

エネルギー・環境イノベーション戦略
推進ワーキンググループ中間報告書

平成 29 年9月6日

内閣府総合科学技術・イノベーション会議

エネルギー・環境イノベーション戦略推進ワーキンググループ

目次

1. <u>エネルギー・環境イノベーション戦略推進ワーキンググループ立ち上げの経緯</u>	3
2. <u>イノベーション創出に向けての課題</u>	5
3. <u>今後の取組と具体的な動き</u>	6
4. <u>技術ロードマップの策定</u>	10
5. <u>終わりに</u>	17

1. エネルギー・環境イノベーション戦略推進ワーキンググループ 立ち上げの経緯

パリ協定の長期目標を実現していくには、現状の温室効果ガスの排出削減の努力の延長線上だけではなく、これまでの削減技術とは非連続的な技術も含めて、世界全体での温室効果ガスの抜本的な排出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。

政府は、2050年頃を見据え、世界全体で温室効果ガスの抜本的な排出削減に資する有望な革新技术分野を特定した上で、政府全体で当該研究開発を推進すべく、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の下に「エネルギー・環境イノベーション策定ワーキンググループ」を設置して、構成員が4回にわたって集中的な議論・検討を行い、「エネルギー・環境イノベーション戦略（NESTI 2050）」を2016年4月に策定した。

NESTI 2050では、①非連続性が高く、インパクトの大きい革新的な技術、②大規模に導入することが可能で、排出削減ポテンシャルが十分大きい技術、③実用化まで中長期を要し、開発リスクが高く産学官の総力を結集すべき技術、④我が国が先導し得る技術、我が国が優位性を発揮しうる技術という評価軸で、有望な革新技术分野として以下の11分野を特定した。

- エネルギーシステム統合技術
- システムを構成するコア技術（次世代パワーエレクトロニクス、革新的センサー、多目的超電導）
- 省エネルギー（革新的生産プロセス、超軽量・耐熱構造材料）
- 蓄エネルギー（次世代蓄電池、水素等製造・輸送・利用）
- 創エネルギー（次世代太陽光発電、次世代地熱発電）
- CO₂固定化・有効利用

さらに、特定した有望な革新技术の研究開発を推進すべく、①政府一体となった研究開発体制の構築、②新たなシーズ創出と戦略への位置づけ、③産業界の研究開発投資の誘発、④国際連携・国際共同開発の推進の4つの方向性を打ち出した。

以上を踏まえた上で、特定された技術分野の研究開発の推進のため、「具体的に何を行う必要があるか」ということについて議論する場として、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の下、「エネルギー・環境イノベーション戦略推進ワーキンググループ」を設置した。ワーキンググループでは、4つの方向性に従った今後の取組、中長期的に研究開発を推進するための技術ロードマップ

の策定などを行った。

また、省庁を跨いだ協力体制を構築すべく、文部科学省、経済産業省、環境省からそれぞれ内閣府総合科学技術・イノベーション会議事務局の関連部署にそれぞれ併任者を任命し、定期的にエネルギー・環境分野のイノベーション創出のための取組等について議論し、各省庁における協力を強化するための体制を構築した。

「エネルギー・環境イノベーション戦略」の概要

I. 戦略の位置付け

○ COP21で言及された「2℃目標」の実現には、世界の温室効果ガス排出量を2050年までに240億t[※]程度に抑えることが必要。現在、世界全体で500億t[※]程度排出されている温室効果ガスは、各国の約束草案の積上げをベースに試算すると、2030年に570億t[※]程度と見込まれており、約300億t[※]超の追加削減が必要。これには、世界全体で抜本的な排出削減のイノベーションを進めることが不可欠。

○ 「Society 5.0」（超スマート社会）の到来によって、エネルギー・システム全体が最適化されることを前提に、2050年を見据え、削減ポテンシャル・インパクトが大きい有望な革新技术を特定。技術課題を抽出し、中長期的に開発を推進。
 ⇒ 2℃目標達成に必要な約300億トン超のCO₂削減量のうち、本戦略で**数10億t[※]超の削減**を期待。
※IEAの試算を基として、適宜した技術分野において高・異種・異種が進展している技術の適用と合わせた数字

II. 有望分野の特定

①これまでの延長線の技術ではなく、非連続的でインパクトの大きい革新的な技術
 ②大規模に導入することが可能で、大きな排出削減ポテンシャルが期待できる技術
 ③実用化まで中長期を要し、且つ産学官の協力を結集すべき技術
 ④日本が先導し得る技術、日本が優位性を発揮し得る技術

エネルギーシステム 統合技術	○革新技术を個別に開発・導入するだけでなく、ICTによりエネルギーの生産・流通・消費を互いにネットワーク化し、 デマンドレスポンス（DR） を含めてシステム全体を最適化。 AI、ビッグデータ、IoT 等を活用。
システムを構成する コア技術	○ 次世代パワエレ ：電力損失の大幅削減と、新たなシステムの創造 ○ 革新的センサー ：高耐環境性、超低電力、高寿命でメンテナンスフリー ○ 多目的超電導 ：モーターや送電等への適用で、電力損失を大幅減

分野別革新技术

省エネルギー	1	革新的生産プロセス ➤ 分蘗機や乾燥機を使い、20～50%の省エネ	○高温高圧プロセスの無い、革新的な素材技術 ➤ 分蘗機や乾燥機を使い、20～50%の省エネ
	2	超軽量・耐熱構造材料	○材料の軽量化・耐熱化によるエネルギー効率向上 ➤ 自動車重量を半減、1800℃以上に安定適用
蓄エネルギー	3	次世代蓄電池	○リチウム電池の限界を超える革新的蓄電池 ➤ 電気自動車が、1回の充電で700km以上走行
	4	水素等製造・貯蔵・利用	○水素等の効率的なエネルギーキャリアを開発 ➤ CO ₂ を出さずに水素等製造、水素で発電
創エネルギー	5	次世代太陽光発電	○新材料・新構造の、全く新しい太陽光発電 ➤ 発電効率2倍、基幹電源並みの価格
	6	次世代地熱発電	○現在は利用困難な新しい地熱資源を利用 ➤ 地熱発電の導入可能性を数倍以上拡大
7 CO₂固定化・有効利用			○排ガス等からCO ₂ を分離回収し、化学品や炭化水素原料の原料へ転換・利用 ➤ 分離回収エネルギー半減、CO ₂ 削減量や効率の格段の向上

III. 研究開発体制の強化

- 1. 政府一体となった研究開発体制構築**
 - ・総合科学技術・イノベーション会議(CSTI)が全体を統括し、関係省庁の協力を得て、一体的に本戦略を推進する体制を強化
- 2. 新たなシーズの創出と戦略への位置づけ**
 - ・先進的な研究情報の共有等により政府一体となって新たな技術シーズを創出・発掘し、戦略に柔軟に位置づけ
 - ・ステージゲートを設け戦略的に推進
- 3. 産業界の研究開発投資を誘発**
 - ・政府の長期的コミットメントの明示、産業界と研究開発ビジョンを共有
 - ・産学官研究体制の構築と、研究成果を切り出して事業化促進
 - ・産学官が協力し国際標準化・認証体制を整備
- 4. 国際連携・国際共同開発の推進**
 - ・G7閣僚会合やICEF[※]等を活用し、国際連携を主導
 - ・国際共同研究開発を推進
 - ・途上国、新興国への導入を見据え、国際標準化等の共同作業を模索

イノベーションで世界をリードし、気候変動対策と経済成長を両立

※ICEF(Innovation for Cool Earth Forum)イノベーションによる気候変動問題への協力を促進して途上国が主催する世界の産業界の議論と協力を促進する国際的プラットフォーム

2. イノベーション創出に向けての課題

エネルギー・環境イノベーション戦略推進WGの議論では、我が国がイノベーション創出で世界をリードしていくに当たって、以下のような課題が指摘された。

(1) 政府一体となった研究開発体制の構築

AI、IoTなどの情報通信技術は近年急激に進歩している一方、過去の歴史を振り返ると、太陽光発電などエネルギー関連の革新的な技術の中には研究開発から実用化まで相当程度の期間を要する技術もあり、2050年をターゲットにおいた場合、今の時点から本格的な研究開発を進めていく必要がある。一方、リソースが限られるなか、現状の地球温暖化対策の研究開発は各省がバラバラに行っているものも多く、情報共有も不十分である。そのため、各省庁の取組を共有・連携する仕組みを構築するとともに、エネルギー・環境分野の研究開発予算を更に増やし、更には中長期的な研究開発に特化した予算の仕組みを構築し、継続的な支援措置を講じることが重要ではないか。

(2) 新たなシーズの創出

エネルギー技術は基幹技術であり、これまでもずっと様々なテーマで研究開発に取り組んできていることから、すぐに全く新しい革新技术は出てこないという認識を持った上で、オープンイノベーションの考えの下、企業や大学等から革新技术のタネを幅広く集め、成功するモノを選んでファンディングしていく（小さく生んで大きく育てる）というアプローチが必要ではないか。

AI、IoTなど地球温暖化対策技術と想定していなかったものが結果的に地球温暖化技術に資するケースもありうる。また、100%成功しなければならぬという考え方を改めるべきであり、PDCAをきちんと進めて行くことが重要である。

その上で、イノベーションの阻害要因となる規制があれば、その緩和を含め柔軟に検討すべきである。

(3) 産業界の研究開発投資の誘発

長期的な課題である地球温暖化問題への対応と比較的短期の利益を追求する民間企業の立場の両者を踏まえ、時間軸に応じた官民役割分担が重要である。まずは、イノベーションに関して政府の方向が二転三転するのではなく投資予見性をもつようなビジョンを提示し産業界と共有することが必要である。

その上で、企業のCSRとうまく結びつけ、長期を見据えた研究開発に産業界からの関与を促すためには、研究開発の最終ターゲットだけではなく、比較的短期で企業が活用可能な派生技術(サブテーマ)の設定も必要である。

さらに、技術のボトルネック課題は何か、産学官でお互いどのような役割分担ができるか等について既存組織の枠組みを超えて徹底的に議論する等、産学官が一体となって何らかの活動に取り組める場を構築することも重要である。

(4) 国際連携・国際共同開発の推進

世界市場をにらんで、日本国内だけでなく、世界で普及させるためにどうすべきかという視点で技術開発を検討することも必要である。

国際連携を産業の国際展開やシーズ発掘に広げることを検討することも必要である。日本の強みが他国のニーズに合致するようなものがある可能性もあるので、国際的に視野を広げる観点を持つべきではないか。

「エネルギー・環境イノベーション戦略」の概要

I. 戦略の位置付け

- COP21で言及された「2℃目標」の実現には、世界の温室効果ガス排出量を2050年までに240億t[※]程度に抑えることが必要。現在、世界全体で500億t[※]程度排出されている温室効果ガスは、各国の約束草案の積上げをベースに試算すると、2030年に570億t[※]程度と見込まれており、約300億t[※]超の追加削減が必要。これには、世界全体で抜本的な排出削減のイノベーションを進めることが不可欠。
- 「Society 5.0」(超スマート社会)の到来によって、エネルギー・システム全体が最適化されることを前提に、2050年を見据え、削減ポテンシャル・インパクトが大きい有望な革新技術を選定。技術課題を抽出し、中長期的に開発を推進。
⇒ 2℃目標達成に必要な約300億トン超のCO₂削減量のうち、本戦略で**数10億t[※]超の削減**を期待。
※注Aの算出を踏まえて、選定した技術分野において既に開発・実証が進んでいる技術の適用と合わせた数字

II. 有望分野の特定

①これまでの延長線の技術ではなく、非連続的でインパクトの大きい革新的な技術
②大規模に導入することが可能で、大きな排出削減ポテンシャルが期待できる技術
③実用化まで中長期を要し、且つ産学官の視力を結集すべき技術
④日本が先導し得る技術、日本が優位性を発揮し得る技術

エネルギーシステム統合技術	○革新技術を個別に開発・導入するだけでなく、ICTによりエネルギーの生産・流通・消費を互いにネットワーク化し、 デマンドレスポンス(DR) を含めてシステム全体を最適化。 AI、ビッグデータ、IoT 等を活用。
システムを構成するコア技術	○ 次世代パワエレ ：電力損失の大幅削減と、新たなシステムの創出 ○ 革新的センサー ：高耐環境性、超低電力、高寿命でメンテナンスフリー ○ 多目的超電導 ：モーターや送電等への適用で、電力損失を大幅減

分野別革新技術	省エネルギー	1 革新的生産プロセス	○高温高圧プロセスの無い、革新的な素材技術 ➢ 分選機や乾燥機を使い、20~50%の省エネ
		2 超軽量・耐熱構造材料	○材料の軽量化・耐熱化によるエネルギー効率向上 ➢ 自動車重量を半減、1800℃以上に安定適用
	蓄エネルギー	3 次世代蓄電池	○リチウム電池の限界を超える革新的蓄電池 ➢ 電気自動車が、1回の充電で700km以上走行
		4 水素等製造・貯蔵・利用	○水素等の効率的なエネルギーキャリアを開発 ➢ CO ₂ を出さずに水素等製造、水素で発電
	創エネルギー	5 次世代太陽光発電	○新材料・新構造の、全く新しい太陽光発電 ➢ 発電効率2倍、基幹電源並みの価格
		6 次世代地熱発電	○現在は利用困難な新しい地熱資源を利用 ➢ 地熱発電の導入可能性を数倍以上拡大
	7 CO ₂ 固定化・有効利用	○排ガス等からCO ₂ を分離回収し、化学品や炭化水素燃料の原料へ転換・利用 ➢ 分離回収エネルギー半減、CO ₂ 削減量や効率の格段の向上	

III. 研究開発体制の強化

- 1. 政府一体となった研究開発体制構築**
・総合科学技術・イノベーション会議(CSTI)が全体を統括し、関係省庁の協力を得て、一体的に本戦略を推進する体制を強化
- 2. 新たなシーズの創出と戦略への位置づけ**
・先進的な研究情報の共有等により政府一体となって新たな技術シーズを創出・発掘し、戦略に柔軟に位置づけ
・ステージゲートを設け戦略的に推進
- 3. 産業界の研究開発投資を誘発**
・政府の長期的コミットメントの明示、産業界と研究開発ビジョンを共有
・産学官研究体制の構築と、研究成果を切り出して事業化促進
・産学官が協力し国際標準化・認証体制を整備
- 4. 国際連携・国際共同開発の推進**
・G7閣僚会合やICEF[※]等を活用し、国際連携を主導
・国際共同研究開発を推進
・途上国、新興国への導入を見据え、国際標準化等の共同作業を模索

イノベーションで世界をリードし、気候変動対策と経済成長を両立

NESTI 2050

※ICEF(Innovation for Cool Earth Forum)イノベーションによる気候変動問題の解決を目指す、我が国が生産する世界の産業界の構想と協力を促進する国際的プラットフォーム

3. 今後の取組と具体的な動き

指摘された課題について、今後の方針として下記の取り組みを進める。

- (1) **政府一体となった研究開発体制の構築**については、これまで、NESTI 2050 の取組の推進策を検討するため、文部科学省・経済産業省・環境省からそれぞれ内閣府（エネルギー・環境担当）に併任者を任命し、各省庁における協力体制を構築してきた。また、NESTI 2050 を踏まえた研究開発を強化するため、各省庁において、例えば、文部科学省では 2050 年の社会実装を目指し温室効果ガスの抜本的な削減に貢献する革新的エネルギー技術の研究開発を新たに開始、経済産業省では次世代地熱発電や次世代太陽光発電、環境省ではセルロースナノファイバーや水素等の研究開発をそれぞれ強化、内閣府では戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）（次世代パワーエレクトロニクス、革新的構造材料、エネルギーキャリア）を着実に推進してきた。

今後、NESTI 2050 関連の研究開発を更に強化するため、また、選定された技術分野の道筋を示し、研究者や産業界等に予見可能性をもたせるため、有望分野に関するロードマップを政府一体で作成したものを提示するとともに、官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）や戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）等の利用の可能性等について継続的に検討していく。また、NESTI 2050 で特定した有望分野において、関係府省間において、ボトルネックの課題の共有や研究開発の予算要求・執行面での連携を更に推進する。

・具体的な動き

① 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）

戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）では、内閣府総合科学技術・イノベーション会議が司令塔機能を発揮して、府省の枠や旧来の分野を超え、科学技術イノベーション実現のために、産学官連携を図り、基礎研究から実用化・事業化、すなわち出口までを見据えて一貫通貫で研究開発を推進している。平成 28 年度は、NESTI 2050 の 11 の有望分野のうち、次世代パワーエレクトロニクス、革新的構造材料、エネルギーキャリアに関する事業を実施。

② 官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）

官民で民間投資誘発効果の高いターゲット領域を設定し、CSTI/産業界が選定した各省提案事業に推進費をアドオンすることで、各省主導の施策を民間投資誘発効果の高い分野に誘導する。

平成 30 年度は 3 領域を設定し、NEST I に関連する領域として、革新的サイバー空間基盤技術（AI/IoT/ビッグデータ）、革新的フィジカル空間基盤技術のセンサーが設定されている。平成 31 年度以降に設定が望ましいとされている 10 領域の内、革新的蓄エネルギー技術/革新的省エネルギー技術が関連している。

③ 有望分野に関するロードマップの策定（後掲）

④ ボトルネック課題抽出のための産学官研究（後掲）

(2) 新たなシーズの創出については、これまでも、世界全体で抜本的な排出削減のイノベーションを進めるため、新たな技術シーズを探索・創出すべく、課題解決型で提案公募型の研究開発事業を文部科学省、経済産業省それぞれで実施してきた。

2017 年度からは、特に 2050 年の温室効果ガス削減に大きな可能性を有し、既存技術の延長線上に無く、従来の発想によらない革新的な低炭素技術について、文部科学省と経済産業省が一体となって事業を推進している。

また、効率的な研究開発を推進していく観点から、現在バラバラに存在している NEST I 2050 に関連する研究開発に関連する成果・データ（少なくとも公的資金が投入された活動）、国内外で行われている主な事業、ボトルネックとなっている課題（技術的課題や規制等）の集約を検討する。

さらに、NEST I 2050 の取組の PDCA を継続的に行い、例えば現在有望分野と位置づけられていない分野であっても、削減ポテンシャルがあると認められるような場合には、NEST I 2050 に柔軟に位置づけていく。

・具体的な動き

① エネルギー・環境新技術先導プログラム(未踏チャレンジ 2050)

NEST I 2050 選定分野のうち、将来的な波及効果が期待できるテーマを選定し、研究開発を行う企業、大学、研究機関の産学連携を支援する革新的なシーズ探索事業。2050 年を見越した将来国家プロジェクトとなる可能性がある技術について、そこまでの段階を NEDO で支援するもの。受託者が大学等の場合には、40 歳未満の若手研究者に限定。平成 29 年度から公募を開始。

② 未来社会創造事業(ハイリスク・ハイインパクトな研究開発の推進（地球規模課題である低炭素社会の実現）)

NESTI 2050等を踏まえ、2050年の社会実装を目指し、抜本的な温室効果ガス削減に向けて、従来技術の延長戦上にはない革新的エネルギー技術の研究開発を強力に推進。研究開発の実施に当たっては、スモールスタート・ステージゲートによる最適な課題編成・集中投資を実施。受託者は大学・研究機関等の研究者で、平成29年度から公募を開始。

③上記事業の連携

経済産業省（NEDO事業）のエネルギー・環境新技術先導プログラムと文部科学省（JST事業）の未来社会創造事業（ハイリスク・ハイインパクトな研究開発の推進（地球規模課題である低炭素社会の実現））は、それぞれの立場から行っている2050年の温室効果ガス削減を見据えた革新的な低炭素技術の研究開発について、「未来エネルギー・環境コラボチャレンジ（COMMIT2050）」としてより一層の連携を深める方針で、両省における検討が進められている。例えば、経済産業省（NEDO事業）のエネルギー・環境新技術先導プログラムにおいて、研究の進捗に伴い学術的な課題が生じた場合や、逆に文部科学省（JST事業）の未来社会創造事業（ハイリスク・ハイインパクトな研究開発の推進（地球規模課題である低炭素社会の実現））において、社会実装に近づいた研究課題が浮かび上がってきた場合等、両事業間でお互いに橋渡しなどを行い、連携をとりながら効率的に研究開発から社会実装までの推進を行うこととしている。



なお、NESTI 2050を達成するためには、短中期のターゲットを設定する戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）、官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）と、中長期のターゲットを設定する「未来エネルギー・環境コラボチャレンジ（COMMIT2050）」等、関係省庁において実施している各種事業を一層連携して実施していく必要がある。

る。

- (3) **産業界の研究開発投資の誘発**については、これまでも人工光合成分野などにおいて、比較的長期の技術開発を対象とするものであっても、産学官連携の下研究開発プロジェクトを実施した事例もあるが、産学官のより一層の相互理解を促進するため、異なる組織（産業界、アカデミア、政府等）に属する研究者・技術者間で、今後産学官が一体となって取り組むべきボトルネック課題（技術的課題や規制等）の特定や最新の研究成果の共有等の場を設定し（学会間連携など）、新たなプロジェクトの立ち上げや産業界主体の取組（技術研究組合の組成等）を促す。

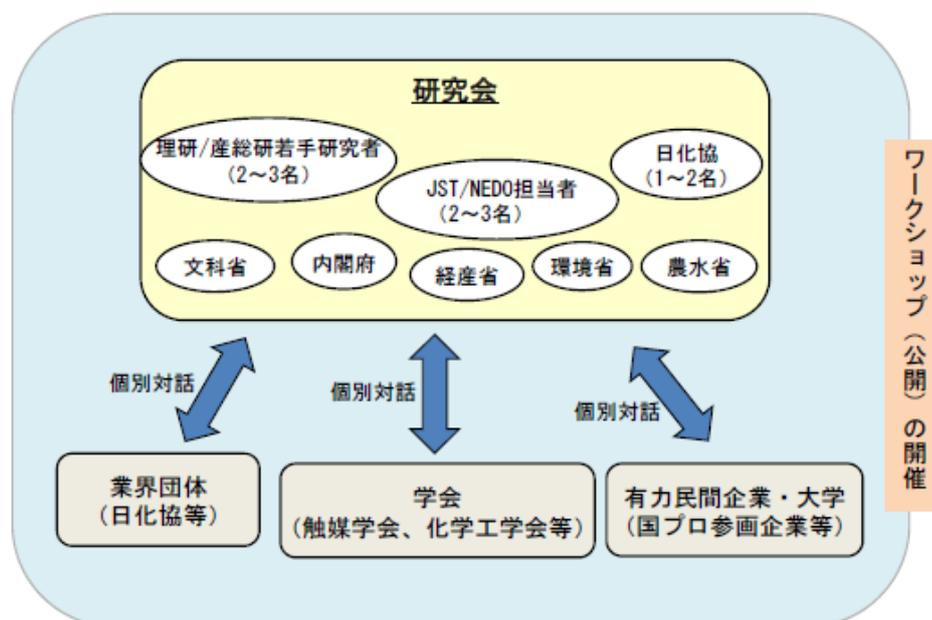
また、産業界による長期を向いた研究開発投資のリスクを軽減させるべく、NEST I 2050 ロードマップを踏まえつつ、今後内閣府で検討される戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）、官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）等の利用の可能性等も含め、各省庁が連携しつつ研究開発を進めていく。

・具体的な動き

① ボトルネック課題抽出のための産学官研究

NEST I 2050 で選定された分野について、産学官の研究者を中心とした技術的ボトルネック課題の抽出のため研究会を立ち上げる（本年度は二酸化炭素の有効利用等について試行的に実施）。より効果的、効率的にNEST I 2050 にもとづいた研究開発を推進するため、優先的に取り組むべき技術的ボトルネック課題を抽出し、産学官の研究者が積極的に取り組めるテーマを選定、将来的には産学官連携による新たな研究開発プロジェクトの創生を目標とする。

【関連機関連携のイメージ】



- (4) **国際連携・国際共同開発の推進**については、これまで、平成28年5月に開催されたG7科学技術大臣会合や環境大臣会合等において、NESTI 2050の取組を世界に発信してきた。また、毎年10月に東京で開催されるICEF (Innovation for Cool Earth Forum) では、長期の地球温暖化対策に資する革新技術をどのように進めていくべきかなどに関して、海外から産学官の有識者を呼んで議論が行われている。更に、クリーン・エネルギー分野の技術開発を推進していく有志国の国際枠組みであるミッション・イノベーションに我が国も参加を開始した。我が国としては、NESTI 2050に積極的に取り組んでいくことを表明してきた。さらに平成29年7月に開催されたG20に先立ち、研究機関からなるサブグループ(シンクタンク20)から政策提言されており、クライメート・ポリシー・アンド・ファイナンス分野の提言書にてNESTI 2050を紹介した。

NESTI 2050が目指す世界全体での温室効果ガスの抜本的な排出削減を実現するイノベーションを創出するためには、国際連携・国際共同研究開発の推進が重要である。例えば、主要国が技術分野ごとにどのような課題を抱えており、その解決に向けてどのような取組が行われているかについて、より一層の情報収集や、技術流出に配慮したうえでの我が国からの発信が必要であり、そのために、研究機関同士の提携や国際ワークショップの開催等による人材の交流を更に広げていく。また、G7、ICEF、ミッション・イノベーションなど、政府が関わる国際的な枠組みをうまく活用しながら、国際

連携・国際共同研究開発すべき分野を模索していく。

・具体的な動き

① ミッション・イノベーション

COP21では、各国が今後5年間で政府研究開発予算額を2倍にするなどクリーン・エネルギー分野の研究開発に関する官民投資拡大を促す有志国のイニシアチブであるミッション・イノベーションが立ち上げられ、我が国もNESTI2050に基づく研究開発の強化等を行っていくことで、本枠組みに参加している。

ミッション・イノベーションでは、COP22において、CCUS（二酸化炭素回収・貯留・有効利用技術）と太陽エネルギーの化学的貯蔵など、参加国が技術開発を推進すべきテーマを7つ設定して取り組む活動「イノベーション・チャレンジ」を行うことが発表され、我が国として可能な協力を実施している。

4. 技術ロードマップの策定

NESTI2050で特定された各分野に関して、技術ロードマップを策定し、今後の研究開発の進捗状況の目安とする。

(1) 2050年へ向けた技術ロードマップの概要

NESTI2050で特定された分野に関して、各省庁が様々なフェーズで研究開発を実施しているところ、連携して1つの技術ロードマップを策定することで、情報共有・連携を図り、より効率的な研究開発体制を構築していくために、本ロードマップを今後の研究開発の進捗状況の目安とする。

これらの技術開発が成功し、世界全体で適用していけば、選定した分野において既に開発・実証が進んでいる技術の適用と合わせ、2050年頃には、世界全体で数10億トンから100億トン規模の削減ポテンシャルが期待される。※1

※1 削減ポテンシャルについては、エネルギー・環境イノベーション戦略本文から抜粋。

(2) 技術ロードマップのフォローアップ

分野ごとに策定された技術ロードマップに従い、研究開発を加速し、目標年度よりも早期に実現に努める。

なお、技術ロードマップは2050年を見越した長期的な視点で作成されたものであり、技術開発の進捗などに応じて、PDCAサイクルをまわし

つつフォローアップを行い、適切なタイミングで見直しを行うものとする。

また、技術が普及した後のリスク管理についても、マネジメントを行うことが大切である。現在、革新的として選定された技術の中にも、例えば、下記のようなリスク要因を持ち合わせる技術もある。これについての対策として、下記のようなことが上げられる。

リスク：必要な資源の枯渇（リチウムなど）、安全性の担保、他の技術での代替による需要喪失

対策：不足する可能性がある資源を利用した技術は、それを補うためのリサイクル技術の開発等も並行して進める等。

こうした社会実装・普及後に予想されるリスクに対しても、早い段階から対策方法を検討し、状況に合わせ、適切に対応していく。

(3) 技術ロードマップのポイント

技術ロードマップは下記のポイントに従い各分野ごとに策定された。

- ① 各技術について、技術課題ごとに普及までの流れを整理。研究開発ステージごとに、具体的な開発内容を記載。
- ② 各研究開発ステージにおける主な評価ポイントを記載。（それぞれの評価ポイントに基づき、ステージゲート評価を必要に応じて実施）
- ③ 普及ステージまでに達成すべき最終目標を記載。

※なお、ロードマップの策定はNESTI特定の10の技術に関するのみ。エネルギーシステム統合技術のロードマップは、2020年～2030年の検討後に行う。

(4) 時間軸について

時間軸は現在から2050年頃まで。2050年頃に最終目標達成を定め、そこまでの各技術分野に沿って年度を記載するもの。（研究開発ステージの違いから記載されている年度は分野ごとに異なる）

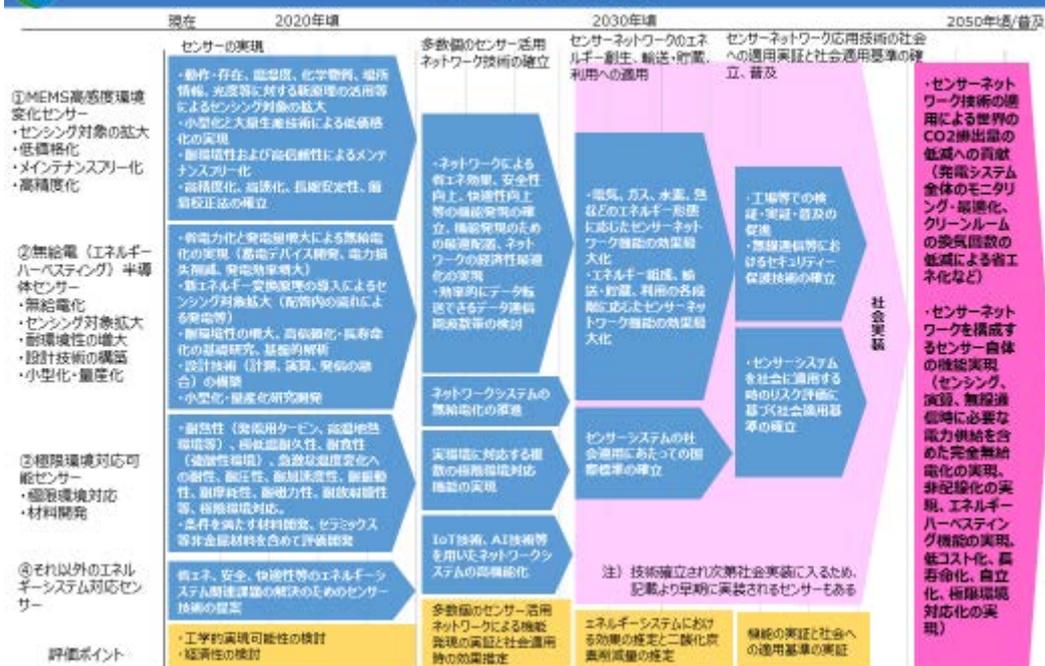
(5) 社会実装の記載について

社会普及や最終目標の達成までには、当該技術の社会への実装を経る必要がある。よって各分野で、社会実装の項目を設けている。社会実装の記載については、海外への展開、コストダウン、性能の向上・実証を含むものとする。

1. 次世代パワーエレクトロニクス



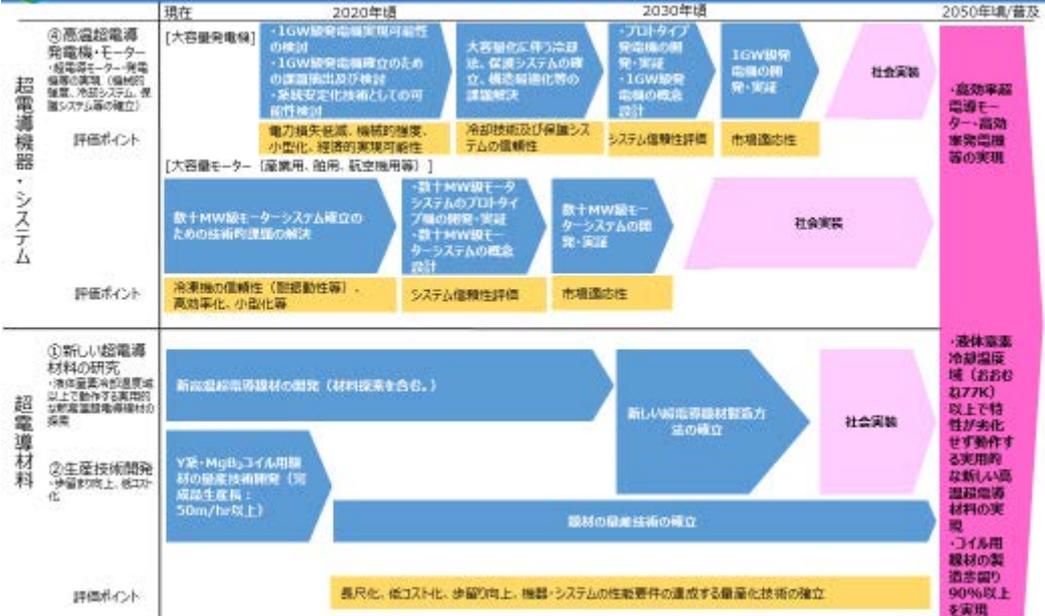
2. 革新的センサー



3. 超電導応用 (1/2)

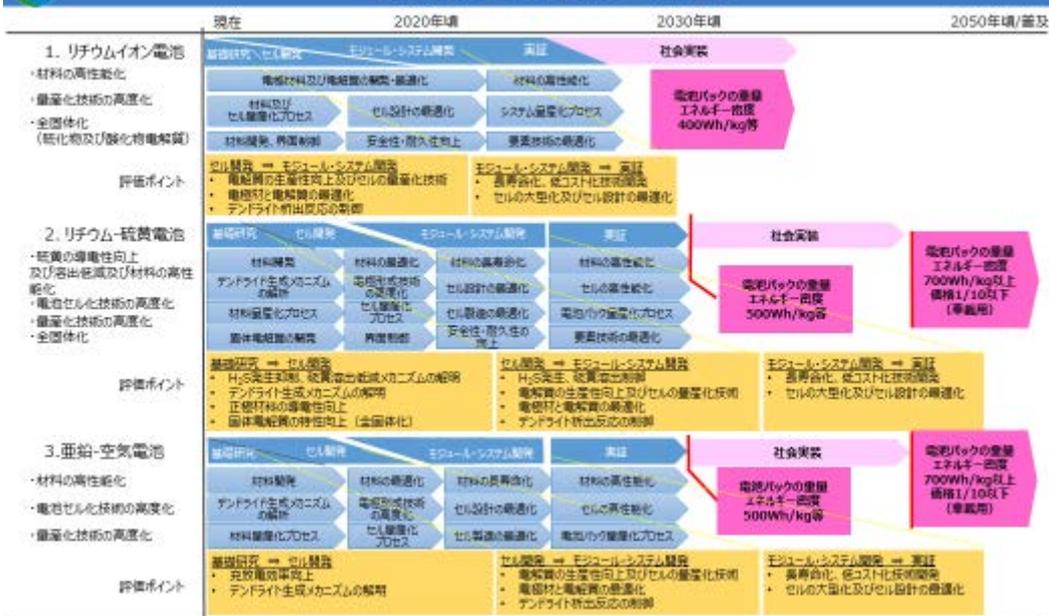


3. 超電導応用 (2/2)



注) 超高温MRIは、拠点型設備となるため普及台数の観点からMRIと比較しCO₂削減量が少ないため記載していない。

6. 次世代蓄電池 (1/2)



(注) 電池内の重量エネルギー密度を電極材料と電解質の合計重量に対する割合とした。2020年の標準値を達成する可能性が、期待された時点で達成する。

6. 次世代蓄電池 (2/2)



(注) 電池内の重量エネルギー密度を電極材料と電解質の合計重量に対する割合とした。2020年の標準値を達成する可能性が、期待された時点で達成する。

7. 水素等製造・貯蔵・利用

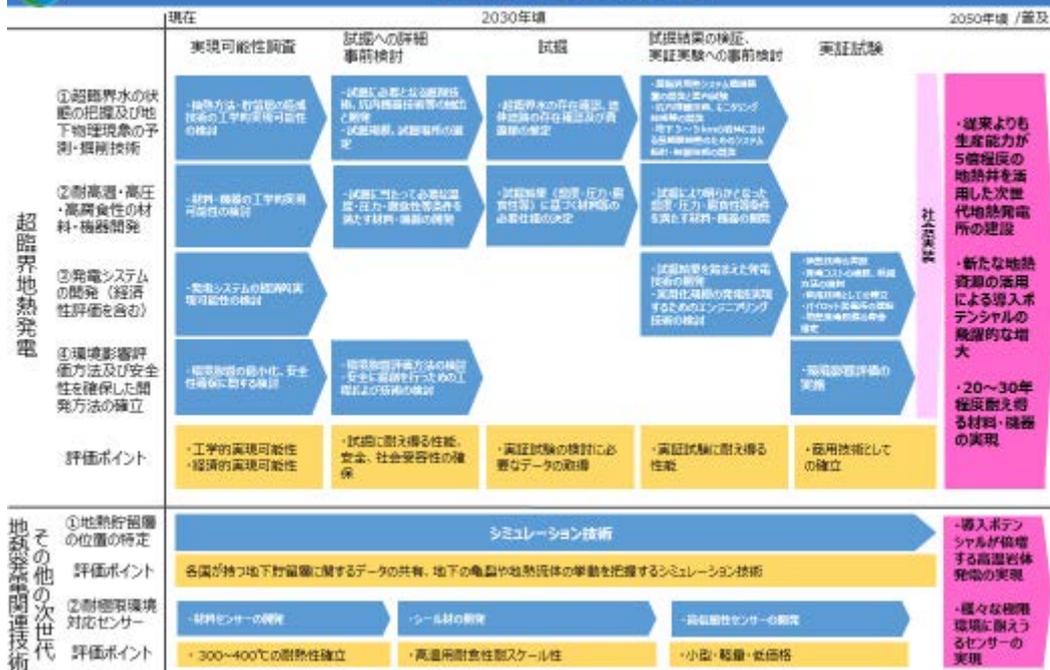
	現在	2030年頃	2050年頃/普及		
水素製造	<p>ISプロセス等の実現</p> <p>高温水蒸気触媒の實現</p> <p>その他新様式触媒プロセスの實現</p> <p>評価ポイント</p>	<p>要素技術開発、システム開発、高性能化・高効率化</p> <ul style="list-style-type: none"> 大気圧等による600℃以下での1-5プロセスの研究 (3の基 (D)、2の基 (S) 以外の他等) 構成材料の耐久性向上 (熱収縮率の低減) 新規触媒材料等の研究 <p>経済的、工学的実現可能性</p>	<p>システム実証、低コスト化、耐久性・信頼性向上</p> <ul style="list-style-type: none"> 水素大規模生産技術の確立 <p>信頼性向上、低コスト化</p>	<p>大規模実証</p> <ul style="list-style-type: none"> 大規模プラント実証 <p>商用技術としての確立</p>	<p>CO₂フリー水素の製造・貯蔵・利用を含むトータルシステムの実現</p> <p>30円/Nm³を大幅に下回る水素供給コストの実現</p> <p>大規模水素発電の導入</p>
	<p>アンモニア合成技術の向上</p> <p>液体水素化技術の向上</p> <p>有機ハイドライド合成技術の向上</p> <p>その他キヤリア</p> <p>キヤリアからの脱水素技術の向上</p> <p>評価ポイント</p>	<p>高圧化条件下での高効率アンモニア合成技術の開発 (金属触媒改良等)</p> <ul style="list-style-type: none"> 水素化技術の高効率化 水素還元反応の高効率化 (有機ハイドライド触媒合成等) マタケム等の利用可能性検討 脱水素、再燃料の高効率化 構成材料の耐久性向上 <p>経済的、工学的実現可能性、安全性評価</p>	<p>システム実証、低コスト化、耐久性・信頼性向上</p> <ul style="list-style-type: none"> プラント稼働率の向上 水素貯蔵-脱水素トータルシステムの完成 <p>信頼性向上、低コスト化</p>	<p>大規模実証</p> <ul style="list-style-type: none"> 大規模プラント実証 <p>商用技術としての確立</p>	
	<p>本格的な水素発電の實現</p> <ul style="list-style-type: none"> 水素再燃発電 水素燃焼発電 アンモニア燃焼 等 <p>評価ポイント</p>	<p>燃料電池発電の實現</p> <ul style="list-style-type: none"> 燃料電池発電の實現 (NOx低減・過オキシド削減) 燃料電池発電の大型化 水素やアンモニアの燃焼制御技術の研究 (工業用、船舶エンジン、航空機エンジン等への転用) <p>経済的、工学的実現可能性、安全性評価</p>	<p>燃料電池発電の實現</p> <ul style="list-style-type: none"> 水素燃焼発電の高効率化・低コスト化 水素発電の大型化 <p>信頼性向上、低コスト化</p>	<p>大規模実証</p> <ul style="list-style-type: none"> 大規模水素発電の實現 (水素燃焼発電等) <p>商用技術としての確立</p>	

8. 次世代太陽光発電

	現在	2030年頃	2050年頃/普及	
ペロブスカイト	<p>①セルの高効率化、低コスト化、耐久性向上</p> <p>②モジュール化</p> <p>③積層構造による高効率化</p> <p>④フレキシブル</p> <p>評価ポイント</p>	<p>実用化を見据えた研究開発</p> <ul style="list-style-type: none"> セル効率・低コスト化 (前触媒材料、蒸着プロセスの開発、結晶成長制御のためのプロセス改良) セル劣化機構解明、セル耐久性向上 モジュール化検討 (大面積印刷技術、封止方法、封止材料の開発) モジュール劣化機構解明、モジュール耐久性向上 フレキシブルモジュールの開発 各セルの特性値の解明 吸収長制御技術の開発 SS、化合物タンDEM構造 <p>変換効率30%以上の高効率タンDEM構造の開発</p> <p>絶縁層でも電線を担持しない新材料/新構造の探索と適用 (雲霧中・環境制御等を踏まえた超越的転用)</p> <p>【実用レベル】 -モジュール製造コスト：15円/W -変換効率：単層20%以上 -発電コスト7円/kWh 【研究レベル】 -変換効率：多層30%の実現</p>	<p>大規模普及を見据えた高性能化</p> <ul style="list-style-type: none"> 界面-接合最適化による長寿命・高品質達成 印刷塗布・封入技術の改良 (品質・速度) フレキシビリティを活用した新製法コンセプト確立 より高度で高効率なタンDEM構造の開発 (変換効率40%) <p>商用技術・大規模生産技術としての確立</p>	<p>社会実装</p> <ul style="list-style-type: none"> SI系同等以上 (20%以上) の効率を圧倒的コストで実現 軽量・フレキシブルで環境に優しい太陽電池製作技術の確立
	<p>①製造コストの低減</p> <p>②高効率化</p> <p>量子効果活用型</p> <p>評価ポイント</p>	<p>高スループット・高集積密度の實現</p> <ul style="list-style-type: none"> 量子効果増大 (結晶成長技術、バターン形成技術等) 薄膜多接合、積層量子ドットセルにおける光吸収増大効果の實現 <p>【研究レベル】 -モジュール製造コスト：システム価格を他Si並みに -モジュール変換効率：30%以上</p>	<p>CVD製膜、自己組織化増幅、3D印刷、インクジェットなどを用いた高速・低コスト化</p> <ul style="list-style-type: none"> セルのスケールアップ實現 基板再利用・製造速度の向上技術の確立 長寿命かつ高効率と及る材料-接合法の開発 <p>商用技術・大規模生産技術としての確立</p>	<p>社会実装</p> <ul style="list-style-type: none"> 集光システム効率50%超、非集光でも単層30%超の實現 フルスペクトル太陽電池技術の確立

※他にも、結晶Si系、化合物系等様々な有望技術があるが、現時点では実用化していない技術の例として、上記二つを例示した。

9. 次世代地熱発電



5. 終わりに

エネルギー・環境イノベーション戦略については、ロードマップをベースに産業界と対話を継続し、政府・産業界の取り組みや国際動向を踏まえつつ、適宜見直しを図りながら積極的に取り組んでいく。