

安定供給の現状と課題と 火力の脱炭素化の在り方について

2024年7月
資源エネルギー庁

目次

1. エネルギー安定供給の現状と課題

2. 火力発電の脱炭素化に向けた現状と課題

(1) 火力発電の現状

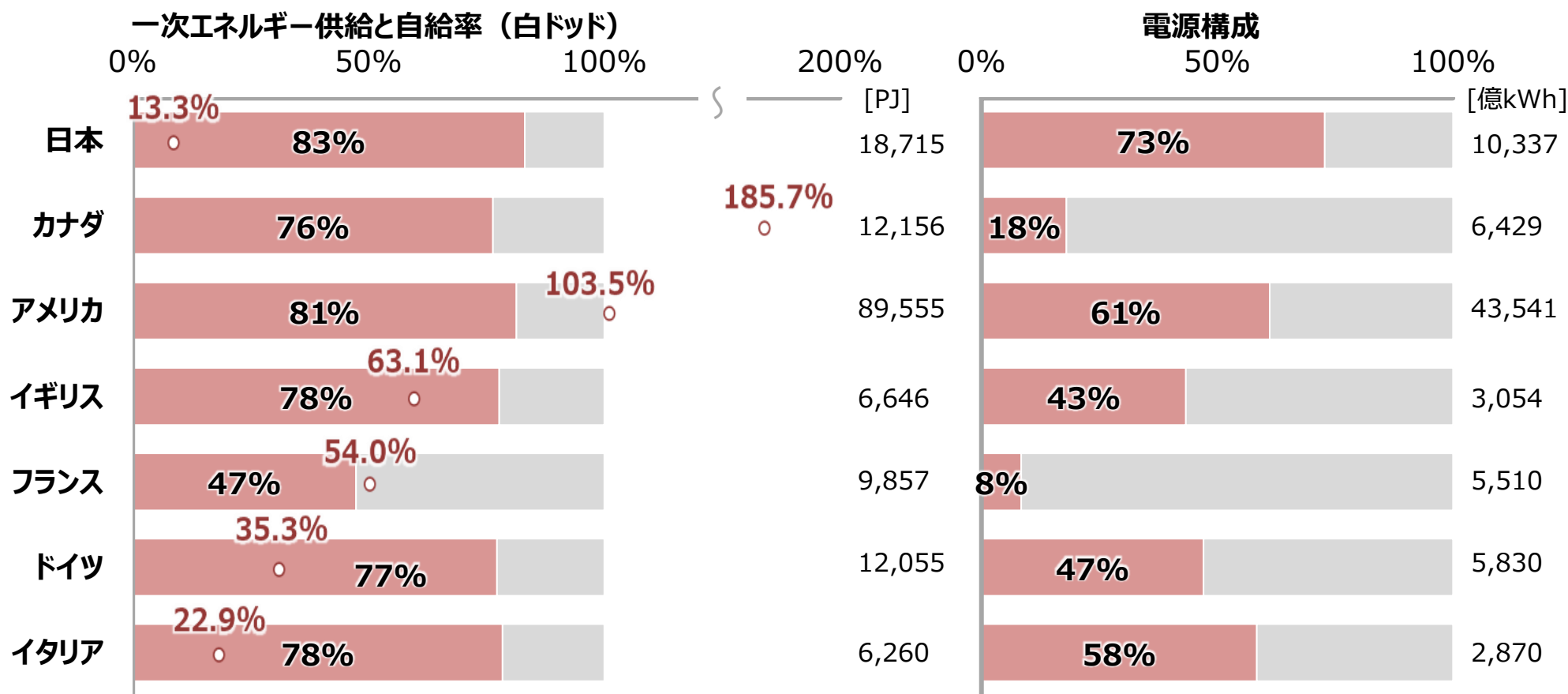
(2) 脱炭素化に向けた現状と課題

3. 化石燃料確保の現状と課題

4. 本日の議題

- 一次エネルギー供給で見た場合、日本は8割以上を化石エネルギーに依存。G7諸国の中では最多であり、水準としては遜色ないレベルにあるが、自給率で見た場合は最低水準。
- 電源構成で見た場合、7割以上を化石エネルギーに依存しており、この水準はG7各国と比較しても高いレベルにあり、脱炭素電源の拡大はG7各国との産業立地競争力の観点からも不可欠。

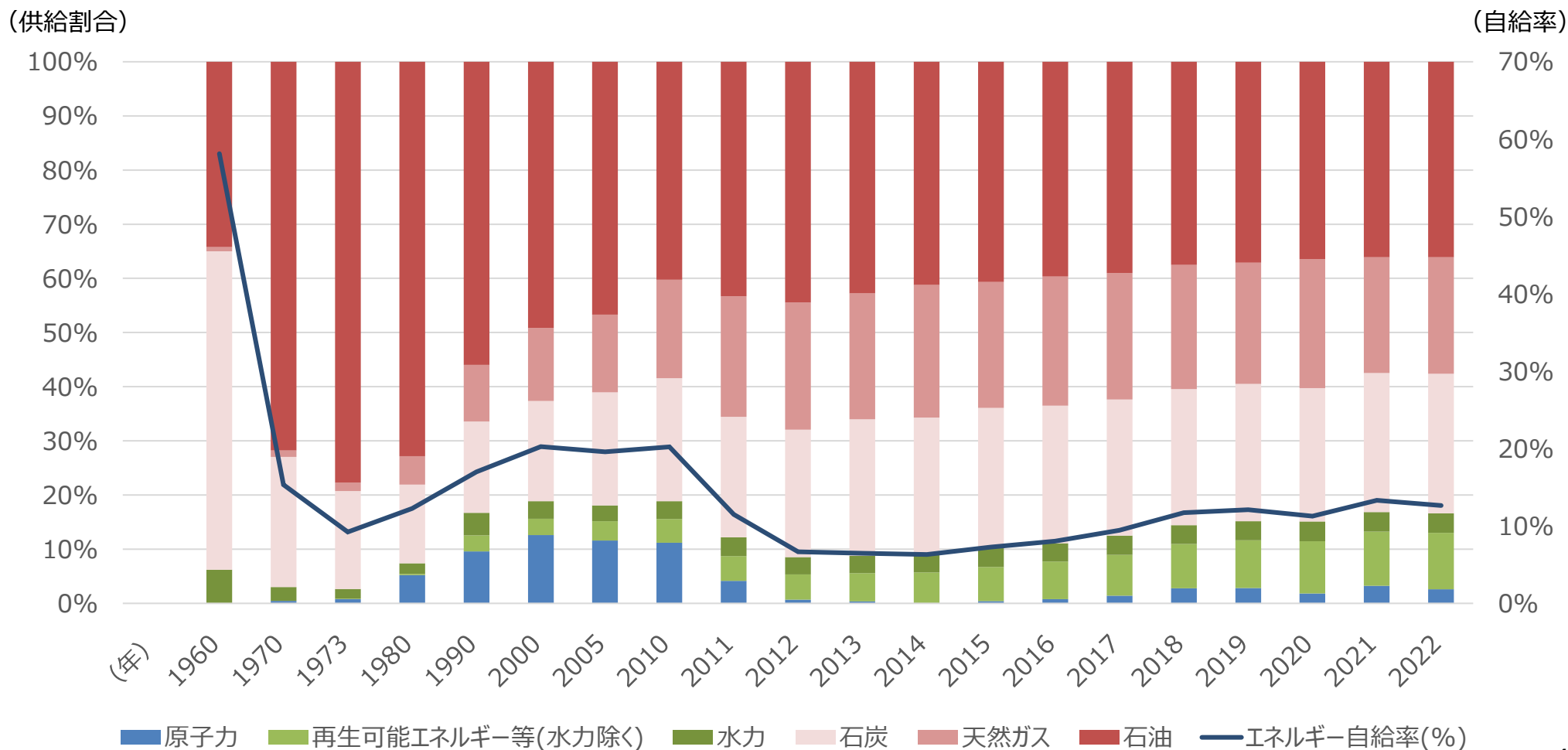
一次エネルギー供給・電源構成に占める化石エネルギー比率（2021年*）



（出所） IEA「World Energy Balances」、総合エネルギー統計をもとに作成。日本は2021年度、その他は2021年の数字。

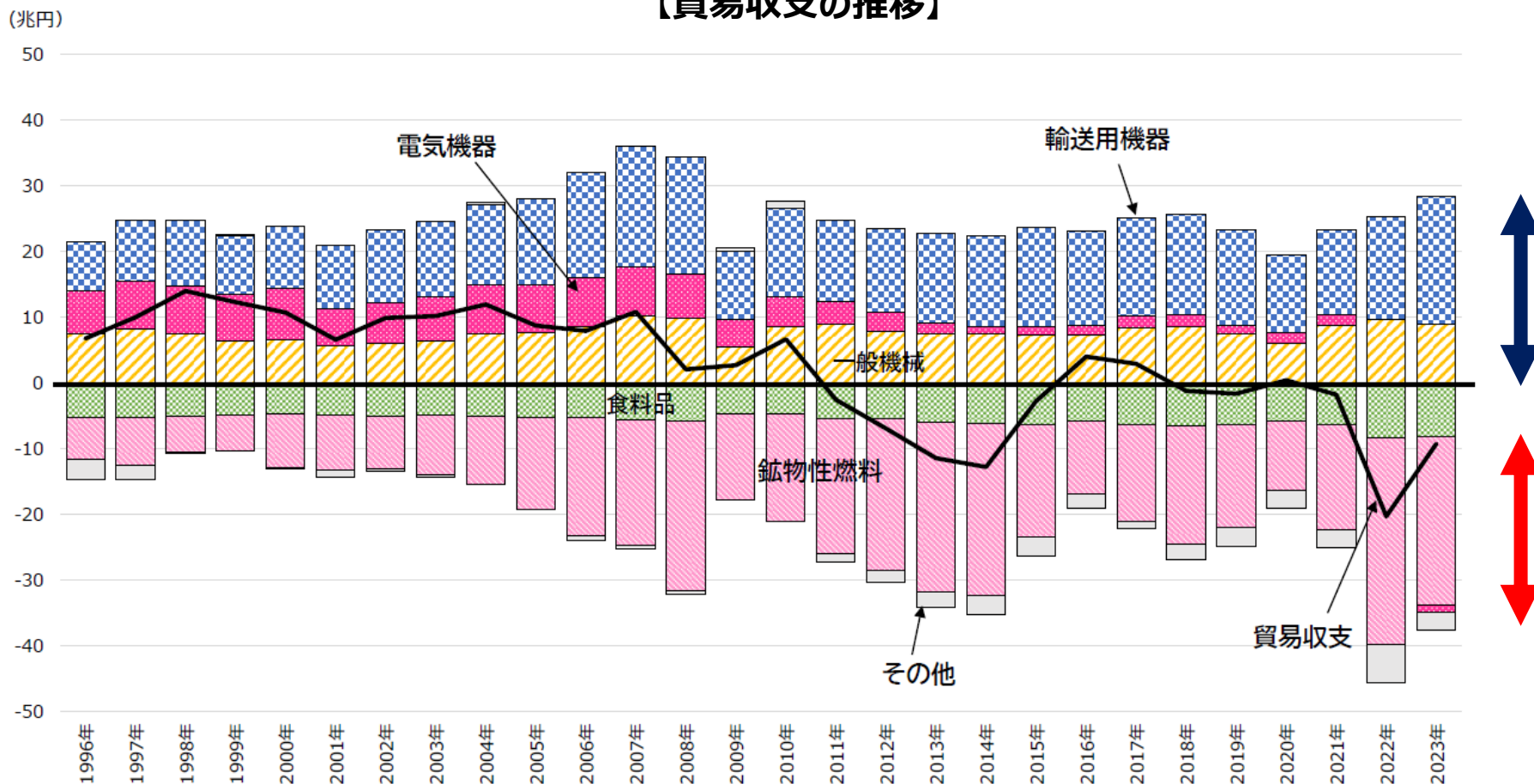
日本の一次エネルギー供給構造の変化

- 石炭から石油へのエネルギー転換と共に、エネルギー自給率は低下。その後、原子力の活用によりエネルギー自給率は改善するも、東日本大震災以降、再び大幅に低下。
- 足元では、再エネの増加や原子力発電所の再稼働により、エネルギー自給率は増加傾向にあるが、依然として一次エネルギーの大半を化石燃料に依存している。



- 自国産エネルギーが乏しく輸入に頼る我が国は、高付加価値品で稼ぐ外貨を化石燃料輸入で費消。2023年には、自動車、半導体製造装置などで稼いだ分（輸送用機器約20兆円＋一般機械約9兆円）の大半を、鉱物性燃料（原油、ガスなど）の輸入（約26兆円）に充てる計算。
- 更に、世界的な脱炭素の潮流により、化石燃料の上流投資は減少傾向。海外に鉱物性燃料の大半を頼る経済構造は、需給タイト化による突然の価格上昇リスクや、特定国に供給を依存するリスクを内包。

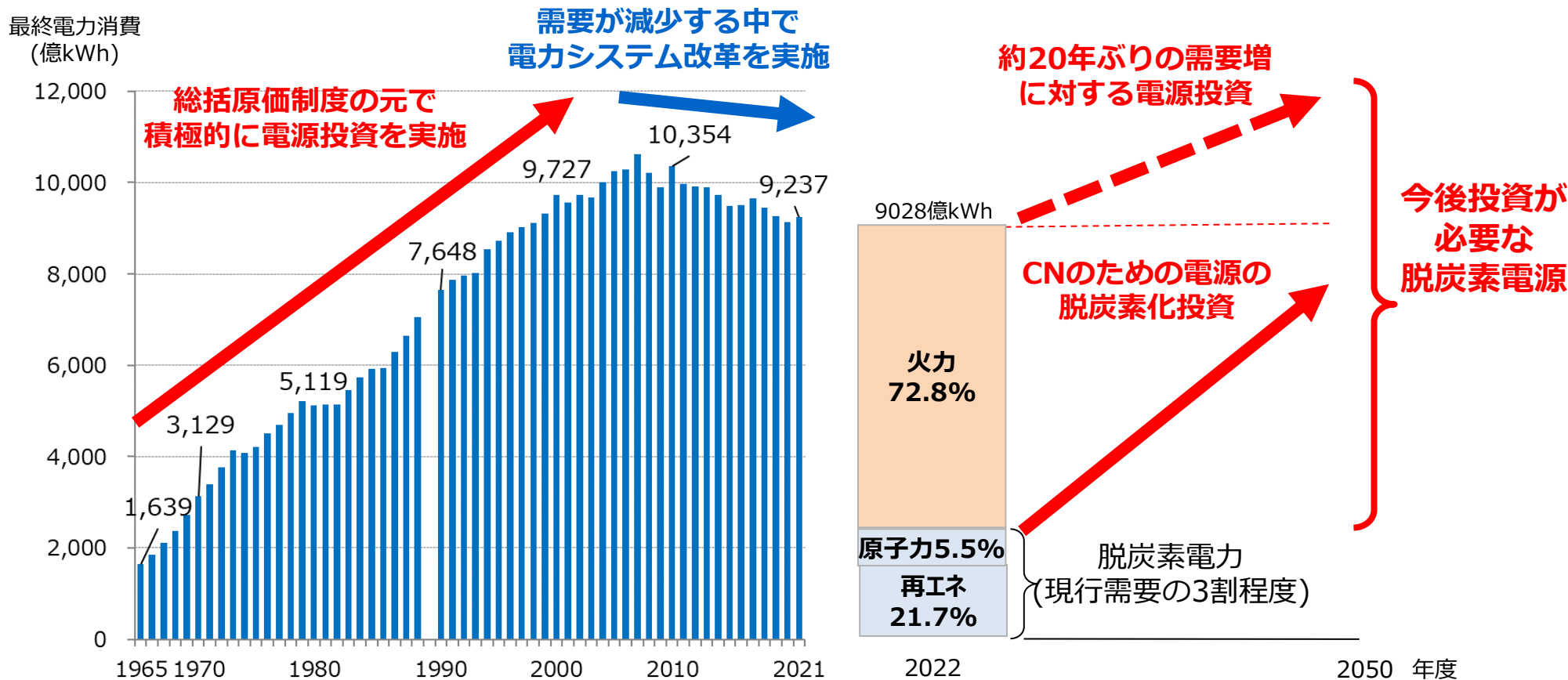
【貿易収支の推移】



■ 半導体工場の新規立地、データセンター需要に伴い、国内の電力需要が約20年ぶりに増加していく見通し。2050CNに向けた脱炭素化とあいまって、大規模な電源投資が必要な時代に突入。これまでの電力システム改革時には必ずしも想定されていなかった状況変化が生じている。

■ 脱炭素電源の供給力を抜本的に強化しなければ、脱炭素時代における電力の安定供給の見通しは不透明に。

※電力広域的運営推進機関は、2024年度から29年度にかけて電力需要が年率0.6%程度で増加する見通しを公表（2024年1月）。



- GX2040ビジョンに向けて、①エネルギー、②GX産業立地、③GX産業構造、④GX市場創造のフレームワークに沿って、以下の論点について集中的に議論。

I. エネルギー

1. エネルギーが産業競争力を左右する中、**強靱なエネルギー供給を確保**するための方策
 - ① DXの進展により、**電力需要増加の規模やタイミングの正確な見通しが立てづらい**状況下における
 - 1) **投資回収の予見性が立てづらい脱炭素電源投資を促進**
 - 2) **将来需要を見越してタイムリーに電力供給するための送電線整備**
 - ② 世界の状況も踏まえ、**水素・アンモニアなどの新たなエネルギーの供給確保**
 - ③ トランジション期における、**化石燃料・設備の維持・確保**

議論の方向性

- 脱炭素電源の更なる活用のための事業環境整備
- 大口需要家やデータセンターなどの「脱炭素産業ハブ」も踏まえた送電線整備 等
- 水素・アンモニア供給拠点、価格差に着目した支援プロジェクトの選定 等
- LNGの確保や脱炭素火力への転換加速 等

II. GX産業立地

2. 脱炭素電源、送電線の整備状況や、新たなエネルギーの供給拠点等を踏まえた**産業立地のあり方**

- 脱炭素エネルギー適地・供給拠点や、地方ごとのGX産業集積のイメージを示し、投資の予見可能性向上 等

III. GX産業構造

3. 中小企業を含め、**強みを有する国内産業立地の推進**や、次世代技術による**イノベーションの具体化、社会実装加速の方策**
4. 経済安全保障上の環境変化を踏まえ、**同盟国・同志国各国の強みを生かしたサプライチェーン強化のあり方**

- 国際競争を勝ち抜くための、官民での大胆・実効的な国内投資・イノベーション促進の実行
- 鉄などの多排出製造業の大規模プロセス転換や、ペロブスカイト太陽電池などの大型プロジェクトを集中支援
- 経済安全保障上の環境変化を踏まえた同盟国・同志国との連携などサプライチェーン強化（大胆な投資促進策による戦略分野での国内投資促進） 等

IV. GX市場創造

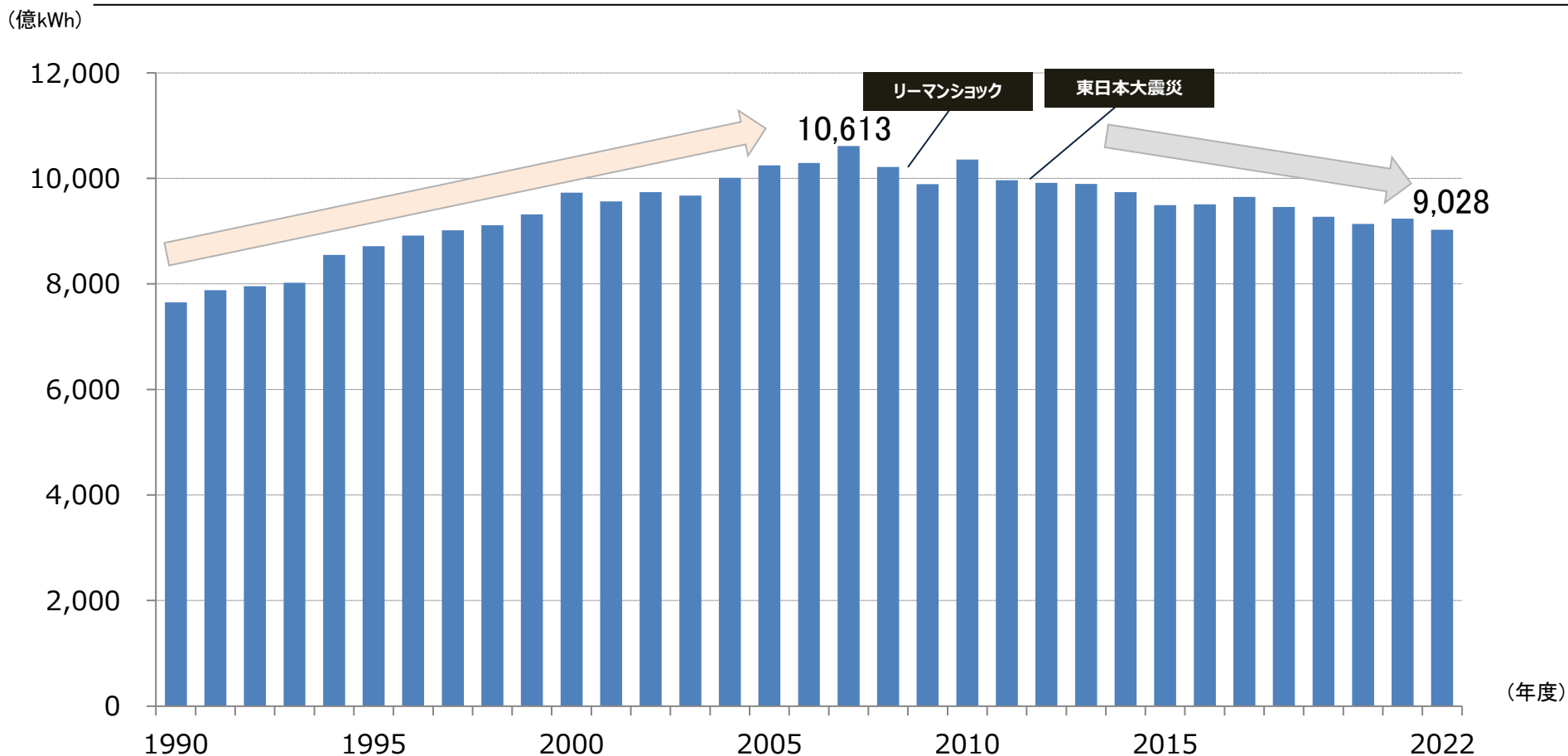
5. カーボンプライシングの詳細制度設計を含めた**脱炭素の価値が評価される市場造り**

- 排出量取引制度を法定化（26年度から参加義務化）GX価値の補助制度・公共調達での評価、AZECなどと連携したCO2計測やクレジット等のルール作りを通じた市場創造 等 7

電力需要の動向(長期)

- 電力需要は、1990年以降増加傾向で推移したが、2011年の東日本大震災以降は減少傾向で推移。

電力最終消費（年間）の推移



(注1) 「総合エネルギー統計」では、1990年度以降、数値の算出方法が変更されている。

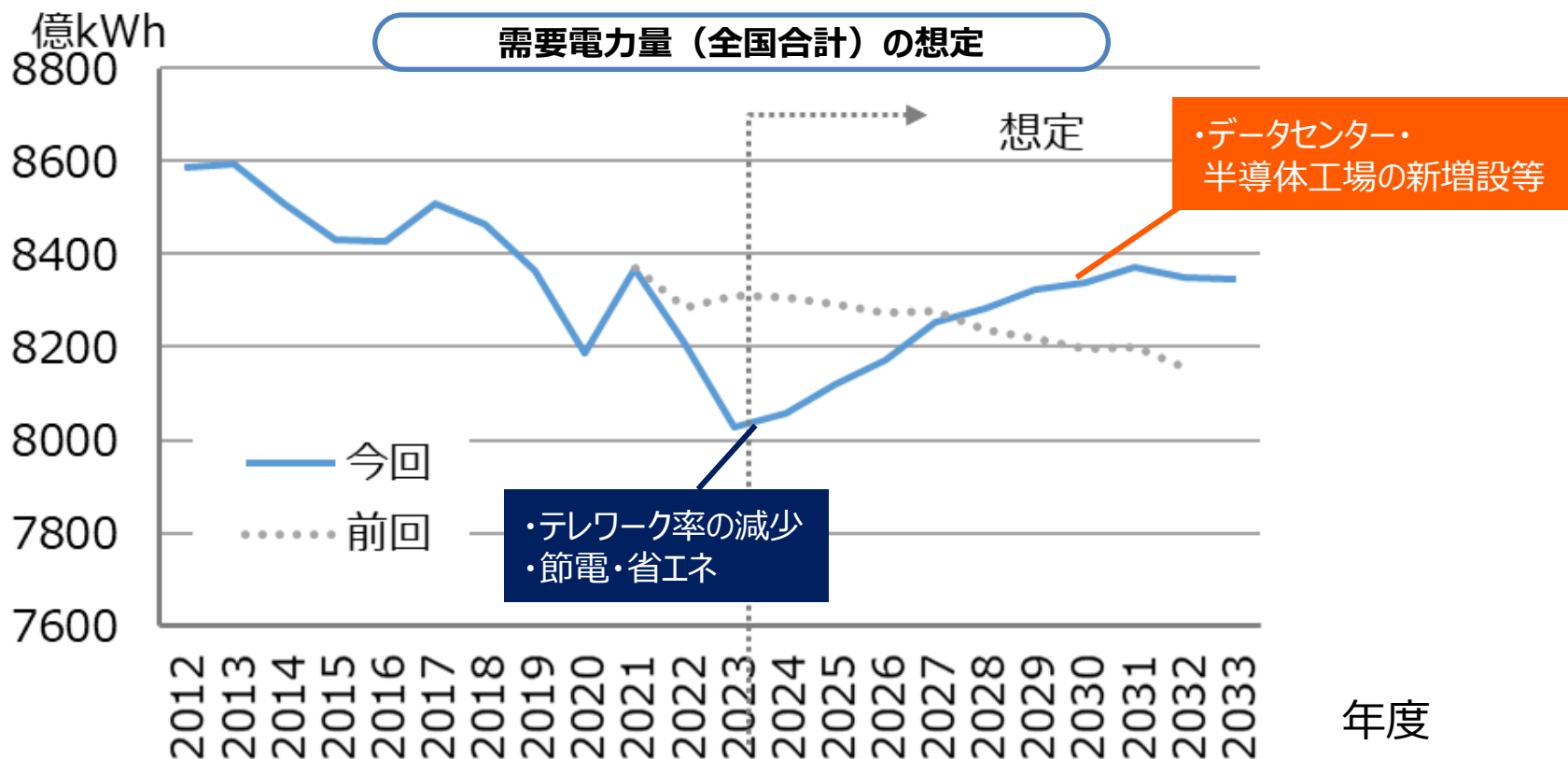
(注2) 民生は家庭部門及び業務他(第三次産業)。産業は農林水産鉱建設業及び製造業。

(出典) 令和4年度エネルギーに関する年次報告(エネルギー白書2023) 第214-1-1を基に作成

今後10年の電力需要の想定

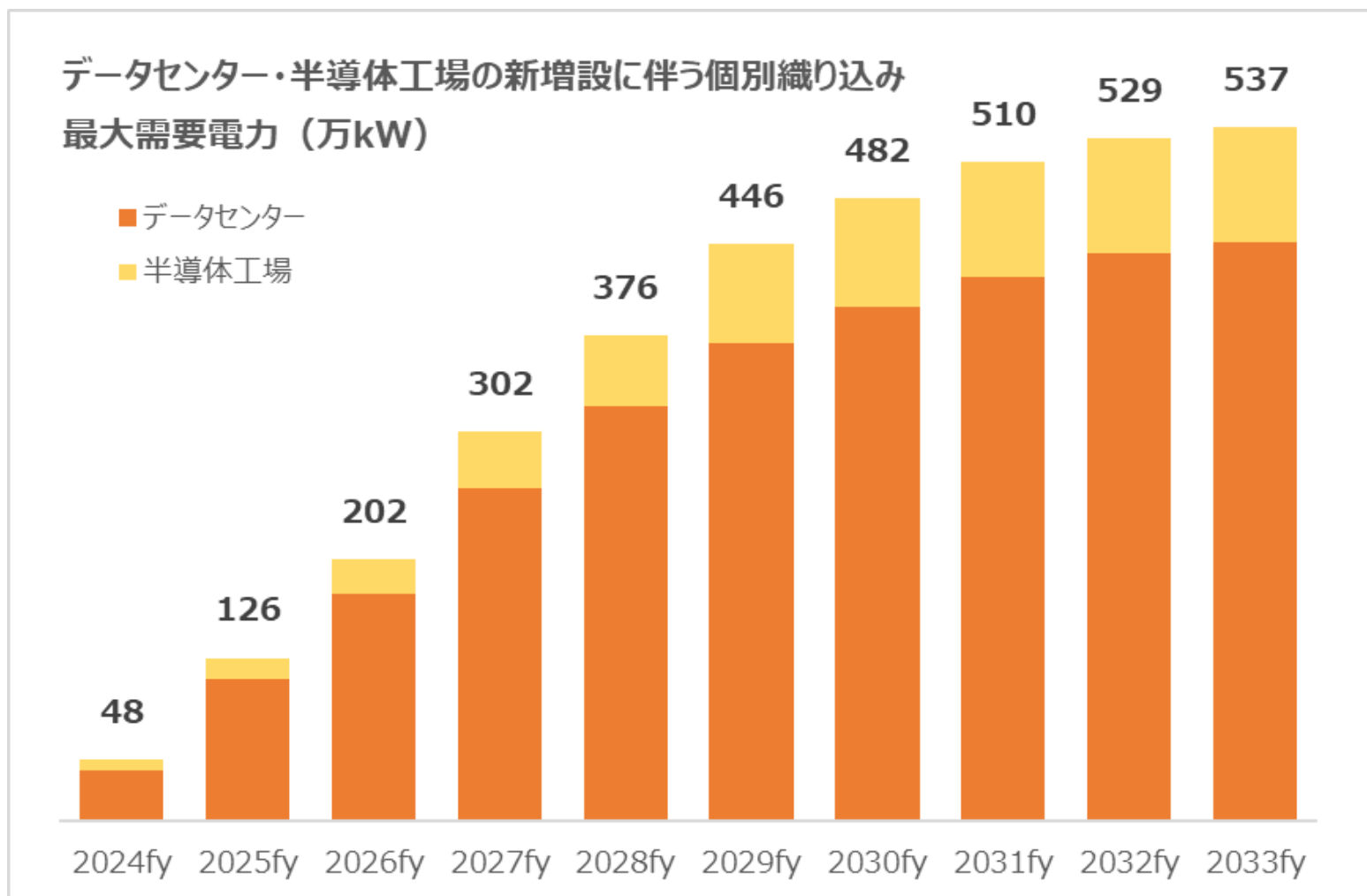
- 毎年、電力広域的運営推進機関は、一般送配電事業者から提出された電力需要の想定を取りまとめ公表。
- 本年1月24日に公表された想定では、人口減少や節電・省エネ等により家庭部門の電力需要は減少傾向だが、**データセンターや半導体工場の新增設等による産業部門の電力需要の大幅増加により、全体として電力需要は増加傾向**となった。

※電力広域的運営推進機関が業務規程第22条の規定に基づき、2024年度供給計画における需要想定的前提となる人口、国内総生産（GDP）、鉱工業生産指数（IIP）その他の経済指標について、当年度を含む11年後までの各年度分の見通しを策定。



データセンター・半導体工場の新增設による影響

- 電力広域的運営推進機関では、データセンターや半導体工場の新增設により、2024年度で+48万kW、2033年度で+537万kWの最大電力需要の増加を見込んでいる。



(出典) 電力広域的運営推進機関HP 2024年度 全国及び供給区域ごとの需要想定について

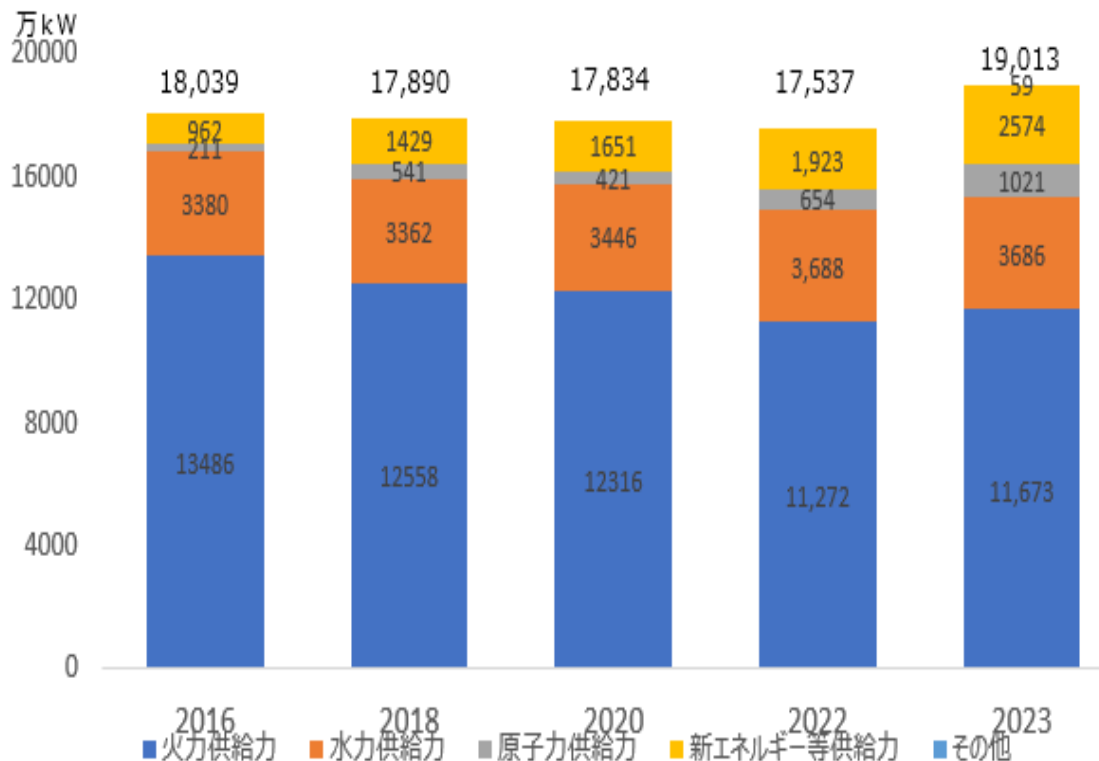
供給力（kW）の推移

- 近年、供給力は減少傾向で推移していたが、直近の2023年度は火力のリプレース機の稼働により増加となった。
- 他方、**東京エリア**においては、今夏の最小予備率は4.1%となっているが、トラブル停止のリスクが高い、運転開始から40年以上経過している**老朽火力が供給力の約1割**※1 を占めていることに加え、**多くの火力発電所が東京湾岸に集中**※2するなど、**一定のリスクがある状況が継続**している。

※1 東京エリアにおける火力発電所のうち、2024年度夏季予備率最小の7月の供給力全体に対する老朽火力の割合

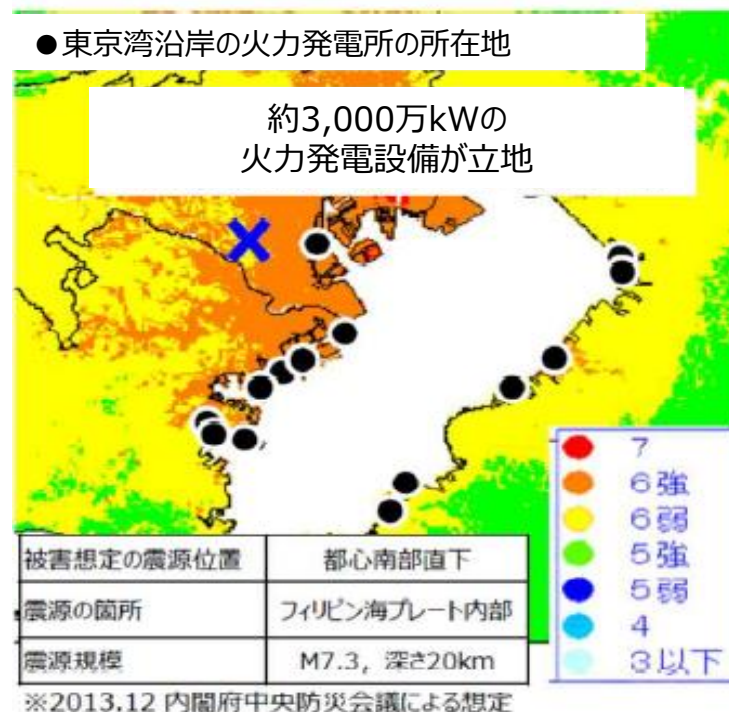
※2 火力発電所計約3,000万kW（2024年7月の東京エリアの供給力の約5割程度）が東京湾岸に集中

供給力の推移（8月）



（出典）供給計画届出より作成

火力発電所の東京湾岸集中



高需要期における最大需要発生時の予備率見通しの推移

- 2015年度以降、各年度の高需要期（夏季・冬季）前に算定した最大需要発生時の予備率見通しの推移は以下のとおりであり、近年は西日本より東日本の予備率が相対的に低くなっている。

注) 直近2年分については2か月分を記載

夏季の予備率 (8月)

年度	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023		2024※1	
									7月	8月	7月	8月
北海道	8.7%	20.2%	14.7%	17.6%	4.7%	9.7%	23.9%	12.5%	5.2%	7.6%	4.4%	13.3%
東北	5.5%	7.3%	11.5%	3.8%		6.4%	3.8%	4.4%	9.8%	11.7%	7.9%	10.1%
東京	11.0%	8.1%	3.5%	8.4%	5.0%	8.1%			6.8%	3.1%	4.8%	4.9%
中部	4.9%	6.7%	3.0%				8.4%	5.0%		8.1%	6.8%	9.8%
北陸	6.4%	11.1%	4.3%	8.4%	5.0%	8.1%			6.8%			
関西	3.0%	8.2%	8.1%				8.4%	5.0%		8.1%	6.8%	9.8%
中国	7.9%	13.0%	23.0%	8.4%	5.0%	8.1%			6.8%			
四国	12.1%	5.8%	19.2%				8.4%	5.0%		8.1%	6.8%	9.8%
九州	3.0%	13.9%	9.3%	8.4%	5.0%	8.1%			6.8%			

※1 表は最大需要時の予備率であり、最小予備率の予備率は以下の通り。

(7月)
 ・北海道・東北・東京：4.1%
 ・中部・北陸・関西・中国・四国：10.4%
 ・九州：13.2%、沖縄：34.0%

(8月)
 ・北海道：10.5%
 ・東北・東京：8.0%、中部：10.6%
 ・北陸・関西・中国・四国：12.2%
 ・九州：14.8%、沖縄35.8%

数値目標なし節電要請

省エネ・節電の呼びかけ

数値目標なし節電要請

数値目標なし節電要請 (東京エリア)

冬季の予備率 (2月)

年度	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023		2024※2	
									1月	2月	1月	2月
北海道	14.0%	15.6%	16.6%	7.9%	6.6%	6.3%	7.0%	8.1%	5.2%	5.7%	10.8%	11.0%
東北	6.1%	7.9%	15.8%	5.0%			4.4%	4.9%				
東京	6.6%	4.3%	8.9%	5.0%	6.6%	6.4%	3.1%	4.9%	6.7%	6.6%	10.8%	11.0%
中部	6.1%	4.2%	3.0%	8.6%			3.9%	6.5%				
北陸	5.3%	8.3%	11.8%	4.0%	6.6%	6.4%	3.9%	6.5%	6.7%	6.6%	10.8%	11.0%
関西	3.3%	9.2%	17.9%	8.6%								
中国	9.6%	15.0%	12.2%	8.6%	6.6%	6.4%	3.9%	6.5%	6.7%	6.6%	10.8%	11.0%
四国	6.2%	9.2%	25.3%									
九州	4.7%	10.3%	5.9%	8.6%	6.6%	6.4%	3.9%	6.5%	6.7%	6.6%	10.8%	11.0%

※2 24年度冬季の予備率は、3月19日時点の見通し

数値目標なし節電要請

省エネ・節電の呼びかけ

※2018年度は北海道のみ数値目標なし節電要請

数値目標なし節電要請

近年の主な電力需給ひっ迫

- 電力自由化以降の供給力の低下や再エネの導入拡大等によって、足元では電力需給のひっ迫が発生。主な事象とその原因等は以下のとおり。

時期と主な要因

主な要因

主な対応策

1

2020年度冬期
【継続的な寒波
/LNG在庫減少】

- ① 継続的な寒波による電力需要の増加。
- ② 石炭火力のトラブル停止（約550kW）や天候不順による太陽光発電量の減少が発生。
- ③ 海外のLNG供給設備の停止等に起因したLNG在庫減少により、LNG火力の稼働抑制。

【ひっ迫時】自家発電増し、他エリアからの電力融通、連系線の運用容量拡大
【ひっ迫後】燃料モニタリングの仕組みの導入
需給ひっ迫を予防するための発電用燃料に係るガイドラインの策定

2

2022年3月
【真冬並の寒波
/福島県沖地震】

- ① 地震等による発電所の停止
〔 3/16 広野火力等（合計335万kW）
3/22 磯子火力 等（合計134万kW） 〕
- ② 東京-東北間の送電線の運用容量低下（500万kW⇒250万kW）
- ③ 太陽光の出力変動（月内で最大1,257万kW）

【ひっ迫時】

- ・ 火力発電所の出力増加、自家発電増し、補修点検中の発電所の稼働、他エリアからの電力融通
- ・ 小売電気事業者から大口需要家への節電要請
- ・ 電力需給ひっ迫警報発令(2022年3月)
- ・ 電力需給ひっ迫注意報発令(2022年6月)

3

2022年6月
【異例の暑さ
/発電設備の補修】

- ① 平年より22日早い梅雨明け（6月27日に梅雨明け）により、6月末時点で異例の暑さにより需要が大幅に増加（27日の東電管内の想定最大需要は東日本震災以降、最大（5,276万kW））
- ② 平年より大幅に早い梅雨明けにより、複数の火力発電所が補修点検により稼働停止

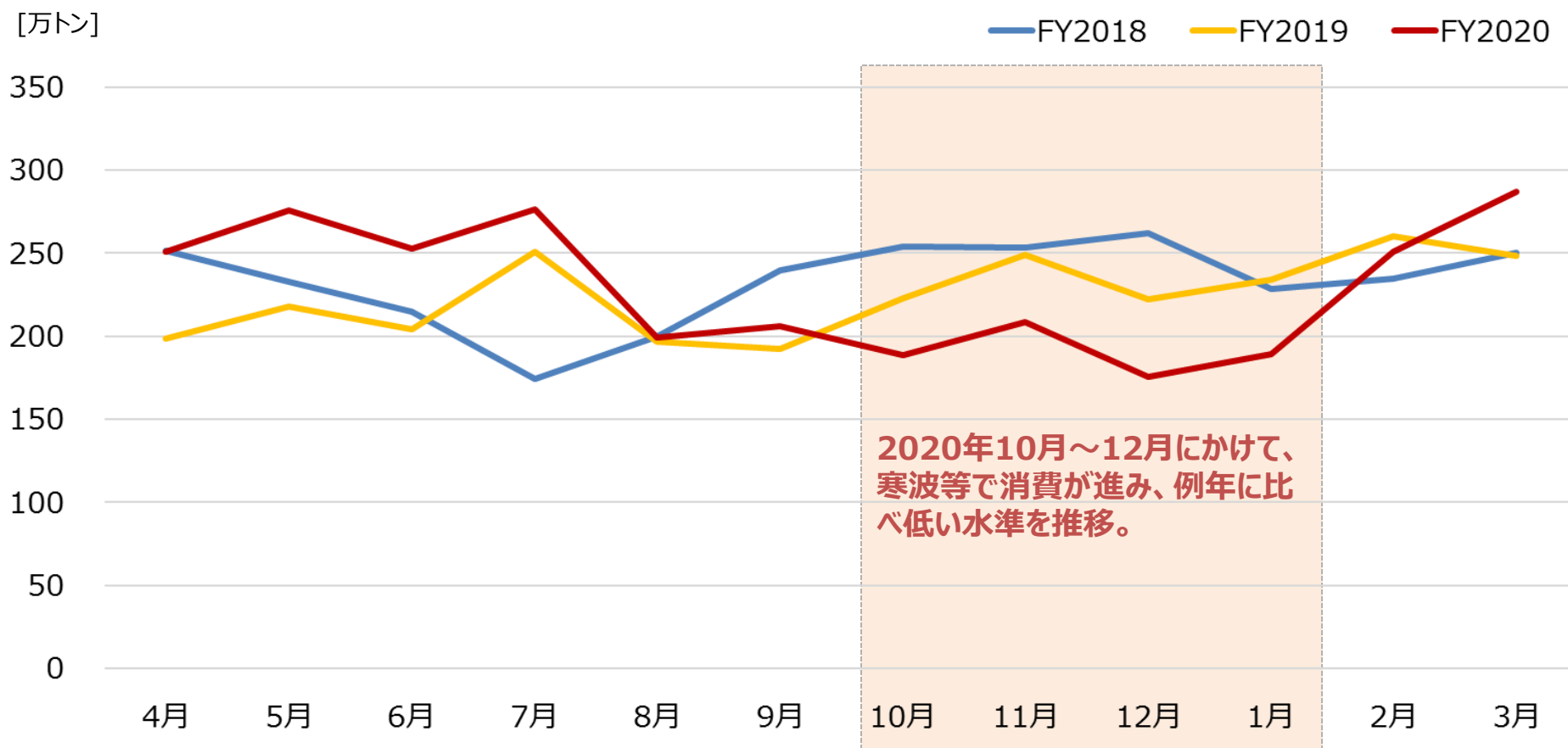
【ひっ迫後】

- ・ 需給ひっ迫注意報の創設
- ・ 発電所の休廃止に関する事前届出制の導入
- ・ 予備電源制度の導入 ※2024年度夏頃の初回募集に向けて準備中

① 2020年度冬季の需給ひっ迫（電力会社のLNG月末時点在庫の推移）

- 2020年度における電力会社のLNG在庫量（各月末時点）は、2020年4月～9月にかけては例年より高い水準であったが、2020年10月～12月にかけて、寒波等で消費が進み、例年に比べ低い水準を推移。

電力会社のLNG月末時点在庫の推移



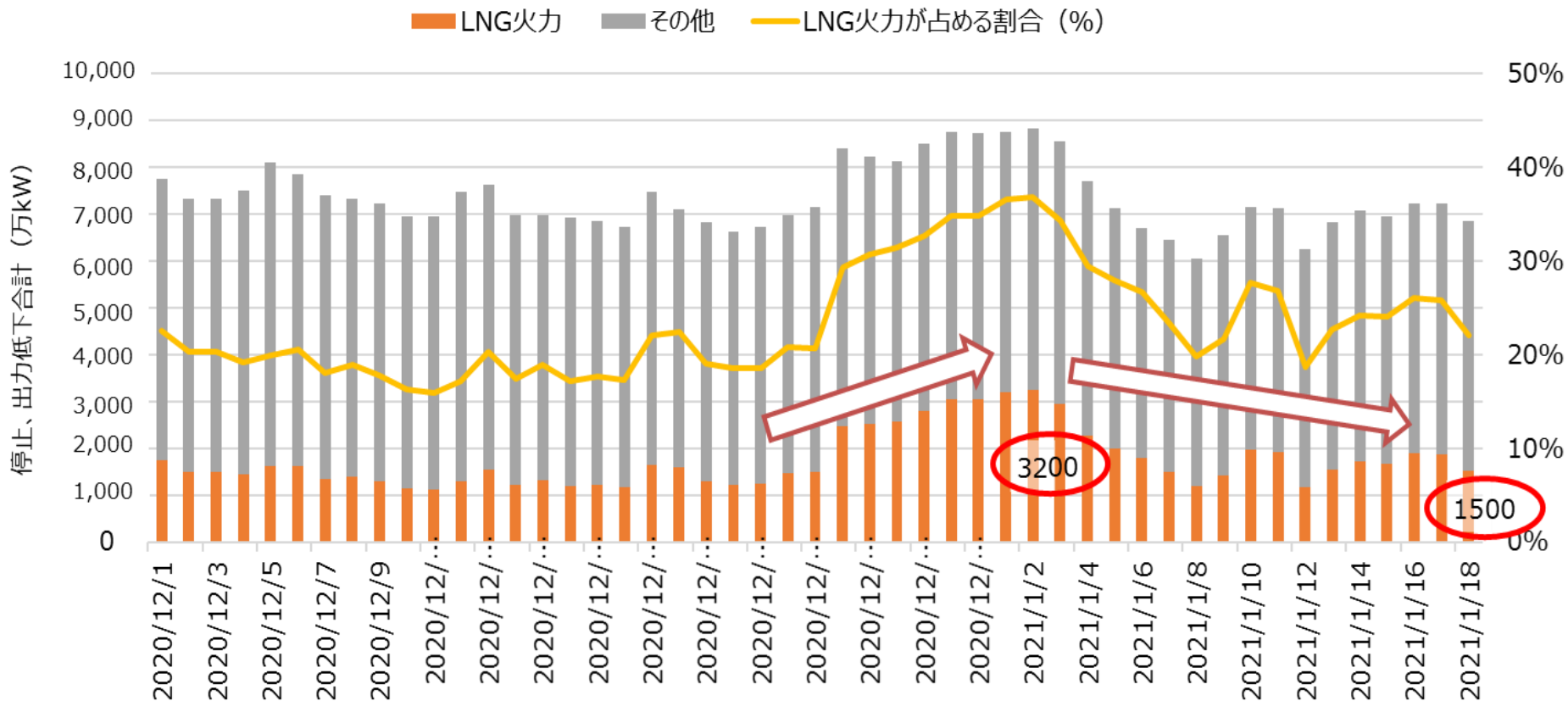
(出典) 旧一般電気事業者ヒアリングに基づき、資源エネルギー庁作成。
在庫量は、デッド（物理的に汲み上げ不可な残量。各社合計約50万トン。）を含む数量。

① 2020年度冬季の需給ひっ迫（LNGの停止・出力低下の状況）

- 発電情報公開システムにおけるLNG火力の停止・出力低下量は、2020年12月末から2021年1月2日の約3200万kWまで増加したが、その後、減少に転じ、1月18日時点では約1500万kWに半減。
- これを受けて、特に2021年1月6日～15日にかけては、予備率が3%を下回るエリアが存在するなど、電力需給が厳しい状況となった。

※当日朝断面の予備率で、他エリアからの融通を考慮すると3%以上の予備率を確保。

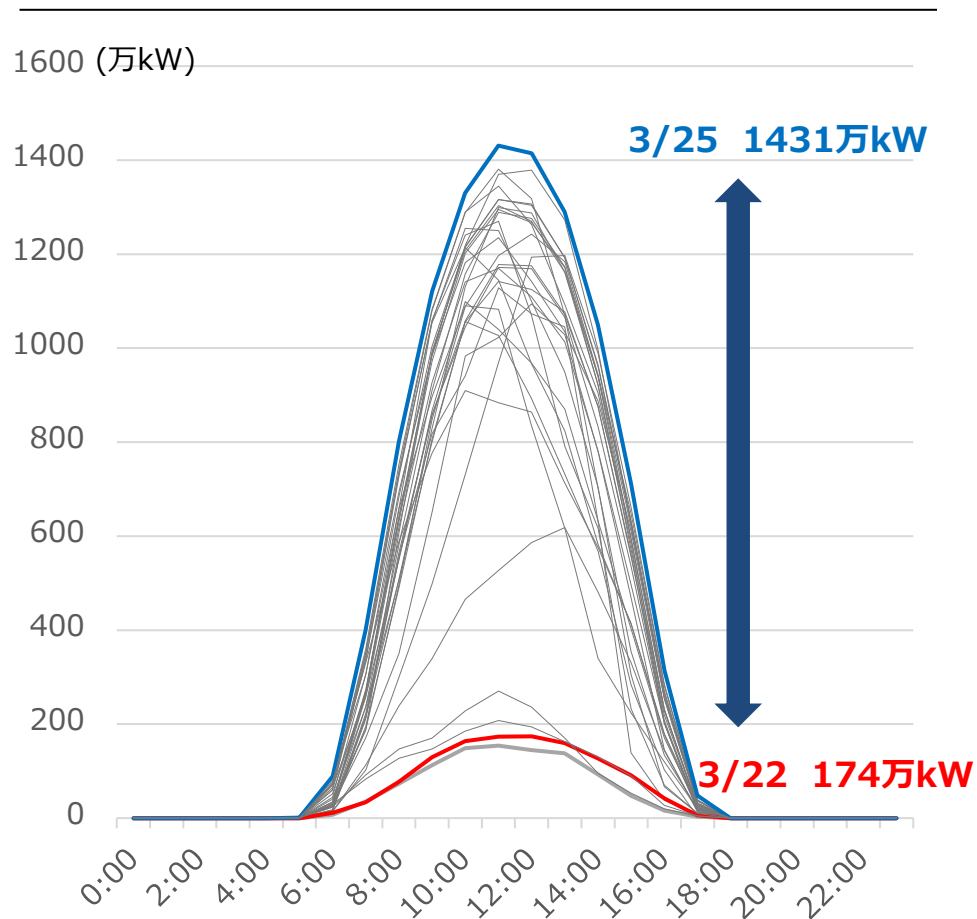
停止・出力低下量（2020年12月1日～2021年1月18日）



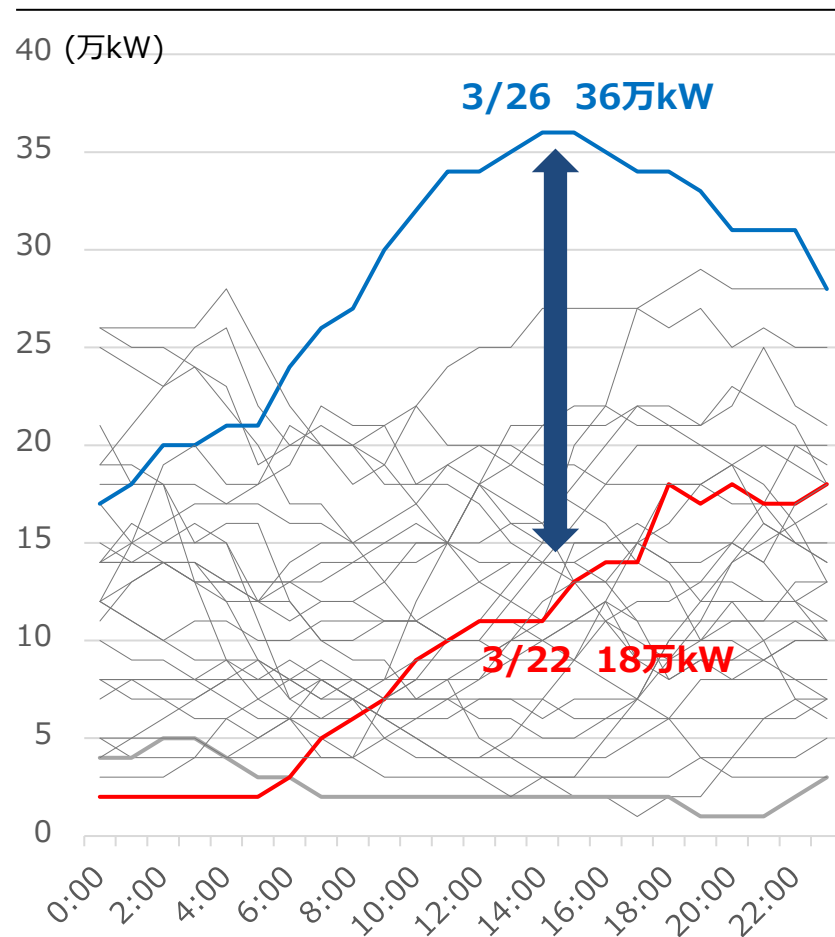
②2022年3月の需給ひっ迫（東京エリアでの太陽光・風力の発電量）

- 需給逼迫が発生した2022年3月22日には、太陽光の日別最大出力は174万kW、風力の日別最大出力は18万kWとなっている。太陽光は、3月25日の最大出力日と比較すると1257万kWの大きな差がある。

3月各日の太陽光の出力

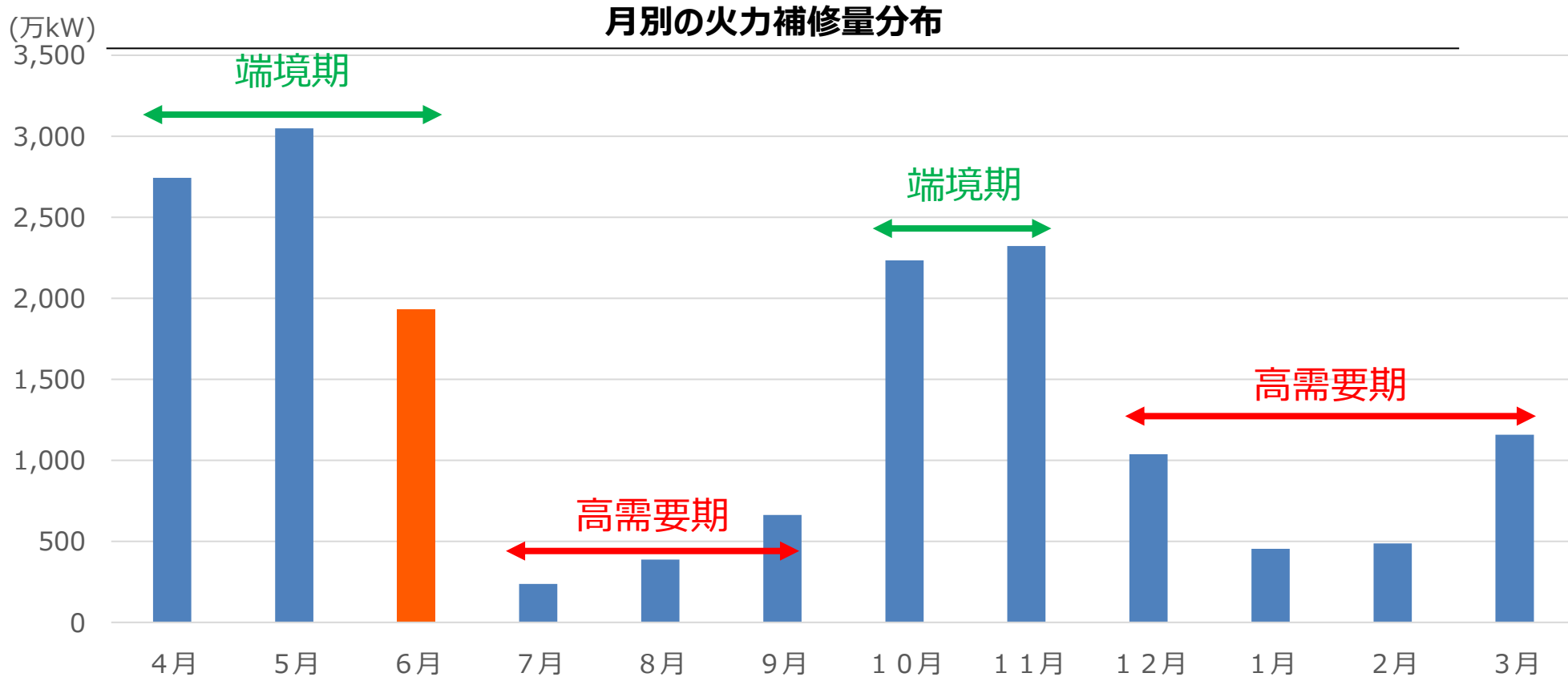


3月各日の風力の出力



③2022年6月の需給ひっ迫（全国の火力発電の月別補修量分布）

- 発電事業者は、高需要期を避けて補修計画を立てていたが、2022年度の電力需給の見通しにおいて、高需要期の予備率が低くなっていたため、補修時期の調整を実施。このため、いわゆる「端境期」に補修が集中し、今回ひっ迫注意報を発令した6月には2,000万kW弱の補修計画が予定されていた。
- 一方で、他の端境期（4～5月、10月～11月）も一定の需要が想定されており、さらなる補修時期の調整は困難であった。 ※火力発電所の法定検査は、原則、タービンは4年おき、ボイラーは2年おきに実施する必要がある。



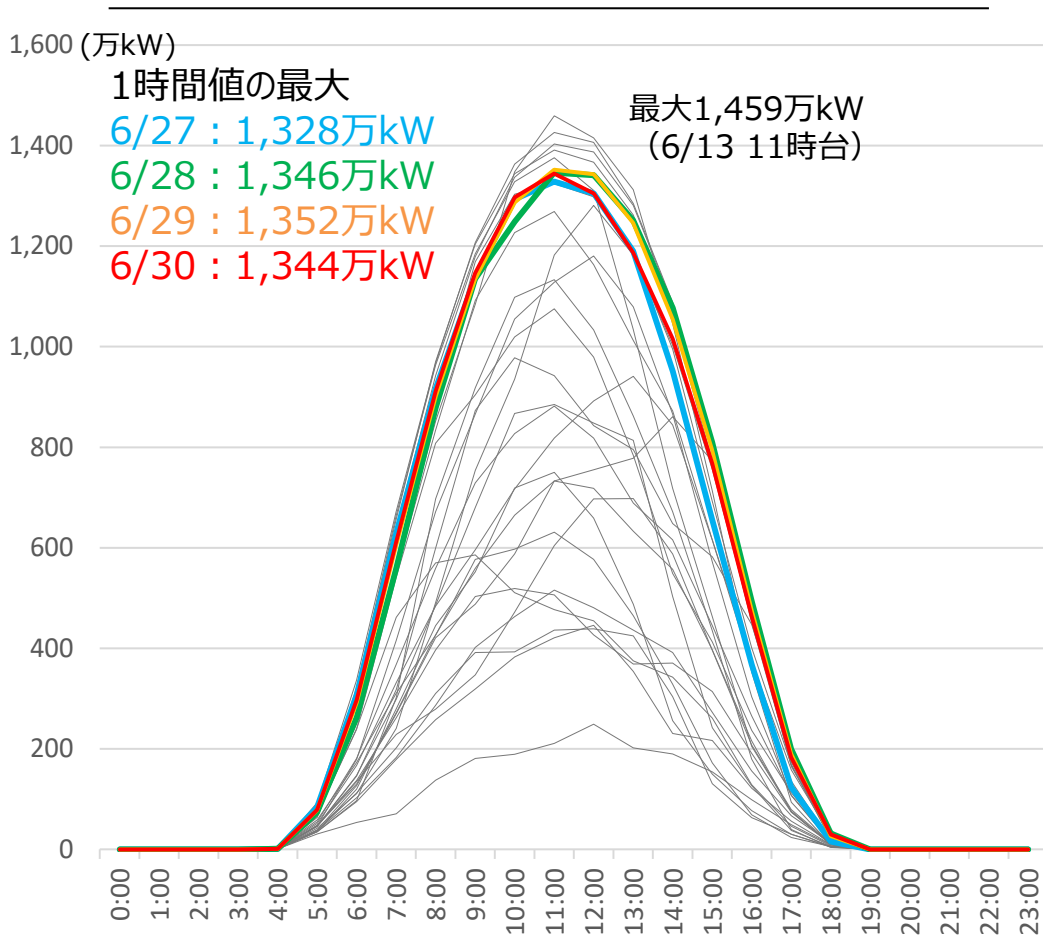
月別の需要見通し (万kW)	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
	11,613	11,379	12,757	15,998	16,044	14,101	11,967	12,425	14,307	15,068	15,041	13,347

(出典) 2022年度供給計画

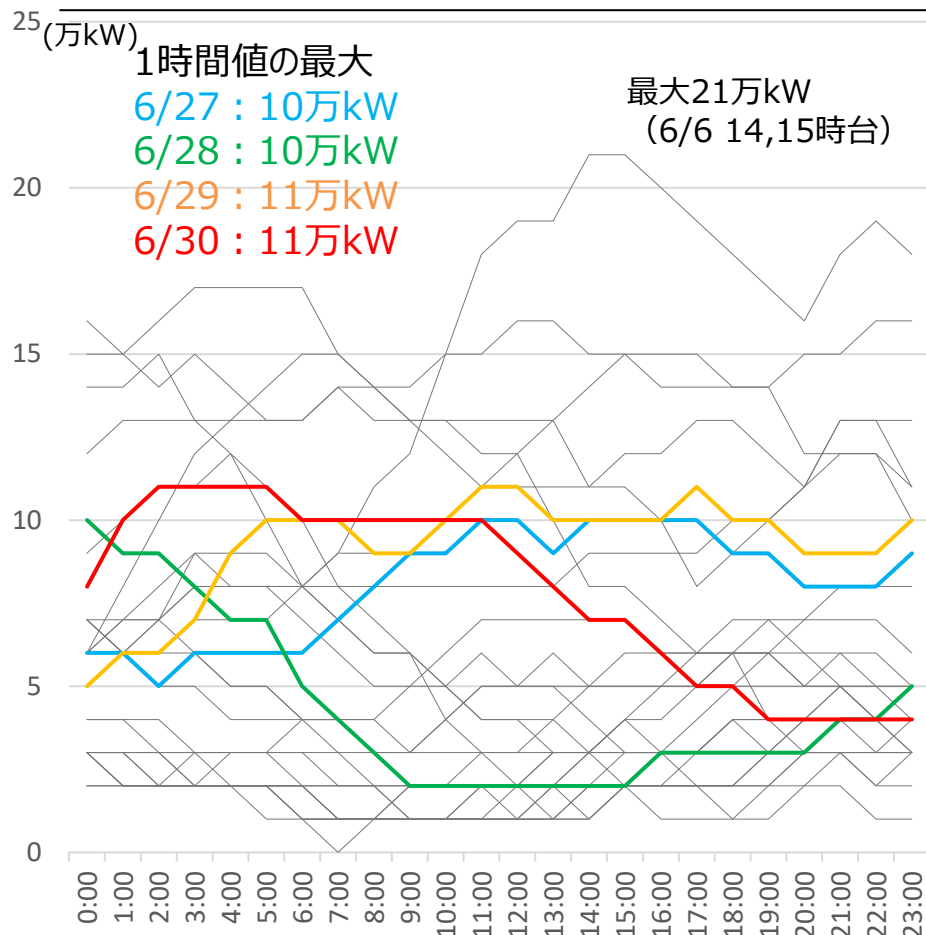
③2022年6月の需給ひっ迫（東電管内の太陽光・風力の発電実績）

- 6月27日～30日は、いずれの日も晴れたところが多く、日中ピーク時の太陽光の出力は1,300万kWを超え、極めて高く、風力も全期間を通じ平均的な出力であったが、前述の発電設備の補修等の影響により、需要に対する供給力が不足したため、厳しい需給状況となった。

6月各日の太陽光の出力



6月各日の風力の出力



(出典) 東京電力パワーグリッドが公表しているエリア需給実績データ（1時間値）より作成（推計実績を含むため今後修正がありうる）

目次

1. エネルギー安定供給の現状と課題

2. 火力発電の脱炭素化に向けた現状と課題

(1) 火力発電の現状

(2) 脱炭素化に向けた現状と課題

3. 化石燃料確保の現状と課題

4. 本日の議題

火力発電の現状と課題

現状と課題

火力発電 の脱炭素化

- カーボンニュートラルの実現を目指す中、**火力の脱炭素化を進める必要**。**石炭火力休廃止に向けた国際的要請も高まっている**。
- しかし、火力は、**供給力、調整力、慣性力として重要**。特に、冬の悪天候時等、変動再エネの発電量が少ない時期は、**火力が依然として供給力の中心**（2022年度は火力発電が約73%）。
- 再エネ導入拡大により、**火力発電の発電電力量・稼働率は継続して低下**しており、**収益の不確実性**が増す中、**設備容量は減少**を続ける見込み。
- **安定供給の確保と脱炭素の両立**に向け、**既存の石炭火力の発電電力量を減少させつつ、どのように脱炭素電源へ転換していくかが喫緊の課題**。

燃料の 安定供給 確保

- 脱炭素化に向けた世界的なモメンタムが高まる中、**日本企業が権益確保や長期契約により化石燃料を安定的に確保することが難しく**なりつつある。
- 発電事業者や需要家が**燃料スポット価格の変動リスク**にさらされる懸念が高まる中、どのように**安定供給を確保する**かが課題。

対応の方向性

- 足元では供給力不足等の要因により、**非効率な石炭火力のフェードアウトは必ずしも十分に進んでおらず、今後より一層促進する必要**。
- **非効率でない石炭火力**については、**脱炭素化に向けた取組**を促していく必要。
- 脱炭素火力の実現に不可欠な技術の中には引き続き開発途上のものもあり不確実性も高いところ、技術開発や実証を進めるとともに、**脱炭素電源の投資回収の予見性をさらに高める方策の検討が必要**。
- 今後、データセンターや半導体工場の新増設等による電力需要の増加なども踏まえ、**需給両面での将来的な不確実性に備えながら、再エネや原子力などの拡大に加え、火力の脱炭素化を進めるための制度的対応強化の検討が必要**。同時に自然災害リスク等に対応するため、**仮に火力発電を休廃止する場合でも、緊急時等に必要な電源として活用できるような仕組みの強化も必要**。
- 電力の安定供給に必要な燃料について、**長期契約量の安定的な確保も含め、全国レベルで必要量の安定確保に係る具体的な方策が必要**。
- 貯蔵が難しいLNGについては戦略的余剰LNG（SBL）等の**緊急時に備えた取組の継続も必要**。

目次

1. エネルギー安定供給の現状と課題

2. 火力発電の脱炭素化に向けた現状と課題

(1) 火力発電の現状

(2) 脱炭素化に向けた現状と課題

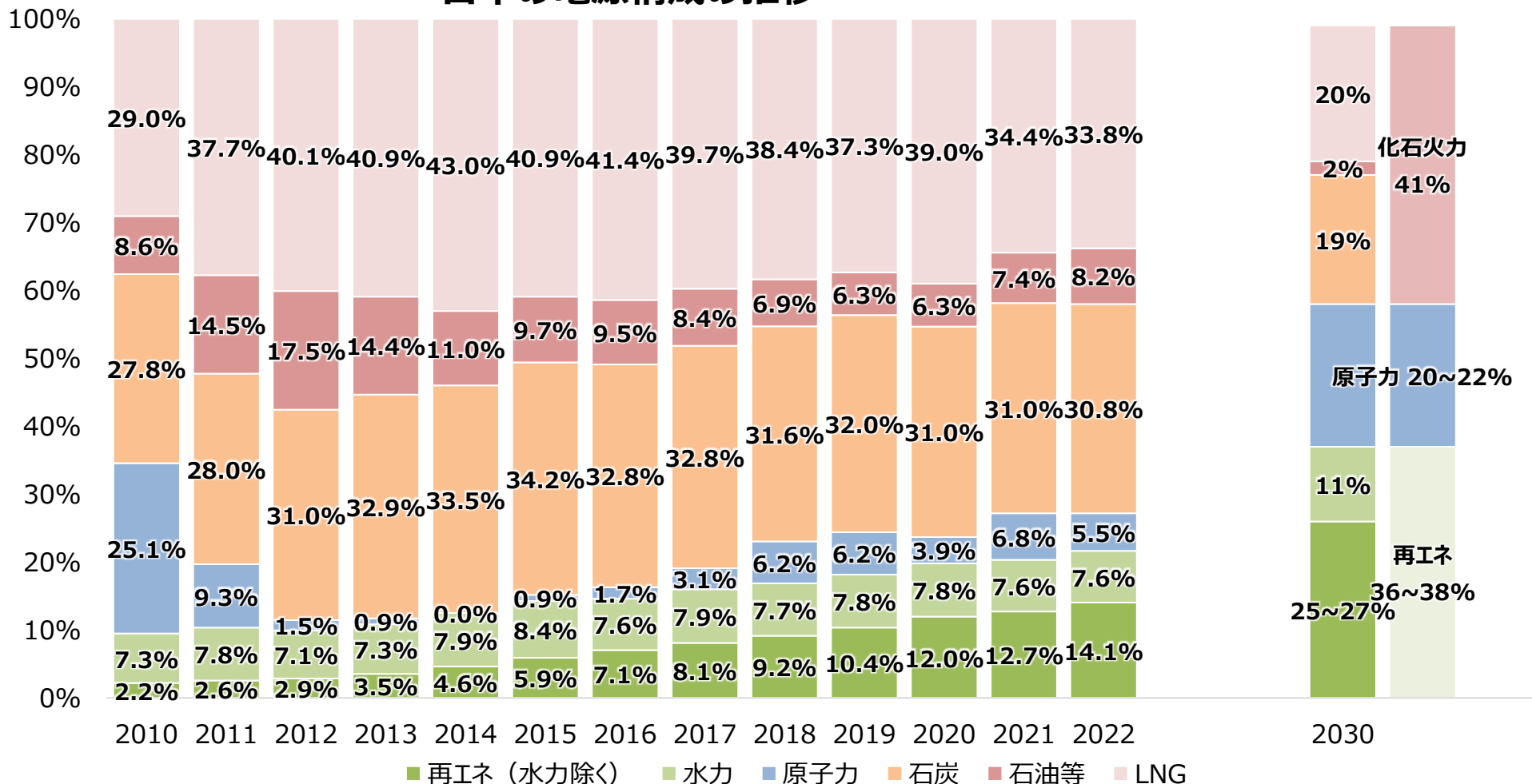
3. 化石燃料確保の現状と課題

4. 本日の議題

日本の電源構成の推移と2030年度の電源構成

- 火力発電は、東日本大震災直後は急激に割合が増えたが、その後減少傾向が続いている。
- しかし、2022年度の脱炭素電源は約27%であり、残りの約73%は火力発電に依存している状況にある。

日本の電源構成の推移

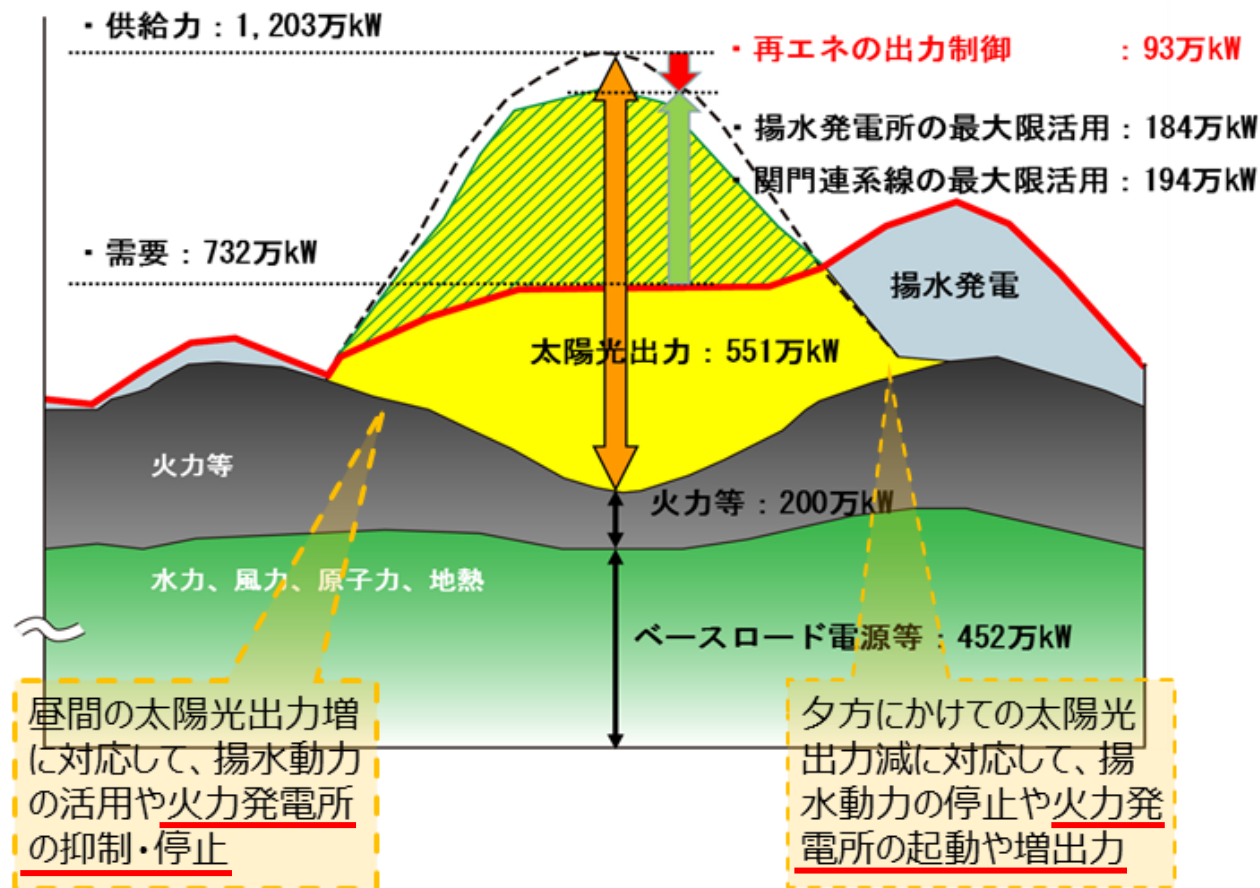


(出典) 総合エネルギー統計 (2022年度確報)、2030年度におけるエネルギー需給の見通しをもとに資源エネルギー庁作成

調整力としての火力の役割

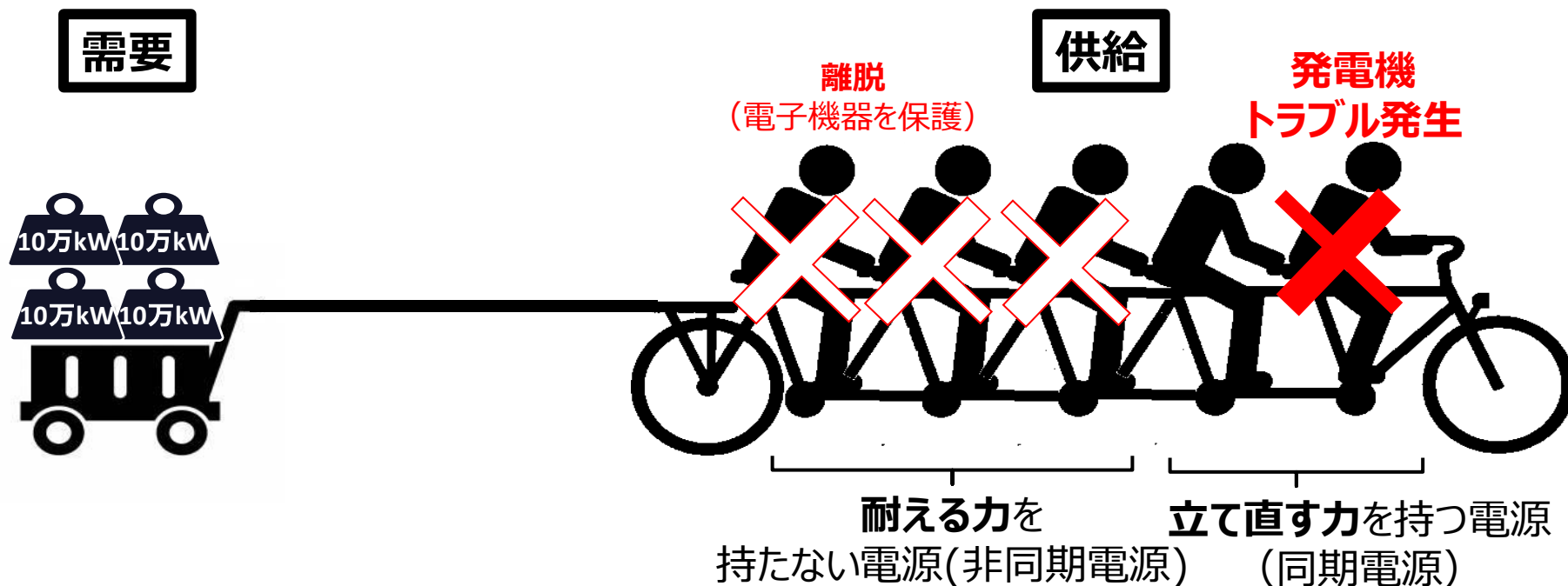
- 太陽光や風力といった変動再エネの導入の進展に伴い、その出力変動を吸収し、需給バランスを調整する機能を持つ他電源の存在が必要。
- 他のエリアよりも再エネの導入量が多い九州エリアでは、火力発電は、再エネの出力増減に応じて抑制・停止、起動・増出力といった出力調整を行いながら運用されており、電力の安定供給に大きく貢献している。

九州の電力需給イメージ（2018年10月21日の例）



慣性力としての火力の役割

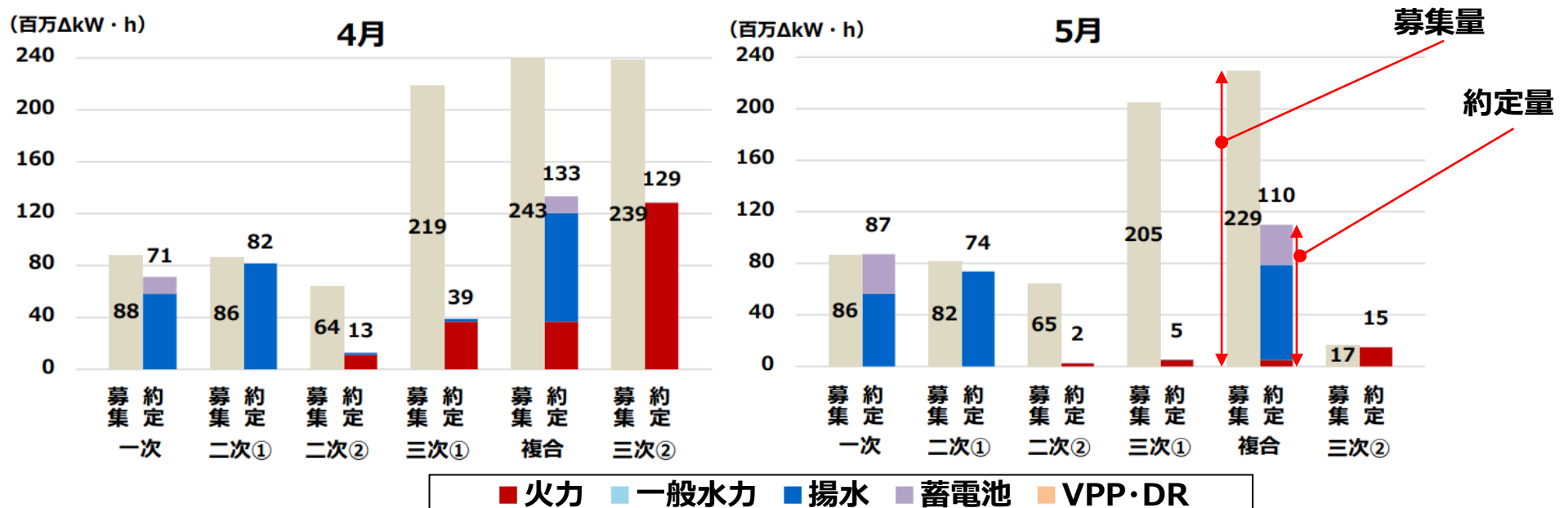
- 系統で突発的なトラブル（電源の離脱、落雷等）が生じた場合、
 - ✓ **太陽光、風力、蓄電池などの非同期電源は**、直流の電流を50Hzや60Hzの交流に変換するため電子機器を使用。周波数や電流の急激な変化に対して、**周波数を維持する機能を持たず**、周波数の変化が一定の閾値を超えると、その電子機器を守るため**離脱**（解列）する。
 - ✓ **火力、原子力、水力などの同期電源（50Hzや60Hzの回転速度で回る電源）は**、タービン（機械）の回転で発電しており、周波数や電流の急激な変化に対して、**同じ周期で回転を維持する力（慣性力）が働く**ため、相対的に周波数や電流の急激な変化に対して、**発電を継続し、周波数を維持する機能を有する**。
- 蓄電池等に疑似的に慣性力を持たせる技術についても開発が進められ、市場投入が始まっているものの、普及拡大はこれからの状況。



(参考) 系統用蓄電池の現状

- 近年、2050年カーボンニュートラルを見据え、再エネの導入拡大や電力の安定供給に向けて、再エネの出力変動に応じて柔軟に充電・放電できる調整能力を持つ蓄電池の重要性が高まってきている。
- 蓄電池については、補助金を通じた導入支援や、電気事業法上の位置付けの明確化、長期脱炭素電源オークションにおける支援の対象化など、予算・制度面で導入を後押ししてきた。その結果、**足元の系統用蓄電池の系統接続申込等の件数は大幅に増加**（全国で接続検討受付約4,000万kW、契約申込約330万kW）。
- 必要な調整力を広域的に調達する「需給調整市場」においても、**ごく短周期の需要変動に対応する調整力**（一次調整力）をはじめとして、他リソース比で**僅かながら蓄電池も約定**しており、**実際に蓄電池が調整力として活用され始めている**状況。

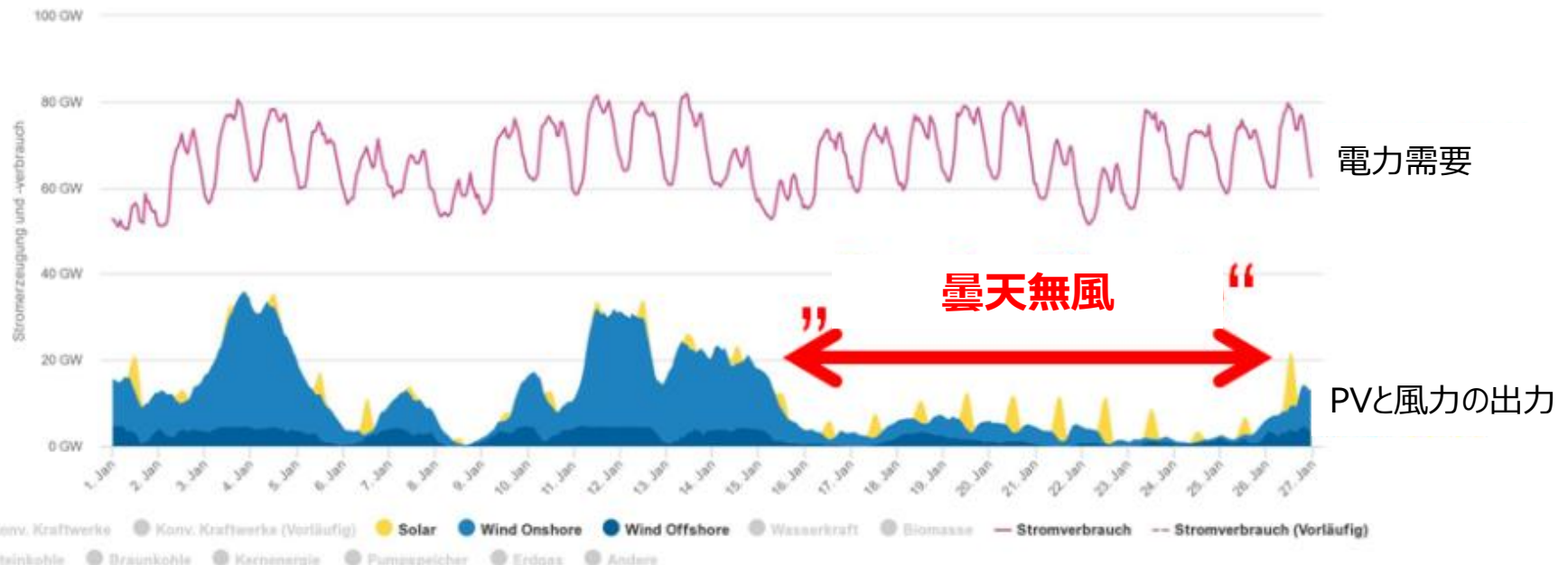
需給調整市場における募集量・約定量の状況（北海道エリア）



(参考) 再エネの出力変動による電源出力の変化

- ドイツでは、**2017年1月16日~25日の約10日間**、平均気温は零下となり電力需要は高かったにもかかわらず、**風力は設備容量の10%、太陽光は設備容量の3%の供給となり、いわゆる、曇天無風状態が継続**。
- 当時、ドイツでは、ガス火力等の十分な供給力があり、国際連系線の利用も可能であったため、停電等の問題は発生しなかったが、**風力や太陽光等の自然変動電源の大量導入の進展によって、半導体やデータセンターなどの需要に対する供給力不足が生じる可能性は存在**する。
※ドイツにおいては、48時間連続で太陽光・風力の出力が設備容量の10%以下となる減少が、年2回程度発生。
- なお、**一般的な系統用蓄電池の時間容量は2~5時間程度**。仮に、このような**長時間の出力低下分を、現状の蓄電池のみでカバー**するためには、**電力需要を大幅に上回る容量の蓄電池の設置が必要**と考えられる。

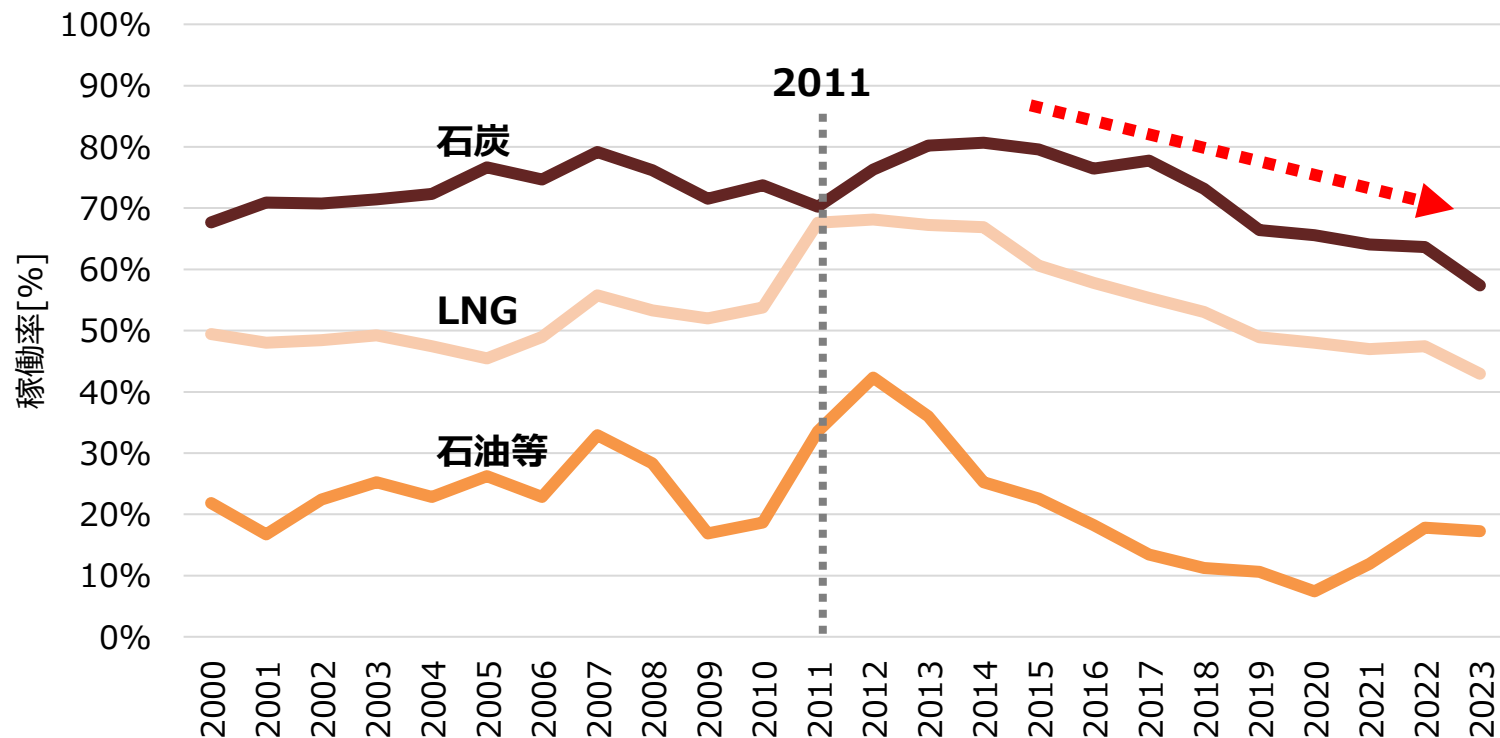
ドイツにおける曇天無風期間の出力状況（2017年1月）



火力の稼働率の推移

- 足元における火力の稼働率は、震災後、特にLNG・石油火力を中心に増加したものの、足元においては燃料種を問わず低下傾向。
- なお、2021～22年にかけて、石油火力の稼働率が増加傾向となったが、電力需給の厳しさや、LNG・石炭の価格高騰によるメリットオーダーの逆転等によるもの。

火力の稼働率推移



(出典) 2000～2015年度：電源開発の概要（資源エネルギー庁）、2016年度以降：供給計画とりまとめ（電力広域的運営推進機関）から作成

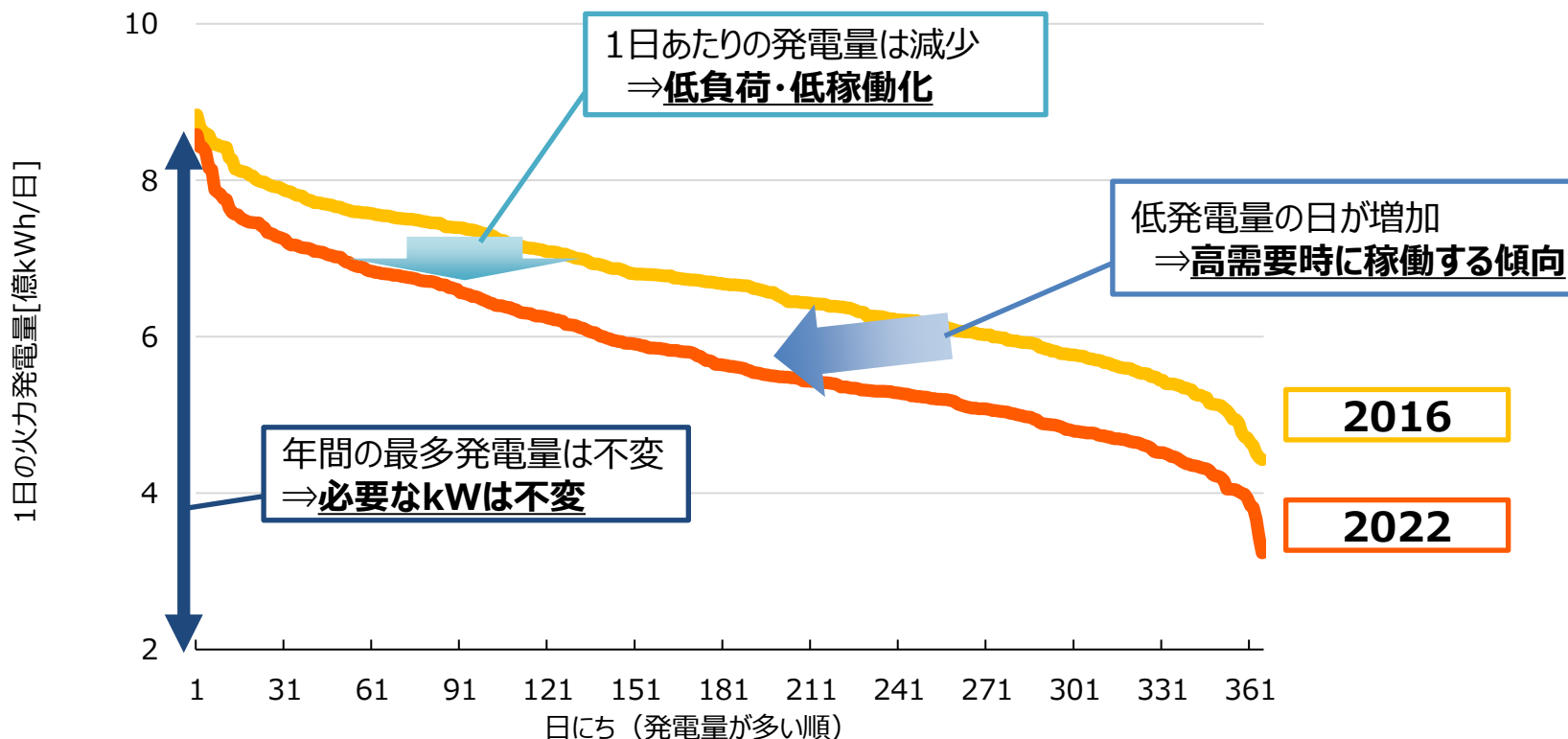
(注) 燃料ごとの発電電力量を、設備容量に1年の時間（24時間×365・366日）を乗じた値で除して算出している。

発電容量には、休止中の火力発電所の発電容量も含まれることに留意。

火力の使われ方の変化

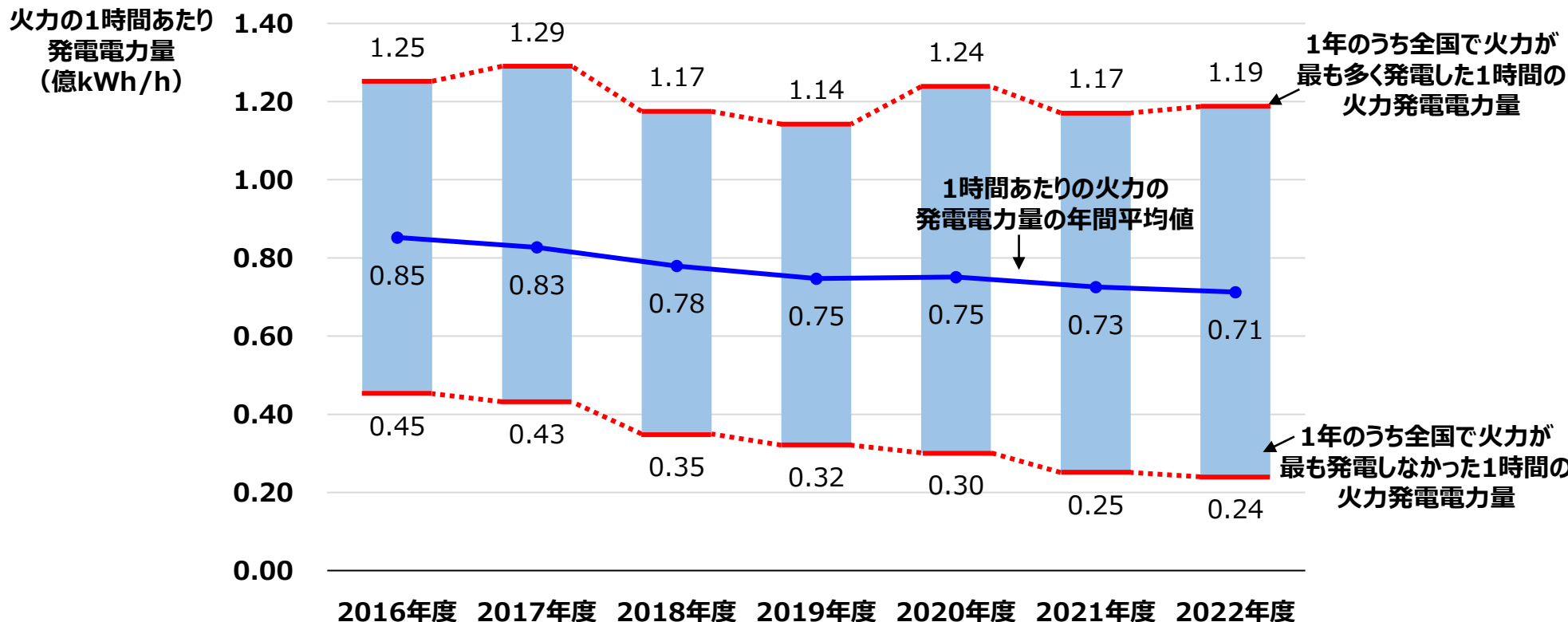
- 火力のデュレーションカーブを分析すると、従前と比較して、**1日あたりの火力発電量は減少**しており、**低負荷・低稼働で運転する日は増加**。一方、**年間最大稼働日の発電量は大きく減少しておらず**、火力発電に**求められる必要な発電容量は大きく変わっていない**と考えられる。
- また、**全体として発電量が多い日が減少**。一部の電源は、ピーク電源的に高需要期・時間帯のみに発電する状況と考えられる。

東京エリアの火力のデュレーションカーブ比較



1時間あたりの火力の発電電力量の推移

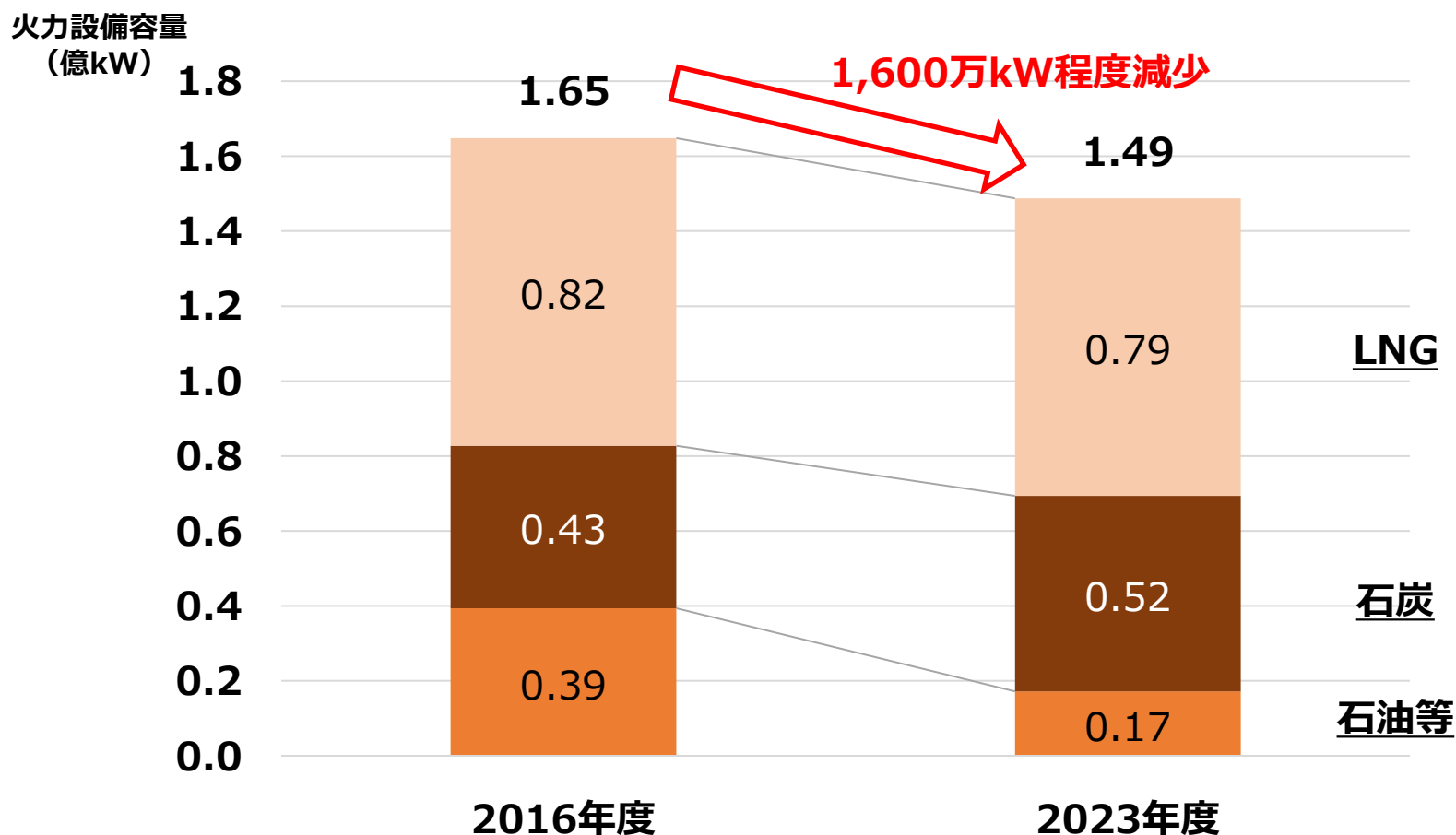
- 一般送配電事業者が公表している1時間毎のエリア発電実績を集計すると、**火力の1時間あたり発電電力量の年間平均値は、減少傾向**にある。また、火力の1時間毎の発電電力量の最小値（1年のうち、全国の火力が最も発電しなかった1時間の発電電力量）も、減少傾向。
- 他方で、火力の1時間毎の発電電力量の最大値（**1年のうち、全国で火力が最も多く発電した1時間の発電電力量**）は横ばい。再エネが導入拡大する中で、**火力の発電電力量は減少する一方で、火力に求められるkWは変わらず、発電電力量の振れ幅が拡大**している。



火力の設備容量の減少

- 小売全面自由化のタイミングである**2016年度**と、**足元2023年度**における、**火力の設備容量の推移**を見ると、**ここ7年で1,600万kW程度減少**している。

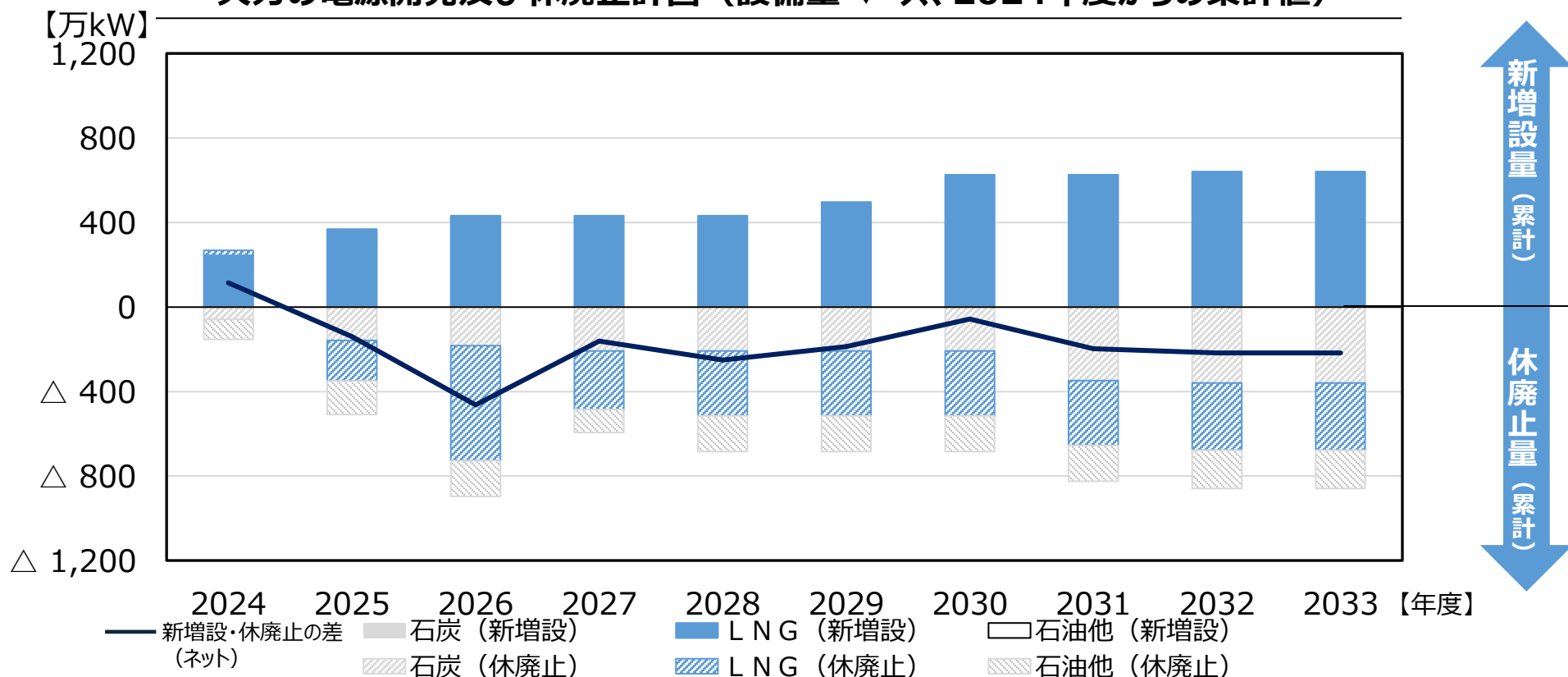
※燃種別に見ると、石油等火力（約▲2,200万kW）、LNG火力（約▲300万kW）、石炭火力（約+900万kW）



火力の新增設及び休廃止計画の推移

- 供給計画によると、2025年度以降は火力の休廃止が増加し、新增設を上回る状態が続く見込み。
- 2027～2033年度にかけては、現在より約200万kW程度火力の設備容量が減少する状態が継続する見込み。

火力の電源開発及び休廃止計画（設備量ベース、2024年度からの累計値）



(出典) 2024年度供給計画の取りまとめから資源エネルギー庁作成

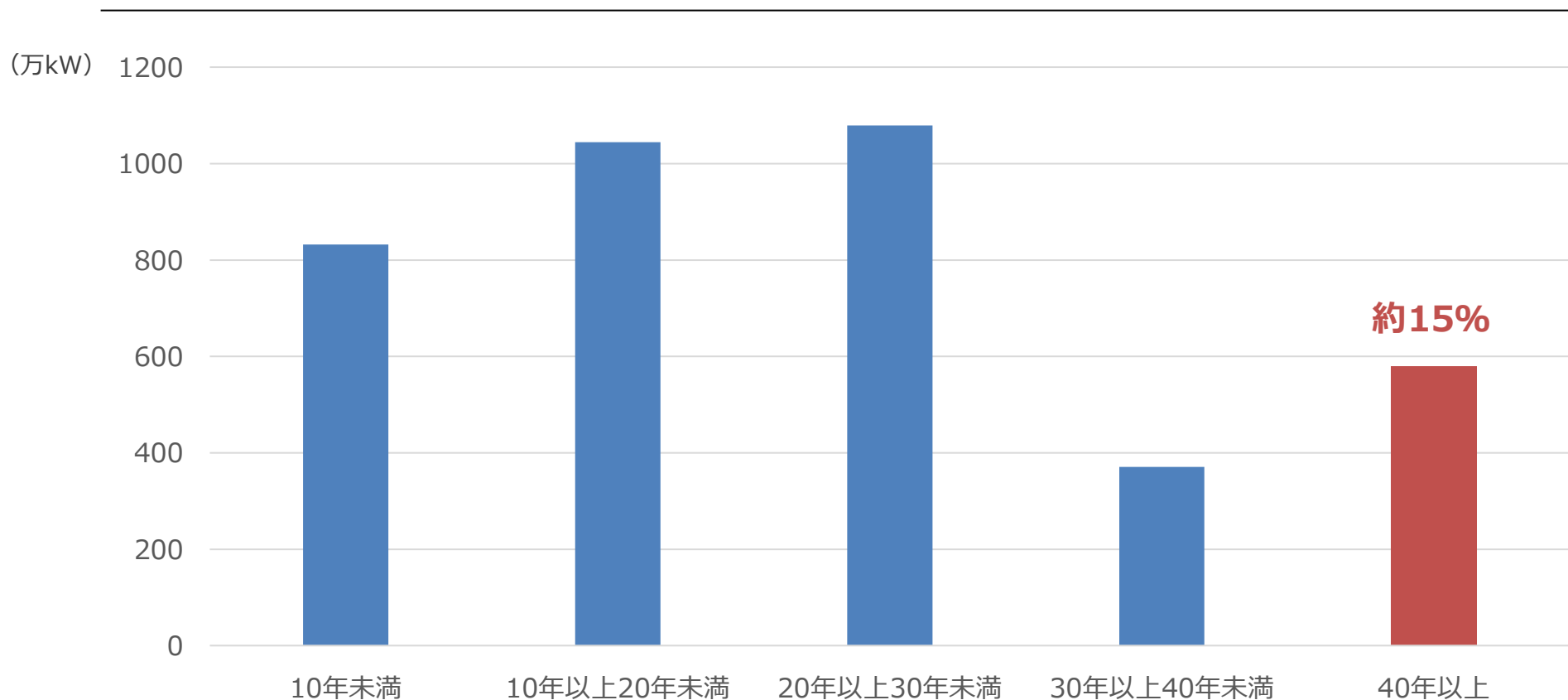
(注) 2024年度からの累計値である点に留意。

石油他は、石油、LPG、その他ガス、歴生物混合物の合計値。休廃止には長期計画停止を含み、休止・長期計画停止からの再稼働による休止容量の減少分も含む。

(参考) 火力発電設備の運転開始からの経過年数 (東京エリア)

- 今夏の電力需給の見通しにおける、供給力※に含まれている火力発電設備には、運転開始から期間が一定程度経過している設備も存在し、丁寧な状況把握が必要。

火力発電設備の運転開始からの経過年数 (東京エリア)



(※) 2024年7月1日時点

(※) 運転開始前の発電設備を除く

(※) 出力は送電端を使用

(出典) 電力広域的運営推進機関提供資料を基に資源エネルギー庁作成

長期脱炭素電源オークションにおけるLNG火力の募集

- 長期脱炭素電源オークションにおいて、短期的な供給力不足の懸念に対応する観点から、**2050年までの脱炭素化を前提としたLNG火力を23～25年度の3年間で計600万kW募集。第1回オークションにおける落札容量が計576万kWに上り、3年分の枠の96%が第1回で落札される結果となった。**
 ※本オークションで落札したLNG火力については、2050年までの脱炭素化を前提としており、その道筋を記載した「脱炭素化ロードマップ」の作成・遵守を求めていることとしている。
- データセンター等の新增設などによって**電力需要が増加傾向となる見通し**が示されたことを踏まえ、**非化石電源の導入拡大を前提としつつ、更に安定供給に万全を期す観点**から、更に24～25年度の**2年間で400万kWを追加募集（合計1,000万kW）**する方向で検討している。

第1回オークションにおけるLNG火力の落札電源一覧

事業者	発電所	落札容量[万kW]
北海道電力株式会社	石狩湾新港発電所	55.1
東北電力株式会社	東新潟火力発電所第6号機	61.6
関西電力株式会社	南港発電所1号機	59.2
関西電力株式会社	南港発電所2号機	59.2
関西電力株式会社	南港発電所3号機	59.2
中国電力株式会社	柳井発電所新2号機	46.4
東京瓦斯株式会社	千葉袖ヶ浦パワーステーション	60.5
大阪瓦斯株式会社	姫路天然ガス発電所3号機	56.6
株式会社JERA	知多火力発電所7号機	59.0
株式会社JERA	知多火力発電所8号機	59.0
合計		575.6

(出典) 電力広域的運営推進機関HP 容量市場 長期脱炭素電源オークション約定結果 (応札年度: 2023年度) から資源エネルギー庁作成

(注) 四捨五入の関係で、個別発電所の落札容量を足し上げた値と、合計落札容量に差異が生じている点に留意。

(参考) 長期脱炭素電源オークションにおける脱炭素化ロードマップ° (LNG専焼)

- 火力電源が長期脱炭素電源オークションに応札する際には、2050年に向けた脱炭素化への道筋を記載した「脱炭素化ロードマップ」の作成・遵守を求めることとしている。
- ロードマップは、約定結果公表から3か月後を目途に、広域機関HPで公表することとされており、7月22日に、第1回オークションで落札した火力電源16件のロードマップが公表された。

脱炭素化ロードマップ° (JERA知多7号機)

様式 3

知多火力発電所 7号機の脱炭素化ロードマップ

2023年 10月
(株式会社JERA)

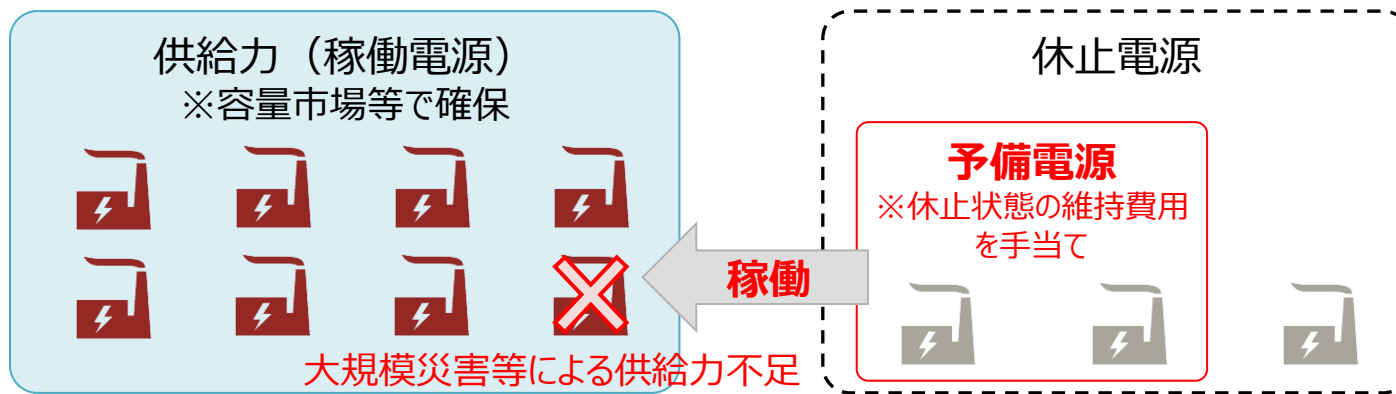
	2023年度 (応札年度)	2020年代	2030年代	2040年代	2050年度
<電源>					
知多火力発電所 7号機	<p>長期脱炭素電源 オークションで落札</p> <p>環境アセス (2019~2025)</p>	<p>2030年代前半 長期脱炭素電源オークションで落札</p> <p>建設工事 (2026~2029)</p>	<p>2040年代前半 長期脱炭素電源オークションで落札</p> <p>混焼化 改造工事</p> <p>LNG専焼 の運転</p> <p>水素10%混焼※の運転</p>	<p>環境アセス</p> <p>専焼化 改造工事</p> <p>水素10%混焼※の運転</p>	<p>水素専焼 の運転</p>
<燃料種>					
水素燃料				ブルー水素	グリーン水素
<前提条件>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 長期脱炭素電源オークション、サプライチェーン支援等の制度の適用を通じた、適切な投資回収及び事業性の確保 ✓ 混焼・専焼のための技術開発の実現、実証試験の成功 ✓ 混焼率向上・専焼化のために、金融機関から資金調達ができること ✓ 10%混焼の運転開始時期は、サプライチェーン支援等の制度適用を踏まえた水素製造等の技術開発や事業の進捗を考慮して決定 ✓ 混焼開始時におけるブルー水素の利用については、サプライチェーン支援等の制度適用やCCSの開発状況を踏まえて決定 ✓ 2040年代のブルー/グリーン水素の利用は、経済性及び炭素価格等を踏まえて総合的に判断 				

※上記の他にも、15件の脱炭素化ロードマップが公表されている。

予備電源制度の概要

- 緊急時にも必要な供給力が確保されるよう、**一定期間内に稼働が可能な休止電源を維持する枠組み**である「**予備電源**」制度について、以下の方向で2024年度夏頃の初回募集に向けて準備中。
 - 目的：大規模災害等による電源の脱落や、需要の急増など、**追加の供給力確保を行う必要が生じた際に、休止中の予備電源を稼働させることで、供給力不足を防ぐ。**
 - 対象電源・対象費用：休止中又は休止を予定している10万kW以上の火力（容量市場において2年連続で落札できなかった電源）から選定し、休止状態の維持や修繕等に必要な費用を手当てする。なお、予備電源を稼働させる際は、供給力不足が生じた際の公募等のプロセスを経ることとする。
 - 調達量・制度適用期間：合計で300～400万kW程度とし、募集エリアは東西の2エリア、制度適用期間は最大3年間とする。
 - 費用負担・実施主体：託送料金による負担とし、電力広域的運営推進機関で調達等のプロセスを実施する。

予備電源の制度イメージ



※予備電源は、短期（3カ月程度）で立ち上げが可能な電源と長期（1年程度）で立ち上げを行う電源に分けて募集を行う。

目次

1. エネルギー安定供給の現状と課題
2. 火力発電の脱炭素化に向けた現状と課題
 - (1) 火力発電の現状
 - (2) 脱炭素化に向けた現状と課題
3. 化石燃料確保の現状と課題
4. 本日の議題

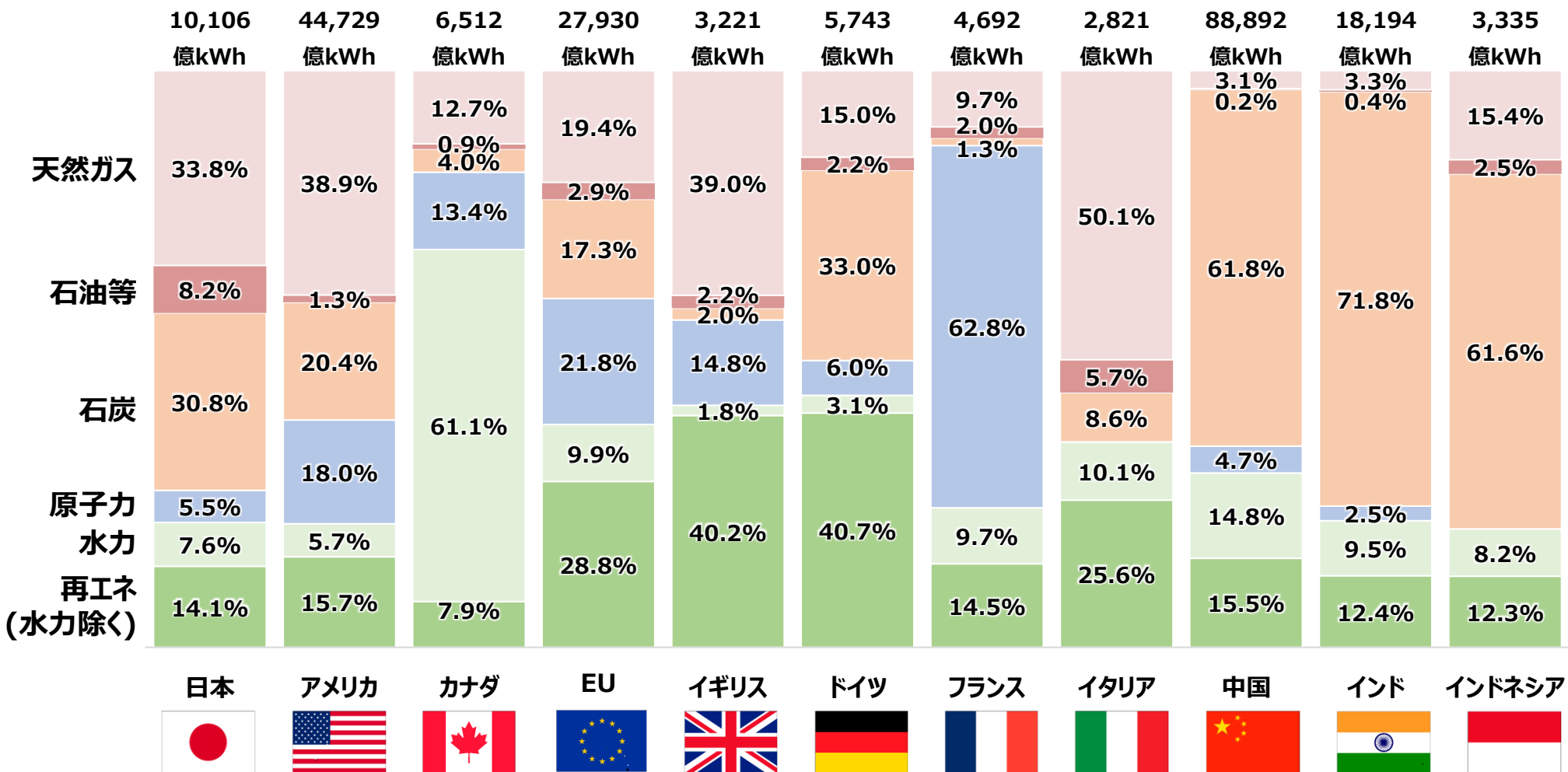
石炭火力発電に関する各国の状況

- 石炭火力発電の割合が元々低い国は全廃の年限を表明しつつも、カナダのようにCCUS付きであれば廃止年限以降も石炭火力を稼働可能として容量を確保する国も存在。
- 一方、石炭火力の割合が高い国は、段階的な脱炭素化を目指す。

	石炭火力全廃の年限を表明					火力発電の段階的な脱炭素化					
国名	フランス	イギリス	カナダ	イタリア	ドイツ	アメリカ	日本	韓国	オーストラリア	中国	インド
発電量 (億kWh)	4,692	3,221	6,512	2,821	5,743	44,729	10,106	6,102	2,708	88,892	18,194
石炭火力の割合	1.3%	2.0%	4.0%	8.6%	33.0%	20.4%	30.8%	33.9%	49.3%	61.8%	71.8%
今後の見通し	2027年1月1日までに石炭火力を退出。	2024年10月1日までに、排出削減対策が講じられていない石炭火力をフェーズアウト(残る容量は約2GW)	2030年までに排出削減対策が講じられていない石炭火力をフェーズアウト。 CCUS付きであれば2030年以降も稼働可能。	2025年までに石炭火力をフェーズアウト(サルデーニャを除く)。	遅くとも2038年までに(理想的には2030年までに)石炭火力をフェーズアウト。	2035年までに発電部門のネットゼロを、2050年までに排出量のネットゼロを達成。	2030年ミックスで19%。 非効率な石炭火力のフェードアウト、水素・アンモニアやCCUS等を活用。	石炭火力の発電電力比率を2030年に約20%まで引き下げる方針。	2035年に再エネ82%とするも、石炭火力については言及なし。	国全体の排出を2030年にピークアウトさせる方針だが、石炭火力に関する明確な言及なし。	容量シェアは23年は51%から2029-30年に32%に減少も、容量そのものは40GW増える見込み。

各国の電源構成の比較

- 各国では、それぞれの経済やエネルギー状況を踏まえ、電源構成を決定。
- 欧州各国は、再エネや原子力の活用により、電源構成に占める火力の比率は、日本と比べると低い。一方、アジア各国は、特に石炭火力の比率が高い状況。



(参考) COP28の概要

- COP28の決定文書では、世界の進捗と1.5℃目標には隔たりがあり緊急的な行動が必要であること、世界全体で再エネ3倍・省エネ改善率を2倍へ拡大、化石燃料からの移行などに合意。
- 総理は、排出削減対策の講じられていない新規の国内石炭火力発電所の建設を終了していく方針を宣言。

COP28/GSTの概要

- 1.5℃目標の達成に向けて緊急的な行動が必要。
- 2030年までに再エネ発電容量を世界全体で3倍、省エネ改善率を世界平均で2倍へ拡大。
- 排出削減が講じられていない石炭火力フェーズダウン加速
- 2050年ネットゼロに向けた化石燃料からの移行
- 再エネ、原子力、CCUSなどのCO2除去技術、低炭素水素などを含むゼロ・低排出技術の加速



岸田総理スピーチの概要



日本は、2030年度に46%減、更に50%の高みに向け挑戦を続けています。既に約20%を削減しており、着実に進んでいます。G7広島サミットで確認されたように、経済成長やエネルギー安全保障と両立するよう、多様な道筋の下で、全ての国が一緒になりネット・ゼロという共通の目標を目指そうではありませんか。

排出削減対策の講じられていない石炭火力発電所については、各国の事情に応じたそれぞれのネット・ゼロへの道筋の中で取り組まれるべきです。日本は、自身のネット・ゼロへの道筋に沿って、エネルギーの安定供給を確保しつつ、排出削減対策の講じられていない新規の国内石炭火力発電所の建設を終了していきます。

(参考) G7気候・エネルギー・環境大臣会合の結果概要

- 4月28日～30日、イタリア・トリノにおいて、G7気候・エネルギー・環境大臣会合が開催され、エネルギー政策や気候変動政策について、幅広い議論が行われた。
- 石炭火力については、各国のネット・ゼロの道筋に沿って、2030年代前半、または、気温上昇を1.5度に抑えることを射程に入れ続けることと整合的なタイムラインで、排出削減対策が講じられていない既存の石炭火力発電をフェーズアウトすることに合意した。

開催概要

- 日程: 2024年4月28～30日 場所: トリノ (イタリア)
- 参加国: G7 (イタリア議長)
※招待国: アルジェリア、アゼルバイジャン(COP29議長)、ブラジル(G20議長)、ケニア、モーリタニア(AU議長)、UAE(COP28議長)
- ※招待機関: UNEP、UNFCCC、OECD、IEA、IRENA、ODI、UNDP
- 日本出席者: 齋藤経済産業大臣、伊藤環境大臣、八木環境副大臣



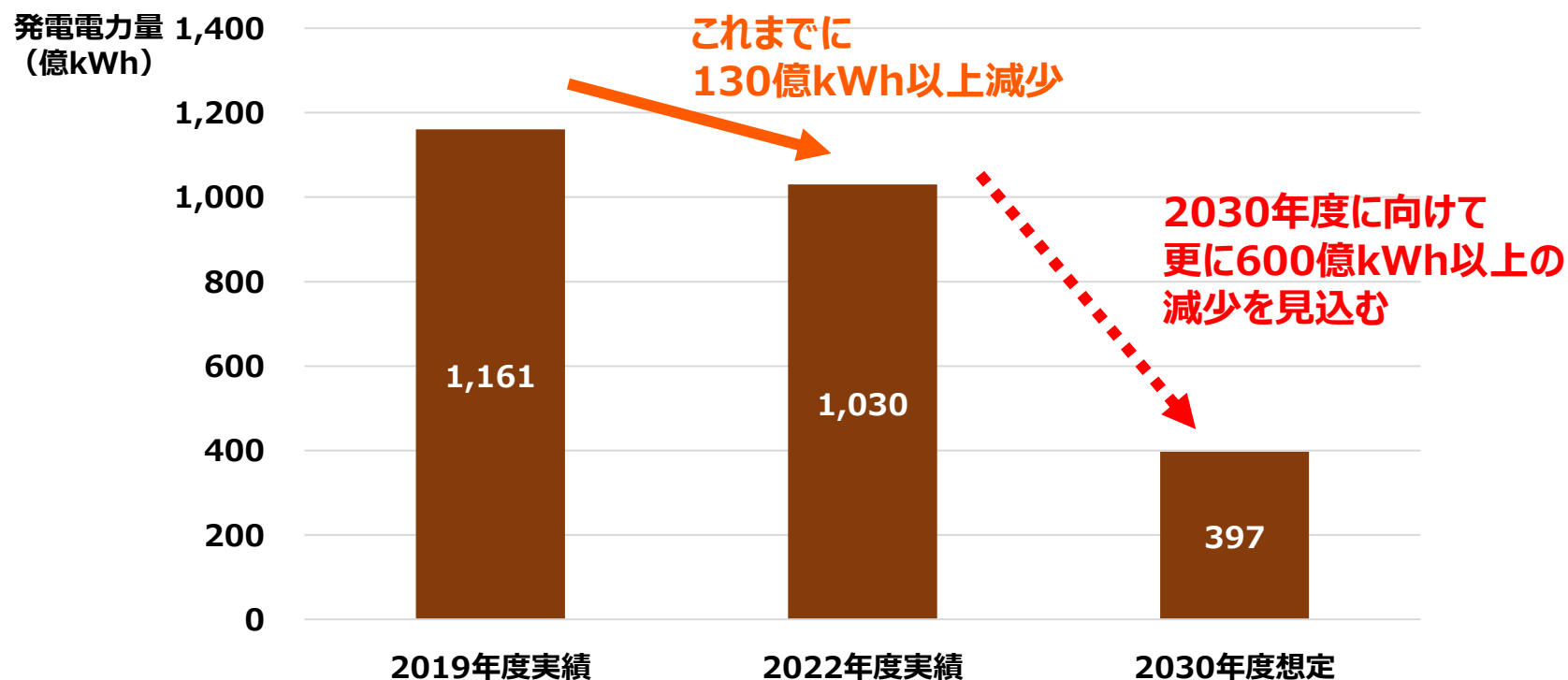
結果概要

- 3つの世界的危機に対処するため、脱炭素・循環型・ネイチャーポジティブな経済社会への転換とシナジー（相乗効果）の推進。
- COP28のグローバル・ストックテイク（GST）を受けて、1.5度目標に向けた気候変動対策の強化・加速化。
- 排出削減の進捗を確認しつつ、1.5度目標に沿った、全経済分野、すべての温室効果ガス（GHG）を対象とした総量削減目標を次期NDCとして提出。すべての国（特に主要経済国）に同様の措置を求める。
- GSTで決定された世界全体の取組を実施するため、世界全体の再エネ3倍目標・エネルギー効率改善率2倍目標の実現、排出削減対策が講じられていない既存石炭火力発電をフェーズアウト、化石燃料からの移行、産業部門・交通部門の脱炭素化、非CO2ガス排出、メタン排出削減、非効率な化石燃料補助金のフェーズアウトに関する具体的な行動に合意。
- エネルギー安全保障・気候危機・地政学リスクの3つの危機への対応等の必要性を再確認。クリーンエネルギー技術サプライチェーンの構築の必要性を確認。
- 石炭火力については、コミュニケにおいて、「各国のネット・ゼロの道筋に沿って、2030年代前半、または、気温上昇を1.5度に抑えることを射程に入れ続けることと整合的なタイムラインで、排出削減対策が講じられていない既存の石炭火力発電をフェーズアウトする」ことに合意した。
(phase out existing unabated coal power generation in our energy systems during the first half of 2030s or in a timeline consistent with keeping a limit of 1.5°C temperature rise within reach, in line with countries' net-zero pathways.)

火力脱炭素化計画における非効率石炭火力の発電電力量推移

- 火力脱炭素化計画（旧・フェードアウト計画）の集計結果を見ると、**大手石炭火力発電事業者が保有するSC（超臨界圧）以下の発電電力量**は、フェードアウト計画作成初年度である**2019年度から2022年度にかけての3年間で、130億kWh以上減少**している。
- 各社から提出のあった計画を集計すると、**2030年度に向けては、更に600億kWh以上減少する見通し**となっている。

非効率石炭の発電電力量推移・見通し



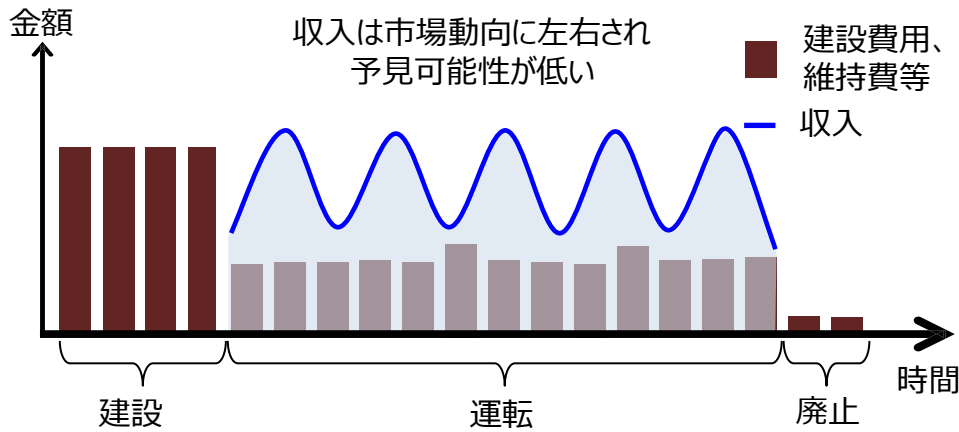
(出典) 火力脱炭素化計画（旧・フェードアウト計画）から資源エネルギー庁作成

(注) 火力脱炭素化計画の作成対象である大手発電事業者（旧一般電気事業者、JERA、電源開発、日本製鉄、神戸製鋼）のみの発電電力量を積み上げたもの。
集計対象はSC・Sub-C・PFBC。

長期脱炭素電源オークションの概要

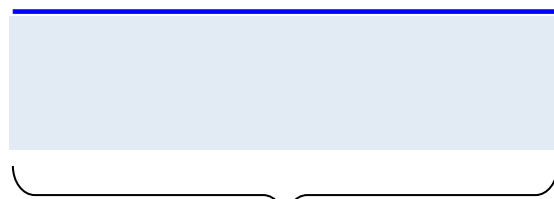
- 近年、既存電源の退出・新規投資の停滞により供給力が低下し、電力需給のひっ迫や卸市場価格の高騰が発生。
- このため、脱炭素電源への新規投資を促進するべく、**脱炭素電源への新規投資を対象とした入札制度（名称「長期脱炭素電源オークション」）を、2023年度から開始（初回の応札を2024年1月に実施）。**
- 具体的には、脱炭素電源を対象に電源種混合の入札を実施し、落札電源には、**固定費水準の容量収入を原則20年間得られる**こととすることで、巨額の初期投資の回収に対し、長期的な収入の予見可能性を付与する。

〈電源投資の課題〉



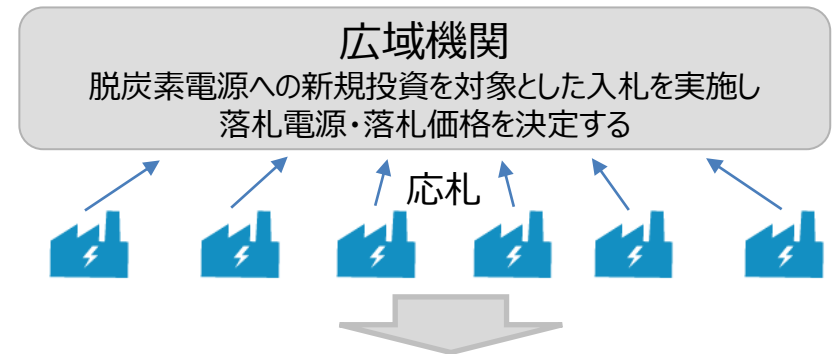
〈投資判断に必要な要素〉

①投資判断時に
収入の水準を
確定させたい



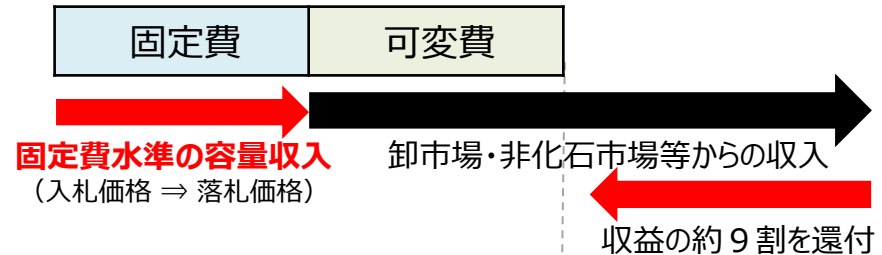
②投資判断時に
長期間の収入を
確定させたい

〈新制度のイメージ〉



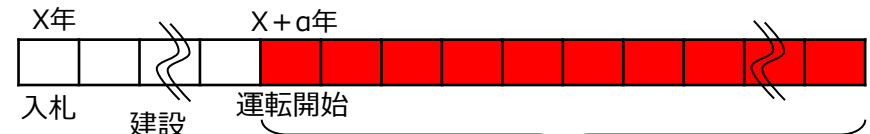
〈落札電源の収入〉

①収入の水準



(※) 本制度での収入 = 落札価格 - 還付する収益

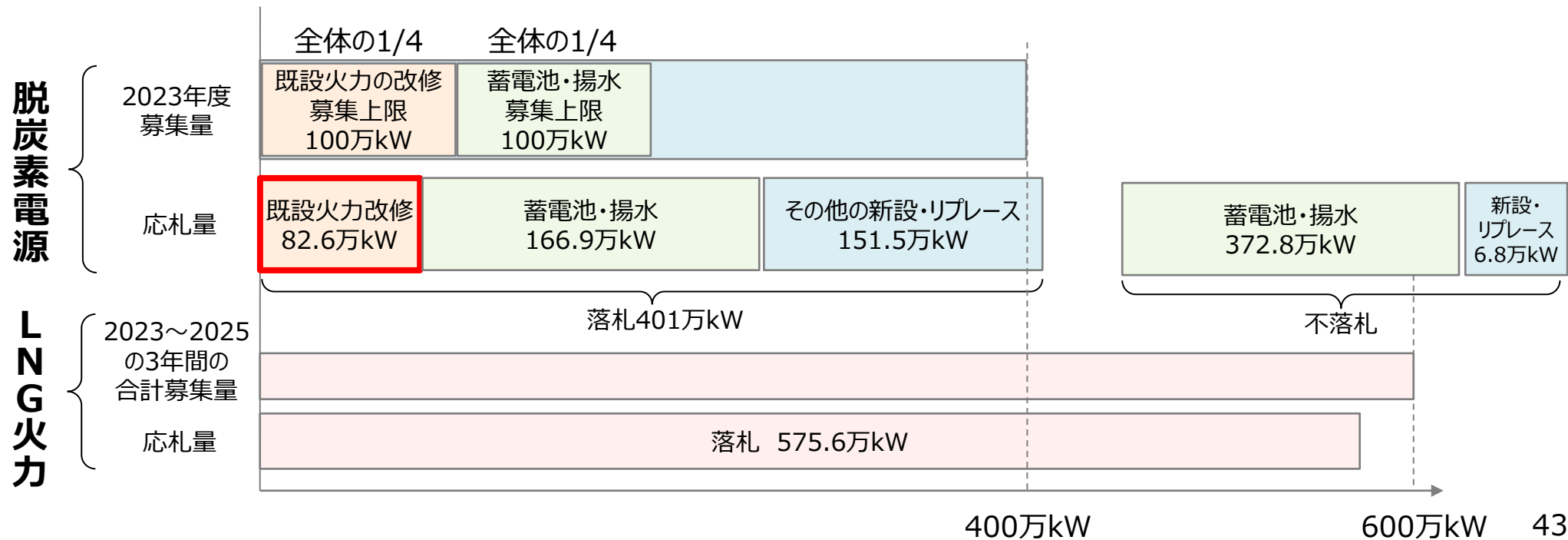
②収入の期間



落札価格の容量収入を**原則20年間**得る

長期脱炭素電源オークション 初回入札の募集量と落札容量

電源種		応札	落札	不落札
既設火力の改修	水素混焼	5.5万kW	5.5万kW	—
	アンモニア混焼	77.0万kW	77.0万kW	—
蓄電池		455.9万kW	109.2万kW	346.7万kW
揚水		83.8万kW	57.7万kW	26.1万kW
原子力		131.6万kW	131.6万kW	—
水素10%混焼LNG		6.8万kW	—	6.8万kW
バイオマス専焼		19.9万kW	19.9万kW	—
脱炭素電源の合計		780.5万kW	401.0万kW	379.6万kW
LNG		575.6万kW	575.6万kW	—
合計		1,356.2万kW	976.6万kW	379.6万kW



水素混焼や専焼に向けた技術開発・諸外国の状況

- **水素混焼や専焼**について、燃烧器の技術開発が進められており、グリーンイノベーション基金等において燃烧器の技術開発・実証を行い、長期安定運転が可能か検証を行って国内外での発電技術の早期実装を目指す。
- **大規模タービン**について、**10%混焼** (※) **燃烧器の開発が完了**しており、**実証運転にも成功**。**10%超混焼**を可能とする燃烧器開発が進められている。また、**小規模タービン**について、**水素専焼可能な燃烧器が商用化済**。
- 諸外国でも、水素対応ガス火力発電に向けた制度の議論が進展。

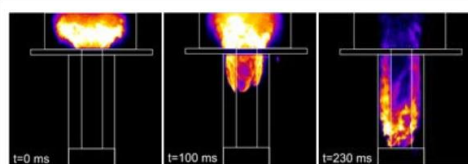
(※) 熱量ベース。体積ベースでは30%混焼。

大規模タービン

燃烧器



水素タービン (技術開発)

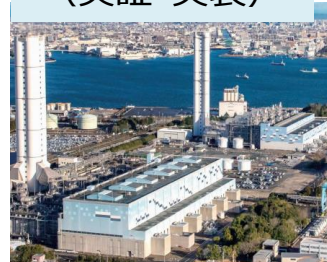


出典：University of Michigan at the 2014 University Turbine Systems Research Workshop

逆火対策等水素の燃烧特性への対応と、
環境性能及び効率を成立させる燃烧器の開発を支援

出典：三菱重工

国内火力発電所
(実証・実装)



長期安定運転の検証

小規模タービン

水素専焼燃烧器



マイクロミックスバーナ
(マイクロミックス燃烧)

追焚きバーナ
(追焚き燃烧)

1.8MW級ガスタービンコージェネレーションシステム
の商用販売開始

出典：川崎重工

独の水素対応ガス火力発電所に関する動向

2024年2月、水素対応ガス火力発電所新設等を進めるための発電所戦略の基本的事項について、ショルツ首相 (SPD)、ハベック経済・気候保護大臣 (緑の党)、リントナー財務大臣 (FDP) が合意したことが発表された。

- 今後速やかに合計10GWの水素対応ガス火力発電所の入札を行う (2.5GW×4回)。必要な予算は気候・変革基金から拠出する。
- 当該発電所は2035年～2040年に水素専焼に切り替えることとし、具体的な切り替え時期は2032年に決定する。なお、水素は、できればグリーン水素としつつも、あらゆる色の水素を活用する。

出典：独連邦経済気候保護省 (BMWK) のHPを元に資源エネルギー庁作成

アンモニア混焼の実証や技術開発の動向

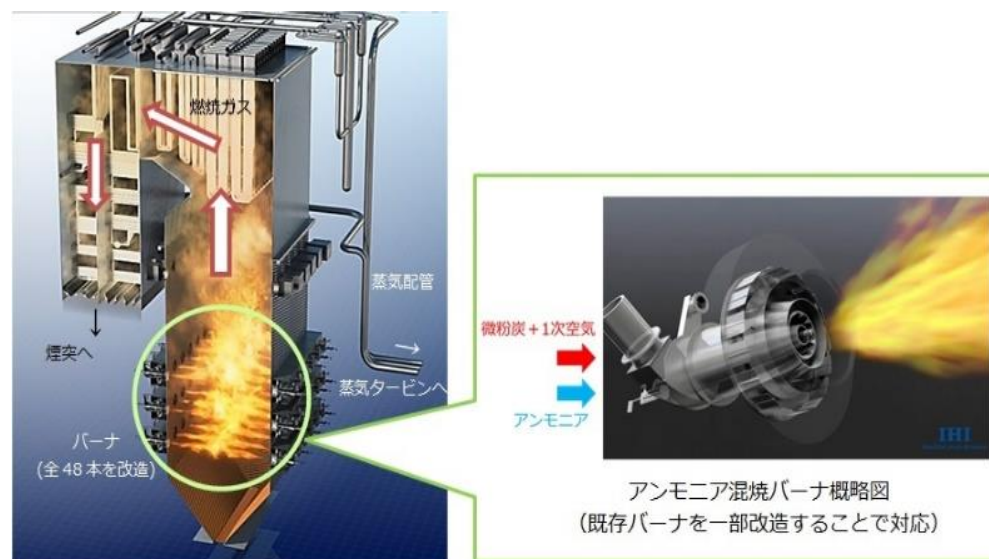
- 1万kWの燃焼試験炉での実証試験を通じ、既にNO_xを抑制したアンモニア混焼の基礎技術は確立。
- 本年6月末に、JERA碧南火力発電所において、**石炭火力発電への20%アンモニア混焼実証が完了。**
- **2028年度までに50%以上の高混焼に向けた燃焼器の開発や実証**を行うとともに、**専焼に向けた技術開発**を進め、商用化を目指す。

燃料アンモニアタンク



出典：JERA

アンモニア混焼（イメージ）



発電用ボイラ

出典：IHI

- **100万kW級商用石炭火力**において、**アンモニア20%混焼の実証運転**を実施。
- 全バーナーをアンモニア混焼バーナーに改造し、20%混焼時の燃焼特性等を把握。

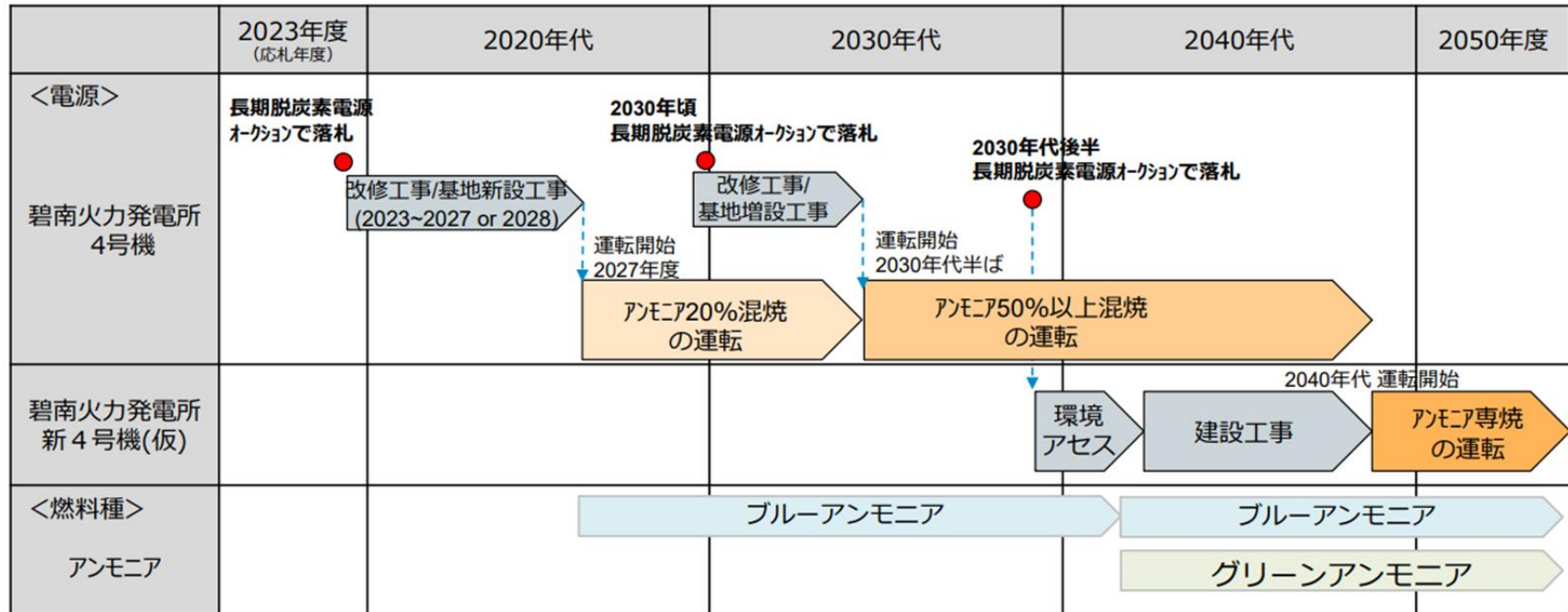
(参考) 長期脱炭素電源オークションにおける脱炭素化ロードマップ° (アンモニア)

脱炭素化ロードマップ° (JERA碧南4号機)

様式 3

碧南火力発電所4号機の脱炭素化ロードマップ

2023年10月
(株式会社JERA)



<前提条件>

- ✓ 長期脱炭素電源オークション、サプライズ支援等の制度の適用を通じた、適切な投資回収及び事業性の確保
- ✓ 混焼・専焼化のための技術開発の実現及び実証試験の成功
- ✓ 混焼率向上・専焼化のための投資にあたり、金融機関から資金調達ができること
- ✓ 20%混焼の運転開始時期は、サプライズ支援等の制度適用を踏まえたアンモニア製造事業等の進捗を考慮して2027年度から変更する
- ✓ 混焼開始時におけるブルーアンモニアの利用については、サプライズ支援等の制度適用やCCSの開発状況を踏まえて決定
- ✓ 2040年代のブルー/グリーンアンモニアの利用は、経済性や炭素価格等を踏まえて総合的に判断

火力発電所を排出源とするCCSへの事業化支援と課題

- 電力の安定供給、火力発電の脱炭素化、発電に係る化石燃料確保の両立を進めていくには、化石燃料を燃やして発生するCO2をCCSで削減できる予見性を確保することが不可欠。
- 2030年までのCCS事業開始を目標とする9つのプロジェクトを「先進的CCS事業」として採択。この中で、**9事業者10か所の火力発電所**（総容量約600万kWを対象に年間CO2回収量約600万吨）でのCO2分離回収の設計等の支援を実施。
- 火力発電におけるCCSを実現するには、①大前提となる貯留地の確保と、②稼働率変動によるCO2量変動をならし、また、スケールメリットを出すための、**輸送・貯留インフラを共有するCO2排出者の確保・集約**、③技術開発によるコスト低減が課題。

<先進的CCS事業で支援する貯留地とCO2排出者>



火力発電所でのCO2分離回収に関する技術開発

- CCSの最初の工程となるCO2分離回収のコストは、排出ガスに含まれるCO2の濃度や圧力などによって異なり、排出ガスの性状に応じて最適な分離回収方法を用いる必要がある。
- 商業化で先行している化学吸収法と比較して、さらなるコスト低減を目指し、火力発電所での物理吸収法や固体吸収法の実証試験を実施中。
- 今後の課題として、大規模回収によるシステムの信頼性向上や吸収材等の耐久性確保による更なる低コスト化を追求していく必要がある。

火力発電に適用可能なCO2分離回収方法

分離回収技術	技術概要
化学吸収法	● CO2と液体との 化学反応を利用して分離回収 する方法。
物理吸収法	● 圧力差を利用し、CO2を液体中に溶解させて分離回収 する方法。 吸収能は液体に対するCO2の溶解度に依存。
固体吸収法	● 固体吸収材によるCO2分離回収技術 。 ● アミン等を含浸させた多孔質材（低温分離用）や、CO2吸収能のある固体剤（高温分離用）に吸収させる。

現在商業化されている化学吸収法による分離回収コスト

4,000円台/ t -CO₂

大崎クールジェン：IGCC（物理吸収法）

- 高圧で高濃度のCO2を含む排出ガスを物理吸収法により分離回収することで、商用機レベルで分離回収コスト2,000円台/ t -CO₂を目指す。
- ブルー水素製造時の効率的なCO2回収にもつながる技術。
- 課題は、稼働状況に応じたシステムの最適化と長期連続試験による信頼性向上。



舞鶴火力発電所（固体吸収法）

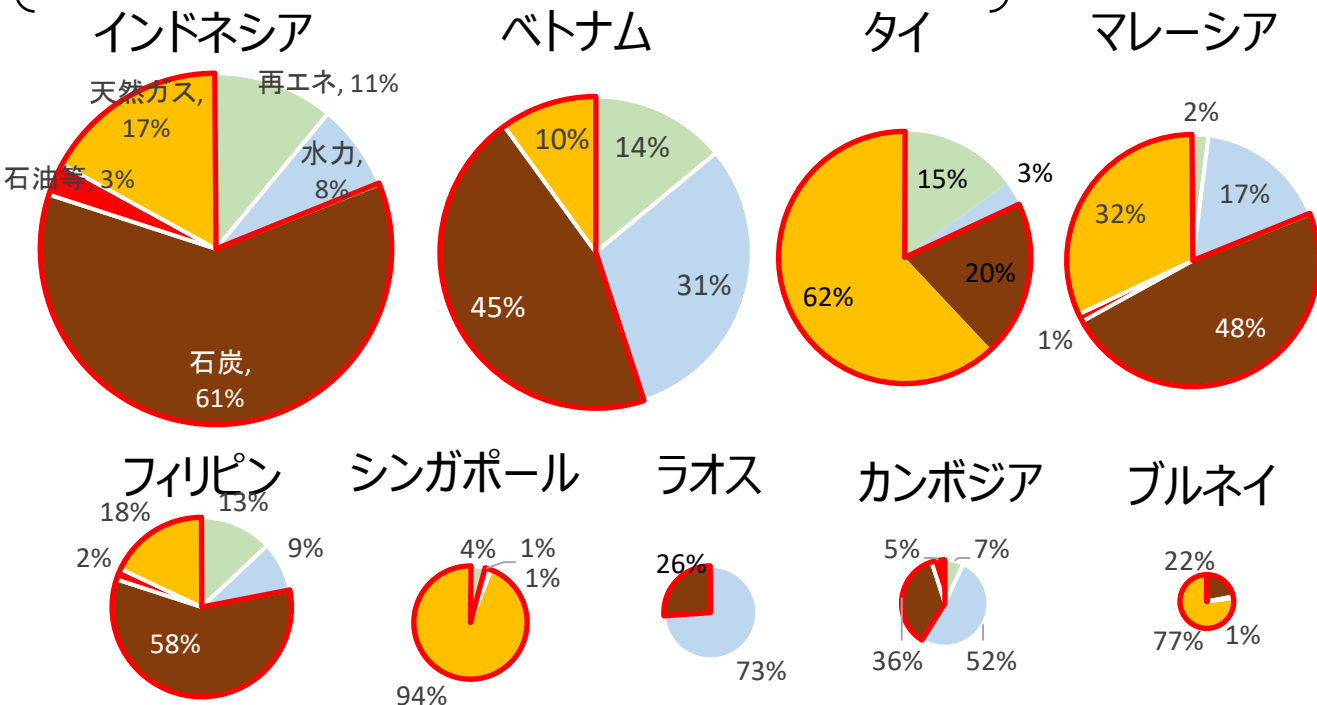
- 固体吸収法による分離回収技術の確立を目指し、2024年度内に実証試験を開始予定。商用機レベルで分離回収コスト2,000円台/ t -CO₂を目指す。
- 最適な吸収材の開発等を進めることで、LNG火力にも適用可能性がある技術。
- 課題は、長期試験による信頼性向上と吸収材の耐久性確保。



多様な道筋によるアジアの脱炭素化

- **ASEANの多くの国は、CN実現を表明するも、電力の大宗を石炭・天然ガスの火力発電に依存。**
- **経済成長に伴い更に電力需要が増大する中、現実的な形で着実に脱炭素を進めることが不可欠であり、AZECの枠組みの下、日本の技術やファイナンスを通じて協力、推進することは、世界の脱炭素化を加速する上でも重要。**

〔尼：石炭61%・天然ガス17%、越：石炭45%・天然ガス10%〕
 〔泰：石炭20%・天然ガス62%、馬：石炭48%・天然ガス32%〕



(参考) 中国：石炭64%・天然ガス3%、インド：72%・天然ガス4%

■再エネ(水力除く) ■水力 ■石炭 ■石油等 ■天然ガス

東南アジア各国が掲げるCN目標

国名	カーボンニュートラル目標
インドネシア	2060年CN
ベトナム	2050年CN
タイ	2065年CN ※CO2のみなら2050年
マレーシア	2050年CN
フィリピン	—
シンガポール	2050年CN
ラオス	2050年CN
カンボジア	2050年CN
ブルネイ	—
ミャンマー	2050年CN

出典：各国提出のNDC等

※円グラフの面積は各国発電電力量に比例。ただしカンボジアとブルネイは、実際の面積の約4倍。

AZEC首脳共同声明のポイント

基本原則

- 各国の事情を踏まえた、多様で現実的な道筋の認識
- AZEC構想への支持、AZEC原則の共有
 - ① エネルギー安全保障の確保、地政学的リスクの低減
 - ② イノベーションを通じ、経済成長、エネルギー安全保障と両立する形で脱炭素化
 - ③ 各国の事情を踏まえた、多様で現実的な道筋、多様なエネルギー源・技術の重要性
- 第1回AZEC閣僚会合の結果の歓迎、閣僚会合による議論の加速への期待

政策と具体的なプロジェクト支援

- ERIAにおける「アジア・ゼロエミッションセンター」の立上げ、政策支援（ロードマップ策定等）
- AZECを支援する賢人会議の立上げ
- 現地の枠組み等を通じた官民協力
- トランジション・ファイナンスの重要性
- 製造業の競争力強化に向けたサプライチェーングリーン化、公正で持続可能なビジネス環境整備
- エネルギー移行の協力やクリーンエネルギー取引市場の確立を視野に、他国へも働きかけ

多様な道筋の具体化

- 各国の事情に応じた多様なアプローチ促進の必要性（以下、多様なアプローチの例）
 - 再エネの規模拡大、離島マイクログリッド・ペロブスカイト等次世代太陽光の導入、SMR等の原子力の利用
 - トランジション燃料としての天然ガス・LNGの活用
 - 電力部門、産業部門での、水素・アンモニア、バイオマス、CCUS、重要鉱物リサイクルの活用
 - 運輸部門での、EV、水素やe-fuel、バイオ燃料といった多様な技術の活用
 - ヒートポンプなど省エネ技術の活用

東南アジアにおける電源脱炭素化に向けたプロジェクト例



ベトナム

ベトナム社会主義共和国チャビン省におけるチャビン洋上風力発電プロジェクト（発電容量1.8GW）の共同開発

TTVN、REE Corp、熊谷組、INPEX、関西電力

ベトナム南部チャビン省沖合における1,800MW規模の洋上風力発電プロジェクト（本事業）の開発を推進するもの。



タイ

大型ガスタービン向け水素混焼技術導入の検討

タイ国電力公社（EGAT）、三菱重工（MHI）

EGATの火力発電所にて混焼パイロット事業を計画し、MHI製のGTCC設備を対象に最大混焼率20%。さらに両社で発展的な水素混焼技術の実効性調査（FS）を実施

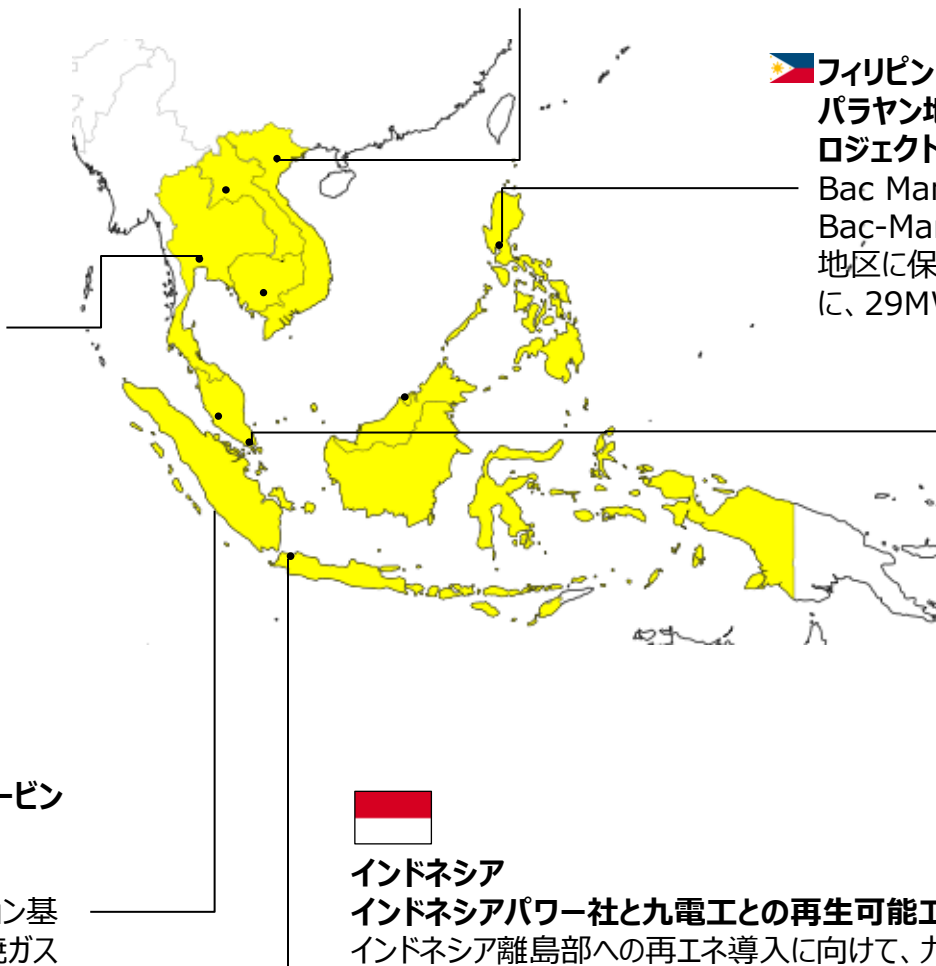


マレーシア

世界初となるアンモニア専焼ガスタービンの商用利用

Gentari, IHI

IHIがNEDOのグリーンイノベーション基金で開発を進めているアンモニア専焼ガスタービンをPetronas社のアンモニア製造工場内に設置することに合意。2026年度上期の商業運転開始を目指す。



フィリピン

パラヤン地熱発電所における29MWバイナリー発電プロジェクト

Bac Man Geothermal Inc., 三菱重工

Bac-Man Geothermal Inc.がルソン島南部パラヤン地区に保有・運営する120MWフラッシュ式地熱発電所に、29MWのバイナリー地熱発電設備を新規に導入する。



シンガポール

シンガポールでのアンモニア燃焼にむけた改造検討

SEMBCORP、GE VERNOVA、IHI
ジュロン島サクラ地区にSembcorpが保有するGTCC発電所で、アンモニア燃焼にむけた改造を検討する。



インドネシア

インドネシアパワー社と九電工との再生可能エネルギー事業開発

インドネシア離島部への再エネ導入に向けて、九電工のEMS（エネルギー管理システム）による問題解決及び事業開発を共同で行う。パイロット案件として、北カリマンタン州の離島において、複数の再エネと蓄電池を組合わせた、安定発送電事業の実証に向けた調査を実施中。

目次

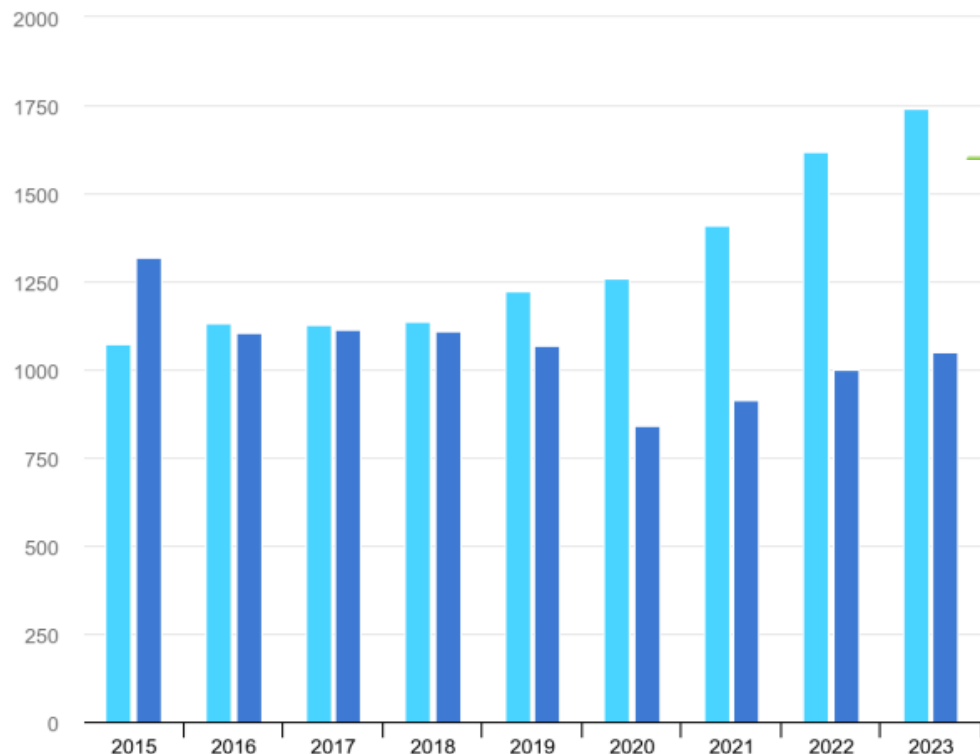
1. エネルギー安定供給の現状と課題
2. 火力発電の脱炭素化に向けた現状と課題
 - (1) 火力発電の現状
 - (2) 脱炭素化に向けた現状と課題
3. 化石燃料確保の現状と課題
4. 本日の議題

化石燃料の上流開発投資の減少と需要の見通し

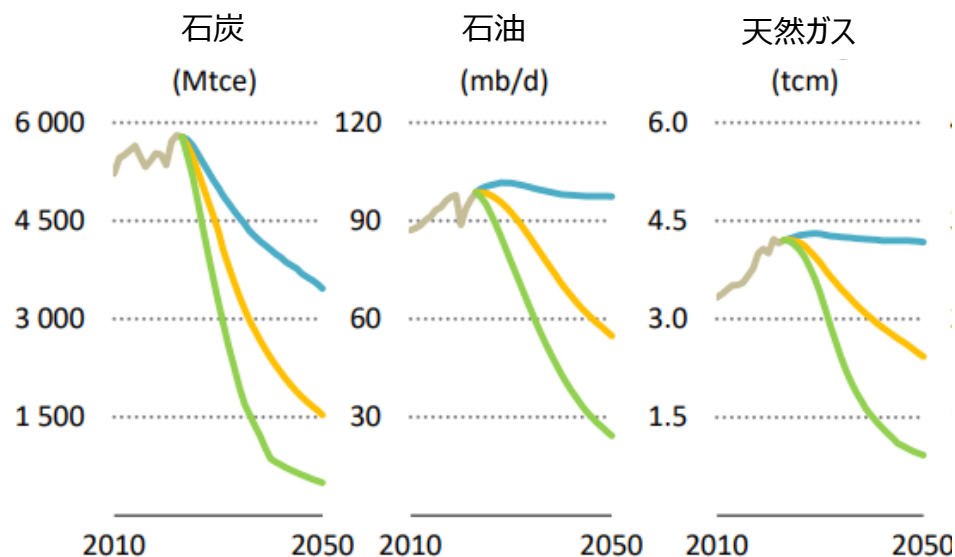
- グローバルに進む化石燃料依存からの脱却の動きにより、化石燃料の上流開発投資は長期的に減少傾向。
- 一方で、将来の需要見通しには大きな幅がある状況。

世界のエネルギー投資の内訳
(水色：クリーンエネルギー、青色：化石燃料)

単位 (10億ドル (2022))



世界の化石燃料のシナリオ別需要見通し

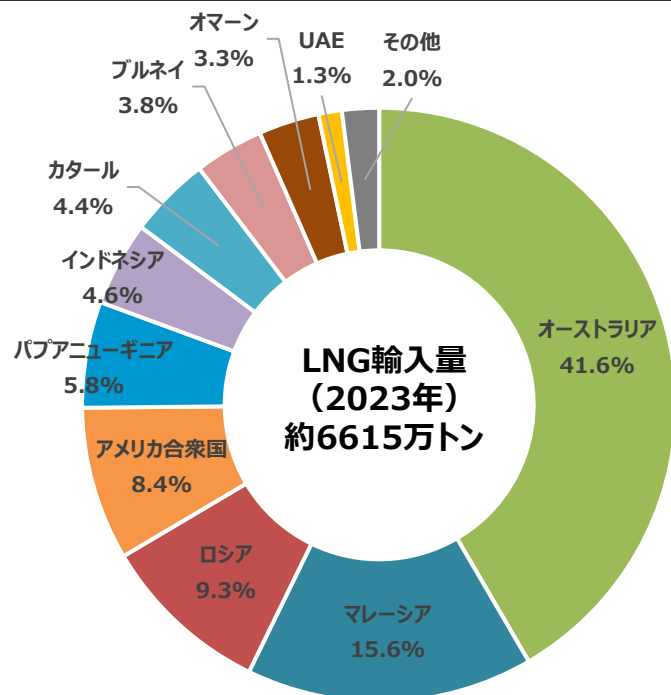


- NZE: 2050年までにネットゼロを達成するシナリオ
- APS: 各国政府が発表した気候関連の約束を全て達成するシナリオ
- STEPS: 各国政府が設定した目標と目的を達成するために実際に行っていることと整合したシナリオ

(参考) 日本の化石燃料の輸入先 (2023年速報値)

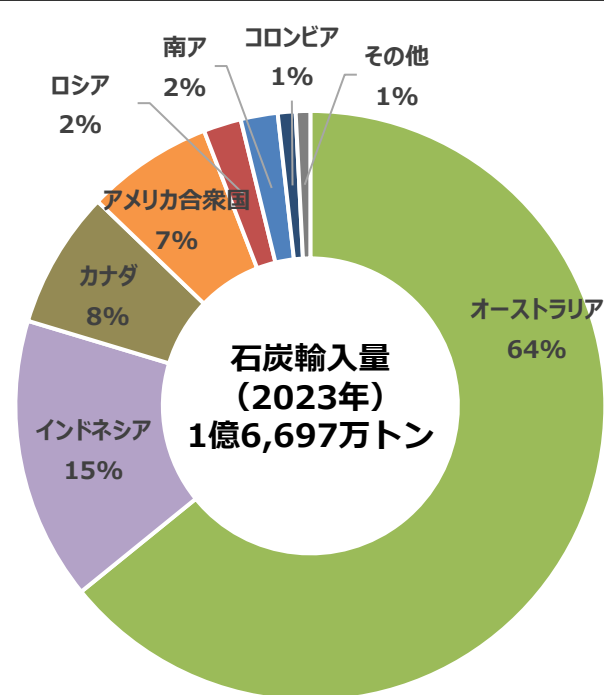
- 化石燃料のほぼ全量を海外から輸入。
- LNGは原油に比べ調達先の多角化が進んでおり、中東依存度は1割弱。 今後も豪州やマレーシア、北米等も含めた多様な地域からの調達が見込まれる。
- 石炭の中東依存度は0%。 豪州など、地政学的リスクが低く、地理的に近い国からも輸入ができる。

LNG輸入先・量



中東依存度 : 9.0%
ロシア依存度 : 9.3%

石炭輸入先・量



中東依存度 : 0%
ロシア依存度 : 2.1%

LNGバリューチェーンの低炭素化

- 今後もLNGを活用していく上で**バリューチェーンの低炭素化が重要**。
- 上流から下流までのLNGバリューチェーン全体に適用可能なトランジション技術は複数存在。**各技術の適用範囲やコストなど、今後の道筋の明確化**が必要。

LNGバリューチェーン（製造から消費のプロセス）

技術	詳細	ガス採掘 パイプライン	液化	輸送	再ガス化	燃焼 (消費)
メタン 対策	<ul style="list-style-type: none"> MRV（測定、報告、認証）スキーム*の国際標準化、関連技術開発・ビジネスが進展。 	○	○	○	○	
電化 水素混焼	<ul style="list-style-type: none"> 液化設備における水素混焼による低排出化やe-drive（電動モーター）の導入による脱炭素化が可能。 	—	○	—	—	
CCS	<ul style="list-style-type: none"> CCSを活用することで、排出量が多い、燃焼段階を含む幅広い製造工程でGHG削減も可能。 	○	○	—	—	○
水素・合成メタンの活用	<ul style="list-style-type: none"> LNGとして受入れ、水素化する方法も技術が進展。 					○

(参考) LNGバリューチェーン低炭素化のための要素技術

- 上流から下流までのLNGバリューチェーン全体において総GHG排出の約75%は燃焼時に発生。合成メタン、ブルー水素等の活用やCCSによる排出削減が可能。一方で、上中流でのGHG排出は全体の約25%であり、メタン排出削減対策、液化設備の水素混焼や電化、CCSの利用によって低炭素化が可能。
- これらを組み合わせることでLNGバリューチェーンを低炭素化するためのロードマップについてIEAと共同研究する。

メタン排出測定技術



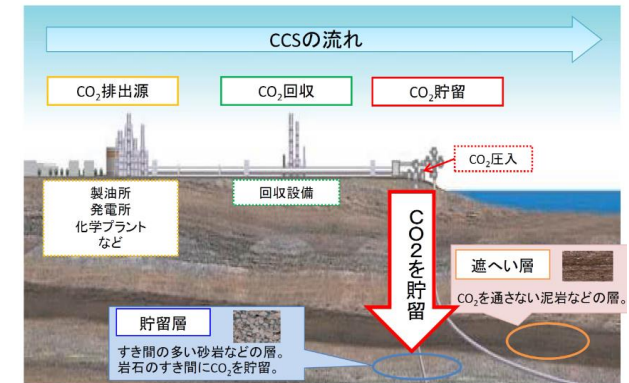
- ドローンや衛星写真などの広域計測と現場でのピンポイント計測により、メタン漏れや発生源を特定・定量化。こうした技術を通じてメタン排出源を特定し、漏洩対策が可能となる。

液化設備の電動化



- ガスタービンの廃止、電動モーター式の冷媒コンプレッサーの導入、再エネ利用等により液化設備を電動化して排出量を削減。
- 米国Freeport LNGで実績。Woodfibre LNGも導入を計画中。

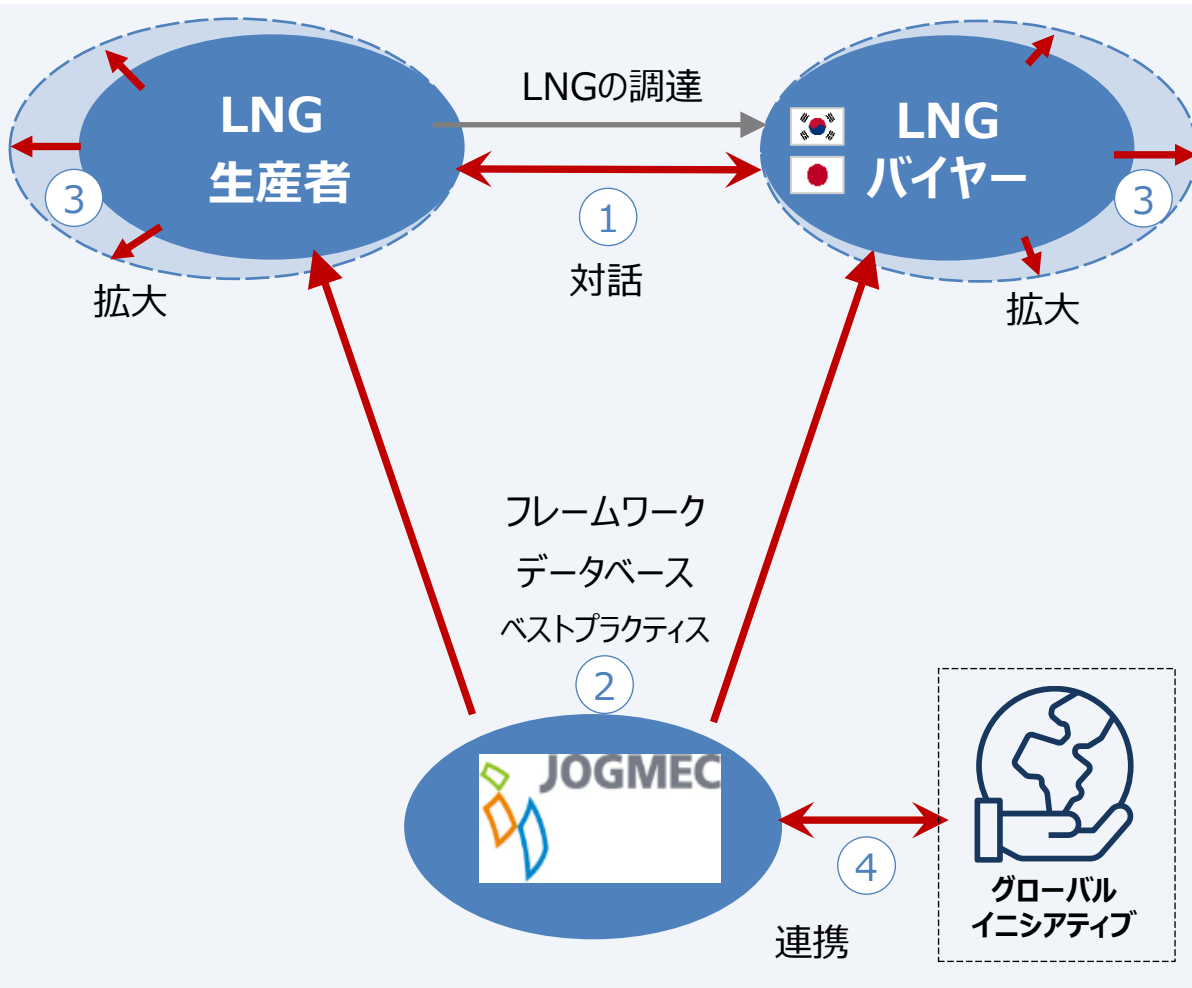
CCS



- 上流ガス開発、液化設備等において回収したCO2を地下貯留することでバリューチェーンでの排出量を削減。また、供給側だけでなく発電所等の需要側での導入により、ガス燃焼時の排出も削減が可能。

【参考】CLEAN(Coalition for LNG Emission Abatement toward Net-zero)によるメタン排出削減対策

- 日本と韓国のLNGバイヤーが中心となって、バイヤーから、メタン排出削減をLNG生産者に働きかけることで、調達するLNGバリューチェーンのクリーン化へのインセンティブを与える。



- ① LNGバイヤーと生産者の中でLNGのメタン排出に関する対話を実施
- ② JOGMECによる双方支援 (データ収集・集計・公開、技術支援)
- ③ 他のバイヤーへの拡大 (グローバルなモメンタムの形成を図る)
- ④ グローバルイニシアティブとの連携 (OGMP2.0, MMRV 等)

(出典) JOGMEC HP等各資料から資源エネルギー庁が作成

OGMP2.0: The Oil & Gas Methane Partnership 2.0「国連環境計画 (UNEP) による石油・ガスセクターのための包括的かつ実測に基づく国際的な報告・認証枠組み」

MMRV: Measurement, Monitoring, Reporting and Verification「米国エネルギー省と欧州エネルギー総局の主導による天然ガスバリューチェーンにおけるGHGの測定・監視・報告・認証の国際標準化」

各国における直近の天然ガス・LNGに対するスタンス

- 欧州でもドイツなどで新たなLNG契約に向けた動きがみられる。
- 中国や韓国は、脱炭素化の取組と並行し、エネルギー安定供給のための国家戦略に基づき、**国営企業を中心に、LNGの長期契約の締結を進めており、BPやTotalEnergies等のポートフォリオプレイヤーも関与。**

欧州における動き



● カタール国営企業QE、米ConocoPhillipsがドイツへ2026年から**15年間、200万トン**のLNG供給に合意。(2022年11月29日 FT)



● ドイツEnBWはUAE国営企業のADNOCと**2028年から15年間、60万トン**のLNG供給条件合意書を締結。(2024年5月8日 Offshore Energy)



英Shell、仏TotalEnergies、伊ENIも、カタール国営企業QEとの間で**27年間(2053年まで)**のLNG供給契約を締結。(JOGMEC HP「世界のLNGプロジェクト・契約」)



韓国の国営企業KOGASは、英国BP子会社と**2026年から10.5年間**のLNG供給契約を締結。KOGASは既存の契約に追加してBPのポートフォリオから**年間980万トン**のLNGを購入する予定。(2024年4月29日 LNG Prime)



アジアにおける動き



● 仏TotalEnergiesは、インド国営企業のIndian Oil Corporationと**2026年から10年間、80万トン**のLNG供給契約を締結。



● また、韓South East Powerと**2027年から5年間、50万トン**のLNG供給条件合意書を締結。(2024年6月4日 TotalEnergies HP)



ベトナム国営企業PetroVietnam Gasが英Shellと国内**初めてのLNG購入契約**を締結。同社は米ExxonMobilや露Novatek等と**LNG長期契約に向け協議**を実施。(2023年5月23日、7月5日 Reuters)



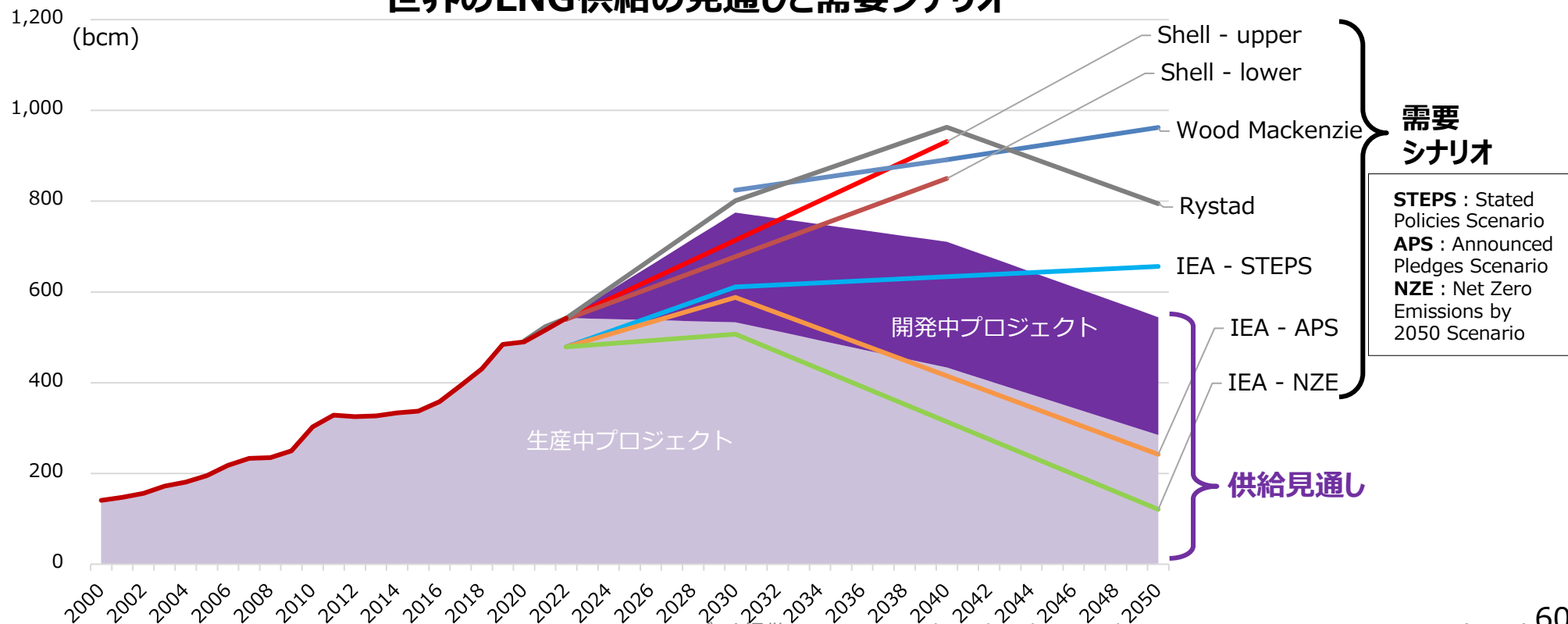
中国国営企業Sinopecは、**カタールのノースフィールド拡張プロジェクトへの参画**と、既存契約に追加で**27年間(2054年まで)の300万トン**のLNG供給契約締結を発表。(2023年11月4日 Sinopec HP)



LNG需要シナリオの不確実性

- IEAのネットゼロシナリオにおいては、十分に需要減少が見込まれるため、新規事業の開発が商業的リスクをもたらすことが指摘。一方、LNG需要シナリオは、予測の前提とするマクロ経済見通し、技術進展の想定、資源価格等によって大きな幅があり、上振れする可能性も存在。国内でもネットゼロへの道筋の中で、電力需要の拡大への迅速な対応という観点で、低炭素な燃料である天然ガス・LNGは一定の役割を果たす。一方で、どこまでの役割を果たすか不確実性があり、その需要見通しも様々。
- エネルギー安全保障の確保の観点から、需要が上振れしたシナリオが実現した場合であっても、確実な供給量と調達を備えておくことが重要。

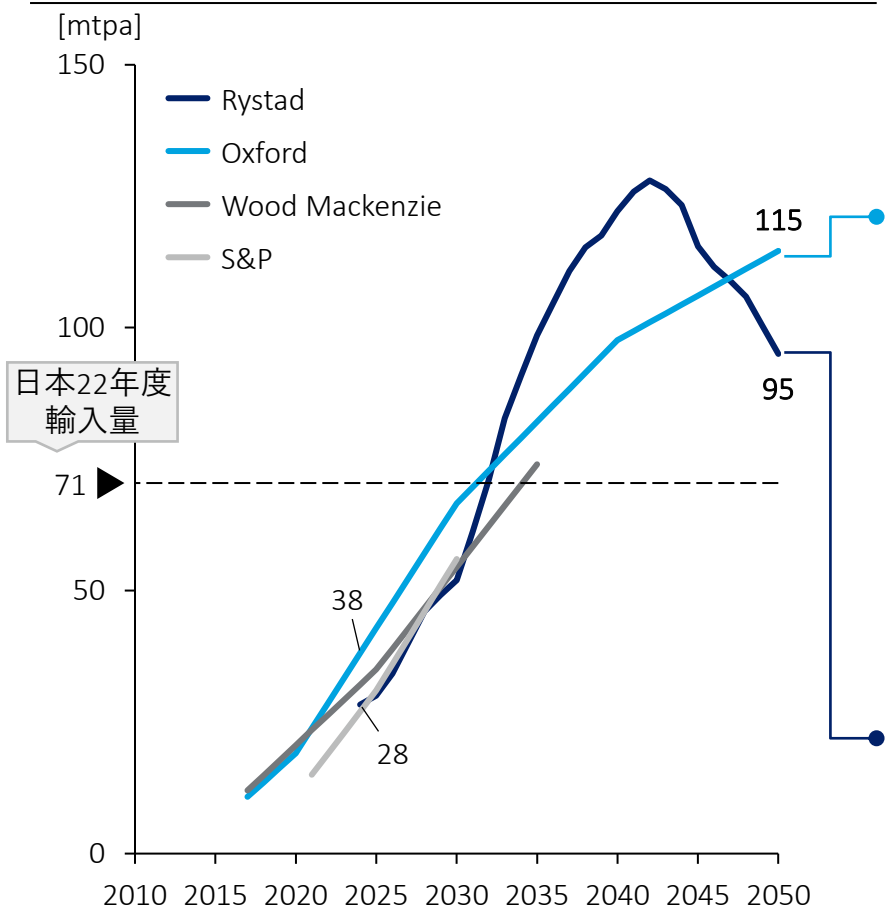
世界のLNG供給の見通しと需要シナリオ



ASEAN新興諸国のLNG需要見通し

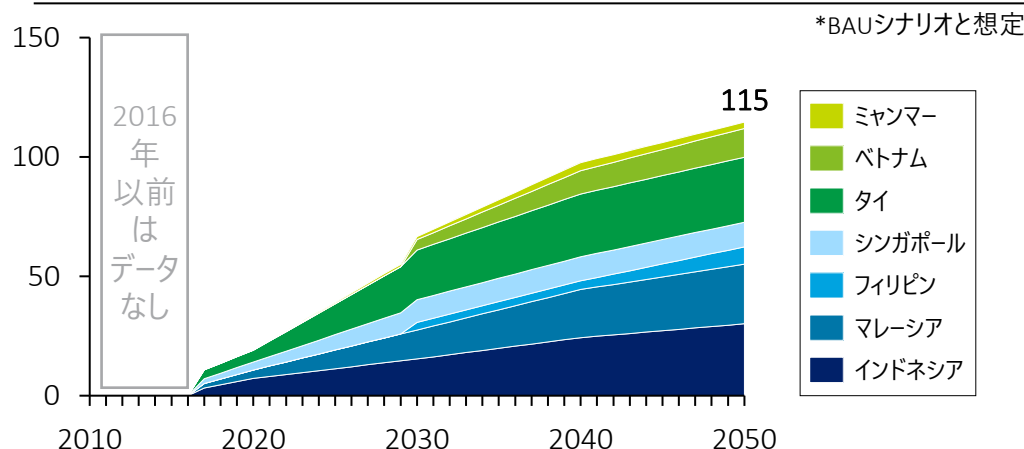
- 一部の民間機関の予測によると、**ASEAN諸国におけるLNG需要量は、インドネシア、マレーシア、タイを中心とした各国の需要の伸びを受け、2030年では5～6千万トン程度、2050年では1億トン程度と見込まれている。**

東南アジアのLNG需要予測

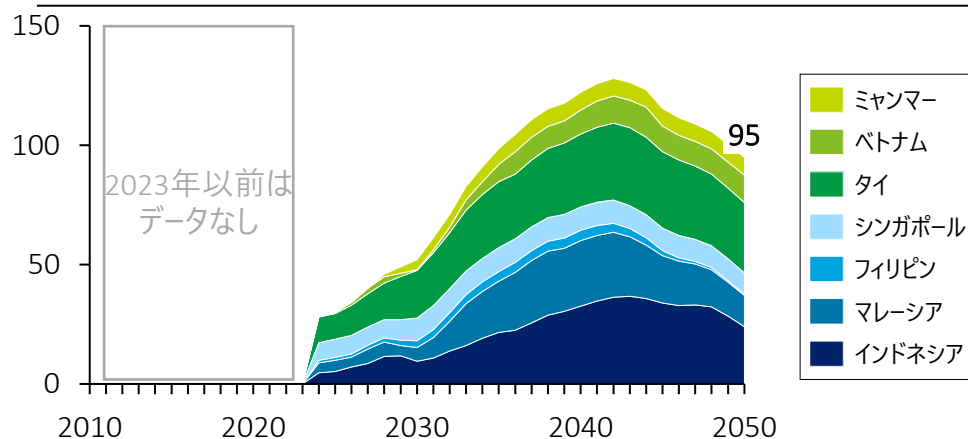


データソース：Rystad社)、「The Oxford Institute for Energy Studies」[Emerging Asia LNG demand(2020/9)]、WoodMackenzie HP記事(2017/10)、S&P Global HP記事(2022/9)

国別の需要予測 (Oxford Instituteによる予測* (2020年発表))



国別の需要予測 (Rystad社による予想)



LNGの長期契約の意義

- 我が国においては、国内に輸入されるLNGの8割程度が長期契約によって購入されていることから、スポット契約による調達と比較して、安定した価格で決められた量を購入することが可能。
- 常に長期契約による調達が安価な訳ではなく、市況によっては価格が逆転することもあることに留意しつつ、中長期間に亘って調達価格を安定させる最適なバランスの追求が必要。

(\$/MMBtu)

<2018年以降のLNG価格推移>



長期契約による調達価格が
スポット契約による取引価格を
上回ることもある。

需給のバランスが崩れると、
スポット契約による取引価格は
大きく変動する。

ガスセキュリティの確保

- 2024年2月、国際エネルギー機関（IEA）閣僚理事会において、**ガスセキュリティに関するIEAの役割の強化を含む閣僚声明が採択**された。閣僚声明には、ガス貯蔵や**ガスリザーブメカニズムの強化**などを通じた、供給の柔軟性、透明性、安定性を強化する方法を検討・分析するよう要請する内容が含まれた。
- ガスリザーブメカニズムを通じたガスセキュリティの強化は、G7エネルギー大臣会合でも言及されている。

IEA閣僚理事会 コミュニケ

- 我々は、**ガスセキュリティの継続的な重要性を認識**し、定期的な市場モニタリングと勧告を通じて、価格高騰と有害なボラティリティに繋がる可能性のある供給途絶の影響を評価し緩和するとともに、ガス供給を多角化するために各国を支援するIEAの活動を称賛する。我々は、この観点で**IEAの役割が強化されることを歓迎**する。
- 我々はさらに、**適切に機能するグローバルなLNG市場、ガスの貯蔵・リザーブメカニズム、および規制の枠組の重要性を認識**する。この文脈で、我々は、IEA理事会に対し、適切な機関を通じて、情報交換を行い、**ガス貯蔵やリザーブメカニズムの強化などを通じて、供給の柔軟性、透明性、安定性を強化する方法を検討・分析**するよう要請する。

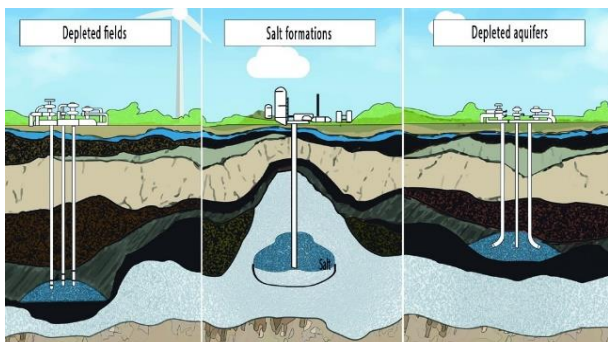
G7トリノ気候・エネルギー・環境大臣会合 コミュニケ

- 我々は、**IEA に対し、世界のガスセキュリティに関する助言機能を強化し、情報交換を促進し、例えば世界的な早期警戒メカニズムやガスリザーブメカニズムを通じて、供給の柔軟性、透明性、セキュリティを強化する方法を検討・分析するよう求める。**

ガスリザーブメカニズムについて

- 日本が提案してきた「ガスリザーブメカニズム」は以下の3つの類型を含むもの。
- 地域特性を踏まえた、ガスリザーブの導入は世界のガス市場の安定性向上を通じてエネルギー安全保障の強化に繋がる取組。
- 今後IEAにおいてその役割について更なる研究等が実施される。

地下ガス貯蔵



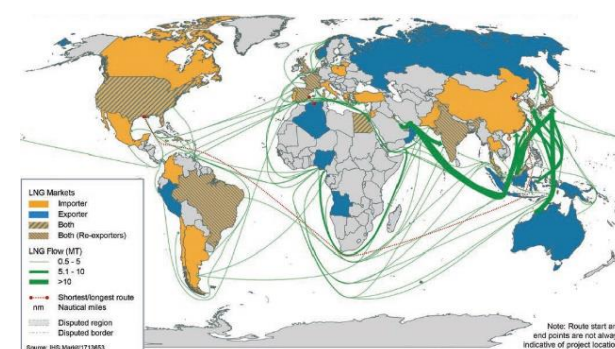
枯渇ガス田が多く存在する欧州および米国等で活用。大規模かつ長期間に渡るガスの備蓄ができる一方、**貯蔵可能な地理的条件が限られる。**

政策的措置



LNG輸入国で活用。日本の**戦略的余剰LNG(SBL)**やシンガポールのSLF(スタンバイLNG施設)のように、備蓄が難しい国において、短期的なLNG欠落リスクに備えることが可能。

柔軟な契約の確保

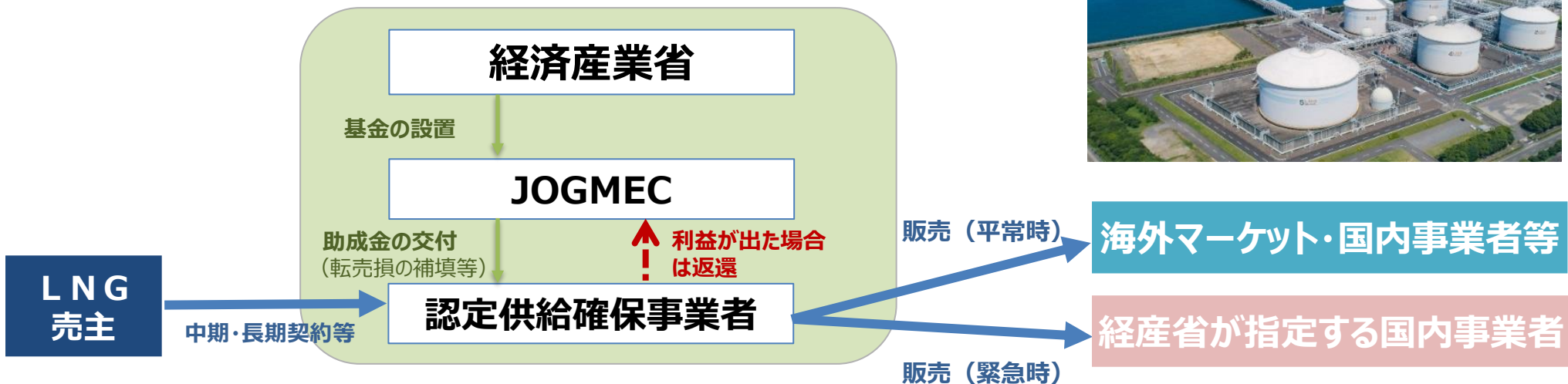


需要に合わせた調達量の増加など。更には、**公的機関やLNG生産者との協力を通じ、有事の際の供給信頼性を高める契約を持つことが可能。**

（参考） 戦略的余剰LNG（SBL）の概要

- 石油のように長期間タンクに置いた備蓄が困難であるLNGの性質を踏まえ、民間企業の調達力を活かし、**有事に備えたLNG確保の仕組み（戦略的余剰LNG：SBL（Strategic Buffer LNG））**を用意。
- **経済安全保障推進法**に基づいて、SBL確保・運用の目標等を経産省の取組方針として提示。取組方針に則って、**事業者のSBL確保支援**を実施する。
- 国内電力・ガス事業者には有事が発生した際には、**認定供給確保事業者が確保したSBLを活用し**、当該事業者が対応を行うための**時間的な猶予を確保し、供給途絶を防ぐ**。
- 2023年11月24日、**株式会社JERAの供給確保計画を認定**。2023年12月から運用を開始。

【事業イメージ】



(参考) 資源外交:調達先の多角化と権益の確保

- 引き続き石油・天然ガスの安定供給を確保していくためには、**調達先の多角化**が不可欠。
- 国内資源開発に加え、積極的な資源外交やJOGMEC等のリスクマネー供給等を通じ、更なる海外権益の確保が必要。

UAE (アブダビ首長国)【原油】

- 我が国の石油権益を維持・拡大するため、広範な分野で協力を実施。アブダビの油田には、**我が国自主開発権益が最も多く集中**。
- 2015年4月、我が国企業が巨大な**陸上油田の権益を新たに獲得**。
- 2018年2月、主要な**海上油田の権益を再獲得**。

東南アジア【天然ガス】

- 日本企業参画のLNGプロジェクトが進行中。
- ドンギ・スノロLNG (尼) には三菱商事が出資。2015年生産開始 (JBIC/NEXI支援)。
- タンゲーLNG (尼) には、三菱商事他が出資。2009年生産開始、2023年さらに拡張し、生産開始 (JOGMEC/JBIC/NEXI支援)。

カナダ【天然ガス】

- 日本企業参画のLNGプロジェクトが進行中。
- LNGカナダには、三菱商事が出資。2020年代中頃に生産開始予定 (JBIC支援)。

モザンビーク【天然ガス】

- モザンビークLNGには、三井物産が出資。2020年代後半からの生産開始を目指す。(JOGMEC/JBIC/NEXI支援)

豪州【天然ガス】

- 日本企業参画のLNGプロジェクトが進行中。
- イクシスLNGプロジェクトは、日本企業が主導する初の大型LNGプロジェクト。2018年に生産開始 (JBIC/NEXI支援)。
- 既存ガス田の減退に伴う新たな上流ガス田開発や、LNGプロジェクトの拡張計画も進められている。

米国【天然ガス】

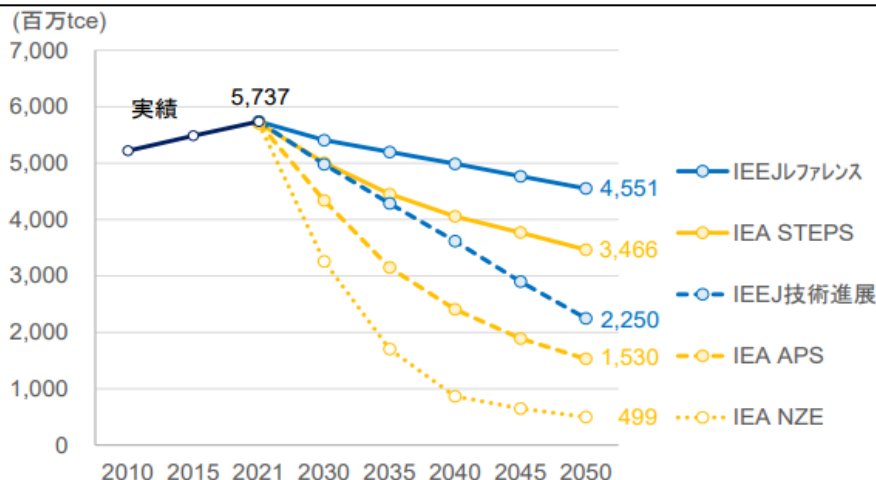
- 2017年1月に、**シェールガス由来のLNGが初めて日本に輸入** (短期契約)。
- 2018年5月、**日本として初めての長期契約に基づく米国シェールガス由来のLNGの輸入を開始**。
- フリーポートLNGには、JERA・大阪ガスが出資。2019年生産開始 (JBIC/NEXI支援)。
- キャメロンLNGには、三井物産・三菱商事・日本郵船が出資。2019年生産開始 (JBIC/NEXI支援)。



石炭の需給の見通しと現状

- 石炭の**需要**について、**将来的に減少見込み**という点は**各種機関一致**しているものの、**その程度には幅がある**。他方で**供給**について、先進国を中心に**ダイベストメントが加速**しており、**実際の需要減少を上回る供給減少が生じる可能性もある**ところであり、**世界的な需給にギャップが生じてくる可能性も想定される**状況。
- 一方、石炭は、足元では、電源構成の約3割を占めている。さらに、原油・天然ガスに比べ、**GHGの排出量が多いが、地政学リスクが低く、現状、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安定供給・経済効率性の面で有利な点も多い**。石炭を含む多様なエネルギー源を持つこと自体、エネルギー安全保障の強化にも資するもの。なお、**サプライチェーンは一度失われるとその復元は困難**。
- **将来的に需要の減少が見込まれる中で、どのように石炭の安定供給を確保するか課題**。

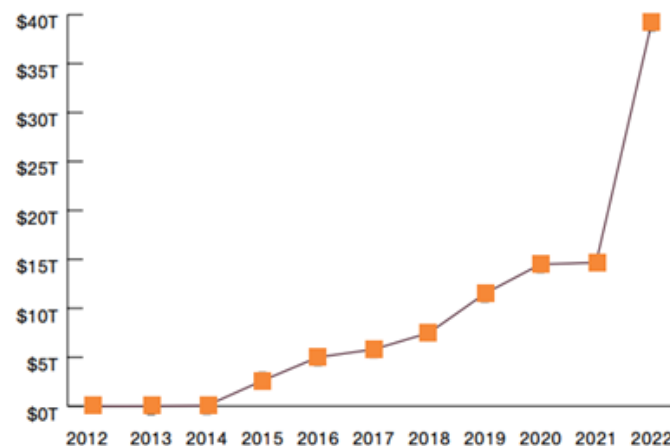
石炭需要見通し



- IEA STEPS：政府が設定した目標と目的を達成するために実際に行っていることと整合したシナリオ
- IEA APS：各国政府が長期のネットゼロ目標やNDC（「国が決定する貢献」）での誓約を含め、発表した気候関連の約束を全て達成するシナリオ
- IEEJ レファレンス：エネルギー・環境政策等の今日までの変遷を反映し、今後も趨勢的に推移してゆく想定
- IEEJ 技術進展：エネルギー安定供給の確保、気候変動対策、大気汚染対策などの強化に資するエネルギー・環境政策等が強力に実施されると想定

出所：IEA「World Energy Outlook 2023」、日本絵ネル義－経済研究所「IEEJ Energy Outlook 2024」よりJOGMEC作成

石炭からのダイベストメント状況



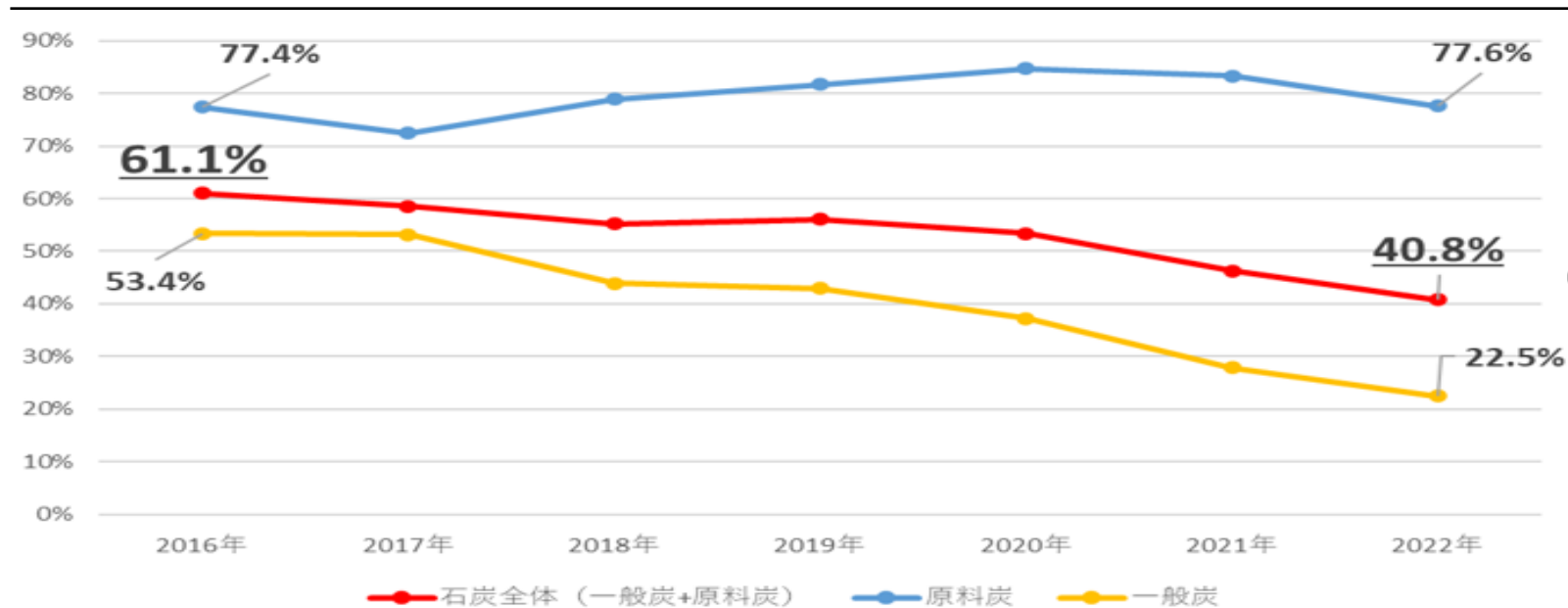
- ※ 化石燃料からのダイベストメントを表明した運用資産概算
- ※ 2024年6月末時点では、40.8T \$

出所：IEA「World Energy Outlook 2024」、the Institute for Energy Economics and Financial Analysis, Stand.earth, C40, and the Wallace Global Fund「Invest-Divest 2021: A Decade of Progress Towards a Just Climate Future」を基に資源エネルギー庁作成

石炭の自主開発比率

- 我が国の企業が、海外権益を確保し、その生産・操業に携わり生産物を引き取ることから、長期安定的に物理的供給途絶のリスクが低減する観点から、自主開発比率の目標を掲げている。
- **自主開発比率は61.1%（2016年）から40.8%（2022年）まで20ポイント低下**（エネルギー基本計画では、2030年に60%を維持）。特に、一般炭は、金融機関の融資方針や商社による権益売却によって、22.5%まで低下。
- 他方、石炭からのダイベストメントが進行し、今後より厳しい調達状況が見込まれる中、一般炭について、権益確保に加えて、カーボンニュートラルへの移行期間においても安定・低廉な供給を図るための様々な調達方法についても検討できないか。

自主開発比率の推移



（出所）JOGMECによる各社へのアンケート結果と公表データより資源エネルギー庁作成

これまでの、自主開発比率を向上させることで安定・低廉な石炭の供給を目指してきた。
他方、足下においては、企業による権益売却等の影響もあり、自主開発比率は今後も低下傾向が予想される。

目次

1. エネルギー安定供給の現状と課題
2. 火力発電の脱炭素化に向けた現状と課題
 - (1) 火力発電の現状
 - (2) 脱炭素化に向けた現状と課題
3. 化石燃料確保の現状と課題
4. 本日の議題

本日の議題

- 我が国は発電電力量の約7割を化石燃料に依存しており、エネルギー安定供給の観点からはもちろん、国際収支の観点からも、**海外からの化石燃料の輸入は極力抑えていくことが重要**。また、GXの実現に向けて、非電源部門の脱炭素化を進める上でも、**電源部門の脱炭素化は急務**である。さらに、**国際的にも、石炭火力発電のフェードアウトに向けた動き**が強まっている。
- 他方で、エネルギーは国民生活や経済成長の基盤であり、いかなる状況でも**安定供給の確保は不可欠**。電力需要の増加の規模やタイミングが不確実な中で、2050年ネットゼロ実現に向けて、**安定供給を確保しながらトランジション**を進めて行く必要。
- 国際的なエネルギー情勢の変化を受け、各国では**ガス火力をトランジション期における低炭素電源**と位置づけて新設する動きもある。**アジアでは経済成長に伴い電力需要も拡大しており、石炭火力への依存度が高い状況が継続**。
- 気候変動の観点からは化石燃料によるCO2排出が問題となるが、**水素・アンモニア・CCSなどの脱炭素技術も実用化**されつつあり、**燃料種だけでなく脱炭素技術とセット**で考える必要。将来的にはコスト低減が進むことが想定されるが、**現時点ではどの脱炭素技術がCO2排出削減を量や価格の面で最適に実現できるか、必ずしも見通せていない**。
- こうした様々な点も踏まえ、本日は①我が国におけるガス火力や石炭火力の位置づけ、②LNGの長期契約の意義をどのように捉え、確保していくべきか、③ガス火力や石炭火力の脱炭素化をどのような時間軸で進めていくべきか、などの点について御議論いただきたい。