、発明者や産業化を進める者のインセンティブを確保し、かつ、国民の利益の増大を図るべく、適切な知財管理を行う。

#### 5. 評価

ガバニングボードによる毎年度末の評価の前に、PD 等による自己点検を実施し、自律的にも改善可能な体制とする。

#### 6. 出口戦略

##### (A) エネルギーマネジメント

2018 年度に研究会を立ち上げ、エネルギーマネジメントを効果的に行うためのボトルネック課題を特定するとともに、下記(B)、(C)、(D)のエネルギー利用最適化にも資するエネルギーシステムのグランドデザインを取りまとめて公表する。

##### (B) ワイヤレス電力伝送(WPT)システム

SIP 事業期間内に、EV 用の走行給電技術、ドローンへの kW クラスの屋外給電技術、人体などの存在する環境でも安全に高い時間率でワイヤレス送電できる技術など世界を凌駕する技術を確立して、世界初の社会的な実証を実施し、実用化につなげる。SIP 終了後には参画した企業を中心に事業化するとともに、研究開発成果に基づき、産学官が参画するコンソーシアムや自治体等と連携しつつ、技術規格の策定や国際標準化に向けた取組を実施する。

##### (C) 革新的炭素資源高度利用技術

SIP 事業期間内に社会実装に向けた取組として、本プロジェクト内で開発された材料を用いて、民間事業者のパイロット設備での実証を行う等、研究開発段階から社会実装を最短で実現する研究開発体制を構築するとともに、化学工業、製鉄業等の幅広い産業セクター・市場への実装を視野に入れた研究開発を実施し、事業終了後の実用化につなげる。

##### (D) ユニバーサルスマートパワーモジュール(USPM)

産学官の連携で、社会実装の出口を見据えて、民間事業者と大学が連携してコンソーシアム型の研究開発体制を構築し、事業終了後には、民間事業者が中心となって再生可能エネルギー、産業機械やEV、家電製品等の分野での迅速な実用化につなげる。

## 1. 意義・目標等

### (1) 背景・国内外の状況

2015 年末に開催された国連気候変動枠組条約第 21 回締約国会議 (COP21) では、地球温暖化問題の主要因である人為的な温室効果ガス排出の大幅な削減を目指し、2020 年以降の新たな国際枠組みである「パリ協定」が採択された。同協定では、世界共通の長期目標として、世界全体の平均気温の上昇を工業化以前よりも摂氏 2℃ 高い水準を十分に下回るものに抑えること(「2℃目標」)、加えて同気温上昇を摂氏 1.5℃ 高い水準までのものに制限する努力を追求すること、世界全体の温室効果ガスの排出量が出来る限り速やかにピークに達すること、今世紀後半に温室効果ガスの人為的な発生源による排出量と吸収源による除去量との間の均衡達成への取組が言及されている。

国連気候変動枠組条約事務局が 2015 年 10 月に発表した、約束草案の効果の総計に関する統合報告書によれば、COP21 に先立って各国が提出した約束草案に基づいて、世界全体の温室効果ガスの排出削減目標を集計すると、2030 年の世界全体の排出総量は約 570 億トンと見込まれている。一方で、「2℃目標」と整合的なシナリオに戻すには、2050 年までに排出量を 240 億トン程度の水準にする必要があり、約 300 億トン超の追加的削減が必要となることが示されている。

このことは、現状の削減努力の延長上だけでなく、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ことを示している。

#### (A) エネルギーマネジメント

社会・産業の構造変革の大きな潮流として、平成 28 年 1 月に閣議決定された「第 5 期科学技術基本計画」でも示された通り、近い将来、モノのインターネット (IoT)、人工知能 (AI)、ビッグデータ解析技術、情報通信技術 (ICT) 等の急速な発展とその社会実装が進展する。個別の製品や技術、更には複数の異なるシステム同士が容易に連携協調できるようになり、そこで作り出される様々なバリューチェーンを通じて、社会に対して新たな付加価値が提供され、人々に豊かさをもたらす「Society 5.0」(超スマート社会) の実現に繋がるものと期待されている。

エネルギー・環境分野においても、有望な排出削減技術を開発・導入していくことが重要であり、更には、それら個別技術の社会実装と合わせて、エネルギー関連の装置や設備をネットワーク化し、また、個別の機器・設備等をそれぞれ制御するだけでなく、エネルギーシステムとして統括的に捉え、システム全体として最適化を図る取組が求められる。異なる地域、事業やシステム間でも電気・水素・熱等の形態を問わずエネルギーの融通等を行う技術が開発・導入され、需要に的確に対応して必要な時に必要なだけエネルギーが供給されることにより、エネルギーの徹底的な有効利用が実現し、世界全体のエネルギー消費量・二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) 排出量が最小化されることが期待できる。

#### (B) ワイヤレス電力伝送 (WPT) システム

電力消費ニーズが多様化する Society 5.0 において、WPT システムは、コスト削減、電力の効率的な利用等に資する重要な技術である。また、現在、端末などのセンサー技術の小型化・低廉化により、IoT の急速な普及が始まっているが、IoT で用いられるセンサーを効率よく稼働させる上で、WPT システムは今後不可欠な技術となることが見込まれるとともに、本技術の実用化が進めば、配線にとらわれない自

由な機器の配置が可能となるため、今後のものづくりの方法や概念を変えていく可能性も有する。

近距離(数 cm)の WPT システムは実用化されているが、遠くに給電できない、大きな電力が送れない、効率が低く、エネルギーロスが大きい等の課題があり、電気自動車(EV)への給電、ドローンへの給電、センサー・情報機器等への給電など Society 5.0 に資する遠距離・大電力・高効率(省エネ)でのワイヤレス電力伝送は実現していない。

現状、WPT システムの要素技術については我が国の水準は世界最先端レベルであるが、諸外国でも WPT システムの研究開発や製品化に向けた取組が進められており、我が国としても取組を進めなければ、諸外国に先を越されてしまうおそれがある。特に、安全性確保など社会実装に必要な課題を早期に解決することにより世界市場的な視点での我が国の優位性を確保することが可能となるため、基盤要素技術からシステム技術、実用化技術まで一貫した研究開発の取組を実施することに意義がある。

#### (C) 革新的炭素資源高度利用技術

産業分野における抜本的な CO<sub>2</sub> 排出削減対策としては、生産活動から排出される CO<sub>2</sub> を炭素資源として利活用する技術、製造プロセスにおいて排出される CO<sub>2</sub> を革新的に低減化する技術等が挙げられる。将来的には、CO<sub>2</sub> を炭素資源として使用することが理想であるが、再生可能エネルギー由来の水素が高価であるというボトルネックが存在する。

そのため、当面は、化石資源の中でも CO<sub>2</sub> 原単位が低く、シェールガス革命により資源量が比較的豊富で安価なメタンを原料として利活用することが、CO<sub>2</sub> 排出量の多いナフサ原料を代替する観点からも現実的である。当該プロセスは、CO<sub>2</sub> を炭素資源として使用するプロセスとの親和性が高く、将来的に安価な再生可能エネルギー由来の水素が使用可能となった時点でスムーズな原料転換が行えるように環境整備を進めることが可能となる。

#### (D) ユニバーサルスマートパワーモジュール(USPM)

現行のパワーモジュールは個別の材料の革新を通して前進してきたが、増加し続けるアプリケーションや機種毎に応じた最適設計が必要であり、設計コストが国際競争力を低下させる原因となっている。そこで、アプリケーションや機種毎のパワーモジュール及び駆動制御設計を最小限に、かつ再生可能エネルギーなどの不規則な変動電源にも常に高効率の対応が可能で、最新パワー半導体スイッチング素子の優れた特性を極限まで発揮でき、低コストで高い機能性、汎用性に富むユニバーサルスマートパワーモジュールの開発を行うことが必要である。

現状、パワーモジュールの要素技術については我が国の水準は世界最先端レベルであるが、諸外国でも汎用性があるパワーモジュール、最適駆動制御の研究開発や製品化に向けた取組が進められており、我が国としても取組を進めなければ、諸外国に先を越されてしまうおそれがある。



## (2) 意義・政策的な重要性

将来を見据えた脱炭素型エネルギーシステムを鳥瞰すると、将来必須であり、我が国が主導的地位を担うべき基盤技術として①エネルギー貯蔵②エネルギーマネジメント③コ・プロダクションが挙げられる。

まず、エネルギー貯蔵に対しては、最近世界中で蓄電池による EV への期待が高まり、主要各国は競って 2030-2040 年に向けての戦略を強力に打ち出している。我が国は、次世代蓄電池の開発にきわめて積極的に取り組んでおり、例として EV などに用いられるが、EV はバッテリーの充電に時間がかかることが大きな課題になっている。高効率ワイヤレス電力伝送システムの開発により、走行中に継ぎ足し充電することが可能になり、大容量バッテリーを搭載する必要もなくなることから、ユーザーの利便性とエネルギー効率の両方が高まり、EV の普及促進に資する。また、エネルギーマネジメントは蓄電池、パワーエレクトロニクス、環境センサーなどの基盤技術を駆使しながら IoT、AI などのシステム化により次世代型超スマートエネルギーネットワークの構築を実現し、国際標準化まで視野に入れて研究開発・実装体勢を素早く組織化することが急務である。エネルギーマネジメントについては、これまで電力マネジメントが主流であったが、今後は我が国に強みがある熱・化学反応（水電解等によるグリーン水素製造を含む）・ヒートポンプ・ワイヤレス電力伝送などに重点を置いたエネルギーマネジメントが主流となりうる。コ・プロダクションについては、従来独立していた技術を連結し、エネルギーと物質生産システムの一体化・最適化を図ることにより、大幅な省エネ・CO<sub>2</sub>削減への寄与が期待できるものであるが、例えば発電所近隣に大きなスマートアグリや化学工場などを併設し、脱炭素化を構築することも一案である。更に、より広い見地から、メタンや CO<sub>2</sub>を炭素資源とし、オレフィンの高効率低コスト製造システムを確立することにより、革新的炭素資源高度利用技術・システムの開発・商用化が実現できれば世界への波及効果は極めて大きい。

本 SIP ではこれらの基盤技術・システムをさらにシステム化することにより相乗効果を最大化することが極めて重要であると考えており、まさに脱炭素社会実現のための”System of Systems”を着実に実践する体制を構築することを目指す。

### (A) エネルギーマネジメント

エネルギーマネジメント技術に関しては、これまで国を中心として、ホームエネルギー管理システム (HEMS)、ビルエネルギー管理システム (BEMS)、スマートコミュニティ(環境配慮型都市)事業、仮想発電所 (VPP) 事業等、点から面までの各事業(実証事業が中心)が行われてきているところ、今後は電力マネジメントのみならず、熱・化学反応(水電解等によるグリーン水素製造を含む)、ヒートポンプなどのエネルギー転換技術もより重要になってくると想定される。当課題に関しては、2018 年度に研究会を立ち上げ、エネルギーマネジメントを効果的に行うためのボトルネック課題を特定するとともに、下記(B)、(C)、(D)のエネルギー利用最適化にも資するエネルギーシステムのグランドデザインを取りまとめて公表する。

### (B) ワイヤレス電力伝送(WPT)システム

世界一省エネで環境に優しく、世界一安全安心な Society 5.0 を実現していくために、WPT システムが有効かつ求められる現場(EV、屋外(ドローン(インフラ維持・管理))、屋内(センサー・情報機器等))において、世界を凌駕する目標を設定し、産学官が連携のうえで、WPT システム技術の研究開発・実証を行い、実用化を進め、世界市場獲得につなげていくことが必要である。

本研究テーマでは、各現場での給電に適した方式の技術の研究開発を行い、遠距離・高効率・大電力

で安全な WPT システムを確立する。WPT システムは、送電電力の高周波変換回路、ワイヤレス伝送部、受電電力の給電用変換回路からなり、それぞれの周波数域・方式で各部分の技術開発が必要である。

そして、開発した WPT システム技術を、同技術が求めている現場 (EV、屋外 (ドローン (インフラ維持・管理))、屋内 (センサー・情報機器等)) への適用を見据えて実証を行い、その結果を WPT システム技術の研究開発にフィードバックすることで、WPT システム技術の確立につなげる。



【図1 ワイヤレス電力伝送 (WPT) システム】

WPT システム技術が求められている現場は、大きく以下3つに分類される。

①電気自動車

- ・バッテリーが大型化するにつれて、充電時間の長さが原因となりEVの普及が妨げられている。
  - ・充電器を高圧化すれば充電時間を短くできるが、高圧充電器は大型で操作が困難。
- ⇒無線で充電できるようにすることで、利便性が高まり、EVの普及に貢献。さらに、給電ピーク時の系統負荷軽減に寄与。また、EVへの走行中給電を実現することにより、電池の軽量化もしくは電池そのものの削減、更に車体重量の軽減が可能になり、CO<sub>2</sub>削減など環境負荷低減に大いに貢献できる。

②屋外 (ドローン (インフラ維持・管理))

- ・建設業は今後10年間で高齢等のため、技能労働者約340万人のうち、約1/3の離職が予想され、人口減少も相まって、労働力不足の懸念が大きい。

・工場や橋梁の点検は、人力に頼る部分も多く、そもそも、容易に近づけない場所等での点検が難しいという問題がある。

⇒飛び続けるドローンにより、橋梁や工場、電力系統等の長時間連続の点検・監視に活用。社会インフラメンテナンス技術の根本的革新、メンテナンスに係る労力の大幅削減等に貢献。なお、屋外での、遠距離・高効率・大電力で安全な WPT システム技術は、ドローンのみならず、将来の宇宙太陽光発電等の基盤技術にも応用可能。

### ③屋内(センサー・情報機器等)

・Society 5.0 の実現に向けて、多様なニーズに応えるため、より自由度が高いセンサー・情報機器等の開発が必要。

・ケーブルの制約を受けずにどこにでも設置できるため、センサー・情報機器等の自由度が向上し、利便性・生産性の向上に貢献。

・また、人や他の無線システムが存在する環境においても、高度な人体及び無線システム検知技術と高度なビーム制御技術により安心して安全に電力伝送を行うことが可能になるとともに、実効的に、高い時間効率での電力伝送を行うことが可能となり、センサーや情報機器などに対する更なる利便性の向上やそれらを活用することによる更なる生産性向上に貢献。

## (C) 革新的炭素資源高度利用技術

産業分野における CO<sub>2</sub> を削減するためには、当面は安価かつ CO<sub>2</sub> 排出原単位の低いメタンを炭素資源として利活用することが現実的であるが、これらを実現する上で以下のような技術課題が存在することから、産学官が連携してこうした課題の解決に取組、実用化を進め、CO<sub>2</sub> の削減、産業競争力の強化、世界市場の獲得等につなげていくことが必要。

### ①メタン酸化的低温改質プロセス技術

現在のメタン改質反応には高い反応温度が必要で、反応設備に高温に耐える材料を使う必要があること等から、設備費が高止まりとなっており、普及の妨げとなっている。日本が得意とする、改質反応を低温化する触媒技術等を活用し、独自性の高い革新触媒プロセスを日本が世界に先駆けて実用化することにより、技術の世界的な普及が可能になる。

### ②安価な酸素製造技術

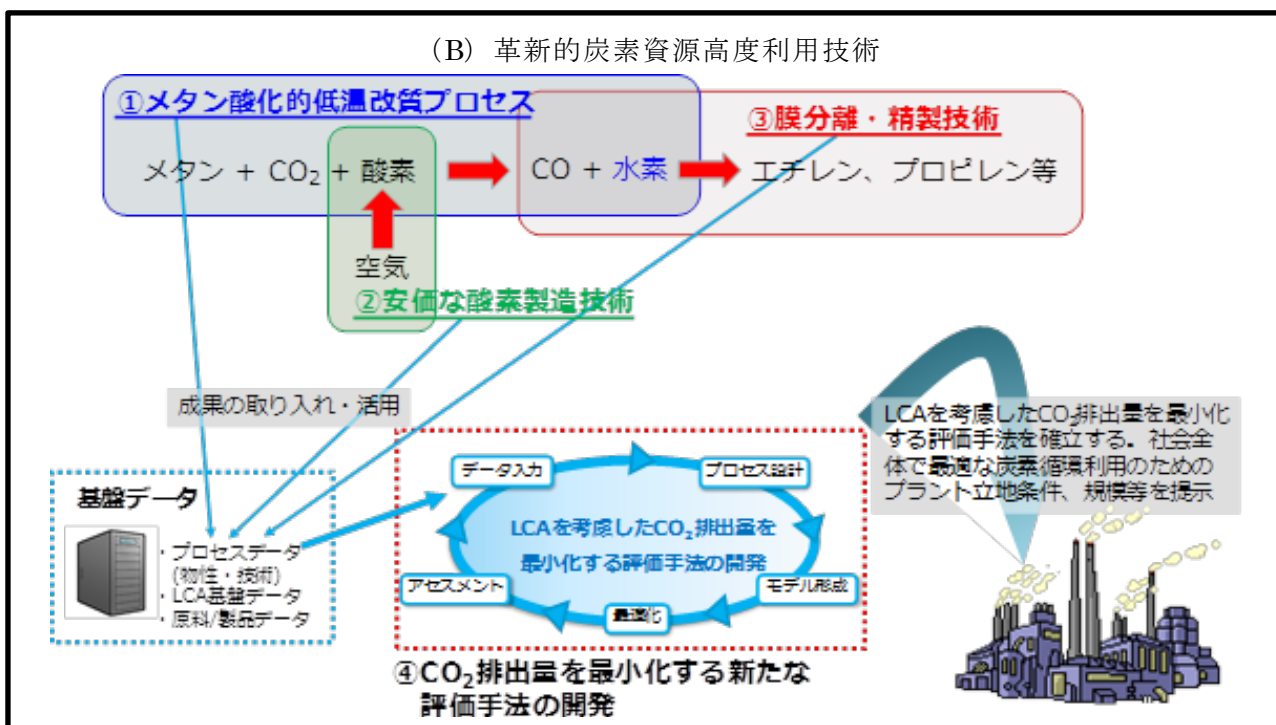
化学工業、製鉄業、火力発電等各種産業セクターにおいて、燃焼・反应用の空気を酸素に代替することによってプロセスを高効率化するニーズが存在する。空気からの酸素の大規模製造技術には、深冷分離及び圧力変動吸着(PSA)法が存在するが、両者とも運転に係るエネルギー・コストが高く、大規模な普及の妨げとなっている。他方、空気から酸素を高速で吸収・脱離する材料が日本で見いだされている。本技術を活用して、革新的オンサイト型酸素製造技術を世界に先駆けて実用化することにより、各種産業セクターでの大幅な CO<sub>2</sub> 削減・競争力強化が期待される。

### ③膜分離・精製技術

メタンを原料として生産されるオレフィン混合生成物の分離・精製には、現在は蒸留法が用いられているが、蒸留するための加熱・冷却に多大なエネルギーを必要としており、CO<sub>2</sub> 排出の要因となっている。膜技術を活用して、蒸留法を代替する技術は、世界的にも日本がリードしており、本課題により膜を用いた技術を実用化することにより、CO<sub>2</sub> 量削減・産業競争力強化への貢献が期待される。

#### ④ライフサイクルアセスメント(LCA)を考慮した CO<sub>2</sub> 排出量を最小化する評価手法

現行の技術で評価可能な CO<sub>2</sub> 排出量のみならず、プロセス、原材料、生産量、製品、立地等の各種条件から CO<sub>2</sub> 排出量を最小化した最適プロセスを提案する手法の開発が望まれている。そこで、世界に先駆けて日本が CO<sub>2</sub> 排出量を最小化する評価手法を開発し、国際的なコンセンサスを得ることを目指す。



【図2 革新的炭素資源高度利用技術】

#### (D) ユニバーサルスマートパワーモジュール(USPM)

これまで、パワーエレクトロニクスは材料、デバイス、回路、制御、実装、シミュレーションなど個別の技術の革新を通して一歩一歩前進してきた。特に WBG デバイスの創出はパワーエレクトロニクスの性能を革新的に向上させる結果をもたらせた。

パワーエレクトロニクス応用製品の開発では、製品毎に最適なパワーモジュールを選定すること、もしくは新規開発し適用することを繰り返しており、今後考えられる多種多様なパワーエレクトロニクス装置の拡大に対応したパワーモジュールを個別に開発することは必然的に少量多品種生産となり、その設計コスト(人件費が主)が国際的競争力を低下させる原因となっている。

そこで、今後は、以下の性能を持つ USPM の開発を行う必要がある。

##### ①ワイドバンドギャップ(WBG)系半導体向け高速デジタルコントローラの開発

(パワーモジュール部分のみの最適設計・開発に頼ることなく瞬時デジタル駆動制御技術により WBG デバイスの動作状態や不安定な入力電源状態などを常に監視し、瞬時にフィードバックコントロールすることで WBG デバイスの持つ優れた性能を極限まで活用)

##### ②高パワー密度、高温動作可能で①のデジタルコントローラに対応可能なパワーモジュールの開発

(パワーエレクトロニクス応用装置自体の高効率化、高機能化、汎用化、設計コストの大幅削減)

③WBG 系半導体スイッチング素子として、炭化ケイ素(SiC)並みの低損失をシリコン(Si)程度のコストで実現する MOSFET(電界効果トランジスタの一種)の開発

USPM のような技術は、諸外国でも研究開発が進められているが、未確立である。世界に先駆けた革新的な USPM を開発、有効性の実証・技術確立により、世界市場の獲得が期待できる。さらに、モジュール結合時に課題となる、温度バランス変化等の不安定要因に対するモジュール間特性のばらつき補償をリアルタイムのオートチューニング(自動制御)等による制御で解決することで、サーバインフラ、産業機械、自動車等の電力効率及び長期信頼性を更に高め、我が国産業基盤の強化に寄与する。USPM 技術が求められている現場は、大きく以下4つに分類される。

① 電気自動車

標準化された安価な USPM により、開発リードタイムの短縮、システム全体の低価格化が可能。

② 再生可能エネルギーの電力変換装置

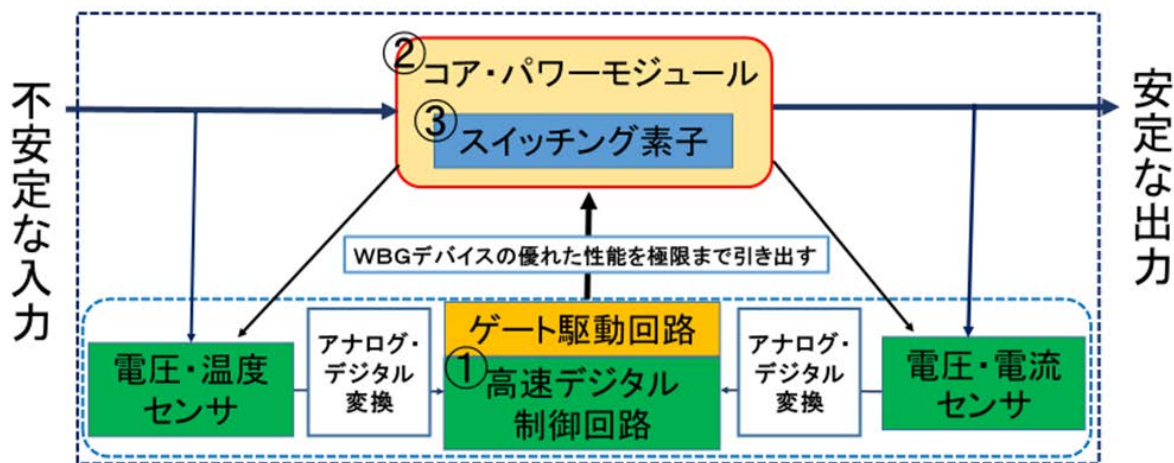
電源の不安定さや異なる電力容量に対し、USPM により対応可能(個別条件ごとの設計対応を軽減)。

③ 次世代サーバ用電源

小型化及び低損失化に伴う効率向上、冷却システムの簡略化及び個別条件ごとの設計対応を軽減。

④ 次世代産業用インバータ

産業用ロボットや環境用ロボット等の増加による電力不足や、工場での集中的な稼働から危険な作業場所での稼働といった分散化した電源の不安定さへの対応が可能で、他の電源へのノイズ等の影響の軽減が可能。



- ① WBG系半導体向け高速デジタルコントローラの開発
- ② 高パワー密度、高温動作コアモジュールの開発
- ③ SiC並みの低損失をSi程度のコストで実現するWBG系パワーMOSFETの開発

【図3 ユニバーサルスマートパワーモジュール(USPM)】

### (3) 目標・狙い

下記研究開発項目について、技術課題を克服することにより、温室効果ガスの抜本的排出削減に寄与する基盤技術を確立し、エネルギー（電力、熱、化学物質等）利用の最適化を図る。

#### ① Society 5.0 実現に向けて

##### (A) エネルギーマネジメント

これまで主流であった電力マネジメントに加えて、熱・化学反応、ヒートポンプ、ワイヤレス電力伝送などを考慮し、下記(B)、(C)、(D)のエネルギー利用最適化にも資するエネルギーシステムのグランドデザインの検討を行い Society 5.0 の実現に貢献する。

##### (B) ワイヤレス電力伝送(WPT)システム

電力消費ニーズが多様化する Society 5.0 におけるエネルギーネットワーク構築に不可欠な遠距離・高効率・大電力で安全なワイヤレス電力伝送を用いたエネルギーマネジメントを世界で初めて可能にし、様々なものが IoT 機器となり、電力消費ニーズが多様化する Society 5.0 において不可欠な技術システムを確立。

##### (C) 革新的炭素資源高度利用技術

炭素資源としてメタンや CO<sub>2</sub> を高度利用し、CO<sub>2</sub> 排出量を革新的に低減化する本技術は、メタンの水蒸気改質より安価かつ低 CO<sub>2</sub> 排出での水素製造技術へ展開できる。併せて、ライフサイクルアセスメント(LCA)を考慮した CO<sub>2</sub> 削減量を最小化する評価手法を確立することにより、ユーザーサイドにおける CO<sub>2</sub> 排出量を最小化したプラント等の適切な導入促進を図り、熱・物質・エネルギー利用の最適化が可能となる。これらにより、水素社会の実現やエネルギーバリューチェーンの最適化により Society 5.0 に貢献する。

#### (D) ユニバーサルスマートパワーモジュール(USPM)

脱炭素社会におけるエネルギーネットワークの構築に不可欠な再生可能エネルギー等の不規則な入力電力に対しても常に高効率に変換できる USPM は、電力消費ニーズが多様化する Society 5.0 において、不可欠な技術システムの確立。

### ② 社会面の目標

#### (A) エネルギーマネジメント

エネルギー(電力、熱、化学物質等)利用の最適化の観点から、社会実装に向けて効果的なエネルギーシステムの姿を打ち出すことにより、我が国におけるエネルギーマネジメントシステムの構築に貢献する。

#### (B) ワイヤレス電力伝送(WPT)システム

2030 年に、約 1.6 兆円の市場効果(2030 年に普及している EV の 20%がワイヤレス充電を実施、全国の道路・ダム・河川管理にドローン導入、センサー・情報機器等の一部に導入)及び約 1.6 兆円のコスト削減効果(EV の機械式駐車場収容台数の一部をワイヤレス充電に代替)を目指すとともに約 2400 万トンの CO<sub>2</sub> 削減効果(EV 普及等による削減、全国の長大橋梁の 10%がドローン等を活用した整備や点検に置き換わった場合、センサー・情報機器等の電池交換に係る作業のエネルギー削減)が見込まれる。

#### (C) 革新的炭素資源高度利用技術

メタン改質技術の効率向上、生成物の分離・精製効率の向上や、2030 年において海外市場の新規オレフィン製造プラント需要のうち日本企業が 20%を獲得すると仮定することなどにより、世界で約 1.0 兆円の市場獲得を目指す。また、従来のメタンからオレフィンを製造するプラントやナフサクラッカーからオレフィンを製造するプラントを置き換えることにより、年間約 1,600 万トン以上の CO<sub>2</sub> 削減効果を目指す。

#### (D) ユニバーサルスマートパワーモジュール(USPM)

再生可能エネルギー分野や産業機械、EV、家電製品等のインバータなどに USPM を搭載することで、2030 年において世界で 1.3 兆円程度の市場効果及び年間 1700 万トン以上の CO<sub>2</sub> 削減効果(EV に搭載される WBG 系半導体を用いた IPM による改善効率 10%等)が見込まれる。

※CO<sub>2</sub> 削減効果については、個々の条件があるため単純に合算出来ない。なお、地球温暖化対策計画(2016 年 5 月 13 日閣議決定)の 2030 年度削減目標(2013 年度比 26%減)の内、エネルギー起源 CO<sub>2</sub> 排出削減量の目安は、3 億 800 万トン CO<sub>2</sub>/年。

### ③ 産業的目標

#### (A) エネルギーマネジメント

エネルギー(電力、熱、化学物質等)利用の最適化の観点から、社会実装に向けて効率的なエネルギーシステムの姿を打ち出し、各産業の本分野に係る研究開発や社会実装の推進に貢献する。

#### (B) ワイヤレス電力伝送(WPT)システム

WPT システムをドローンやセンサー、自動車等に実装することで、建設、ものづくり、物流等の現場の生産性の抜本的向上に貢献する。

#### (C) 革新的炭素資源高度利用技術

本技術開発で得られる安価な酸素製造技術を酸素を利用する幅広い産業に展開することで、当該産業の省エネルギー化・産業競争力強化に貢献する。

#### (D) ユニバーサルスマートパワーモジュール(USPM)

高パワー密度、高温駆動可能なパワーモジュールと高速デジタル駆動制御技術及び低コストで高い性能の MOSFET を統合化することで、低コストで汎用性のあるパワーエレクトロニクス応用装置の創出に寄与する。また、モジュール多並列時に課題となる、温度バランス変化等の不安定要因に対するモジュール間特性のばらつき補償をリアルタイムでオートチューニング(自動制御)等による制御で解決することで、サービインフラ、産業機械、自動車等の電力効率と長期信頼性を更に高め、我が国産業基盤の強化に貢献する。

### ④ 技術的目標

本事業終了時の技術的目標は以下のとおりとする。

#### (B) ワイヤレス電力伝送(WPT)システム

- ・研究開発成果に基づき、産学官が参画するコンソーシアムや自治体等と連携しつつ、技術規格の策定や国際標準化に向けた取組を実施する。
- ・EV 走行中給電では時速 60km・給電効率 90%、屋外給電では伝送距離 10m・受電効率 70%、屋内給電では人体及び他の無線システムのある環境において安全に最大 20W 送電可能な時間率 50%以上を目標とする。
- ・EV 走行中給電においては、将来的に一般道路に導入するとした場合に、設置の場所(どこに設置すべきか)、割合(道路全体の何割に設置すべきか)、状態(埋没の深さ等)について、ワイヤレスインフラ全体の効率性、経済性を最大化する方法について、早期に検討を行い定量的な絵姿を示す。

#### (C) 革新的炭素資源高度利用技術

- ・酸素製造時のエネルギー消費量を現行法(深冷分離法、圧力変動吸着(PSA 法))比 40%削減する酸素製造技術の開発を実施する。
- ・CO<sub>2</sub>排出量を現行法(メタン水蒸気改質法)比 20%削減するメタン酸化的低温改質プロセスの開発を実施する。
- ・エネルギー消費量を現行法(蒸留法)比 40%削減する混合生成物の膜分離・精製技術の開発を実施する。
- ・LCA を考慮した CO<sub>2</sub> 排出量を最小化する評価手法の開発を実施する。



(D) ユニバーサルスマートパワーモジュール(USPM)

- ・低コストで高い機能性に富む高耐圧な USPM に必要な要素技術の確立・統合設計技術の確立(EV、再生可能エネルギーの電力変換装置、次世代サーバー用電源、次世代産業用インバータに適用可能な耐圧 600V 以上、耐熱 200°C)を行う。
- ・SiC 並みに低損失で Si 程度の低コストな MOSFET の製品化(産業機械や EV、家電製品等を想定して、耐圧 600V 以上、電流容量 10A、特性オン抵抗  $4\text{m}\Omega\text{cm}^2$  の縦型 MOSFET)を行う。

**⑤ 制度面等での目標**

(A) エネルギーマネジメント

エネルギーマネジメントを効果的に行うための制度面におけるボトルネック課題を特定。

(B) ワイヤレス電力伝送(WPT)システム

研究開発成果に基づき、産学官が参画するコンソーシアムや自治体等と連携しつつ、技術規格の策定や国際標準化に向けた取組を実施。

(C) 革新的炭素資源高度利用技術

- ・LCA を考慮した CO<sub>2</sub> 排出量を最小化する評価手法の国際標準化提案の策定。
- ・膜モジュールの性能等に関する国際標準化戦略の策定。

(D) ユニバーサルスマートパワーモジュール(USPM)

研究開発成果に基づき、産学官で連携し、技術規格の策定や国際標準化に向けた取組を実施。

**⑥ グローバルベンチマーク**

(A) エネルギーマネジメント

電源構成は今までの集中型電源に加え、変動型再生可能エネルギーを中心とした分散型も増加しつつあり、エネルギーのデジタル化も急速に進展している。(国際エネルギー機関(IEA)の「Digitalization & Energy」によると、2040 年までに 10 億世帯と 110 億のスマート家電品が相互接続された電力システムに乗り入れ、電力消費行動を変えられるようになり、デマンドレスポンスによりエネルギーをマネジメントすると、185 ギガワットの調整力を提供し、電力インフラ投資 2700 億米ドルの節約につながると見られている。)

一方、我が国では、これまで、電力を中心としたエネルギーマネジメントシステムの要素技術開発に取り組んできているものの、熱や化学物資等も含めたエネルギーネットワークシステムは未だ構築されていない。

こうした状況を踏まえ、エネルギー(電力、熱、化学物質等)利用の最適化の観点から、社会実装に向けて効果的なエネルギーシステムの姿を打ち出すことを目指す。

(B) ワイヤレス電力伝送(WPT)システム

EV 用の走行中給電に関しては米欧中などでプロジェクトが立ち上がっており、電力伝送を行うための

基礎レベルの研究開発を実施しているところ。実用化に向けての課題である電力伝送の高効率化、干渉低減化、小型化や低コスト化、インフラとしての実現性などについても着手する必要がある。ドローンへの屋外給電に関しては、カナダで基礎的な実験は行われた。今後は、産業応用に必要な送電電力の形成、小型化・軽量化などの研究開発が望まれる。更に、実用化に必要な送受電マネジメントや電力及びビーム制御などのシステム開発についても着手が必要である。センサーや情報機器用の屋内給電に関しては、米国などでデモレベルでの実証試験は行われており、今後、人体や他の無線システムの存在する環境において安全かつ安心して高い時間効率で利用できるシステムの実現に向けた研究開発が望まれる。以上のような状況において、上述の④、⑤の目標の達成により、我が国の高い技術力を用いた新たなワイヤレス電力伝送製品の実用化を世界に先駆け実現し、国内市場のみならず世界市場の獲得を目指す。

#### (C) 革新的炭素資源高度利用技術

オレフィン類を中心とする化学品原料は、現在、ナフサを始めとする化石資源由来の炭化水素から製造され、焼却時に多量の CO<sub>2</sub> を排出している。化石資源の中でも水素比率の高いメタンへ原料転換することにより、CO<sub>2</sub> 排出量の削減とコスト低減を同時に実現することが可能となる。他方、シェール革命により、メタンの価格は原油価格と比較した場合に相対的に安価になる傾向にあり、中国では従来のメタン改質技術をベースとしたオレフィン製造プラントも稼働を開始している。メタンの低温酸化的改質技術、酸化的改質技術に必要な酸素の製造技術、生成物の膜分離技術をはじめとする要素技術を開発・統合し、メタン・CO<sub>2</sub> から高効率・安価にオレフィンを製造するプロセスを日本が世界に先駆けて 2026 年を目途に実用化し幅広い産業へ展開することにより、日本主導で本技術の世界的な普及を目指す。

#### (D) ユニバーサルスマートパワーモジュール(USPM)

USPM の研究開発は諸外国でも活発に進められており、技術確立に向け、研究開発が加速する見込み。我が国における要素技術の優位性を活かし、世界に先駆けた USPM の有効性の実証・技術確立による技術規格の策定や国際標準化の先導を目指す。

### ⑦ 自治体等との連携

#### (B) ワイヤレス電力伝送(WPT)システム

WPTシステムが有効かつ求められる現場(EV、屋外(ドローン(インフラ維持・管理))、屋内(センサー・情報機器等))における実証の際は、企業のみならず必要に応じて自治体等と連携する。

## 2. 研究開発の内容

温室効果ガスの抜本的排出削減に寄与する基盤技術を確立するとともに、早期に適用可能な分野を特定し、社会実装を図る。具体的には、当該分野で関係省庁事業との重複を避け、以下の課題に取り組む。

### (A) エネルギーマネジメント

2018 年度に研究会を立ち上げ、エネルギーマネジメントを効果的に行うためのボトルネック課題を特定するとともに、下記(B)、(C)、(D)のエネルギー利用最適化にも資するエネルギーシステムのグランドデザインの検討を取りまとめて公表する。

研究開発期間 2018 年度～2020 年度

研究会メンバー：民間企業、大学、国立研究開発法人、

関連府省庁：内閣府、文部科学省、経済産業省、環境省等

### (B) ワイヤレス電力伝送(WPT)システム

遠距離・高効率・大電力で安全なワイヤレス電力伝送を用いたエネルギーマネジメントの実現に向けて、高電圧・低抵抗で使用でき、大きな省エネ効果が期待されるとともに我が国が強みを持つ次世代半導体をもとにした高周波デバイスの開発、WPTシステムの送信側・受信側の高効率化、高度伝送制御技術の開発等を既存の研究開発成果も活用しながら実施する。

国際的なベンチマークを見据えて世界を凌駕する目標を定め、WPT システムの送信側・受信側の高効率化と遠距離・大電力伝送が可能な技術を確立する。

さらに開発した WPT システム技術を、産業界のニーズに基づき以下の現場で実証する。

1. EV への給電
2. 屋外での給電（ドローン(インフラ維持・管理)）
3. 屋内での給電(センサーや情報機器等)

研究開発期間 2018 年度～2022 年度

研究実施機関：民間企業、大学、国立研究開発法人

関連府省庁：内閣官房、内閣府、総務省、文部科学省、経済産業省

#### (1) 研究開発の必要性

短距離(数 cm)で WPT システムは実用化されているが、自動車への給電、ドローンへの給電、センサー・情報機器等への給電など Society 5.0 に資する遠距離・大電力・高効率での電力伝送は実現していない。WPT システムは、送電電力の高周波変換回路、ワイヤレス伝送部、受電電力の給電用変換回路からなり、それぞれの方式で各部分の技術開発が必要である。

#### (2) 研究開発の具体的内容

##### ①WPTシステム基盤技術開発

高周波・高耐圧で動作可能な縦型及び横型のパワー半導体実現のための材料生成基盤技術を確

立し、この技術を基に高速スイッチ用パワー半導体及び高周波電力伝送用半導体を開発する。更に、前記特性が活かせる高速インバータ回路システム及び高周波電力伝送システムの機能モデル(POC)を作製することにより、ワイヤレス電力伝送における次世代パワー半導体の有用性を実証する。

#### ②電気自動車への給電

- ・市街地エリアを想定した場合に特に重要となる、異物検知等の技術向上と各 OEM(Original Equipment Manufacturer)・充電器メーカー間の互換性向上に加え、電磁誘導よりも柔軟性を有する磁界共振の伝送効率向上等を図る。
- ・高速での走行中を想定した場合に特に重要となる伝送効率向上に加え、異物検知等の技術向上等を図る。
- ・EV 走行中給電において、将来的に一般道路に導入するとした場合に、設置の場所(どこに設置すべきか)、割合(道路全体の何割に設置すべきか)、状態(埋没の深さ等)について、ワイヤレスインフラ全体の効率性、経済性を最大化する方法について、早期に検討を行い定量的な絵姿を示す。

#### ③屋外での給電

- ・遠隔地まで到達可能なドローンシステムの構築に必要となる、送受電部の高効率化と受電部の小型・軽量化及び高耐電力化等を図る。
- ・マイクロ波による給電(遠距離、大電力)に必要となる、精密ビーム方向制御技術や機器干渉等回避技術等の向上を図る。

#### ④屋内での給電

- ・屋内において、センサーや情報機器等に対し、ワイヤレスで電力を安全かつ高効率に伝送するため、マイクロ波を空間に伝搬させる WPT システムの研究開発を行う。
- ・人体検出及び人体回避技術、他システム検出及び干渉回避制御技術、マルチパスによる高効率化技術、複数端末への同時伝送技術等の高度化のための研究開発を行い、安全性及び電力伝送の時間効率の向上を目指す。

※①の成果については順次②～④に引き渡し

### (C) 革新的炭素資源高度利用技術

本テーマでは、CO<sub>2</sub> 排出原単位の低いメタン等の炭素資源を高度利用するために以下の開発を行う。

- ・従来のメタン改質より CO<sub>2</sub> 排出量を削減するメタン酸化的低温改質プロセス技術の開発
- ・従来の酸素製造法より消費エネルギーを削減する安価な酸素製造技術(空気分離装置)の開発
- ・蒸留法と比較して運転に要するエネルギーを削減する混合生成物の膜分離・精製技術の開発
- ・LCA を考慮した CO<sub>2</sub> 排出量を最小化する評価手法の開発

研究開発期間 2018 年度～2022 年度

研究実施機関:民間企業、大学、国立研究開発法人

関連府省庁:内閣府、文部科学省、経済産業省、環境省

#### 具体的な研究開発内容

##### ①メタン酸化的低温改質プロセスの開発

大学等が民間事業者等と協力し、触媒の開発、触媒のその場構造解析、反応温度 600°C以下を目標とする反応熱制御型メタン改質プロセスの開発を行う。民間事業者において、当該触媒のスケールアップ製造、高圧設備での触媒性能の基礎データ取得を行う。3年目以降、民間事業者のパイロット設備でのスケールアップ用データ取得、プロセスシミュレーションによる経済性把握を行う。

#### ②安価な酸素製造技術の開発

大学等が民間事業者と協力し、高速酸素吸脱着材料の性能向上の検討、安価合成法の探索、希少材料を安価な材料に置換しつつ性能を落とさない新規材料の設計・探索を行う。民間事業者において、材料のスケールアップ製造、酸素製造モジュール設計・製造、経済性確認、パイロット運転、商業化設備の設計を行う。3年目以降、設定した目標性能を満たした材料を用いて、民間事業者のパイロット設備で実証を行う。

#### ③膜分離・精製技術の開発

大学等が民間事業者と協力し無機分離膜の性能・耐久性を保証する手法(例えば、構造評価、診断、膜修復技術等)を確立し、2年目までに無機分離膜が実用化に耐えうる性能・耐久性を有することを確認する。3年目以降、民間事業者において、工業用膜モジュールによる分離・精製プロセスを開発するとともに、大学等が開発した透過分離性能向上のための技術を用いて、民間事業者において実用高圧条件下(~2MPa)で連続使用可能な膜モジュールによるMTO(Methanol to Olefine)プロセスで得られたC2、C3、C4のアルケン及びアルカン混合生成物を省エネルギーで分離・精製するプロセスを開発する。

#### ④ライフサイクルアセスメント(LCA)を考慮したCO<sub>2</sub>排出量を最小化する評価手法の開発

国立研究開発法人等において、CO<sub>2</sub>排出量の最小化を可能とする手法(プロセスモデルとLCAを統合したシミュレーション手法)を開発し、更に上記課題①~③でのデータを取込むことでCO<sub>2</sub>排出量を最小化するシステムを構築する。環境省等が公表している既存のLCAガイドライン等を踏まえつつ、LCAを考慮したCO<sub>2</sub>排出量を最小化する評価手法の確立・ツール化するとともに、新たに開発される化学プロセスを考慮した社会全体で最適な炭素循環の絵姿を提示する。

#### (D) ユニバーサルスマートパワーモジュール(USPM)

再生可能エネルギーを含めた多様な入力電源に対応可能な、USPM(汎用性のある高機能パワーモジュール)の開発により、パワーシステムの総コスト低減を目指す。また、材料技術の進展を活用した高速でのスイッチングが可能なUSPMを開発する。

<USPMの具体的な機能>

- ① ユニバーサル性:コアパワーモジュールと高速デジタル駆動制御を駆使し、WBGデバイスの優れた特性を極限まで活かし、数々の異なるパワーエレクトロニクスアプリケーション、機種に対応。
- ② スマート性:デジタル制御により負荷状況やユニット間特性差に応じて最適に制御可能。
- ③ 低コスト:コアパワーモジュールを標準化し個別設計を最小限とする。

<開発の技術的ポイント>

##### (1)WBG系半導体向け高速デジタルコントローラの開発

(パワーモジュール部分のみの最適設計・開発に頼ることなく瞬時デジタル駆動制御技術により

WBG デバイスの動作状態や不安定な入力電源状態などを常に監視し、瞬時にフィードバックコントロールすることで WBG デバイスの持つ優れた性能を極限まで活用)

- ①センシング情報の遅延時間を低減する技術開発
- ②電源回路の高速スイッチングに向けたデジタル制御演算の高速化
- ③リアルタイムオートチューニング(自動制御)機能の組み込み

(2)高パワー密度、高温動作可能で①のデジタルコントローラに対応可能なパワーモジュールの開発  
(パワーエレクトロニクス応用装置自体の高効率化、高機能化、汎用性化、設計コストの大幅削減)

- ①耐圧 600V 以上
- ②200°C以上の高温動作可能
- ③高パワー密度

(3)WBG 系半導体スイッチング素子として、SiC 並みの低損失を Si 程度のコストで実現する MOSFET の開発

研究開発期間 2018 年度～2022 年度

研究実施機関: 民間企業、大学、国立研究開発法人

関連府省庁: 内閣府、文部科学省、経済産業省

### 3. 実施体制

柏木 孝夫プログラムディレクター(以下、「PD」という。)は、研究開発計画の策定や推進を担う。

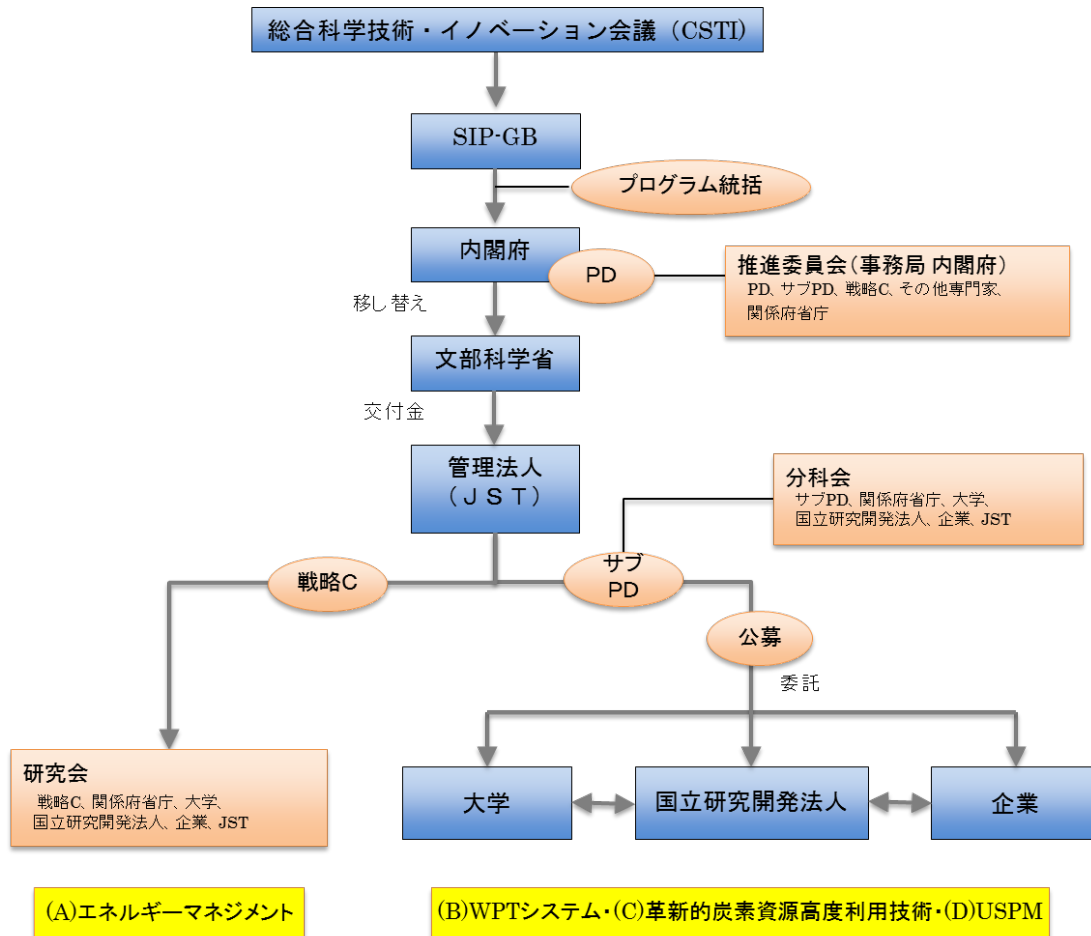
PDが議長、内閣府が事務局を務め、関係府省庁や専門家で構成する推進委員会が当該課題の研究開発の実施等に必要な調整等を行う。

PD は、戦略策定及び研究開発の推進について PD を補佐する者として、サブ・プログラムディレクター(以下、「サブ PD」という。)を選定する。また、PD は、実用化・事業化に向けた戦略を作成するために、産業動向や政策等に精通するイノベーション戦略コーディネーター(以下、「戦略 C」という。)を選定する。

#### (1) 国立研究開発法人科学技術振興機構の活用

本件は、国立研究開発法人科学技術振興機構(以下、「JST」という。)への交付金を活用し、図4のような体制で実施する。

JST は、本研究開発計画及び PD や推進委員会の決定に沿い、研究責任者の公募、契約の締結、資金の管理、研究責任者が実施する研究開発の進捗管理、PD 等への自己点検の結果の報告、関連する調査・分析などを行う。



【図4 実施体制】

#### (2) 研究責任者の選定

JST は、研究開発計画に基づき、研究責任者を公募により選定する。ただし、合理的な理由がある場合、

その旨を研究開発計画に明記し、公募等によらないことも可能とする。

審査基準や審査員等の審査の進め方は、JST が PD 及び内閣府と相談し、決定する。

研究責任者、研究責任者の共同研究予定者、研究責任者からの委託（JST からみると再委託）予定者等（以下、「研究責任者等」という。）の利害関係者は、当該研究責任者の審査に参加しない。利害関係者の定義は、JST が定めている規程等に準じ、必要に応じ PD 及び内閣府に相談することとする。

選定の結果は、PD 及び内閣府の了承をもって確定とする。

公募等により研究責任者が決まった後、本研究開発計画に研究責任者名等を加筆する。

### (3) 研究体制を最適化する工夫

エネルギーマネジメントについては、戦略 C を中心に、関係府省庁、大学、国立研究開発法人、企業等により構成される研究会を JST 内に設置し、必要に応じて、調査・分析等を実施し、エネルギーマネジメントを効果的に行うためのボトルネック課題を特定するとともに、グランドデザインの検討を行う。

また、それ以外の各課題については、担当のサブ PD を中心に、関係府省庁等、大学、国立研究開発法人、企業等により構成される分科会を、JST 内にそれぞれ設置し、研究開発を効果的に推進する。

なお、研究開発の成果を社会実装していくためには、個別の要素技術の開発のみならず、研究課題の進捗状況や社会情勢の変化に応じ、柔軟に研究体制を変化、対応させていくことが必要であるため、サブ PD 及び戦略 C は、ガバニングボード等の外部意見を考慮しつつ、PD 等と相談の上、適宜研究課題の変更、追加、削除等を検討していくこととする。

その他、各課題で研究体制を最適化する工夫は、以下のとおりである。

#### (B) ワイヤレス電力伝送(WPT)システム

関係府省庁等連携で推進し、実用化につなげる。あわせて国際標準化を含む規格化に向けた取組も実施する。遠距離・高効率・大電力の WPT システム技術の開発については、学が中心となり研究開発を行い、実証については産が中心となり実施する。学から産への橋渡しを一気通貫で迅速に行うことができるように密に連携する。

#### (C) 革新的炭素資源高度利用技術

①メタン酸化的低温改質プロセスの開発、②安価な酸素製造技術の開発及び③膜分離・精製技術の開発については、大学等においてさらなる性能向上を目指した研究開発を行い、得られた成果を民間事業者へ橋渡しする一方、民間事業者において、研究開発時点で最高の性能を持つ材料・技術を用いて実証試験を行い、得られたデータを大学等へフィードバックする。また、④LCA を考慮した CO<sub>2</sub> 排出量を最小化する評価手法の開発については、国立研究開発法人において、プロセスモデルと LCA を統合したシミュレーションにより CO<sub>2</sub> 排出量を最小化する評価手法を確立することにより、ユーザーサイドにおいて、CO<sub>2</sub> 排出量を最小化したプラント等の適切な導入促進を図る。

#### (D) ユニバーサルスマートパワーモジュール(USPM)

産学官の連携で、社会実装の出口を見据えて、民間事業者と大学等が連携してコンソーシアム型の



研究開発体制を構築し、事業終了後には、民間事業者が中心となって産業機械やEV、家電製品等の分野での迅速な実用化につなげる。

#### **(4) 府省庁連携**

各事業毎に、関係府省庁と連携する(研究開発の内容を参照のこと)。

#### **(5) 産業界からの貢献**

今後の産業界からの貢献については、現在、検討中であり、研究開発計画を策定するまでに記載する予定。

## 4. 知財に関する事項

### (1) 知財委員会

- 知財委員会を JST に置く。
- 知財委員会は、それを設置した機関が担った研究開発成果に関する論文発表及び特許等(以下、「知財権」という。)の出願・維持等の方針決定等のほか、必要に応じ知財権の実施許諾に関する調整等を行う。
- 知財委員会は、原則として PD または PD の代理人、主要な関係者、専門家等から構成する。
- 知財委員会の詳細な運営方法等は、JST において定める。

### (2) 知財権に関する取り決め

- JST は、秘密保持、バックグラウンド知財権(研究責任者やその所属機関等が、プログラム参加前から保有していた知財権及びプログラム参加後に SIP の事業費によらず取得した知財権)、フォアグラウンド知財権(プログラムの中で SIP の事業費により発生した知財権)の扱い等について、予め委託先との契約等により定めておく。

### (3) バックグラウンド知財権の実施許諾

- 他のプログラム参加者へのバックグラウンド知財権の実施許諾は、知財権者が定める条件あるいはプログラム参加者間の合意に従い、知財権者が許諾可能とする。
- 当該条件などの知財権者の対応が、SIP の推進(研究開発のみならず、成果の実用化・事業化を含む)に支障を及ぼすおそれがある場合、知財委員会において調整し、合理的な解決策を得る。

### (4) フォアグラウンド知財権の取扱い

- フォアグラウンド知財権は、原則として産業技術力強化法第 19 条第 1 項を適用し、発明者である研究責任者の所属機関(委託先)に帰属させる。
- 再委託先等が発明し、再委託先等に知財権を帰属させる時は、知財委員会による承諾を必要とする。その際、知財委員会は条件を付すことができる。
- 知財権者に事業化の意志が乏しい場合、知財委員会は、積極的に事業化を目指す者による知財権の保有、積極的に事業化を目指す者への実施権の設定を推奨する。
- 参加期間中に脱退する者に対しては、当該参加期間中に SIP の事業費により得た成果(複数年度参加の場合は、参加当初からの全ての成果)の全部または一部に関して、脱退時に JST が無償譲渡させること及び実施権を設定できることとする。
- 知財権の出願・維持等にかかる費用は、原則として知財権者による負担とする。共同出願の場合は、持ち分比率、費用負担は、共同出願者による協議によって定める。

### (5) フォアグラウンド知財権の実施許諾

- 他のプログラム参加者へのフォアグラウンド知財権の実施許諾は、知財権者が定める条件あるいはプログラム参加者間の合意に従い、知財権者が許諾可能とする。
- 第三者へのフォアグラウンド知財権の実施許諾は、プログラム参加者よりも有利な条件にはしない範

困で知財権者が定める条件に従い、知財権者が許諾可能とする。

- 当該条件などの知財権者の対応が SIP の推進(研究開発のみならず、成果の実用化・事業化を含む)に支障を及ぼすおそれがある場合、知財委員会において調整し、合理的な解決策を得る。

#### **(6) フォアグラウンド知財権の移転、専用実施権の設定・移転の承諾について**

- 産業技術力強化法第 19 条第 1 項第 4 号に基づき、フォアグラウンド知財権の移転、専用実施権の設定・移転には、合併・分割による移転の場合や子会社・親会社への知財権の移転、専用実施権の設定・移転の場合等(以下、「合併等に伴う知財権の移転等の場合等」という。)を除き、JST の承認を必要とする。
- 合併等に伴う知財権の移転等の場合等には、知財権者は JST との契約に基づき、JST の承認を必要とする。
- 合併等に伴う知財権の移転等の後であっても JST は当該知財権にかかる再実施権付実施権を保有可能とする。当該条件を受け入れられない場合、移転を認めない。

#### **(7) 終了時の知財権取扱いについて**

- 研究開発終了時に、保有希望者がいない知財権等については、知財委員会において対応(放棄、あるいは、JST による承継)を協議する。

#### **(8) 国外機関等(外国籍の企業、大学、研究者等)の参加について**

- 当該国外機関等の参加が課題推進上必要な場合、参加を可能とする。
- 適切な執行管理の観点から、研究開発の受託等にかかる事務処理が可能な窓口または代理人が国内に存在することを原則とする。
- 国外機関等については、知財権は JST と国外機関等の共有とする。

## 5. 評価に関する事項

### (1) 評価主体

PD と JST が行う自己点検結果の報告を参考に、ガバニングボードが外部の専門家等を招いて行う。この際、ガバニングボードは分野または課題ごとに開催することもできる。

### (2) 実施時期

- 事前評価、毎年度末の評価、最終評価とする。
- 終了後、一定の時間(原則として3年)が経過した後、必要に応じて追跡評価を行う。
- 上記のほか、必要に応じて年度途中等に評価を行うことも可能とする。

### (3) 評価項目・評価基準

「国の研究開発評価に関する大綱的指針(平成28年12月21日、内閣総理大臣決定)」を踏まえ、必要性、効率性、有効性等を評価する観点から、評価項目・評価基準は以下のとおりとする。評価は、目標の達成・未達の判定のみに終わらず、その原因・要因等の分析や改善方策の提案等も行う。

- ①意義の重要性、SIPの制度の目的との整合性。
- ②目標(特にアウトカム目標)の妥当性、目標達成に向けた工程表の達成度合い。
- ③適切なマネジメントがなされているか。特に府省連携の効果がどのように発揮されているか。
- ④実用化・事業化への戦略性、達成度合い。
- ⑤最終評価の際には、見込まれる効果あるいは波及効果。終了後のフォローアップの方法等が適切かつ明確に設定されているか。

### (4) 評価結果の反映方法

- 事前評価は、次年度以降の計画に関して行い、次年度以降の計画等に反映させる。
- 年度末の評価は、当該年度までの実績と次年度以降の計画等に関して行い、次年度以降の計画等に反映させる。
- 最終評価は、最終年度までの実績に関して行い、終了後のフォローアップ等に反映させる。
- 追跡評価は、各課題の成果の実用化・事業化の進捗に関して行い、改善方策の提案等を行う。

### (5) 結果の公開

- 評価結果は原則として公開する。
- 評価を行うガバニングボードは、非公開の研究開発情報等も扱うため、非公開とする。

### (6) 自己点検

#### ①研究責任者による自己点検

PD が自己点検を行う研究責任者を選定する(原則として、各研究項目の主要な研究者・研究機関を選定)。

選定された研究責任者は、5.(3)の評価項目・評価基準を準用し、前回の評価後の実績及び今後の計画の双方について点検を行い、達成・未達の判定のみならず、その原因・要因等の分析や改善方策等を

取りまとめる。

## ②PD による自己点検

PD が研究責任者による自己点検の結果を見ながら、かつ、必要に応じて第三者や専門家の意見を参考にしつつ、5.(3)の評価項目・評価基準を準用し、PD 自身、JST 及び各研究責任者の実績及び今後の計画の双方に関して点検を行い、目標達成・未達の判定のみならず、その原因・要因等の分析や改善方策等を取りまとめる。その結果をもって各研究主体等の研究継続の是非等を決めるとともに、研究責任者等に対して必要な助言を与える。これにより、自律的にも改善可能な体制とする。

これらの結果を基に、PD は JST の支援を得て、ガバニングボードに向けた資料を作成する。

## ③管理法人による自己点検

JST による自己点検は、予算執行上の事務手続を適正に実施しているかどうか等について行う。

## 6. 出口戦略

本分野「脱炭素社会実現のためのエネルギーシステム」の社会実装化に向けて、下記のように個別課題ごとに実現のためのボトルネックを明確にし、具体的な出口戦略を明示することが重要である。さらに、我が国が世界に先駆けて脱炭素国家を実現するためには、地域の特性を生かした地方創生を出口プロジェクトとして取り込むことも一考に値する。エネルギーシステムは生活と産業の基盤であるため、他省庁事業や他分野の SIP 事業（例えば「防災・減災」「健康・医療」「物流」「自動走行」「セキュリティ」分野など）との強力な連携の中に本来の相乗効果が生まれ、Society 5.0 の実現を世界の中でいち早く達成できる。

### (1) 出口指向の研究推進

#### (A) エネルギーマネジメント

2018 年度に研究会を立ち上げ、エネルギーマネジメントを効果的に行うためのボトルネック課題を特定するとともに、下記(B)、(C)、(D)のエネルギー利用最適化にも資するエネルギーシステムのグランドデザインを取りまとめて公表する。

#### (B) ワイヤレス電力伝送(WPT)システム

SIP 事業期間内に世界を凌駕する技術を確立して、世界初の実証を実施し、実用化につなげる。SIP 終了後には参画した企業を中心に事業化する。

#### (C) 革新的炭素資源高度利用技術

##### ○幅広い分野・市場への実装を視野に入れた技術を確立

- ・SIP 事業期間内に国内外の商用プラントでの実装を目標として研究開発を推進し、事業終了後の実用化につなげる。
- ・化学品製造分野、製鉄分野等の幅広い分野への展開を図る。

##### ○SIP 事業期間内で研究開発段階から社会実装を最短で実現する体制を構築

- ・大学等において、次世代の革新的触媒・材料の開発・性能向上に係る研究開発を実施し、民間事業者への橋渡しにより得られた実証実験のデータを大学等へフィードバック。
- ・民間事業者において、現時点で最高性能を有する触媒・材料を用いてモジュール化・技術実証を行う。SIP 事業3年目以降、大学等が開発する次世代の革新的触媒・材料の提供を受け、随時適用する体制を構築。
- ・国立研究開発法人等において、LCAを考慮したCO<sub>2</sub>削減量を最小化する評価手法を確立することにより、ユーザーサイドにおいて、CO<sub>2</sub>排出量を最小化したプラント等の適切な導入促進を図る。

#### (D) ユニバーサルスマートパワーモジュール(USPM)

産学官の連携で、社会実装の出口を見据えて、民間事業者と大学等が連携してコンソーシアム型の研究開発体制を構築し、SIP 事業期間内に世界を凌駕する技術を確立して、実証を実施し、実用化につなげる。SIP 終了後には参画した企業を中心に事業化する。

### (2) 普及のための方策

(B) ワイヤレス電力伝送(WPT)システム

○研究開発成果に基づき、産学官が参画するコンソーシアムや自治体等と連携しつつ、技術規格の策定や国際標準化に向けた取組を実施。

(C) 革新的炭素資源高度利用技術

○本研究開発の成果を化学工業、製鉄業等の幅広い産業セクター・市場や世界へ展開するとともに、性能、評価手法等に関する標準化を推進することにより開発成果の普及を促進。

○今後の社会動向に合わせて、中長期的に産業界で求められる炭素資源利活用のあり方を展望し、必要に応じて研究課題の変更等を実施。

(D) ユニバーサルスマートパワーモジュール(USPM)

○我が国における要素技術の優位性を活かし、世界に先駆けた USPM の有効性の実証・技術確立による技術規格の策定や国際標準化を目指す。

## 7. その他の重要事項

### (1) 根拠法令等

本件は、内閣府設置法(平成 11 年法律第 89 号)第 4 条第 3 項第 7 号の 3、科学技術イノベーション創造推進費に関する基本方針(平成 26 年 5 月 23 日、総合科学技術・イノベーション会議)、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第 2 期(平成 29 年度補正予算措置分)の実施方針(平成 30 年 3 月 29 日、総合科学技術・イノベーション会議)、戦略的イノベーション創造プログラム運用指針(平成 26 年 5 月 23 日、総合科学技術・イノベーション会議ガバニングボード)に基づき実施する。

### (2) 弾力的な計画変更

本計画は、成果を最速かつ最大化させる観点から、臨機応変に見直すこととする。

### (3) PD の履歴



柏木 孝夫(かшивぎ たかお) (2018年4月～)