

火力政策をめぐる議論の動向について

2021年11月18日

資源エネルギー庁

本日の御議論

- 今月のCOPにおける石炭火力に対する議論も含め、昨今、脱炭素に向けた火力発電に対する取組について、国内外から強い関心が集まっている。
- そうした情勢を踏まえ、火力発電がこれまで果たしてきた役割やその特徴を整理しつつ、先般改訂したエネルギー基本計画における位置付け（2030年度の電源構成に占める火力の割合は76%からほぼ半減の41%へと削減等）やCOPにおける合意事項等について、今後必要となる施策を議論する前提として、あらためて整理してお示しすることとする。
- その上で、脱炭素に向けた火力政策についてどう進めていくべきか等の課題について、御意見をお伺いさせていただきたい。

1. 火力発電の果たしてきた役割

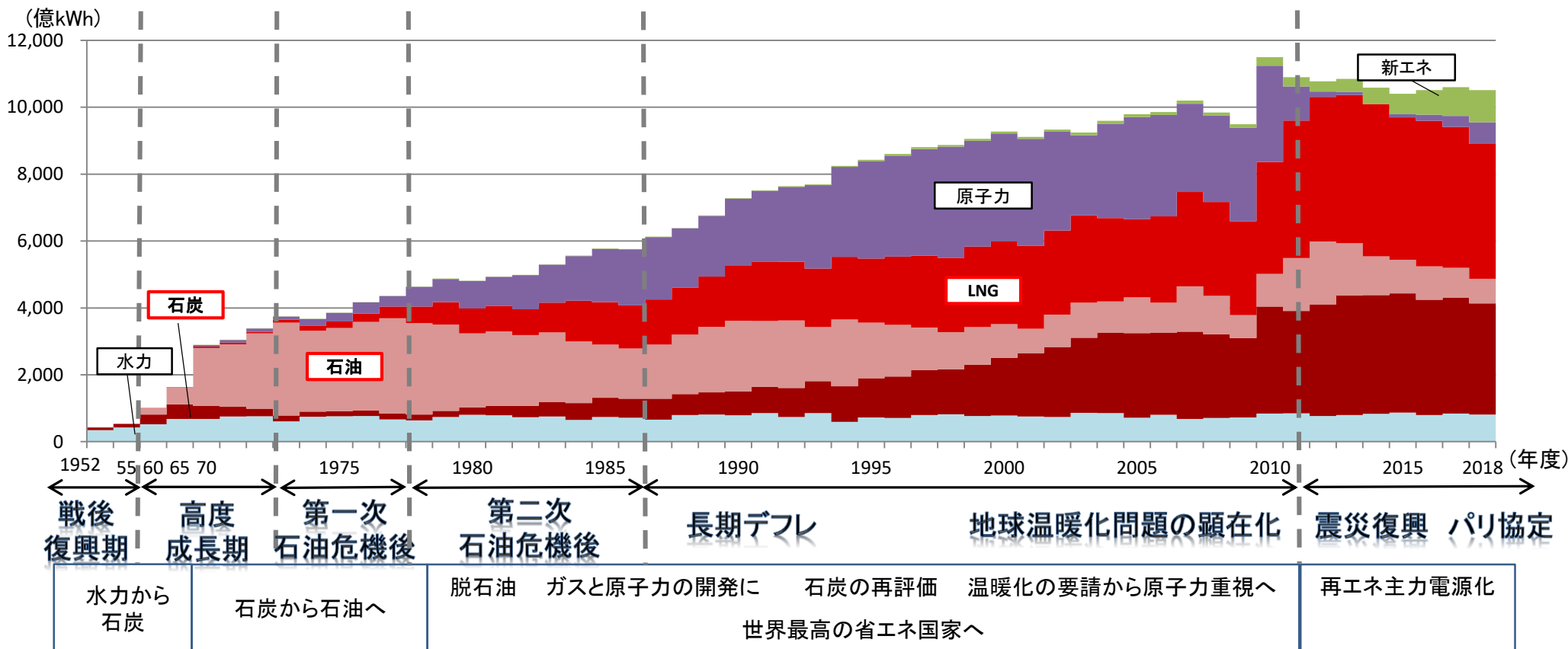
2. 火力発電の位置づけと石炭火力をめぐる動向

3. 検討の視点

化石燃料のエネルギー源としての歴史

第35回総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会
(2020年12月21日) 資料1

- 戦後は水力発電を中心としていたが、高度経済成長期には電力需要の増大に伴い、石炭火力や石油火力といった火力発電が急増し、高度経済成長を牽引。
- その後、1970年代の石油危機や地球温暖化問題等により、原子力やLNG火力が増大。2011年東日本大震災以降は停止した原子力に代わり、火力発電が増大。
- 近年は、再エネの導入拡大や原子力の再稼働等により、火力発電の発電量は減少。

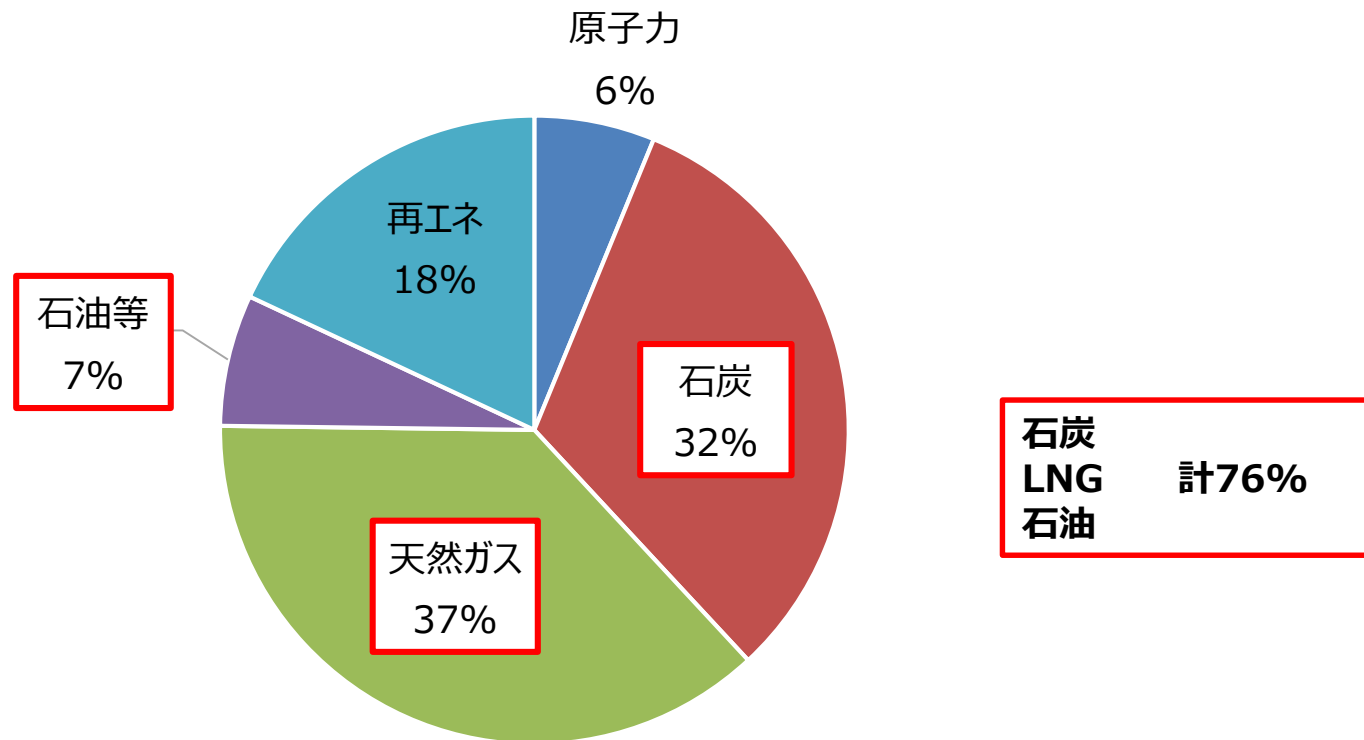


(出典) 資源エネルギー庁「電源開発の概要」、「電力供給計画の概要」、「総合エネルギー統計」を基に作成

火力発電の役割①：供給力

- 火力発電は、発電電力量の7割以上を占める「供給力」として、安定供給上、重要な役割を担っている。
- 特に、これまでも災害時における供給力を提供してきており、必要な設備容量を確保することは、エネルギー供給のレジリエンス対策にも大きく貢献。

電源別発電電力量構成比（2019年度速報値）



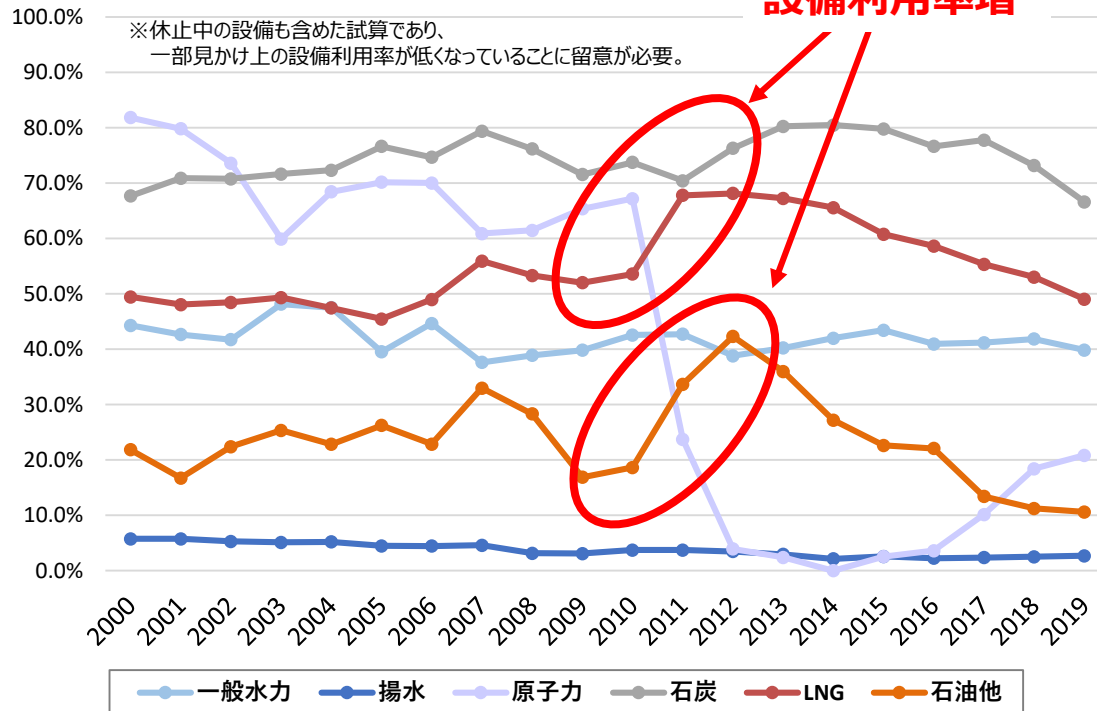
(参考) 東日本大震災後の供給力不足を補った火力発電

第35回総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会
(2020年12月21日) 資料1

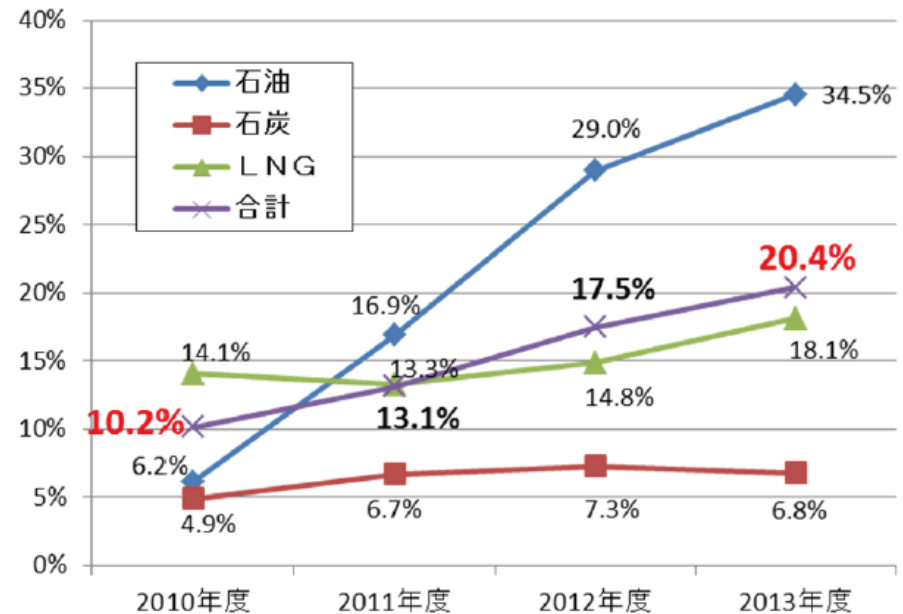
- 東日本大震災以降、原子力が稼働停止する中、長期停止させていた火力の再稼働を含め、火力の稼働増等によって電力供給力を確保。
- たとえば、2012年度、2013年度には節電要請などの電力需給対策が講じられた結果、電力の需給バランスは維持されたが、40年以上前から稼働を続ける老朽火力や緊急設置した火力を含め、火力をフル稼働させることで供給力を確保した。

<設備利用率の推移>

設備利用率増



<老朽火力の割合の推移 (kWベース) >



出典：資源エネルギー庁「エネルギー白書2014」

(参考) 大規模災害発生時の経年火力の活用

- 火力の休廃止が進むと、東日本大震災や北海道胆振東部地震のように、長期間にわたり供給力が減少するような大規模災害等が発生した場合、電力需給状況は極めて厳しくなる可能性がある。

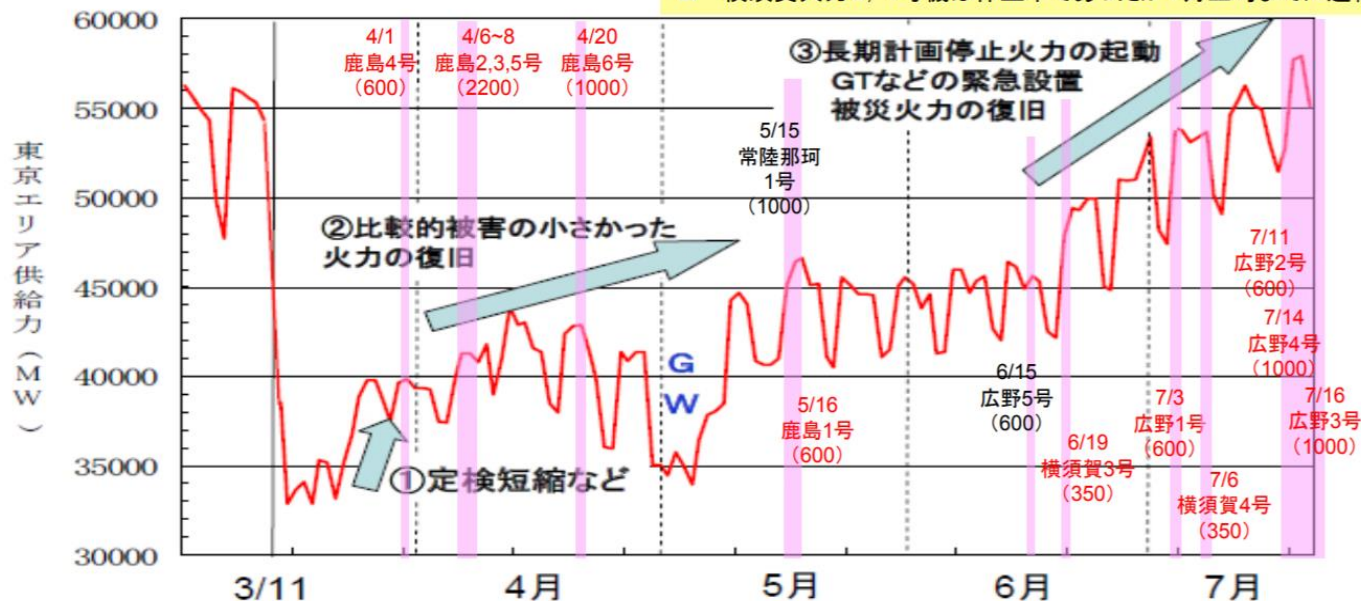
1-2. 東日本大震災の振り返り ③

第5回調整力及び需給バランス評価等に関する
委員会資料（2016年8月）

□ 4月以降の状況(東京)【分析Ⅳ】

- ✓ FCなど連系設備の停止点検の繰り延べ
- ✓ 東清水FCにおいて 10万kW→13.5万kW(+3.5万kW)への緊急対策
- ✓ 津波被害のあった電源の復旧(鹿島、常陸那珂、広野)や長期計画停止中電源(横須賀3,4号)の再立ち上げおよび緊急設置電源の導入(朱書きが石油火力)

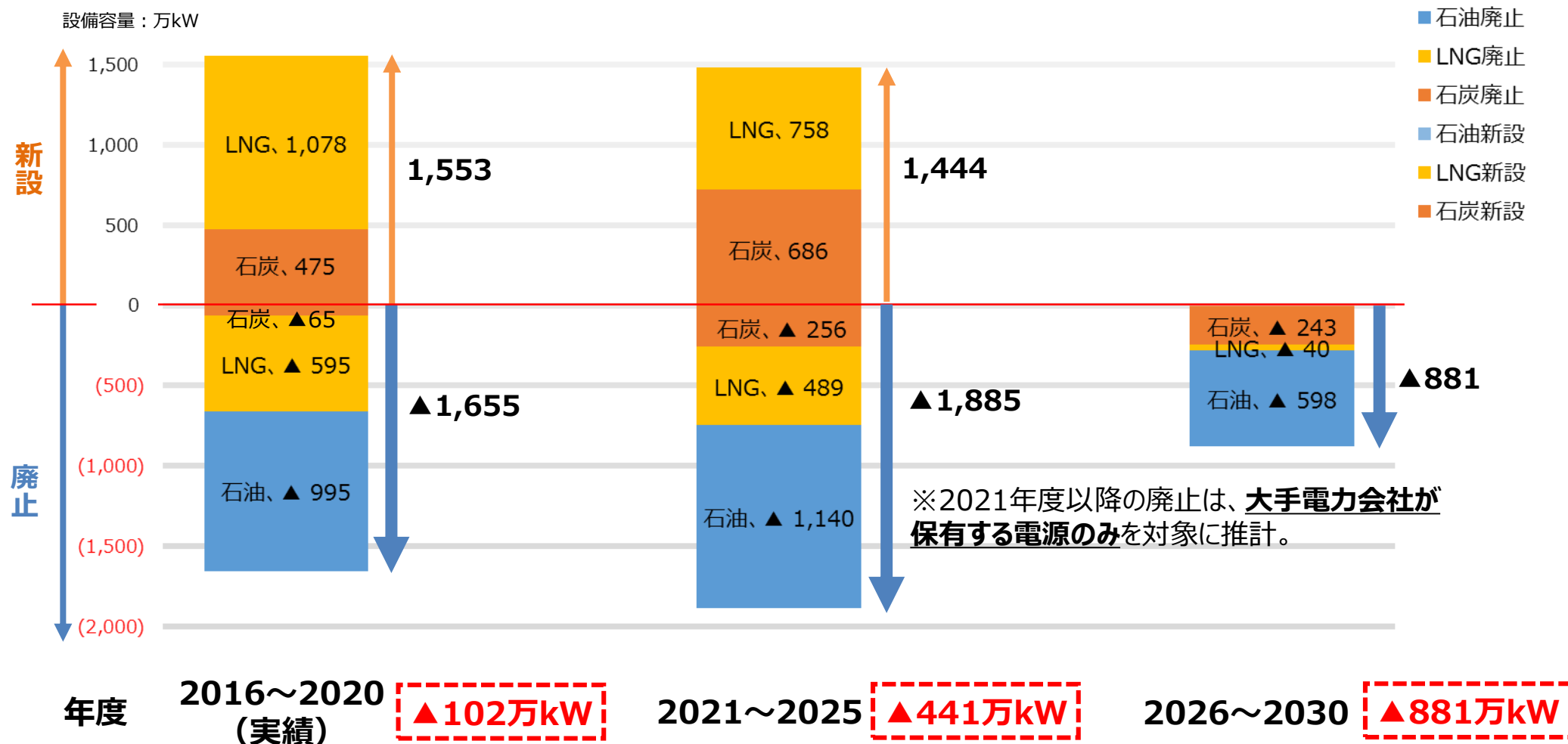
- 鹿島火力は4月～5月上旬にかけて全機復旧
- 広野火力は震災の影響が大きかったが、7月までに全機復旧
- 横須賀火力3、4号機は休止中であったが7月上旬までに運転再開



(参考) 今後10年間の火力供給力（調整力）の増減見通し

第35回総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会
(2020年12月21日) 資料1

- 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り、稼働率低下や卸電力取引市場の価格の低迷に伴う採算性悪化から、さらに加速する懸念。



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。

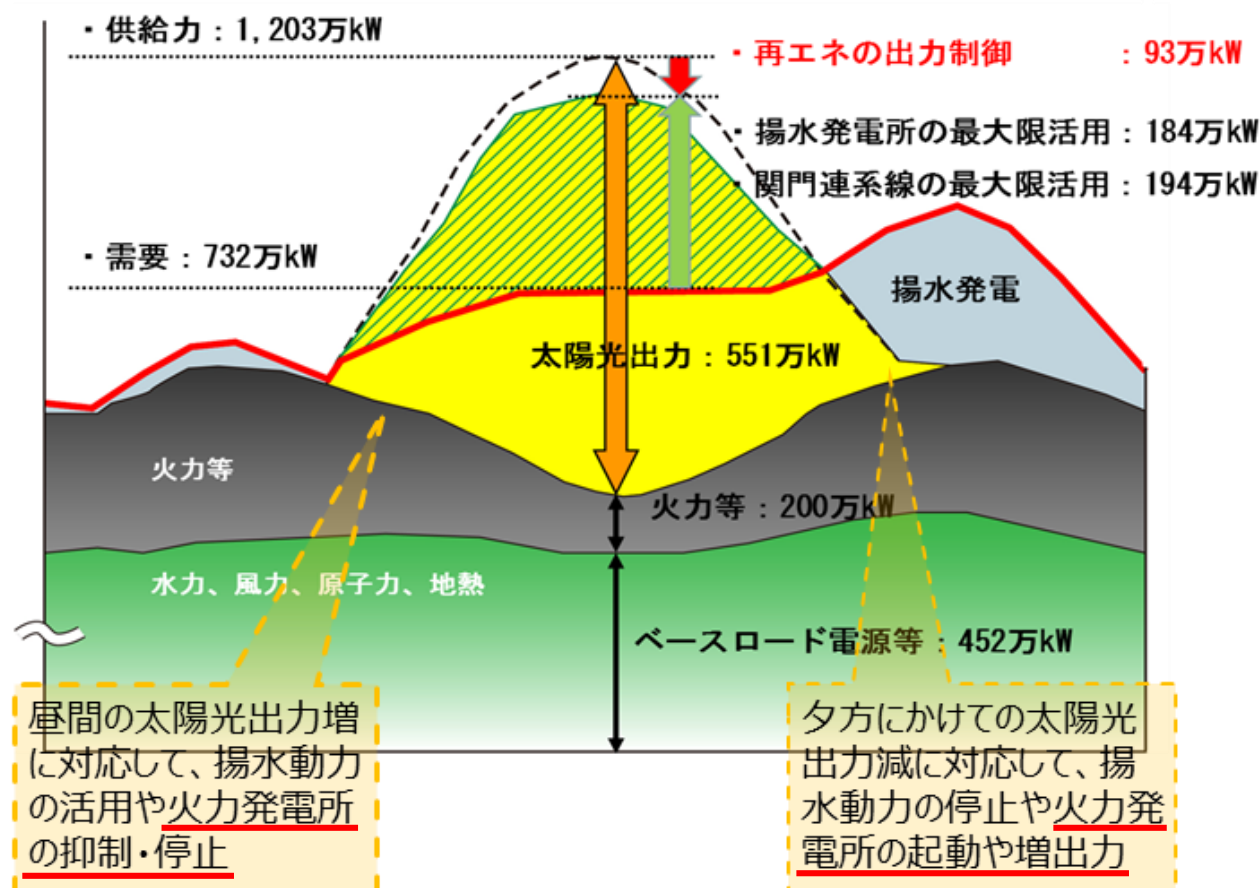
注2. 2021年度以降（新設）：2020年度供給計画とりまとめにおける、2029年度までの火力新設計画より（大手を含む全事業者）

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。

火力発電の役割②：調整力

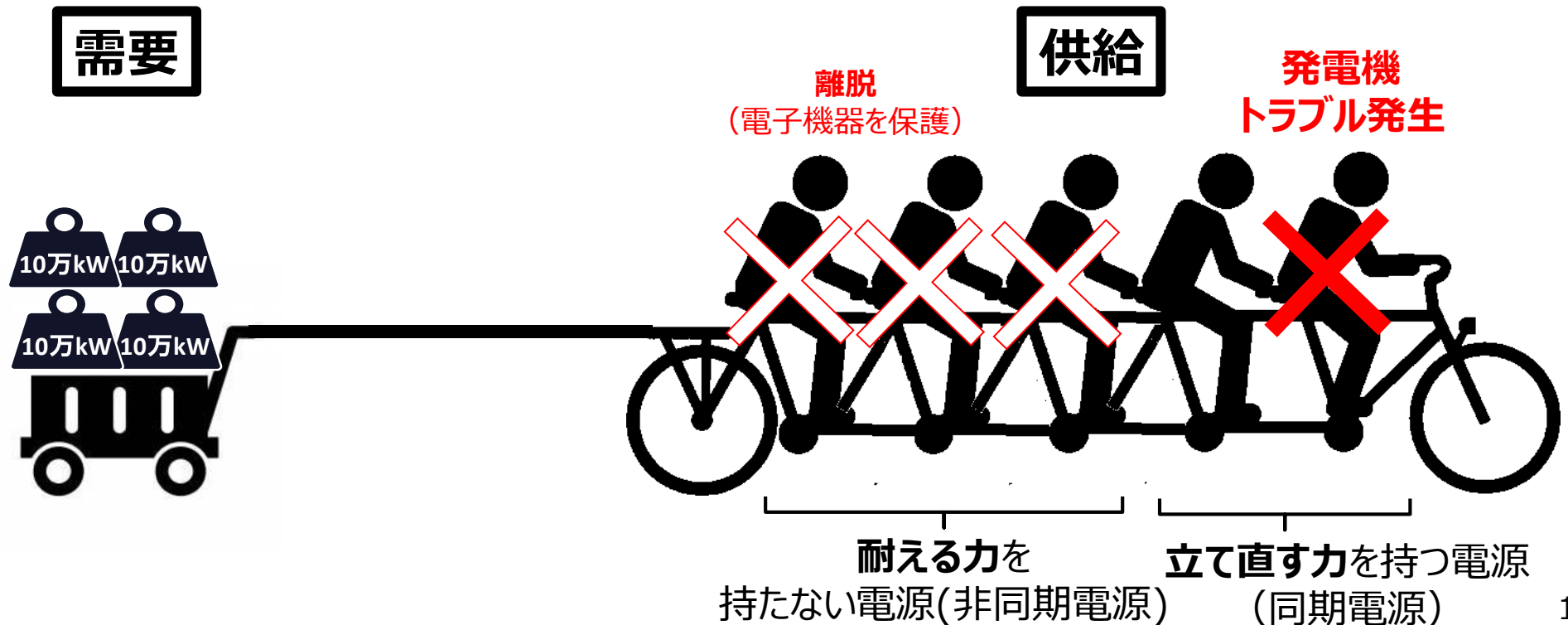
- 太陽光や風力といった変動再エネの導入の進展に伴い、その出力変動を吸収し、需給バランスを調整する機能を持つ他電源の存在が必要。
- 他のエリアよりも再エネの導入量が多い九州エリアでは、**火力発電は、再エネの出力増減に応じて抑制・停止、起動・増出力といった出力調整を行いながら運用**されており、**電力の安定供給に大きく貢献**している。

＜九州の電力需給イメージ（2018年10月21日の例）＞



火力の機能③：慣性力

- 系統で突発的なトラブル（電源の離脱、落雷等）が生じた場合、
 - ✓ 太陽光、風力、蓄電池などの非同期電源は、50Hzや60Hzの交流に変換するため電子機器を使用。周波数や電流の急激な変化に対して、**周波数を維持する機能を持たず**、周波数の変化が一定の閾値を超えると、その電子機器を守るため**離脱（解列）**する。
 - ✓ 火力、原子力、水力などの同期電源（50Hzや60Hzの回転速度で回る電源）は、タービン（機械）の回転で発電しており、周波数や電流の急激な変化に対して、**同じ周期で回転を維持する力（慣性力）が働く**ため、相対的に周波数や電流の急激な変化に対して、**発電を継続し、周波数を維持する機能を有する**。



1. 火力発電の果たしてきた役割
- 2. 火力発電の位置づけと石炭火力をめぐる動向**
3. 検討の視点

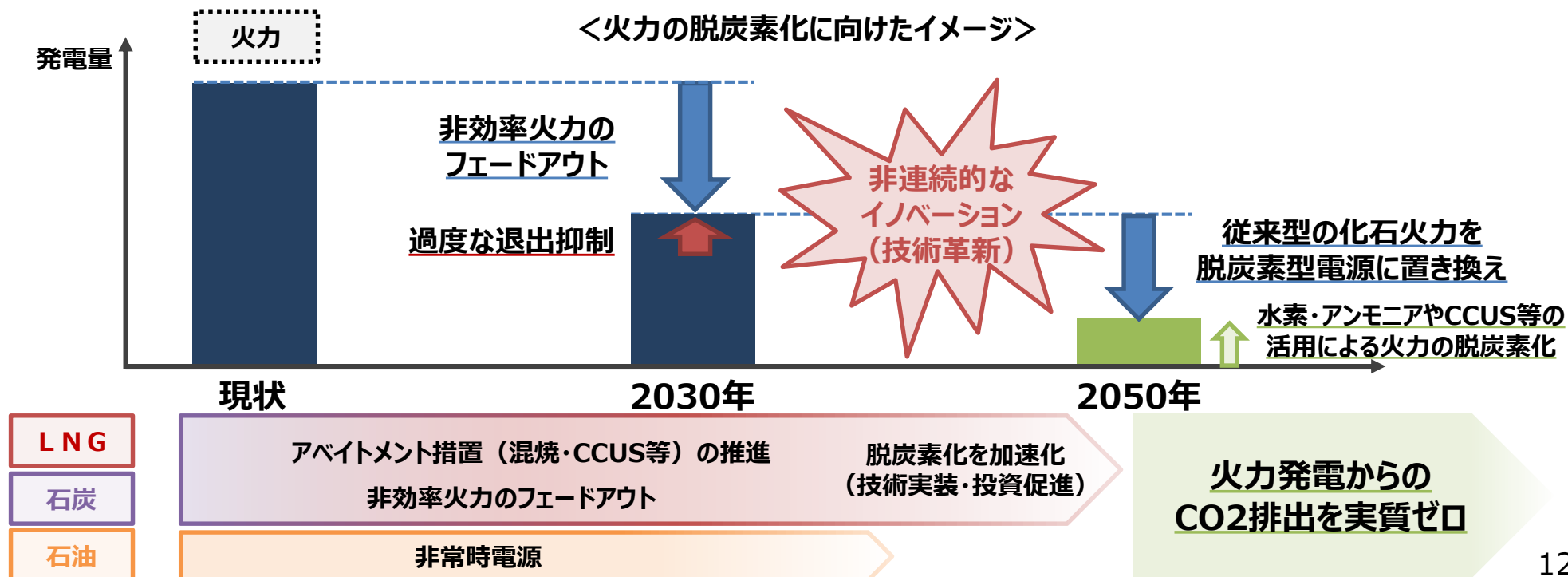
火力発電に関する基本的な考え方

< 基本的な考え方 >

- 脱炭素の世界的な潮流の中、2050年カーボンニュートラルに向けて、火力発電から大気へ排出されるCO2排出を実質ゼロにしていくという、火力政策の野心的かつ抜本的な転換を進めることが必要。このため、2030年に向けて、安定供給確保を大前提に、火力発電の比率をできる限り引き下げていくことが基本。
- その際、火力は震災以降の電力の安定供給や電力レジリエンスを支えてきた重要な供給力であり、また再エネの更なる導入拡大が進む中で、当面は再エネの変動性を補う調整力・供給力として必要であり、過度な退出抑制など安定供給を大前提に進めていく。

< 対応の方向性 >

- 脱炭素化に向けた過渡期においては、再エネの大量導入の下で、①調整力として再エネを補完する、②不足する供給力を賄う等、火力はトランジションを支える重要な役割。エネルギー安全保障の観点から、天然ガスや石炭を中心に適切な火力ポートフォリオを維持しつつ、非効率な火力をフェードアウト。
- また、2050年カーボンニュートラルに向けて、従来型の化石火力が果たしてきた機能を脱炭素型電源に置き換えていくことが必要。このため、火力の脱炭素化の取組を加速度的に促進。



適切な火力ポートフォリオの構築

- 化石燃料の中にも、**石炭、石油、LNGとそれぞれ一長一短**の特徴を持つ燃料があり、**脱炭素火力に向けた転換を進めるにあたって、ポートフォリオの構築が重要**。
- 今後、石油の休廃止や非効率石炭火力のフェードアウトが進む中で、**LNGへの比重が高まる火力ポートフォリオとなるおそれ**があり、在庫保持コストが高く機動的な追加調達が困難な**LNG依存を高めた場合、安定供給性及び経済性が悪化**。特定の燃料に偏ることなく、**3Eのバランスを**考えながら、**適切なポートフォリオを組むことが重要**。

	石炭	石油	天然ガス
調達・国内融通の柔軟性	◎ 保存が効き、調達は容易	○ 保存が効き、 荷下ろし後の国内融通が簡易	△ 保存が効かず、 荷下ろし後の国内融通は難しい
地政学リスク	◎ チョークポイントリスク低	△ チョークポイントリスク高	◎ チョークポイントリスク低
価格のボラティリティ	◎ 石油・天然ガスに比べ安価で安定	△ 直近ではマイナス価格になるなど ボラティリティ高め	△ 長期契約は原油価格リンク 他方、スポット価格は近年急騰するなど ボラティリティ高め
発電コスト	◎ 石油・天然ガスに比べ安価	△ 発電コストは高め	○ 近年の燃料価格低下傾向により、 発電コストは低下傾向
CO2排出量	△ 最も排出量が多い (795 [*] g-CO2/kWh)	△ 発電効率が低位であり、 単位当たり排出量は多め (695g-CO2/kWh)	◎ 排出量は石炭の約半分程度 (376g-CO2/kWh)

【参考】エネルギー基本計画（2021年10月22日閣議決定）における各燃料の位置づけ

石炭

化石燃料の中で**最もCO₂排出量が大い**が、調達に係る**地政学リスクが最も低く、熱量当たりの単価も低廉**であることに加え、**保管が容易**であることから、現状において**安定供給性や経済性に優れた重要なエネルギー源**である。今後、石炭火力は、再生可能エネルギーを最大限導入する中で、**調整電源としての役割が期待**される。

天然ガス

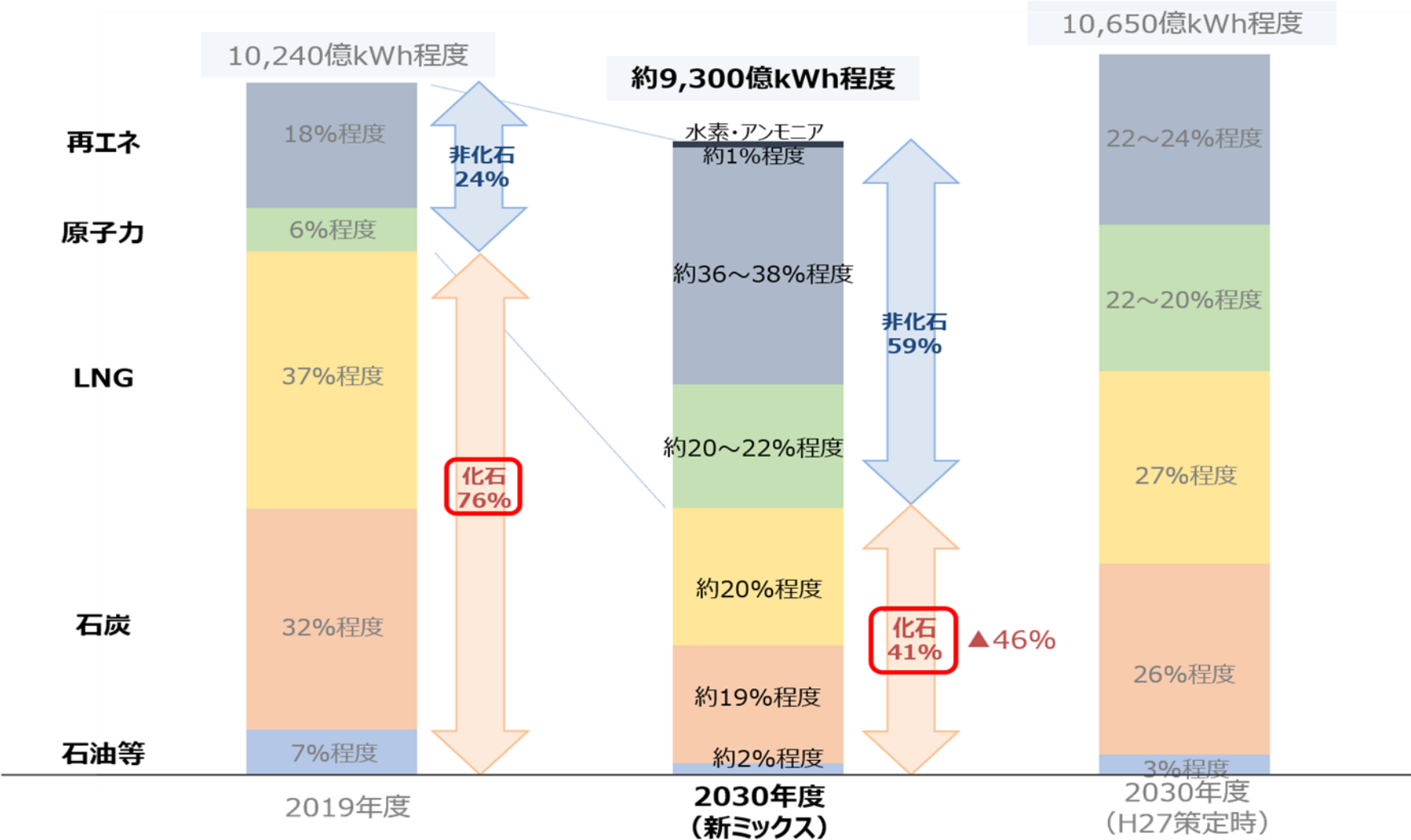
電源の約4割を占め、**熱源としての効率性が高く**、また、石油と比べて**地政学的リスクも相対的に低く**、化石燃料の中で**温室効果ガスの排出が最も少ない**。将来的には、**ガス自体の脱炭素化の実現が見込まれる**とともに、CCS等も併せて活用することで、**燃烧してもCO₂を排出しない水素・アンモニアの原料としての利用拡大も期待**されるなど、カーボンニュートラル社会の実現後も重要なエネルギー源である。

石油

電源としての利用は減少傾向にあるが、代替する電源が出てこない中では、非常時に活用される電源としての役割を担うことが見込まれる。エネルギー密度が高く、**最終需要者への供給体制及び備蓄制度が整備されており**、可搬性、貯蔵の容易性や災害直後から被災地への燃料供給に対応できるという機動性に利点があるため、災害時にはエネルギー供給の**「最後の砦」**となる。

足下の状況と新たなエネルギーミックス

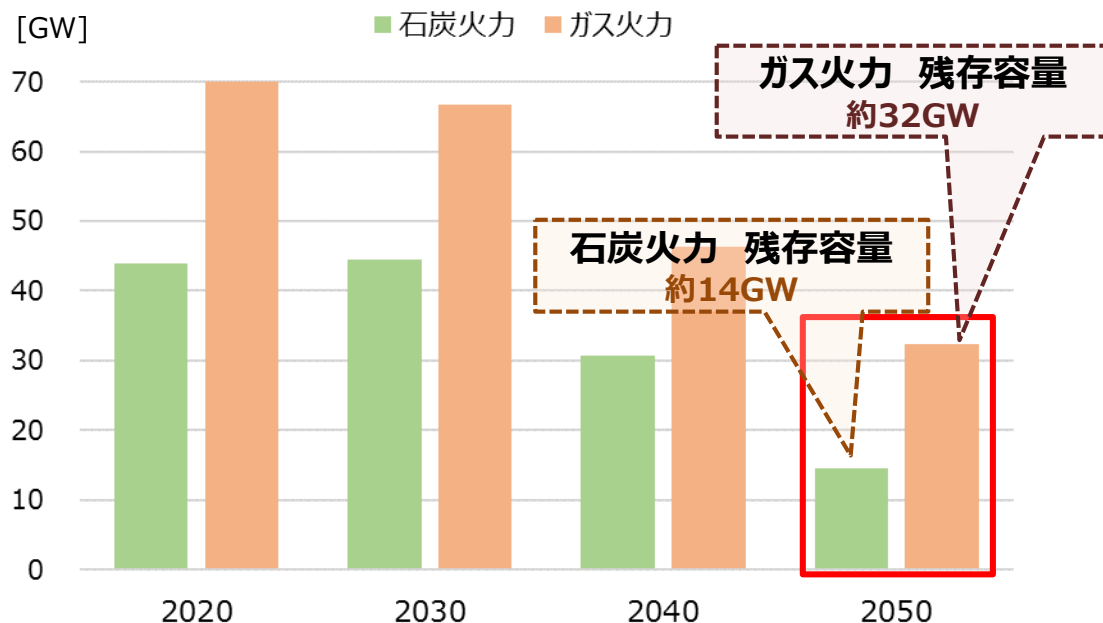
- 第6次エネルギー基本計画（2021年10月22日閣議決定）において、2030年度時点で火力を現行の76%程度から**41%程度まで減少**させることを明記。
- これは、従来のエネルギーミックスの56%よりも、更に踏み込んだ数値。



安定供給のための必要量の確保

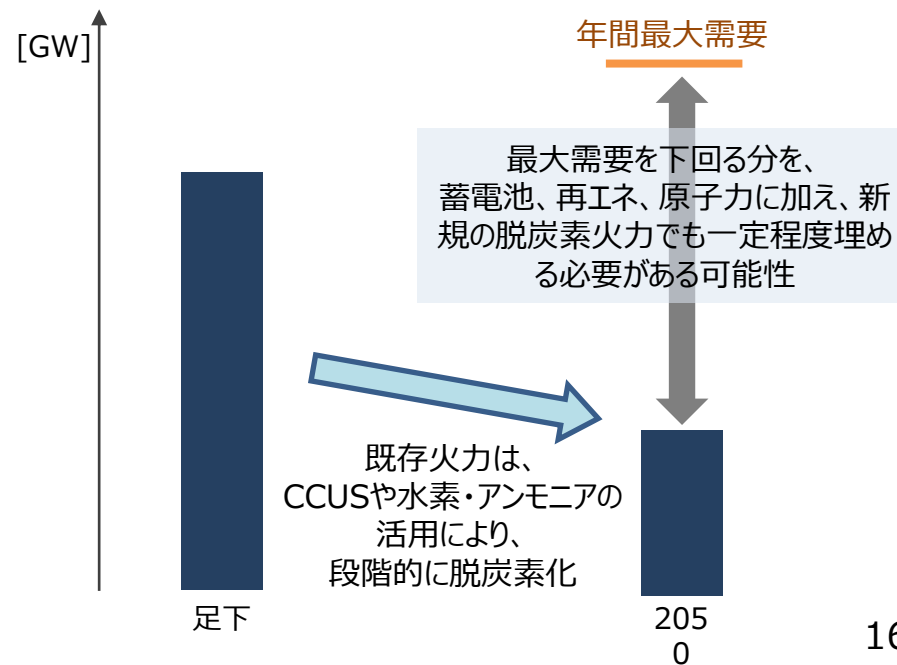
- 現在建設中の設備及び既運転の設備を対象とし、寿命を40年と想定すると、**今後の新規の新設案件がないという仮定**の下でも、**2050年時点でガス火力は約32GW、石炭火力発電は約14GWとなる。**
- また、**再エネの導入が拡大**する状況の中、火力発電は、
 - ー 太陽光や風力の出力変動を吸収し、**需給バランスを調整を行う調整力**や、
 - ー 急激な電源脱落などにおける周波数の急減を緩和し、**ブラックアウトの可能性を低減する慣性力**といった機能により、**電力の安定供給に貢献**してきた。
- 2050年に向けて再エネの更なる導入拡大が見込まれる中では、**供給力、調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



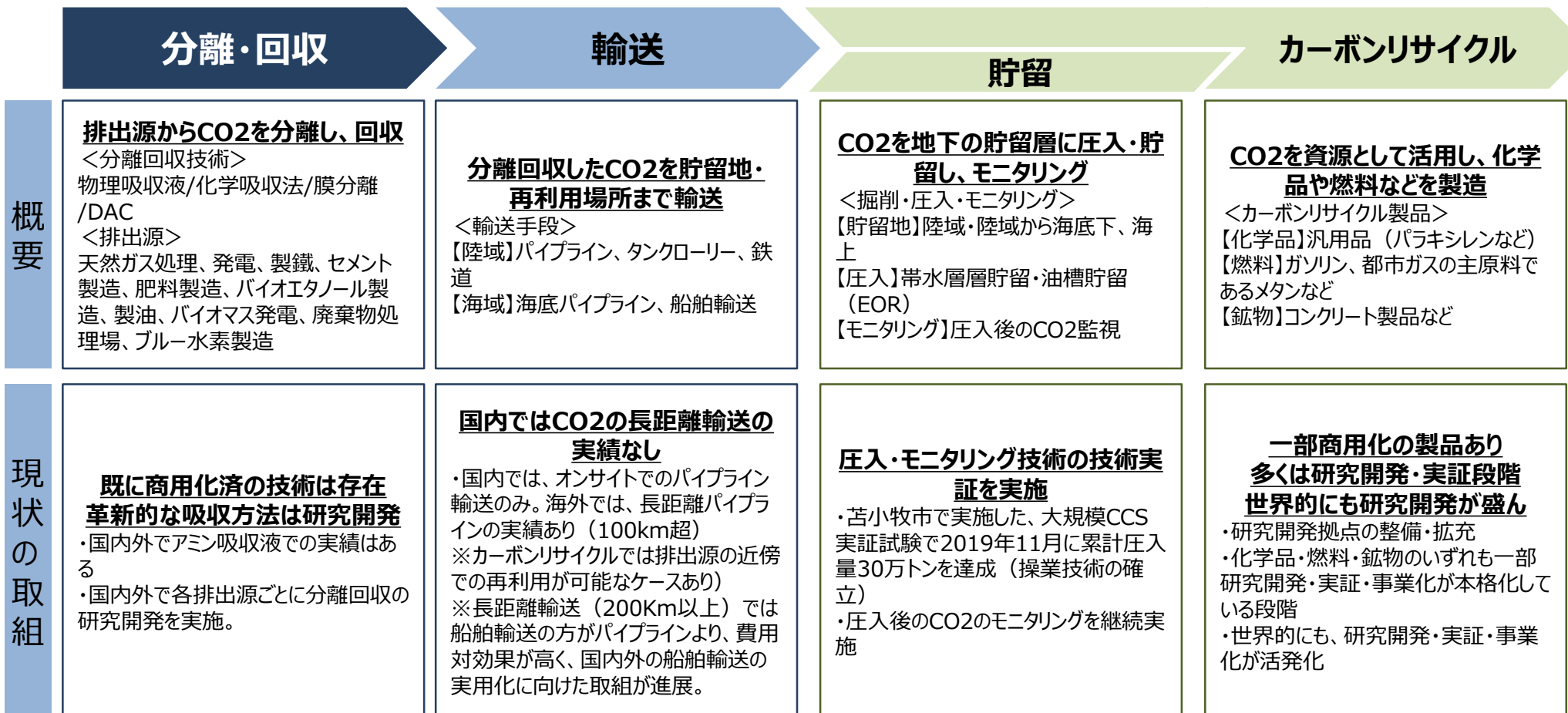
* 既設・建設中の火力発電設備を対象に、設備寿命を40年として算出

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



(参考) 火力の脱炭素化① : CCUS/カーボンリサイクルの概要

- 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。



(参考) 火力の脱炭素化②：水素発電・アンモニア発電 概要

第35回総合エネルギー調査会 基本政策分科会
(2020年12月21日) 資料 1

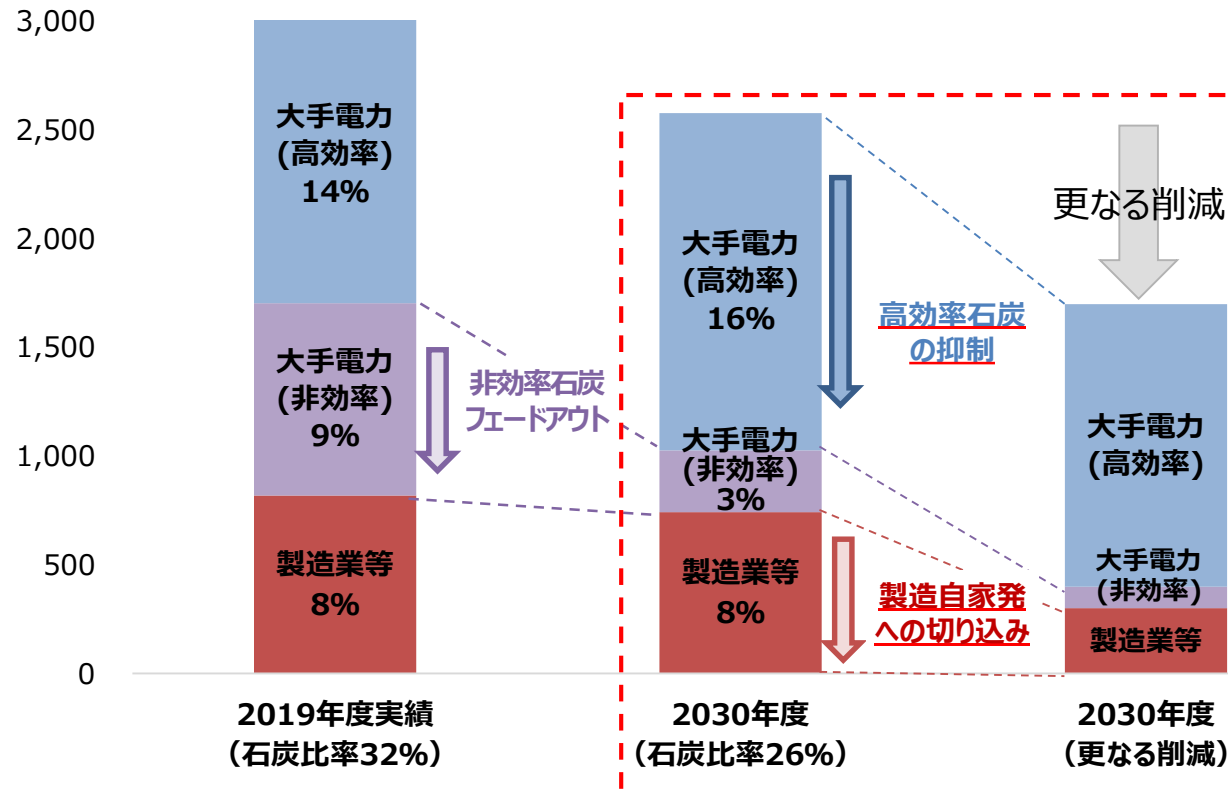
	水素	アンモニア
概要	➤ 燃焼速度が比較的近いガス火力発電に水素を混入。水素の燃焼速度が速いため、その燃焼を制御する技術が必要。 ➤ 上記制御技術を使うことで、ガスタービンの水素専焼化も可能。	➤ 発電用バーナーの中心にある再循環領域（高温・低酸素）にアンモニアを一定速度で投入することで、アンモニアの分解及び還元反応を促進しつつ、アンモニアを燃焼。 ➤ アンモニアは燃焼速度が石炭に近いことから、石炭火力での利用に適している。
現状の取組	➤ 小型器（1MW）での専焼は現在実機で実証を開始し、大型器（数十万kW級）は30%の混焼率を達成するための燃焼器の技術開発が完了。 ➤ コストが下がれば、2050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。	➤ 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	➤ 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。 ➤ 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。	➤ 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。
弱み	➤ 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うる材質を使う必要。 ➤ 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。	➤ 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。

石炭火力の更なる削減に向けた基本的な考え方

- 足元の石炭比率は32%。省エネ法の規制強化（最新鋭のUSC水準の発電効率目標43%への引上げ等）などにより2030年に向けて非効率石炭火力のフェードアウトを着実に進め、これまでのエネルギーミックスにおける26%まで引き下げることとしていた。
- 26%には建設中の石炭火力9基も含まれる中、更に石炭火力比率を見直す場合は安定供給の課題に加え、製造業への影響の課題があり、20%台前半への引下げも相当の困難を伴うが、2030年度に向けて最大限引き下げていくことが必要。※立地地域における電力供給体制の状況など、地域特性に応じた配慮も必要。

＜石炭火力の更なる引き下げの方向性＞

[億kWh]



① 安定供給に対するリスク増大

- ✓ 電力需給ひっ迫時に、在庫保持コストが高く機動的な燃料調達が困難なLNGに偏重するリスク
- ✓ 世界的に獲得競争が激化し、LNG調達が困難となるリスク
- ✓ 設備利用率の更なる低下により石炭火力が過度に退出するリスクなどに留意が必要。
※加えて、償却前電源には補償が必要となる可能性。

② 自家発電削減による国際競争力の低下

- ✓ 10万kWの石炭火力自家発電電力を系統からの購入に切り替えると年間約100億円増※
※料金の差分を約14円/kWhと設定

【参考】COP結果概要（エネルギー関連）

- パリ協定の目標（1.5度努力/2.0度必達）を改めて確認。各国は、パリ協定の目標と整合的になるよう、2022年末までに、必要に応じて2030年NDCの見直しと強化を行う。
- 岸田総理が首脳級会合「世界リーダーズサミット」に参加。岸田総理から、2030年までの期間を「勝負の10年」と位置づけ、全ての締約国に野心的な気候変動対策を呼びかけ。
- COP全体決定において、
 - ① 全ての国に対して、**排出削減対策が講じられていない石炭火力発電の段階的逡減と非効率な化石燃料補助金の段階的削減を含む取組を加速することを**、
 - ② 先進国に対して、2025年までに途上国の適応支援のための資金を2019年比で最低2倍にすることを

求める内容が盛り込まれた

（参考（該当部分原文））

Calls upon Parties to accelerate the development, deployment and dissemination of technologies, and the adoption of policies, to transition towards low-emission energy systems, including by rapidly scaling up the deployment of clean power generation and energy efficiency measures, **including accelerating efforts towards the phasedown of unabated coal power** and phase-out of inefficient fossil fuel subsidies, while providing targeted support to the poorest and most vulnerable in line with national circumstances and recognizing the need for support towards a just transition



世界リーダーズ・サミットで演説を行う岸田総理
官邸HPから引用。



COP26決定文書採択の瞬間
UNFCCC事務局HPから引用。

【参考】石炭火力に関する各国方針

イギリス	2024年10月までに全廃
フランス	2022年までに全廃
ドイツ	2038年までに全廃
イタリア	2025年までに全廃
ギリシャ	2028年までに全廃
オランダ	2030年までに全廃
アメリカ	「パリ協定」に復帰。2035年までの発電部門のCO2排出ゼロ、及び2050年までのGHG実質ゼロを国家目標に設定。炭素集中型の化石燃料ベースのエネルギープロジェクトに対する国際的な投資及び支援の停止に向け努力する方針（2021年4月）
韓国	- 石炭火力の電源比率（現在約3割）を2030年頃までに約23%に低下させる方針。 - 新規の海外石炭火力発電に対する公的金融支援の停止を宣言。（2021年4月）
オーストラリア	- エネルギー消費量の約1/3が石炭火力。近年では高経年化した石炭火力発電所の閉鎖が進んでいる。 - 他方、石炭の産出と輸出を2030年以降も継続する方針。
中国	- 国外での石炭火力新設停止を表明（2021年9月） - 国内でも脱石炭を進めていたが、今夏の電力不足を受けて国内石炭を増産。

【参考】クライメートファイナンス分野の政策の経緯

＜トランジション・ファイナンスの推進＞

- グリーンか、否かの2元論で整理するE Uタクソノミーへの対応として、脱炭素に向けた省エネやエネルギー転換などの「移行」に焦点を当て、そこに資金供給を促す、「トランジション・ファイナンス」を推進。
- 昨年12月の国際原則を踏まえて、金融庁・環境省・経産省で、トランジション・ボンドやトランジション・ローンとラベリングするための「基本指針」を今年5月に策定。

多排出産業が脱炭素に向けた道筋を描くための分野別のロードマップを策定。

2021年8月6（日）
経済産業分野におけるトランジション・ファイナンス
推進のためのロードマップ策定検討会

クライメート・トランジション・ファイナンスに 関する基本指針

2021年5月
金融庁・経済産業省・環境省



【参考】火力運用の効率化・高度化（AI・IoTの活用）

第41回総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会
(2021年4月22日) 資料1

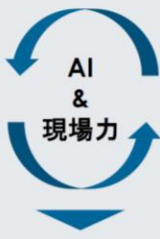
- これまで火力発電所では、現場技術者の長年の経験に基づく、きめ細かな運転管理が行われてきたが、近年、電力自由化の中で競争的環境に置かれており、**より効率的な事業運営が必要**。それと同時に脱炭素化に向けて、**調整力としての柔軟な運転（幅広い負荷変動への対応）**が求められ、こうした**運用の高度化に係る取組を強化する必要がある**。
- **運転・保守の効率化によるコスト削減やより柔軟な運用等を目的として、AI/IoTを活用した火力発電の運用の最適化・自動化等の取組を促進することが必要ではないか。**

＜AIを活用した火力発電の運用の最適化・自動化等の取組事例（JERA）＞

2. デジタルパワープラント：DPP（発電所におけるAI利用）

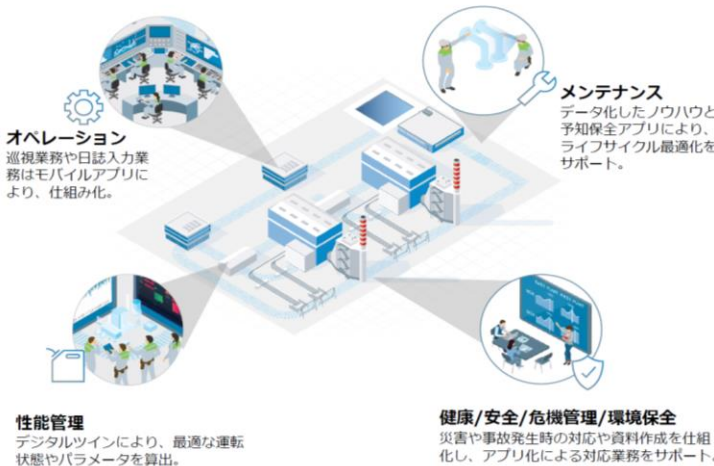
- ✓ DPPは、「デジタル化」、「Kaizen力」、「技術力」を掛け合わせることで新たな価値を創造
- ✓ モデル発電所でDPPをパッケージ化し、国内の新設・既設火力だけでなく、海外や他社発電所へ展開

データやAIを活用した
高度なO&Mをアプリケーション
に実装し、価値を確実に
生む仕組みを構築



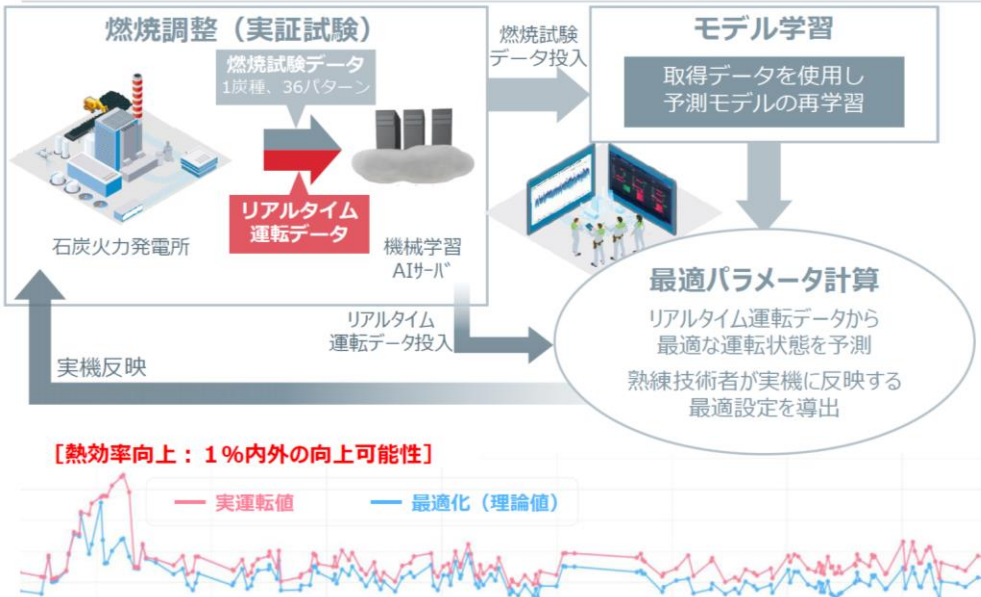
Digital
Power Plant

JERAの目指すデジタル発電所の将来像
Kaizen等のUser technologyを含む、「発電所の設備と人の仕事」をパッケージ化
(標準化・デジタル化)



＜参考＞デジタル化の取組み例(性能管理)

- ✓ 過去の膨大な運転データをAIで解析。熱効率向上（下例）やトラブルの事前予測に活用し、発電所ライフタイム通してCO2やコスト削減を実施



【参考】地域経済や雇用等への影響

- 石炭火力発電所は、**地方税収**（固定資産税、法人事業税等）、**運輸・運転・保守等における雇用、地元企業への外注等**を通じて地元経済に貢献。
- 非効率火力のフェードアウトに伴い、**地域経済や雇用への将来的な影響**が発生するおそれがあるため、各地域のニーズや地域特性等の実情を踏まえつつ、将来的には**脱炭素化に向けたエネルギー転換**をはじめとする**トランジションを促進**していくことが必要ではないか。

＜発電事業者による地元の雇用や経済への懸念（例）＞ （9/18石炭火力検討WG電源開発提出資料）

雇用面

- 石炭火力発電所の運転・保守に従事する職員・作業員の総数は **1 地点あたり約200～550人**です。
（内、J-POWERグループ会社社員は150名～300名程度）
- 定期点検等、設備点検時は、作業内容にもよりますが、**その2～3倍**の人数が従事します。

経済面

- SC以下発電所の修繕費・設備投資の内、地元地域への発注は、**1 地点あたり10億～30億円/年**程度です。
- SC以下発電所の地元自治体に支払う地方税（固定資産税・事業税他）は **1 地点あたり2～8億円/年**です。
- 立地自治体によっては人口減少が著しく、雇用減少のみならず **人口減少を加速する**可能性もあります。

火力発電は
地元雇用・経済
を支える役割

・脱炭素化対応
・立地地域との共生

エネルギー転換の
必要

非効率火力のフェードアウトに伴う
地域経済や雇用への将来的な影響のおそれ

各地域のニーズや地域特性等の実情を踏まえ、トランジションを促進

1. 火力発電の果たしてきた役割
2. 火力発電の位置づけと石炭火力をめぐる動向
- 3. 検討の視点**

検討の視点（例）

- 新たなエネルギー基本計画において、火力については、安定供給を大前提に、電源構成に占める比率（現状約 7 割）をできる限り引き下げていくこととされ、新たなエネルギーミックスにおいて、2030年の火力比率は約 4 割とされた。
- こうした中で、2050年のカーボンニュートラルの実現に向けて、再エネの最大限の導入を進めるに際し、電力の安定供給確保のための供給力、調整力、更には慣性力としての火力の役割について、どのように考えるか。
- 火力の脱炭素化に向けて、技術・人材・ファイナンス面でどういった課題があり、政策的な後押しをどのように考えるべきか。特に、バイオマス・アンモニア・水素・CCS等の有望分野の取組の加速にあたって、投資の後押しや経済的インセンティブを含め、どのような視点が必要か。
- 火力の中でも、LNG、石炭、石油それぞれに一長一短がある中で、S+3Eの観点から、あるべき火力のポートフォリオについて、どのように考えるか。例えば、LNGはCO2排出量が少ない一方、貯蔵ができず、価格変動が大きいことについて、どのように考えるか。
- 火力の比率を引き下げて行くに際し、どのような施策を講じていくことが求められるか。非効率石炭のフェードアウトに向けては、省エネ法や容量市場の仕組みを活用することとしているが、石炭比率の更なる削減に際し、追加的にどのような措置が求められるか。その際、安定供給確保の観点で当面維持していく必要がある部分について、どのような課題・後押しがあるのか。
- 火力の休廃止にあたっては、地域の経済・雇用・製造分野における自家発電にネガティブな影響を与える可能性がある点について、どのように考えるべきか。