



令和2年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業
石炭火力と電力系統に係る諸外国の政策動向等に関する調査
最終報告書

デロイト トーマツ コンサルティング 合同会社
2021年2月26日

Make your impact
国境 を超え、信をつなぐ。

目次

はじめに	3	3 電力系統に係る政策動向	60
1 脱石炭火力表明国のエネルギー政策	7	4 我が国がとるべき政策の方向性	73
1.1 欧州諸国の脱石炭政策の流れ	7		
1.2 エネルギー政策と脱石炭政策の背景	11		
2 石炭火力フェードアウトに向けた具体的な政策動向	19		
2.1 ドイツ	23		
2.2 オランダ	42		
2.3 英国	48		
2.4 フランス	54		

-
- 本報告書に記載されている情報は、公開情報に加え、本調査の分析に利用する承諾を得た上で、ヒアリング等で第三者から提供を頂いたデータも含まれています。これら情報自体の妥当性・正確性については、弊社では責任を負いません。
 - 本報告書における分析手法は、多様なものがありうる中でのひとつを採用したに過ぎず、その正確性や実現可能性に関して、弊社がいかなる保証を与えるものではありません。
 - 本報告書は、調査委託契約に従って貴省の政策決定の参考資料として作成されたものです。内容の採否や使用方法については、貴省自らの責任で判断を行うものとしします。

はじめに

本事業では我が国における非効率石炭火力のフェードアウトに向けて 脱石炭火力表明国の政策動向から 我が国での政策立案に向けた情報収集・分析を行った

本事業の背景

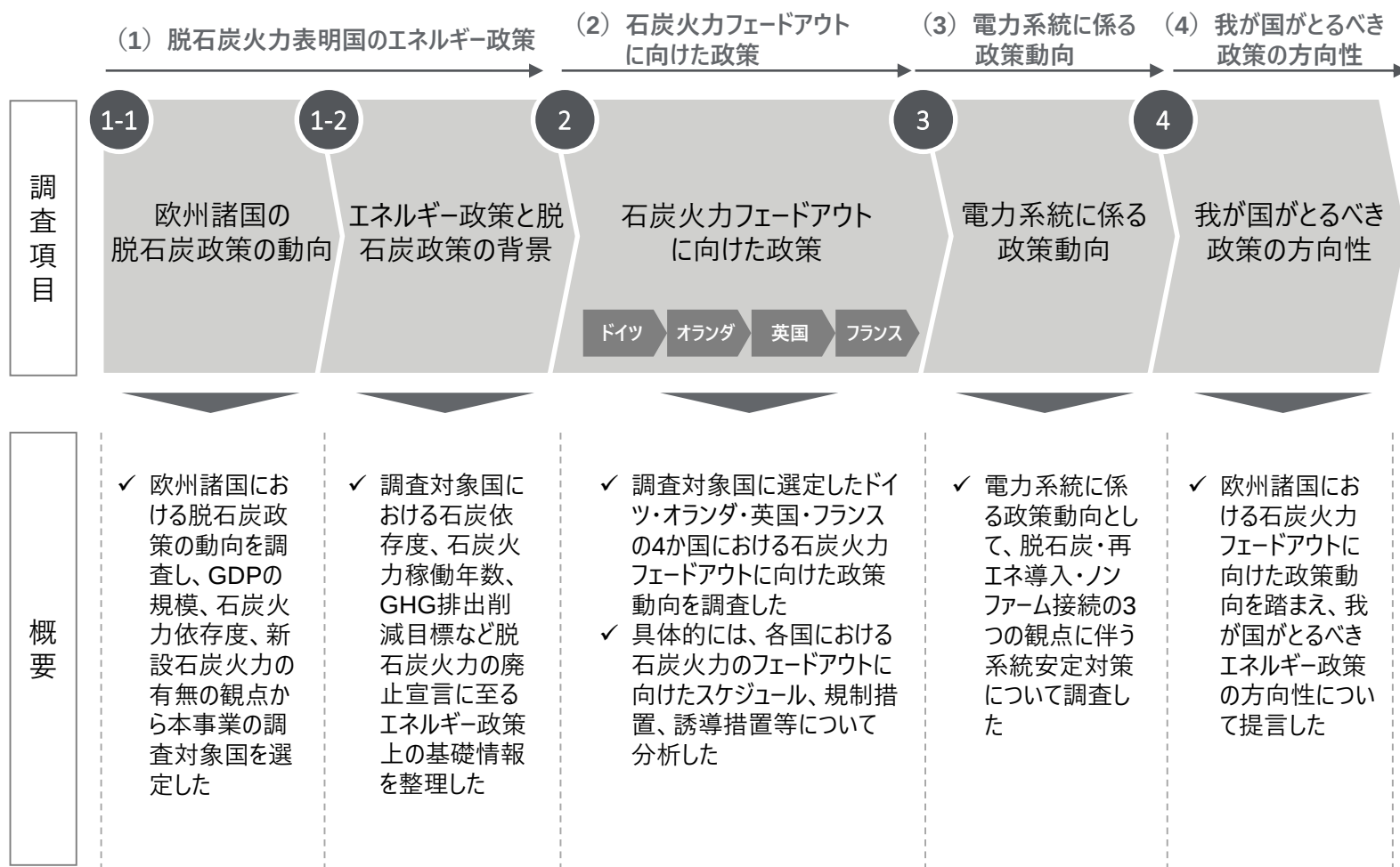
- 単一の完璧なエネルギー源がない現状の中、資源の乏しい我が国としては、再生可能エネルギーの主力電源化を図りつつ、多様なエネルギー源をバランスよく活用することが重要である。石炭火力は、安定供給や経済性の面で優れている一方で、CO₂の排出という環境面での課題に対応するため、現行のエネルギー基本計画において、国内の石炭火力発電については、「今後、高効率化・次世代化を推進するとともに、よりクリーンなガス利用へのシフトと非効率石炭のフェードアウトに取り組む」こととしている。
- 現在、我が国においては、エネルギー供給事業者による非化石エネルギー源の利用及び化石エネルギー原料の有効な利用の促進に関する法律（以下、「高度化法」という。）及びエネルギーの使用の合理化等に関する法律（以下、「省エネ法」という。）による規制措置を導入して対応してきているところ。具体的には、①高度化法により、電力会社に対し、2030年度の販売電力量に占める非化石電源の割合を44%以上とすることを求めるのに加え、②省エネ法に基づき、発電事業者に対し、火力発電の新設やリプレースは最新鋭の設備（石炭は超々臨界圧（USC）相当以上）であることを求めるなどの取組を進めている。

本事業の目的

- 国内外における環境対応への更なる取組を求める声が高まってくる中で、特に、石炭火力については、非効率石炭火力のフェードアウトという基本方針を踏まえた、より実効性のある新たな仕組みの検討が必要となっている。
- また、新たな電源として再生可能エネルギーの主力電源化を図るためには、電力系統の課題を解決する必要があり、他国の政策はそのための参考になりうる。
- 本事業では、脱石炭火力を表明している諸外国の基本的なエネルギー政策やフェードアウトの実現に向けた具体的な政策内容、再生可能エネルギーの主力電源化に向けた電力系統に係る諸外国の政策内容など、我が国が取るべき新たな政策の立案のために必要となる情報の収集及び分析を行うことを目的とする。

欧州諸国における石炭火力フェードアウトに向けた政策動向を踏まえ エネルギーの安定供給に配慮した上で 我が国がとるべき政策の方向性を提言した

調査フロー



本調査における各章の総括は以下のとおり

本事業における調査結果サマリー

各国政策のサマリー

石炭依存度や発電所の稼働年数など各国の実態に応じた廃止スケジュールや規制措置を導入しており
特に石炭依存度の高いドイツにおいては 事業者や系統安定性への配慮から 一定の期間をかけて廃止する見込み

 ドイツ	■ 石炭依存度の高いドイツでは、系統安定性や事業者・地域経済への配慮から、2038年までの長期的な廃止スケジュールをとるとともに、リバースオークションに基づく事業者補償や自治体への補償、従業員への雇用対策など手厚い措置を講じている
 オランダ	■ 2010年代に建設された新しい発電所が稼働するオランダでは、2030年の廃止目標に向けて、発電効率44%を基準に2段階での廃止スケジュールをとっている
 英国	■ 石炭火力依存度が低く、残存石炭火力の高経年化が進む英国では、新設火力発電所への450g-CO ₂ /kWh のCO ₂ 排出基準を2025年に既設発電所にも適用することで、2025年までの短期的な石炭火力のフェードアウトを促す
 フランス	■ 石炭火力依存度が低く、残存石炭火力の高経年化が進むフランスでは、火力発電所に550g-CO ₂ /kWh のCO ₂ 排出基準を課すことで、2022年までの短期的な石炭火力のフェードアウトを促す

提言

石炭火力の系統等への影響を踏まえ 混焼等によりCO₂削減を担保しつつ
中長期的には残存する石炭火力も2050年のカーボンニュートラルの実現に向けた工程表が必要ではないか

- 石炭依存度の低い英国・フランスのような短期での廃止措置は、我が国においては現実的でなく、非効率石炭火力のフェードアウトに向けては、安定供給に配慮し、一定の猶予期間が必要である
- カーボンニュートラルの実現に向けては、残存する高効率石炭火力の扱いについても、CCUSの付帯やアンモニア発電への転換等が必要であるため、どのような対策を求めるかを早期に示すことで、事業者の予見性を高めることが必要である
- 2050年のカーボンニュートラルに向けて、石炭火力発電所へのCCUS付帯、水素・アンモニア発電への転換・運用に向け、諸外国における開発動向も踏まえながら、研究開発や実証試験など、実運用に向けた後押しが必要ではないか

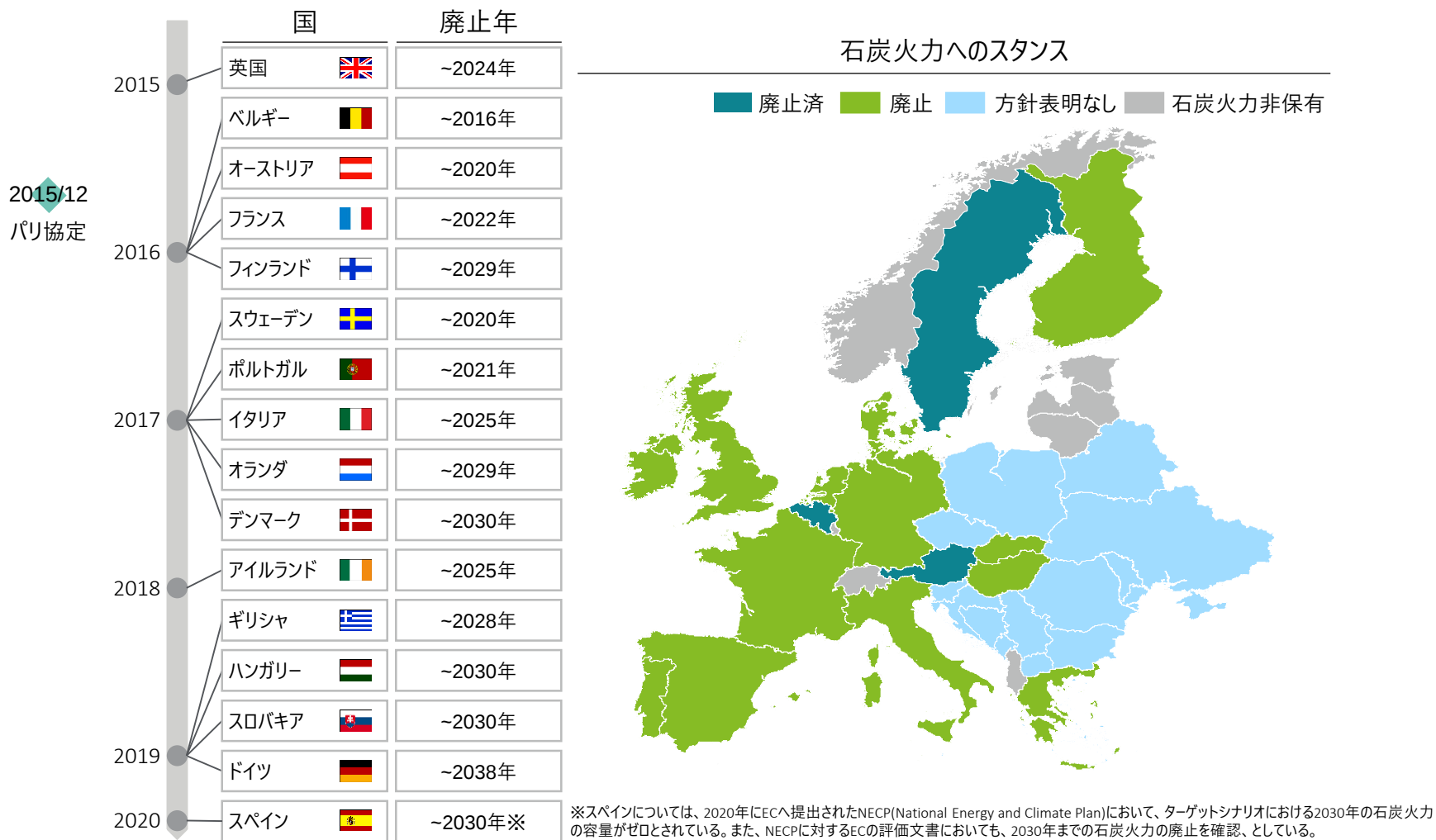
1. 脱石炭火力表明国のエネルギー政策

1.1 欧州諸国の脱石炭政策の動向

1.2 エネルギー政策と脱石炭政策の背景

2015年以降に西欧諸国の多くが石炭火力の廃止を表明しているが 東欧諸国においては多くの国が現時点で脱石炭方針を発表していない

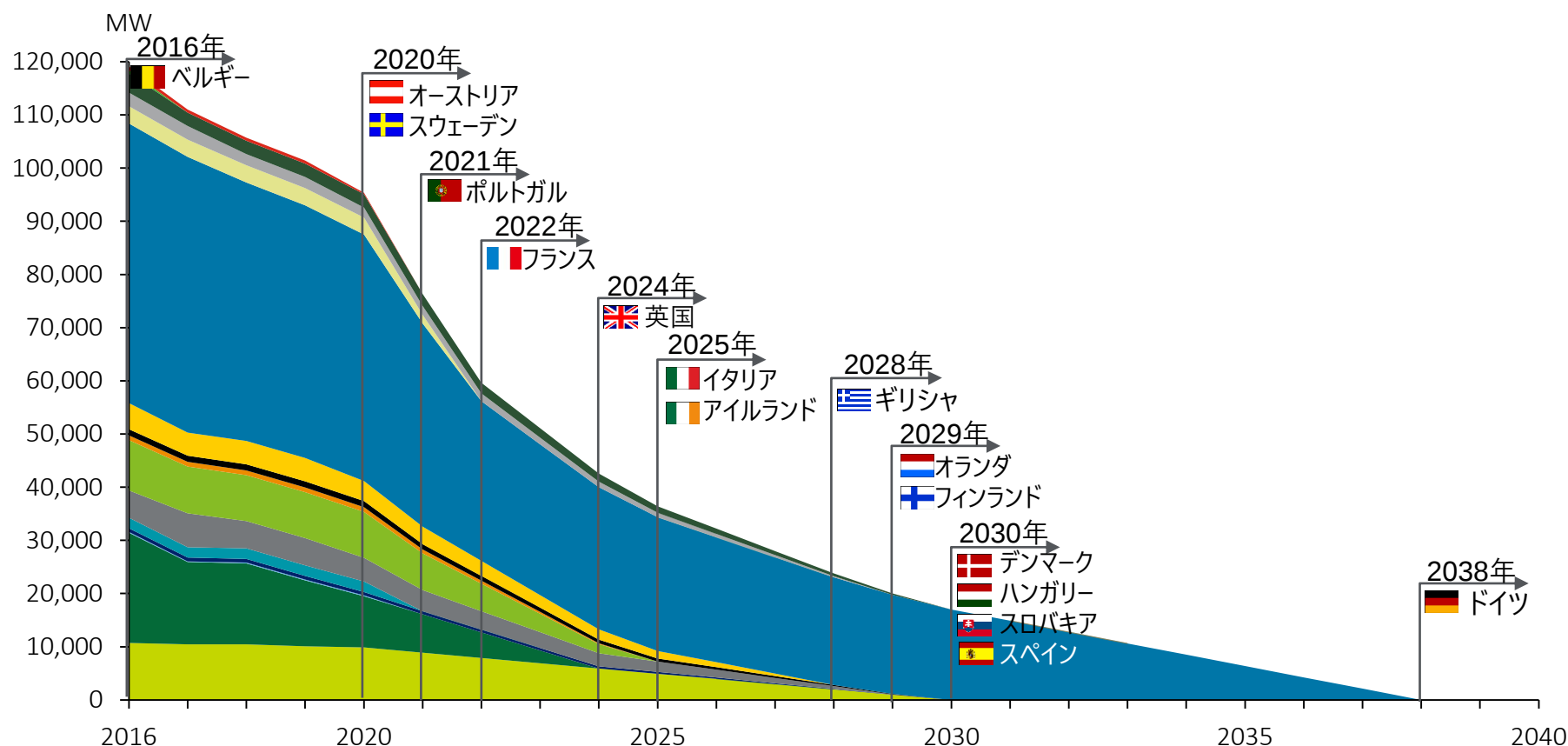
欧州における石炭火力に対する政策状況



出所：Beyond Coal Website等の各種公開情報等を基に作成

ドイツを除く脱石炭火力表明国では2030年までに石炭火力が廃止される見通しである

脱石炭火力表明国における石炭火力容量の見通し



出所：Beyond Coal Website等の各種公開情報等を基に作成 ※2020年以降の推移については、廃止目標年に向け残容量を按分して漸減するよう作成した

本調査では脱石炭政策を掲げる代表的な国として ドイツ オランダ 英国 フランスの政策動向を調査した

欧州脱石炭火力表明国のうち、GDPの規模、石炭火力依存度、新設石炭火力の有無の観点から、バランスよく調査対象国を選定した。

調査対象国の選定

欧州脱石炭火力表明国		石炭依存度 (2019)						
国	廃止年		調査対象国	GDP (2019)	発電電力量	電源容量	新設石炭火力	
 オーストリア ベルギー スウェーデン	～2020年	対象国を選定 選定の観点 ① 欧州脱石炭火力表明国 ② GDPの大きい国 ③ 石炭火力依存度 ④ 新設石炭火力の有無	ドイツ 	3,861 Billion USD (欧州1位)	587 TWh うち石炭 172 TWh (29%)	219 GW うち石炭 44 GW (20%)	2020年 運開発電所あり	
 ポルトガル	2021年							
 フランス	2022年							
 英国 イタリア アイルランド	2025年							
 ギリシャ	2028年			オランダ 	907 Billion USD (欧州6位)	118 TWh うち石炭 19 TWh (16%)	33 GW うち石炭 4 GW (12%)	2015,16年 運開発電所あり
 フィンランド	2029年			英国 	2,829 Billion USD (欧州2位)	310 TWh うち石炭 7 TWh (2%)	104 GW うち石炭 8 GW (8%)	新設無し 高経年化が進む
 オランダ デンマーク ハンガリ スロバキア	2030年			フランス 	2,716 Billion USD (欧州3位)	547 TWh うち石炭 6 TWh (1%)	135 GW うち石炭 3 GW (2%)	新設無し 高経年化が進む
 ドイツ	2038年							

出所：各種公開情報等を基に作成

1. 脱石炭火力表明国のエネルギー政策

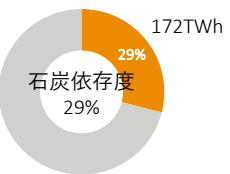
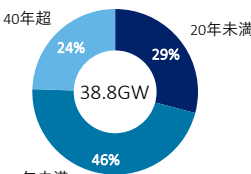
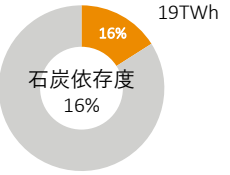
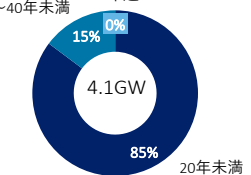
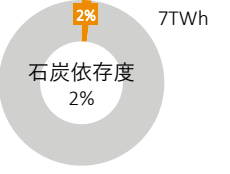
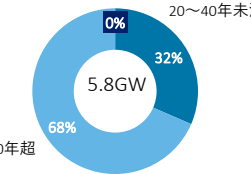
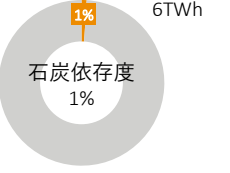
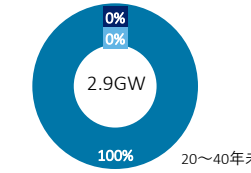
1.1 欧州諸国の脱石炭政策の動向

1.2 エネルギー政策と脱石炭政策の背景

各国GHG排出削減目標達成に向け脱石炭火力に踏み切るものの 石炭依存度や発電所稼働年数など国別の事情に応じた 廃止スケジュールを引いている

各国エネルギー政策上の背景と脱石炭目標

脱石炭火力の廃止宣言に至る背景

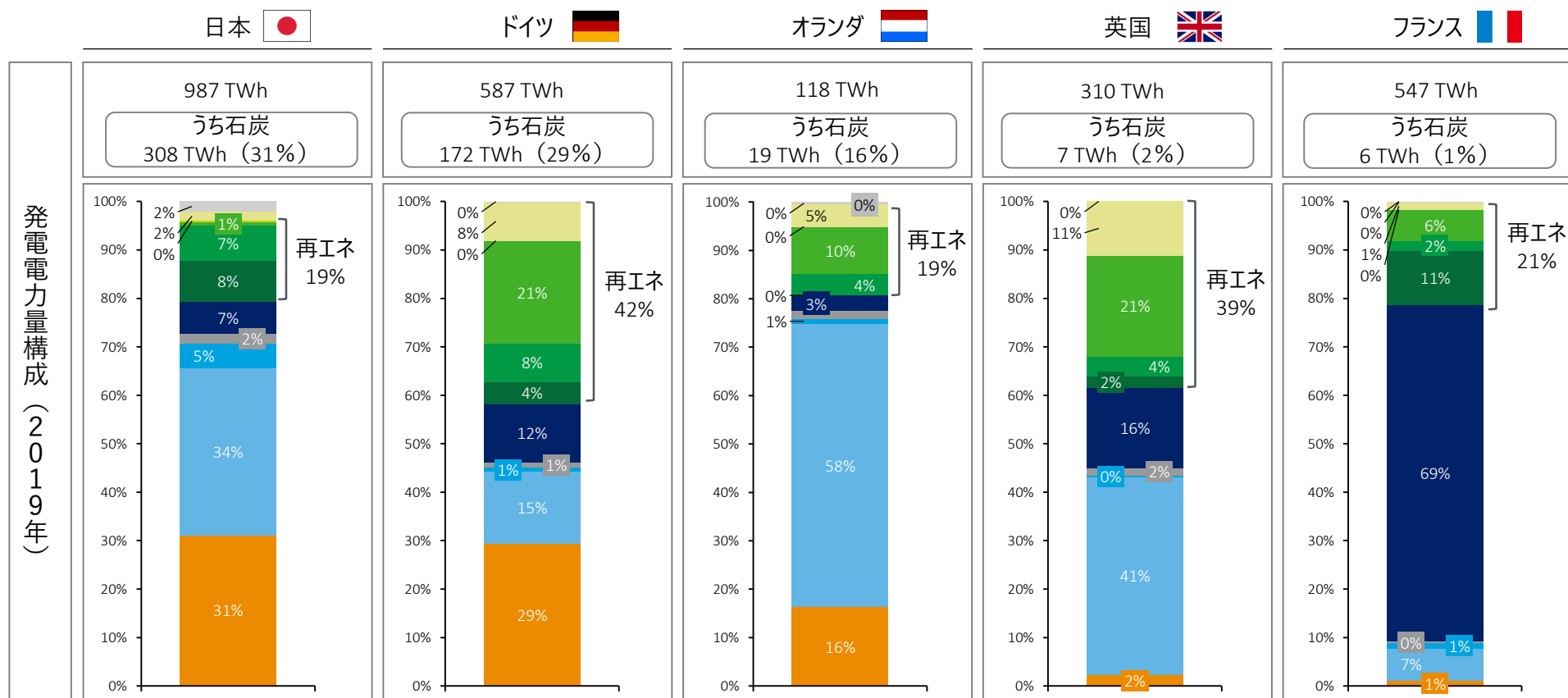
	石炭依存度 (2019)	石炭火力稼働年数	GHG排出削減目標	廃止目標
 ドイツ	 石炭依存度 29% 172TWh	 20年未満 20～40年未満 40年超 38.8GW	2020年目標 未達の見込み (1990年比で40%減)	2038年廃止 ■ 2019年に廃止宣言 ■ 2038年までに石炭火力発電所を全廃 石炭依存度や石炭産業への影響に鑑み、段階的な長期の廃止スケジュールとする
 オランダ	 石炭依存度 16% 19TWh	 20年未満 20～40年未満 40年超 4.1GW	2020年目標 達成見込み (石炭火力1基を2019年廃止) (1990年比で25%減)	2030年廃止 ■ 2015年に廃止宣言 ■ 発電効率44%未満は2024年末に、44%以上は2029年末に廃止 2015-16年稼働の発電所への影響を鑑み、段階的に廃止する
 英国	 石炭依存度 2% 7TWh	 20年未満 20～40年未満 40年超 5.8GW	2020・30年目標 達成見込み (1990年比で34%減) 2019年に2050年目標を80%減から実質ゼロに修正	2025年廃止 ■ 2015年に廃止宣言 ■ 2025年から新設だけでなく既存の火力発電所にも450g-CO2/kWhの排出原単位基準を適用 廃止による影響は限定的であるため早期に廃止する
 フランス	 石炭依存度 1% 6TWh	 20年未満 20～40年未満 40年超 2.9GW	2020年目標 達成見込み (1990年比で20%減) (EU目標)	2022年廃止 ■ 2017年に廃止宣言 ■ 2020年から火力発電所に550g-CO2/kWhの排出原単位基準を適用

出所：各種公開情報等を基に作成

日本・ドイツの発電電力量に占める石炭の比率は30%と高いが 英国・フランスは1～2%と極めて低い水準にあり 速やかな石炭廃止が可能

発電電力量構成

その他 バイオマス 風力 水力 その他火力 天然ガス
 その他再エネ 地熱 太陽光 原子力 石油 石炭

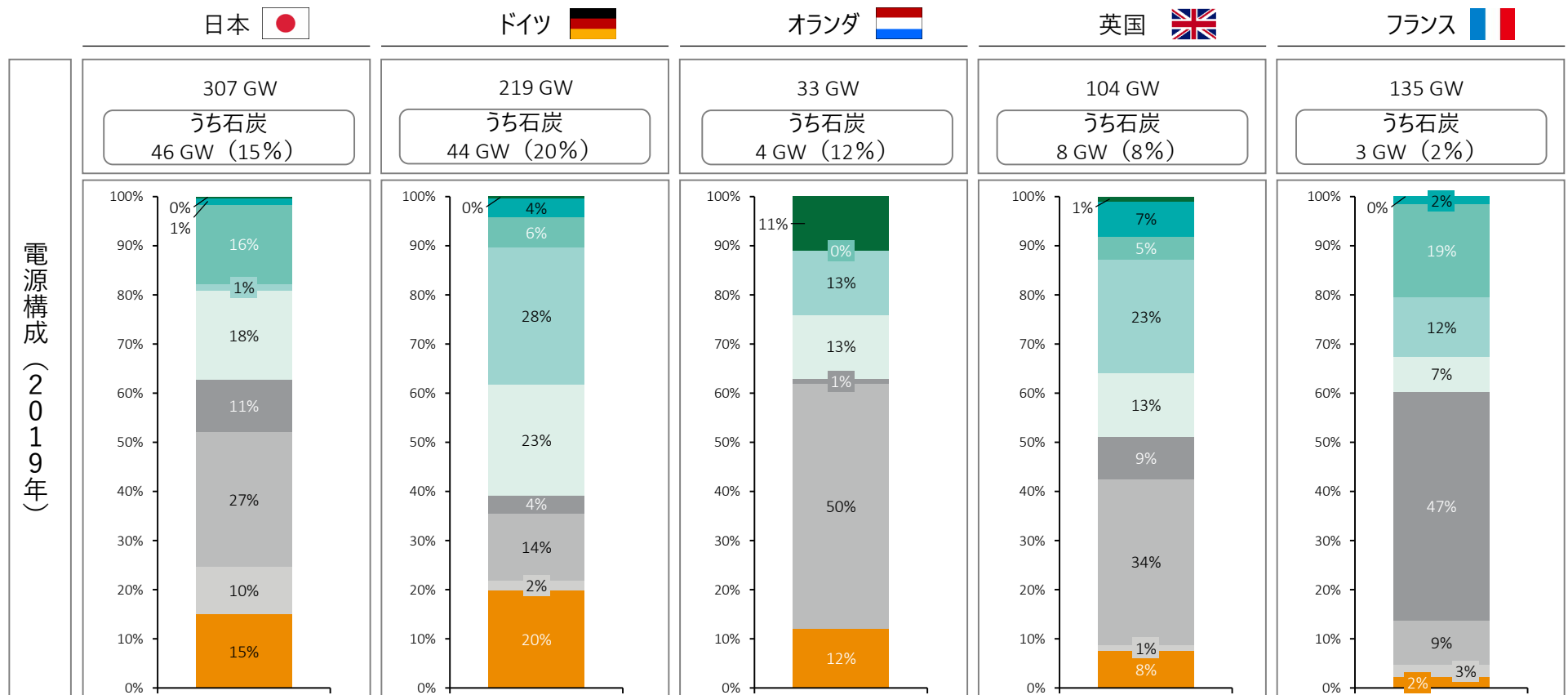


出所：IEA statisticsを基に作成

設備容量ベースでは日本とドイツでは 2019年時点で40GW超の石炭火力発電所を有している

電源構成

■ 石炭 ■ 天然ガス ■ 太陽光 ■ 水力 ■ その他
■ 石油 ■ 原子力 ■ 風力 ■ バイオ・廃棄物

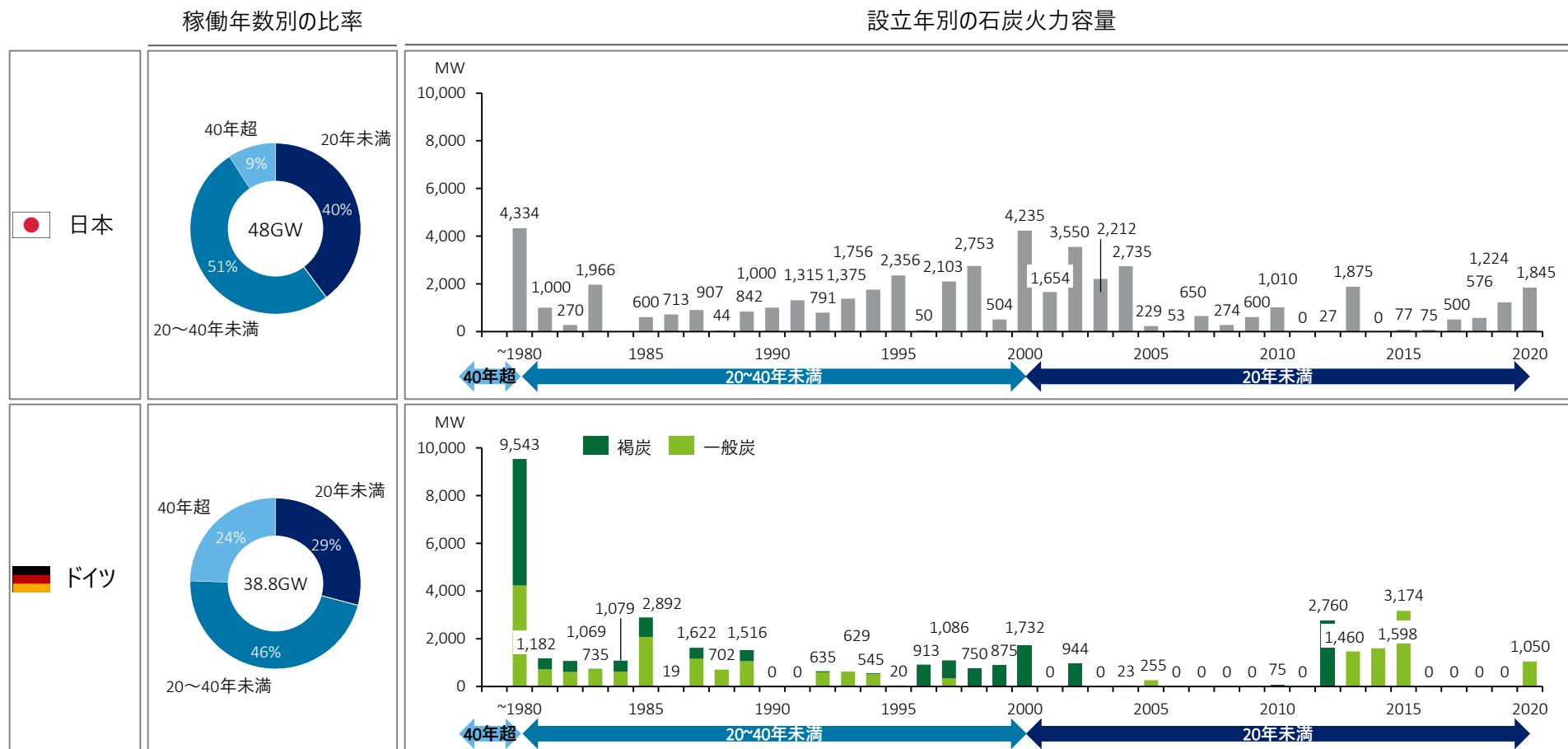


出所：OCCTO、Energy Chart、Digest of UK Energy Statistics、IEA、Tennetを基に作成

日本とドイツは 残存する石炭火力容量が大きい上 近年においても多数の発電所が建設されている

ドイツにおいて、他欧州諸国に比べて廃止までの猶予期間を長く設定した背景として、原子力を全廃する中で石炭依存度が高かったことに加え、比較的新しい発電所が多く存在したことが挙げられる。

残存石炭火力の稼働年数

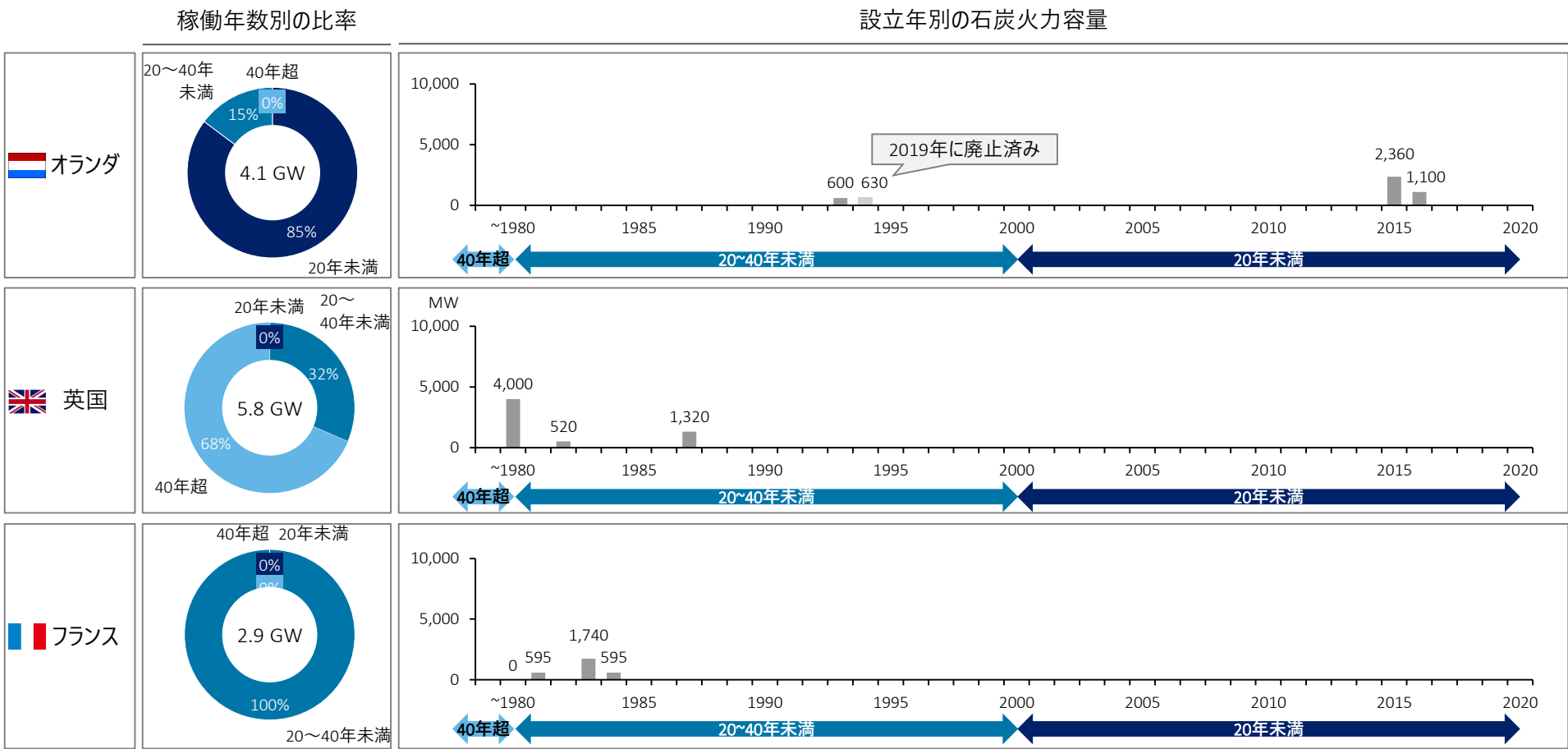


出所：経済産業省「石炭火力発電所一覧（2020年7月31日）」、Bundesnetzagentur Power Plant List、各種公開情報等を基に作成

オランダ・英国・フランスは残存容量自体は少ないものの オランダでは新しい発電所が建設されているのに対し 英国・フランスでは古い設備が多い

残存容量が少なく古い設備の多い英国・フランスについては、早期の全廃を掲げる難易度が高くなかったと考えられる。

残存石炭火力の稼働年数



出所：各種公開情報等を基に作成

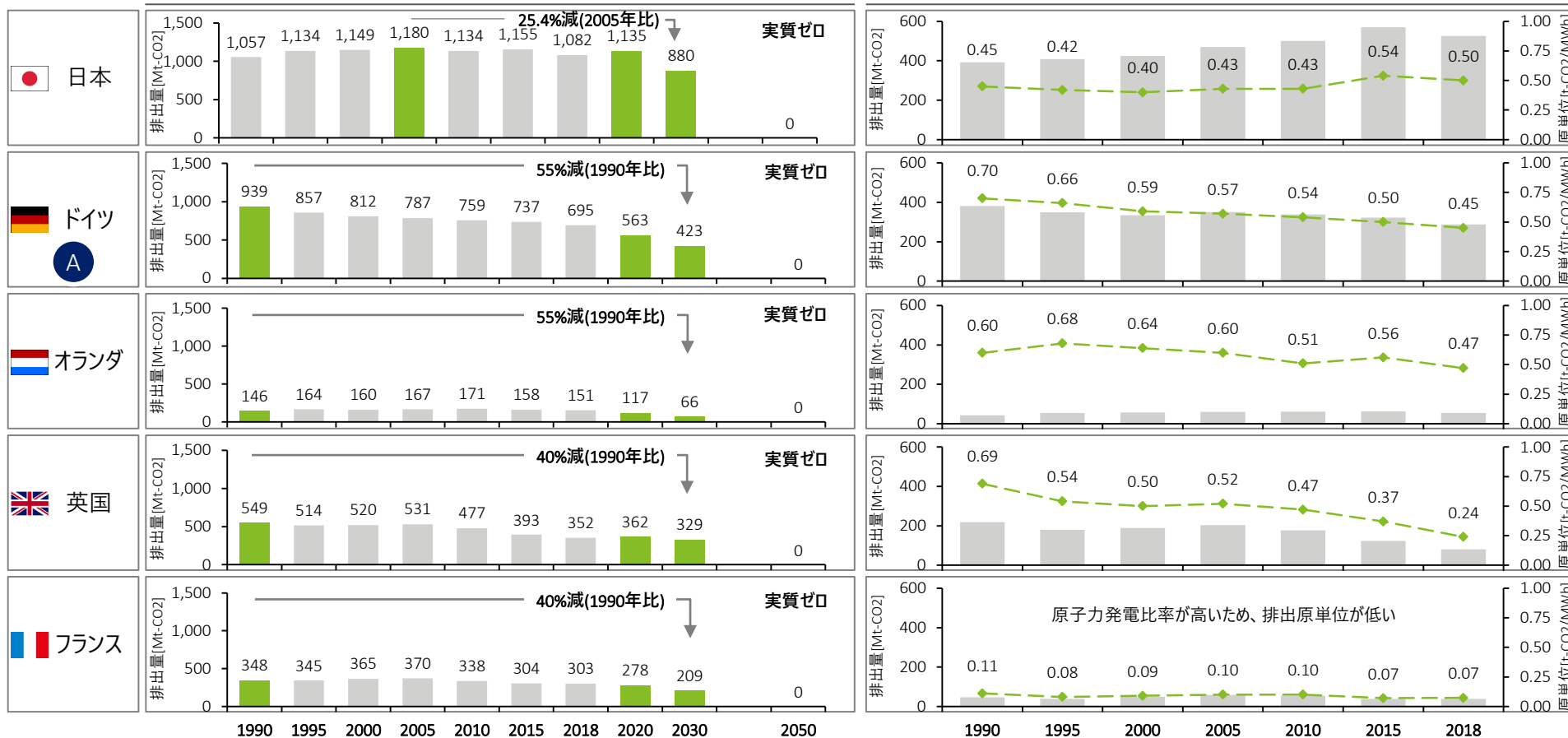
電源セクターの排出係数は 原子力主体で元々低いフランスを除き 欧州では 石炭火力廃止による寄与もあり低下傾向にある

石炭火力廃止という政策ツールは電源セクターのGHG排出量削減に一定の効果をもつため、電源セクターのGHG排出係数が比較的高かった国においては、その削減の手段として採用した側面があると考えられる。

GHG排出目標値と排出量の推移

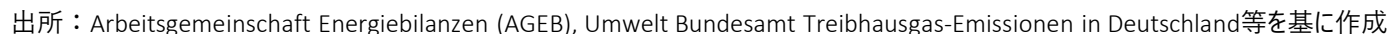
全体

うち電気事業分野 ※1



出所：IEA Statisticsを基に作成 ※1: 排出原単位：電力セクターにおけるGHG排出量／国内総発電電力量

A ドイツにおける発電電力量とCO2排出量の推移



2. 石炭火力フェードアウトに向けた政策

2.1 ドイツ

2.2 オランダ

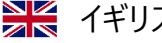
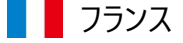
2.3 英国

2.4 フランス

脱石炭の制度設計の論点是对象発電所の選定基準と廃止の担保措置であり 欧州主要国においてもこれらの制度設計には考え方の相違がある

石炭火力フェードアウトに向けた実効策の概要

実行策サマリー

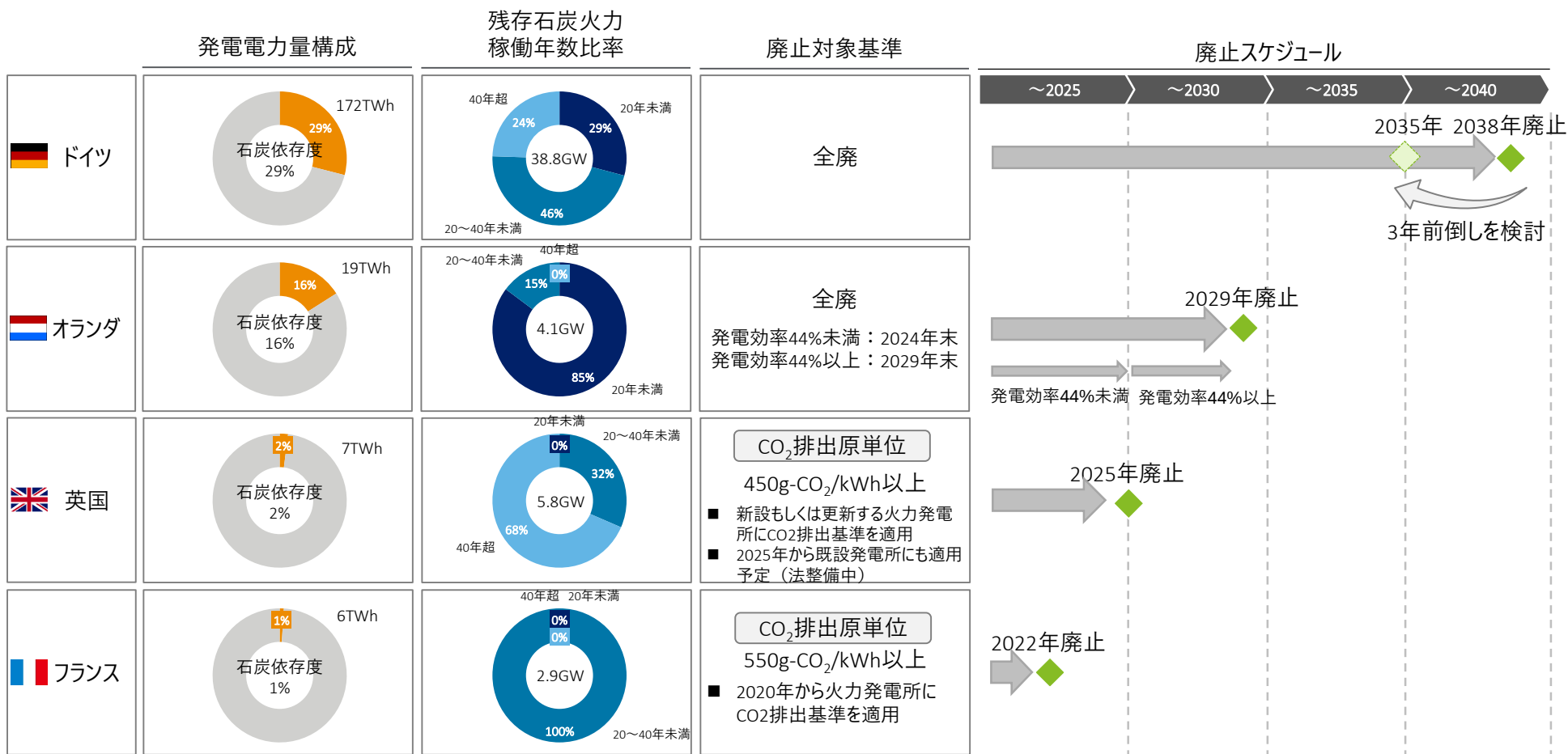
		 ドイツ	 オランダ	 イギリス	 フランス
石炭火力の廃止年		2038年廃止	2029年廃止	2025年廃止	2022年廃止
廃止目標の決定		Climate Action Plan (2016年成立)	Climate Agenda (2013年成立)	石炭火力発電の 2025年廃止推進協議 (2018年最終更新)	エネルギー移行法 (2017年最終更新)
廃止に向けた 実行法		石炭火力の段階的廃止に関する法律 (脱石炭法) 石炭地域における構造強化法 (2020年成立)	電力生産における石炭禁止法 (2019年成立)	火力発電所排出基準 (2013年成立) ※既設分への適用については整備中	エネルギー・気候法 (2019年成立)
実行法における 規定内容	概要	✓ 脱石炭法: 石炭火力発電の完全廃止に向けた、段階的廃止計画・代償措置など包括的枠組み ✓ 構造強化法: 石炭地域のへの補償を明記	✓ 2030年1月1日までの廃止に向けた基準やスケジュールを規定 ✓ 補償や罰則については担当大臣の裁量権を規定（詳細は未定）	✓ 新設もしくは更新する火力発電所（既設は除く）にCO₂排出基準を規定（火力発電所排出基準） ✓ 2025年には、既設火力発電所にも同基準を適用予定（法整備中）	✓ エネルギー移行法の改正法として決議 ✓ 火力発電所に対しCO₂換算排出量の上限を規定 ✓ 残存4基の石炭火力発電所は上限値に抵触するため事実上の閉鎖指令となる
	廃止対象	✓ 全ての石炭火力発電所	✓ 全ての石炭火力発電所	✓ 2025年から新設だけでなく既存の火力発電所にも450g-CO ₂ /kWhの排出原単位基準を適用（罰則規定あり）	✓ 2020年から火力発電所に550g-CO ₂ /kWhの排出原単位基準を適用（罰則規定あり）
	廃止までのスケジュール	✓ 150MW超の褐炭は、詳細な廃止スケジュールが決定済 ✓ 一般炭及び150MW以下の褐炭は入札により順次決定	✓ 効率44%未満：2024年末 ✓ 効率44%以上：2029年末	✓ 事業者判断（一部、廃止時期決定済み）	✓ 事業者判断（一部、廃止時期決定済み）
	廃止の担保措置	✓ 発電事業者への廃止費用の補償 ✓ 産炭地域へ構造変化関連費用の補填	✓ 発電事業者へ廃止費用の補償 ✓ (2019年に1基に対して支払済。全ての発電所に等しく補償されるかは未定)	✓ 発電事業者への補償なし ✓ 自治体へ固定資産税分を補填する方針（石炭火力発電所の2025年廃止に向けた推進協議）	✓ 発電事業者への補償なし ✓ 自治体へ10年間の収収補填する方針（French strategy for energy and climate）
	雇用対策	✓ 58歳以上の産業従事者へ早期退職補償金(最長5年) ✓ 新規事業投資による再雇用先の創出	✓ N/A	✓ 代替電源による雇用創出を見込み職業訓練などを支援する方針(石炭火力発電所の2025年廃止に向けた推進協議)	✓ 代替電源による雇用創出を見込み職業訓練などを支援する方針(French strategy for energy and climate)

出所：各種公開情報等を基に作成

石炭火力への依存度が高いドイツでは2038年廃止の長期スケジュールを採っているが 逆に依存度の低い英国・フランスでは5年以内の廃止を掲げている

各国の廃止対象基準と廃止スケジュール

実行策サマリー

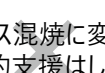
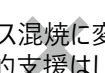
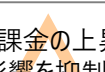
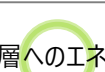
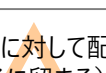
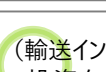
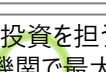


出所：各種公開情報等を基に作成

石炭依存度の高いドイツにおいては発電事業者・地域・雇用への影響が大きいことから特に手厚く廃止の担保措置が設けられている

各国の廃止の担保措置や雇用対策の概要

実行策サマリー

受給対象		区分	 ドイツ	 オランダ	 英国	 フランス
廃止の担保措置	発電事業者	廃止費用	 補助金 ✓ 入札による廃止費用補填※1	 補助金 ✓ 補償について大臣が判断 (詳細は未確定)	 (バイオマス混焼に変更する場合も金銭的支援はしない) ※3	 (バイオマス混焼に変更する場合も金銭的支援はしない) ※4
	自治体	税收	 補助金 ✓ 産炭地域4州へ税收補填※1 (石炭依存度の高い4州のみ*)	N/A 	 補助金 (固定資産税減収分の補填) ※3	 補助金 (10年間の税收補填) ※4
	電力需要家	電気料金	 補助金 ✓ 大口需要家への電気料金値上げに対する補助※1	N/A 	 (再エネ賦課金の上昇による需要家への影響を抑制) ※3	 補助金 (低所得層へのエネルギーバウチャー (200€) の支給) ※4
雇用対策	発電事業者	退職	 補助金 ✓ 58歳以上の産業従事者へ早期退職補償金※1	 (代替電源による雇用創出を見込む)	 (代替電源による雇用創出を見込み職業訓練などを支援) ※3	 (代替電源による雇用創出を見込み職業訓練などを支援)
		配置転換	 ✓ N/A(企業に対して配置転換を要請するに留まる)			
	自治体	新規事業	 ✓ 新規事業(輸送インフラ、研究開発等)への投資を支援※1			
		再雇用	 ✓ 新規事業投資を担う新設される連邦機関で最大5000人の職員雇用枠を確保※1			
その他	発電事業者	その他補助金等	 補助金 ✓ CHP事業への補助金※2 (実質的にガス転換補助金)	 (一般的な再エネ、CHP向けの買い取り制度のみ)	N/A 	 (再エネへの事業投資支援)※4

※1 石炭火力の段階的廃止に関する法律(2020年1月) ※2 熱電併給(CHP)法 (2017年7月)

※3 石炭火力発電所の2025年廃止に向けた推進協議-コンサルテーションに対する政府の回答- (2018年2月) ※4 French strategy for energy and climate(2020年8月)

2. 石炭火力フェードアウトに向けた政策

2.1 ドイツ

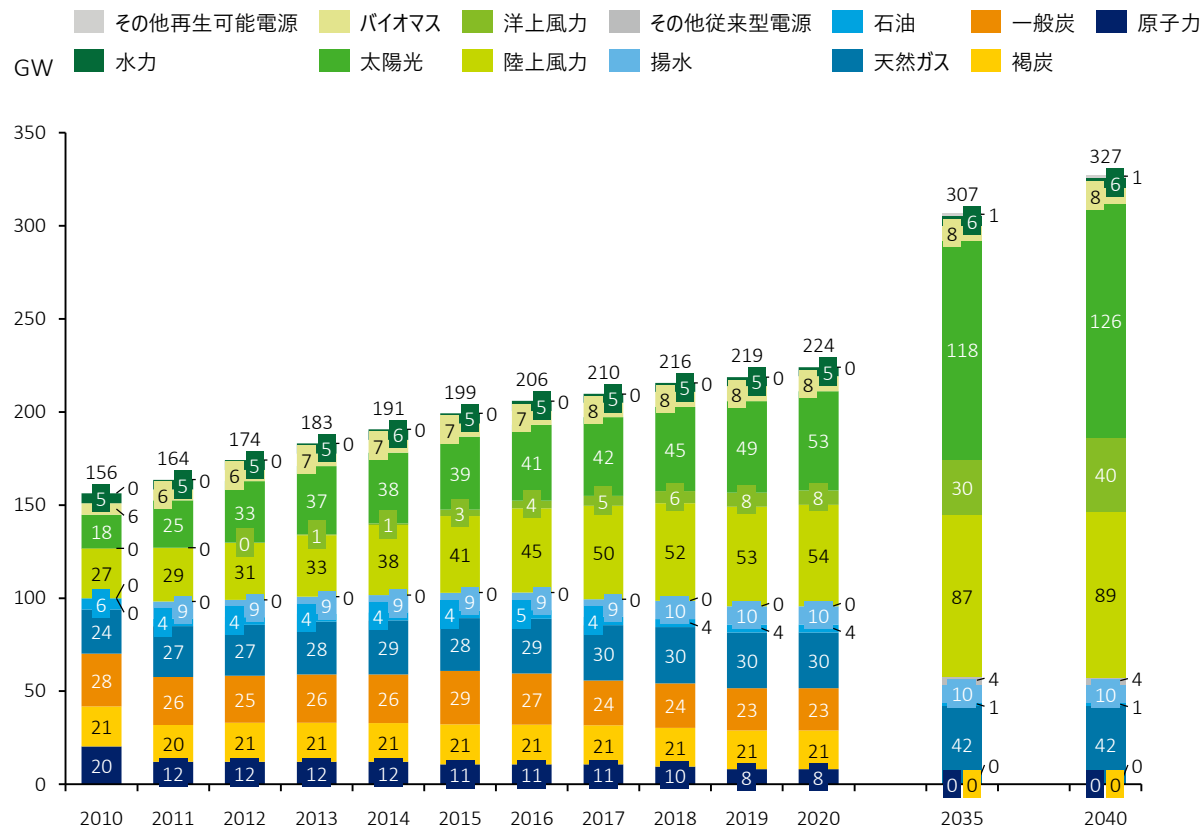
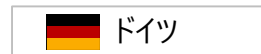
2.2 オランダ

2.3 英国

2.4 フランス

ドイツのTSOによる電源シナリオにおいては 石炭の廃止分は主にガス火力や太陽光・風力の増設で賄うとしている

電源構成の推移



独 Fraunhofer統計データに基づく実績推移

TSOによる計画値※

(GW)

	2010	2020	シナリオB※	
			2035	2040
その他再エネ	0	0	1.3	1.3
水力	5.41	4.78	5.6	5.6
バイオマス	6.13	8.23	7.5	8.2
太陽光	18.01	53.11	117.8	125.8
洋上風力	0.08	7.74	30	40
陸上風力	26.82	54.49	86.8	88.8
その他従来型	0	0	3.8	3.7
揚水	0	9.81	10.2	10.2
石油	5.9	4.36	1.3	1.1
天然ガス	23.8	29.93	42.4	42.4
一般炭	28.39	22.63	0	0
褐炭	21.34	20.86	0	0
原子力	20.43	8.11	0	0
合計	156.31	224.05	306.7	327.1

※：再エネ導入量と電化度による3つのシナリオのうち最も標準的なシナリオ

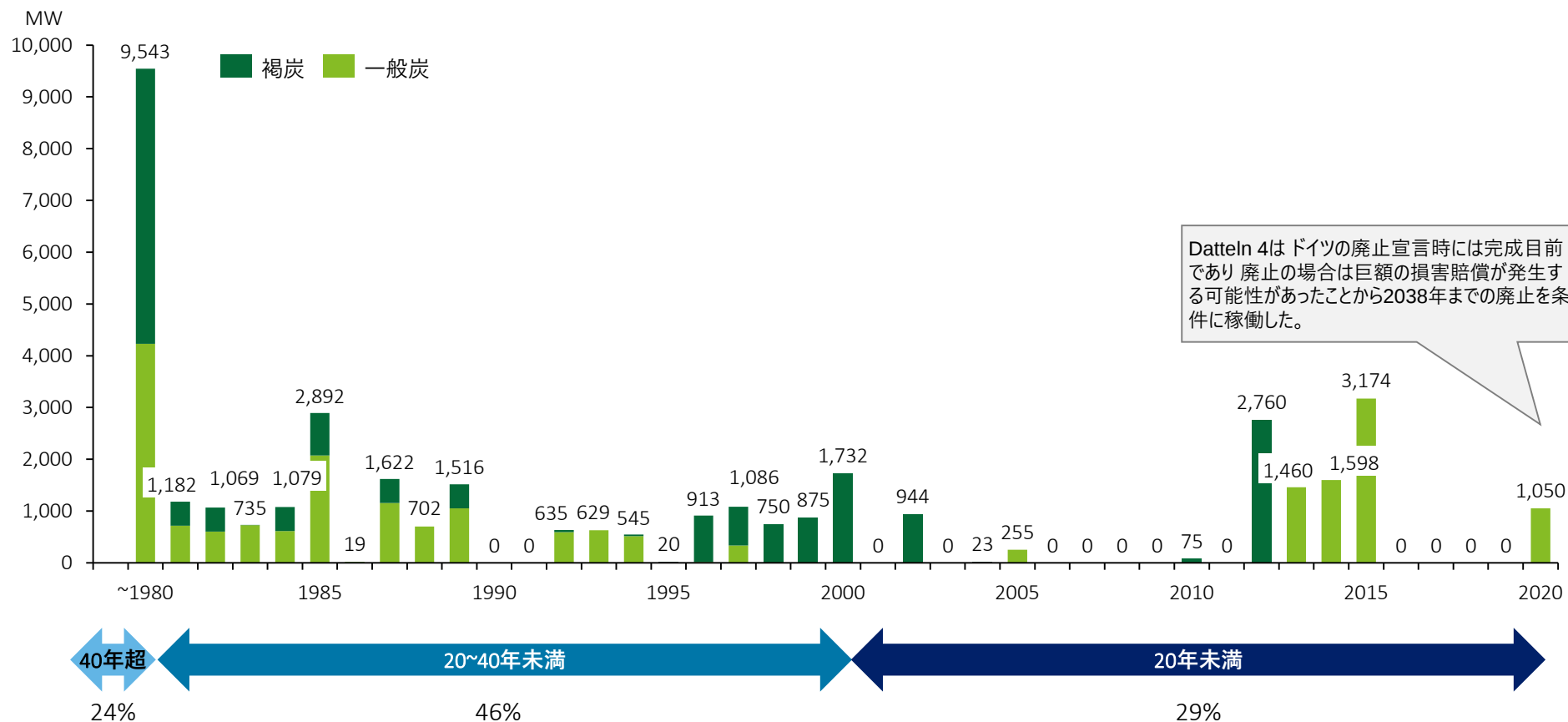
出所：50Hertz Transmission GmbH, Amprion GmbH, TenneT TSO GmbH, TransnetBW GmbH, “Szenariorahmen zum Netzentwicklungsplan Strom 2035, Version 2021”, Energy charts を基に作成

ドイツでは2010年代にも複数の石炭火力発電所が新設されている

Datteln 4は、ドイツの廃止宣言時には完成目前であり、廃止の場合は巨額の損害賠償が発生する可能性があったことから、2038年までの廃止を条件に稼働した。

残存石炭火力の稼働年数

ドイツ

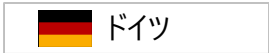


出所：Bundesnetzagentur Power Plant List、各種公開情報等を基に作成

ドイツでは各種ステークホルダーへの配慮から廃止スケジュールを長くしたことと 廃止の担保措置を充実させたことが特色である

脱石炭法では、廃止スケジュールや廃止メカニズム等について規定し、自治体等への補償については別途石炭地域における構造強化法において定めている。

脱石炭に係る関連法体系と規制の概要



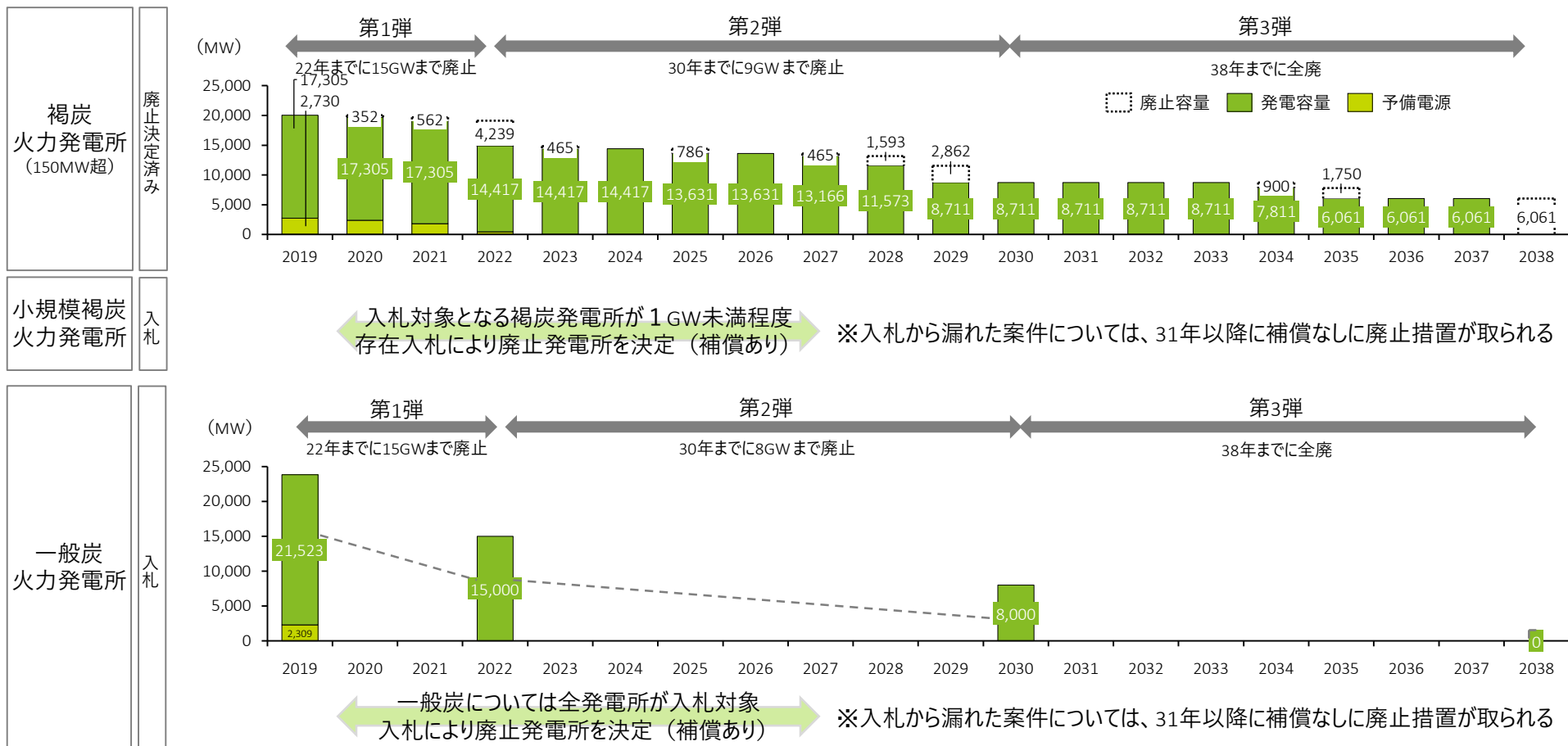
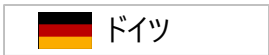
法体系		主要な規定項目		規定内容
基本法	Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) エネルギー事業法 ※日本の電事法に相当	廃止対象		✓ 全ての石炭火力発電所が廃止対象（効率等の廃止対象基準や自家発電設備等の例外規定は設けていない）
		廃止スケジュール		✓ 2038年までに全廃（ただし、定期評価を踏まえ、2035年への前倒しを検討）
系統安定関連	ネットワークリザーブ条例 廃止申請発電所をTSOが予備力として確保	廃止メカニズム	褐炭	✓ 事業者との協議に基づき廃止スケジュール決定済み（150MW超） ✓ 入札への参加に基づき廃止時期を決定（100MW以下の小型発電所）
	キャパシティリザーブ条例 戦略的予備力として確保		一般炭	✓ 入札への参加に基づき廃止時期を決定
	CHP法 石炭から燃料転換したガス火力CHPの売電価格を補助し、ガス火力による代替電源確保を促進	罰則		✓ 廃止決定後に石炭火力発電所を稼働させた場合には、最大100万€の罰金が科せられる
石炭廃止法	脱石炭法	廃止の担保措置	発電事業者	✓ 150MW超褐炭については、廃止時期に加え補償額も決定済み ✓ 入札参加対象については、入札に基づき補償額が決定
	石炭地域における構造強化法		自治体・地域	✓ 産炭地域4州へ税収補填等

出所：脱石炭法をはじめとした関連法を基に作成

ドイツでは150MW超の褐炭発電所は既に事業者間協議により具体的な廃止時期が決定済みであり 一般炭及び小規模褐炭については入札により決定する

ドイツでは150MW超の褐炭火力発電所については、事業者との協議に基づき、補償費用及び廃止スケジュールが決定されている。一方、小型褐炭・一般炭発電所については、入札に基づき、補償費用及び廃止スケジュールを決定することとしている。

廃止スケジュール



出所：脱石炭法、各種公開情報等を基に作成

Datteln 4については 建設済みの高効率火力を補償金を支払って廃止されるのは非合理的であるとの判断の下で 2038年までの廃止を条件に稼働が認められた

脱石炭法の成立前に着工・竣工した発電所について、新設を認めないとする方針の中、補償金を支払った上で高効率火力を廃止することは非合理的であるとし、一定の猶予期間を設けた上で運転開始が認められた事例である。

残存石炭火力発電所に係る動向



ドイツ

Datteln 4の仕様と経緯

仕様	事業者	Uniper (E.ONから分離)
	容量	1,050 MW
	発電効率	45%超
	タイプ	超々臨界
	稼働開始	2020年
経緯	■ 2006年 Uniper(E.ON)が建設を発表 環境保護団体が反対及び訴訟 ■ 2007年 着工 ■ 2011年 (当初の運転開始予定であった2011年から遅延) ■ 2018年 ➢ 係争による更なる計画遅延を発表 ➢ 設備不具合で計画遅延を発表 ■ 2020年 政府とUniper間で稼働条件を合意 運転開始	

Datteln 4を巡る係争案件

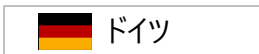
従前からの議論	環境団体等	✓ 環境団体による建設計画への反対訴訟等によって、Datteln 4の建設は当初の計画よりも大幅な遅れが生じる ✓ 2020年5月の稼働時においても環境団体等による抗議活動が実施
	RWE (売電先)	✓ RWEとPPAを締結していたが、度重なる遅延の中、卸売価格が下落し、契約締結時の状況と大きく異なるとして、RWEがPPAをキャンセル ✓ UniperはRWEに対しを訴訟を起こした結果、RWEの主張が棄却された
石炭出口法に係る議論	Uniper (事業者)	✓ 脱石炭を巡る議論では、新設石炭火力の稼働を認めないとする方針が示される中、Uniperは仮に政府が稼働を認めない場合には補償を求める意向を示す
	政府	✓ 建設済の高効率石炭火力を稼働させずに、且つ、高額な補償金を支払うよりも、同等規模の効率の低い石炭火力4基を廃止し、Datteln 4を稼働させるほうが合理的と判断し、2038年廃止を前提に稼働を認める

出所：各種公開等を基に作成

ドイツ製造事業者が有する石炭火力の割合は数%にすぎず 日本と比べ製造事業者への影響が小さい

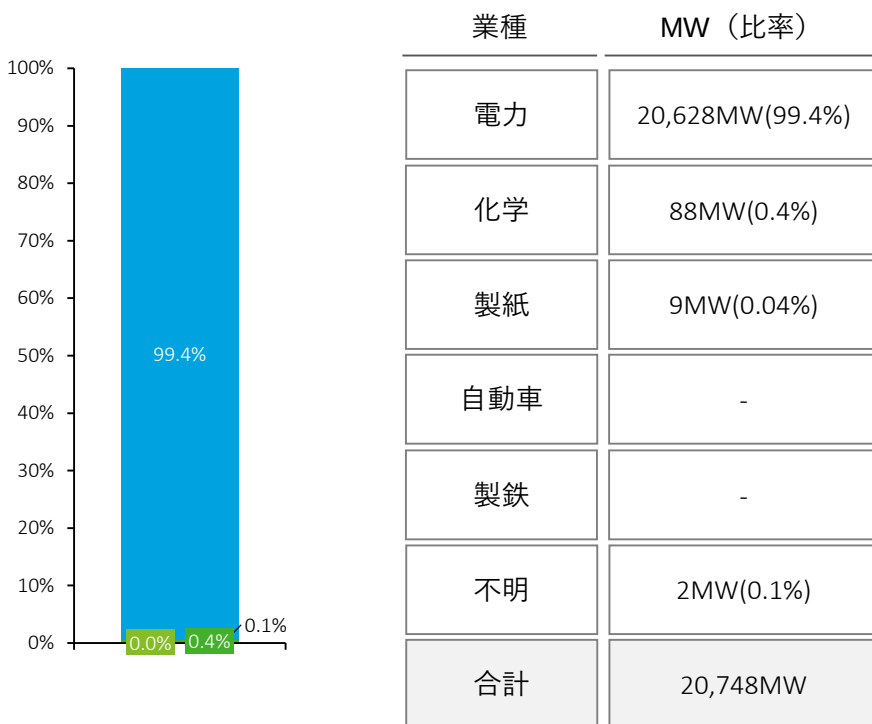
ドイツ製鉄大手のThyssenKruppでは、石炭火力発電所は導入しておらず、副生ガスを用いた発電を行っている。

石炭火力保有事業者の業種分類

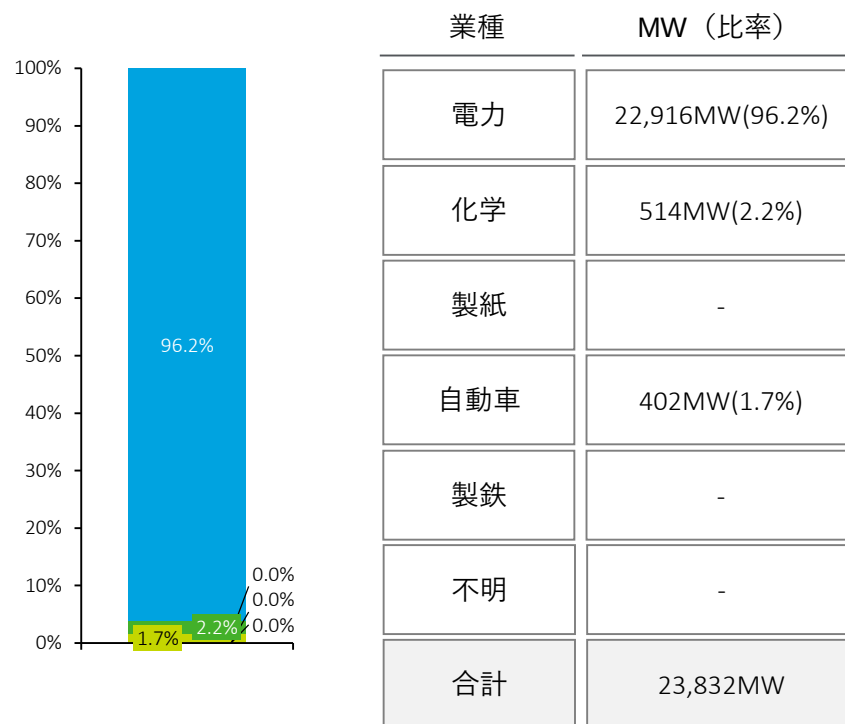


電力 製紙 製鉄
化学 自動車 不明

褐炭火力



一般炭火力



出所：ドイツにおける発電所リストを基に作成

石炭依存度の高いドイツにおいては発電事業者・地域・雇用への影響が大きいことから 特に手厚い補償制度が設けられている

廃止の担保措置・雇用対策



ドイツ

	受給対象	区分	詳細	予算	積算方法
廃止の担保措置	発電事業者	廃止費用	✓ 褐炭：大手発電企業に対し、鉱山閉鎖を含む廃止関連費用として一定額を付与	RWE社：26.0億€ LEAG社：17.5億€	N/A (企業との個別交渉により決定)
			✓ 一般炭：早期廃止決定企業に対するインセンティブとして入札制度を導入し廃止補償金を付与	最大12億€	各年の最大入札上限額と総削減枠により決定
	自治体 (石炭依存度の高い4州のみ*)	税收	✓ 褐炭鉱廃止に伴う税收の低下・付随する関連費用の補填 (炭鉱閉鎖に伴う周辺環境・景観保護活動費 等)	最大400億€の内数 (年間5億€・20年間/州)	税收に占める石炭産業の比率等で決定
	電力需要家	電気料金	✓ 大口需要家への電気料金値上げに対する補助	N/A	N/A
雇用対策	発電事業者	退職	✓ 石炭産業従事者(58歳以上)の早期退職に対し、年金受給開始までの期間(最長5年)に相応する調整金を付与	最大50億€ (2020年～2048年配布)	最大4万人に対する給付として積算
		配置転換	✓ 石炭事業従事者の配置転換及びトレーニングの実施を要請 (RWEは6000人の解雇を決定しており、配置転換は限定的)	N/A	N/A
	自治体 (鉱山保有地域一帯)	新規事業	✓ 輸送インフラ・研究開発等、新規事業プロジェクトに対する補助金を付与	最大400億€の内数 (年間5億€・20年間/州)	プロジェクト単位で支給
		再雇用	✓ 新規事業を管轄する新連邦機関の開設により、最大5000人の職員雇用枠を確保		N/A
その他	発電事業者	電力供給	✓ 廃止によって不足した電力を代替する供給源としてCHP(熱電併給)事業への補助金を増額	N/A	N/A

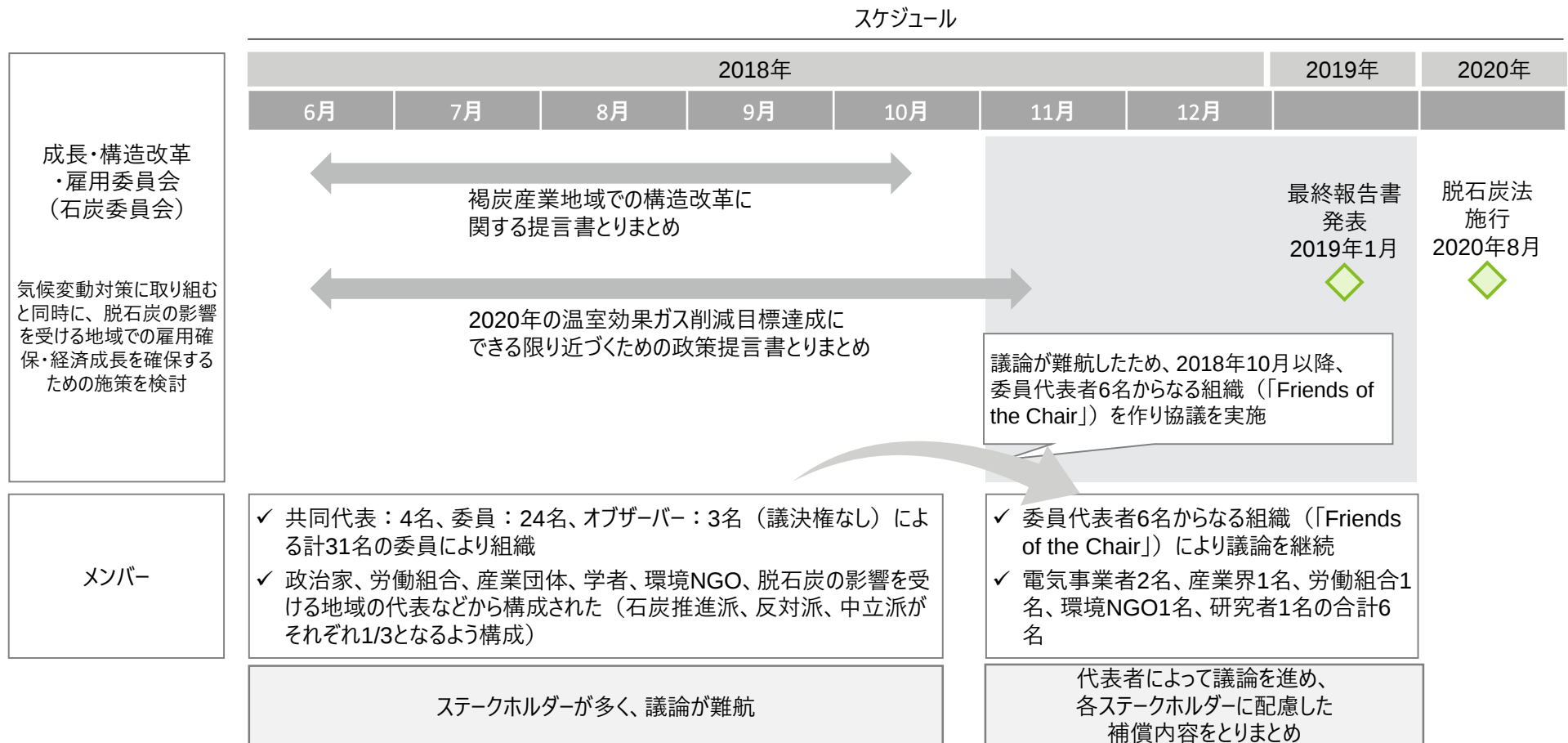
出所：脱石炭法、石炭地域における構造強化法、各種公開情報等を基に作成 *4州・・・ブランデンブルク州/ザクセン州/ザクセン自由州/ノストライン=ヴェストファーレン州

脱石炭の委員メンバーは電気事業者、労働組合、自治体等から構成されたことから各ステークホルダーへ配慮した廃止の担保措置が図られたと考えられる

(参考) ドイツ成長・構造改革・雇用委員会 (通称：石炭委員会) の概要



ドイツ



出所：連邦環境・自然保護・原子炉安全省（BMU）Website、成長・構造改革・雇用委員会Website、石炭委員会委員へのヒアリング等に基づき作成

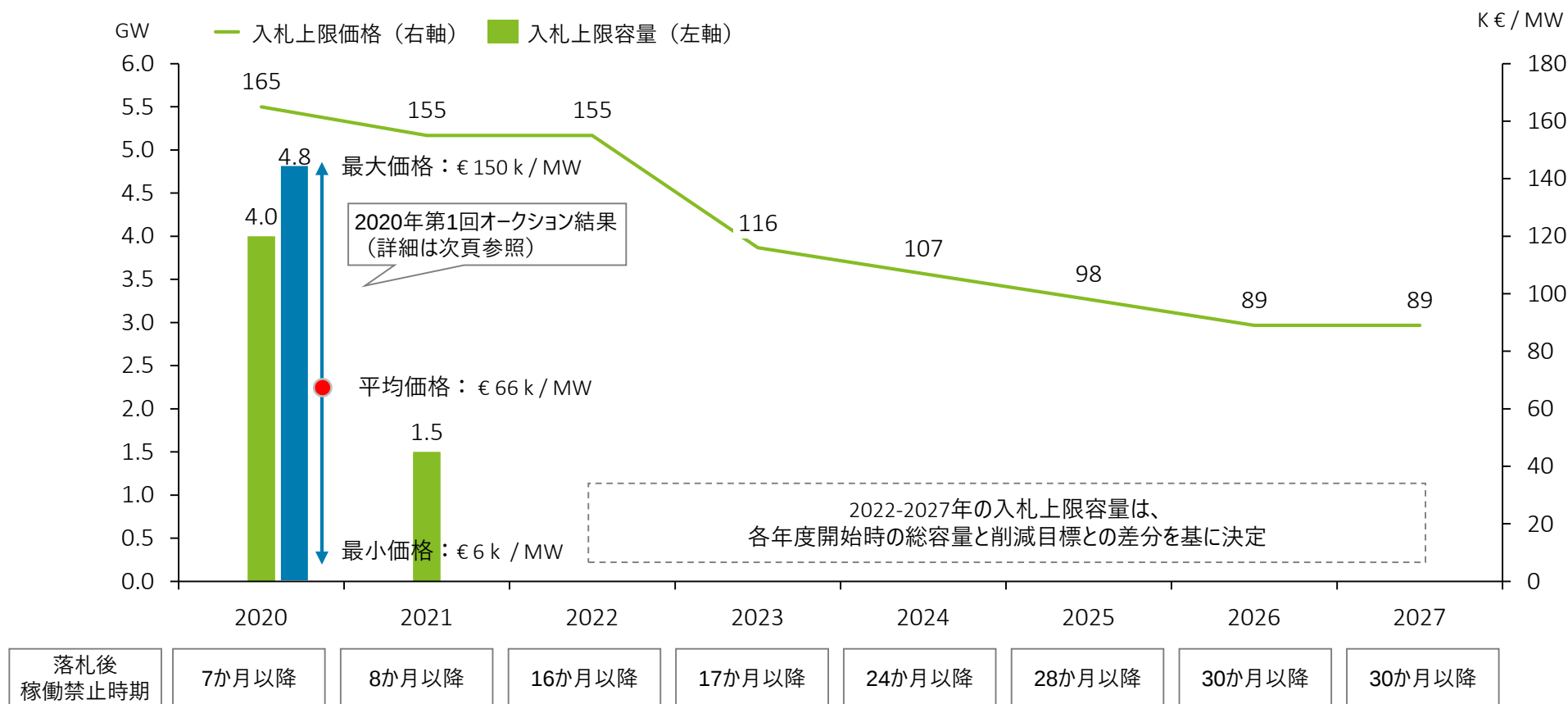
一般炭及び小規模褐炭の補償額・廃止時期については 連邦ネットワーク庁によるリバースオークションによって決定される

オークションは2020年から2027年にかけて年1回開催され、各回における入札上限容量分の廃止が決定される。また、落札後は各回オークションごと落札後の稼働禁止時期が設けられており、以降の稼働が禁止され、違反する罰金刑に科せられる。

脱石炭に向けた入札制度の概要



ドイツ



出所：ドイツ連邦ネットワーク庁HPおよび脱石炭法等に基づき作成

ドイツでは2020年9月に最初の石炭廃止オークションが行われ 合計で11件・総容量4,788 MW・平均落札価格66,259ユーロ / MWの結果となった

2020年第1回オークションの結果



ドイツ

入札要領	日程	2020.09.01
	容量	4 GW ※上限容量に達する最後の入札分まで含めるため、 上限容量を超過して落札することがある
	上限価格	€165,000/MW
落札結果	件数	11件
	容量	約4,788 MW (最小 3.6 MW・最大 875 MW)
	価格	合計 €317m・平均 €66,259/MW (最大 €150,000/MW・最小 €6,047/MW)
	落札者	右リスト参照 ※落札者以外の情報については非公開

落札者リスト

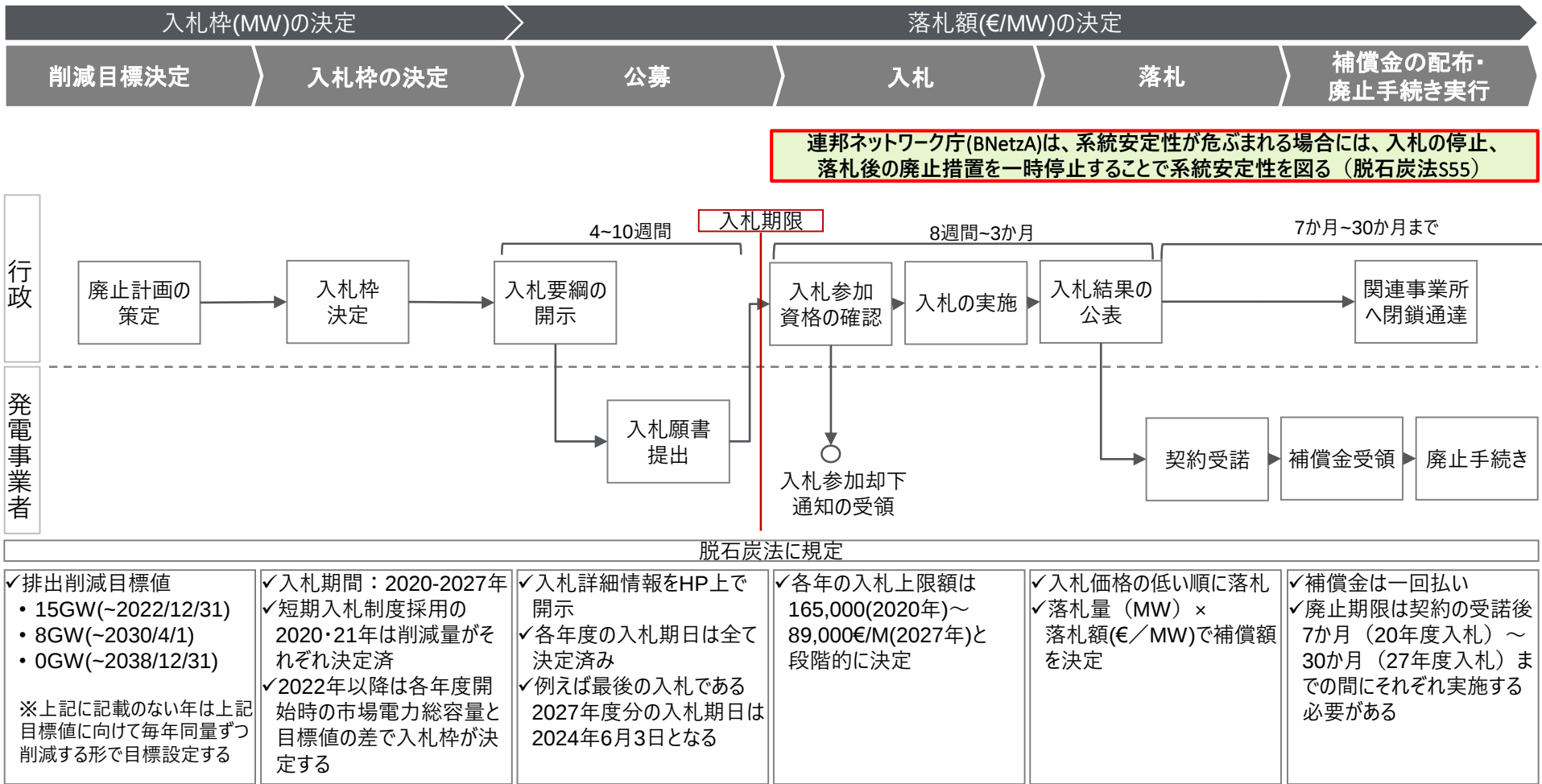
No	落札者名	プラント名	落札容量(MW)
1	STEAG GmbH	Walsum power plant 9	370
2	Pfeifer & Langen GmbH & Co. KG	HKW plant in Jülich	22.86
3	swb Generation AG & Co. KG	Power plant Hafen Block 6	303
4	Infraserv GmbH & Co. Höchst KG	Coal block HKW	50.945
5	RWE Generation SE	Westphalia power plant	763.7
6	RWE Generation SE	Ibbenbueren power plant	794
7	Vattenfall Heizkraftwerk Moorburg GmbH	Moorburg cogeneration plant, Block B	800
8	Vattenfall Heizkraftwerk Moorburg GmbH	Moorburg thermal power station, Block A	800
9	Uniper Kraftwerke GmbH	Heyden power plant	875
10	Südzucker AG	Power plant of the Brottewitz sugar factory	3.571
11	Südzucker AG	Power plant of the Warburg sugar factory	4.6

※：脱石炭法のセクション18(5)に準拠

出所：ドイツ連邦ネットワーク庁Websiteを基に作成

連邦ネットワーク庁(BNetzA)は 系統安定性が危ぶまれる場合には 入札の停止 落札後の廃止措置を一時停止することで 系統安定性を担保する

脱石炭に向けた入札制度におけるフロー



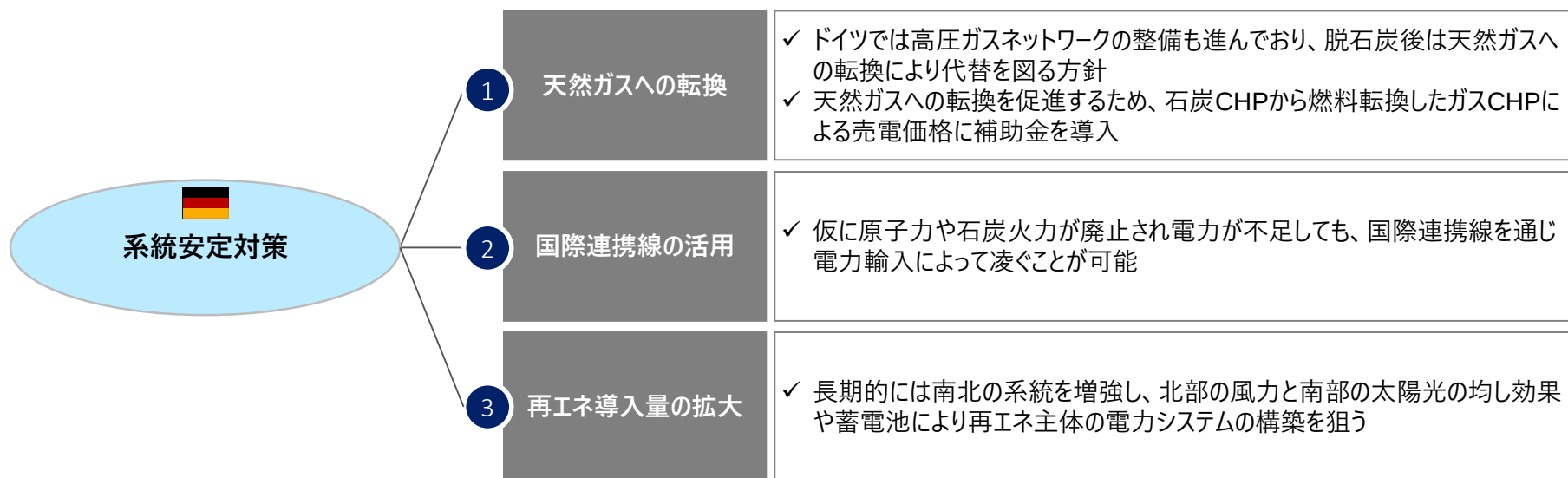
出所：脱石炭法を基に作成

一定の時間をかけながら脱石炭を進め

天然ガス・再エネ・蓄電池の導入による系統安定策を進める方針である

ドイツ系統安定対策の柱

 ドイツ



石炭CHPからガスCHPへの転換補助金により発電容量の確保を狙っている

地域暖房の廃止は現実的には困難なので、石炭CHPからガス転換することで、地域暖房ネットワークの維持は図りつつ、ガスCHPによる発電容量を確保することが狙いである。

① ドイツのCHP補助金制度



初期コストに対する補助額 ※CHPの発電設備に対する補助金はない		パイプライン	■ 上限金額：€2,000万/件 ■ 補助金額：€100/m		直径10cm以下	初期投資額の40%まで	直径10cm以上	初期投資額の30%まで
		蓄熱設備	■ 上限金額：€1,000万/件 ■ 補助金額：€250/m ³		50m ³ 超	初期投資額の30%まで		
売電量に対する補助額 [€セント/kWh]	時間制約	稼働時間上限 [時間]	60,000					
	条件別補助額	送電網経由で売電	8	6	5	4.4	3.1	
		送電網を経由せずに エリア内で売電	4	3				
		送電網を経由せずに エリア外で売電	4	3	2	1.5	1	
		自家消費	5.41	4	2.4	1.8		
	追加補助額	Greenhouse gas Emissions Trading Actの対象	+0.3					
		石炭CHPから燃料転換した ガスCHP	+0.6					
			50kW	100kW	250kW		2,000kW	

出所：Kraft-Wärme-Kopplung（CHP法）を基に作成

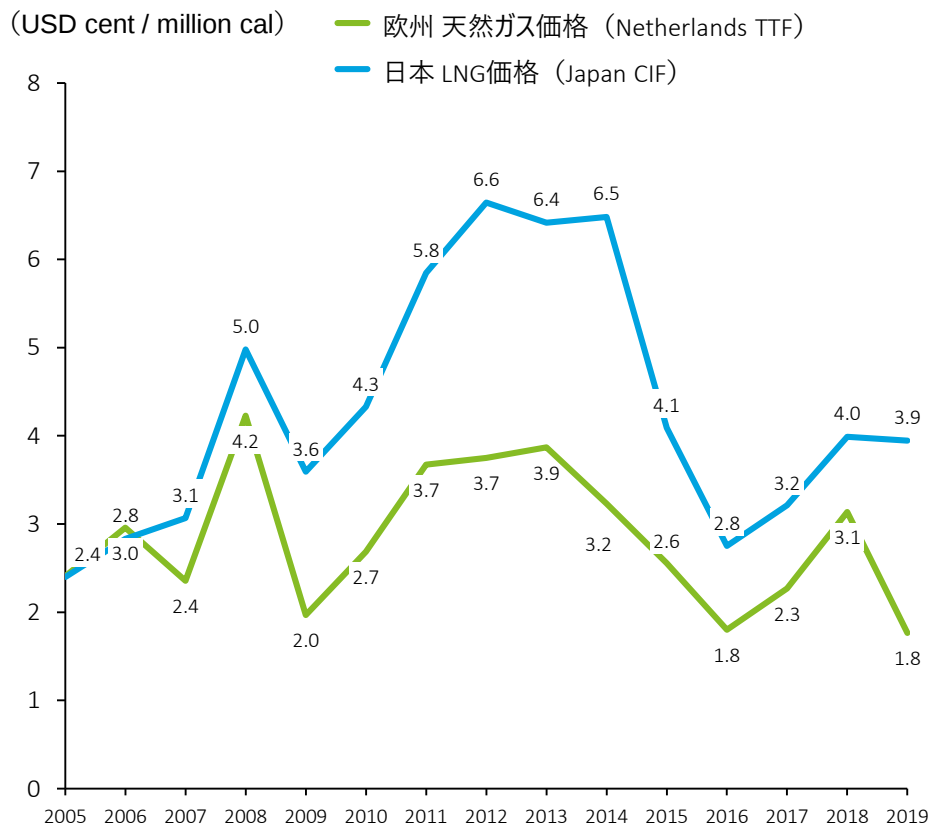
パイプラインガスを主に使用する欧州では 我が国より天然ガス価格が安く活用しやすい状況にある

一般炭価格も欧州の方が我が国より割安な傾向はあるが、天然ガスほどの価格差は生じていない。

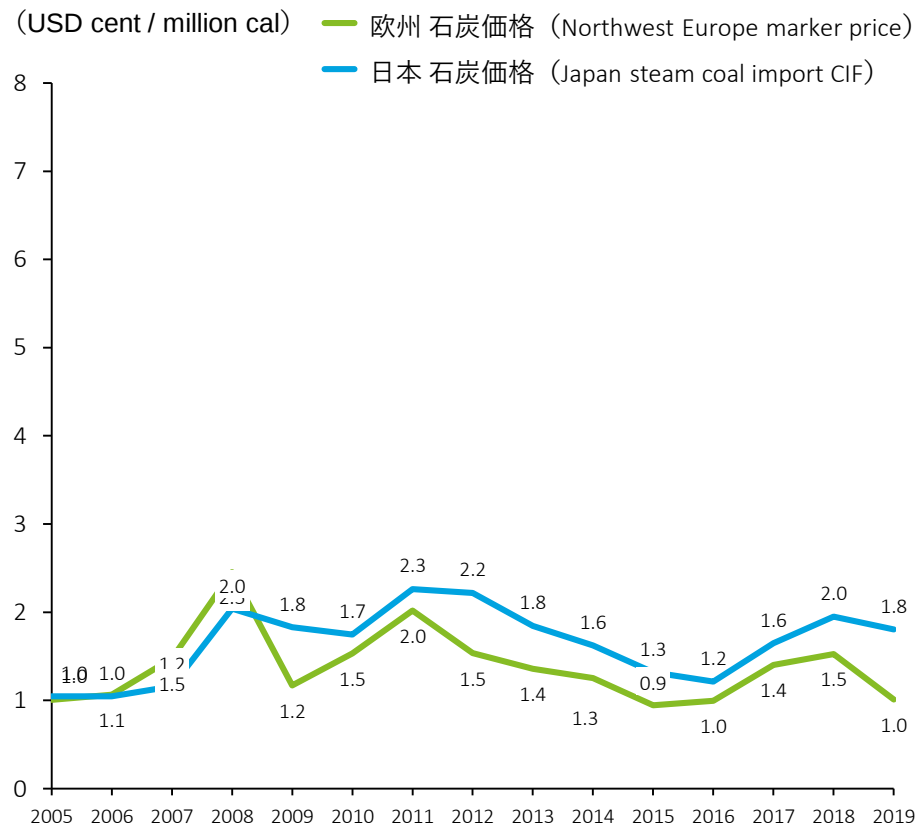
1 天然ガス・石炭の価格推移

 ドイツ

天然ガス価格



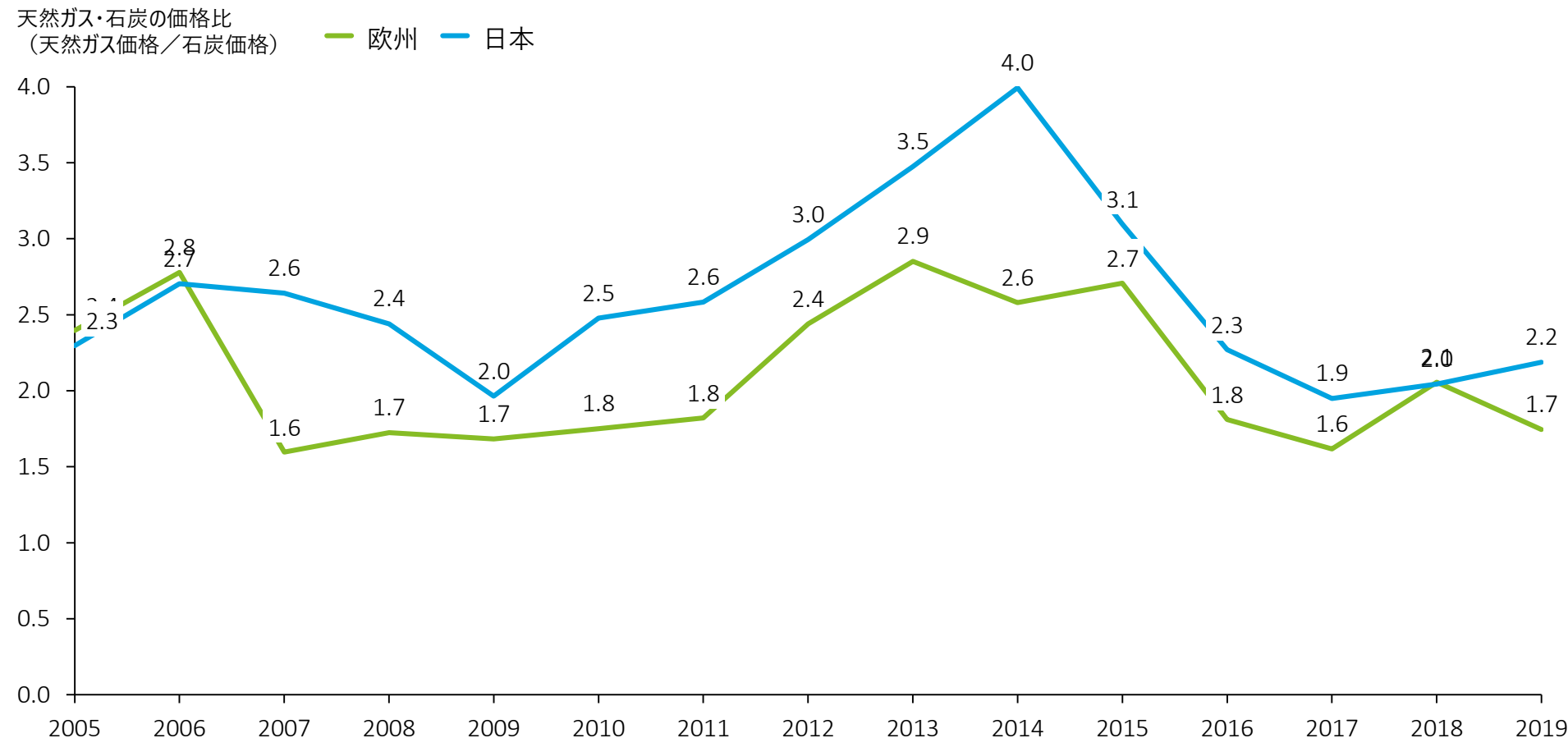
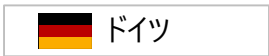
石炭価格



出所：bp Statistical Review of World Energyを基に作成

天然ガスと一般炭の熱量ベースの価格比率は欧州の方が日本より低く 欧州の方が天然ガスへのスイッチングの負担が少ない

① 天然ガス・石炭の価格比の推移



出所：bp Statistical Review of World Energyを基に作成

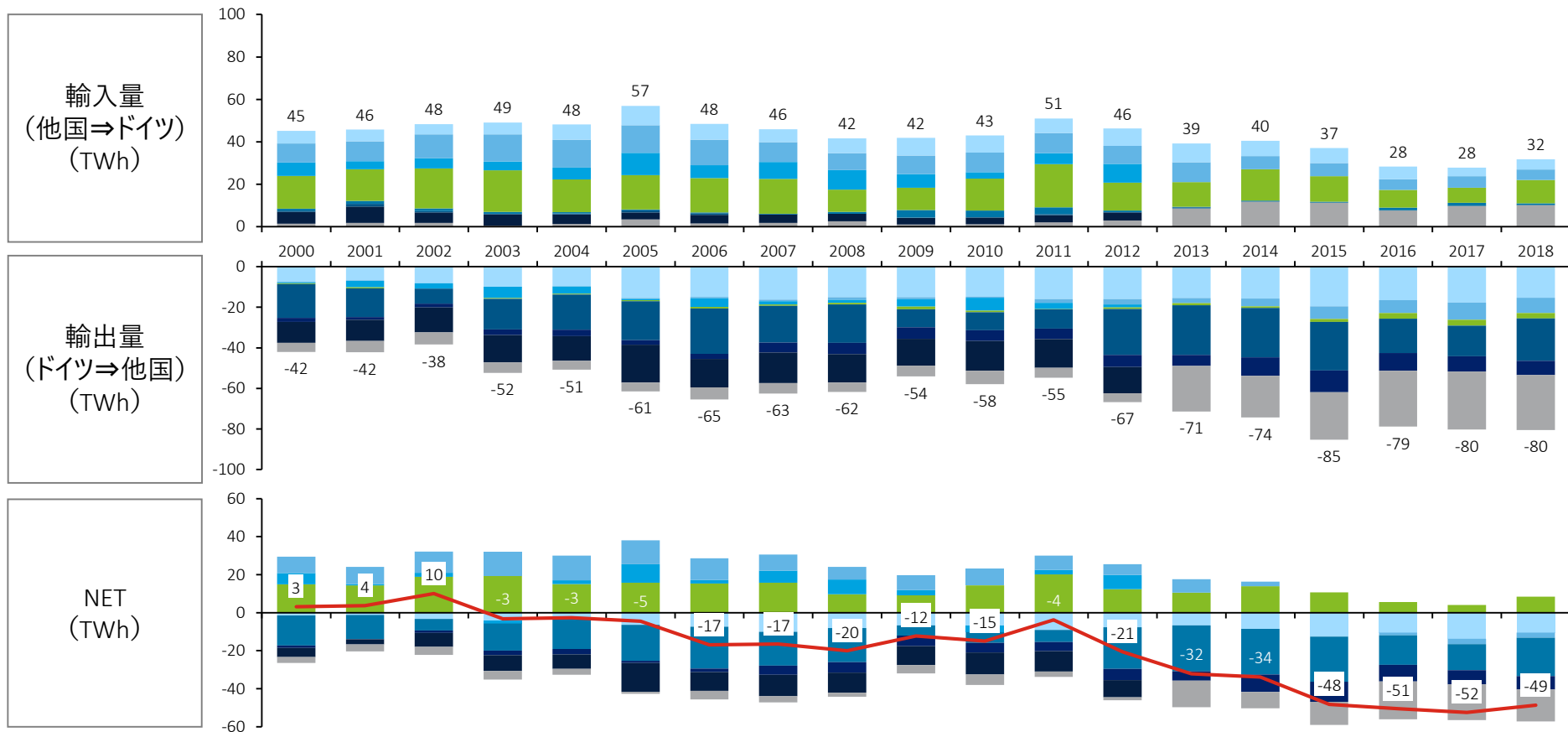
ドイツは近年は周辺国に電力を輸出しているが 原子力や石炭火力が廃止され電力が不足しても 輸入で凌ぐことが可能である

ドイツは2000年代初頭には電力のネット輸入国であり、原子力と石炭火力の廃止が重なる2020年代には電力の輸入で電力不足を補う可能性が指摘されている。

② 電力輸出入量の推移

 ドイツ

— Net Total オーストリア チェコ デンマーク フランス オランダ ポーランド スイス その他



出所：IEA electrical informationを基に作成

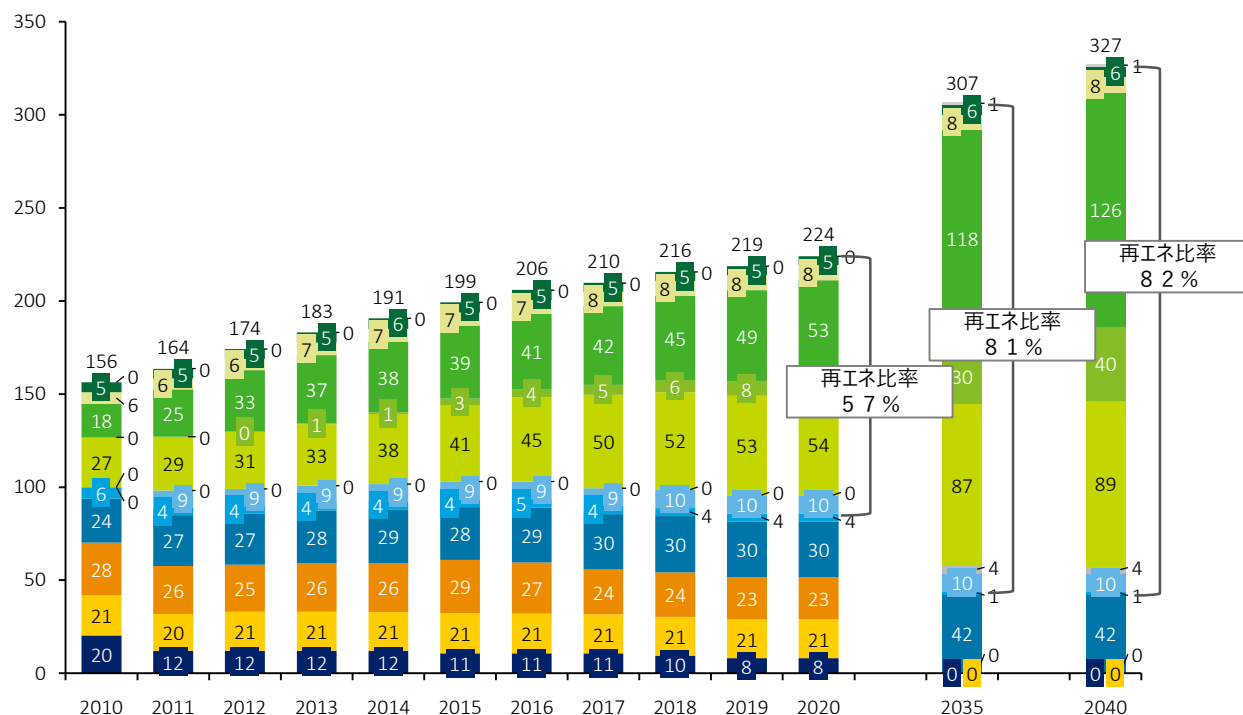
ドイツのTSOによる電源シナリオにおいては 2035年に再エネ比率を80%まで拡大することとしている

3 電源構成の推移

 ドイツ

GW

その他再生可能電源 バイオマス 洋上風力 その他従来型電源 石油 一般炭 原子力
 水力 太陽光 陸上風力 揚水 天然ガス 褐炭



(GW)

	2010	2020	シナリオB※	
	2035	2040		
その他再エネ	0	0	1.3	1.3
水力	5.41	4.78	5.6	5.6
バイオマス	6.13	8.23	7.5	8.2
太陽光	18.01	53.11	117.8	125.8
洋上風力	0.08	7.74	30	40
陸上風力	26.82	54.49	86.8	88.8
その他従来型	0	0	3.8	3.7
揚水	0	9.81	10.2	10.2
石油	5.9	4.36	1.3	1.1
天然ガス	23.8	29.93	42.4	42.4
一般炭	28.39	22.63	0	0
褐炭	21.34	20.86	0	0
原子力	20.43	8.11	0	0
合計	156.31	224.05	306.7	327.1

独 Fraunhofer統計データに基づく実績推移

TSOによる計画値※

※：再エネ導入量と電化度による3つのシナリオのうち最も標準的なシナリオ

出所：50Hertz Transmission GmbH, Amprion GmbH, TenneT TSO GmbH, TransnetBW GmbH, "Szenariorahmen zum Netzentwicklungsplan Strom 2035, Version 2021", Energy charts を基に作成

長期的には南北の送電網の増強により 風力と太陽光の均し効果や 北部風力の南部需要地への送電による需給のバランス化を図っていく

2009年及2013年に送電網整備の促進を目的にEnLAG・BBPIG法が施行されたが、環境問題等による住民の反対や承認プロセスの煩雑さ等により、2020年時点で全体の20%が完工済みと進捗状況は芳しくない。

3 送電網整備の進捗状況

送電網整備計画

- ✓ 北部の風力による電力供給エリアから南部の需要地へ送電するために、約7,700kmに及ぶ送電線の新設を進める

エネルギー網拡張法(EnLAG)に基づく計画 (約1,831km)

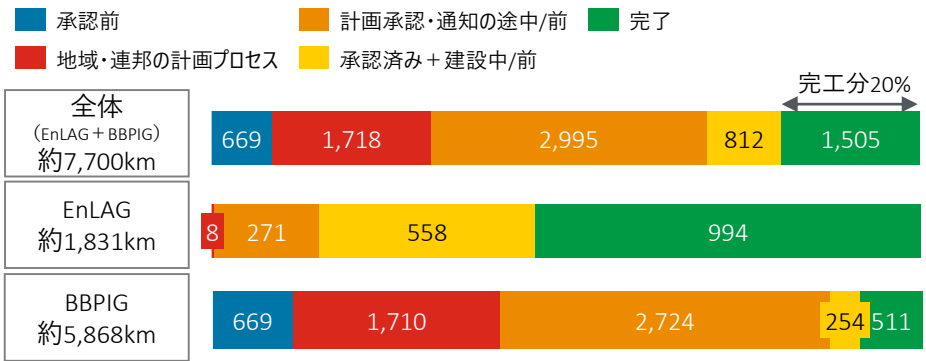
2009年に施行されたEnLAG法に基づく送電網整備計画

連邦要求計画法(BBPIG)に基づく計画 (約5,868km)

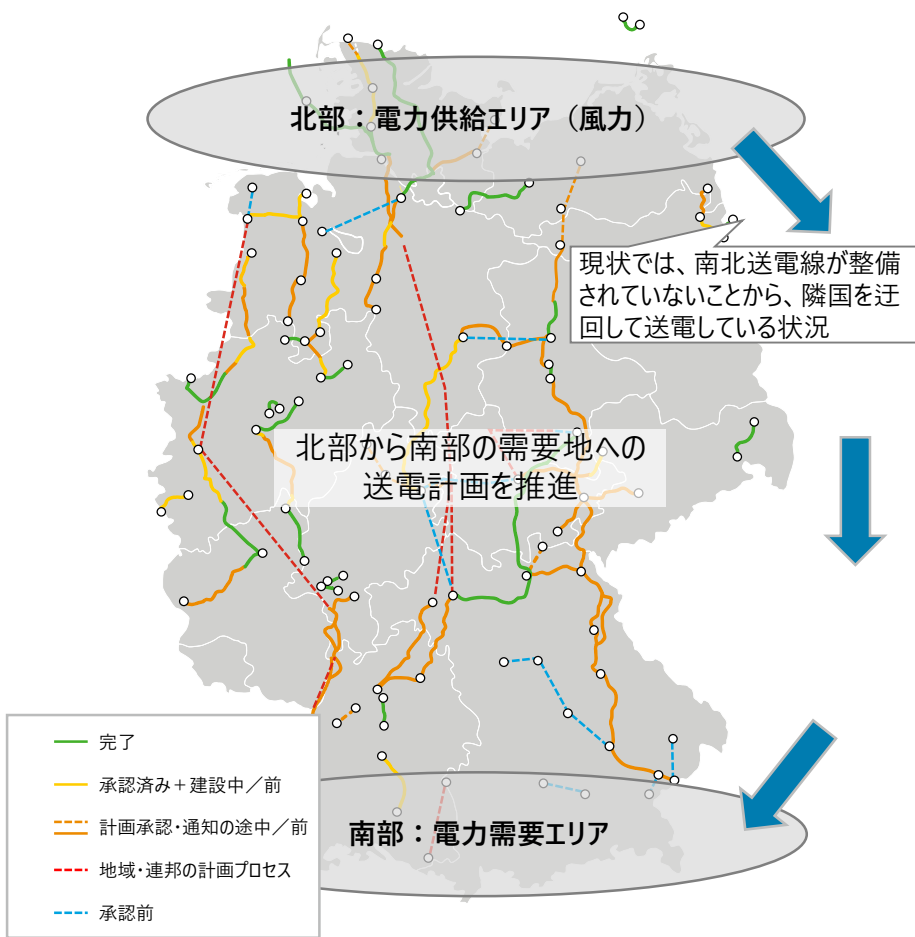
2013年に施行されたBBPIG法に基づき、系統拡大加速化法(NABEG)で指定された州や国を跨ぐ送電計画で、連邦ネットワーク庁が計画に責任を持つ

系統整備の進捗状況

- ✓ 環境問題や不動産価値の低下などによる住民等からの反対や州・企業の承認プロセスの複雑さ等の要因によってプロジェクトは遅延
- ✓ 2020年時点では、全体のうち20%しか完工していない状況



ドイツ



出所：BMW Website, EnLAG, BBPIG等を基に作成

2. 石炭火力フェードアウトに向けた政策

2.1 ドイツ

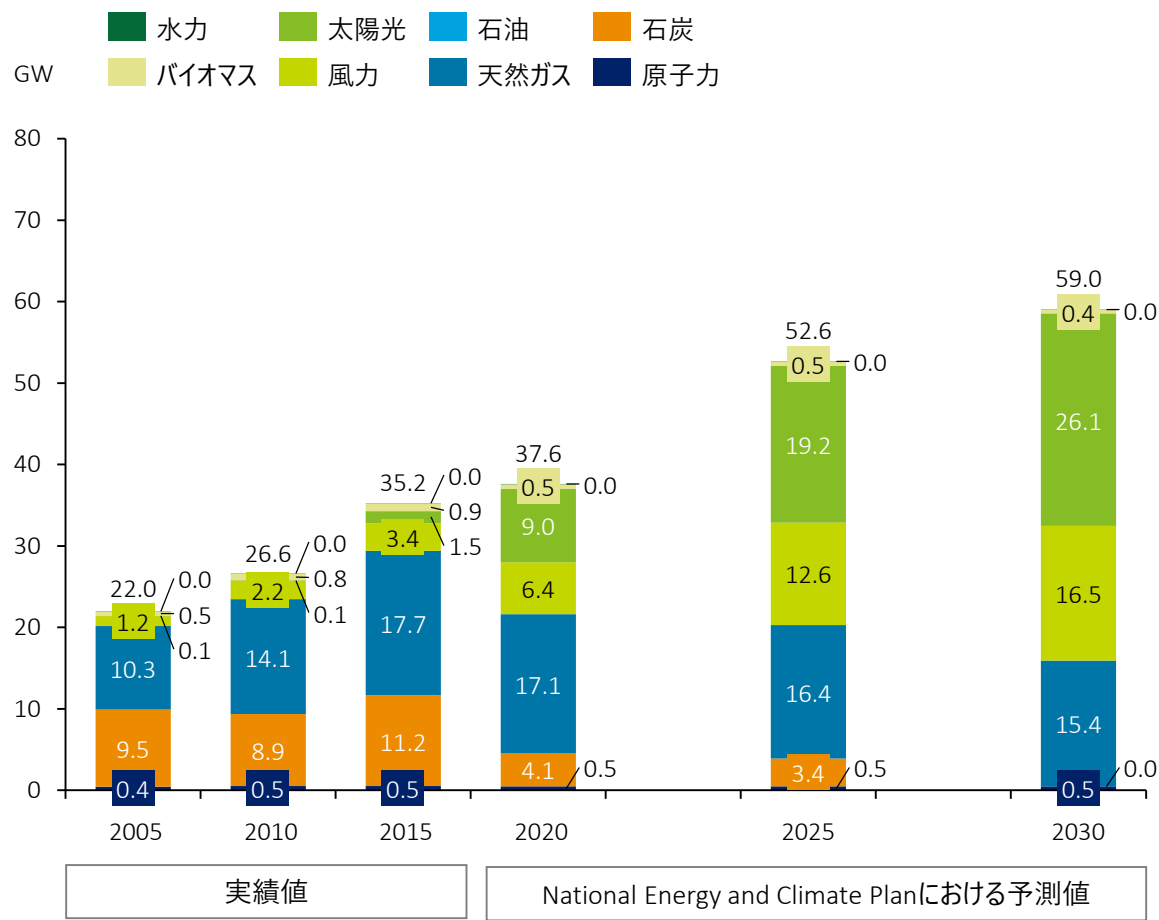
2.2 オランダ

2.3 英国

2.4 フランス

オランダでは足元で既に石炭火力依存度は低減しており 脱石炭に伴う減少分は風力・太陽光の導入拡大で賄え 天然ガスについても微減させていく見通し

電源構成の推移



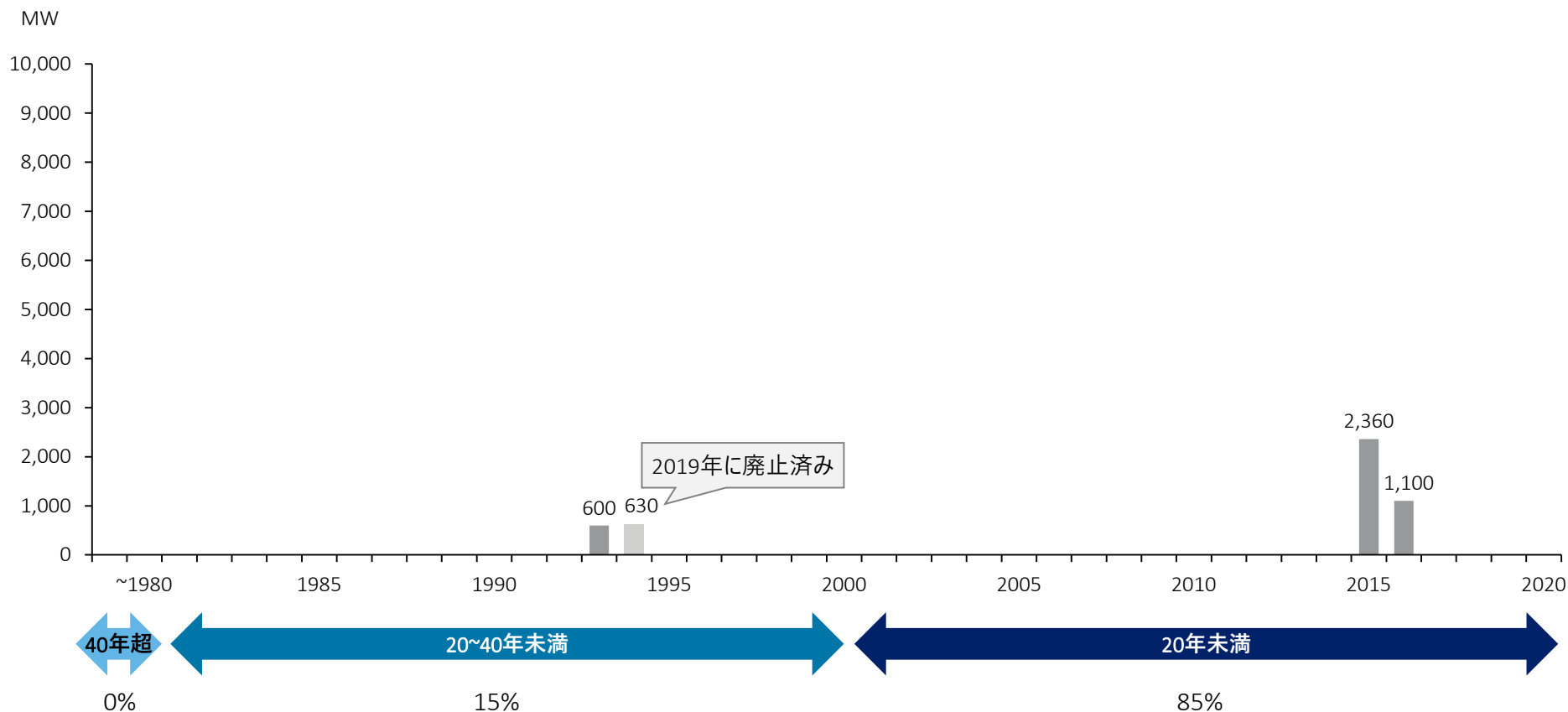
(GW)	2010	National Energy and Climate Plan における予測値		
		2020	2025	2030
水力	0.04	0.04	0.04	0.04
バイオマス	0.79	0.54	0.49	0.43
太陽光	0.09	9.02	19.24	26.08
風力	2.24	6.38	12.60	16.55
石油	0	0	0	0
天然ガス	14.09	17.08	16.36	15.43
石炭	8.86	4.06	3.43	0.00
原子力	0.5	0.5	0.5	0.5
合計	26.61	37.60	52.65	59.02

出所：National Energy and Climate Planを基に作成

オランダでは古い石炭火力は既にほとんどが廃止されており 2015・16年に建設された新しい石炭火力が稼働している

残存石炭火力の稼働年数

 オランダ



出所：各種公開情報を基に作成

オランダでは 石炭禁止法により 発電効率基準による段階的な廃止措置が取られ
補償については 他事業者に比べて不利益を被った場合に認めている

脱石炭に係る関連法体系と規制の概要



法体系		主要な規定項目	規定内容
基本法	Electricity Act (E-Act) 電気法 ※日本の電事法に相当	廃止対象	✓ 全ての石炭火力発電所が廃止対象（石炭による発電が禁止）となるが、発電効率基準により段階的な措置が取られる
		廃止スケジュール	<u>第1段階：2025年～</u> ✓ 発電効率44%未満（ただし、バイオマス混焼＋熱生産を行う）の設備は発電禁止 ✓ つまり、2024年末までは、発電効率44%未満でもバイオマス混焼＋熱生産を行う設備 については稼働が認められる <u>第2段階：2030年～</u> ✓ 発電効率44%以上の設備は発電禁止 ✓ つまり、2029年末までは、発電効率44%以上であれば稼働が認められる
石炭 廃止法	電力生産における石炭禁止法	罰則	✓ 違反者には行政上の強制執行が科せられる
		廃止の担保措置	✓ 廃止によって他の石炭火力発電の事業者よりも、不利益を被っていると証明した場合は、大臣が補償を認めることができる

出所：電力生産における石炭禁止法(Wet verbod op kolen bij elektriciteitsproductie)を基に作成

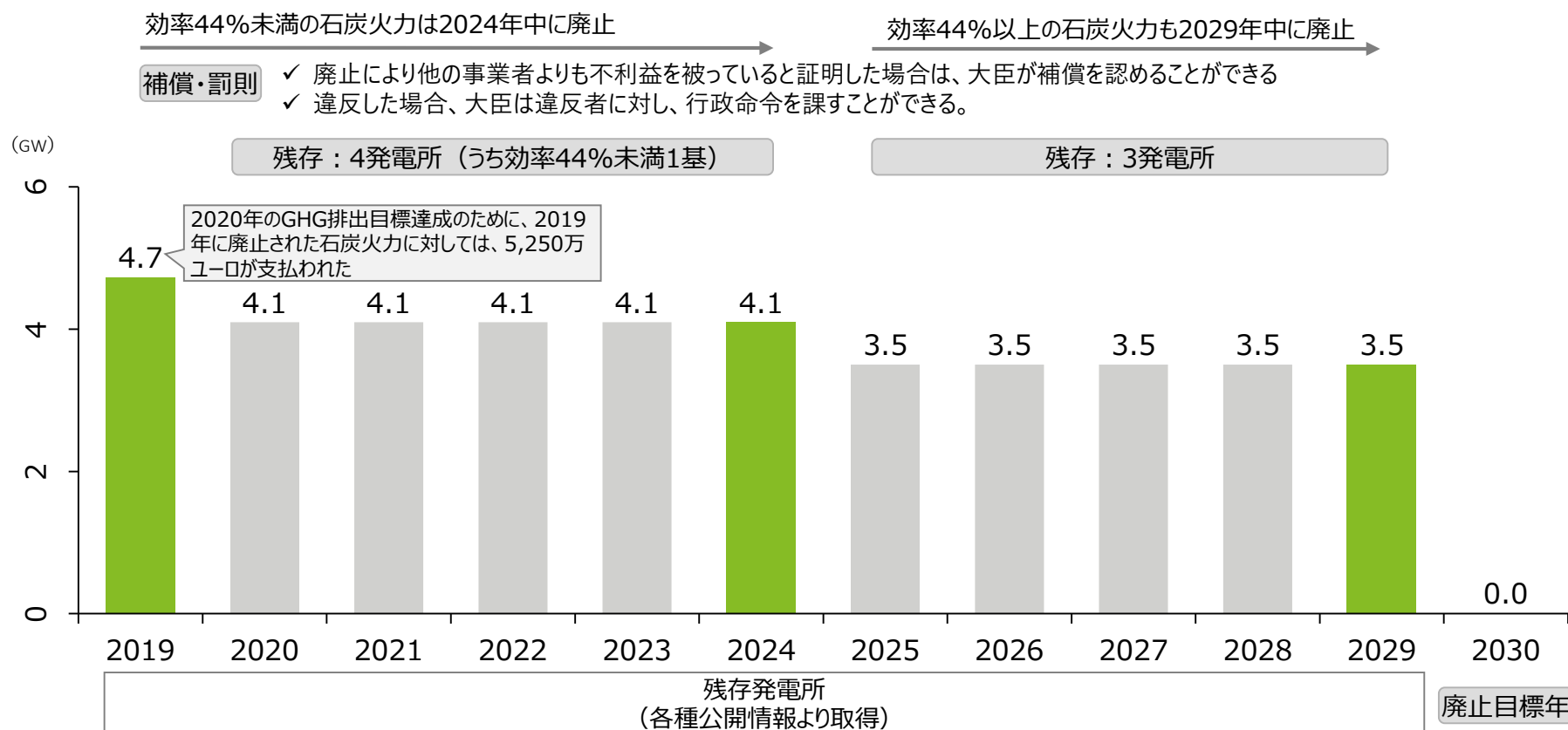
オランダでは発電効率44%を基準に2段階での廃止スケジュールを組んでいる

発電効率を基準に2段階で廃止とすることで2015、16年に設立された新設発電所が、15年弱程度稼働できるように配慮するとともに、再エネの導入拡大までの猶予を設けていると考えられる。

廃止スケジュール



オランダ



出所：電力生産における石炭禁止法、各種公開情報等を基に作成

各種報道によれば オランダでは一部事業者が十分な補償が得られない場合は政府を相手に訴訟を起こす可能性を示唆している

残存石炭火力発電所に係る動向



事業者	プラント略称	容量	分類 効率	稼働年	廃止時期	廃止後の燃料転換	係争関連
RWE	Amer	600 MW (バイオマス混焼)	SC 40 %	1993年	2024年 (法定期限)	■ 未定 (2017年にバイオマス混 焼に転換済)	訴訟の可能性 ■ 各種報道によれば、十分な補償が得られない場 合は政府を相手に訴訟を起こす可能性を示唆し ている。(2018年5月)
	Eemshaven	1,560 MW (バイオマス混焼)	USC 46 %	2015年	2029年 (法定期限)		
Uniper	Maasvlakte	1,140 MW (バイオマス混焼)	USC 46 %	2016年		■ 未定	訴訟の可能性 ■ 各種報道によれば、十分な補償が得られない場 合は政府を相手に訴訟を起こす可能性を示唆し ている。(2020年5月)
ONYX (Riverstone)	Rotterdam	800 MW (バイオマス混焼)	USC 46 %	2015年		■ 未定	■ Engie（仏）より2019年に取得

出所：各種公開情報を基に作成

2. 石炭火力フェードアウトに向けた政策

2.1 ドイツ

2.2 オランダ

2.3 英国

2.4 フランス

英国の2050年ネットゼロシナリオでは 2025年の石炭火力廃止後 再エネをはじめとした各電源の拡大に加え CCS付帯電源の新設を見込んでいる

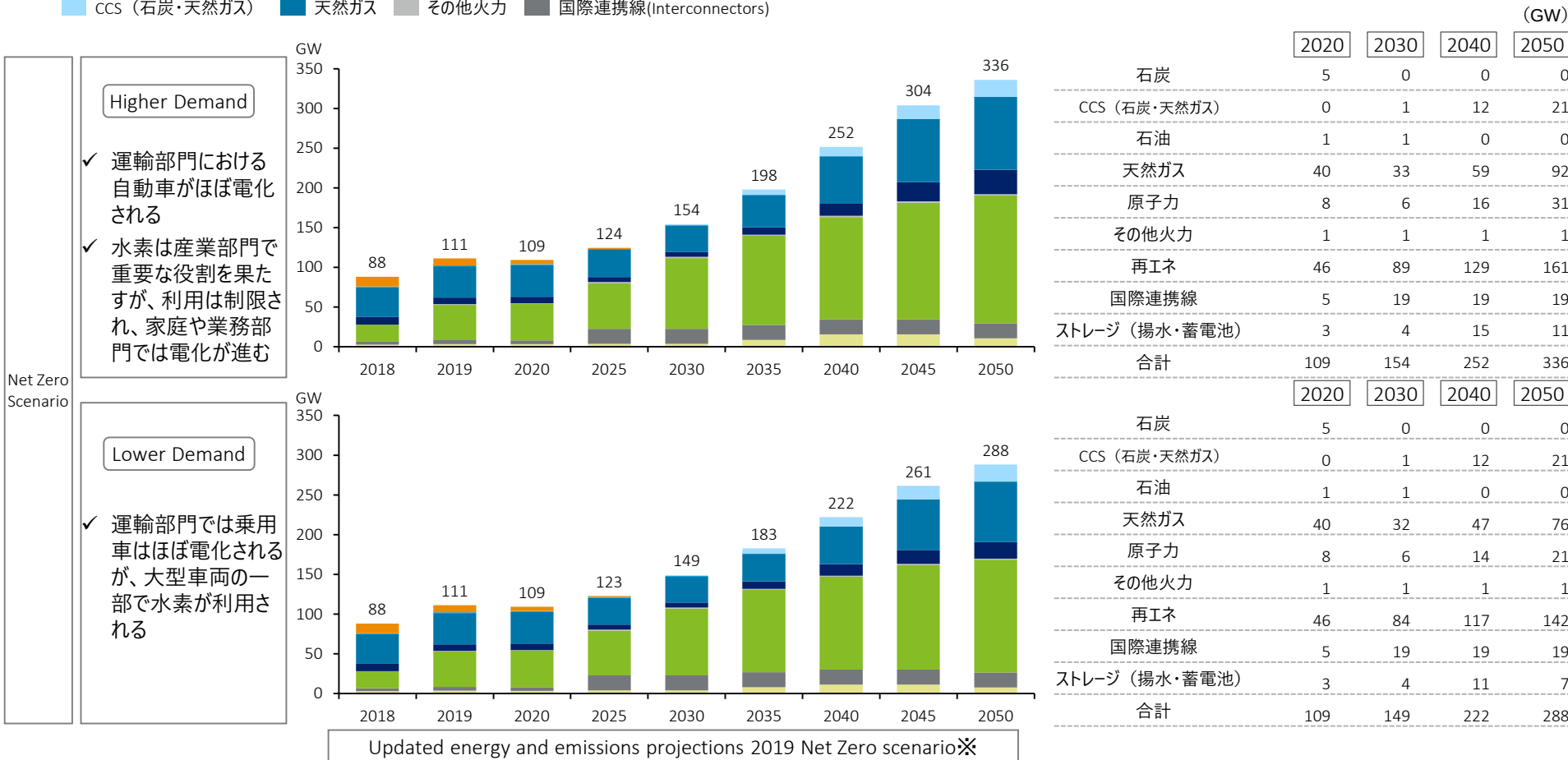
電源構成の推移



英国

※当該電源構成の推移は、2050年ネットゼロを実現する上での例示であり、
現在の政策で予想される範疇を超え、国としての政策的な目標値ではないことに留意

石炭 石油 原子力 再エネ ストレージ（揚水・蓄電池）
CCS（石炭・天然ガス） 天然ガス その他火力 国際連携線(Interconnectors)

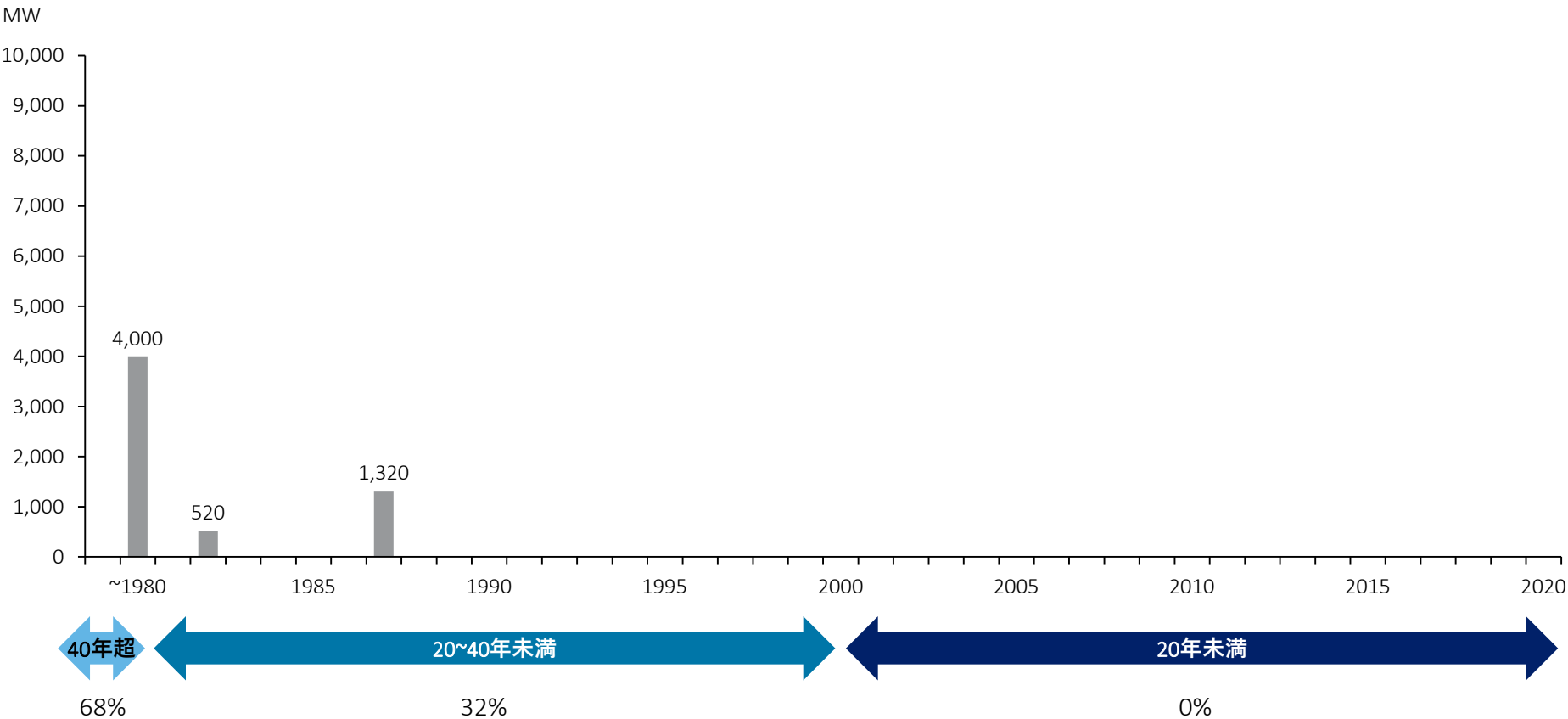
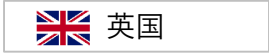


出所：BEIS：Updated energy and emissions projections 2019

Annex O supplementary data: Total electricity generating capacity (Net Zero scenarios in Annex L format)を基に作成

英国では石炭火力の新設は長らく行われておらず稼働40年超の高経年プラントの比率が高い

残存石炭火力の稼働年数



出所：各種公開情報を基に作成

英国では現状 新設火力に対しCO2排出基準を設けており 2025年には同基準を既設石炭火力にも適用する方針である

脱石炭に係る関連法体系と規制の概要



法体系		主要な規定項目	規定内容
基本法	Electricity Act 電気法 ※日本の電事法に相当	対象	✓ 化石燃料またはガス化プラントで製造された燃料を使用する火力発電所（現行の排出規制では、石炭火力に限定はしていない） ✓ 新設（ボイラーのリプレースも含む）する火力のCO2排出基準値を年間で450g／kWhに制限（排出量基準に基づく年間排出上限量で規制）。
		廃止スケジュール	✓ 2013年のEnergy Acにより、既に新設火力のCO2排出制限を要求しているが、2025年以降、同排出制限基準を既設の火力発電所にも適用する方針（implementing the end of unabated coal by 2025 (2018)）
		罰則	✓ 基準値を違反した事業者には、違反により得られた利益分を罰金に科すことができる
石炭 廃止法	Energy Act 2013 CHAPTER 8 Emissions performance standard The Emissions Performance Standard Regulations 2015	廃止の担保措置	✓ 該当なし

出所：Emissions performance standard（火力発電所排出基準法）を基に作成

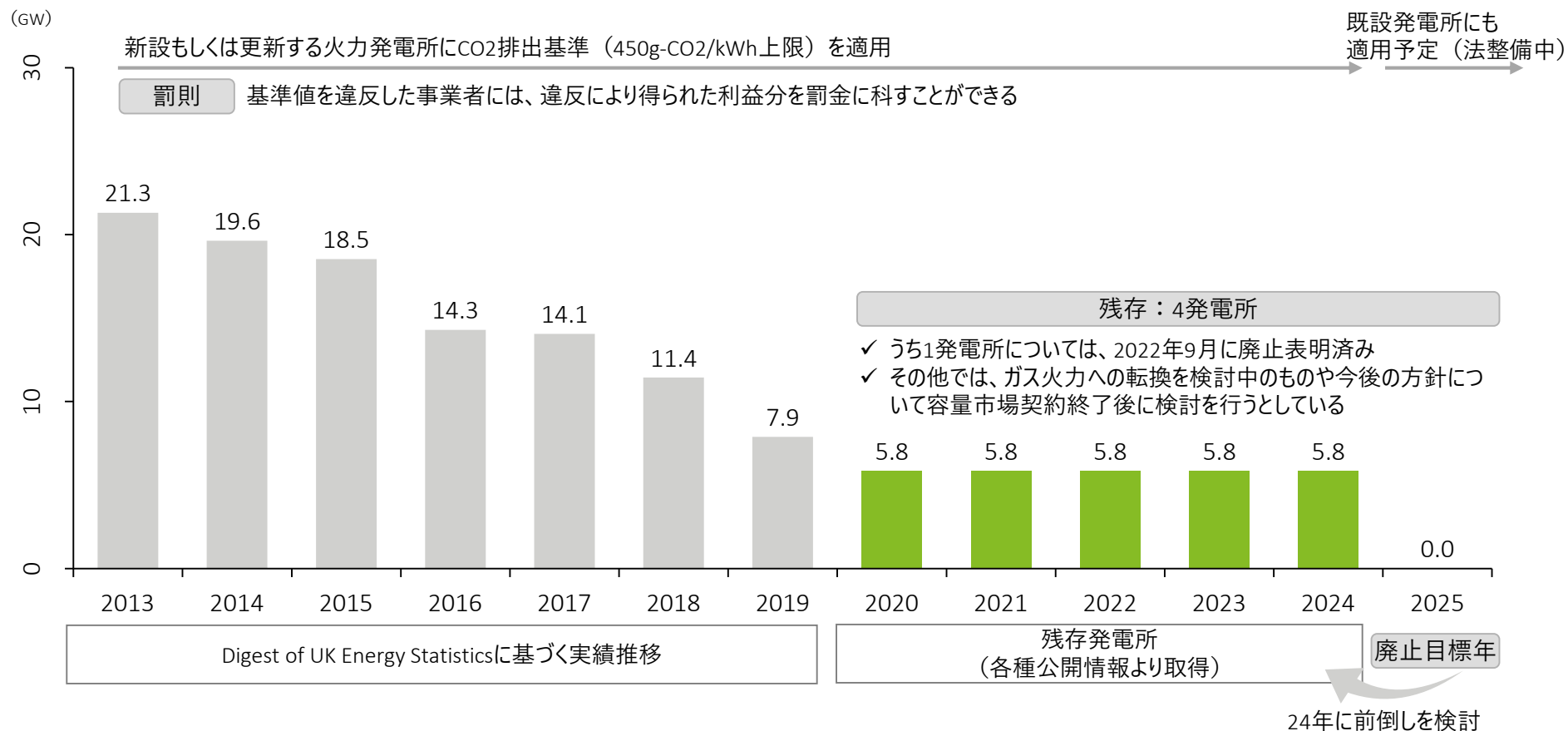
英国では火力発電所に450g-CO₂/kWh のCO₂排出基準を課すことで2025年までの石炭火力のフェードアウトを促している

結果、CCSやバイオマス混焼によって達成可能だが、現実には当該規制により既存発電所は2025年までに廃止されることとなっている。

廃止スケジュール



英国



出所：火力発電所排出基準法、各種公開情報を基に作成

英国の一部発電所では経済性の点からガス火力転換が困難となり 2022年に廃止する予定であるが 廃止後の雇用について労働組合と協議が進められている

残存石炭火力発電所に係る動向



英国

事業者	発電所略称	容量	分類 効率	稼働年	廃止時期	廃止後の燃料転換	係争関連
Drax	Drax (Unit 5-6)	1,320 MW	SUB-C (38%程度)	1987年	2022年	■ 未定 (ガス火力への転換を検討していたが、経済性の問題で断念)	労組協議 ■ 廃止後の雇用について労働組合と協議中
EDF	West Burton (unit 1-4)	2,000 MW	SUB-C (38%程度)	1968年	2025年 (法定期限)	■ 未定 (検討中と公表)	■ N/A
EPH	Kilroot	520 MW	SUB-C (38%程度)	1982年	2025年 (法定期限)	■ ガス火力(300MW)への転換を表明 (アイルランドの容量市場契約獲得による)	■ N/A
Uniper	Ratcliffe	2,000 MW	SUB-C (38%程度)	1968年	2025年 (法定期限)	■ ごみ発電を検討中	住民等の反対 ■ ごみ焼却に関して住民や議員から反対意見がでていて難航している (発電事業継続は反対されていない模様)

出所：各種公開情報等を基に作成

2. 石炭火力フェードアウトに向けた政策

2.1 ドイツ

2.2 オランダ

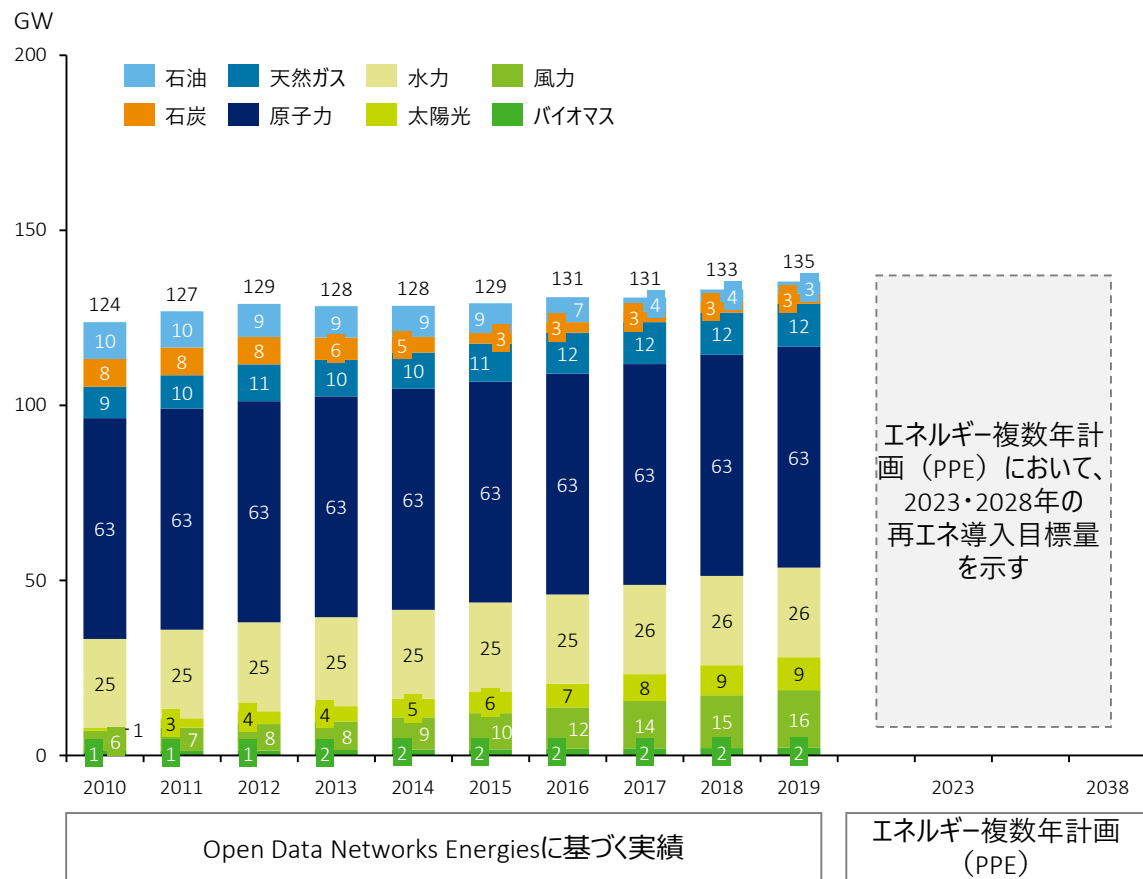
2.3 英国

2.4 フランス

フランスの電源構成は原子力が半数を占め

今後は2022年に石炭火力が廃止となり 代替として再エネ導入量の倍増を見込んでいる

電源構成の推移



フランス

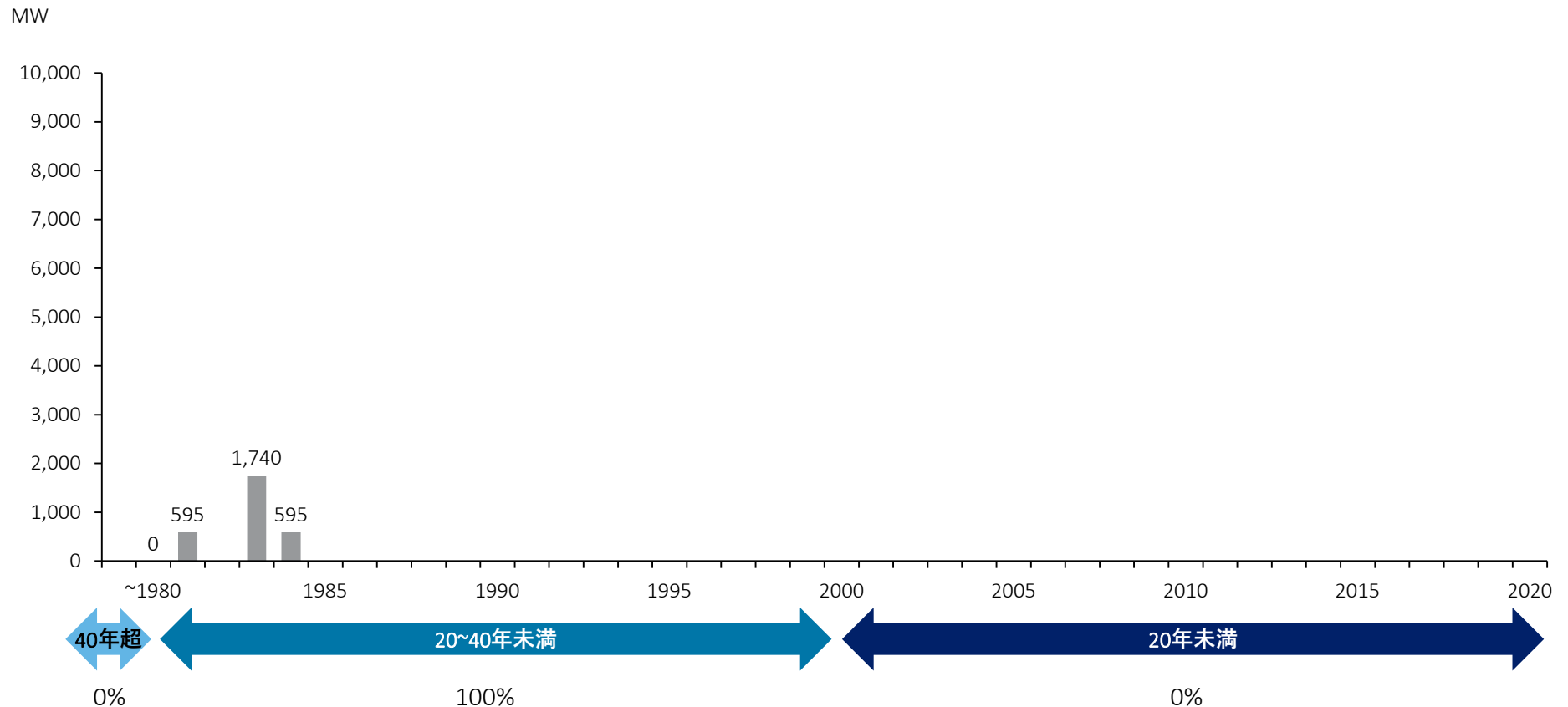
	エネルギー複数年計画 (PPE)		
(GW)	2019	2023	2028
石油	3.4	N/A	
石炭	3	2022年に脱石炭化 0 0	
天然ガス	12.19	N/A	
原子力	63.13	N/A	
水力	25.56	PPEにおいて再エネ導入目標を明示 25.7 26.4 – 26.7	
太陽光	9.44	20.1 35.1 – 44.0	
風力	16.49	陸上 24.6 33.2 – 34.7 洋上 2.4 5.2 – 6.2	
バイオマス	2.12	0.8 0.8	
バイオガス・メタン化		0.27 0.34 – 0.41	
地熱		0.024 0.024	
合計	135.33	N/A	
うち再エネ	53.61	73.5 101 - 113	

出所：Open Data Networks Energies、エネルギー複数年計画 (PPE) を基に作成

フランスにおいても石炭火力の新設は長らく行われておらず 1980年代前半に建てられた発電所が残るのみである

残存石炭火力の稼働年数

フランス



出所：各種公開情報を基に作成

フランスでは2022年以降 火力発電所に対し 550g-CO₂/kWhの排出上限を課し 基準を満たさない設備は操業できなくなる

脱石炭に係る関連法体系と規制の概要

 フランス

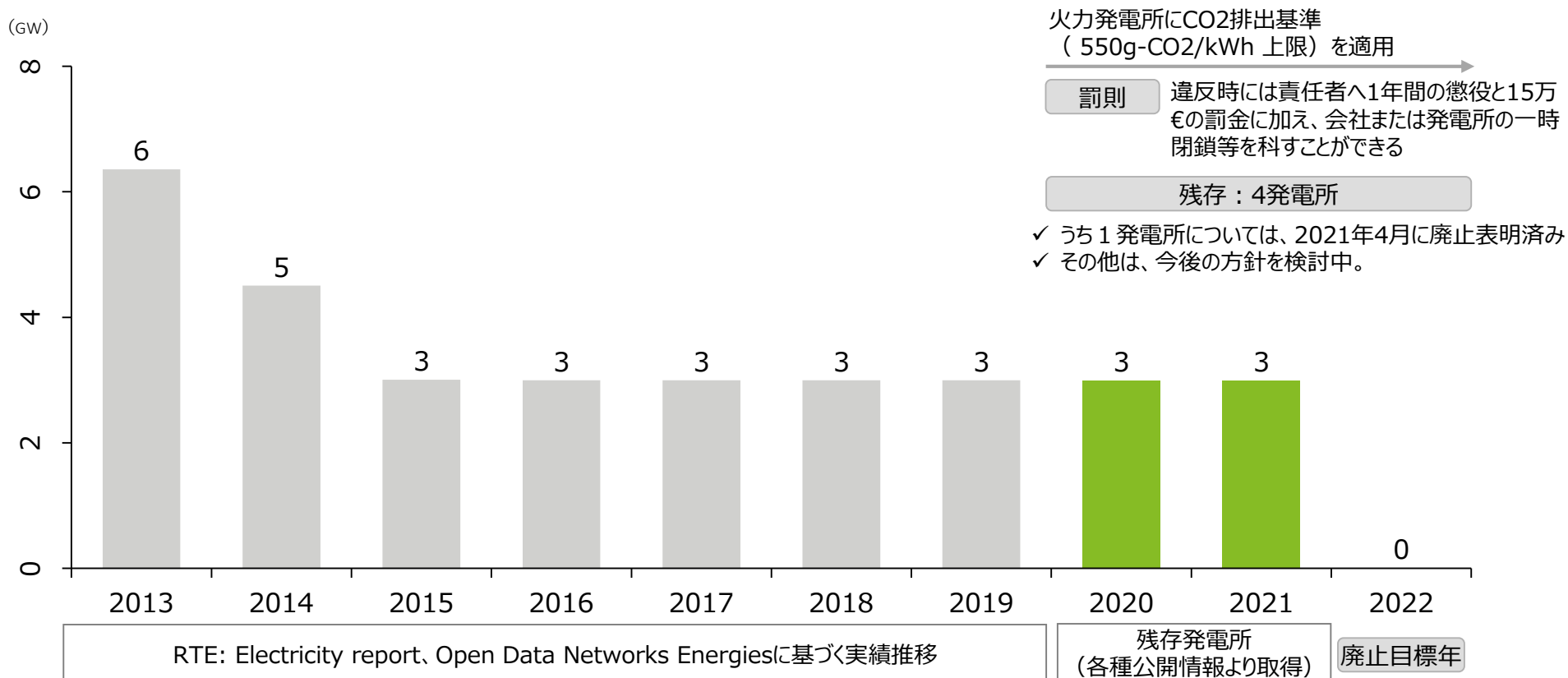
法体系		主要な規定項目	規定内容
基本法	the Energy Code エネルギー法 ※日本の電事法に相当	対象	✓ フランス本土に位置し、化石燃料による発電設備
		廃止スケジュール	✓ <u>2022年1月1日以降は550g-CO₂/kWh（0.55t-CO₂/MW）の排出上限を課す</u> （基準を満たす発電設備が操業許可を受ける）
石炭 廃止法	エネルギー移行法（2019年改正） 12条によって排出規制を追加 ↓ the Energy Code L311-5-3条	罰則	✓ 違反時には責任者へ1年間の懲役と15万€の罰金に加え、会社または発電所の一時閉鎖等を科すことができる
		廃止の担保措置	✓ 該当なし

出所：エネルギー移行法2019年改正、エネルギーコード等を基に作成

フランスでは火力発電所に550g-CO₂/kWh のCO₂排出基準を課すことで2022年までに石炭火力のフェードアウトを促している

廃止スケジュール

フランス



出所：エネルギー移行法2019年改正、エネルギーコード、各種公開情報を基に作成

フランスでは廃止に対しストライキが発し 一部の発電所では継続雇用を目的としバイオマス転換を検討している

残存火力発電所に係る動向

 フランス

事業者	発電所略称	容量	分類 効率	稼働年	廃止時期	廃止後の燃料転換	係争関連
EDF	Le Havre	580 MW	SUB-C (38%程度)	1983年	2021年	■ なし（廃止）	ストライキ発生 ■ 廃止に関して労働組合から抗議がなされており、ストライキも発生している
	Cordemais (unit 4-5)	1,160 MW	SUB-C (38%程度)	1983年	2022年	■ バイオマス転換を表明	■ N/A
EPH	Emile Huchet	595 MW	SUB-C (38%程度)	1981年	2022年 (法定期限)	■ 未定	■ Uniperから2019年に取得
	Provence	595 MW	SUB-C (38%程度)	1984年	2022年 (法定期限)	■ バイオマス転換を検討中	労組協議 ■ 労働組合から抗議がなされたことでバイオマス転換を検討している ■ Uniperから2019年に取得

出所：各種公開情報を基に作成

3. 電力系統に係る政策動向

脱石炭に伴う
系統安定対策



再エネ導入に伴う
系統安定対策



ノンファーム接続に伴う
系統安定対策

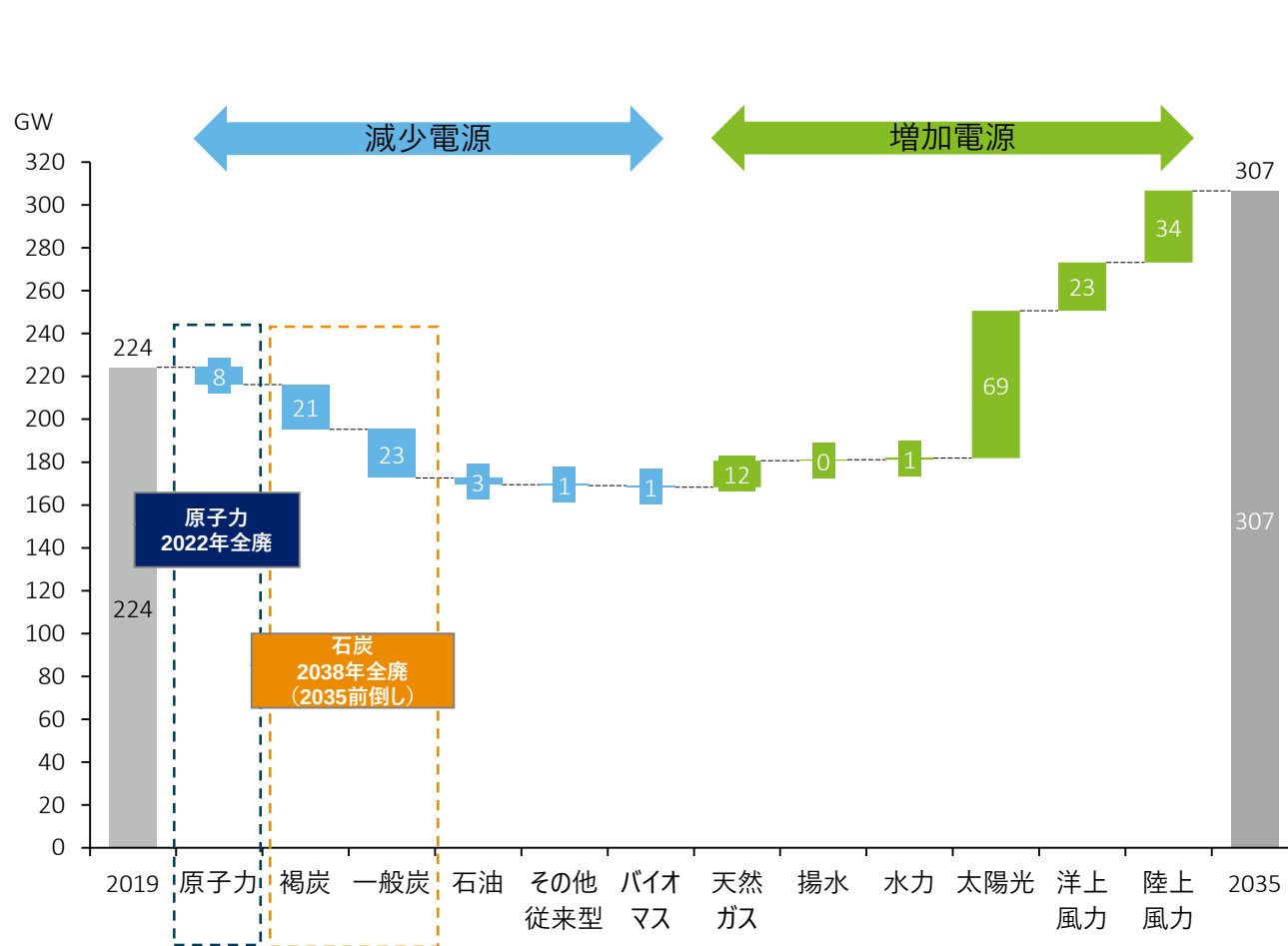


原子力・石炭の廃止分は長期的には再エネで賄う予定であり 足元2020年代はガス火力焚き増しと隣国からの電力輸入によって補う

電源容量の増減内訳



ドイツ



	(GW)		
	2019	2035	増減
その他再エネ	1.3	1.3	0
水力	4.8	5.6	0.8
バイオマス	8.3	7.5	-0.8
太陽光	49	117.8	68.8
洋上風力	7.5	30	22.5
陸上風力	53.3	86.8	33.5
その他従来型	4.3	3.8	-0.5
揚水	9.8	10.2	0.4
石油	4.4	1.3	-3.1
天然ガス	30	42.4	12.4
一般炭	22.6	0	-22.6
褐炭	20.9	0	-20.9
原子力	8.1	0	-8.1
合計	224.3	306.7	82.4
同期電源比	45%	19%	-26%

出所：50Hertz Transmission GmbH, Amprion GmbH, TenneT TSO GmbH, TransnetBW GmbH, “Szenariorahmen zum Netzentwicklungsplan Strom 2035, Version 2021”, Energy charts を基に作成

代替電源の導入までは廃止石炭火力等の一部を予備電源に移行し

系統安定性を担保している

予備電力確保の仕組み



	ネットワークリザーブ	キャパシティリザーブ	セキュリティスタンバイ
概要・目的	南北送電線の混雑解消を目的とした再給電用の電源であり、特に冬季の電力需要の高まりへの予備力とする	脱原発・石炭等による電源容量の減少を踏まえ、将来的な需給逼迫を回避するために予備力とする	廃止予定の褐炭発電所を緊急時の予備力とする
根拠法	EnWG §13d (2016改正) ネットワークリザーブ条例 NetzResV (2013)	EnWG §13d (2016改正) キャパシティリザーブ条例 KapResV (2019)	EnWG §13g (2016改正) 電気安全条例 EltSV (2016改正)
稼働優先度	セキュリティリザーブよりも優先して稼働		ネットワーク・キャパシティリザーブの両予備力でも不足する場合に稼働
対象要件	標準化が困難であるため、TSOによる”Call for expressions of interest”で最小要件として規定（法律上の規定ではない） ✓リクエストから24時間以内に起動 ✓要求出力を調整可能であること ※事業者は対象の発電所データをTSOに提出	入札参加の前提条件として設備要件を規定 ✓ドイツの電力ネットワークに接続 ✓コールドスタートから最大12時間での起動 ✓リクエストから15分以内に予備力の30%を調整 ✓入札容量の半分以上の部分負荷運転能力の確保	事業者は待機中、以下の要件を維持 ✓TSOの通知から240時間以内に操作可能 ✓11時間以内に最小出力、13時間以内に公称出力での稼働
電源容量	～4月末 TSOの分析に基づき、BnetzAが冬季の必要予備力を決定 TSOがリザーブへの関心表明の呼びかけ ～5月15日 事業者によるTSOへの応募 ～9月15日 契約締結（翌シーズン分は12月15日） － 2020/2021冬： 6,596MW － 2022/2023冬： 10,647MW － 2024/2025冬： 8,042MW	✓TSOによる入札によって必要予備力を調達 － 2020年10月～2022年9月分： 2GW ⇒ 2019年入札により1,065MWを確保	廃止褐炭発電所のうち指定した発電所を緊急時予備力として待機 ✓2020年GHG排出削減目標達成に向け2016年から2023年にかけて8発電所（合計2.7GW）を4年間待機 ✓脱石炭法において、3発電所（合計1.5GW）を2025,7,9年末から指定された廃止年まで待機
補償	✓維持、稼働コスト等を補償	✓補償費用は落札価格によって決定 ✓入札上限は10万€/MW	✓待機による逸失利益相当を補償
備考	✓ネットワークリザーブについては、元々、南北送電線が整備されるまでの時限措置（～2017年末）であったが、計画の遅延もあり、現在では期限が撤廃され恒常的な仕組みとなっている	✓ドイツ政府としては、容量市場よりも安価に発電容量を確保できると判断し、キャパシティリザーブを採用したと考えられる ✓2019年の入札結果では、1970,80年代に稼働した老朽ガス火力が落札している	✓既に待機済みの8発電所分については、2016年から2023年にかけて年平均2億3千万ユーロの費用がかかり、消費者のグリッド料金は、平均0.05 cent / kWhの上昇するとの指摘あり

出所：EnWG、ネットワークリザーブ条例、キャパシティリザーブ条例 を基に作成

3. 電力系統に係る政策動向

脱石炭に伴う
系統安定対策



再エネ導入に伴う
系統安定対策



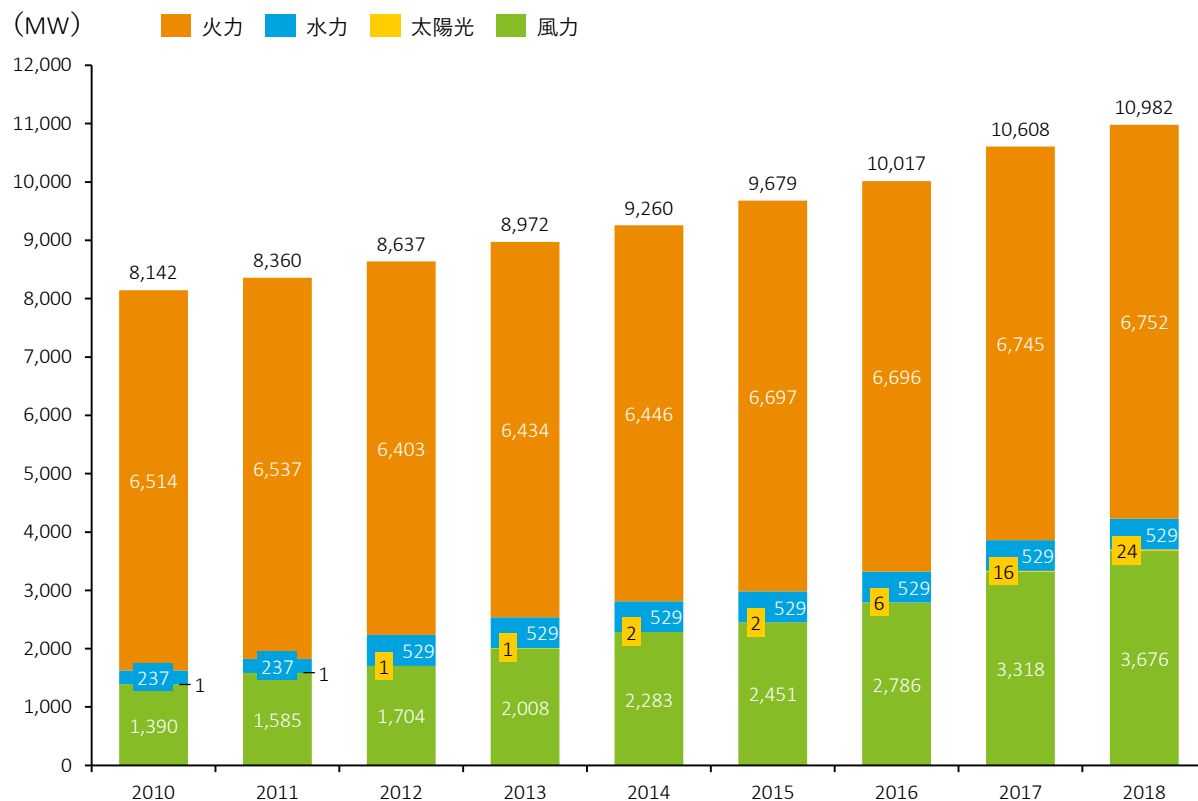
ノンファーム接続に伴う
系統安定対策



アイルランドでは 直近10年で風力発電の発電容量が2倍以上に拡大している

電源構成の推移

 アイルランド



	（MW）	
	2010	2018
火力	6,514	6,752
水力	237	529
太陽光	1	24
風力	1,390	3,676
合計	8,142	10,982

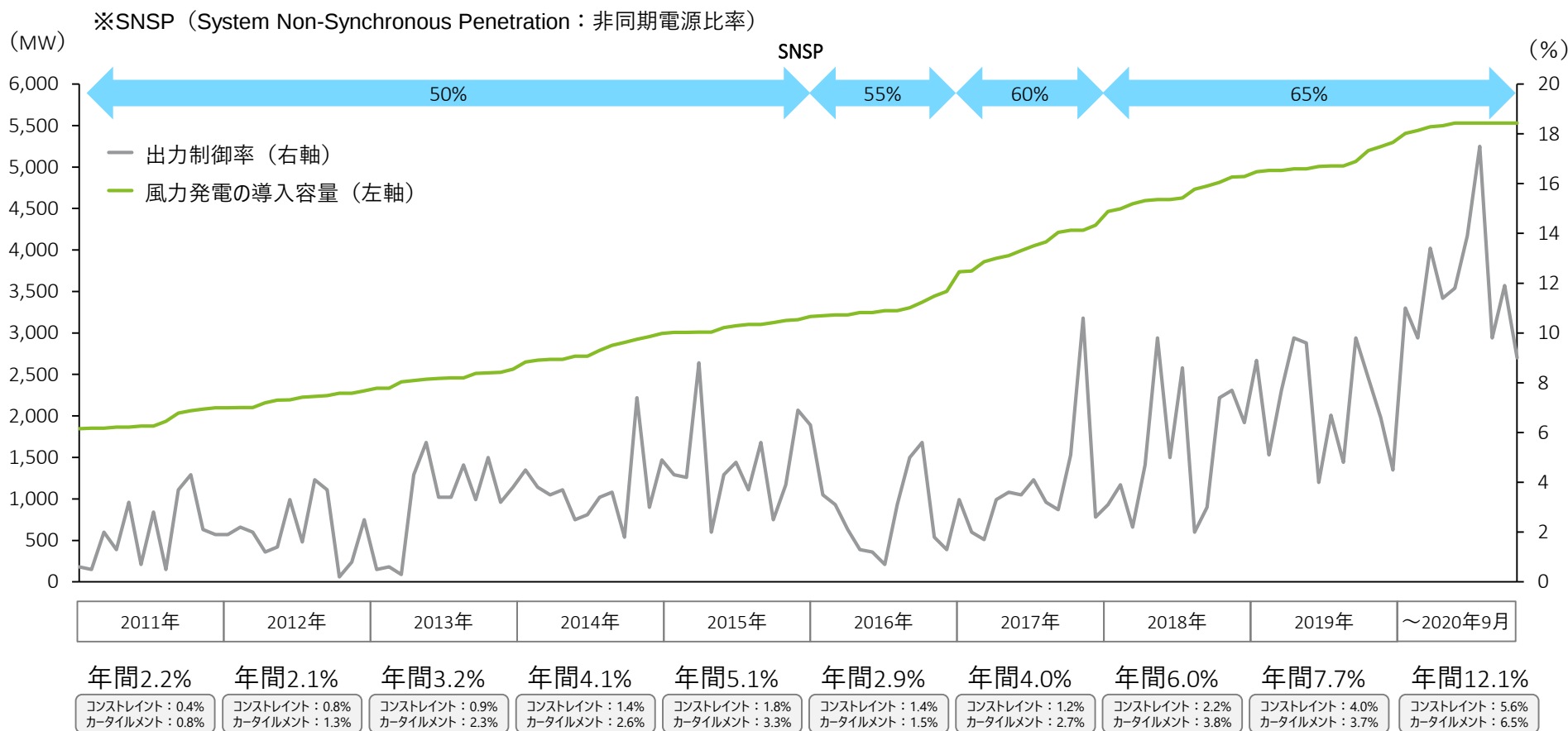
出所： IEA Electricity Informationを基に作成

アイルランドでは風力発電の導入拡大に伴い 風力発電の出力制御率が増加している

出力制御率とSNSP※

 アイルランド

※ノースアイルランドを含む



出力制御の要因

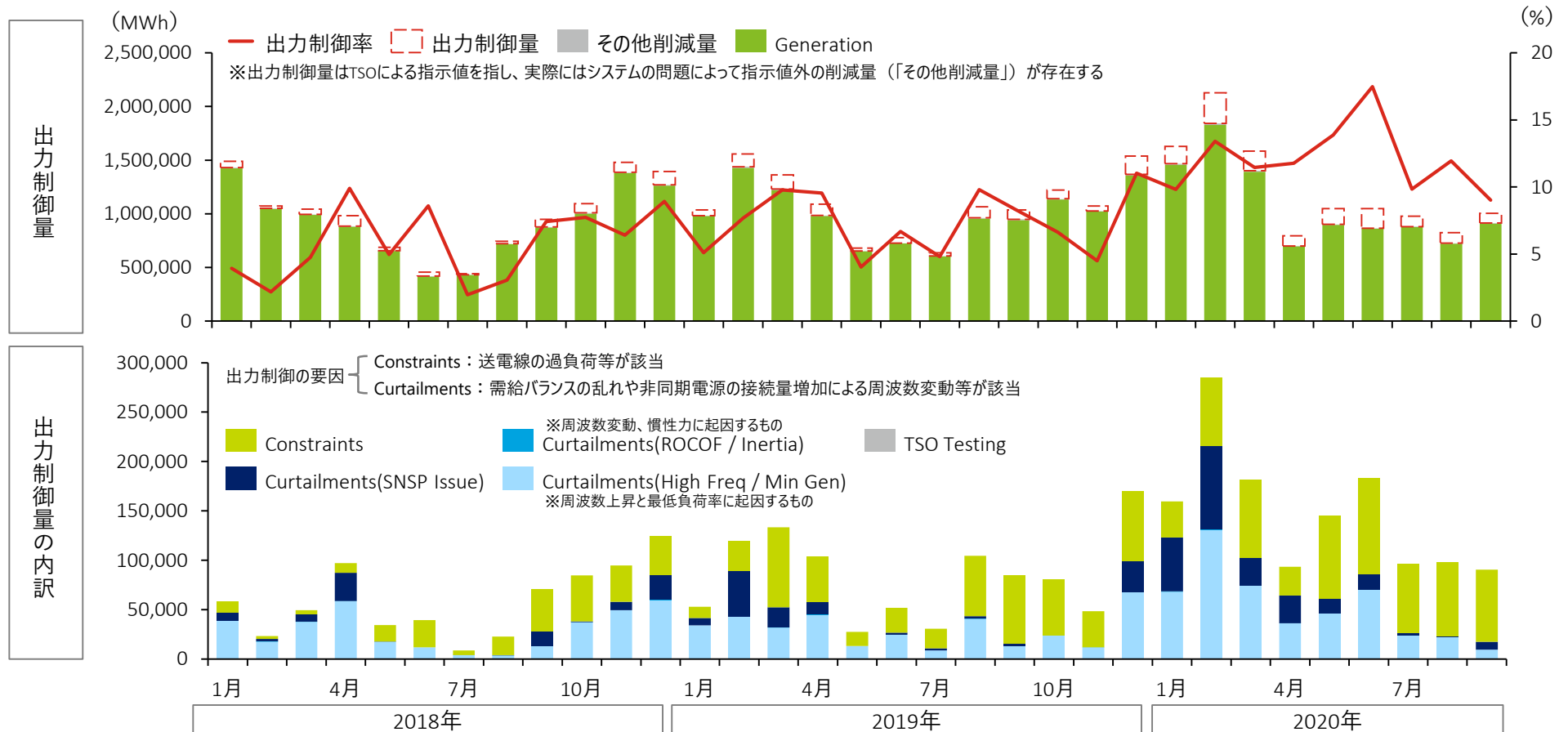
- Constraints：送電線の過負荷等が該当
- Curtailments：需給バランスの乱れや非同期電源の接続量増加による周波数変動等が該当

出所：EirGrid Annual Renewable Energy Constraint and Curtailment Reportを基に作成

出力制御は風況の良い冬季に発生しており SNSP起因の出力制御量が大きくなる傾向がある

風力発電の出力制御量の推移

 アイルランド
※ノースアイルランドを含む



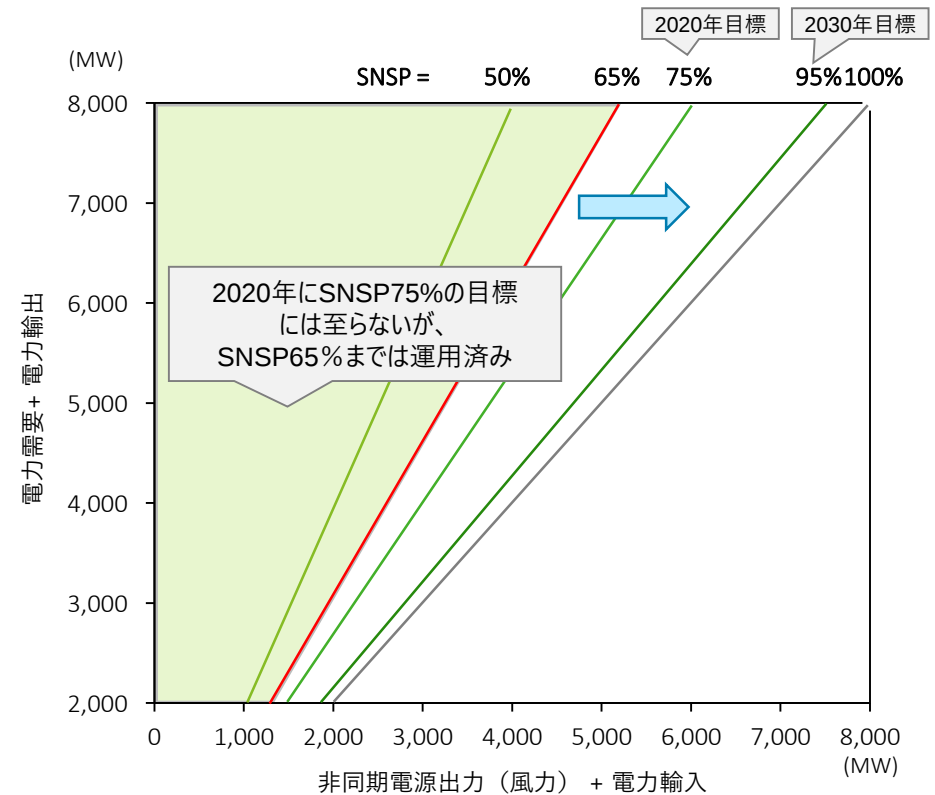
出所：EirGrid Annual Renewable Energy Constraint and Curtailment Reportを基に作成

アイルランドではDS3プログラムにより電力需要に占める非同期電源比率を段階的に引き上げ 現状65%を達成し 2030年には95%を目指す

DS3プログラムとSNSP（非同期電源比率）

 アイルランド

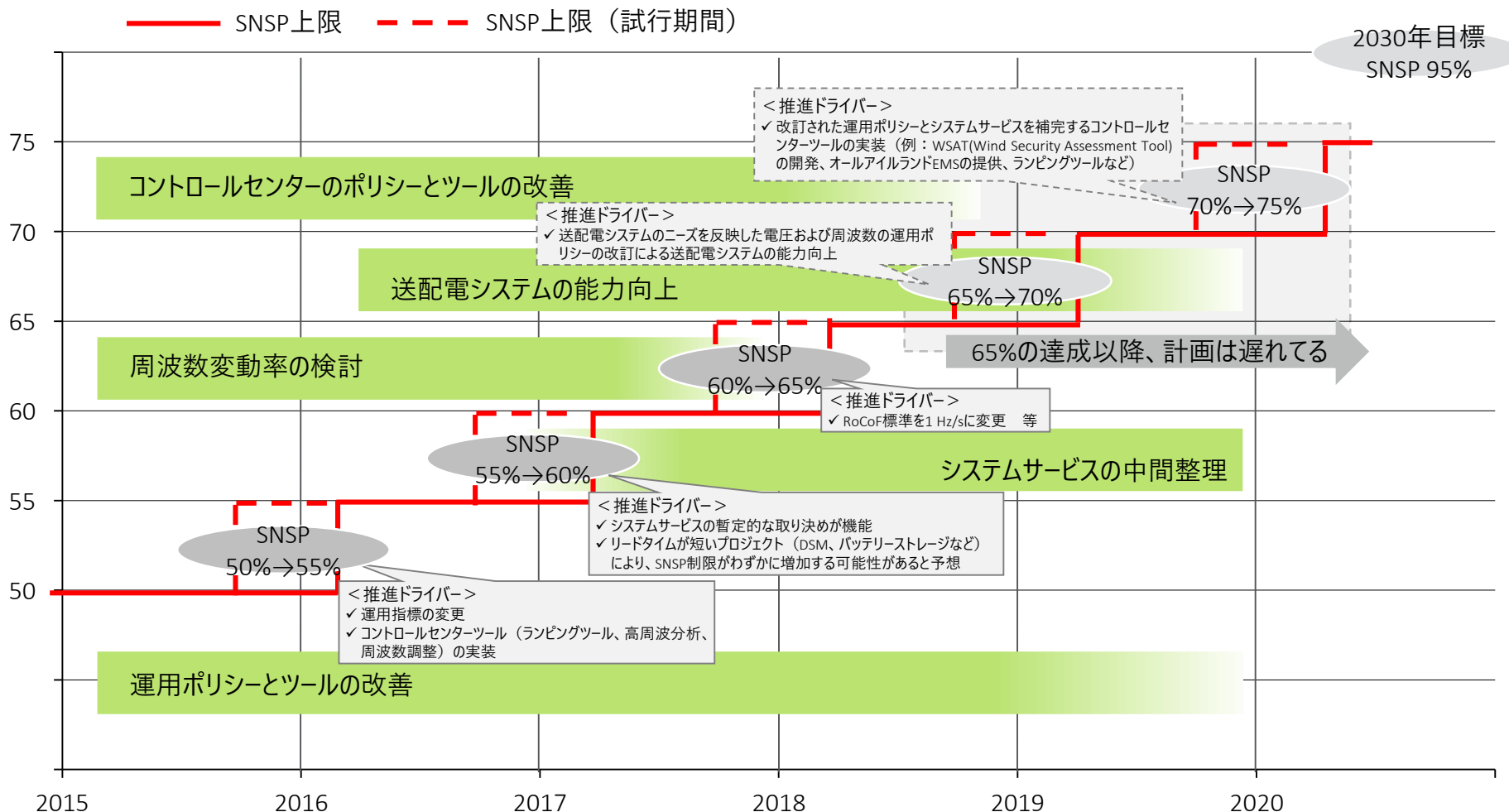
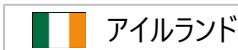
DS3 Programme “Delivering a Secure, Sustainable Electricity System”	
概要	■ 2010年以降、EirGrid及びSONIは、再エネ導入の拡大に伴う電力システムの運用上の課題に関する検討を進めており、周波数応答、ランピング、電圧制御等に係る課題を指摘 ■ これを踏まえ、2011年にDS3プログラムを立ち上げ、2020年までにSNSP上限を50%から75%へ段階的に引き上げることを目標に掲げ、運用の高度化やアンシラリーサービス等に係る検討などSNSP上限の引き上げに向けた計画を示した
SNSP	■ 再エネ導入の拡大に伴い、慣性力の減少が課題となるため、SNSP（System Non-Synchronous Penetration：非同期電源比率）により、系統安定性を管理 $\text{SNSP (\%)} = \frac{\text{非同期電源出力（風力）} + \text{電力輸入}}{\text{電力需要} + \text{電力輸出}} \times 100$
SNSP上限の経過	■ 2011年～50% ■ 2015年10月～55%（2016年3月まで試行期間） ■ 2016年11月～60%（2017年3月まで試行期間） ■ 2017年11月～65%（2018年4月まで試行期間） ■ なお、当初の目標である、2020年までに75%への引き上げには至っていないが、EirGrid “Strategy 2020-2025”では、<u>2030年までに95%まで引き上げることを目指している</u>



出所：EirGrid / SONI “DS3 Programme”, EirGrid “Strategy 2020-2025”を基に作成

SNSPの向上に向け運用ポリシーの改善やランピングや周波数調整ツールの実装を進めるがSNSP65%の達成以降 計画は遅れている

SNSP向上に向けた取組



出所：EirGrid DS3 Programme – Operational Capability Outlook 2016を基に作成

出力制御においては再エネの優先順位は低く ファーム電源であれば出力制御時には補償を受けられる

出力制御順と補償

 アイルランド

電源種別			出力制御順		出力制御時の補償	
			Constraints	Curtailments	Constraints	Curtailments
1	a	従来電源	経済性が最良となるように制御		ファーム：補償あり（逸失利益） ノンファーム：補償なし	
	b	ゲートクローズ後の連系線のカウンタートレード				
2	a	ピート（泥炭）	プロラタ（容量比）で制御		風力の発電量が多くCurtailmentsする場合は、送電容量不足のConstraintsと同様の事象が生じるため、Curtailmentsにおいてもファーム電源には補償が支払われる（ただし、実質的にはCurtailmentsが生じるのは風力のみ）	
	b	ハイブリッド発電				
	c	高効率CHP/バイオマス/水力				
	d	i 制御可能だが現在利用できない	風力は限界費用がなく、複数の発電所間で優劣がない（Tie-break situation）ため、制御可否・ファーム電源の別による制御順を導入（SEM-11-105）		国民負担の軽減させるため、風力については、Curtailmentsにおいて、プロラタで制御し、補償しないことを決定（SEM-13-010）	
		ii 制御可能				
		iii 制御可能な条件をまだ満たしていない				
	e	連系線の再給電	-		-	
	f	洪水時に保安上の危険がある水力	-		-	

上から順に抑制

出所：SEMC（Single Electricity Market Committee）：SEM-11-062, SEM-11-105, SEM-13-010等を基に作成

3. 電力系統に係る政策動向

脱石炭に伴う
系統安定対策



再エネ導入に伴う
系統安定対策



ノンファーム接続に伴う
系統安定対策

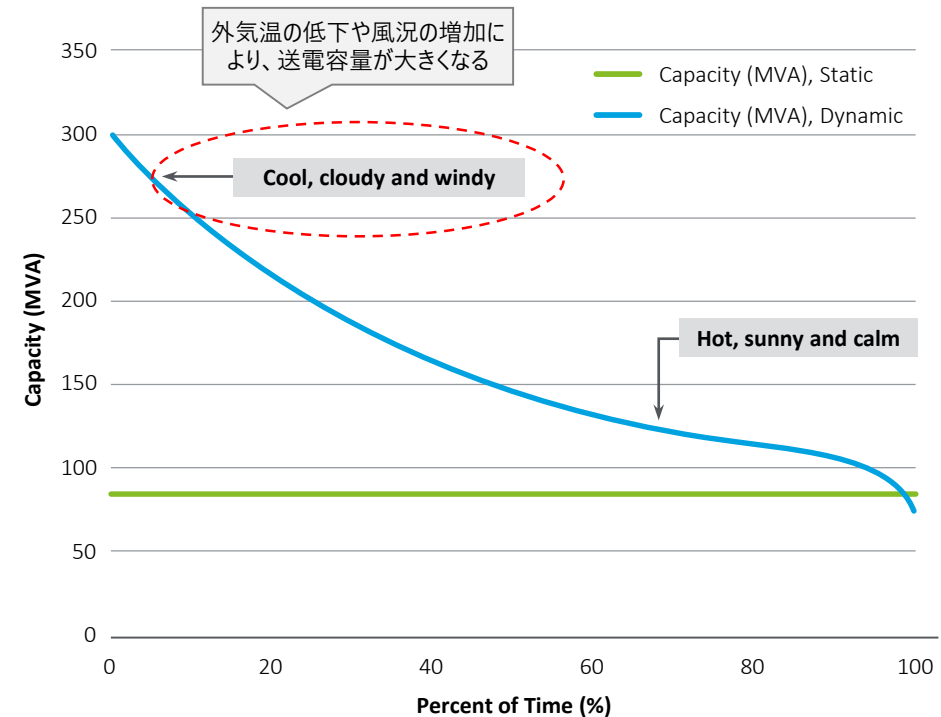


送電容量は本来の値よりも抑制して運用しているが 風況や外気温に応じた送電容量を動的に設定するDLRにより 送電容量を増やすことが可能である

Dynamic line rating (DLR)の概要

SLR	Static Line Rating (SLR) ✓ 外気温が高い時などは、送電線がたるむことから、送電線が持つ本来の電流の最大値より小さい電流しか流れない ✓ SLRは、厳しい天候下でも事故が起こらないよう、送電容量を本来の容量よりも一定に抑制して運用するもの
DLR	Dynamic line rating (DLR) ✓ 低い気温や風は電線に対し冷却効果があり、風況や外気温に応じて送電可能容量を動的に設定することで、送電容量を大幅に増やすことができる

許容電流への影響因子	影響因子		変化量	新しい許容電流
	外気温	2℃の変化	+ / - 2% capacity	
		外気温で 10℃低下	+ 11% capacity	874 アンペア
	日照	曇り	+ / - 数% capacity	
		夜中	+ 18% capacity	929 アンペア
	風速増加 (1 m/s)	45度の風	+ 35% capacity	1,060 アンペア
		95度の風	+ 44% capacity	1,130 アンペア



出所：IRENA DYNAMIC LINE RATING INNOVATION LANDSCAPE BRIEF を基に作成

欧州では1990年代からDLR・DTRの実証が行われており DLRについては 2010年代後半から実運用に入っている

Dynamic rating (DR)の運用状況

国	TSO	DR運用	取組状況
ドイツ	Amprion	DLR 実運用段階	✓ 2019年3月にAmprionとTennet によるEmsland送電線（Dörpen–Hanekenfähr）にDLRを導入 ✓ DLRの導入により、最大送電容量を25%上昇させることで、再給電を減らす ✓ また、DLRの適用先を更に広げるために2022年までに気象観測所を200か所新設予定 (AMPRIION MARKET REPORT 2020)
フランス	RTE	DLR 実運用段階	✓ 2020年10月、RTEはAchiet le Grand – Thillois les Moflaines間の送電線にDLRを導入 (RTE press release)
ベルギー	Elia	DLR 実運用段階	✓ Eliaは、2008年からAmpacimon（DLR運用時のモニタリング機器メーカー）と協力して、履歴データ、気象測定、予測に基く電流容量を計算等の試験に取り組み、複数の送電線にDLRを導入 ✓ 2017年10月、規制機関CREGは、DLRの使用に関するEliaからの提案を一度は否認したが、その後、2018年1月に修正案に基づき、DLRの使用を承認 (CREG・Elia Website)
英国	Western power distribution	DLR DTR 実証済み	Project FALCON (Flexible Approaches for Low Carbon Optimised Networks) 2011年11月-2015年9月 ✓ 以下の設備に対し、DLR・DTRを適用を実証 ✓ 11kV OHL：3か所、33/11kV 変圧器：2か所、11kV/400V 配電変圧器：16か所、33kV/11kV cable：3か所 ✓ 屋外変圧器については冬場は10%程度のレーティングの向上が実証された (Western power distribution Website)

出所：各種公開情報を基に作成

4. 我が国がとるべき政策の方向性

石炭火力の系統等への影響を踏まえ 混焼等によりCO₂削減を担保しつつ 中長期的には残存石炭火力も2050年のカーボンニュートラルの実現に向けた工程表が必要ではないか

我が国がとるべき政策の方向性

安定供給に配慮し、非効率石炭火力のフェードアウトまで一定の猶予期間を確保

- 1 ■ 石炭依存度の低い英国・フランスのような短期での廃止措置は、我が国においては現実的でなく、非効率石炭火力のフェードアウトに向けては、安定供給に配慮し、一定の猶予期間が必要である

2050年のカーボンニュートラルの実現に向けた残存石炭火力の取扱いに係る予見性の向上

- 2 ■ カーボンニュートラルの実現に向けては、残存する高効率石炭火力の扱いについても、CCUSの付帯やアンモニア発電への転換等が必要であるため、どのような対策を求めるかを早期に示すことで、事業者の予見性を高めることが必要である

CCUSや水素・アンモニア発電の実現に向けた支援

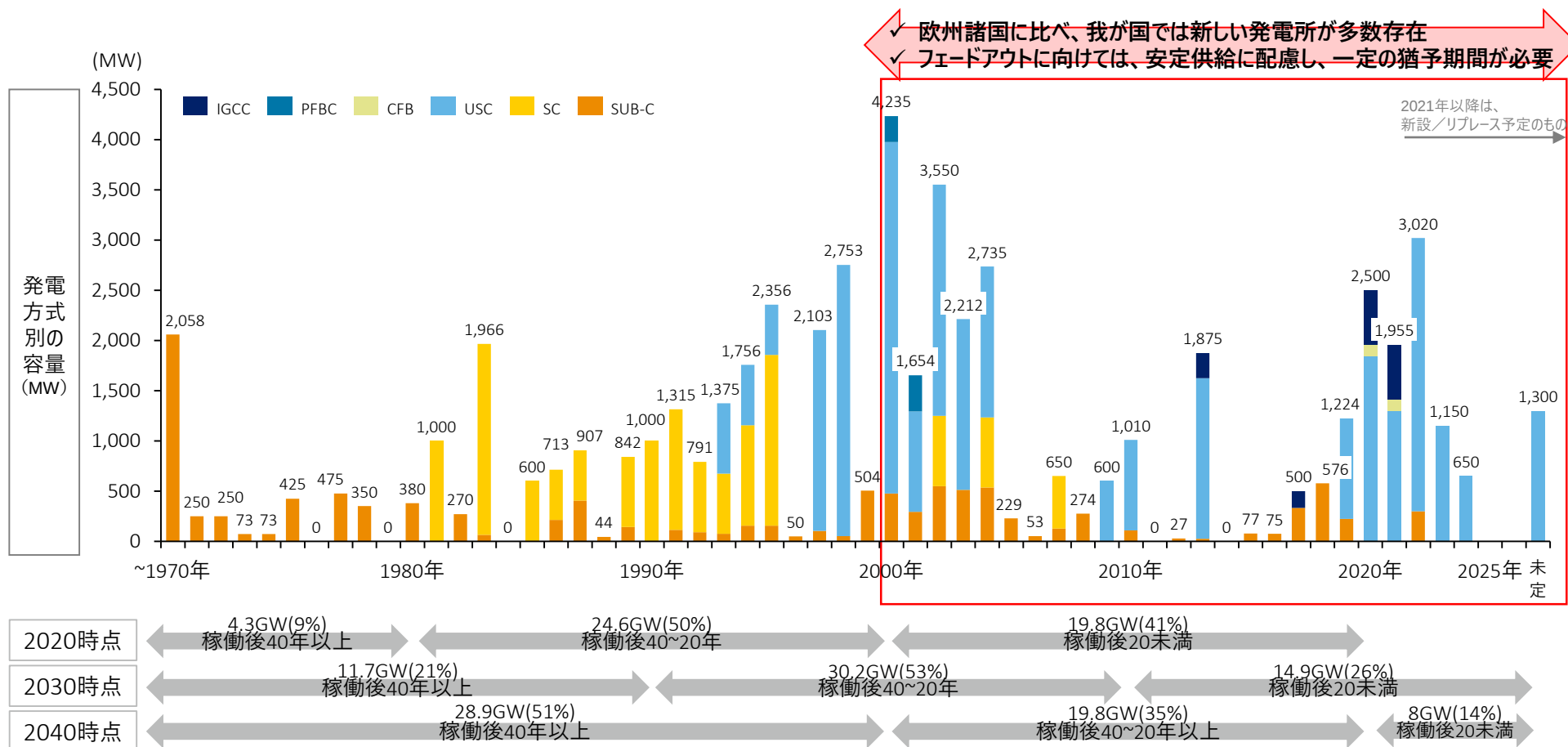
- 3 ■ 2050年のカーボンニュートラルの実現に向けて、石炭火力発電所へのCCUS付帯、水素・アンモニア発電への転換・運用に向け、諸外国における開発動向も踏まえながら、研究開発や実証試験など、実運用に向けた後押しが必要ではないか

④ 我が国がとるべき政策の方向性

非効率石炭火力のフェードアウトに向けては 安定供給に配慮し 一定の猶予期間が必要である

石炭依存度の低い英国・フランスのような短期での廃止措置は、我が国においては現実的でなく、非効率石炭火力のフェードアウトに向けては、安定供給に配慮し一定の猶予期間が必要である。

① 非効率石炭火力のフェードアウトに向け一定の猶予期間を確保



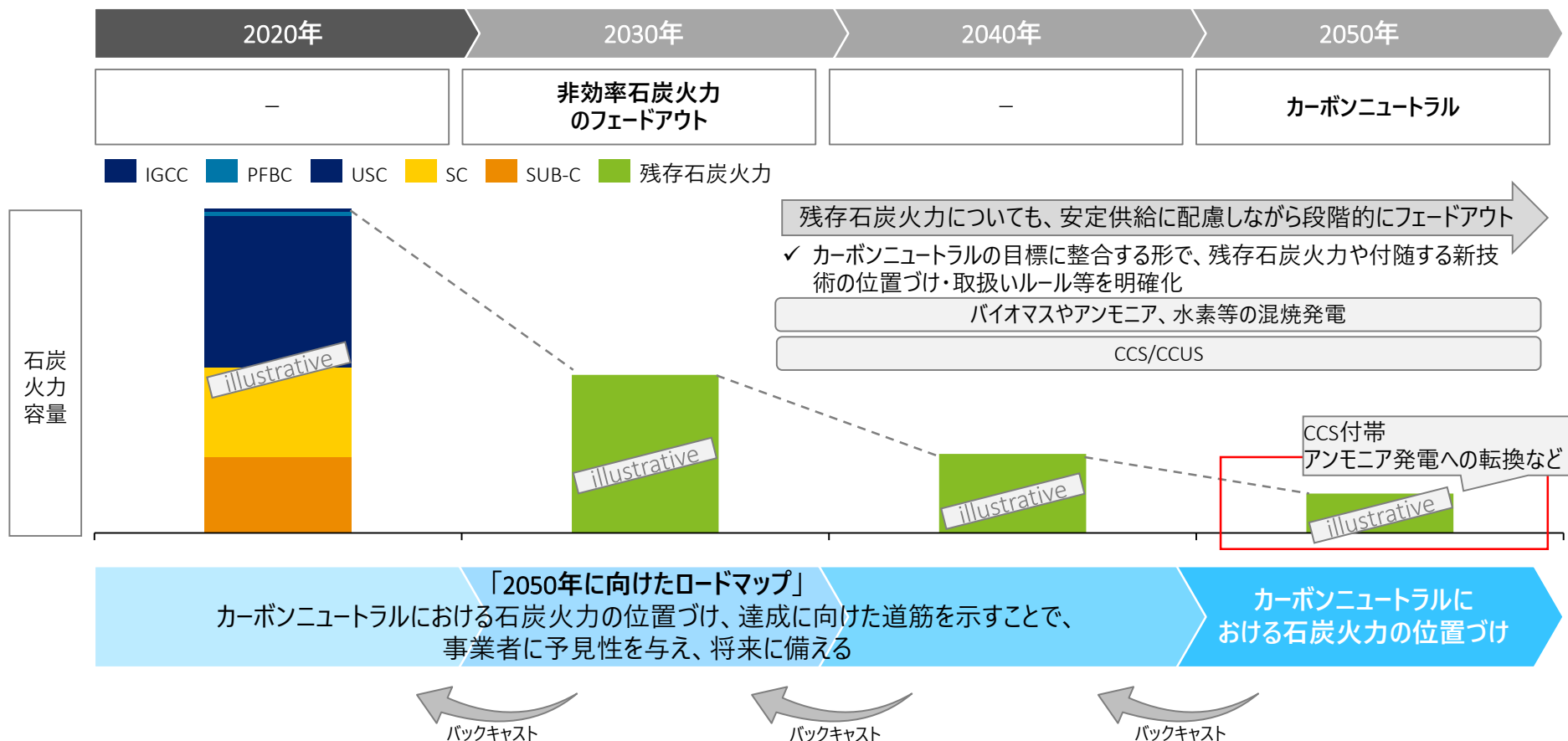
出所：経済産業省「石炭火力発電所一覧（2020年7月31日）」を基に作成

PFBC：加圧流動床複合発電方式
CFB：循環流動層ボイラー

残存する高効率石炭火力の扱いについても 2050年のカーボンニュートラルの目標と整合性のとれるロードマップを描き 事業者の予見性を高めることが必要である

カーボンニュートラルの実現に向けては、残存する高効率石炭火力の扱いについても、CCUSの付帯やアンモニア発電への転換等が必要であるため、どのような対策を求めるかを早期に示すことで、事業者の予見性を高めることが必要である。

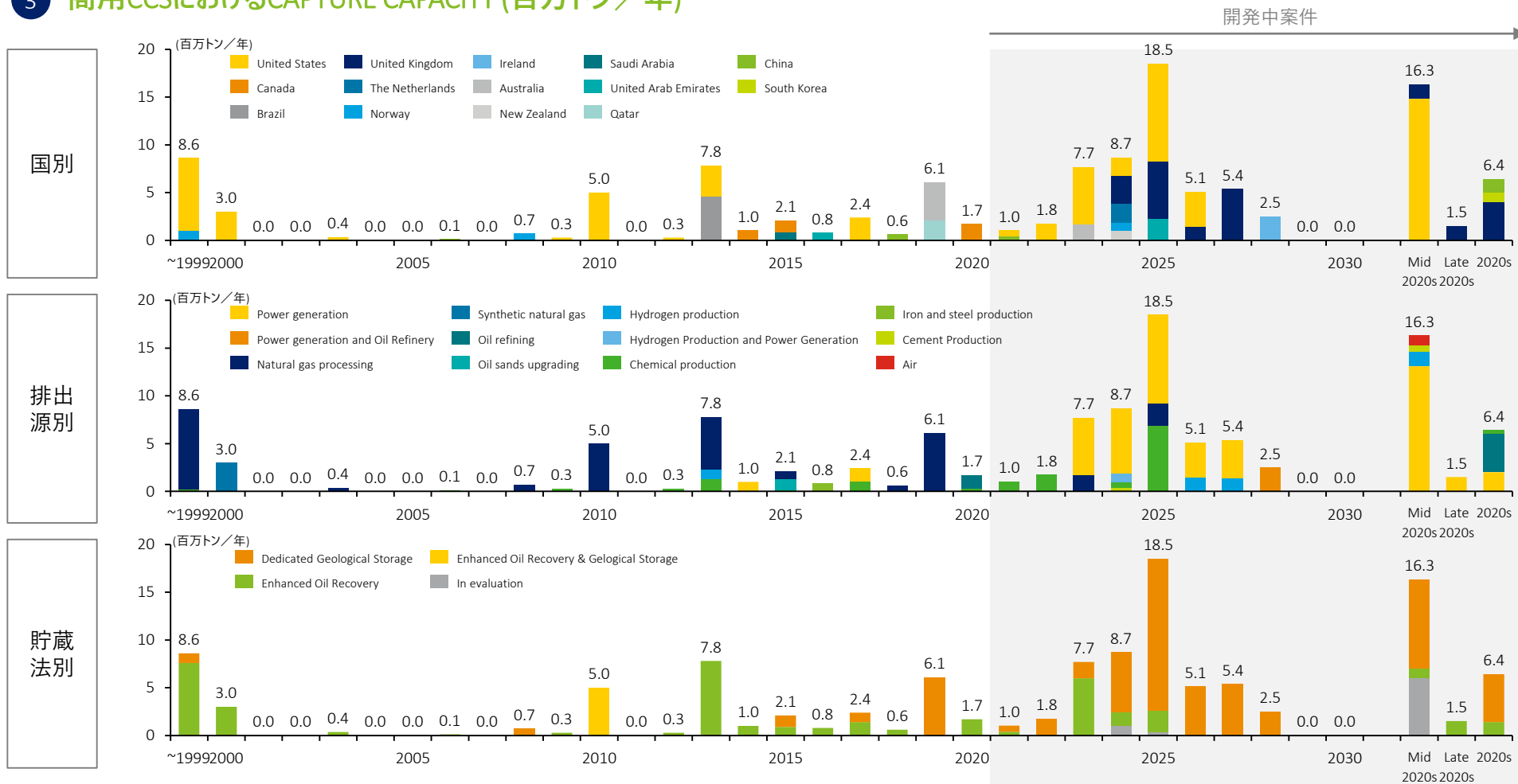
2 2050年のカーボンニュートラルの実現に向けた残存石炭火力の取扱いに係るロードマップ



商用CCSの多くはEORプロジェクトだが 一部LNGプラントで炭素税対策として CCSが実施されており 今後は発電所にも付帯されていく見通し

これまで米国のEORが多かったが、近年では北海におけるCCSプロジェクトを英国、ノルウェー、オランダが推進している。このほか、中東など産油国でもプロジェクトが計画中であり、石油会社がネットゼロ社会に向けてCCSに取り組む事例が増えている。

3 商用CCSにおけるCAPTURE CAPACITY (百万トン／年)



ノルウェーでは 北海のCO2貯留地点にて 他国から船舶によるCO2輸送の受入れが可能なCCSサイトの開発を目指す

③ ノルウェーにおけるCCSの政策的位置付けと主なプロジェクト動向



長期戦略 における CCSの 位置づけ	Norway's long-term low-emission strategy for 2050 ■ CCSは、産業部門における排出削減において、CO2フリーな代替技術や技術発展をもってしても削減しきれない排出分への必要なオプション ■ ノルウェーの計画では、プロジェクトに必要な貯留量よりも大きな容量のCO2貯留サイトを開発することで、他の事業者が独自の貯留サイトを開発することなく、回収したCO2を同じ施設に貯留可能とすることを目指す			
主要 プロジェクト	プロジェクト名	Longship CCS Project (2023-24年稼働予定) (CO2の輸送・貯留を行うNorthern Lights Projectを包含)	参加者	CO2回収： Norcem(セメント工場)、Fortum (廃棄物処理場) 輸送・貯留： Equinor, Shell, TotalのJV (Northern Lights Project)
	予算	€2.3 billion (PJ開始から10年間分の設備投資及び運用コスト) ※このうち70%をノルウェー政府が支援	規模・コスト	2拠点から年間80万tのCO2を回収 年間150万tを貯留可能であり、500万tまで拡大予定 CO2処理コストは、€165-208/t程度
	回収したCO2を 液化した上で、 船舶で輸送 セメント工場、 廃棄物処理場 でCO2を回収 陸上のCO2圧入基地 パイプラインを通じ北海 沖の海底3000mに貯留		■ ノルウェー産業史上最大の気候関連プロジェクト ■ セメント工場とごみ発電プラントから回収したCO2を液化し、船舶で輸送した上で、Equinorら石油会社のJVであるNorthern Lights CCSプロジェクトサイトで圧入 ■ 船舶により国外からのCO2受入れを想定したプロジェクトであり、世界最大の鉄鋼メーカーArcelor Mittalをはじめ、欧州7企業とCCSバリューチェーンの開発に向けたMOUを締結し、船舶輸送によるCO2の受け入れを行う計画 ■ なお、CO2処理コストは€165-208/t程度であるが、ノルウェーでは世界初の商用CCS（オフショア天ガスプロジェクトでのCCS）において、圧入コスト17\$/tとEU-ETSを下回る水準を実現している	

出所：Norway's long-term low-emission strategy for 2050, Norway's Longship CCS project, Northern Lights Project, 各種公開情報等を基に作成

英国では2050年のネットゼロ化が法制化されており

2040年までにゼットゼロ産業クラスターの創設を目標に掲げ複数のプロジェクトが始動

3 英国におけるCCSの政策的位置付けと主なプロジェクト動向



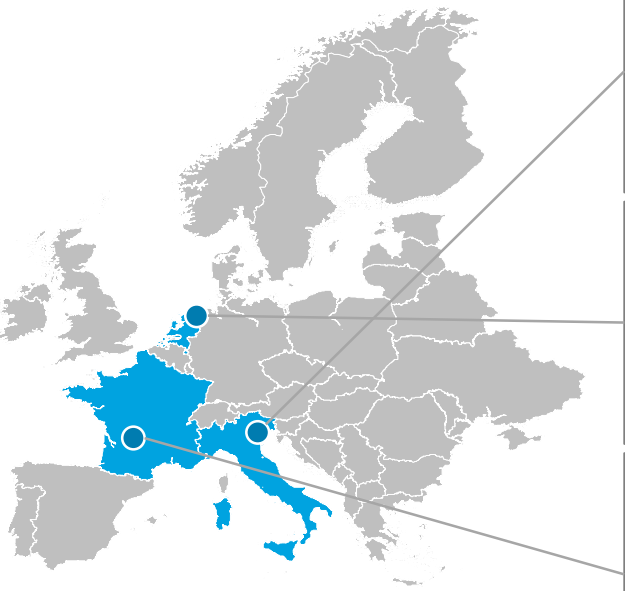
英国

長期戦略におけるCCSの位置づけ	■ 2019年6月、気候変動法の改正により、2050年Net Zeroを法制化 ■ 2020年11月、グリーン産業革命を推し進めるための新政策「<u>10-Point Plan</u>」を示し、12月に同計画に基づくエネルギー白書「<u>Powering our Net Zero Future</u>」を発表。これらに基づきCCUSに関し以下に取り組む ➢ 2025年までに10億ポンドを投資し、2020年代半ばまでに2つ、2030年までに更に2つの産業クラスターにおいてCCUSを展開（うち少なくとも一つは電源セクターでのCCUSを支援） ➢ 2030年までに年間10MtのCO2を回収することを目指す ■ 2040年までにネットゼロ産業クラスターの創設向け、2021年1月、6地域で産業クラスタープロジェクトが採択								
主要プロジェクト	<table> <tr> <td data-bbox="259 639 457 732">プロジェクト名</td><td data-bbox="464 639 1112 732">Humber industrial cluster plan</td><td data-bbox="1118 639 1321 732">参加者</td><td data-bbox="1328 639 1987 732">Humber Local Enterprise Partnershipを主体とするコンソーシアム（British Steel, Centrica, Drax, Equinor, National Grid Ventures, Phillips 66, SSE Thermal and VPI Imminghamが参画）</td></tr> <tr> <td data-bbox="259 743 457 836">予算</td><td data-bbox="464 743 1112 836">£2.6m ※うち £1.7mを英国政府が支援 （合計£8mの基金により6地域でプロジェクトが採択）</td><td data-bbox="1118 743 1321 836">規模</td><td data-bbox="1328 743 1987 836">Humberは英国の中でもCO2排出量の大きな産業クラスター同PJにより英国年間排出量の15%を削減、2040年までに約£27.5 bの炭素税を節減可能</td></tr> </table> 天ガスから水素に変換しCO2を回収域内へ低炭素水素を供給 CO2を北海南部の海底に圧入 ■ 石炭火力発電所からバイオマス転換したDrax発電所ではBECCSによるネガティブエミッションを実施し、最大で年間1,600万トンのCO2削減を期待 ■ SSEのKeadby3発電所は、2020年代半ばまでにCCGTにCCSを付帯した英国初のガス火力発電所となる ■ その他、CO2、水素パイプラインを整備し、地域全体で2040年のネットゼロ産業クラスター化を目指す ■ CO2はNorthern Endurance Partnership(BPがオペレーター)の北海南部の貯留サイトに圧入、他地域から船舶でCO2を受け入れることも可能 — Hydrogen pipeline (illustrative) — CO₂ pipeline (illustrative) ● ZCH businesses/facilities	プロジェクト名	Humber industrial cluster plan	参加者	Humber Local Enterprise Partnershipを主体とするコンソーシアム（British Steel, Centrica, Drax, Equinor, National Grid Ventures, Phillips 66, SSE Thermal and VPI Imminghamが参画）	予算	£2.6m ※うち £1.7mを英国政府が支援 （合計£8mの基金により6地域でプロジェクトが採択）	規模	Humberは英国の中でもCO2排出量の大きな産業クラスター同PJにより英国年間排出量の15%を削減、2040年までに約£27.5 bの炭素税を節減可能
プロジェクト名	Humber industrial cluster plan	参加者	Humber Local Enterprise Partnershipを主体とするコンソーシアム（British Steel, Centrica, Drax, Equinor, National Grid Ventures, Phillips 66, SSE Thermal and VPI Imminghamが参画）						
予算	£2.6m ※うち £1.7mを英国政府が支援 （合計£8mの基金により6地域でプロジェクトが採択）	規模	Humberは英国の中でもCO2排出量の大きな産業クラスター同PJにより英国年間排出量の15%を削減、2040年までに約£27.5 bの炭素税を節減可能						

出所：10-Point Plan, Powering our Net Zero Future, Humber industrial cluster plan, UK Research and Innovation（UKRI）,各種公開情報等を基に作成

欧州ユーティリティーでは2030年代のゼロエミッション化を目指すケースが多く その一環として水素発電に取り組む企業も存在する

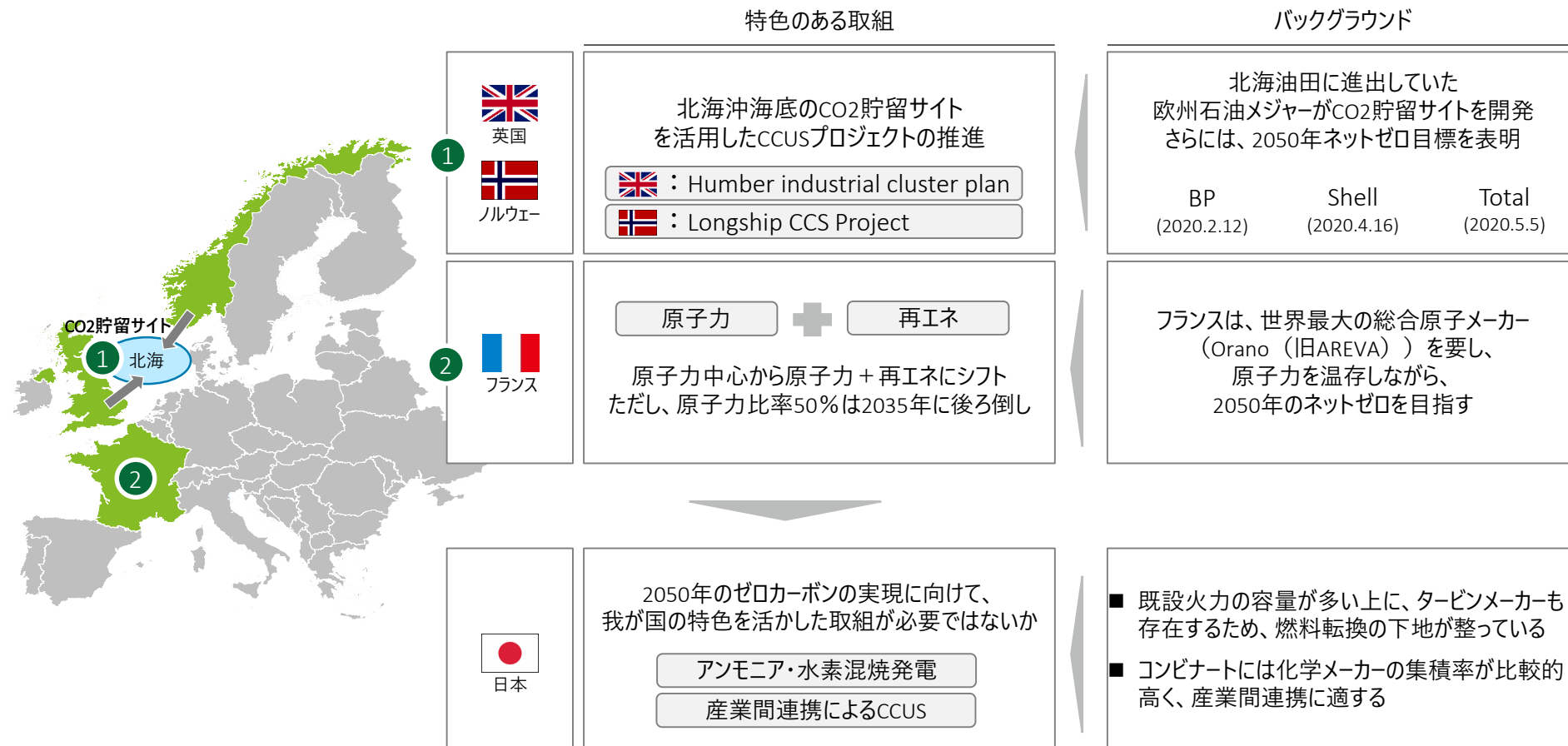
3 欧州における水素発電プロジェクト

	運転開始年	事業者	概要
	2009年	 Enel (GE製タービン)	Fusina hydrogen power station ✓ 世界初の商用水素専焼発電所（2009年稼働） ✓ 発電容量12MW（排熱を既設石炭火力に投入し合計16MW） ✓ 隣接する石油化学プラントの副生水素をパイプラインで供給 ✓ 加えて、石炭ガス化で生成した水素を水素専焼炉に投入し、付随するCO2は貯蔵する ✓ ただし、従来の電気料金の5,6倍程度にのぼる
	2023年予定	 Vattenfall (三菱パワー製タービン)	Nuon Magnum power plant ✓ Vattenfallのオランダ子会社Nuonが操業するGTCCの3ユニットのうち1つ（440MW）を2023年に水素専焼発電へ転換 ✓ 合併事業の一環として、Statoilがノルウェー産天然ガスを水素・CO2に変換（CO2はノルウェー沖地下貯蔵）し、Gasunieは水素の輸送・貯蔵を担い、発電所へ供給する
	2022年（混焼） 2023年（専焼） 段階的に 実証予定	 Engie (SIEMENS製タービン)	HYFLEXPOWER Project ✓ 産業規模としては世界初の水素燃焼タービンを搭載したP2X2P（power-to-X-to-power）の実証プロジェクト ✓ 再生エネルギー由来の水素を製造し、コジェネレーション発電設備（12MW）の燃料として、天然ガスに混入し、2023年に水素専焼への転換を目指す ✓ 総予算€15.2 mのうち€10.5 mをHorizon2020から資金提供を受け、2020年から4年間の実証を行う

出所：各種公開情報等を基に作成

欧州各国はゼロエミ化に向けて自国産業の特色を活かした取組を進めており 我が国においても産業上の特色を踏まえた取組を後押ししていくべきではないか

産業の特色を踏まえた取組の推進



Make your impact

国境 を超え、信をつなぐ。

本件に関するお問い合わせ先

Deloitte.

デロイト トーマツ コンサルティング 合同会社
エネルギーユニット

海外事業戦略・公共政策チーム リード
シニアマネジャー
榎本

Email: teenomoto@tohatsu.co.jp

〒100-6390 東京都千代田区丸の内 3-2-3 丸の内二重橋ビルディング
www.deloitte.com/jp/dtc

デロイト トーマツ グループは、日本におけるデロイト アジア パシフィック リミテッドおよびデロイト ネットワークのメンバーであるデロイト トーマツ 合同会社ならびにそのグループ法人（有限責任監査法人 トーマツ、デロイト トーマツ コンサルティング 合同会社、デロイト トーマツ ファイナンシャル アドバイザリー 合同会社、デロイト トーマツ 税理士 法人、DT 弁護士 法人およびデロイト トーマツ コーポレート ソリューション 合同会社を含む）の総称です。デロイト トーマツ グループは、日本で最大級のビジネス プロフェッショナル グループのひとつであり、各法人がそれぞれの適用法令に従い、監査・保証業務、リスク アドバイザリー、コンサルティング、ファイナンシャル アドバイザリー、税務、法務等を提供しています。また、国内約30都市以上に1万名を超える専門家を擁し、多国籍企業や主要な日本企業をクライアントとしています。詳細はデロイト トーマツ グループ Web サイト（www.deloitte.com/jp）をご覧ください。

Deloitte（デロイト）とは、デロイト トウシュート マツ リミテッド（“DTTL”）、そのグローバル ネットワーク 組織を構成するメンバー ファームおよびそれらの関係法人のひとつまたは複数を指します。DTTL（または“Deloitte Global”）ならびに各メンバー ファームおよびそれらの関係法人はそれぞれ法的に独立した別個の組織体です。DTTLはクライアントへのサービス提供を行いません。詳細は www.deloitte.com/jp/about をご覧ください。

デロイト アジア パシフィック リミテッドはDTTLのメンバー ファームであり、保証有限責任会社です。デロイト アジア パシフィック リミテッドのメンバーおよびそれらの関係法人は、それぞれ法的に独立した別個の組織体であり、アジア パシフィック における100を超える都市（オークランド、バンコク、北京、ハノイ、香港、ジャカルタ、クアラルンプール、マニラ、メルボルン、大阪、ソウル、上海、シンガポール、シドニー、台北、東京を含む）にてサービスを提供しています。

Deloitte（デロイト）は、監査・保証業務、コンサルティング、ファイナンシャル アドバイザリー、リスク アドバイザリー、税務およびこれらに関連するプロフェッショナル サービスの分野で世界最大級の規模を有し、150を超える国・地域にわたるメンバー ファームや関係法人のグローバル ネットワーク（総称して“デロイト ネットワーク”）を通じFortune Global 500®の8割の企業に対してサービスを提供しています。“Making an impact that matters”を自らの使命とするデロイトの約312,000名の専門家については、（www.deloitte.com）をご覧ください。

本資料は皆様への情報提供として一般的な情報を掲載するのみであり、その性質上、特定の個人や事業体に具体的に適用される個別の事情に対応するものではありません。また、本資料の作成または発行後に、関連する制度その他の適用の前提となる状況について、変動を生じる可能性もあります。個別の事案に適用するためには、当該時点で有効とされる内容により結論等を異にする可能性があることをご留意いただき、本資料の記載のみに依拠して意思決定・行動をされることなく、適用に関する具体的事案をもとに適切な専門家にご相談ください。



二次利用不可リスト

令和２年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業
（石炭火力と電力系統に係る諸外国の政策動向等に関する調査）
報告書の題名 最終報告書

令和２年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業
（石炭火力と電力系統に係る諸外国の政策動向等に関する調査）
委託事業名

受注事業者名 デロイト トーマツ コンサルティング合同会社

頁	図表番号	タイトル
8	図表1	欧州における石炭火力に対する政策状況
9	図表2	脱石炭火力表明国における石炭火力容量の見通し
12	図表3	各国エネルギー政策上の背景と脱石炭目標
13	図表4	発電電力量構成
14	図表5	電源構成
15,16	図表6	残存石炭火力の稼働年数
17	図表7	GHG排出目標値と排出量の推移
18	図表8	ドイツにおける発電電力量とCO2排出量の推移
20	図表9	石炭火力フェードアウトに向けた実効策の概要
21	図表10	各国の廃止対象基準と廃止スケジュール
22	図表11	各国の廃止の担保措置や雇用対策の概要
24	図表12	電源構成の推移（ドイツ）
25	図表13	残存石炭火力の稼働年数（ドイツ）
26	図表14	脱石炭に係る関連法体系と規制の概要（ドイツ）
27	図表15	廃止スケジュール（ドイツ）
28	図表16	残存石炭火力発電所に係る動向（ドイツ）
29	図表17	石炭火力保有事業者の業種分類
30	図表18	廃止の担保措置・雇用対策
31	図表19	（参考）ドイツ成長・構造改革・雇用委員会（通称：石炭委員会）の概要
32	図表20	脱石炭に向けた入札制度の概要
33	図表21	2020年第1回オークションの結果
34	図表22	脱石炭に向けた入札制度におけるフロー
36	図表23	ドイツのCHP補助金制度

二次利用不可リスト

令和２年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業
（石炭火力と電力系統に係る諸外国の政策動向等に関する調査）
報告書の題名 最終報告書

令和２年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業
（石炭火力と電力系統に係る諸外国の政策動向等に関する調査）
委託事業名

受注事業者名 デロイト トーマツ コンサルティング合同会社

頁	図表番号	タイトル
37	図表24	天然ガス・石炭の価格推移
38	図表25	天然ガス・石炭の価格比の推移
39	図表26	電力輸出入量の推移
40	図表27	電源構成の推移
41	図表28	送電網整備の進捗状況
43	図表29	電源構成の推移（オランダ）
44	図表30	残存石炭火力の稼働年数（オランダ）
45	図表31	脱石炭に係る関連法体系と規制の概要（オランダ）
46	図表32	廃止スケジュール（オランダ）
47	図表33	残存石炭火力発電所に係る動向（オランダ）
49	図表34	電源構成の推移（英国）
50	図表35	残存石炭火力の稼働年数（英国）
51	図表36	脱石炭に係る関連法体系と規制の概要（英国）
52	図表37	廃止スケジュール（英国）
53	図表38	残存石炭火力発電所に係る動向（英国）
55	図表39	電源構成の推移（フランス）
56	図表40	残存石炭火力の稼働年数（フランス）
57	図表41	脱石炭に係る関連法体系と規制の概要（フランス）
58	図表42	廃止スケジュール（フランス）
59	図表43	残存火力発電所に係る動向（フランス）
61	図表44	電源容量の増減内訳
62	図表45	予備電力確保の仕組み
64	図表46	電源構成の推移

二次利用不可リスト

令和２年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業
（石炭火力と電力系統に係る諸外国の政策動向等に関する調査）
報告書の題名 最終報告書

令和２年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業
（石炭火力と電力系統に係る諸外国の政策動向等に関する調査）
委託事業名

受注事業者名 デロイト トーマツ コンサルティング合同会社

頁	図表番号	タイトル
65	図表47	出力制御率とSNSP
66	図表48	風力発電の出力制御量の推移
67	図表49	DS3プログラムとSNSP（非同期電源比率）
68	図表50	SNSP向上に向けた取組
69	図表51	出力制御順と補償
71	図表52	Dynamic line rating (DLR)の概要
72	図表53	Dynamic rating (DR)の運用状況
75	図表54	非効率石炭火力のフェードアウトに向け一定の猶予期間を確保
77	図表55	商用CCSにおけるCAPTURE CAPACITY (百万トン／年)
78	図表56	ノルウェーにおけるCCSの政策的位置付けと主なプロジェクト動向
79	図表57	英国におけるCCSの政策的位置付けと主なプロジェクト動向
80	図表58	欧州における水素発電プロジェクト
81	図表59	産業の特色を踏まえた取組の推進