

火力発電を取り巻く情勢について

2021年4月9日

資源エネルギー庁

- 1. カーボンニュートラルに関する動向**
2. 火力の脱炭素化に向けた取組
 - (1) CCUS、水素・アンモニア混焼
 - (2) カーボンプライシング
3. 今後の供給力の見通し

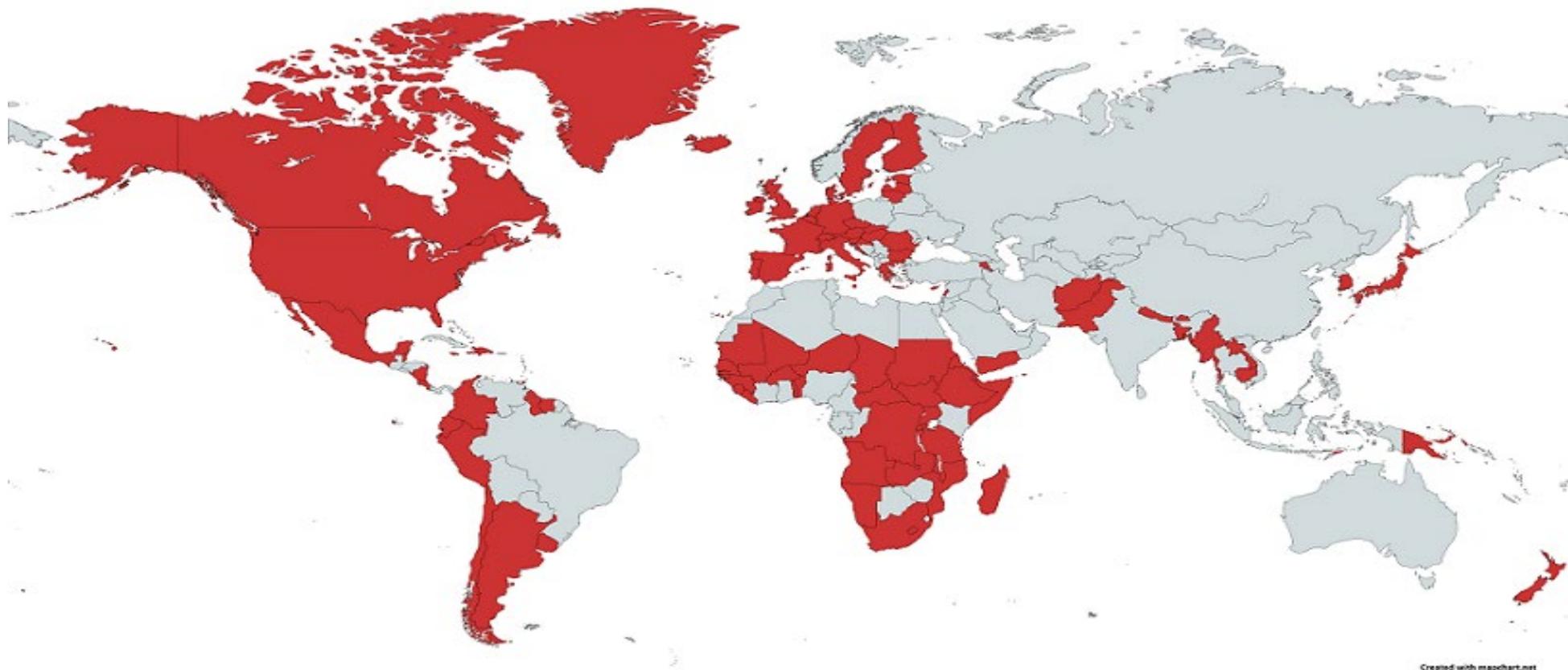
2050年カーボンニュートラルにコミットしている国

- 2050年までのカーボンニュートラル（CO2排出をネットゼロに）を表明：**124カ国・1地域**。
- これらの国における世界全体のCO2排出量に占める割合は**37.7%**（2017年実績 ※エネルギー起源CO2のみ）
- 中国（28.2%）・ブラジル(1.3%)は2060年カーボンニュートラルを表明。※ブラジルは条件付き

2050年までのカーボンニュートラルを表明した国

124カ国・1地域

※全世界のCO2排出量に占める割合は37.7%（2017年実績）



(参考) パリ協定における目標とカーボンニュートラル

- 地球温暖化問題の解決が喫緊の課題となる中で、2015年にパリ協定が採択。(2020年からパリ協定の運用が開始)
- 平均気温上昇を産業革命以前に比べ、**2℃より十分低く保ち**、(2℃目標)、「**1.5℃に抑える努力を追求**」(努力目標) するために、**今世紀後半の「カーボンニュートラルの実現」**に取り組む。

<パリ協定>

目標

- 平均気温上昇を産業革命以前に比べ
「**2℃より十分低く保つ**」(2℃目標)
「**1.5℃に抑える努力を追求**」(努力目標)
- このため、「**早期に温室効果ガス排出量をピークアウト**」+「**今世紀後半のカーボンニュートラルの実現**」

パリ協定 4条1項

締約国は、第二条に定める長期的な気温に関する目標※を達成するため、衡平に基づき並びに持続可能な開発及び貧困を撲滅するための努力の文脈において、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を達成するために、開発途上締約国の温室効果ガスの排出量がピークに達するまでに一層長い期間を要することを認識しつつ、世界全体の温室効果ガスの排出量ができる限り速やかにピークに達すること及びその後は利用可能な最良の科学に基づいて迅速な削減に取り組むことを目的とする。

※「長期的な気温に関する目標」：2度目標、1.5度努力目標

カーボンニュートラル(CN)を巡る動向

- 世界で120以上の国家、グローバル企業などが続々とカーボンニュートラルを表明する中、企業・産業界・国のそれぞれのレベルで、脱炭素社会に向けた大競争時代に突入。気候変動対策と統合的なビジネス戦略・国家戦略が、国際競争力の前提条件になりつつある。

事業活動における脱炭素化

海外に加え、日本でもサプライチェーン全体での脱炭素化を目指す動きが見られる

		目標年	
海外	Microsoft (IT)	2030	カーボンニュートラル
	Apple (IT)	2030	
国内	武田薬品工業 (製薬)	2040	
	リコー (エレクトロニクス)	2050	
	キリン (食料品)	2050	

投資家の動向

世界的にESG投資（2018年：3000兆円）が伸びる中、日本でも環境ファイナンスが拡大

<世界全体のESG投資額推移（兆USD）>



<サステナブルファイナンス目標（うち環境関連）>

	目標金額	目標年度
3メガバンク	30兆円	2029～2030

(出典) GSIA "Global Sustainable Investment Review" 各社プレスリリース

企業価値評価への導入

企業価値評価において、脱炭素の水準を考慮する動きが見られる

<TCFD>

提言書の中で、インターナル・カーボンプライシングの設定を推奨。

<CDP>

国際的なイニシアチブであるCDPは、企業への気候変動の質問書におけるカテゴリーの1つとして、カーボンプライシングを設定し、気候変動の取組を評価。

企業

CSRの一環で環境活動を実施



ESGやSDGsなど
経営課題として対応

産業界

自社内で低炭素化へ取組



サプライチェーン全体で
脱炭素化へ取組

国

環境対応コストが低い方が
立地競争上優位



環境対応への遅れが
立地競争上不利に

2050年カーボンニュートラル

- 菅内閣総理大臣は2020年10月26日の所信表明演説において、我が国が2050年にカーボンニュートラル（温室効果ガスの排出と吸収でネットゼロを意味する概念）を目指すことを宣言。
- カーボンニュートラルの実現に向けては、温室効果ガス（CO2以外のメタン、フロンなども含む）の85%、CO2の93%を排出するエネルギー部門の取組が重要。
- 次期エネルギー基本計画においては、エネルギー分野を中心とした2050年のカーボンニュートラルに向けた道筋を示すとともに、2050年への道筋を踏まえ、取り組むべき政策を示す。

10月26日総理所信表明演説（抜粋）

<グリーン社会の実現>

我が国は、2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すことを、ここに宣言いたします。

（中略）

省エネルギーを徹底し、再生可能エネルギーを最大限導入するとともに、安全最優先で原子力政策を進めることで、安定的なエネルギー供給を確立します。長年続けてきた石炭火力発電に対する政策を抜本的に転換します。

10月26日梶山経産大臣会見（抜粋）

（中略）

カーボンニュートラルに向けては、温室効果ガスの8割以上を占めるエネルギー分野の取組が特に重要です。カーボンニュートラル社会では、電力需要の増加も見込まれますが、これに対応するため、再エネ、原子力など使えるものを最大限活用するとともに、水素など新たな選択肢も追求をしてまいります。

(参考) 日本における2015年以降のエネルギー・環境政策の動き

※黒太字は閣議決定したもの

2014年	4月	第4次エネルギー基本計画	東日本大震災後、最初の基本計画
2015年	5月	発電コスト等に関する報告書	
	7月	エネルギーミックス策定	
	12月	パリ協定採択	
2016年	4月	電力小売り全面自由化	
	5月	地球温暖化対策計画策定	2050年 GHG▲80%を目指す
	11月	パリ協定発効	2050年 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を達成 世界全体の平均気温の上昇を工業化以前よりも2℃高い水準を十分に下回るものに抑えるとともに、1.5℃高い水準まで制限するための努力を継続
2017年	12月	水素基本戦略	2030年 2050年に向けた行動計画 国際サプライチェーン構築・国内再エネ由来水素製造技術確立
			2050年 水素社会実現に向けたビジョン CO2フリー水素の実現
2018年	7月	第5次エネルギー基本計画策定	2030年 エネルギーミックスの確実な実現 2050年 エネルギー転換・脱炭素化への挑戦
2019年	6月	パリ協定長期成長戦略策定	2050年 GHG▲80%に大胆に取り組む 環境と成長の好循環 今世紀後半のできるだけ早期に脱炭素社会の実現-
2020年	3月	日本のNDC (国が決定する貢献) 提出	「2030年度に2013年度比▲26%」の水準にとどまることなく、中期・長期の両面で温室効果ガスの更なる削減努力を追求
	4月	送配電の法的分離	
	10月	菅総理所信表明演説	2050年 カーボンニュートラルを宣言
2022年	4月	FIP制度開始 (予定)	

我が国の目標と各国目標

- **中期目標**：温室効果ガスの排出量を2030年度までに26%削減（2013年度比）
（位置づけ）技術制約、コスト等を考慮し、裏付けある対策・施策の積み上げによる実行可能な目標
- **長期目標**：温室効果ガスの排出量を2050年までに80%削減（基準年なし）
脱炭素社会を今世紀後半のできる限り早期、2050年にできるだけ近い時期に実現
（位置づけ）将来ビジョン。政策の方向性を示し、将来の予見可能性を高め、投資を拡大するための目標
→昨年10月26日、臨時国会における菅総理の所信表明演説において、2050年カーボンニュートラルを宣言

各国比較		
	中期目標	長期目標
EU	2030年少なくとも▲55%（1990年比） ※NDC再提出（12月17日） ※2013年比▲44%相当	<u>2050年カーボンニュートラル</u>
英国	2030年までに少なくとも▲68%（1990年比） ※2013年比▲55.2%相当	<u>2050年少なくとも▲100%（1990年比）</u>
米国	2025年までに▲26～28%（2005年比） ※4月の気候サミットで新たな目標を発表予定。	2050年までの <u>GHG排出ネットゼロ</u> を表明
中国	2030年までに排出量を削減に転じさせる、 GDPあたりCO ₂ 排出量を2005年比65%超削減 （前者は今年の国連総会、後者は気候野心サミット 2020で習主席が表明）	<u>2060年カーボンニュートラル</u> （今年の国連総会で習主席が表明）

(参考) 主な国際スケジュール

- 気候変動問題を重視する**バイデン政権の誕生**もあり、エネルギー・気候変動問題を巡る国際的な議論が、今後、**欧州・米国を中心に活発化**していくことが予想される。
- **11月のCOP26に向け、気候変動サミット、G7、国連総会、G20等で温暖化対策が中心議題になる見込み。**

4月22日

- **米国主催の気候変動サミット**

5月 (P)

- **G7気候・環境大臣会合**

6月11-13日

- **G7サミット (英国コーンウォール)**

7月23日

- **G20エネルギー大臣会合、気候・エネルギー合同大臣会合@ナポリ**

9月21日

- **国連総会**

10月30-31日

- **G20首脳会合@ローマ**

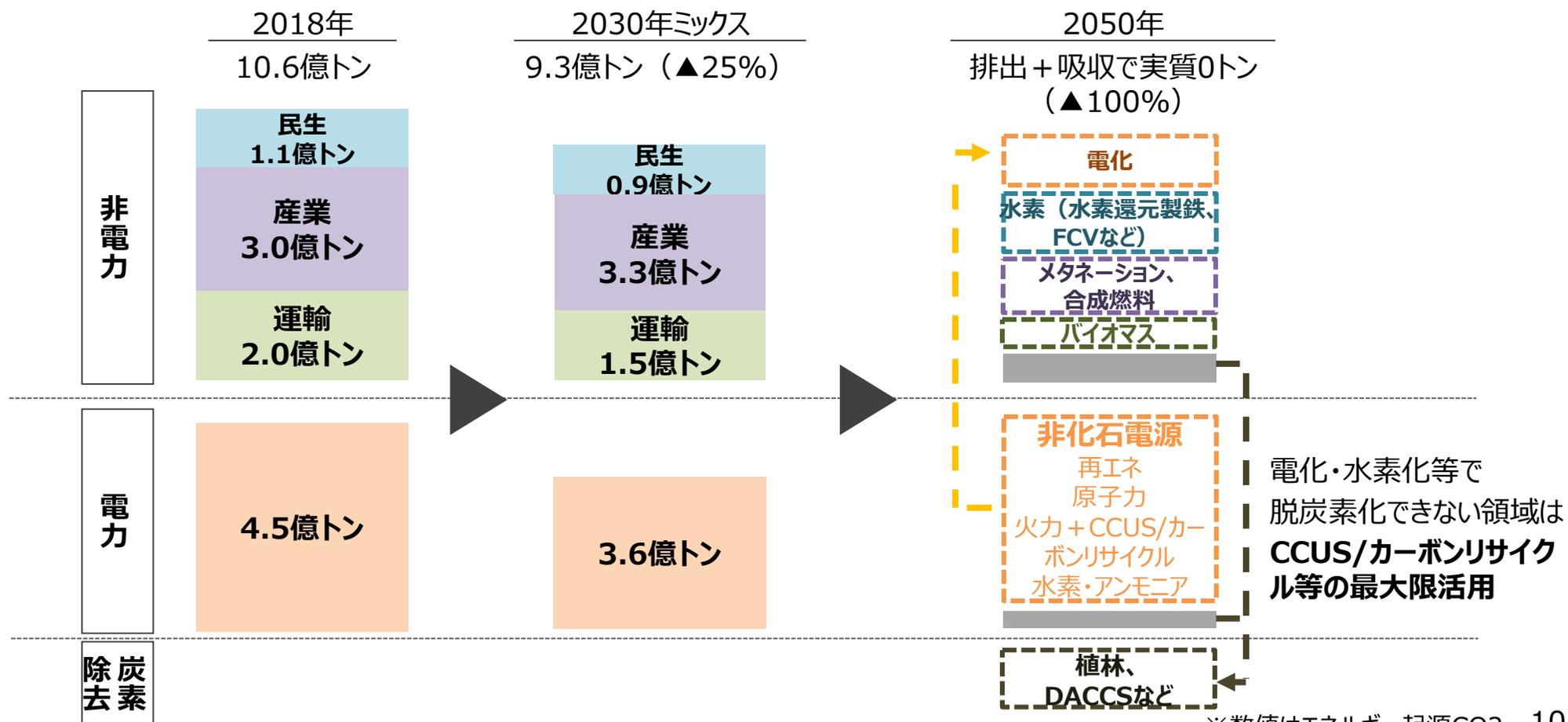
11月1~12日

- **COP26@英グラスゴー**

上記と並行して、**日米、日EU等の首脳レベルでも議論**

カーボンニュートラルへの転換イメージ

- 社会全体としてカーボンニュートラルを実現するには、電力部門では非化石電源の拡大、産業・民生・運輸（非電力）部門（燃料利用・熱利用）においては、脱炭素化された電力による電化、水素化、メタネーション、合成燃料等を通じた脱炭素化を進めることが必要。
- こうした取組を進める上では、国民負担を抑制するため既存設備を最大限活用するとともに、需要サイドにおけるエネルギー転換への受容性を高めるなど、段階的な取組が必要。



カーボンニュートラル宣言企業例（CN宣言：95社） 2021年3月時点

第3回世界全体でのカーボンニュートラル実現のための経済的手法等のあり方に関する研究会（2021年3月23日）資料4 一部修正

業種	企業名	カーボンニュートラル目標
建設	西松建設	2030年までに実現
	大林組、鹿島建設、積水ハウス、東急建設	2050年までに実現。
食料品	アサヒ、キリン、サッポロ、サントリー	2050年までに実現。
自動車・ 自動車部品	デンソー	2035年までに実現。
	アイシン精機、いすゞ自動車、イビデン、豊田自動織機、トヨタ紡織、ホンダ、日産	2050年までに実現。
エレクトロニクス	コニカミノルタ、シーメンス	2030年までに実現。
	アズビル、オムロン、シャープ、ソニー、NEC、Panasonic、富士通、マクセル、リコー、村田製作所	2050年までに実現。
化学・製薬	武田薬品工業	2040年までに実現。
	小野薬品工業、栗田工業、積水化学工業、中外製薬、デンカ、富士フィルム、三井化学、ライオン、住友ベークライト、トクヤマ、JSR	2050年までに実現。
産業機械	DMG森精機	2021年までに実現。
	日立製作所、日立ハイテク	2030年までに実現。
	アドバンテスト、カシオ計算機、川崎重工業、クボタ、シチズン時計、ダイキン工業 三菱重工業、安川電機	2050年までに実現。
その他製造業	王子HD、住友大阪セメント、大日本印刷、帝人、フジクラ、北越コーポレーション ユニ・チャーム、LIXIL、ブリヂストン、太平洋セメント、AGC、日本製鉄	2050年までに実現。
電気	沖縄電力、JERA、関西電力、中国電力、電源開発、中部電力、東北電力、四国電力	2050年までに実現。
ガス	東京ガス、大阪ガス	2050年までに実現。
石油	ENEOS	2040年までに実現。
	出光興産	2050年までに実現。
運輸	JR東日本、東急、日本航空、ヤマトHD	2050年までに実現。
商社	住友商事、三井物産	2050年までに実現。
その他サービス業	アスクル	2030年までに実現。
	イオン、伊藤忠テクノ、J.フロントリテイリング、セブン&アイHD、Zホールディングス、野村総合研究所、日本アジアグループ、日本ユニシス、日立キャピタル、ファミリーマート、ローソン、江崎グリコ	2050年までに実現。

※経団連やSBTウェブサイト等を参考にし、経済産業省が独自に作成。CNの範囲は企業によって異なり、自社事業の一部やバリューチェーン全体に及ぶものまでである。

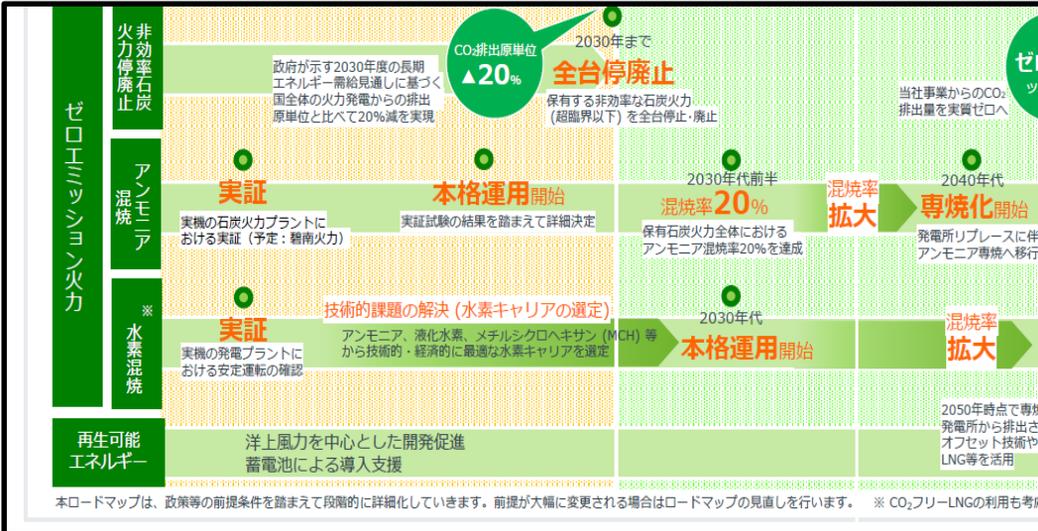
※本リストは経済産業省が4月1日時点で確認できたものであり、一部確認できていない可能性があることに留意。

(参考) 大手電力の2050年に向けた取り組み

- 2030年に向けた非効率火力削減計画を作成するとともに、**大手電力各社は2050年に向け、カーボンニュートラルの取組方針を公表**している。
- 社によっては**ロードマップ**を示す等、**カーボンニュートラルに向けた具体的な行動指針を表明**。

<取り組み事例>

・JERA：2020年10月13日公表



・電源開発：2021年2月26日公表



その他以下の事業者が2050年方針を公表

会社 公表日

沖縄電力	2020年12月8日	北海道電力	2020年3月19日	四国電力	2021年3月31日
関西電力	2021年2月26日	中部電力	2021年3月23日		
中国電力	2021年2月26日	東北電力	2021年3月24日		

1. **カーボンニュートラルに関する動向**
2. **火力の脱炭素化に向けた取組**
 - (1) **CCUS、水素・アンモニア混焼**
 - (2) **カーボンプライシング**
3. **今後の供給力の見通し**

2050年に向けた火力の活用に関する課題と対応の方向性

課題

方向性

① 環境負荷の低減

- 国内のCO₂排出量の4割以上が火力発電由来。また、うち約半数が石炭火力。
- 現在、高効率環境負荷低減に向け非効率火力のフェードアウトを検討しているところ。他方、2050年のカーボンニュートラルを目指す場合、電源由来のCO₂排出は限りなく0に近づけていく必要。

- **化石火力にCCUSの活用**することで、オフセットにするか、**水素やアンモニアを活用**し、火力燃料自体の脱炭素化を図る必要。

② 安定供給のための 必要容量の確保

- 戦後、高度経済成長期に石炭・石油火力といった化石燃料により、大量のエネルギーを供給する体制を構築してきた。
- また、震災直後、原子力の停止によって火力比率が増大。
- 足下で、非化石が拡大する中、設備利用率が低下し事業性に影響。他方、再エネの導入拡大や、安定供給上必要な供給力・調整力としての機能はより一層求められる。

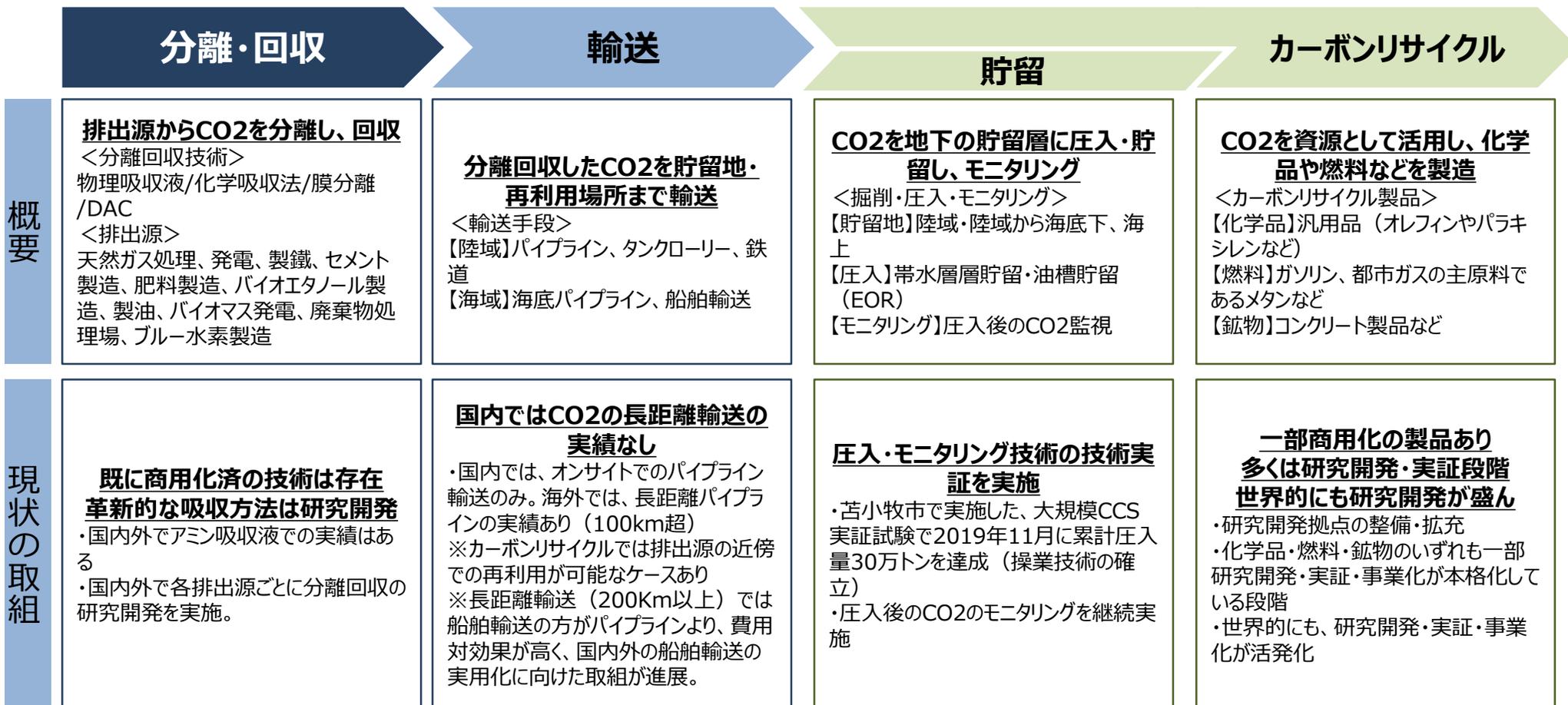
- 2050年に向けて非化石電源を最大限導入する中で安定供給を維持するためには、**供給力や調整力、慣性力といった機能を持つ火力発電を一定容量確保することが必要**。
- 活用に当たっては、(寿命を40年と仮定した時に、) 2050年断面でも一定量残存する**火力発電設備の脱炭素化を段階的に進めていくことが必要**。

③ 適切な ポートフォリオの 組み方

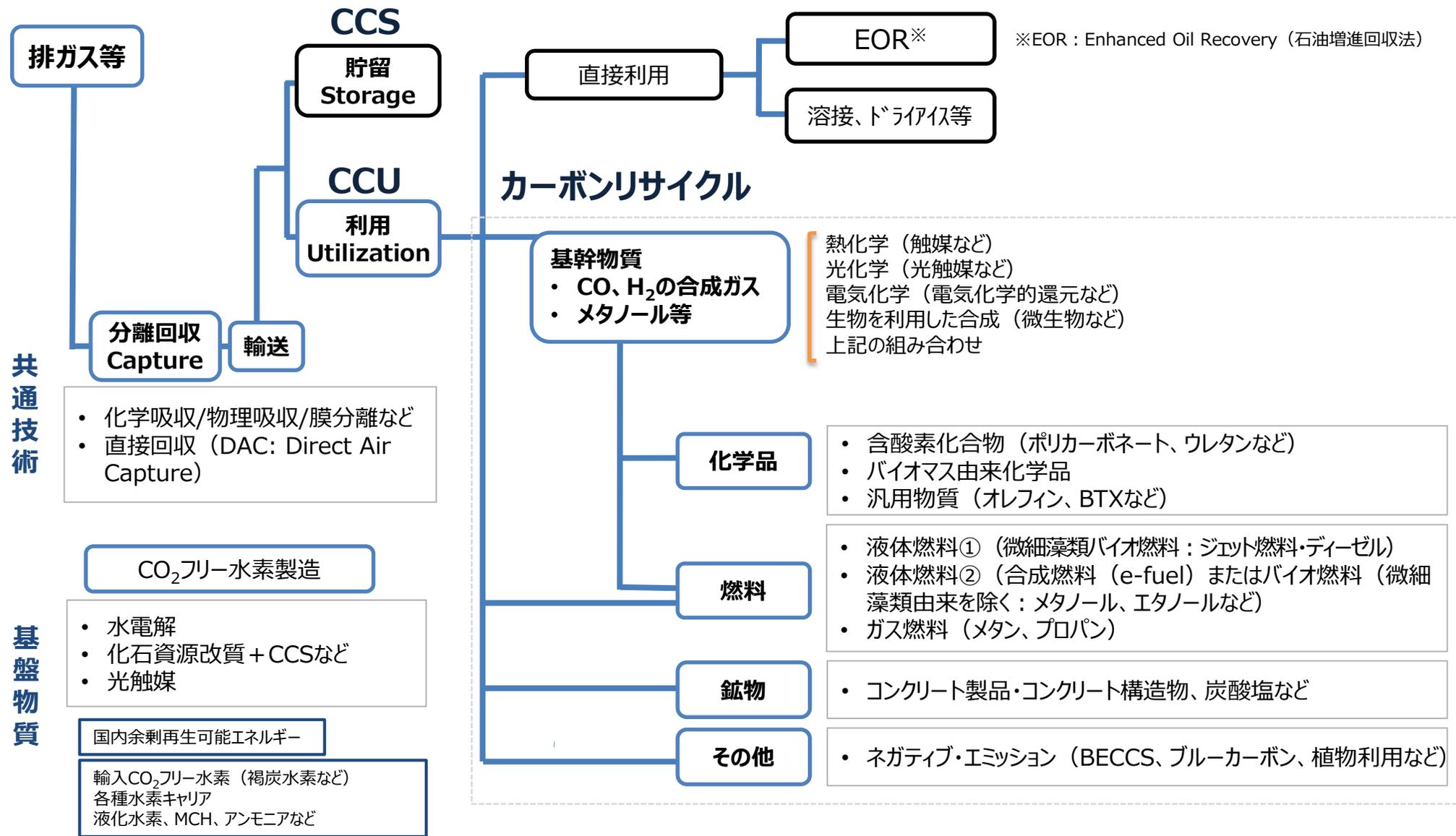
- 火力発電は今までも、石炭・LNG・石油間で、3Eにおいて一長一短が存在。
- 脱炭素化に向けても、技術ごとに3Eの観点から適切なポートフォリオを組むべきではないか。

- 化石+CCUSは、既存の火力発電がそのまま使える一方、適地や用途拡大の課題が存在。
- また、水素・アンモニアは国内外の供給体制構築や他部門での活用との兼ね合いなどの課題が存在。
- **脱炭素に向けては、脱炭素火力技術のそれぞれの熟度を勘案し、3Eを満たすポートフォリオの検討が必要**。

- 一貫した基礎技術は確立済であり、現在は大規模化・商用化に向けた実証を実施しているところ。
- 我が国企業が国際的に競争力を有する領域も多く存在。



CCUS/カーボンリサイクルの概念



- CCSには、石油・天然ガスの上流開発と一体となったものと、火力発電所等で発生したCO2を分離・回収し貯留するものが存在するが、現在、世界で稼働している大規模CCSプロジェクト26件のうち、21件をEORが占めるなど、上流開発と一体となったものが大半を占めている（2020年11月時点）。
- 上流開発に付随するCCSについては、海外における規制強化等によって上流開発時にCCSが義務化される事例もある中、CCS事業は莫大なコストがかかり、経済性が課題。
- 発電所等で発生したCO2を貯留するCCSについては、CCS技術（回収技術、輸送技術）の確立とともにCCS事業に係る国内制度整備や国内外のCCS適地の確保が必要。

現状と課題

CCS技術の確立・コスト低減とともに、 制度整備やCCS適地の確保が課題

○上流開発の脱炭素化

- ・一部の産出国政府による上流開発時におけるCCSの義務化など、上流開発を行う際のCO2排出削減対応が国際的に必須になりつつある。
- ・CCS事業は莫大なコストがかかるため、経済性が課題。欧米や豪州では、補助金や税制を通じた財政的支援や事業リスクを政府が負うなどの支援がある一方、我が国にはCCS事業への支援策が十分ではない。
- ・海外、特にポテンシャルが大きく安価に貯留が可能な東南アジア等近隣国におけるCCS適地の確保を進めることが必要。

○火力発電（国内）+ CCS

（技術的確立・コスト低減）

- ・CCSコストの大半を占める分離回収コストの低減が重要。
- ・CO2排出地・貯留適地を結ぶための低コストな長距離輸送技術の確立が課題。
- ・陸域からの貯留適地は限定的であり、海上から海底下の貯留技術の開発や掘削・貯留・モニタリングそれぞれについて低コスト化が必要。

（事業環境の整備）

- ・海外では法整備が進んでいる国・地域がある一方で、国内ではCCSに特化した法令がないことによる煩雑な手続きや過剰なコストが課題。

（CCS適地の確保）

- ・国内においては、探査・調査井の掘削等を通してより精緻な貯留適地の特定や、経済性・社会的受容性を考慮し、適地の選定が必要。

今後の取組

制度整備や適地確保を実施

○上流開発の脱炭素化

- ・上流開発の脱炭素化や国内外のCCS適地確保に向けた、JOGMECによる支援を充実させる。また、海外CCS等で創出したクレジットの付加価値化を図る。
- ・アジアCCUSネットワークの活用等を検討。

○火力発電（国内）+ CCS

（技術的確立・コスト低減）

- ・分離回収コスト低減に向けた技術開発
- ・低コストな船舶輸送技術の確立及びISO化の推進に加え、将来の大規模輸送を見据え、排出源の集積と幹線ネットワークを構築（ハブ＆クラスター）
- ・海底下貯留技術の技術開発やモニタリングの精緻化・自動化。

（事業環境の整備）

- ・CCS事業に係る国内法制度及び支援策等のビジネス環境の整備を検討。

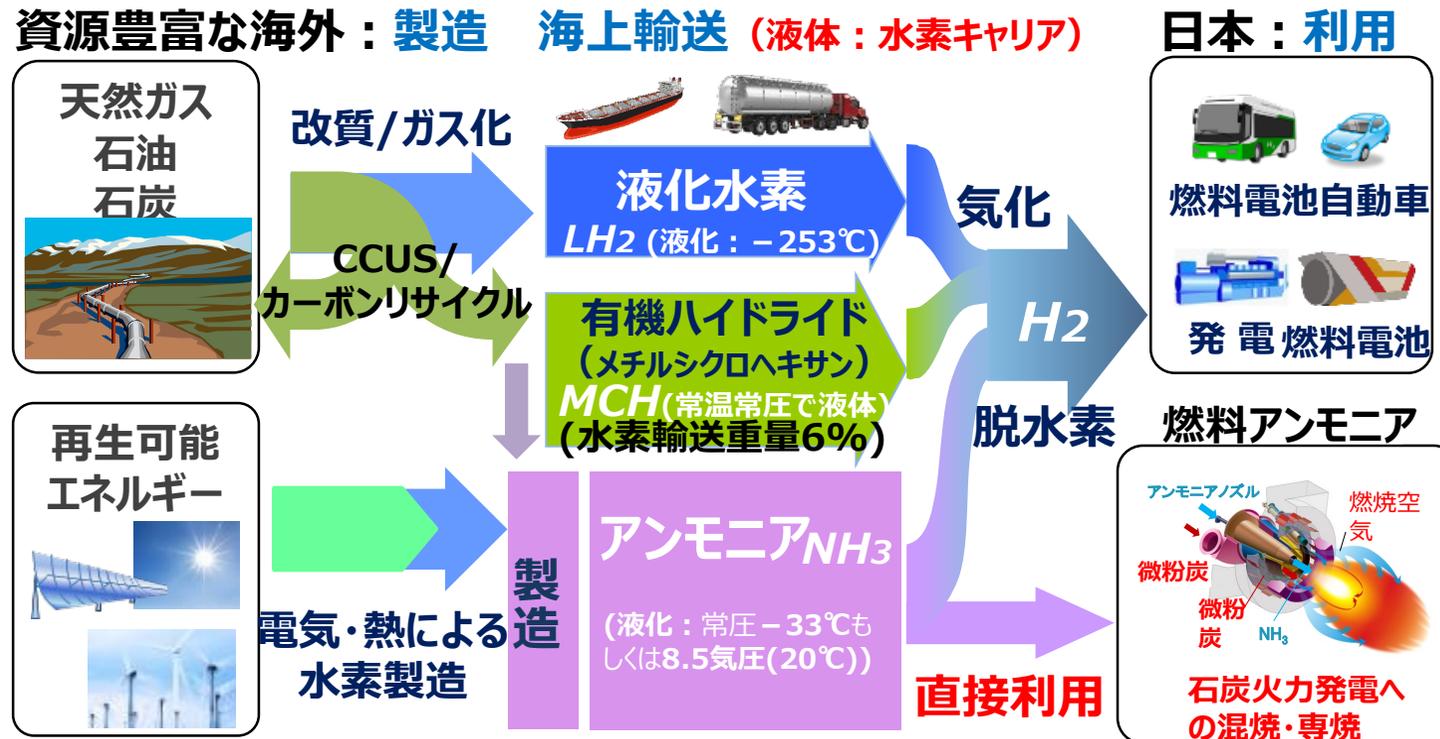
（CCS適地の確保）

- ・引き続き貯留適地調査を実施。
- ・アジアCCUSネットワークの活用等を検討。

CCS

水素及びアンモニア燃料の発電への活用

- 水素・アンモニアは燃焼してもCO₂を排出しないゼロエミッション燃料であり、火力発電への直接利用が可能。
- 発電においては大量の水素・アンモニアを調達する必要がある、基本的には資源が豊富な海外において製造し調達する事が合理的である。
- 水素は、現在FCV（燃料電池自動車）や石油精製プロセス等で利用され、今後は2030年の商用化を目指し、大規模な水素導入を可能とする国際水素サプライチェーン構築に関する技術開発等が行われている。船舶や航空機も含めた輸送分野、製鉄や化学といった産業分野と並び、発電は有望な利用先の一つ。
- アンモニアは、肥料を中心に原料アンモニア市場が存在しており、供給インフラには既存技術が活用可能。2020年代後半にも石炭火力発電所での混焼が可能となり、その後の普及、混焼率引き上げ、専焼化等を通じて、更なるカーボンニュートラルへの貢献が期待される。



	水素	アンモニア
概要	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 燃焼速度が比較的近いガス火力発電に水素を混入。水素の燃焼速度が速いため、その燃焼を制御する技術が必要。 ➤ 上記制御技術を使うことで、ガスタービンの水素専焼化も可能。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 発電用バーナーの中心にある再循環領域（高温・低酸素）にアンモニアを一定速度で投入することで、アンモニアの分解及び還元反応を促進しつつ、アンモニアを燃焼。 ➤ アンモニアは燃焼速度が石炭に近いことから、石炭火力での利用に適している。
現状の取組	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 小型器（1MW）での専焼は現在実機で実証を開始し、大型器（数十万kW級）は30%の混焼率を達成するための燃焼器の技術開発が完了。 ➤ コストが下がれば、2050年時点での有望な電源となり得るため、JERAも2030年頃からの混焼開始を目指すことを表明。他電力会社も活用に関心。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ NOx発生抑制が課題であったが、混焼バーナーの開発に成功。現在大容量での混焼試験を実施中、2021年度から2023年度まで、実機を活用した20%混焼の実証を予定。 ➤ こうした取組も踏まえ、JERAが2020年代後半からの火力発電での燃料アンモニアの活用に向けた計画を表明。その他電力会社も活用に関心。
強み	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 既存のガスタービン発電設備のタービン部など多くの設備をそのまま利用可能、アセットを有効活用出来る。 ➤ 調整力、慣性力機能を具備しており、系統運用安定化に資する。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 既に肥料用途を中心にアンモニア市場が存在。既存の製造・輸送・貯蔵技術を活用したインフラ整備が可能。 ➤ -33℃（常圧）で液化が可能であるため、輸送や貯蔵コストの抑制が可能。
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 一カ所で大規模な水素需要を創出し、水素の活用を更に高めるための国際サプライチェーン構築に大きく貢献出来る。 ➤ 水素専焼の技術開発に見通し有。 	
弱み	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 液化水素の場合、脆化に加え、極低温という厳しい環境に耐える材質を使う必要。 ➤ MCHやアンモニアを水素キャリアとして使う場合、脱水素行程でもエネルギーを使う。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 混焼率向上、専焼化にあたってはNOxの抑制技術、発電に必要な熱量を確保するための収熱技術が必要。 ➤ 毒性があるため、取り扱いには配慮が必要。

脱炭素燃料 水素

- 水素は、発電・産業・運輸など幅広く活用されるカーボンニュートラルのキーテクノロジー。日本が先行し、欧州・韓国も戦略等を策定し、追随。今後は**新たな資源と位置付けて、自動車用途だけでなく、幅広いプレイヤーを巻き込む**。
 - 目標：導入量拡大を通じて、水素発電コストをガス火力以下に低減(水素コスト:20円/Nm3程度以下)。2050年に**化石燃料に対して十分な競争力を有する水準**を目指す。導入量は**2030年に最大300万トン、2050年に2,000万トン程度**を目指す。
- ※うち、グリーン水素(化石燃料+CCUS、再エネなどから製造された水素)の供給量は2030年の独の再エネ由来水素供給量(約42万トン/年)を超える水準を目指す。

	現状と課題	今後の取組
利用 ①水素発電タービン ②FCトラック ③水素還元製鉄	① 水素発電タービン:実機での実証がまだ完了しておらず、商用化が課題 ・日本企業が発電タービンの燃焼技術(燃えやすい水素の燃焼をタービンの中で制御する技術)で世界的に先行。 ・潜在国内水素需要:約500~1,000万トン/年 ② FCトラック:実機実証中。商用化が課題 ・日本企業が企業間連合を組み、世界に先駆けて乗用車を商用化した知見も生かしつつ、開発中。海外企業も開発を加速。 ・潜在国内水素需要:約600万トン/年 ③ 水素還元製鉄:技術未確立、大量かつ安価な水素の調達 が課題 ・欧州の鉄鋼業界も含めて、各国企業が技術開発を実施中 ・潜在国内水素需要:約700万トン/年	① 水素発電タービン:先行して市場を立ち上げ、アジア等に輸出 ・世界市場展望:2050年時点で累積容量は最大約3億kW(タービン市場は最大約23兆円) ・ 実機での安定燃焼性の実証を支援 し、商用化を加速 ・電力会社への カーボンフリー電力の調達義務化 と、 取引市場の活用 。再エネ、原子力と並んで、 カーボンフリー電源としての水素を評価 し、水素を活用すればインセンティブを受け取れる電力市場を整備 ② FCトラック:世界と同時に国内市場を立ち上げ、各国にも輸出 ・世界市場展望:2050年時点でストックで最大1,500万台(約300兆円) ・ FCトラックの実証 による商用化の加速、電動化の推進を行う一環での 導入支援策 の検討 ・ 水素ステーション開発・整備支援、規制改革(水素タンクの昇圧) によるコスト削減の検討 ③ 水素還元製鉄:世界に先駆けて技術を確立 ・世界市場展望(ゼロエミ鉄):2050年時点で最大約5億トン/年(約40兆円/年) ・水素還元製鉄の 技術開発支援 ・ トップランナー制度 による導入促進 ・国際競争力の観点から、内外一体の産業政策として 国境調整措置 を検討
供給 ④液化水素運搬船等	④ 水素運搬船等:技術開発・実証を通じた大型化が課題 ・ドイツ等が水素の輸入に関心。今後の国際市場の立ち上がり期待される。 ・日本は当初から輸入水素の活用を見越し、複数の海上輸送技術・インフラの技術開発・実証を支援。その結果、世界ではじめて液化水素運搬船を建造するなど、世界をリード。	④ 水素運搬船等:世界に先駆け商用化し、機器・技術等を輸出 ・世界市場展望(国際水素取引):2050年時点で約5.5兆円/年(取引量:最大5,500万t/年) ・更なる水素コスト低減に資する 大型化を実証や需要創出で支援 し、2030年までに商用化(2030年30円/Nm3の供給コスト目標達成) ・関連機器(液化水素運搬船から受入基地に水素を移すローディングアームなど)の 国際標準化 ・海外での積出港の整備に対する出資の検討並びに国内港湾における技術基準の見直し等の検討
製造 ⑤水電解装置	⑤ 水電解装置:欧州企業が大型化技術などで先行 ・日本企業は世界最大級の水電解装置を建設するとともに、要素技術でも世界最高水準の技術を保有。 ・しかし、更なる大型化を目指すための技術開発では、欧州等、他国企業が先行。	⑤ 水電解装置:再エネが安い海外市場に輸出し、その後国内導入 ・国際市場展望:2050年までに毎年平均88GW分(約4.4兆円/年)の導入が最大見込まれる。 ・大型化や要素技術の製品実装を通じた コスト低減 による国際競争力強化 ・海外市場への参入障壁を低下させるべく、欧州等と同じ環境下における 水電解装置の性能評価を国内で実施 (欧州は日本よりも装置内の水素を高圧化) ・一時的な需要拡大(上げデマンドレスポンス)を適切に評価し、余剰再エネなどの 安価な電力活用促進

【参考】水素産業の成長戦略「工程表」



●具体化するべき政策手法： ①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

●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/Nm3 量:最大300万t			★目標(2050年時) コスト:20円/Nm3以下、 量:2000万t程度
●輸送	自動車、船舶及び、航空機産業の実行計画を参照							
	FC鉄道の車両の技術基準・地上設備の性能要件明確化		関連基準・規制の見直し		実証試験		コスト低減	
●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・再焼）			
	エネルギー供給構造高度化法等による社会実装促進							
	国内外展開支援（燃料電池、小型・大型タービン）				COURSE50（水素活用等でCO2▲30%）の大規模実証			
●製鉄	水素還元製鉄の技術開発				導入支援		脱炭素水準として設定	
●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		導入支援	
●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			
	多用途展開、生産設備の投資支援、導入支援							
●輸送等	国際輸送の大型化に向けた技術開発		大規模実証、輸送技術の国際標準化、港湾において配送・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				海外展開支援（先行する海外市場の獲得）			
●水電解	余剰再エネ活用のための国内市場環境整備（上げDR等）等を通じた社会実装促進				卒FIT再エネの活用等を通じた普及拡大			
●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				再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、燃料アンモニア、カーボンリサイクル及び、ライフスタイル産業の実行計画と連携							

脱炭素燃料 アンモニア

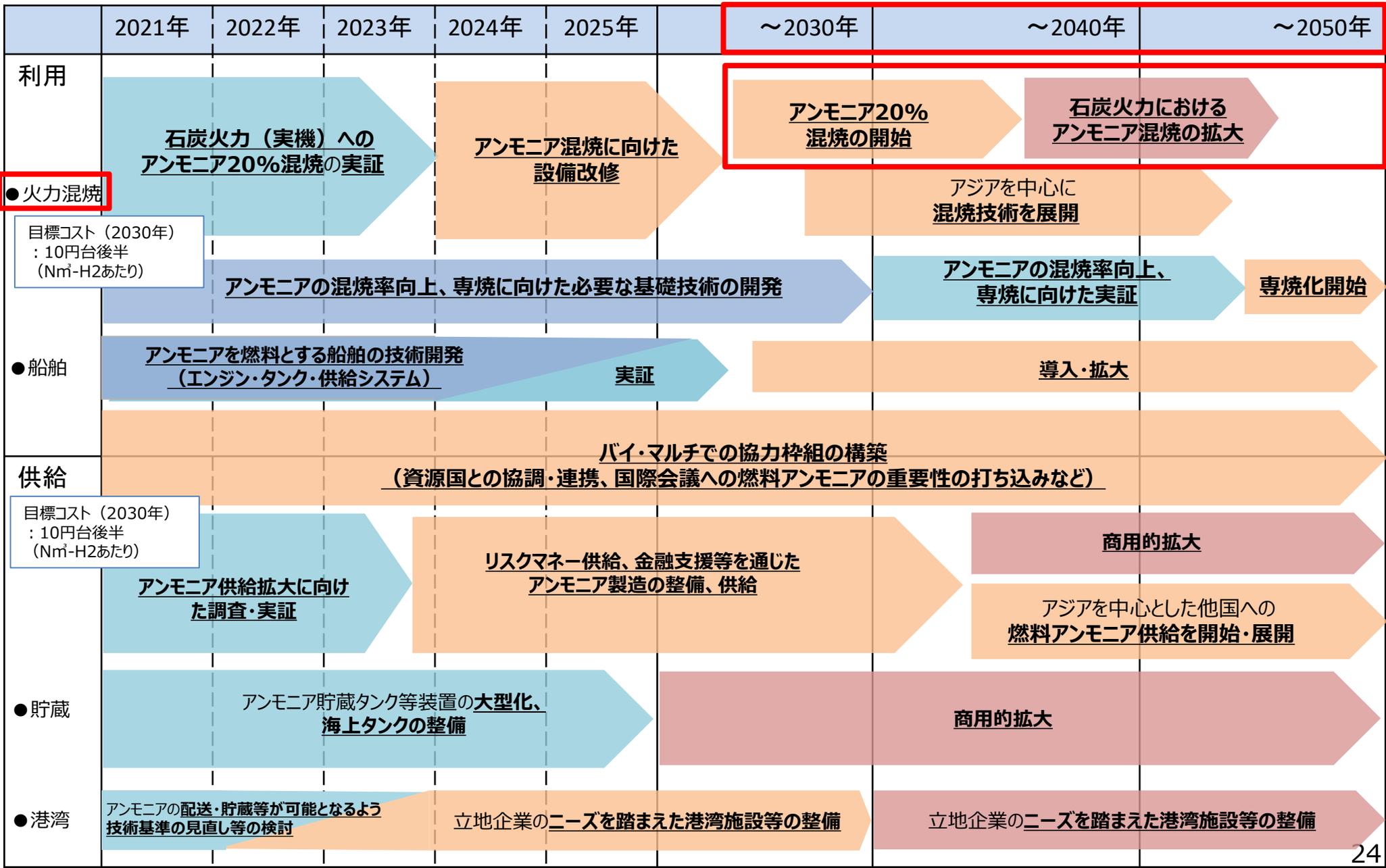
- 燃焼してもCO₂を排出しないアンモニアは、石炭火力での混焼などで有効な燃料。混焼技術を早期に確立し、東南アジア等への展開を図るとともに、国際的なサプライチェーンをいち早く構築し、世界におけるアンモニアの供給・利用産業のイニシアティブを取る。

	現状と課題	今後の取組
利用 (火力混焼)	<p>石炭火力のバーナーでは、アンモニアを燃焼すると大量のNO_xが発生</p> <ul style="list-style-type: none"> ・石炭火力への混焼時にNO_xの発生を抑制するバーナーの技術開発を実施。 ・実機を用いた石炭火力への混焼の実証を、来年度から開始予定。 ・アンモニアは石炭に比べ燃焼時の火炎温度が低く輻射熱が少ないため、アンモニアの混焼率を高め、専焼にしていくには、NO_xの発生を抑制するだけでなく、収熱技術の開発も必要。 	<p>石炭火力へのアンモニア混焼の普及、混焼率向上・専焼化</p> <p>①20%混焼の導入・拡大</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2030年に向けて、<u>20%混焼の実証（3年間）を経て、電力会社を通じてNO_x抑制バーナーとアンモニア燃料をセットで実用化。</u> ・混焼技術を東南アジア等に展開。東南アジアの<u>1割の石炭火力に混焼技術を導入できれば、5,000億円規模の投資。</u> ・東南アジア各国とのバイ会談や政策対話を活用し、混焼技術導入を促進。IEAやERIAといった国際機関との連携、ASEAN+ 3等の国際会議でも議論。 ・NEXIやJBICによるファイナンスを活用するとともに、<u>アンモニアの燃焼や管理手法に関する国際標準化</u>を主導して、海外展開を支援。 <p>②混焼率向上・専焼技術の導入・拡大</p> <ul style="list-style-type: none"> ・<u>2050年に向けては、混焼率向上・専焼化技術の開発を進め、導入・拡大を目指す（年間1.7兆円規模のマーケット）。</u>
供給 (アンモニアプラント等)	<p>用途拡大に伴うアンモニア追加生産の必要性</p> <ul style="list-style-type: none"> ・アンモニア生産は年間2億トン。大半が肥料。 ・石炭火力<u>1基20%混焼で、年間50万トンのアンモニアが必要。</u>国内の全ての石炭火力で実施した場合、年間2,000万トンのアンモニアが必要であり、世界の全貿易量に匹敵。 ・アンモニアの生産国（北米、豪州、中東）と消費国（日本含むアジア）が連携して国際的なサプライチェーンを構築する必要あり。 	<p>安定的なアンモニア供給</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2030年に向けて、生産拡大に向けたプラント設置及び海外での積出港の整備に対する出資の検討並びに国内港湾における技術基準の見直し等の検討を行う。 ・調達先国の政治的安定性・地理的特性に留意した上で、<u>日本がコントロールできる調達サプライチェーンを構築。（2050年で1億トン規模）</u> ・原料の調達、生産、CO₂処理、輸送/貯蔵、ファイナンスにおける<u>コスト低減</u>、各工程における高効率化に向けた技術開発の実施。 ・2030年には、<u>現在の天然ガス価格を下回る、Nm³-H₂あたり10円台後半での供給を目指す。</u>

【参考】燃料アンモニア産業の成長戦略「工程表」

●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

●具体化すべき政策手法： ①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等



目標コスト（2030年）：
10円台後半（Nm³-H₂あたり）

目標コスト（2030年）：
10円台後半（Nm³-H₂あたり）

1. **カーボンニュートラルに関する動向**
2. **火力の脱炭素化に向けた取組**
 - (1) CCUS、水素・アンモニア混焼
 - (2) カーボンプライシング**
3. **今後の供給力の見通し**

- 排出削減に向けては、規制的手法・**経済的手法**・自主的取組手法等が存在し、各々、メリット・デメリットがある。CNを実現するための手法として、市場メカニズムを活用する手法（＝カーボンプライシング：CP）に注目度も高まっているが、経済的手法にも、補助・税（優遇/課税）・制度等、多様な手法が存在。

規制的手法		自主的取組手法	
<ul style="list-style-type: none"> 法令による統制 目標達成の義務付け 		<ul style="list-style-type: none"> 事業者等による自主的な努力目標の設定、対策の実施 	
経済的手法	情報的手法	手続的手法	
<ul style="list-style-type: none"> 経済的インセンティブの付与を通じた、合理的な行動への誘導 	<ul style="list-style-type: none"> 環境負荷等に関する情報開示や提供の促進 	<ul style="list-style-type: none"> 意思決定の過程に、環境配慮に関する判断基準・手続を導入 	

自主的取組・経済的手法の全体像 (現状)

- 我が国では、既に温対税や、FIT賦課金、Jクレジット制度や非化石証書など、様々な経済的手法が導入されており、クレジット購入等、民間での自主的な取組の動きも広がっている。

主体 \ 場所	日本国内での取組	海外での取組
国際機関		【国連】 CDM 【条約】 航空(ICAO) 海運(IMO)
行政	<p>【課税・排出上限設定・賦課金等による負担】</p> <p>化石燃料課税 ※1 温対税 FIT賦課金</p> <p>約4.3兆円 (2018年度実績) (東京都・埼玉県の排出量取引)</p> <p>約2.4兆円 (2020年度試算)</p> <p>【補助金・減税等による財政的支援】</p> <p>省エネ補助金、グリーンイノベ基金、研究開発減税等</p> <p>【環境価値取引 (クレジット取引)】</p> <p>(全業種) Jクレジット制度 ※2</p> <p>約9.4億円 (2018年度入札販売総額) 約11.4億kWh (2019年度再エネ電気発行量)</p> <p>(電力) 非化石証書 約5.7 億円 (2019年度約定金額総額 (推計)) 約4.4億kWh (2019年度総約定量) 約876億kWh (2019年度発行量)</p>	【二国間】 JCM
民間	<p>【個社】 インターナル・カーボンプライシング 87社が導入</p> <p>(電力) グリーン電力証書 約3.5億kWh (2019年度発行量)</p> <p>【業界単位の自主的取組】 (低炭素社会実行計画)</p>	<p>【国際的な取引市場】</p> <p>ボランタリー・クレジット</p> <p>約320億円 (2019年取引高)</p>

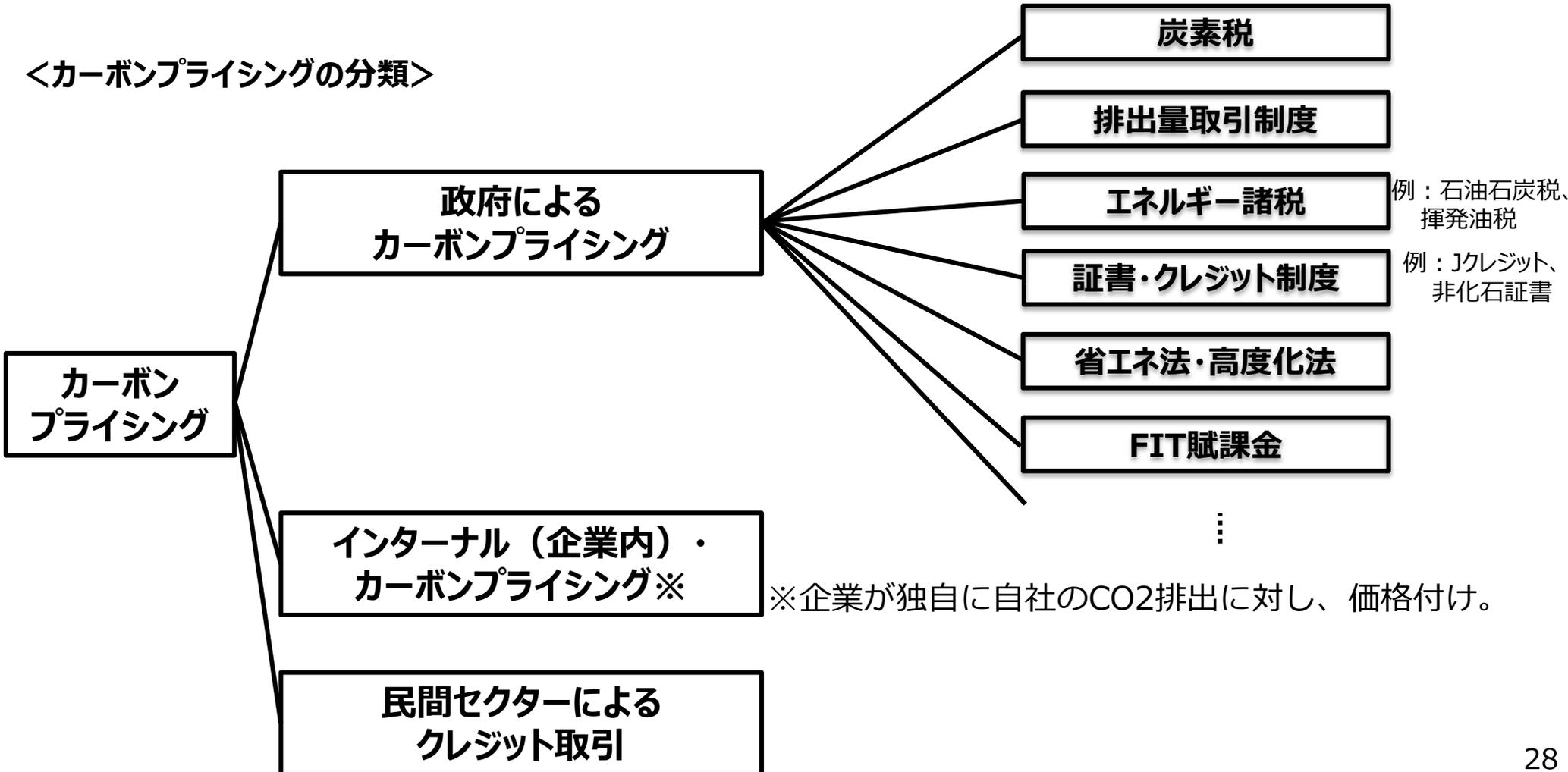
国境調整措置

※1 課税目的はCPではないが、結果としてCO2排出に負担を課すもの。
 ※2 kWhについては、国際的な気候変動イニシアティブへの対応に関するガイダンス参照。

カーボンプライシングの全体像

- 「カーボンプライシング」とは、炭素に価格を付け、排出者の行動を変容させる政策手法。
- 「炭素税」や排出量の上限規制を行う「排出量取引」だけでなく、FIT賦課金など、様々な手法が存在。

<カーボンプライシングの分類>



成長に資するカーボンプライシングの検討

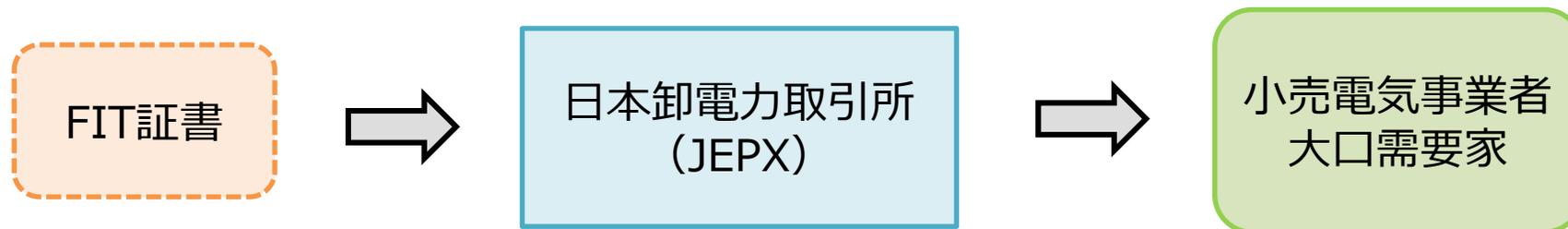
- カーボンプライシング（CP）が成長に資するためには、企業や消費者への行動変容により、日本（世界全体での排出量の約3%）での脱炭素化を促進するだけでなく、**産業の競争力強化や、イノベーション、投資促進**につながり、**世界全体での脱炭素化に寄与**するものでなければならない。
- また、EUや米国バイデン政権が、カーボンリーケージ防止の名目で国境調整措置について検討を進める中、**公正な競争条件【レベル・プレイング・フィールド（LPF）】を確保する観点も必要**。
- これらを全て満たす一つの手法（魔法の杖）は存在せず、脱炭素化の段階に応じた**ポリシーミックスが必要**。
→「炭素税か、排出量取引制度か、自主的取組か」という、従来の議論を超えた検討が必要。

＜成長に資するCPの検討の視点＞

- LPFの確保、**国際的にイコールフットイングな負担水準**により、国際競争力が確保されるか（諸外国と比して、日本だけが過度な負担となり、産業が国外流出しないか）
- 成長分野への**投資が促進**されるか（負担水準等の予見可能性がないことで、投資が阻害されないか）
- 時間軸等、**産業構造の転換と親和性を持つ設計**となるか
- **社会全体**での炭素コスト負担となるか（価格転嫁が出来ず、一部セクターに負担が偏らないか）
- 国富が海外流出せず、**国内で還流**するか
- カーボンニュートラルの実現、成長の観点からの有望分野へ**適切に再配分**されるか
- 将来的な**イノベーションを誘発**するか（投資余力を減退させ、イノベーションの芽を摘まないか） 等

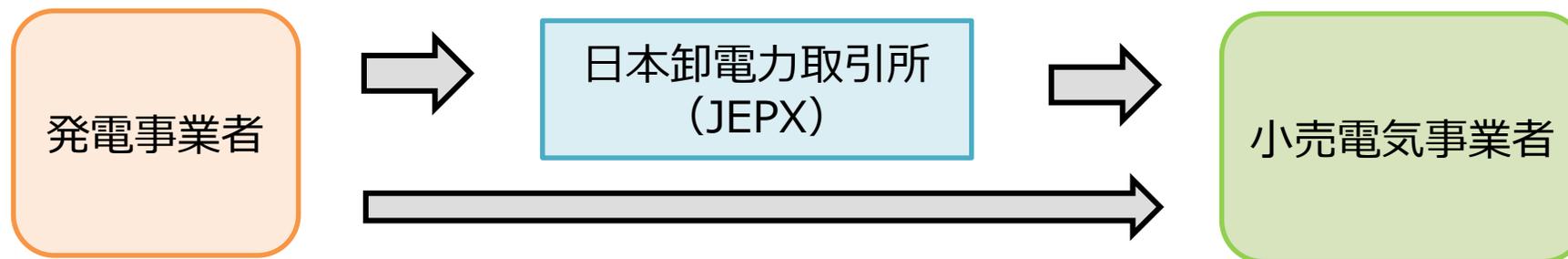
新規 (再エネ価値の取引) 【再エネ価値取引市場】

- 小売電気事業者及び大口需要家が購入可能
- 取引対象は「FIT証書」



継続 (高度化法義務の達成) 【高度化法義務達成市場】

- 小売電気事業者※のみ購入可能 ※高度化法に基づく目標達成義務あり
- 取引対象は「非FIT (再エネ指定) 証書」及び「非FIT (再エネ指定なし) 証書」



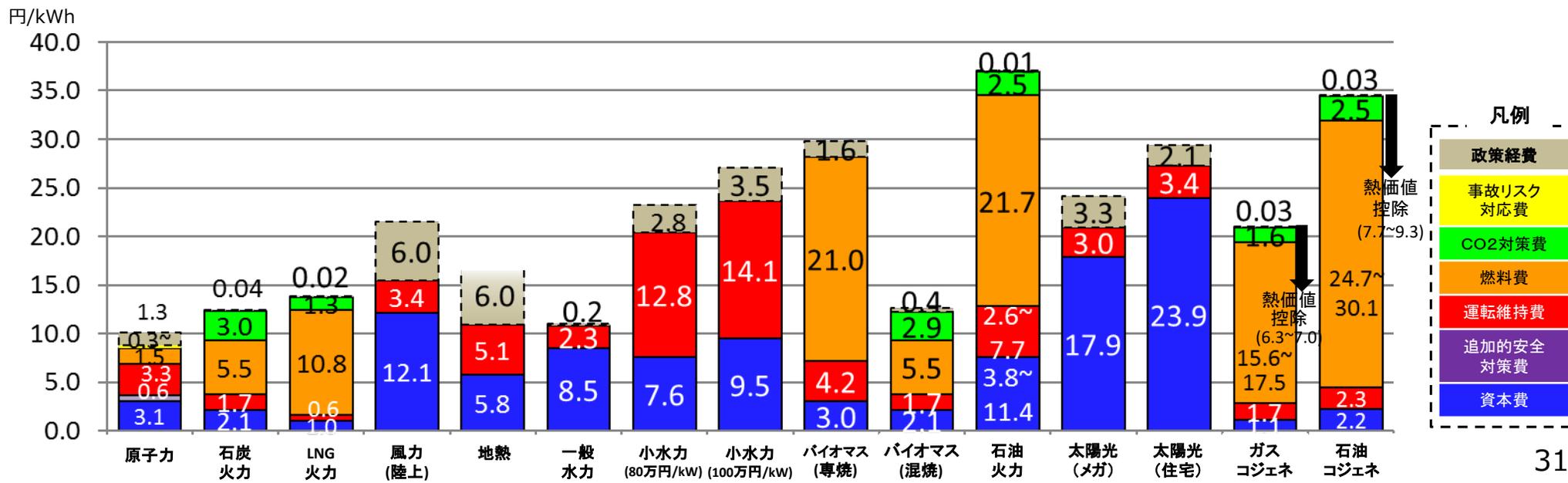
※非FIT (再エネ指定) 証書の再エネ価値に対する需要家アクセスは別途検討

（参考）2015年コスト検証WGにおける2014年モデルプラント試算結果概要、並びに感度分析の概要

電源	原子力	石炭火力	LNG火力	風力(陸上)	地熱	一般水力	小水力 80万円/kW	小水力 100万円/kW	バイオマス (専焼)	バイオマス (混焼)	石油火力	太陽光 (メガ)	太陽光 (住宅)	ガス コージェネ	石油 コージェネ
設備利用率 稼働年数	70% 40年	70% 40年	70% 40年	20% 20年	83% 40年	45% 40年	60% 40年	60% 40年	87% 40年	70% 40年	30・10% 40年	14% 20年	12% 20年	70% 30年	40% 30年
発電コスト 円/kWh	10.1~ (8.8~)	12.3 (12.2)	13.7 (13.7)	21.6 (15.6)	16.9※ (10.9)	11.0 (10.8)	23.3 (20.4)	27.1 (23.6)	29.7 (28.1)	12.6 (12.2)	30.6 ~43.4 (30.6 ~43.3)	24.2 (21.0)	29.4 (27.3)	13.8 ~15.0 (13.8 ~15.0)	24.0 ~27.9 (24.0 ~27.8)
2011コスト等 検証委	8.9~ (7.8~)	9.5 (9.5)	10.7 (10.7)	9.9~ 17.3	9.2~ 11.6	10.6 (10.5)	19.1 ~22.0	19.1 ~22.0	17.4 ~32.2	9.5 ~9.8	22.1 ~36.1 (22.1 ~36.1)	30.1~ 45.8	33.4~ 38.3	10.6 (10.6)	17.1 (17.1)

原子力の感度分析(円/kWh)	
追加的安全対策費2倍	+0.6
廃止措置費用2倍	+0.1
事故廃炉・賠償費用等1兆円増	+0.04
再処理費用及びMOX燃料加工費用2倍	+0.6

化石燃料価格の感度分析(円/kWh)			
※1 燃料価格は足元では昨年と比較して下落。それを踏まえ、感度分析を下記に示す。			
※2 2011年の設備利用率は、石炭:80%、LNG:80%、石油:50%、10%			
※3 (内)の数値は政策経費を除いた発電コスト			
※4 地熱については、その予算関連政策経費は今後の開発拡大のための予算が大部分であり、他の電源との比較が難しいが、ここでは、現在計画中のものを加えた合計143万kwで算出した発電量で関連予算を機械的に除した値を記載。			
燃料価格10%の 変化に伴う影響 (円/kWh)	石炭 約±0.4	LNG 約±0.9	石油 約±1.5

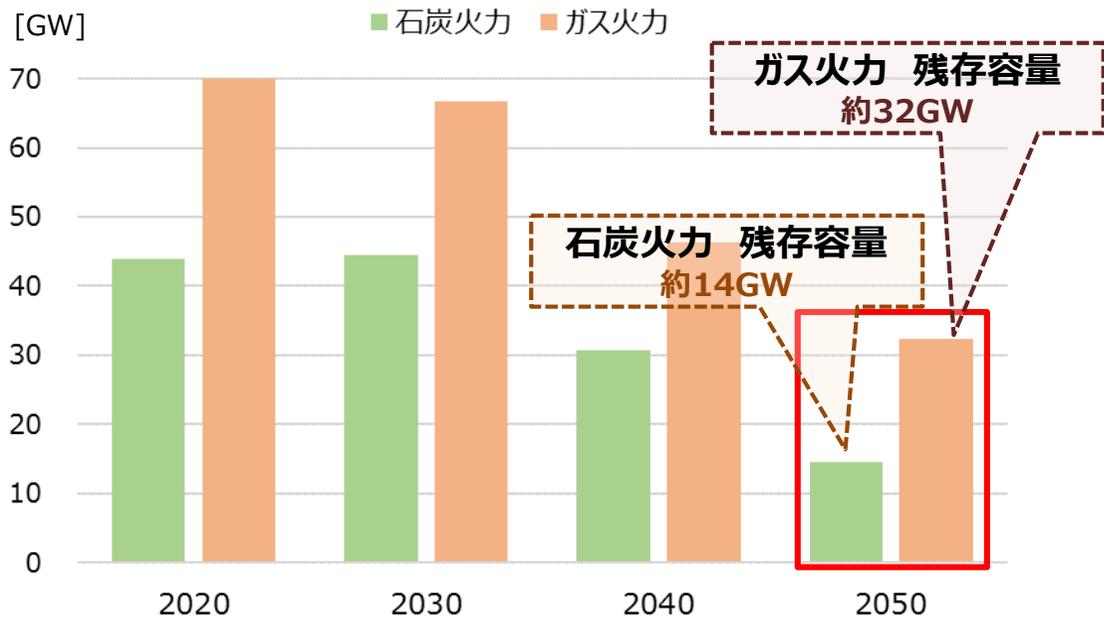


1. カーボンニュートラルに関する動向
2. 火力の脱炭素化に向けた取組
 - (1) CCUS、水素・アンモニア混焼
 - (2) カーボンプライシング
- 3. 今後の供給力の見通し**

安定供給のための必要量の確保

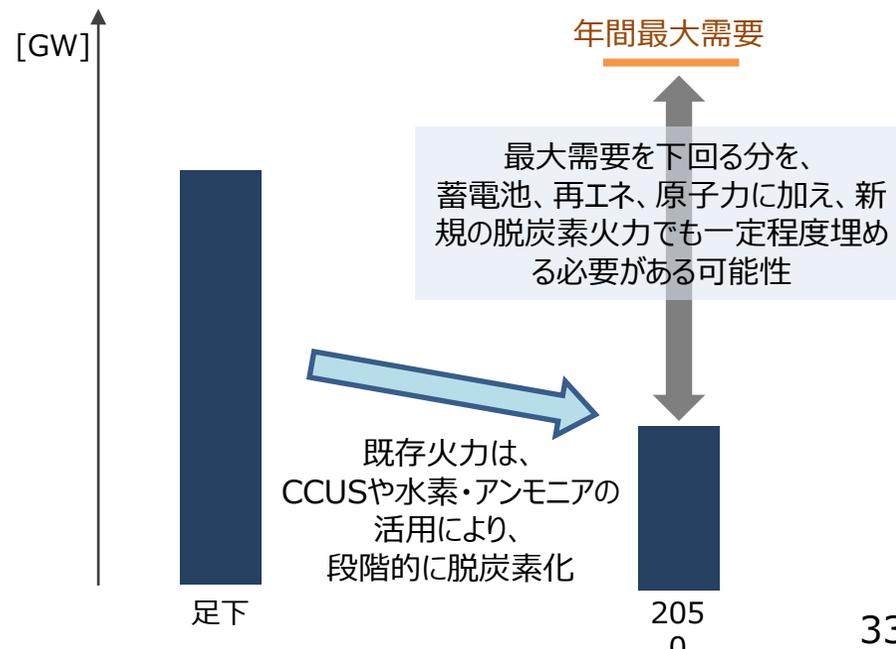
- 現在建設中の設備及び既運転の設備を対象とし、寿命を40年と想定すると、今後の新規の新設案件がないという仮定の下でも、2050年時点でガス火力は約32GW、石炭火力発電は約14GWとなる。
- また、再エネの導入が拡大する状況の中、火力発電は、
 - 太陽光や風力の出力変動を吸収し、需給バランスを調整を行う調整力や、
 - 急激な電源脱落などにおける周波数の急減を緩和し、ブラックアウトの可能性を低減する慣性力といった機能により、電力の安定供給に貢献してきた。
- 2050年に向けて再エネの更なる導入拡大が見込まれる中では、供給力、調整力、慣性力といった機能を持つ火力発電を活用して安定供給を確保しつつ、脱炭素化を段階的に進めていくことが必要ではないか。

火力発電の容量推移（寿命を40年と想定）



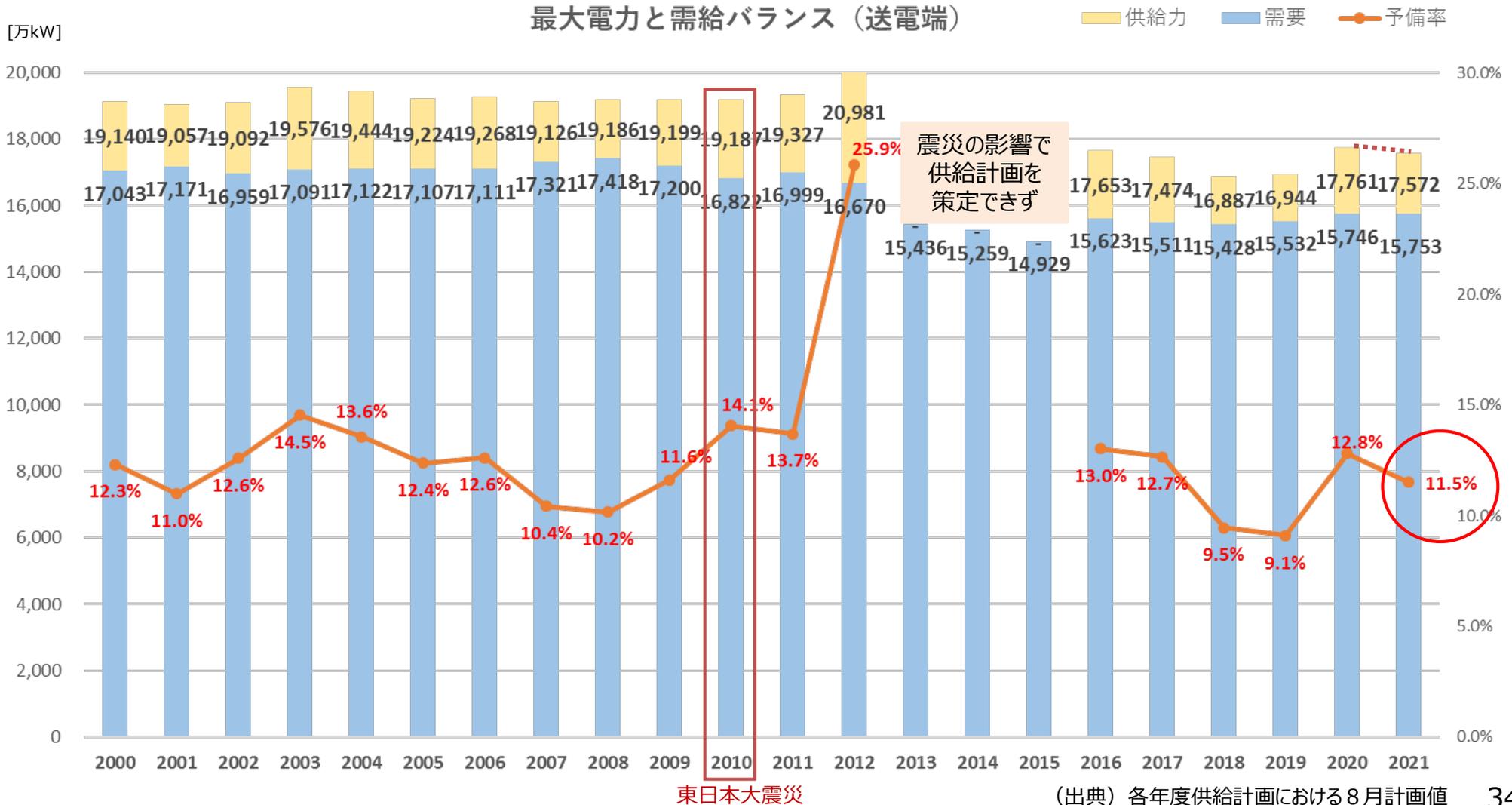
* 既設・建設中の火力発電設備を対象に、設備寿命を40年として算出

2050年における火力発電の設備容量と年間最大需要のイメージ



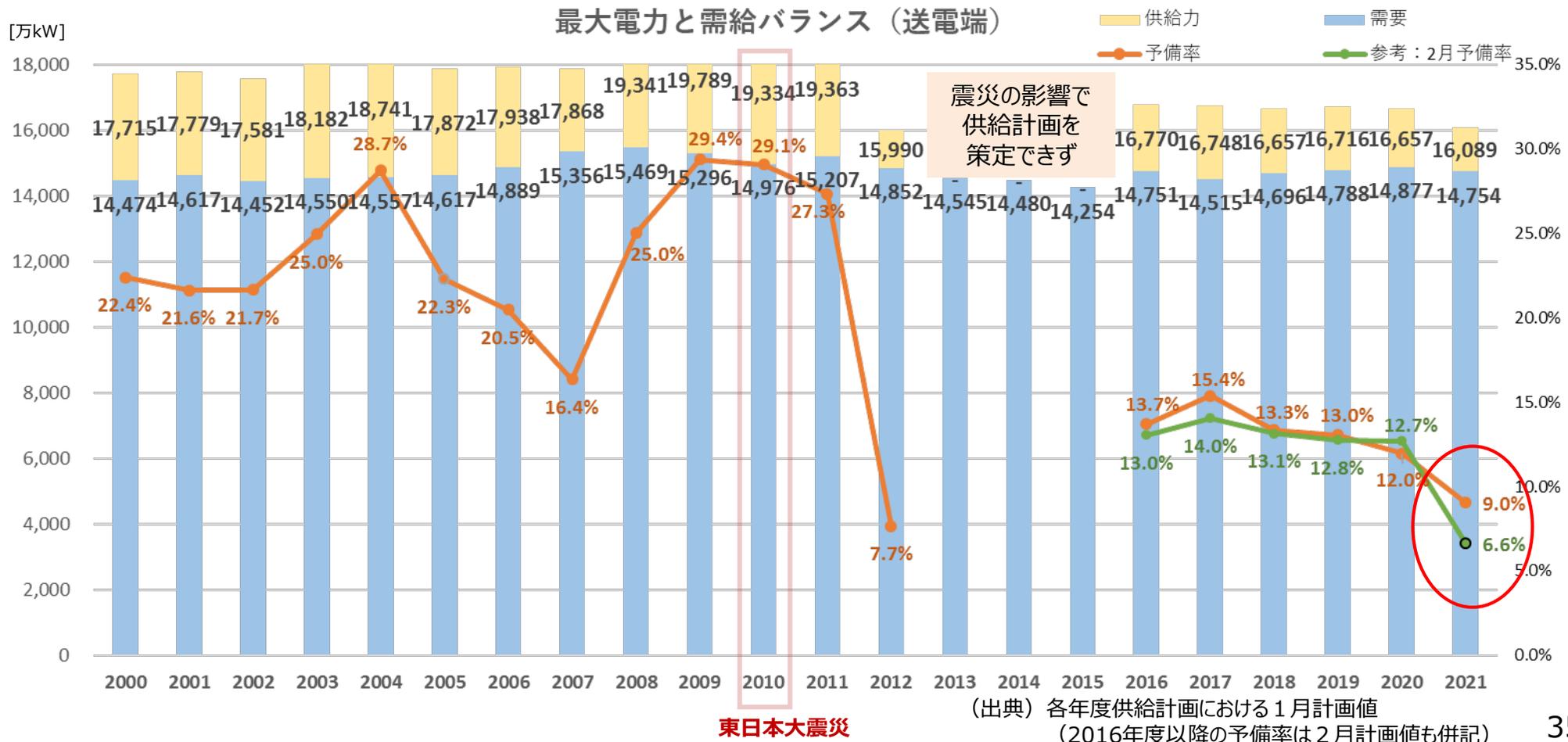
夏季の供給予備率（見通し）の長期推移

- 過去20年間、夏季における供給予備率は一定の水準（9～14%）で推移。ただし、東日本大震災後は、供給力及び需要ともに震災前より大きく落ち込んでいる。



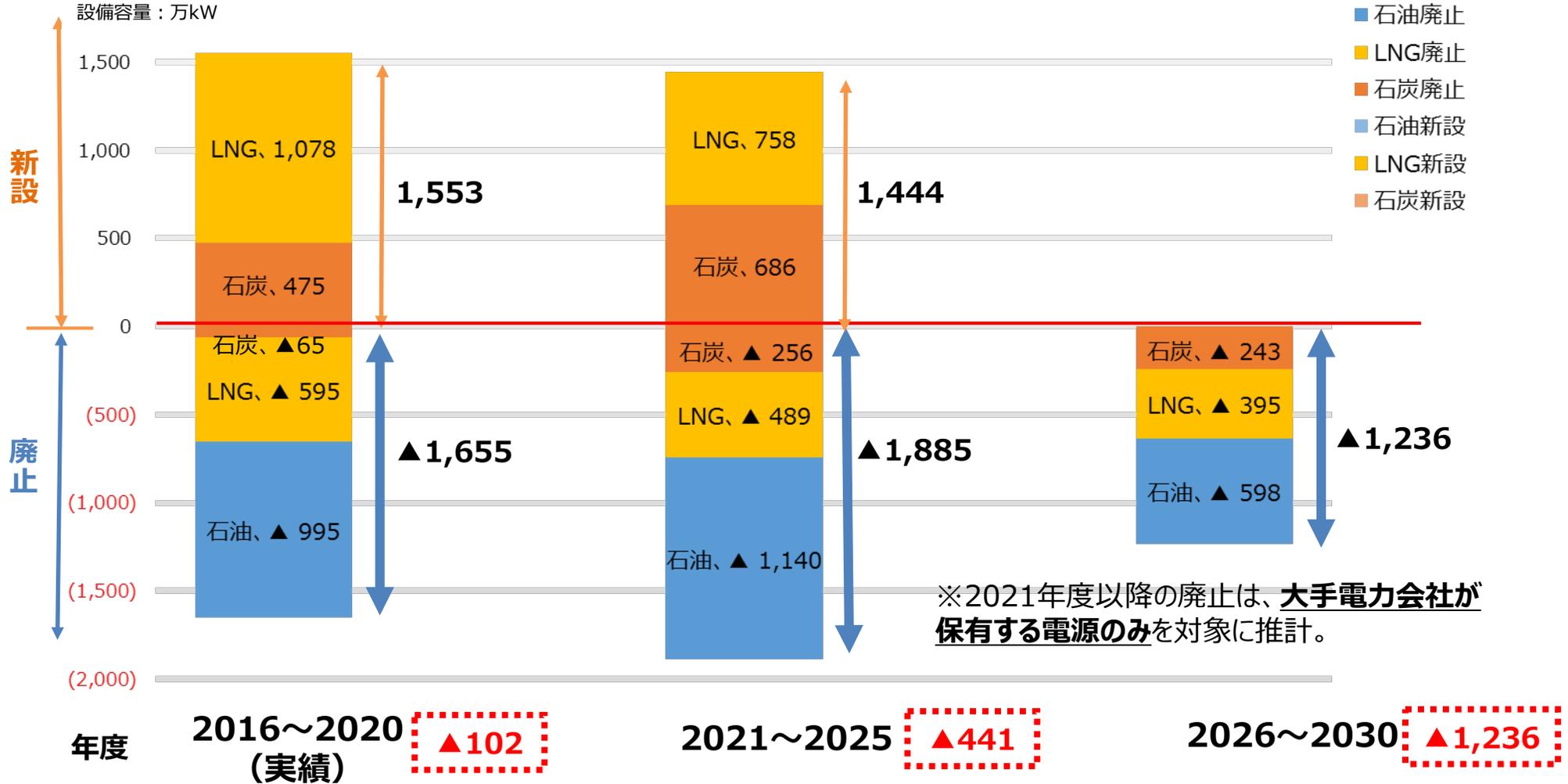
冬季の供給予備率の長期推移

- 冬季における需要量は、過去20年間一定の水準で推移。一方で、震災後の供給力の大幅な低下（原子力の停止、火力の廃止の拡大）が急速に進展し、近年、安定供給に必要な水準（予備率8%）近傍まで低下している。
- 2021年度供給計画では、安定供給水準を下回る恐れがある。加えて、事業者による採算性の低い老朽火力を早期退出させる検討が加速している状況。



今後10年間の火力供給力の増減見通し

- 今後も、主に緊急時に活用されていた石油火力発電設備の廃止が継続する見込み。
- 当面は火力の新設計画も予定されている一方、供給力全体としては減少傾向にある。



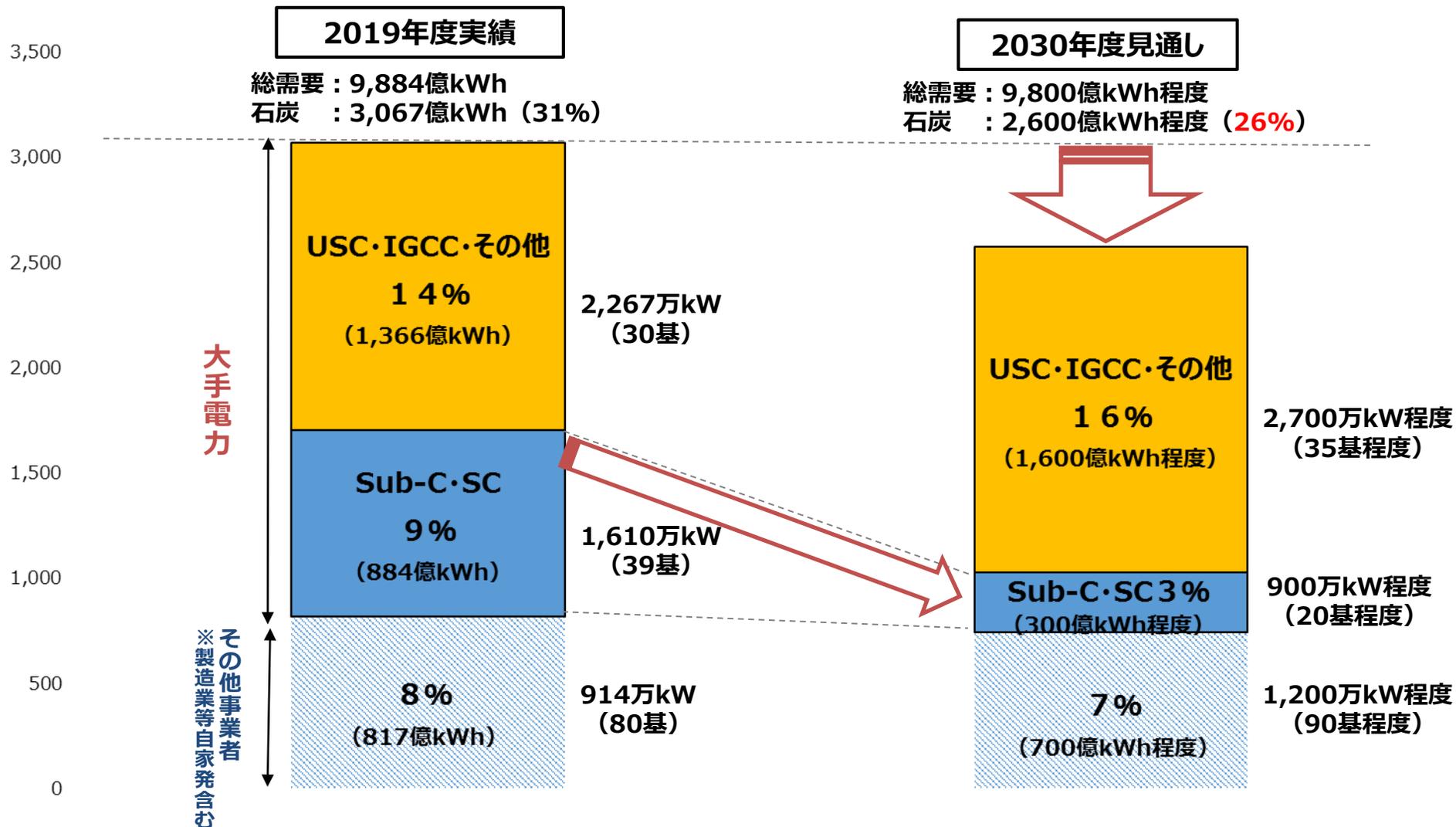
注1. 2016~2020年度：新設実績は資源エネルギー庁「石炭火力発電所一覧」および電気事業便覧（2019年版）、廃止実績は各年度供給計画より。

注2. 2021年度以降（新設）：2020年度供給計画とりまとめにおける、2029年度までの火力新設計画より（大手を含む全事業者）

注3. 2021年度以降（廃止）：大手電力が保有する電源のうち、運転開始から45年経過した電源 = 廃止と仮定。

非効率石炭火力フェードアウトの見通し（フェードアウトに関する計画）

- 一定の石炭火力発電事業者による2030年度に向けた非効率火力削減計画を踏まえ、試算を行ったところ、現行のエネルギーミックスで定める**石炭比率（26%）**を達成する見込み。



※試算にあたっては送電端発電量により算出。

※2030年度に残存するSC, Sub-Cは、安定供給及び地元雇用に重要な設備で、これら設備も稼働率低下や混焼等の措置を講じる必要がある。

フェードアウトに関する計画の詳細について

<計画の位置づけについて>

- 2030年に向けた非効率石炭火力のフェードアウトの着実な実施のためには、規制的措置や誘導措置等の措置が事業者へどのような行動変容をもたらすのかを定期的に確認し、その措置を不断に見直していくことが重要。このため、計画は毎年度作成するものとし、発電事業者が経済産業大臣に届け出る供給計画の補足資料として位置づけ。なお、本計画は供給計画とは異なる前提※で作成。

<作成対象の事業者>

- ミックス実現の実効性確保の観点から、石炭火力からの発電量が、石炭火力全体の約8割を占める大手電力及び大手電力と同等以上の発電量を持つ事業者を対象とする。
- ただし、製造業等が持つ石炭火力については、これまでの石炭火力検討WGでのヒアリングを踏まえると、自家発自家消費目的で発電する場合は代替性が乏しく、低廉な電力供給が企業の競争力に直結しており、また、熱利用等で高効率化の工夫もなされてきている。その点を踏まえて、売電ベース※で見たときに大手電力と同等ではない場合は対象の除外とする。

※発電量全体から自家発自家消費目的での発電量を控除したもの。

<計画の公表>

- 事業者にとって競争上の重要情報であり、また地元との調整に影響を及ぼすこと等により、むしろ着実なフェードアウトを妨げる恐れがあるため、各事業者単位での計画については公表せず、全事業者を統合した形で2030年に向けたフェードアウトの絵姿を公表する。

※ 2030年度エネルギーミックス水準を踏まえ計画を作成。再エネ導入状況や原子力の再稼働状況等、今後の他電源の見通しの変動により石炭火力の見通しも変動するもの。

※ 休廃止計画には、地元調整等が完了した場合など、条件付きで休廃止可能とする発電設備も含む。