

2050年カーボンニュートラルの実現に向けた

我が国の電気事業者の貢献について

1. 背景

地球温暖化対策は、国際的にも重要な課題とされ、2015年12月に採択された「パリ協定」のもとで、日本も国際社会の一員としての役割が期待されている。

そのような状況下、電力業界全体において実効性ある地球温暖化対策を推進することを目的として、国内の電気事業者の有志により2016年2月に「電気事業低炭素社会協議会」（以下「当会」）を設立し、当会が掲げる「低炭素社会実行計画」の目標の達成に向けた取り組みを着実に推進してきた。

当会では、安全の確保を大前提とした上で、エネルギー安定供給を第一とし、経済性、環境保全の達成を目指す「S+3E」の観点から最適なエネルギーミックスを追求しつつ、各会員事業者がそれぞれの事業形態に応じた地球温暖化対策の取り組みを着実に実行するとともに、当会がその取り組み状況の促進・支援および適切な確認・評価を行い、PDCAサイクルを確実に推進することで、一丸となって低炭素社会の実現を目指していくことを活動の基本としている。

また、国内動向としては、2018年7月に「第5次エネルギー基本計画」が閣議決定されるとともに、2019年6月にパリ協定に基づき、脱炭素社会を目指すとする「長期低排出発展戦略」がUNFCCC（国連気候変動枠組条約）事務局へ提出され、それぞれ、2030年以降を見据えたエネルギー政策の方向性と将来の日本のビジョンが示された。その後、2020年10月に政府による「2050年カーボンニュートラル宣言」が表明され、至近では2021年10月に「第6次エネルギー基本計画」および「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」が閣議決定されたところである。

このたび、地球規模でのCO₂排出削減による2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、当会が我が国の電気事業者として貢献し得る可能性の追求を会員事業者の共通の理念として、「カーボンニュートラル行動計画」の目標年度である2030年度よりもさらに将来を見据えた電気事業のあり方と具体的施策について取りまとめるものである。

2. 2050年カーボンニュートラルの実現に向けた電気事業のあり方

(1) S + 3 E

エネルギーインフラ事業である電気事業の根幹は、安全の確保を大前提とした上で、エネルギー安定供給を第一に、経済性、環境保全、すなわち「S + 3 E」の達成を果たす最適なエネルギーミックスの追求にある。

エネルギー安定供給に関しては、2018年に発生した北海道胆振東部地震ならびに2019年に発生した台風第15号等の自然災害を受けた発電設備の停止や送配電設備の被害によって電力供給が遮断され、国民の生活に大きな支障を招いたことで、電力インフラのレジリエンス向上の必要性が認識されているところであり、また、再生可能エネルギーの導入を進めるためには、系統制約の克服とともに再生可能エネルギー電源の出力変動に応じた調整力を確保していく必要がある。

そのうえで、経済性と環境性を両立させ、将来にわたって我が国の産業部門の国際競争力と国民の豊かな生活を維持していくための安定的な電力供給を果たすことが電気事業者としての責務と考える。

(2) CO₂排出削減に向けた電気事業者のアプローチ

電気事業におけるCO₂排出削減のアプローチは、徹底した省エネルギーと最適なエネルギー構成を前提として、「**電気の低・脱炭素化**」と、「**電化の促進**」を両輪とした電力供給サイドと需要サイドの双方における総合的な電力供給サービスを向上させることにあり、電力供給サイドのCO₂排出原単位の低減は電化によるCO₂排出削減効果をより一層高めることとなる。

このためには、確立した脱炭素電源（原子力や再生可能エネルギー）の最大限活用やヒートポンプ活用等の普遍的な取組みを継続しつつ、電力供給サービスのさらなる高度化に向けた課題解決を果たすための「**イノベーション**」を通じた革新的技術の実用化に向けて、官民一体となって努力していくとともに、国内に捉われない地球規模でのCO₂排出削減に向けて、我が国の最先端技術による低炭素型インフラ技術の輸出ならびに自らの海外事業の展開による「**海外貢献**」に積極的に取り組んでいく所存である。

(3) カーボンニュートラル実現に向けて必要となる要件

我が国全体での2050年カーボンニュートラルの実現という非常にチャレンジングな目標に対し、電気事業者として需給両面から貢献していく。そのために必要となる要件は以下のとおりである。

- 「電気の低・脱炭素化」と「電化の促進」に資する政策的・財政的措置^{※1}
- 社会実装可能なイノベーション技術と経済合理性の両立^{※2}
- カーボンニュートラル実現に必要な設備投資や研究開発投資等の促進支援
- カーボンニュートラル実現に必要なコストを社会全体で負担することへの理解の醸成や行動変容の促進

※1 例えば、脱炭素電源の最大限活用に向けては、原子力の持続的活用の中長期的な政策上の明確な位置付け・制度措置や、再エネ適地拡大に資する規制改革が必要。

電化の促進に向けては、ヒートポンプやIH等高効率機器普及・技術開発等への補助拡充が必要。

また、FIT制度は再エネ導入拡大による電気の低・脱炭素化に資するものの、既にFIT賦課金による相当の負担があり、今後も増えていく見通しであることを踏まえ、将来のカーボンニュートラルに不可欠な電化の促進を阻害しないようにすることが必要。

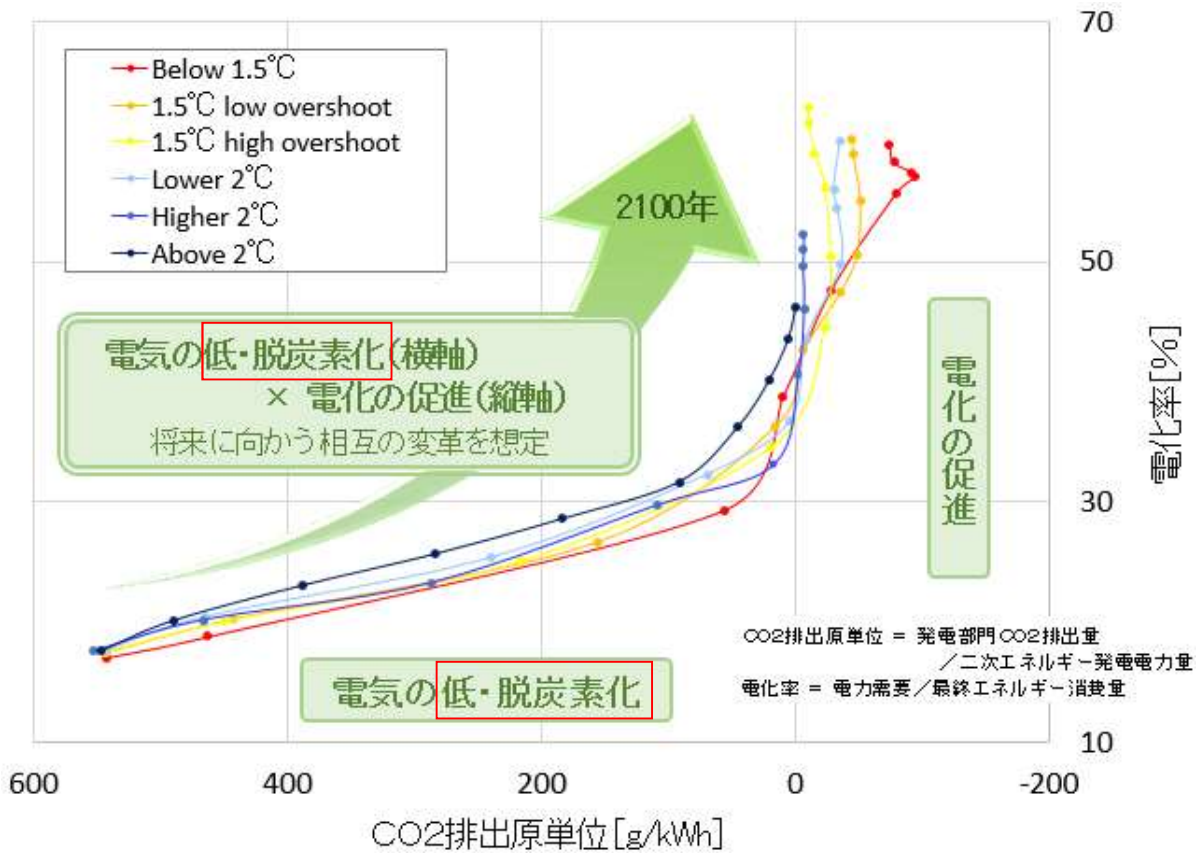
※2 例えば、水素・アンモニア発電を社会実装するためには、大量かつ安価で安定供給可能な燃料サプライチェーンの確立が必要。また、CCUS/カーボンリサイクルを社会実装するためには、CO₂の輸送・貯留インフラ等の環境が整備されることを前提としながら、技術開発を推進していくことが必要。

3. 具体的施策

(1) 将来に向けた「電気の低・脱炭素化」と「電化の促進」

以下のグラフは「IPCC1.5°C特別報告書^{※3}」のデータベースをもとに、同報告書で区分された「Above2°C」～「Below1.5°C」の6つのカテゴリーに含まれる計300程度のシナリオを対象として、それぞれ想定されている現在から2100年までの10年ごとの世界全体における「電力のCO2排出原単位」と「電化率」の数値について、カテゴリー別に中央値をプロットしたものであり、いわば、各カテゴリーの目標達成のために、両項目がそれぞれ到達しているものとする参考的なレベルを示す分布図である。

「IPCC1.5°C特別報告書」の各シナリオにおける
発電設備のCO2排出原単位と電化率の分布



カテゴリー名称	内 容
Below 1.5°C	21世紀中のピーク昇温が確率50～66%で1.5°C未満。オーバーシュートなし
1.5°C low overshoot	2100年の昇温中央値が1.5°C未満。確率50～66%で一時的に1.5°Cを超過
1.5°C high overshoot	2100年の昇温中央値が1.5°C未満。確率67%以上で一時的に1.5°Cを超過
Lower 2°C	21世紀中のピーク昇温が確率67%以上で2°C未満
Higher 2°C	21世紀中のピーク昇温が確率50～66%で2°C未満
Above 2°C	2°C超過

シナリオ分析の基本的な方法

- I. 新規技術と既存技術の双方を利用した省エネルギーおよび経年的な効率改善を考慮
- II. 対象カテゴリーにおける気温上昇の抑制目標の達成のために必要とされる技術とその経済合理性の勘案によって、電力供給サイド（電力のCO₂排出原単位）と需要サイド（電化率）の相互の変革を想定

いずれのカテゴリーにおいても、プロット分布は 2100 年に向けて右上がりとなっており、それぞれの気温上昇の抑制目標を達成するための手段として、将来にわたる、省エネルギーおよび効率改善を考慮し、「電力のCO₂排出原単位」の低減と「電化率」の向上の双方が想定されたものであることを表している（なお、電力供給サイドのCO₂排出原単位の低減は、電化によるCO₂排出削減効果をより一層高めることとなる）。

このことから、各シナリオにおいて電力供給サイドおよび需要サイドのそれぞれに織り込まれた技術の実現可能性および経済合理性に係る不確実要素はあるものの、当会としては、徹底した省エネルギーと最適なエネルギー構成を前提として、「電気の低・脱炭素化」と「電化の促進」の双方による総合的な電力供給サービスの向上・変革が地球規模での脱炭素化に向けた重要な責務と役割を果たすことが示唆されたものと認識している。

※3 IPCC1.5°C特別報告書

IPCC（気候変動に関する政府間パネル）がUNFCCCからの要請を受けて、1.5°Cの地球温暖化による影響とそこに至る温室効果ガスの排出経路について、2018年10月に取りまとめた特別報告書。

正式タイトルは「気候変動の脅威への世界的な対応の強化、持続可能な発展及び貧困撲滅の文脈において工業化以前の水準から 1.5°Cの気温上昇にかかる影響や関連する地球全体での温室効果ガス(GHG)排出経路に関する特別報告書」。

(2) 従来からの普遍的な取組み

電気事業を通じたCO₂排出削減のアプローチとなる「電気の低・脱炭素化」と「電化の促進」については、これまでも各事業者がその事業形態に応じて様々な施策を検討・展開してきており、これに関しては、今後の中長期にわたって継続的に果たすべき普遍的な取組みと言える。

「電気の低・脱炭素化」と「電化の促進」のための普遍的な取組み

電気の低・脱炭素化			
原子力	安全確保を前提とした活用	再稼動（規制基準への適合）	
		核燃料サイクルの推進	
再生可能エネルギー	導入拡大・維持	電源開発（リパワリング含む） 太陽光・風力（陸上／洋上）・地熱・中小水力・バイオマス	
		系統制約の克服	日本版コネクト&マネージ
			系統整備・増強を含めた次世代NW形成
	卒FIT買取		
	系統安定化・調整力確保	地域間連系線の更なる活用	
火力・バイオマス発電による調整機能 （最低出力・AFC機能・DSS運用等）			
デマンドレスポンスの活用			
分散型エネルギーシステム・VPP			
火力	高効率化	LNG火力：コンバインドサイクル →（将来）1,700℃級コンバインドサイクル、AHAT	
		石炭火力：USC、バイオマス混焼 →（将来）A-USC、IGCC・IGFC	
電化の促進			
ヒートポンプ・IHの普及促進			
EV・PHVの充電インフラの開発・普及			
共通			
IoT（ビッグデータ）・AI技術の活用			

AFC：自動周波数制御

DSS：日間起動停止

AHAT：高温分空気利用ガスタービン

USC：超々臨界圧火力発電

A-USC：先進超々臨界圧火力発電

IGCC：石炭ガス化複合発電

IGFC：石炭ガス化燃料電池複合発電

(3) 革新的技術／イノベーション

上述の「IPCC1.5℃特別報告書」に示されるような、将来における大幅なCO₂排出削減を達成するためには、従来の取組みの延長だけではない、抜本的な革新的技術を生み出す「イノベーション」が不可欠であり、これらの技術の実用化に向けて、官民一体となって努力していく所存である。

そして、ここで求められる「イノベーション」とは、単なる最先端技術の確立のみでなく、環境性能に見合ったコストによって経済合理的な実用化・普及が果たされる社会実装レベルの技術を創出するものであり、「電気の低・脱炭素化」と「電化の促進」のそれぞれの観点から期待される革新的技術としては、以下のようなものが挙げられる。

CO₂排出削減のために期待される革新的技術

電気の低・脱炭素化				
原子力	小型モジュール炉			
	熔融塩炉			
	高温ガス炉			
	核融合炉			
再生可能エネルギー	次世代太陽光	ペロブスカイト太陽電池		
		量子ドット太陽電池		
		宇宙太陽光		
	超臨界地熱			
	蓄電池	全固体リチウムイオン電池		
		革新型蓄電池		
	水素・アンモニアサプライチェーン	製 造	再生可能エネルギーの活用 (Power to Gas)	
			海外の安価な未利用エネルギーの活用	
アンモニア製造新触媒の活用				
グリーンアンモニア電解合成技術の開発				
	利 用	水素発電、アンモニア発電		
火 力	CCS			
	CCU／カーボンリサイクル			
電化の促進				
運輸部門・産業部門・民生部門における高効率な電化のための技術				
共 通				
ワイヤレス送電・給電				

< 電気の低・脱炭素化 >

[原子力]

◇小型モジュール炉

SMR (Small Modular Reactor) と呼ばれる出力 30 万 kW 以下の小型原子炉。軽水炉 (PWR、BWR) やガス炉など様々な炉型がある。

小型軽水炉では、原子炉出力が小さいことから、冷却機能の喪失時において、従来の大型軽水炉と同様に、ポンプでの注水により炉心を冷却する機能だけでなく、大気との熱交換や炉心上部に設置されたタンクやプールの保有水の重力のみによる注水により、炉心を冷却できるシステムも設計されている。

また、需要規模の小さい地域や未開発地などでの利用に適しており、エネルギー需要の増加に併せてモジュールを追加することも可能であり、燃料交換無しに長期間運転を可能とする設計もある。

◇溶融塩炉

溶融塩 (主に、フッ化物溶融塩 (LiF-BeF₂)) に核燃料物質 (ウランやトリウム) を溶解させて液体燃料とし、ポンプにより液体燃料そのものを原子炉と 1 次系熱交換器の間で循環させる液体燃料炉。

核燃料物質が冷却材としての溶融塩と一体となって循環するため、運転しながら新燃料の補給が可能となるとともに、燃料処理系を設けることによって核分裂生成物の除去や核燃料物質の連続抽出が可能となる。

この燃料の融点・沸点が高く、蒸気圧も低いことから 1 次系の構造材を薄くでき、効率の高い熱利用システムとすることができる。

また、プルトニウムなどの超ウラン元素を実質的に生成せず、またウランに比べ資源量が豊富と言われるトリウムを燃料として利用可能なことから資源の有効利用を図ることができる。

◇高温ガス炉

炉心の主な構成材に黒鉛を中心としたセラミック材料を用い、核分裂で生じた熱を外に取り出すための冷却材にヘリウムガスを用いた原子炉。

1,000°C 程度の高温ガスを用いたガスタービン発電によって高い発電効率を実現することが可能なおよ、熱供給と組み合わせた熱電併給システムの構築も可能であり、水を熱分解する化学反応 (I S プロセス) を利用した水素製造装置との組み合わせも検討されている。

◇核融合炉

重水素や三重水素のような軽い原子核同士が反応して、より重い原子核になる時に発生する核融合エネルギーと呼ばれる巨大なエネルギーを取り出すシステム。この実現に向け、国際協力で進められているトカマク方式の I T E R 計画などの活動が進展している。

高レベル放射性廃棄物が発生しないことから、エネルギーの長期的な安定供給と環境問題の克服を両立させる将来のエネルギー源として期待されている。

[再生可能エネルギー]

◇次世代太陽光発電

ペロブスカイト太陽電池

ペロブスカイトと呼ばれる結晶構造を有する材料を発電層として用いた太陽電池。ペロブスカイト原料を含む溶液を塗布・印刷するという製造プロセスから、他の太陽電池に比べて単純化が可能であり、大幅な低コスト化が見込まれる。また、フィルム材料への形成が可能であり、これまで重量物を載せられなかった設備への敷設など、用途拡大の可能性を備える。

量子ドット太陽電池

半導体中に電子を閉じ込めることで、様々なエネルギーの光を吸収することが可能になる「量子化」と呼ばれる現象を利用した、従来の太陽電池よりも高い変換効率を得られる太陽電池。

導体の大きさをナノレベルまで極小にした量子ドット構造を材料に利用しており、従来の太陽電池では発電に利用できなかった赤外線などの光も利用可能となる。

◇宇宙太陽光発電

宇宙空間において太陽エネルギーで発電した電力をマイクロ波などに変換して地上へ伝送し、地上で電力に変換して利用する技術。

地上での太陽光発電に比べ、季節や天候、昼夜などの自然条件に左右されることなく、安定的な発電が期待できる。

◇超臨界地熱発電

古火山やカルデラの地下深く（3～6km）に存在すると言われている海水由来の超高温・高圧水を数%含んだ超臨界岩体の熱エネルギーを利用する技術。

従来の地熱発電に比べてより大きなエネルギーを取り出すことが可能である。

◇蓄電池

全固体リチウムイオン電池

難燃性で熱的・化学的安定性に優れた固体電解質を使用する蓄電池。

電解液を使用する蓄電池ではトレードオフの関係にあったエネルギー密度と安全性の両立が可能である。

革新型蓄電池

新原理により性能を大幅に向上させることで、エネルギー密度を 500Wh/kg まで向上することが目指されている。

具体的には、「リチウム－硫黄電池」、「亜鉛－空気電池」、「新型金属（Li, Mg, Al）－空気電池」等が挙げられる。

[火 力]

◇CCS (Carbon dioxide Capture and Storage)

発電所等から排出されたCO₂を他の気体から分離・回収のうえ、地中深くに圧入・貯留する技術。

効率的な分離回収技術として、化学吸収法・固体吸収法・膜分離法等の開発が進められている。

カーボンニュートラルなバイオマス発電で発生したCO₂を回収・貯留するBECCS (Bioenergy with CCS) は実質的なネガティブエミッション技術と言える。

◇CCU (Carbon dioxide Capture and Utilization) /カーボンリサイクル

CCSと同様に回収したCO₂を利用する技術。

CCUの一例として、圧入したCO₂によって石油等の生産量を増加させる石油増進回収 (EOR: Enhanced Oil Recovery)が海外において実施されてきたが、我が国においては昨今から、CO₂を炭素資源 (カーボン) と捉え、多様な炭素化合物として、触媒開発・人工光合成・藻類利用・メタネーション・コンクリート化等に再利用する「カーボンリサイクル」の考えに基づく検討が始まっている。

[再生可能エネルギー+火力]

◇水素サプライチェーン

製 造

再生可能エネルギーの活用 (Power to Gas)

水の電気分解によって水素が発生する原理を利用して再生可能エネルギー由来の電力からCO₂フリーの水素を製造する技術。

特に、出力変動型電源からの余剰電力を水素の形状で貯蔵することによって、エネルギーを有効に活用できるほか、この水素を触媒によってCO₂と化学反応させることでメタンを生成することも可能となる。

海外の安価な未利用エネルギーの活用

海外に豊富に存在するものの、低品位ゆえに利用先が限定される褐炭のガス化処理によって水素を製造する技術。この際に発生するCO₂をCCS・CCUで分離・回収することにより、CO₂フリーの水素を得ることが可能となる。

利 用

水素発電

燃焼速度の大きさや火炎温度の高さから天然ガスなどの他の燃料と比べて燃焼時のNO_xが発生しやすい水素の特性に対して、これに適応する燃焼器の開発等により火力発電設備での使用が可能となれば、これまでに技術が確立している燃料電池に加えて、大規模なCO₂フリー電力の確保が可能となる。

◇アンモニアサプライチェーン

製造

アンモニア製造新触媒の活用

従来のアンモニア製造方法である鉄系触媒を用いたハーバーボッシュ法は、高温高压下での合成が前提となることに加え、機構も複数存在することから小型化が難しく、また、多量のエネルギーを必要とすることでCO₂排出量が多い特徴があるが、低温・低圧で合成可能な新触媒の開発により、海外ライセンスに依存しない生産体制が構築できるとともに、製造コストの低減、製造時のCO₂排出量の低減が可能となる。

グリーンアンモニア電解合成技術の開発

従来のグリーンアンモニア製造方法では、水の電気分解、水素貯蔵、水素と窒素の反応という3プロセスの装置が必要であるが、水と窒素から1ステップで低コスト・低CO₂排出でアンモニアを製造できるグリーンアンモニア電解合成技術の開発によりグリーンアンモニア合成量増加につながり、製造効率向上が可能となる。

利用

アンモニア発電

燃焼安定性やNO_x発生の抑制等の課題に対し、収熱技術や燃焼方法、さらにはバーナー技術の開発が必要。また、石炭火力ボイラとガスタービンでは、課題克服に異なる技術が求められるが、それぞれに対応した混焼・専焼技術の開発により、燃焼してもCO₂を排出せず、ライフサイクル全体として水素より安価な燃料アンモニアの発電利用が可能となる。

<電化の促進>

[運輸部門]

トラックおよび航空機の電動化に向けては、大量・長距離輸送を果たす蓄電池の高出力化および小型化・軽量化のための技術開発が求められる。

また、船舶においては、回生電力の発生機会が無いことから、蓄電池の大容量化が求められる。

いずれも蓄電池の低コスト化は共通の課題であり、電力供給サイド・需要サイドともに、これらの解決に向けた技術開発が期待される。

[産業部門・民生部門]

産業部門においては、金属・化学・セメント産業等における一部の直接加熱工程を除けば、電化によるエネルギー消費量の削減がもたらすCO₂排出削減ポテンシャルは大きく、製鉄プロセスであれば、前述の電力由来の水素（Power to Gas）を利用した水素還元製鉄の実用化によって、これがさらに拡大する可能性がある。

加えて、産業部門における電化の促進による効果として、生産工程における電力使用量の機動的な運用による需要サイドでの調整力、すなわち分散型エネルギーシステムにおけるVPP・デマンドレスポンスの役割を果たすことによって、再生可能エネルギーの導入拡大に対する系統安定化への貢献にも期待される。

また、産業部門・民生部門のいずれにおいても、ICTの高度化による電化メリットの可視化をはじめとした情報の充実によって、ヒートポンプやIH等の高効率機器の有効性が認識され、導入後にはAI・IoTによる効率的な制御が行われることによる省エネ・CO₂排出削減の同時達成が期待される。

＜ 共 通 ＞

◇ワイヤレス送電・給電

宇宙太陽光発電と同様に、電力をマイクロ波などに変換して送電・給電を行う技術。

発電設備から需要地へのワイヤレス送電によって、再生可能エネルギー等の分散型電源の一層の拡大に貢献し得るとともに、EVや産業・家庭用の電気機器へのワイヤレス給電によって、電化による利便性のさらなる向上がもたらされる。

(4) 海外貢献

地球温暖化問題の解決を果たすためには、グローバルバリューチェーンを通じた地球規模でのCO₂排出削減に取り組むことが必要となる。

今後も引き続き、我が国が世界に誇る高効率火力発電技術や系統安定化問題を抱える他国やエネルギー需給体制の未成熟な新興国・途上国を対象とするエネルギーマネジメントといった低炭素型インフラ技術の輸出ならびに自らの海外事業の展開による国際的な貢献を進めていく。これについては、CO₂排出削減の観点のみならず、2015年9月の国連サミットで採択された2030年度に向けての「持続可能な開発目標（SDGs）」が目指す、豊かで活力のある社会の実現とも整合的であり、さらなる将来の世界の創造にも繋がるものである。

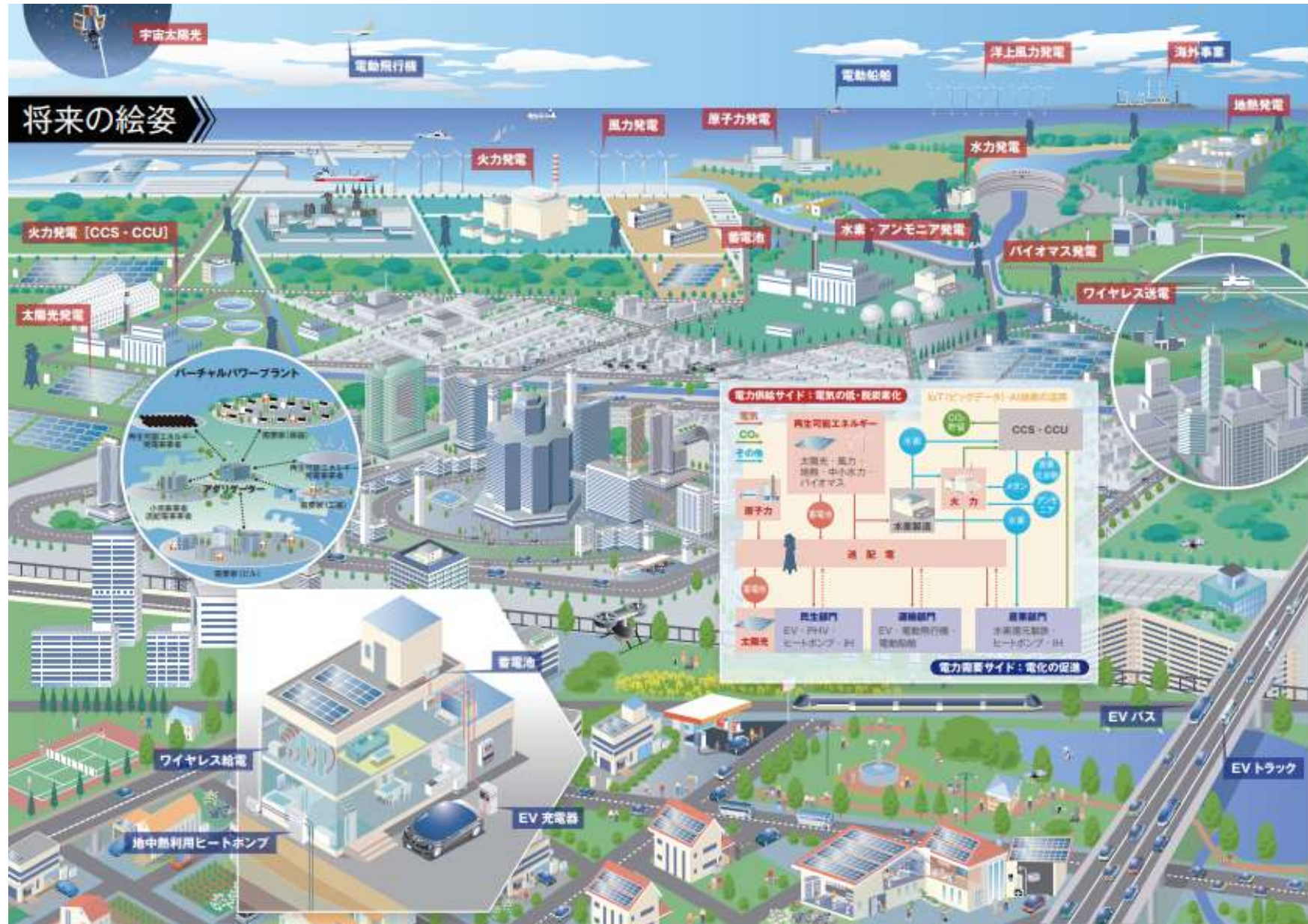
4. おわりに

2030年およびその先の将来にわたって電気事業がおかれる環境ならびに実装可能な技術等について、現時点での明確な想定は困難であり、そこには不確実性が伴う。

当会は事業形態・事業規模の異なる電気事業者によって構成される団体ではあるが、いずれもエネルギーインフラを担う事業者として、地球規模でのCO₂排出削減のために「S+3E」をさらに高いレベルで達成しつつ、徹底した省エネルギーと最適なエネルギー構成を前提として、「**電気の低・脱炭素化**」と「**電化の促進**」を両輪とする総合的な電力供給サービスの向上に向けた不断の努力を通じて、将来的な2050年カーボンニュートラルの実現に向けて貢献していくことは共通の理念である。次ページに将来の絵姿を示す。

そのうえで、まずは「カーボンニュートラル行動計画」に掲げる2030年目標の確実な達成を果たしていく所存であり、また、その一環として、当会の活動を電力業界全体としての取り組みとすべく、引き続き、会員事業者の拡大を目指していく。

当会の取り組みに賛同され、責任ある個社の取り組みを進めていただける事業者は、当会HP (<https://e-lcs.jp/>) をご参照の上、事務局までご連絡いただきたい。



電気事業低炭素社会協議会 会員事業者一覧

(2021年10月時点)

イーレックス(株)	出光グリーンパワー(株)
出光興産(株)	伊藤忠エネクス(株)
HTB エナジー(株)	ENEOS(株)
エネサーブ(株)	(株)エネット
(株)エネルギー・ソリューション・アンド・サービス	(株)F-Power
エフビットコミュニケーションズ(株)	MC リテールエナジー(株)
大阪ガス(株)	沖縄電力(株)
(株)オプテージ	オリックス(株)
関西電力(株)	関西電力送配電(株)
(株)関電エネルギーソリューション	九州電力(株)
九州電力送配電(株)	九電みらいエナジー(株)
(株)Kenes エネルギーサービス	(株)サイサン
サミットエナジー(株)	(株)JERA
四国電力(株)	四国電力送配電(株)
静岡ガス&パワー(株)	シナノン(株)
ダイヤモンドパワー(株)	中国電力(株)
中国電力ネットワーク(株)	中部電力(株)
中部電力パワーグリッド(株)	中部電力ミライズ(株)
テス・エンジニアリング(株)	テプコカスタマーサービス(株)
(株)テレ・マーカー	電源開発(株)
電源開発送変電ネットワーク(株)	(株)東急パワーサプライ
東京ガス(株)	東京電力エナジーパートナー(株)
東京電力パワーグリッド(株)	東京電力ホールディングス(株)
東京電力リニューアブルパワー(株)	東北電力(株)
東北電力ネットワーク(株)	日鉄エンジニアリング(株)
日本原子力発電(株)	日本テクノ(株)
プロスペック AZ(株)	北陸電力(株)
北陸電力送配電(株)	北海道電力(株)
北海道電力ネットワーク(株)	丸紅(株)
丸紅新電力(株)	三井物産(株)
ミツウロコグリーンエネルギー(株)	楽天エナジー(株)
リコージャパン(株)	(株)Looop
(株)ユーラスグリーンエナジー	—

合計 65 社 会社名は五十音順

参考：革新的技術に係る重要分野の工程表

・「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略(2021年6月策定 内閣官房、経済産業省他)」における成長が期待される産業(14分野)のうち、協議会の取組みに関わる内容を一部抜粋したものの。抜粋元資料は、下記URLに掲載。(経済産業省HP内：<https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210618005/20210618005.html>)

・原子力

●導入フェーズ： 1. 開発フェーズ 2. 実証フェーズ 3. 導入拡大・コスト低減フェーズ 4. 自立商用フェーズ

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
高速炉	○戦略ロードマップに基づく開発 ステップ1 ・民間によるイノベーションの活用による多様な技術間競争を促進 ・国際協力を活用した効率的な開発 ・日仏協力(安全性・経済性の向上)・日米協力(多目的試験炉等)		ステップ2 ・国、JAEA、ユーザーがメーカーの協力を得て技術を絞り込み(常陸等の施設を活用)			一定の技術が 選択される場合	ステップ3 ・工程の具体化	例えば21世紀半ば頃の適切なタイミングに、現実的なスケールの高速炉の運転開始を期待
小型炉(SMR)	米国・カナダ等で2030年頃までに実用化 →日本企業が海外実証プロジェクトに参画				日本企業が主要サプライヤーの地位を獲得		販路拡大・量産体制化でコスト低減	アジア・東欧・アフリカ等にグローバル展開
高温ガス炉 水素コスト：2050年に12円/Nm ³ の可能性があります	HTTR再稼働	HTTRを活用した「固有の安全性」確認のための試験		カーボンフリー水素製造に必要な技術開発			カーボンフリー水素製造設備と高温ガス炉の接続実証	販路拡大・量産体制化でコスト低減
	世界最高温の950℃を出力可能なHTTRを活用した国際連携の推進			高温熱を利用したカーボンフリー水素製造技術の確立(IS法、メタン熱分解法等)			実用化スケールに必要な実証	
核融合	国際協力の下、核融合実験炉(ITER)の建設・各種機器の製作 ・JT-60SAを活用したITER補充実験、原型炉概念設計・要素技術開発 人材育成、学術研究の推進				ITER運転開始 ・核融合反応に向けたプラズマ制御試験 原型炉へ向けた工学設計・実規模技術開発		ITER核融合運転開始 ・重水素・三重水素燃焼による燃焼制御・工学試験 ・核融合工学技術の実証	実用化スケールに必要な実証
	米国、英国等のベンチャーが2030年頃までに実用化目標 海外プロジェクトに日本のベンチャー等が研究開発・サプライヤーとして参画、機器納入							

・太陽光

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
次世代技術の開発 ●次世代型太陽電池(ペロブスカイト等) ●蓄電池	開発競争の促進					新市場への製品投入		
						新市場を想定した実証事業・製品化		
●蓄電池	蓄電池の普及については、自動車・蓄電池の実行計画を参照							
●蓄電池	系統制御技術等の検討・開発					グリッドコード化・市場開設による系統安定性の確保を図り再エネの導入を促進		
	系統制御技術等の実証							
●蓄電池	蓄電池の普及については、自動車・蓄電池の実行計画を参照							
関連産業の育成・再構築 ●制度・市場整備	FIP制度の施行準備	FIP制度の導入による太陽光を含む再エネの電力市場への統合・コスト低減、FIT等の支援からの自立化						
	PPA等を用いた新たなビジネス形態の普及促進							
	アグリケーションビジネスの促進・各種市場の要件整備等については、次世代電力マネジメントの実行計画を参照							
適地確保等 ●ポジティブソーニング等	各種規制・制度等の再検討							
	ZEH・ZEBの普及拡大については、住宅・建築物の実行計画を参照							

・地熱

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
リスクマネー供給、理解促進	・JOGMECによる地熱資源調査		・JOGMECから事業者への引き継ぎ ・事業者による開発					
			・地熱開発事業者に対する助成金、出資、債務保証等の開発支援					
			「地熱開発加速化プラン」の推進 ・地球温暖化対策推進法に基づく地熱開発の促進区域の指定 ・温泉事業者等の地域の不安や自然環境への支障を解消するための科学データの収集・調査を通じ円滑な地域調整の実施 ・地域の不安払拭や合意形成に資する温泉モニタリングの推進					
関連法令の運用見直し			・自然公園法の運用見直し（自然公園内における地熱発電等の許可基準及び審査要件の明確化等）					
			・温泉法の運用見直し（離隔距離規制や本数制限等についての撤廃を含めた点検、規制の内容及び科学的根拠の公開、科学的知見を踏まえた考え方や方向性の提示等）					
			・その他の法令等を含めて、随時見直しについて検討し、必要に応じて措置					
次世代型地熱発電技術（超臨界地熱発電技術）			・大深度の掘削技術の開発 ・強力な酸性・超高温の流体対策（抗井やタービンの腐食防止等）				国内数力所において、超臨界地熱発電技術を用いた発電実証事業を実施	商用化に向けた調査、開発及び建設（リードタイムを、約10年と想定）
			ポテンシャルの調査					

・蓄電池

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
蓄電池	蓄電池のスケール化を通じた低価格化		鉱物資源の確保		研究開発・技術実証		蓄電池のリユース・リサイクルの促進	
	ルール整備・標準化							
					新たなエネルギー基盤としての蓄電池産業の競争力強化		車載用、定置用など、様々な種類の蓄電池を電力グリッドに接続し、調整力として活用	

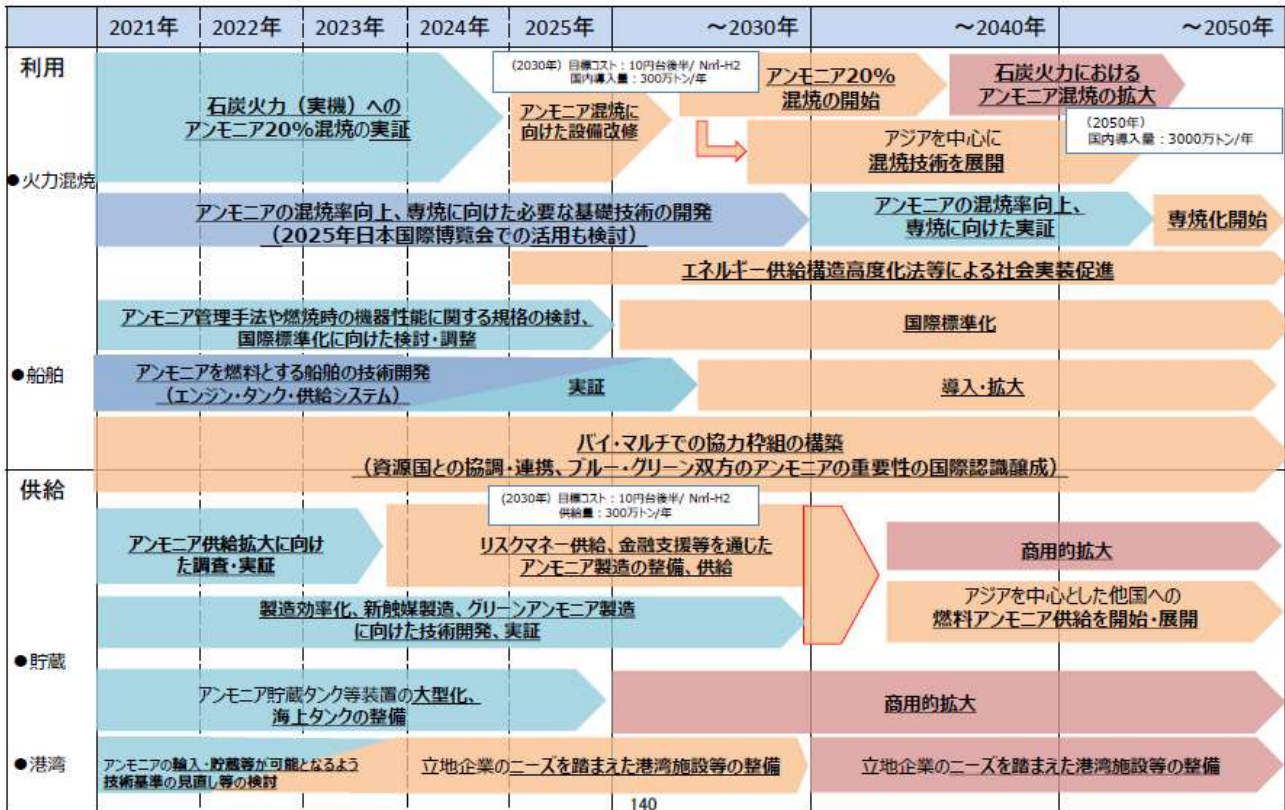
・ CCUS / カーボンリサイクル

※代表事例を記載	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
●カーボンリサイクル 燃料 コスト目標 2035年 100円/台L (=原油6.1円/同等) (i) 代替航空燃料 (SAF)	・2030年頃の商用化に向けた大規模実証、コスト低減 ・国際航空に関し、ICAOにより、2019年比でCO ₂ 排出量を増加させないことが制度化 (2021～2035年) (※ICAO:国際民間航空機関)					・SAFの国際市場の動向に応じて、国内外において、航空機へ競争力のあるSAFの供給拡大		
	【ガス化FT合成】様々な原料の品質を均一化する破砕処理技術の開発を継続 【AT】高濃状態の触媒反応の制御技術の開発を継続 【微細藻類】CO ₂ 吸収効率の向上や藻の安定的な増殖による生産性向上、品質改良の技術開発を継続 等					大規模製造の実証		
	合成燃料の製造技術の開発 ・原料技術 (BtFT反応+FT合成プロセス) の効率化 ・製造設備の設計開発					導入拡大・コスト低減		
	合成燃料の革新的製造技術の開発 ・CO ₂ 電解 (+水電解) + FT合成プロセスの研究開発 ・共電解+FT合成プロセスの研究開発 ・直接合成 (Direct-FT) プロセスの研究開発					自立商用		
(ii) 合成燃料	合成燃料の製造技術の開発					導入拡大・コスト低減		
(iii) 合成メタン コスト目標 2050年 40～50円/Nm ³ (=現在eOLNG価格の同等)	2040年頃の商用化に向けた大規模実証、コスト低減					更なるコスト低減による導入拡大		
(iv) グリーンLPG	低コスト化に向けた新たな基礎技術の開発 (共電解等)					実証による大規模化、低コスト化		
	海外サプライチェーン構築に向けた調査・実証					海外から国内への輸送開始・導入拡大		
	輸送網の実証試験に必要な基礎技術の開発					★目標 (2030年時) グリーンLPGの商用化		
●分離回収 コスト目標 (/CO ₂ t) 低圧ガス: 30年 2千円/台 高圧ガス: 30年 千円/台 DAC: 50年 2千円/台 目標規模 50年 世界で約25倍 CO ₂ t	○排ガス由来 ・高効率なCO ₂ 分離回収技術を開発し、コスト低減					大規模実証		
	○大気由来 (DAC) ・ムーンショット型研究開発制度等を活用した、大気からのCO ₂ 直接回収 (DAC) 技術の研究開発 (エネルギー効率向上、コスト低減)					更なるコスト低減による導入拡大		
						★目標 (2050年時) LPGにおけるカーボンニュートラルの実現		
						コスト低減		
						グリーンLPGガス合成技術の普及拡大		
						更なるコスト低減による導入拡大		
						実証による大規模化、低コスト化		
						更なるコスト低減による導入拡大		
						商用の拡大		
						商用の拡大		

・ 水素

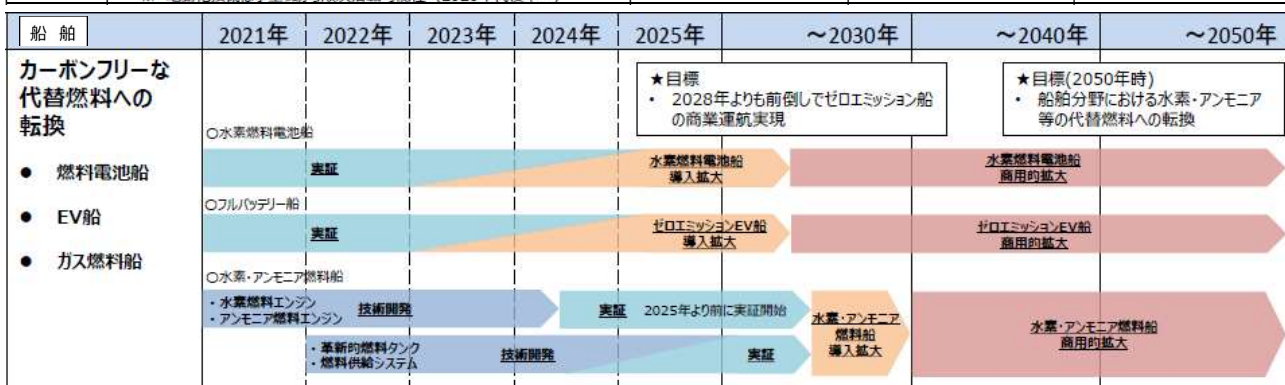
●地域	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年	
●利用						★目標(2030年時) コスト:30円/Nm ³ 量:最大300万t		★目標(2050年時) コスト:20円/Nm ³ 以下、 量:2000万t程度	
●輸送	自動車、船舶、航空機及び、物流・人流・土木インフラ(鉄道)産業の実行計画を参照								
●発電	大型専焼発電の技術開発 水素発電の実機実証(燃料電池、タービンにおける混焼・専焼)					エネルギー供給構造高度化法等による社会実証促進			
●製鉄	国内外展開支援(燃料電池、小型・大型タービン)					COURSE0(水素活用等でCO ₂ ▲30%)の大規模実証			
	水素還元製鉄の技術開発					導入支援			
●化学	水素等からプラスチック原料を製造する技術の研究開発					大規模実証			
●燃料電池	革新的燃料電池の技術開発					革新的燃料電池の導入支援			
●輸送等	国際輸送の大型化に向けた技術開発 港湾において輸入・貯蔵等が可能となるよう技術基準の見直し等					商用化・国際展開支援			
	商用車用の大型水素ステーションの開発・実証 水素ステーションへの規制改革等によるコスト削減・導入支援								
●製造	水電解装置等の大型化等支援・性能評価環境整備								
●水電解	海外展開支援(先行する海外市場の獲得)					平FIT再生エネの活用等を通じた普及拡大			
	余剰再生エネ活用のための国内市場環境整備(上げDR等)等を通じた社会実証促進								
●革新的技術	革新的技術(光触媒、固体酸化物形水電解、高温ガス炉等の高温熱源を用いた水素製造等)の研究開発・実証					導入支援			
●分野横断	福島や発電所等を含む港湾・臨海部、空港等における、水素利活用実証					インフラ等の整備に伴う全国への利活用拡大			
	再生エネ等の地域資源を活用した自立分散型エネルギーシステムの実証・移行支援・普及 クリーン水素の定義等の国際標準化に向けた国際連携								
資源国との関係強化、需要国の積極的な開拓を通じた国際水素市場の確立									
洋上風力、カーボンリサイクル・マテリアル及び、ライフスタイル関連産業の実行計画と連携									

・アンモニア



・電化の促進

[運輸(電動化(自動車、航空機、船舶))]



[産業(マテリアル分野)]

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	~2030年	~2040年	~2050年
金属素材	輸送用機械の軽量化・高速化・電動化に資する金属素材を開発 社会インフラ設備(洋上風力、水素貯蔵、ケーブル等)の性能向上と低コスト化に資する金属材料の開発					導入・拡大	商用的拡大	商用的拡大
精練・圧延手法	COURSE50(水素活用等でCO ₂ ▲30%)の大規模実証 水素還元製鉄、電炉拡大の技術開発 精練、圧延、加工プロセスの省エネに必要な基礎技術の開発 国際的協力枠組の構築(過剰生産能力への対応、メタルブレッドの確保)、開発した省エネ・CO ₂ 削減技術が適切に評価される国際標準の策定を推進					導入支援 実証	技術確立 導入・拡大	導入支援

[民生(ZEB、ZEH)]

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	~2030年	~2040年	~2050年
高性能住宅・建築物	広報等による認知度の向上や事業者等支援、太陽光発電や蓄電池の導入促進等を通じたZEHの普及拡大 ZEH-Mの実証 省エネ性能の高い住宅・建築物の普及、省エネリフォームの拡大 ZEBの実証 広報等による認知度の向上や事業者等支援、太陽光発電や蓄電池の導入促進等を通じたZEBの導入拡大 ISO策定					★目標(2030年時) ・新築住宅/建築物の平均でZEH/ZEB	次世代太陽電池を搭載したZEH・ZEBの実証・実用化 消費者等が負担する光熱費の大幅な低減 ヒートショック防止による健康リスクの低減 太陽光発電等の再エネ導入を促す制度整備	
●住宅・ZEH	ASEAN等への海外展開に向けたZEBの実証及び横展開 国際標準を活用した他国製品との差別化						自立的海外展開	
●建築物・ZEB								

・次世代電力マネジメント

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	~2030年	~2040年	~2050年
分散型エネルギー						★2030年頃における市場規模：約3,000億円～		
＜制度・市場整備＞	FIP制度への移行による変動再エネの市場統合 DERの価値取引市場の整備 ローカルレベルの混雑プライシング、市場取引							
＜多様なDERの活用※＞	定置用蓄電池のコスト低減・普及拡大 JET認証の運用改善等 ダイナミックプライシングの活用等による電動車充電シフト 車載用電池リユース 計量方法拡大による小型リソースの取引活用 ビッグデータ・AI/IoTの活用によるDERの最適制御							
●蓄電池	家庭用蓄電池のコスト目標：2030年まで7万円/kWh(工事費を含む蓄電システム)							
●需要側リソース	次世代スマートメーターの導入・活用							
次世代グリッド	想定潮流予測技術・データ分析技術の高度化 リアルタイム情報把握・統合制御技術の開発・実証・確立 ノンファーム型接続の拡大 大規模需要への託送料金等によるインセンティブ付与 再給電方式の導入 慣性力提供技術(次世代インバーター・系統制御方式)の開発 ダイナミックレーティング等の実証・導入 マスタープランの策定 地域間連系線の整備 長距離直流送電システムの開発・整備						市場主導型(ゾーン制・ノード制)への移行 慣性力の確保等(グリッドコード化や市場開設)	
●配電系統								
●送電系統								
●海外展開	海外展開を後押し(スマートグリッド、海底直流送電関連)							
マイクログリッド	構築モデル事業の実施と知見の共有 関係者間調整の容易化(配電事業ライセンスの運用明確化、ベストプラクティスの共有) ビジネスモデルの形成(レジリエンス価値の明確化、他の公共的サービスとの一体化)、海外展開							