

低炭素社会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に、エネルギー安定供給、経済性、環境保全の同時達成を目指す「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。

その後の至近の国内動向としては、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ところである。

このたび、地球規模でのCO₂排出削減による低炭素社会の実現に向けて、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、「低炭素社会実行計画」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. 低炭素社会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、エネルギー安定供給、経済性、環境保全、すなわち「S + 3 E」の同時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より、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。

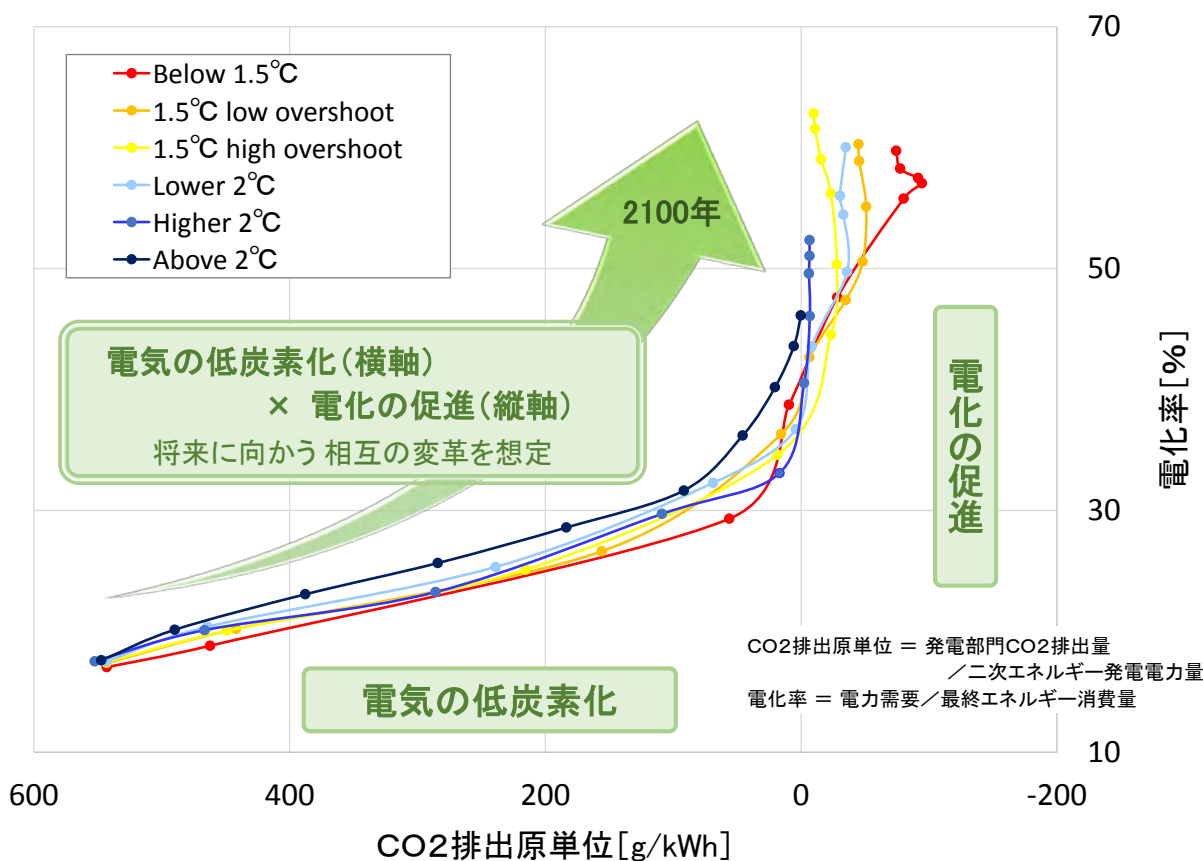
このためには、従来からの普遍的な取組みを継続しつつ、電力供給サービスのさらなる高度化に向けた課題解決を果たすための「**イノベーション**」を通じた革新的技術の実用化に向けて、官民一体となって努力していくとともに、国内に捉われない地球規模でのCO₂ 排出削減に向けて、我が国の最先端技術による低炭素型インフラ技術の輸出ならびに自らの海外事業の展開による「**海外貢献**」に積極的に取り組んでいく所存である。

3. 具体的施策

(1) 将来に向けた「電気の低炭素化」と「電化の促進」

以下のグラフは「IPCC1.5°C特別報告書^{*}」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定要素はあるものの、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。

※ IPCC 1.5°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。

「電気の低炭素化」と「電化の促進」のための普遍的な取組み

電気の低炭素化			
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 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

USC：超々臨界圧火力発電

IGCC：石炭ガス化複合発電

DSS：日間起動停止

A-USC：先進超々臨界圧火力発電

IGFC：石炭ガス化燃料電池複合発電

AHAT：高温分空気利用ガスタービン

(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

電気の低炭素化			
原子力	小型モジュール炉		
	溶融塩炉		
	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	
火力	利用	水素発電	
		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℃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うえ、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、国際協力が進められているトカマク方式の ITER 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がなく、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。

＜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。

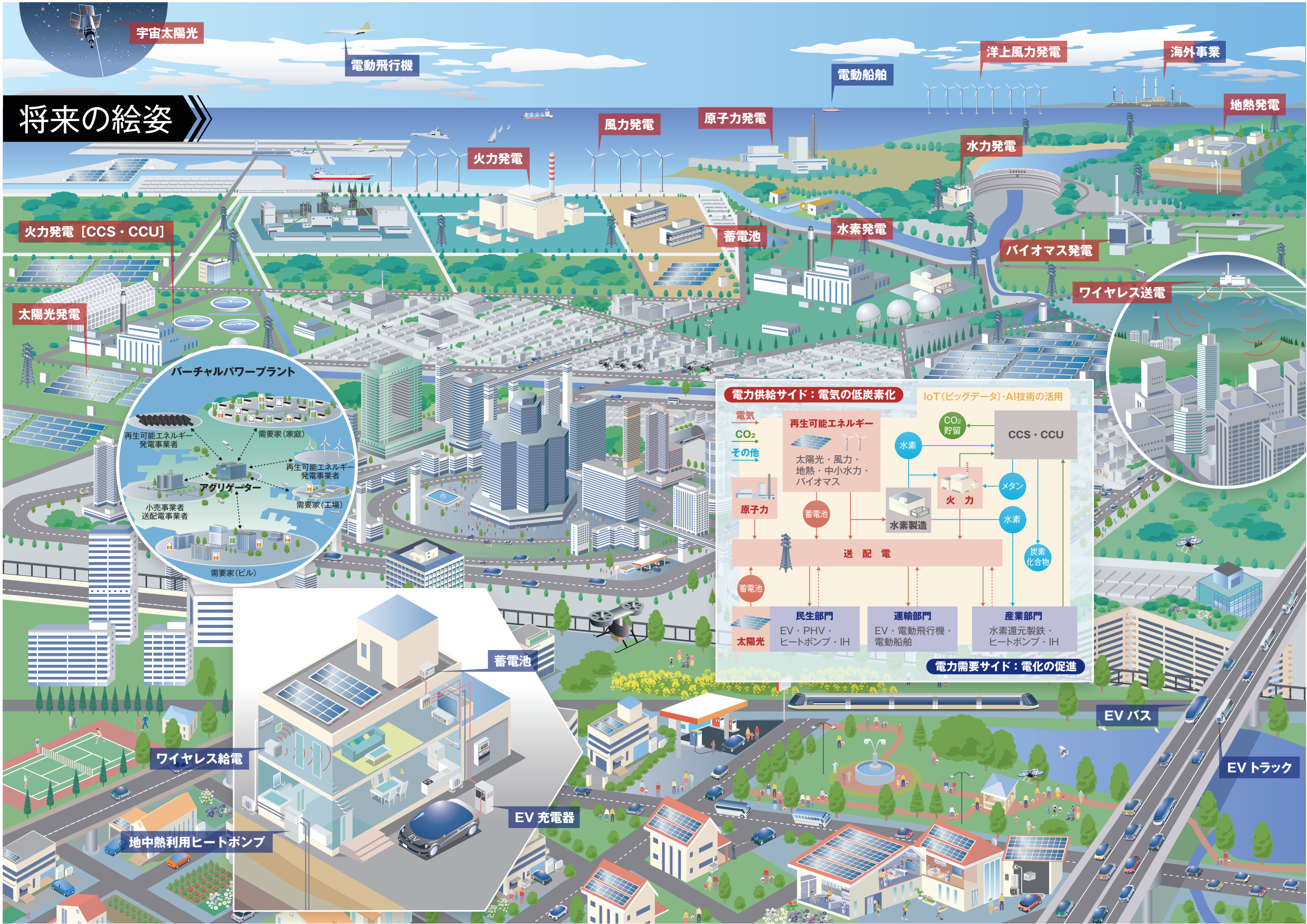
4. おわりに

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。

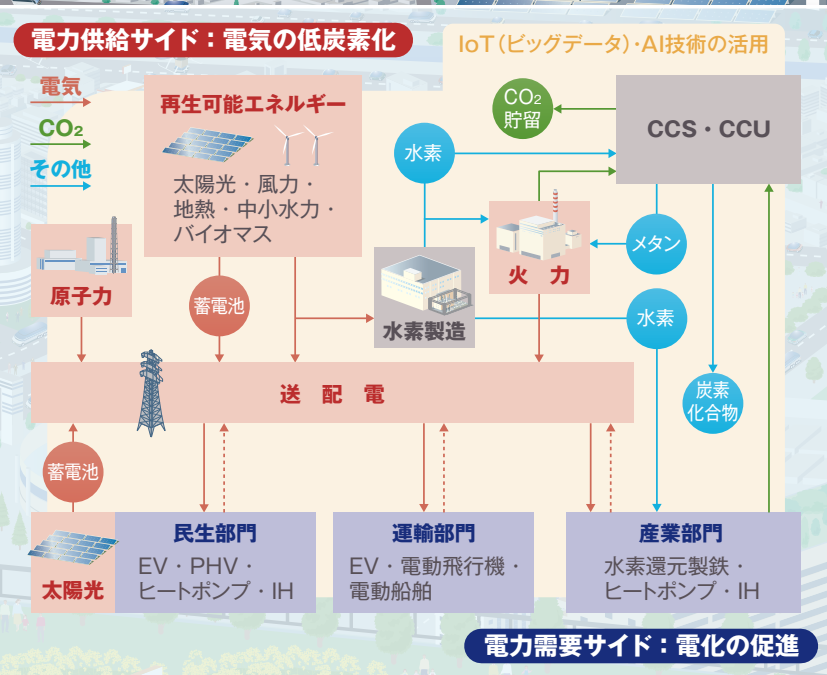
当会は事業形態・事業規模の異なる電気事業者によって構成される団体ではあるが、いずれもエネルギーインフラを担う事業者として、地球規模でのCO₂排出削減のために「S+3E」をさらに高いレベルで達成しつつ、徹底した省エネルギーと最適なエネルギー構成を前提として、「**電気の低炭素化**」と「**電化の促進**」を両輪とする総合的な電力供給サービスの向上に向けた不断の努力を通じて、将来的な低炭素社会の実現に向けて貢献していくことは共通の理念である。次ページに将来の絵姿を示す。

そのうえで、まずは「低炭素社会実行計画」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。



将来の絵姿



電気事業低炭素社会協議会 会員事業者一覧

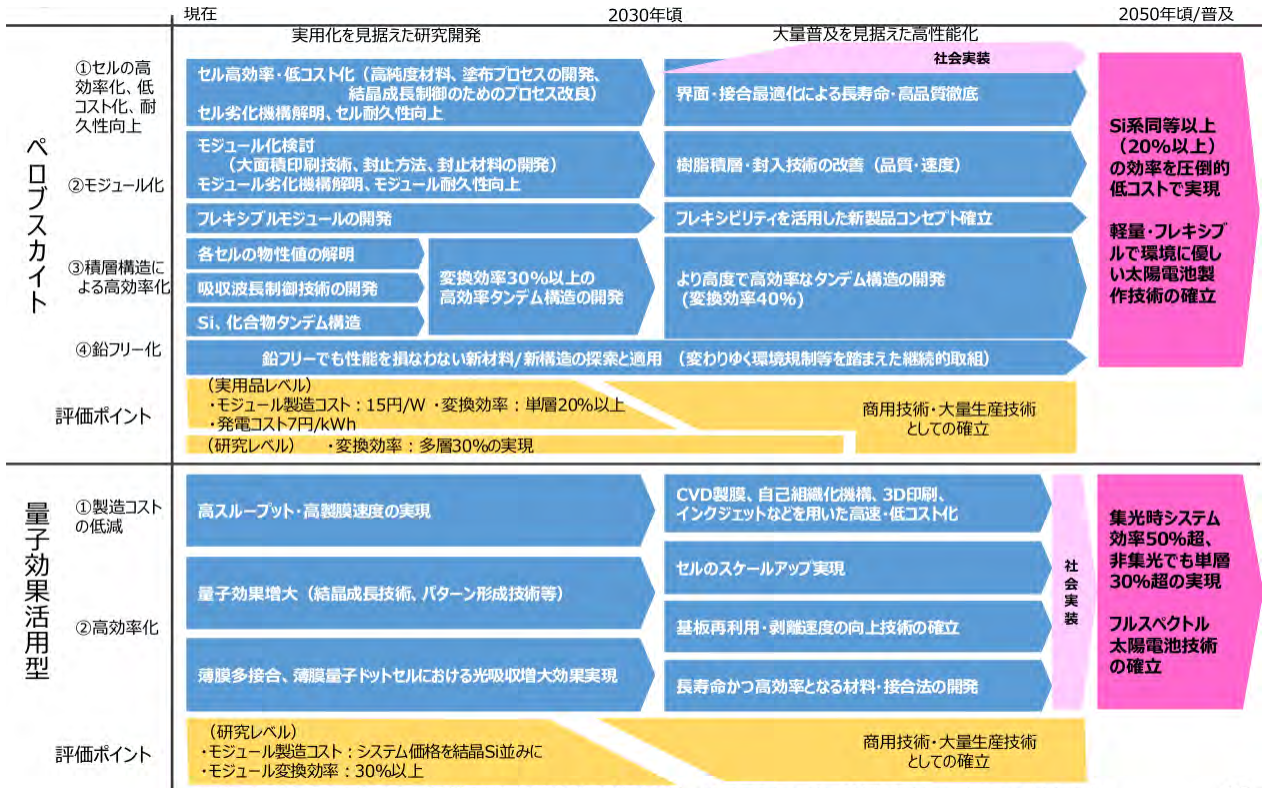
(2019年10月時点)

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)
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
MC リテールエナジー(株)	大阪ガス(株)
沖縄電力(株)	(株)オブテージ
オリックス(株)	関西電力(株)
(株)関電エネルギーソリューション	九州電力(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)	JXTG エネルギー(株)
(株)JERA	四国電力(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)
中部電力(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)	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)	東北電力(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)	北海道電力(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)
(株)Loop	—

合計 47 社 会社名は五十音順

参考：革新的技術に係る開発ロードマップ（各検討体の公表資料より）

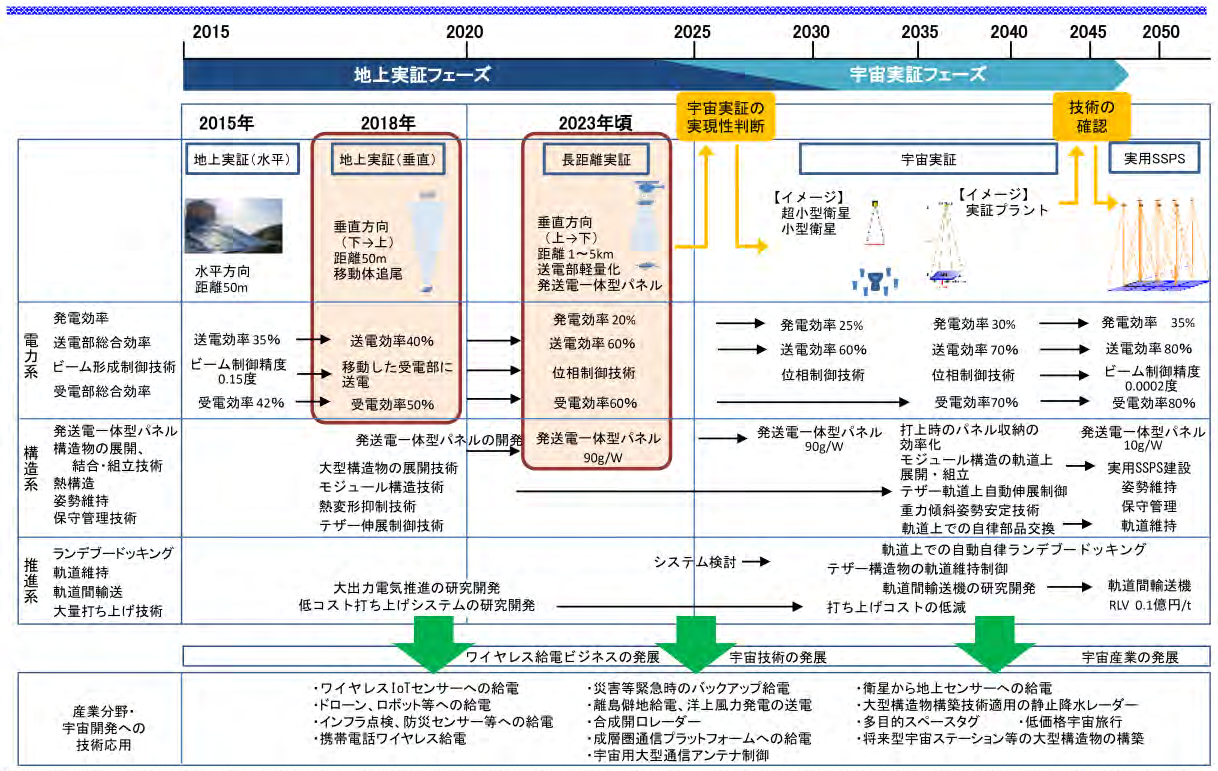
ペロブスカイト太陽電池・量子ドット太陽電池



※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。

引用元：「エネルギー・環境イノベーション戦略に関するロードマップ」
（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 - 内閣府）

宇宙太陽光発電



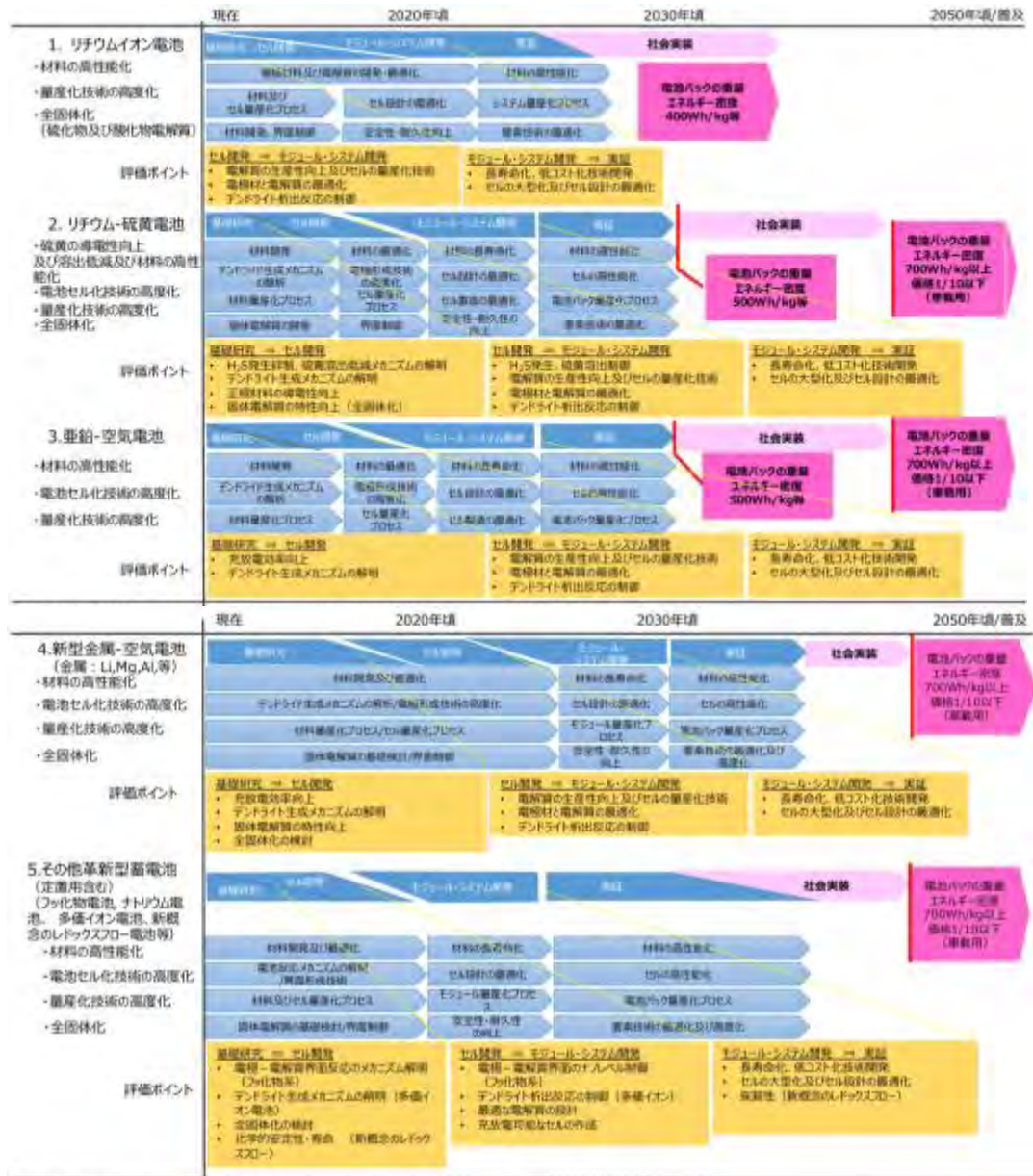
引用元：発電機一体型宇宙太陽光発電システム2006モデル研究開発ロードマップ2016年度改訂版
(一般財団法人 宇宙システム開発利用推進機構)

超臨界地熱発電



引用元：「エネルギー・環境イノベーション戦略に関するロードマップ」
(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 - 内閣府)

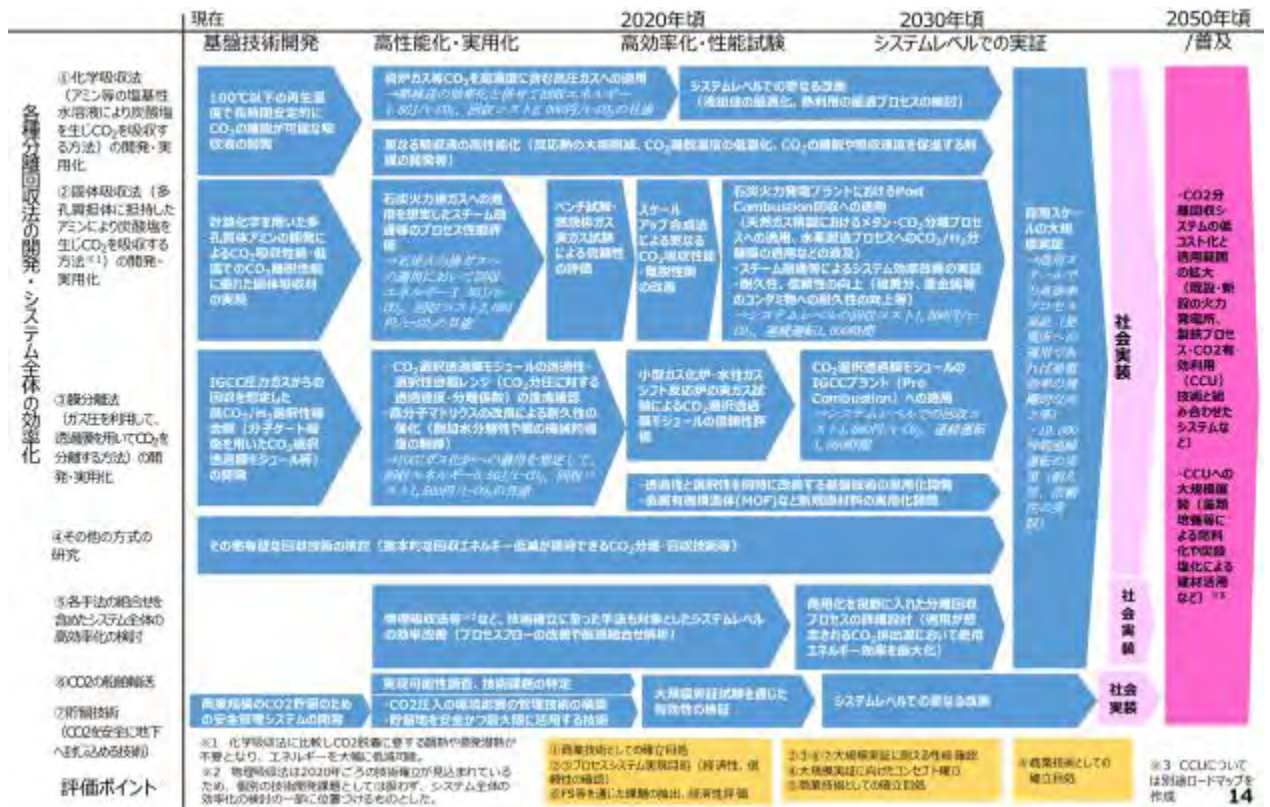
全固体リチウムイオン電池・革新型蓄電池



(注) 電池パックのエネルギー密度を目標とする。従来200Wh/kg程度のエネルギー密度を有する電池と、2030年頃標準を達成する電池とを比較し、平均的なコスト増減を示している。

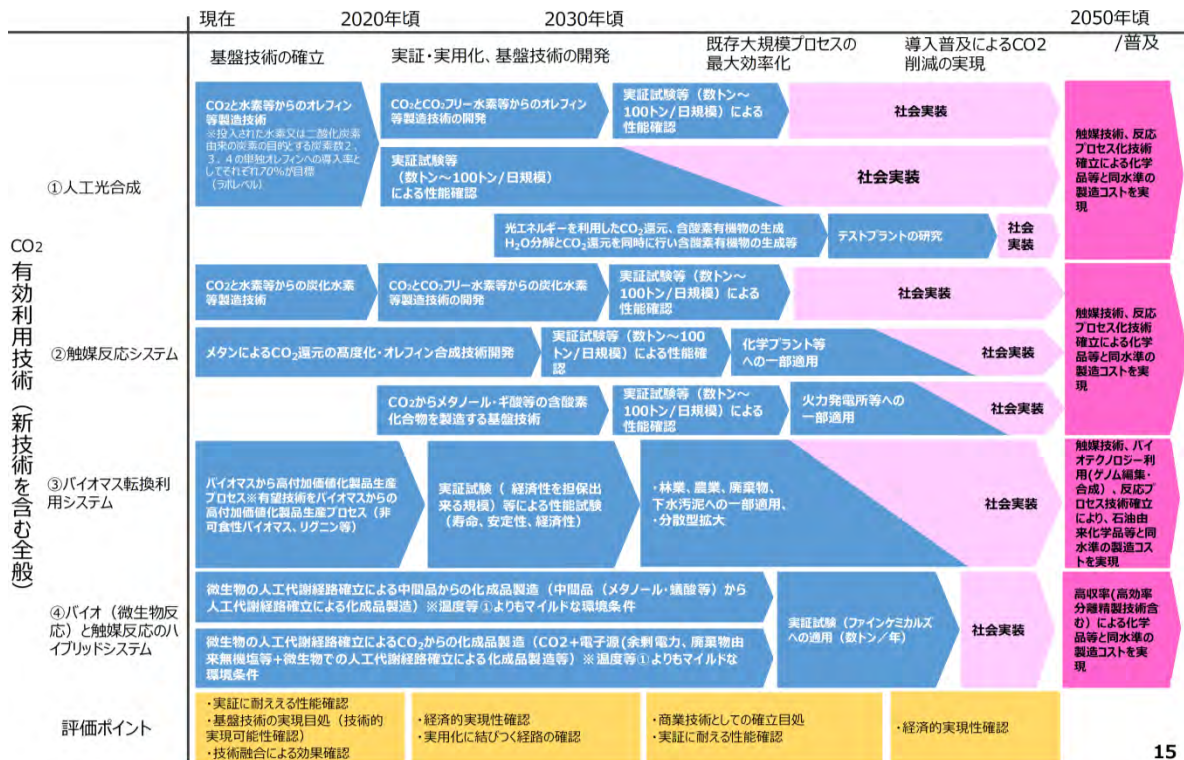
引用元：「エネルギー・環境イノベーション戦略に関するロードマップ」
(エネルギー・環境イノベーション戦略推進ワーキンググループ - 内閣府)

CCS (Carbon dioxide Capture and Storage)



引用元：「エネルギー・環境イノベーション戦略に関するロードマップ」
(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 - 内閣府)

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



15

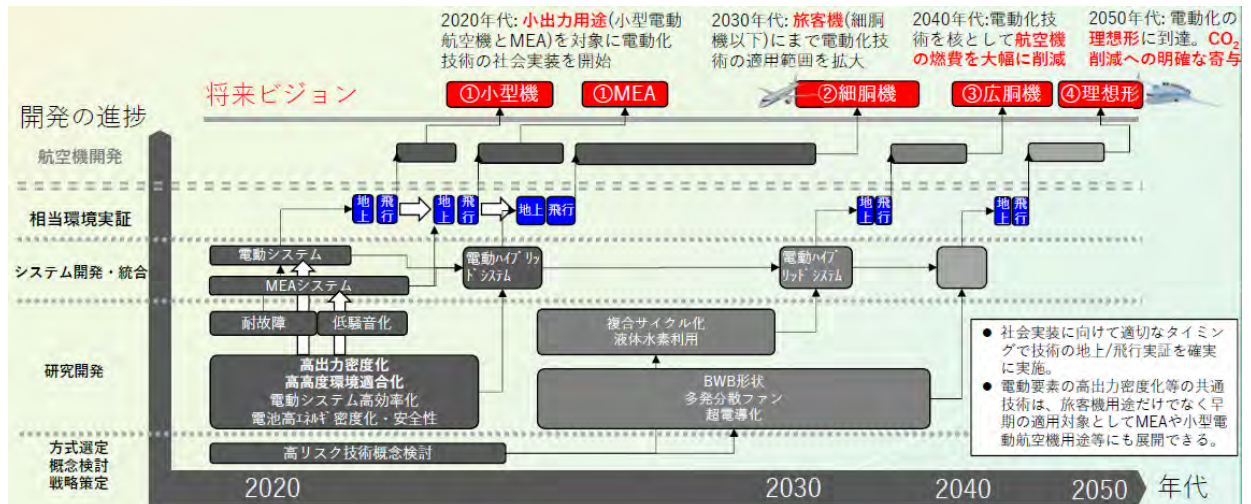
引用元：「エネルギー・環境イノベーション戦略に関するロードマップ」
(エネルギー・環境イノベーション戦略推進ワーキンググループ - 内閣府)

水素サプライチェーン



引用元：「エネルギー・環境イノベーション戦略に関するロードマップ」
(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 - 内閣府)

航空機の電動化



引用元：「航空機電動化 将来ビジョン ver.1」
(航空機電動化(ECLAIR)コンソーシアム - JAXA)