



石炭火力発電輸出への公的支援に関する ファクト集の作成に向けて

2020年4月
環境省



「パリ協定の目標達成に向け、石炭火力も含め世界の脱炭素化を進めるための取組については、石炭火力輸出支援の4要件の見直しについて、次期インフラシステム輸出戦略骨子に向け、関係省庁で議論をし結論を得る。」こととされていることを踏まえ、
議論の土台となる石炭火力輸出への公的支援に関するファクトを整理することとしたい。

委員からご意見をいただきたい点

- ファクト検討会では、限られた期間の中で、4要件の見直しについての議論において踏まえるべきファクトを最大限収集し、多角的な議論を可能とするファクト集を作成いただきたい。
- この目的に向けて、委員からは、踏まえるべきファクトについてご指摘、又は情報提供をいただきたい。
- 積み上げていくファクトの中で、重要と考えられるポイントについてご意見がありましたら、ご指摘いただきたい。

■ 今後、委員からのご指摘、情報提供やヒアリング等をとおしてファクトを積み上げていくこととなるが、例えば以下のような観点でファクトを整理していくことが考えられるのではないか。

1. 諸外国の状況
2. ビジネス・金融の動向
3. 技術
4. 価格競争力
5. 環境・社会配慮

(以下、参考)

- 以下、上述の観点に照らしてファクトの整理を進める場合の一例として以下のスライドを用意。
- 本日のご意見を踏まえ、また今後のヒアリング等をとおして、ファクトを積み上げていくこととしたい。

1. 諸外国の状況

各国の石炭火力に関する政策一覧

■ 主要先進国は、石炭火力を廃止、又はその依存度を下げることとしている。

国	石炭火力の発電電力量の割合	方針	関連する主な施策
イギリス	29%→7%→- [30年目標:0%]	2025年までに石炭火力発電を廃止	<ul style="list-style-type: none"> CO2排出基準案を公表 EU-ETS対象国、加えて、独自に下限価格（CPF）を設定 2017年のグリーン成長戦略（CGS）の下で、CCUS推進
フランス	5%→3%→- [30年目標:0%]	2022年までに石炭火力発電を廃止 ※なお、2018年1月のダボス会議で、マクロン大統領が2021年までに世石炭火力発電の廃止を公言したが、その後の方針転換の動きはない。	<ul style="list-style-type: none"> 新規火力発電所はCCS-readyの要件を満たした上で、CCSの実証実験の実施を要求する法律を制定（Grenelle law 1） EU-ETS対象国
ドイツ	43%→39%→-	遅くとも2038年までに石炭火力を廃止予定 ※ドイツ脱石炭委員会が採択した上記の廃止予定を含む最終報告は、連邦政府に承認され、今後法制化に進む見込み。	<ul style="list-style-type: none"> EU-ETS対象国 2016年に褐炭火力発電の予備力^{*1}移行を含めた法律を制定 2019年に産炭地構造強化法^{*2}を法制化
米国	46%→31%→19%	前政権のグリーンパワープラン(CPP)を見直し、アフォーダブル・グリーン・エナジー(ACE)を発令。ACEによって、2030年には、電力部門のCO2排出量を2005年比で、最大35%削減可能との見込み。	<ul style="list-style-type: none"> 北東部9州において、排出量取引（アメリカ北東部州地域GHGイニシアチブ（RGGI））導入済 カリフォルニア州において、排出権取引制度導入済
カナダ	13%→9%→-	2030年までに従来型石炭火力発電(CCSなし)を段階的に廃止 ※従来型石炭電源は、2029年以前の操業廃止か、2030年以降0.420kg-CO2/kWhの排出規制の順守（CCSなしには達成不可能）が求められる。	<ul style="list-style-type: none"> 州及び準州は、独自のカーボンプライシングを設定するか、連邦政府が提示した炭素価格の水準要件が満たさない場合には、連邦カーボンプライシングバックストップ（2022年に50カナダドル/t-CO2の炭素税及び大規模排出事業者に対する排出量取引制度）が適用される 一部の州は、導入義務付けは違憲として、連邦政府を控訴中
中国	77%→68%→51%	2020年の石炭火力発電の総量を、11億kW以下に抑制する。	<ul style="list-style-type: none"> 老朽化した石炭火力発電所の閉鎖及び石炭火力の新増設計画の認可の取り消し又は完工時期の延期 2017年に、全国排出量取引制度（当面は発電部門のみ対象）の開始を発表（実質的な開始は2020年以降の見込み）
日本	27%→33%→23% [30年目標:26%]		<ul style="list-style-type: none"> 省エネ法・高度化法の目標設定、運用強化 地球温暖化対策税導入、2016年4月に最終税率への引き上げ完了

※1：バックアップ発電容量を確保するため、卸電力市場での売電は禁止するものの、落札価格に基づいて待機費用等の補助を与える制度。

※2：褐炭採掘地域に対する投資支援や、石炭火力廃止の影響を受ける地域に対する研究支援等を定めた法律。

注：「石炭火力割合」は発電量における石炭火力発電の割合。2010年実績→2017年実績→2030年見通し（EU、米国、中国、インド、日本は“World Energy Outlook 2019”のStated policyの実績値と見通し、それ以外はIEA data browserを参照。「-」はデータなし。）。

出所）各国公表資料、海外電力調査会『諸外国の概要 2019年版』

各国の石炭火力に関する政策一覧

■ アジアの主要新興国・途上国は、石炭火力の比率は下がる国もあるが、容量は総じて増加する見込み

国・地域	石炭火力容量（GWと割合）	GHG削減方針や石炭火力の計画
インド	<ul style="list-style-type: none"> 192GW → 217GW → 238GW 59% → 45% → 39% 	<ul style="list-style-type: none"> 2030年までに非化石電源容量40%が目標 2018年に公表されたNEP（National Electricity Plan）では、現在の192GW（2017年3月末）の石炭火力に加えて、約48GWが建設中（2022年まで更なる追加は必要ないが、2027年に向けては94GWの新設が必要）
インドネシア	<ul style="list-style-type: none"> 29.9GW → 39.5GW → 57.2GW 49% → 48% → 43% 	<ul style="list-style-type: none"> 2030年までに温室効果ガス対策を実施しなかった場合と比較して29%削減の目標 2020年までに6GW以上、2028年までに約27GWの石炭火力を拡大させる予定
ベトナム	<ul style="list-style-type: none"> 14.4GW → 22.3GW → 44.4GW 34% → 42% → 43% 	<ul style="list-style-type: none"> 2030年までにGHG排出量をBAU比で8%削減の目標 PDP7(revised)では、2016年に14GWの石炭火力を、2020年に26GW、2030年に55GWまで拡大させる予定
バングラディッシュ	<ul style="list-style-type: none"> — 	<ul style="list-style-type: none"> 2030年までにGHG排出量を5%削減の目標
フィリピン	<ul style="list-style-type: none"> 7.4GW → 10.3GW → 12.7GW 34% → 38% → 40% 	<ul style="list-style-type: none"> 2030年までにGHG排出量をBAU比70%削減の目標 2015年に12GWの建設が予定されていた石炭火力のうち、現在3.2GWが建設され、さらに14.6GWが建設予定またはパイプライン上に存在
マレーシア	<ul style="list-style-type: none"> 9.5GW → 12.5GW → 15.3GW 32% → 34% → 33% 	<ul style="list-style-type: none"> 2005年を基準年として、2030年までにGHG排出量を35%削減の目標

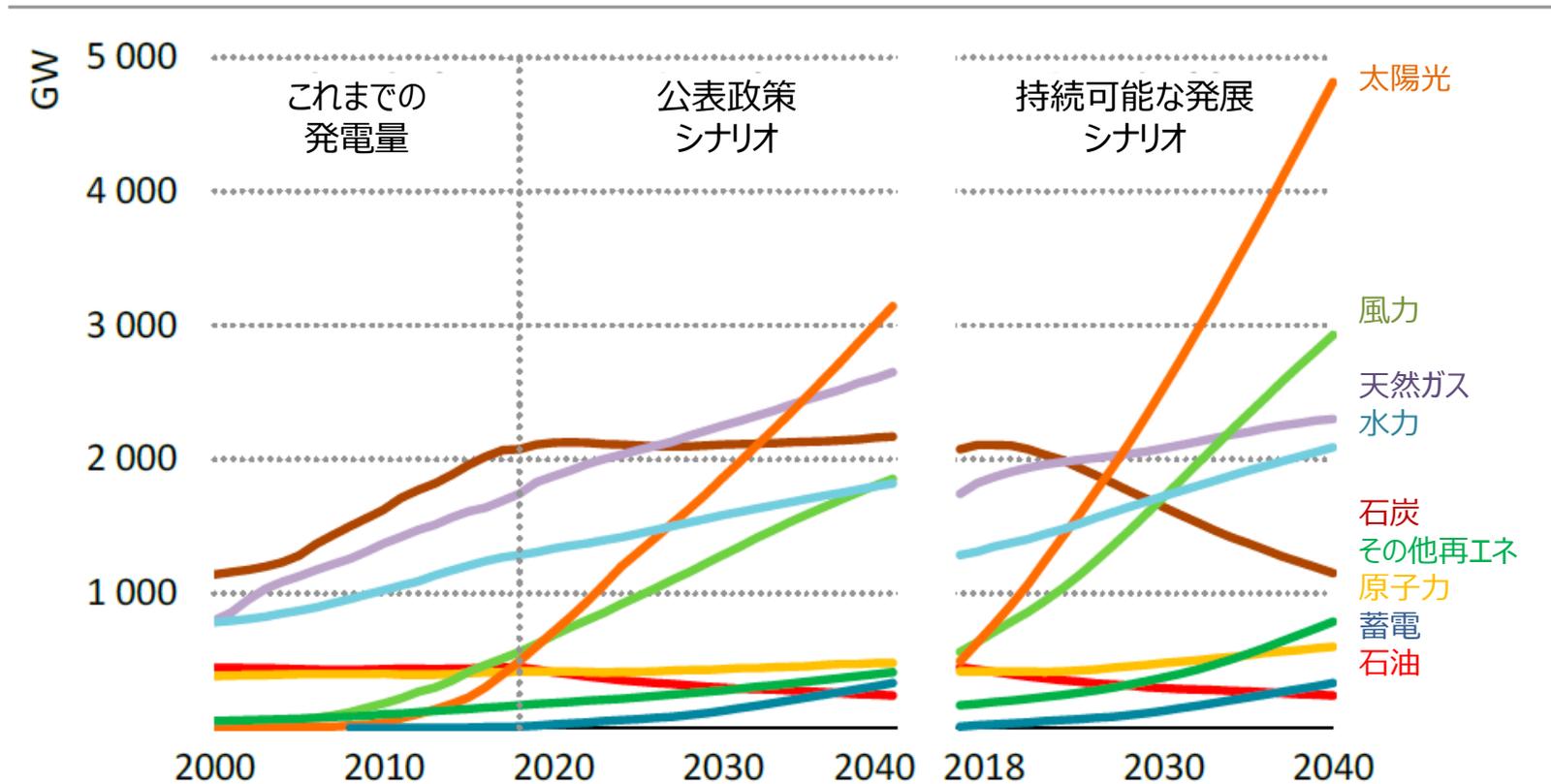
出所) Climate Action Tracker、海外電力調査会『諸外国の概要 2019年版』、APEC（2019）「APEC Energy Demand and Supply Outlook 7th Edition - Volume II」、各国公表資料、インドCEA(2018) National Electricity Plan

注：「石炭火力容量」は、2016年実績→2020年見通し→2030年見通し（出所はAPEC（2019）。「—」はデータなし。）。
ただし、インドのみ、2017年3月末実績→2021-22年計画→2026-27計画（出所はCEA）

世界全体での発電容量のシナリオ (IEA)

- IEAは、世界全体での2040年までのシナリオを示している。
- 公表政策シナリオ（現状維持）では、石炭火力の容量は現状から概ね維持され、持続可能な発展シナリオ（2度目標達成）では、約半減するとの分析がなされている。

2040年までの世界の発電容量 (シナリオ・電源別)

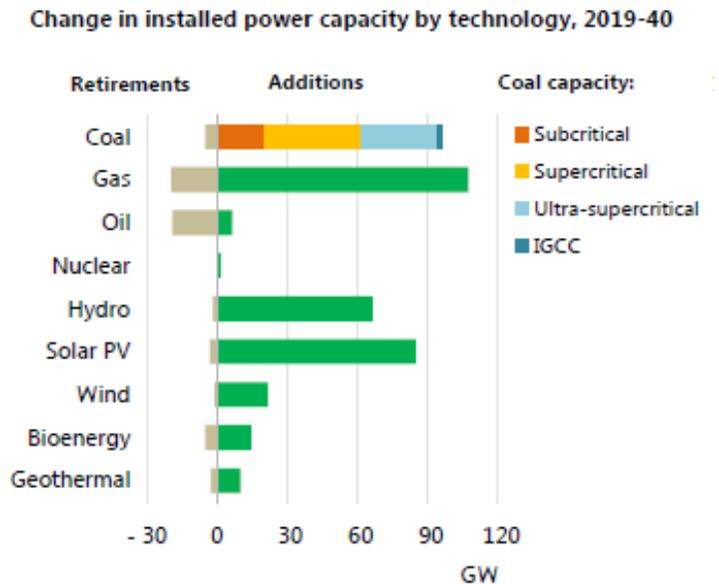


出所) IEA "World Energy Outlook 2019"環境省訳

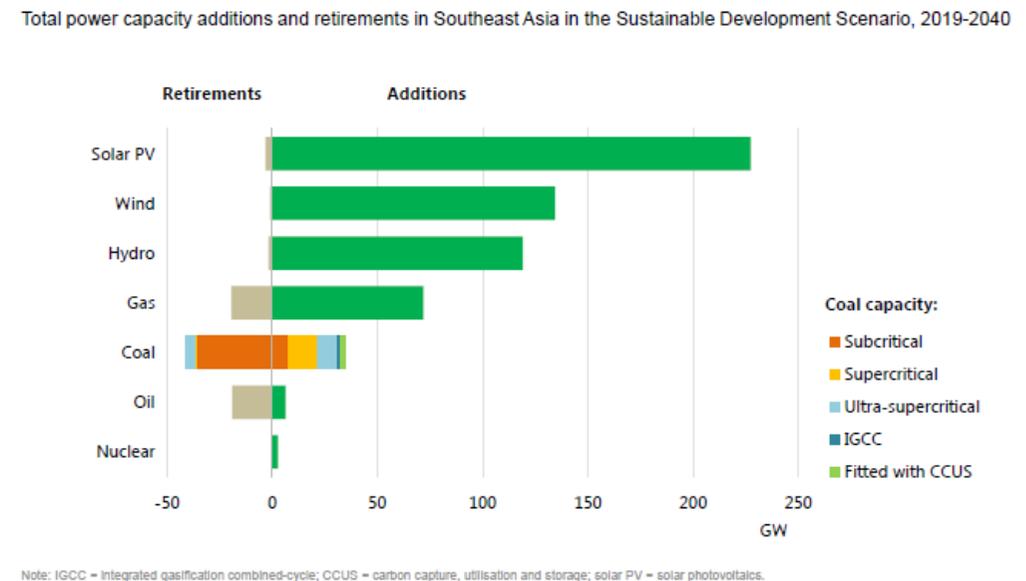
東南アジアにおける発電容量のシナリオ (IEA)

- IEAでは、東南アジア地域で2040年までの廃止・追加電源のシナリオを示している。
- 公表政策シナリオ（現状維持）では100GW程度の石炭火力が新設される一方、持続可能な発展シナリオ（2度目標達成）では、再エネ・ガスを最大限伸ばし、需要を満たせない分のみ石炭はリプレイスで賄うというシナリオを描いている。

2040年までの廃止・追加電源
(公表政策シナリオ)



2040年までの廃止・追加電源
(持続可能な発展シナリオ)



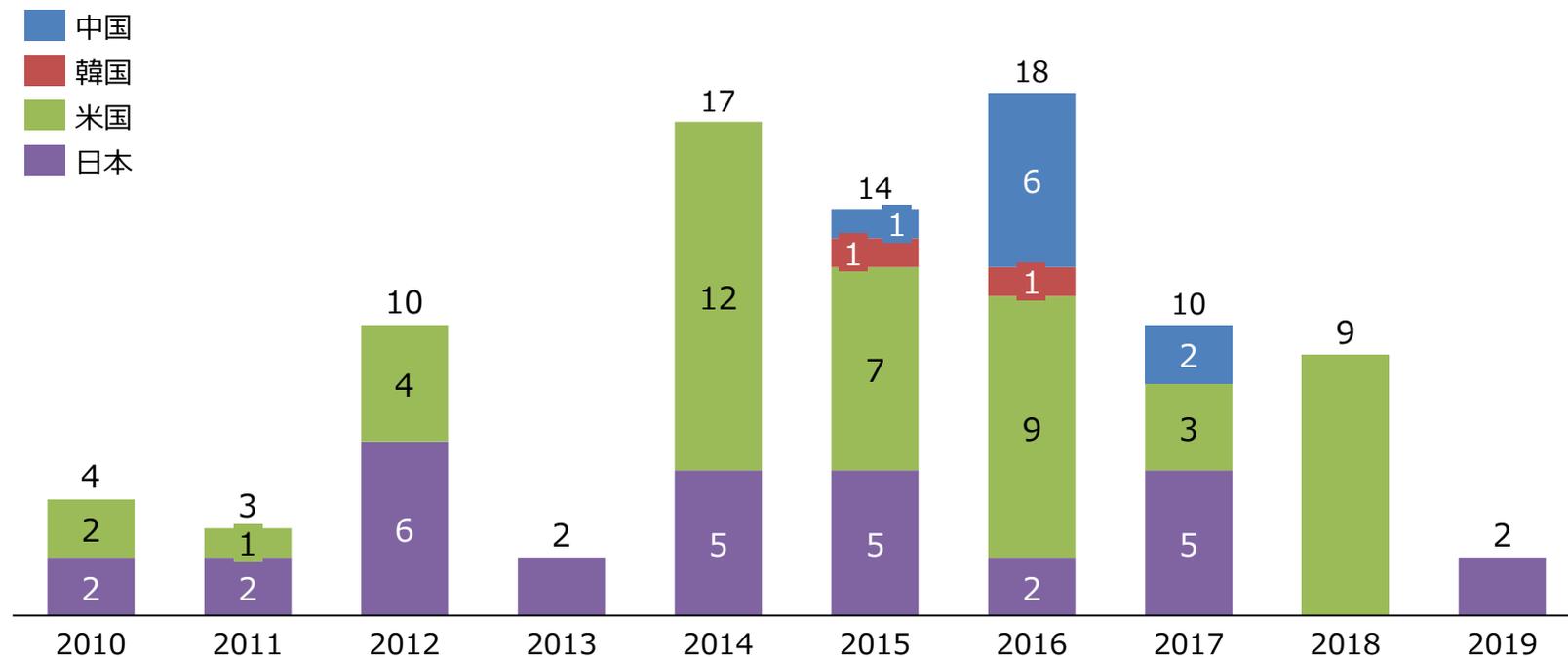
出所) IEA "Southeast Asia Energy Outlook 2019", October 2019

2. ビジネス・金融の動向

USCボイラーの輸出実績（着工指示）

- 我が国のUSCボイラーの輸出は、直近5年で（過去10年でも）米国に次ぐ実績。

着工指示年別案件数（技術ライセンスがある国ベースでの集計）※1



※1 本集計は、自国での着工指示案件は含まない。ボイラーの技術ライセンスを保有する製造メーカーの本拠地がある国により集計。
 例えば、インドL&TがMHIの技術で製造しインドで収めた場合には、日本メーカーの技術がインドに収められたとして輸出案件として計上している。

O&Mビジネスの展開

- **ボイラー納入にとどまらず、O&Mビジネス（Operation & Maintenance : 運転・保守）も多く展開されている。**

MHI	ベトナム	EVN傘下の発電会社EVNGENCO3に対して発電所の運転・保守（O&M）支援および技術者の技術力向上に向けたトレーニングを提供	2020/1/17
	グローバル	長崎工場内に「遠隔監視センター」を開設、顧客発電設備のO&Mをサポート。遠隔監視拠点では、高砂工場（兵庫県高砂市）、米国オーランド（フロリダ州）、フィリピンのアラバン（モンテルパ市）に次いで4カ所目。	2019/1/21
	台湾	AI活用によるボイラー燃焼調整で、年間1億円程度のコスト低減効果を実証、台湾電力の林口火力発電所（USC80万kW×3）に導入したシステムを改良	2018/6/11
	インドネシア	火力発電システムのフィールドサービス協業へ、ジャワ・バリ発電会社（PT. Pembangkitan Jawa Bali : PJB）、インドネシアパワー社（PT. Indonesia Power : IP）、三菱商事とともに	2016/3/31
	モンゴル	第四火力発電所が運営する同国最大の石炭焚き火力発電所1～8号機のリハビリ工事を受注、設備の性能向上と寿命延伸を目指す	2016/2/8
	ウズベキスタン	国営ウズベクエネルギーと発電オペレーション・メンテナンス（O&M）に関する覚書を締結	2015/2/2
IHI	インドネシア	スラヤ発電所向けボイラ改修工事を受注 ～ライフサイクル事業で同国の電力安定供給に貢献～	2020/2/18
	日本	苫東厚真発電所 4号機におけるボイラー保守技術高度化システムの導入	2019/12/2
	モロッコ	発電ボイラ向け（サフィ発電所：2018年に同社がボイラを納入）の長期保守契約を連続受注 ～海外拠点を活用したライフサイクルビジネスを拡大～	2019/10/16
	モロッコ	グループ初 ボイラ設備の長期保守契約を締結 ～モロッコ 大型石炭火力発電所の安定運営に貢献～	2018/1/24
東芝	オーストラリア	豪州のマウントパイパー石炭火力発電所向け大型改修工事を契約 ― 高性能化で60MWの出力増強を実現 ―	2019/7/8
	フィリピン	カラカ石炭火力発電所の運転・維持管理に係るコンサルタント業務」の関西電力と共同での受託	2019/4/8
	北米	北米における発電事業の体制強化：STG（蒸気タービン発電機）事業の営業・サービス窓口を一本化し、ワンストップでソリューションを提供できる体制を構築	2014/12/5
	北米	火力サービス事業会社 ReGENco社の買収	2007/4/2

電力事業者の海外展開

■ 電力事業者は、海外展開を積極的に推進。再エネやガスに関して方針が示されている。

	直近の持分出力*1	アジア	北米	中南米	豪州	中東	欧州	その他	海外の発電事業目標 開発する発電方式
JERA	約900万kW (2019年4月)	✓	✓	✓		✓	✓		500万kW (2025年、再エネ) *2 “クリーン・エネルギー経済へと導くLNGと再生可能エネルギーにおけるグローバルリーダー”
関西電力	約260万kW	✓	✓		✓		✓		約1,000~1,200万kW (2025年) “SDGs・ESGと脱炭素化の世界的広がりをリードすべく、水力・風力等の再エネプロジェクトの組成・参画”
九州電力	約220万kW (2019年9月)	✓	✓	✓					500万kW (2030年) “国内で培った技術を活用し、LNGや再エネなど多様な発電方式に取り組む”
中国電力	80万kW (2020年1月)	✓	✓						N/A “海外での再生可能エネルギー開発も含めて取り組む”
四国電力	約68万kW (2019年4月末)	✓	✓	✓		✓			150万kW程度 (2025年度) “ガス火力から発電方式を拡大”
東北電力	35万kW (2018年度末)	✓		✓					120万kW (2030年) “海外発電事業で培ったノウハウや人的ネットワーク等は、再エネの開発・参画に最大限活用”
電源開発	約690万kW (2019年3月末)	✓	✓						1,000万kW (2025年度) “当該国・地域のサステナブルな成長を支える、高効率火力や再生可能エネルギーの導入を進める”
(参考) 東京電力HD	—								アジア・欧州の洋上風力：200~300万kW規模 東南アジアの水力：：200~300万kW規模 “国内外で事業展開を行い、再生可能エネルギーの主力電源化を目指す”

*1：年月の記載のないものは、ホームページのデータ（2020年3月24日アクセス）、建設中の案件を含む

*2：国内を含む。2016年2月の事業計画では、海外で2030年度2,000万kW程度との目標もあった

出所）各社IR資料等より作成

国内大手商社の石炭火力発電事業に対する方針

国内大手商社は新規石炭火力発電事業の原則中止、ないし持分発電比率の引下げを表明。

新規石炭火力
事業の
原則中止

丸紅 (「サステナブル・デベロップメント・レポート 2019」より)

- 新規石炭火力発電事業には原則として取り組まない。BAT (現時点ではUSC)の採用や政府方針と合致する場合は取組を検討する場合あり。
- 石炭火力によるネット発電容量を、2018年度末見通しの約3GWから2030年までに半減

住友商事 (「統合報告書 2019」より)

- 石炭火力発電事業の新規開発は行わない。ただし、地域の発展に不可欠で、国際的な気候変動緩和の動向を踏まえた日本及びホスト国の政策に整合する案件は個別に判断。
- 2035年目途に持分発電容量ベースで、石炭比率50%→30%等。

三菱商事 (「ESGデータブック 2019」より)

- 既に着手した案件を除き、新規の石炭火力事業には取り組まない方針を表明。
- 技術動向や2℃シナリオ分析等を踏まえ、石炭火力発電の持分発電容量の削減を目指す。
- 機器供給事業は、商業的に確立された最新かつ最高水準の低炭素技術を可能な限り採用。

伊藤忠商事 (2019年2月「石炭火力発電事業及び一般炭炭鉱事業への取組方針について」より)

- 新規の石炭火力発電事業の開発および一般炭炭鉱事業の獲得は行わない方針を表明。

双日 (「統合報告書 2019」より)

- 石炭火力発電事業の新規取り組みは行わないことを表明 (現状保有案件は無し)。

石炭火力比率
の引き下げ

三井物産 (「統合報告書 2019」より)

- 持分発電容量における石炭火力の比率を段階的に引き下げ。

国際金融の動向

- 各開発銀行等は石炭火力への支援方針を転換。世界銀行は、2013年から限られた場合（石炭火力を選択肢せざるを得ない国など）のみ支援する方針としている。
- 欧州投資銀行は、CO2排出原単位により融資を厳格化。
- アフリカの最貧国を支援するアフリカ開発銀行は石炭から撤退を表明。

機関名	方針	備考
世界銀行 (WB)	限られた場合 （石炭火力を選択肢せざるを得ない国など） のみ支援 する（2013年）	<u>in rare circumstances</u> （石炭火力を選択肢せざるを得ない国など） <u>の場合は支援可能</u> 。
欧州復興開発銀行 (EBRD)	石炭火力への 金融支援を禁止 （2018年12月） https://www.ebrd.com/news/2018/ebd-puts-decarbonisation-at-centre-of-new-energy-sector-strategy.html	2013年に原則として石炭火力への金融支援は行わない方針決定
アフリカ開発銀行 (AfDB)	石炭から撤退 することを表明（2019年9月） https://www.afdb.org/en/news-and-events/press-releases/unga-2019-no-room-coal-africas-renewable-future-akinwumi-adesina-30377 https://jp.reuters.com/article/us-africa-investment-coal-idUSKBN1XN1A8	現在進行中のケニアのラム石炭火力発電（100万kW級）も支援しない
欧州投資銀行 (EIB)	石炭に加え、化石燃料への融資を2021年で廃止 （2019年11月） https://www.eib.org/en/press/all/2019-313-eu-bank-launches-ambitious-new-climate-strategy-and-energy-lending-policy	<u>250g-CO2/kWh以下の低排出案件は引き続き融資対象</u>



OECDアレンジメント 石炭火力セクター了解 概要

- 輸出信用の秩序ある利用と公平な競争環境条件の維持を目的として、参加国間で公的輸出信用に関する共通ルールである**OECD輸出信用アレンジメント**（以下「アレンジメント」という。）を策定。
- 石炭火力発電を含むセクターについては、Annexとして「セクター了解」を設けており、本則の条件とは別に、各セクターの特徴を考慮した条件を適用することとなっている。
- OECDは、2015年11月、輸出信用機関（ECA）が公的支援対象とする石炭火力の仕様・条件（下記）について合意（**石炭火力に関するセクター了解、2017年1月1日より施行**）。

（輸出信用機関（ECA）が公的支援対象とする石炭火力の仕様・条件）

	大規模 (500MW超)	中規模 (300MW以上)	小規模 (300MW未満)
超々臨界	12年	12年	12年
超臨界	供与不可	低所得国、 低電化率国等 に限り10年 (注2)	低所得国、 低電化率国等 に限り10年 (注2)
亜臨界	供与不可	供与不可	低所得国等 に限り10年 (注2)

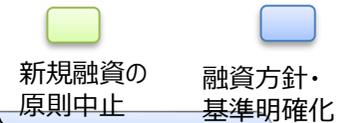
（注1）本セクター了解は、2017年1月1日より施行。経過措置として、技術審査及び環境社会影響評価を完了した上で、同日までに提案依頼書（Request for Proposal）が発出され、かつ、その後の公的支援要請が速やかになされている案件については、本セクター了解導入以前のアレンジメント条件を適用可能。

（注2）プロジェクトサイトが地理的に隔離されている場合には、一定の条件下で、低所得国以外に対しても支援可能。

国内金融の動向

- 2018年以降、国内大手金融機関が石炭火力発電への融資方針を相次いで公表。
- **石炭火力発電所への新規融資は原則行わないか、又は厳格化されている。**

凡例



三井住友フィナンシャルグループ (2018年6月)

- 低炭素社会への移行段階として、石炭火力発電所への新規融資は国や地域を問わず超々臨界（※）及びそれ以上の高効率の案件に融資を限定しています。
 - なお、当社として、新興国等のエネルギー不足解決に貢献しうるなどの観点から、適用日以前に支援意志表明をしたもの、もしくは日本国政府・国際開発機関などの支援が確認できる場合においては、上記方針の例外として、慎重に対応を検討いたします。
 - また、既存設備の効率化・高度化や、温室効果ガス排出量を抑える設計がされている炭素貯留・回収などの先進技術など環境へ配慮した技術は、温室効果ガス排出量の削減へ向けた取組として支援し、今後は各国の政策や気候変動への取組状況を注視しつつ、定期的の方針の見直しを図ってまいります。
- （※）蒸気圧240bar超かつ蒸気温593℃以上。または、CO2排出量が750g-CO2/kWh未満。

三井住友トラスト・ホールディングス (2018年8月)

- 新たな石炭火力発電のプロジェクトについては、原則的に取り組まない方針を公表。

りそなホールディングス (2018年11月)

- 石炭火力発電事業にかかるプロジェクトファイナンスについては、災害時対応等の真にやむを得ない場合を除き、新規融資は行わない旨を公表。

三菱UFJフィナンシャル・グループ (2019年5月改定)

- 新設の石炭火力発電所へのファイナンスは、原則として実行しません。
- 但し、当該国のエネルギー政策・事情等を踏まえ、OECD 公的輸出信用アレンジメントなどの国際的ガイドラインを参照し、他の実行可能な代替技術等を個別に検討した上で、ファイナンスを取り組む場合があります。
- また、温室効果ガス排出削減につながる先進的な高効率発電技術や二酸化炭素回収・貯留技術（Carbon dioxide Capture and Storage, CCS）などの採用を支持します。

みずほフィナンシャルグループ (2019年5月改定)

- 石炭火力発電の新規建設を資金用途とする投融資等については、国際的なガイドライン（OECD公的輸出信用ガイドラインなど）、導入国のエネルギー政策・気候変動対策、日本のエネルギー政策や法規制と整合する場合に限り対応します。その上で、原則、世界最新鋭である超々臨界圧及び、それ以上の高効率の案件に限定します。（ただし、運用開始日以前に支援意思表明済みの案件は除きます。）

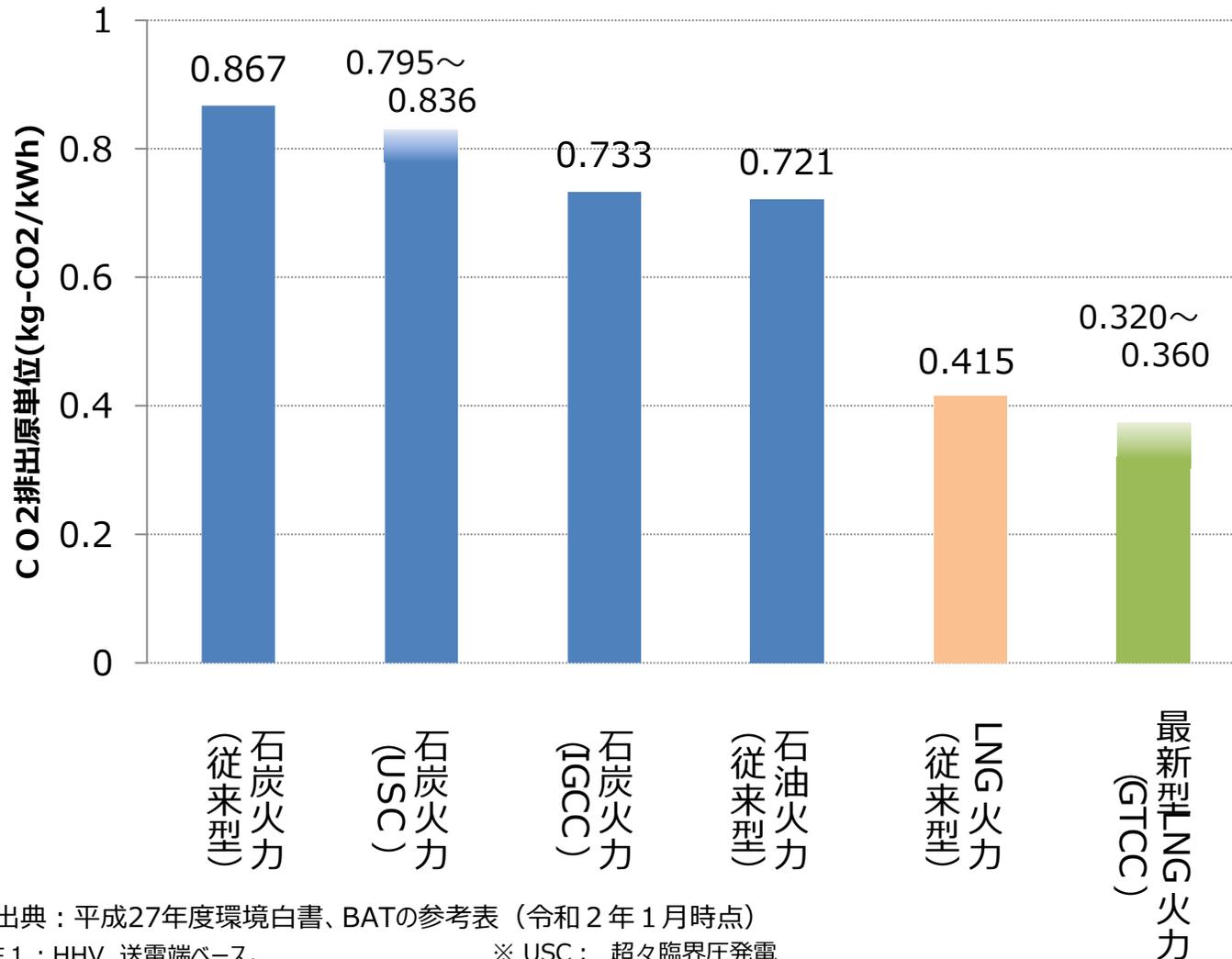
3. 技術

火力発電技術一覧

発電技術	技術概要・特徴	技術確立(年度)	送電端効率 (% HHV)	CO ₂ 排出原単位 (G-CO ₂ /kWh)
①USC 	<ul style="list-style-type: none"> ・ボイラで高温高压の水蒸気を作り、その蒸気でタービンを回転させて発電する。 ・極めて信頼性が高く、国内の石炭火力の約半数がUSCを採用している。 	1995～	40	820
②A-USC 	<ul style="list-style-type: none"> ・高温高压蒸気タービンによる微粉炭火力発電。 ・従来のUSCシステムの構成を変えることなく、発電効率の向上が期待できる。 	2016	46	710
③AHAT 	<ul style="list-style-type: none"> ・高湿分空気を利用した日本オリジナルのガスタービン単独発電技術。 ・中小容量機向けで、大型GTCCと同等以上の発電効率を達成。 	2017	51	350
④GTCC (1700℃級) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ガスタービンと蒸気タービンによるコンバインドサイクル発電技術。 ・非常に高効率であり、石炭火力に応用できるなど、技術展開、波及効果大きい。 	2020	57	310
⑤IGCC (1700℃級) 	<ul style="list-style-type: none"> ・石炭をガス化し、ガスタービンと蒸気タービンを組み合わせて発電するコンバインドサイクル発電技術。CO₂分離回収が容易。 	2020	46～50	650
⑥GTFC 	<ul style="list-style-type: none"> ・GTCCに燃料電池を組み合わせたトリプルコンバインド式発電技術。 ・ガス火力発電技術の中で最も高効率で、幅広い出力幅に対応できる。 	2025	63	280
⑦IGFC 	<ul style="list-style-type: none"> ・IGCCに燃料電池を組み合わせたトリプルコンバインド式発電技術。 ・石炭火力発電技術の中で最も高効率で、幅広い出力幅に対応できる。 	2025	55	590
⑧革新的IGCC (水蒸気噴流床ガス化)	<ul style="list-style-type: none"> ・水蒸気を噴流床ガス化炉に添加するIGCCシステムの応用技術。 ・酸素比が低減され、冷ガス効率が向上する。 	水蒸気ガス化+乾式精製 2030 高効率酸素分離 2030～	57	570
⑨クローズドIGCC (CO ₂ 回収型次世代IGCC)	<ul style="list-style-type: none"> ・排ガス中のCO₂を酸化剤としてガス化炉やガスタービンに循環させる。 ・CO₂回収後も高い発電効率を維持できる。 	2030年度以降	42 CO ₂ 回収後	CO ₂ 回収
⑩水素発電 	<ul style="list-style-type: none"> ・水素をガスタービンやボイラで燃焼させて発電する技術。 ・混焼方式と専焼方式があり、発電段階でのCO₂排出の削減効果が大きく、水素製造法によってはCO₂フリー電源となり得る。 	混焼GT 2020年度以降 専焼GT 2030年度以降	—	CO ₂ フリー

燃料種ごとのCO2排出係数（発電量あたりのCO2排出量）

■ 同じ発電量で、石炭は0.73～0.867kg、LNGは0.320～0.415kgのCO2を排出する。



出典：平成27年度環境白書、BATの参考表（令和2年1月時点）

注1：HHV、送電端ベース。

※ USC：超々臨界圧発電

注2：石炭火力(USC)、最新型LNG(GTCC)

※ IGCC：石炭ガス化複合発電

は、設備容量により排出原単位が異なる。

※ GTCC：ガスタービン複合発電

USC (超々臨海圧微粉炭火力発電)

■ 技術概要

微粉炭を火炉内に噴出・燃焼し、ボイラで高温高压の水蒸気を作り、その蒸気でタービンを回転させて発電する方式。

■ 特徴

極めて信頼性の高い、確立された技術として、国内の石炭火力発電所の約50% (設備容量ベース)、約1,960万kWに採用されている。



磯子火力発電所 (出典; 電源開発ホームページ)

■ 技術確立時期

1995年～

■ CO₂排出原単位

820 g-CO₂/kWh程度

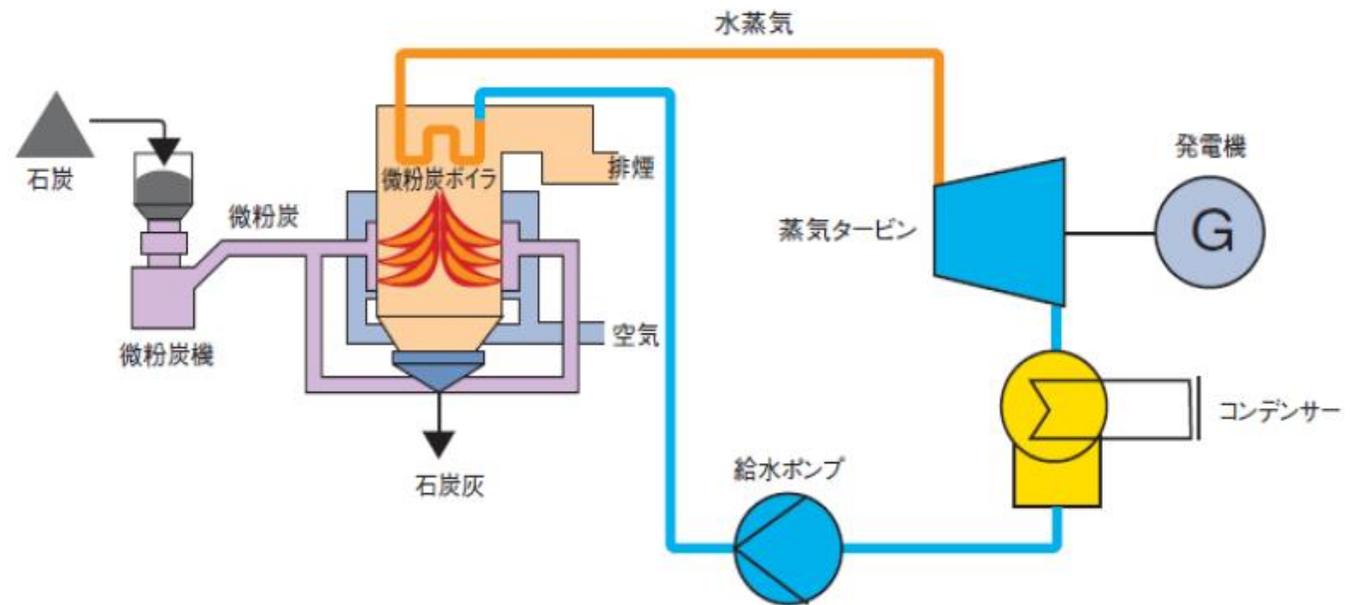
■ 送電端効率(HHV)

40%程度

■ コスト

25万円/kWh程度

(総合資源エネルギー調査会発電コスト検証WG, 2015.5)



微粉炭火力発電システム(ランキンサイクル)

(出典; JCOAL日本のクリーン・コール・テクノロジー(2007))

IGCC (石炭ガス化複合発電)

■ 技術概要

石炭をガス化して、ガスタービンと蒸気タービンを組み合わせたコンバインドサイクル発電を行う技術。

■ 特徴

発電効率がA-USC並以上に高く、排ガス中のSOx、NOx、煤塵などがLNGコンバインド発電並に少ない。低品位炭が利用でき、CO₂分離回収が容易なのも特徴。

■ 技術確立時期

2020年度頃
(1700℃級IGCC)

■ CO₂排出原単位

650 g-CO₂/kWh程度
(1700℃級IGCC)

■ 送電端効率(HHV)

46～50%程度

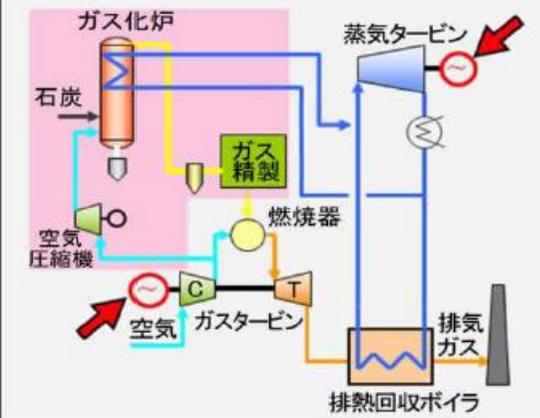
■ コスト目標

量産後、従来機並みの
発電単価

IGCCとは?

- コンバインドサイクルシステムと石炭ガス化プロセスを組み合わせることで高効率化
- 高い効率によりCO₂排出量を低減し、地球温暖化を防止

複合発電 (ブレイトンサイクルとランキンサイクルの組み合わせ)



国内のIGCCプロジェクト(実証機および商用機モデル)



(出典；第6回東京大学I研誌「環境シナジー」AMHPS資料2014.10)

水素発電

■ 技術概要

水素をガスタービンやボイラで燃焼させて発電する技術。天然ガスなど他の燃料と燃焼する混焼方式と、水素のみで燃焼する専焼方式がある。

■ 特徴

発電段階ではCO₂を排出せず（専焼方式）、水素製造法によってはCO₂フリーの電源になる。



500MW級水素混焼試験設備（出典；MHPS）

■ 技術確立時期

混焼方式 2020年～
専焼方式 2030年～

■ CO₂排出原単位

CO₂フリーが前提

■ 送電端効率(HHV)

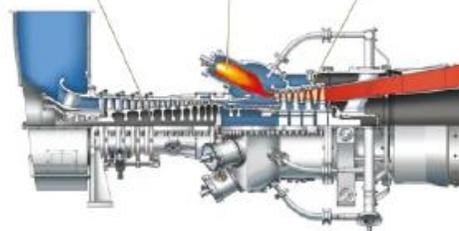
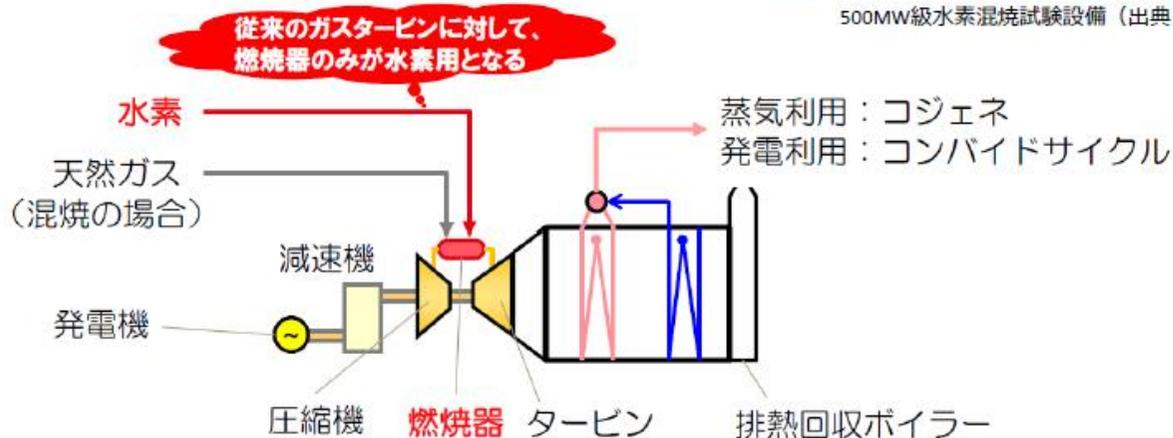
1700℃級GTCCと同等かそれ以上
(MHPS)

■ コスト

プラント引き渡し水素価格 30円/Nm³

発電コスト 17円/kWh

(水素・燃料電池戦略ロードマップ, 2016.3)



水素ガスタービン（出典；川崎重工業）

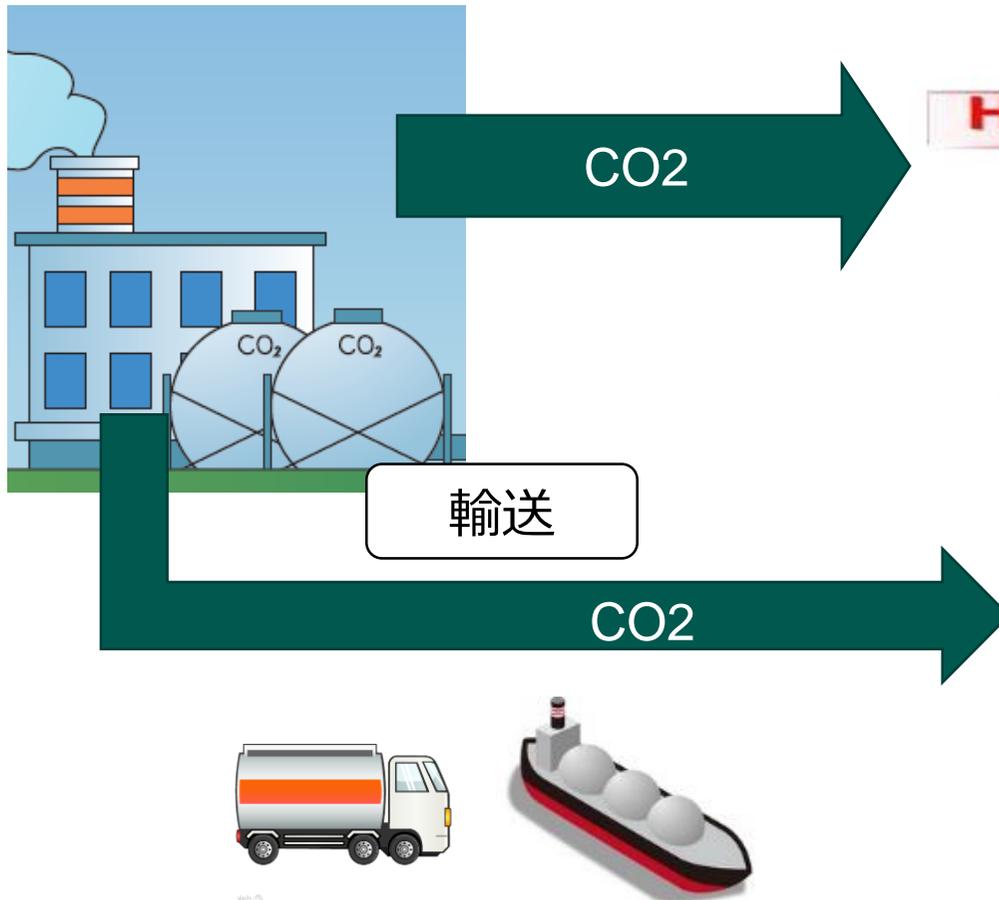


マルチクラスタ燃焼器（出典；MHPS）

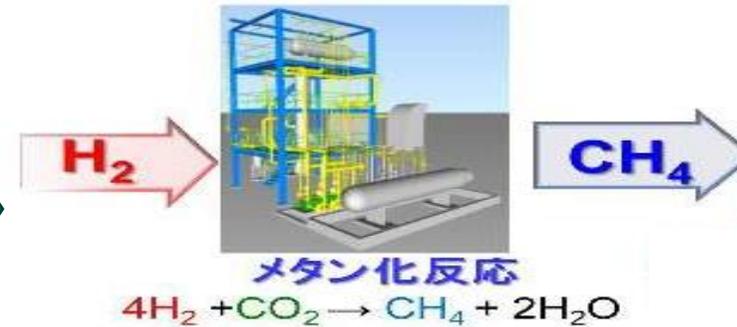
二酸化炭素回収・有効利用・貯留 (CCUS)

火力発電所等から排ガス中の二酸化炭素 (Carbon dioxide) を分離・回収 (Capture) し、有効利用 (Utilization)、又は地下へ貯留 (Storage) する技術

①分離・回収 (C)



②有効利用 (U)



工業利用等

③圧入・貯留 (S)



技術的な強みの状況

- USC以上と環境装置は一定の優位性を保持との分析がなされており、現状と課題分析を踏まえ、コスト削減や最適価格によるシステム提供により高効率・環境装置分野でシェア拡大を図るとされている。
- **商用運転実績等で勝る日本勢は、IoTを活用したO&Mや人材育成、環境装置インフラなど、新たなビジネスチャンスも多数。**

3. 石炭火力（機器輸出）

コスト削減や最適価格によるシステム提供により高効率・環境装置分野でシェア拡大

現状と課題

USC主機（タービン・ボイラ）の競争力低下

- ・中韓勢の技術的キャッチアップにより技術的優位性が低下
- ・価格競争力を含めると中国勢が優位。一方、商用運転実績等では日本勢が優位

世界の石炭火力需要は今後も一定の伸びも、新設増加は鈍化

- ・中国市場の新設の伸びが鈍化し、飽和状態に（中国勢の海外進出増加の要因にも）
- ・インド市場も2020年以降の新設に制限あり
- ・東南アジアやアフリカでは新設拡大見込み
- ・東欧等でのリプレイス需要は拡大見込み

環境装置マーケットの拡大

- ・大気汚染や温暖化対策の観点から各国で石炭火力の排出ガスへの規制強化
- ・我が国は環境計測器、脱硫・脱硝装置、電気集塵機など高性能な環境装置に強みあり

脱石炭火力の国際世論

- ・先進国ではガス火力・再エネ志向（EU主導）
- ・新興国、途上国でも一部に反対の動きあり
- ・金融機関では石炭火力への融資抑制の動き

価格競争力の不足、競合との差別化の必要性

中国勢海外進出による競争激化

新興国における環境規制導入の不備、運用の不徹底

石炭の忌避傾向
必要な投資の制限

（出典）経済産業省「海外展開戦略（電力）」2017年

ボイラ設備の長期保守契約の例（IHI社）

モロッコ全体の発電能力の2分の1を担う大型石炭火力発電ボイラ（出力350MW×2基）の長期保守契約を締結。

同社は、豊富な実績と質の高いメンテナンスの実績が評価されたとしている。



（出典）IHI社HPより
ジョルフ・ラスファール発電所

（出典）IHI社HPより環境省作成

排煙脱硫装置で世界トップシェア（MHPS社）

排煙脱硫装置の世界市場トップの61.5%を獲得。

これまで開発・蓄積してきた火力発電設備における環境技術を結集した総合排煙処理システムを、経済発展とともに需要が高まる国・地域に対し、技術供与・指導等の事業展開を進めている。



（出典）MHPSHPより環境省作成

（出典）MHPS社HPより
ポーランド・コジェニツェ発電所に納入した排煙脱硫装置

石炭火力ボイラーメーカーの技術別供給状況

- 大型の電気事業用石炭火力に供するすべての主要ボイラーメーカーは、USCの製造実績がある。

主要ボイラーメーカーのボイラータイプ別案件数

(2000年以降運開の案件で、50万kW以上の石炭火力ボイラーで集計)

ボイラーメーカー	USC	SC	Sub-C	不明	合計
Harbin (中国)	64	113	47	0	224
Donfang (中国)	86	83	32	2	203
Shanghai (中国)	82	69	52	0	203
MHPS (日本)	44	96	6	0	146
BHEL (インド)	4	14	89	0	107
GE (米国)	27	40	15	0	82
Doosan (韓国)	23	45	6	0	74
B&W (米国)	11	28	29	0	68
IHI (日本)	16	2	12	0	30

出所) Platts UDI (2018年12月データで他の集計と異なる)

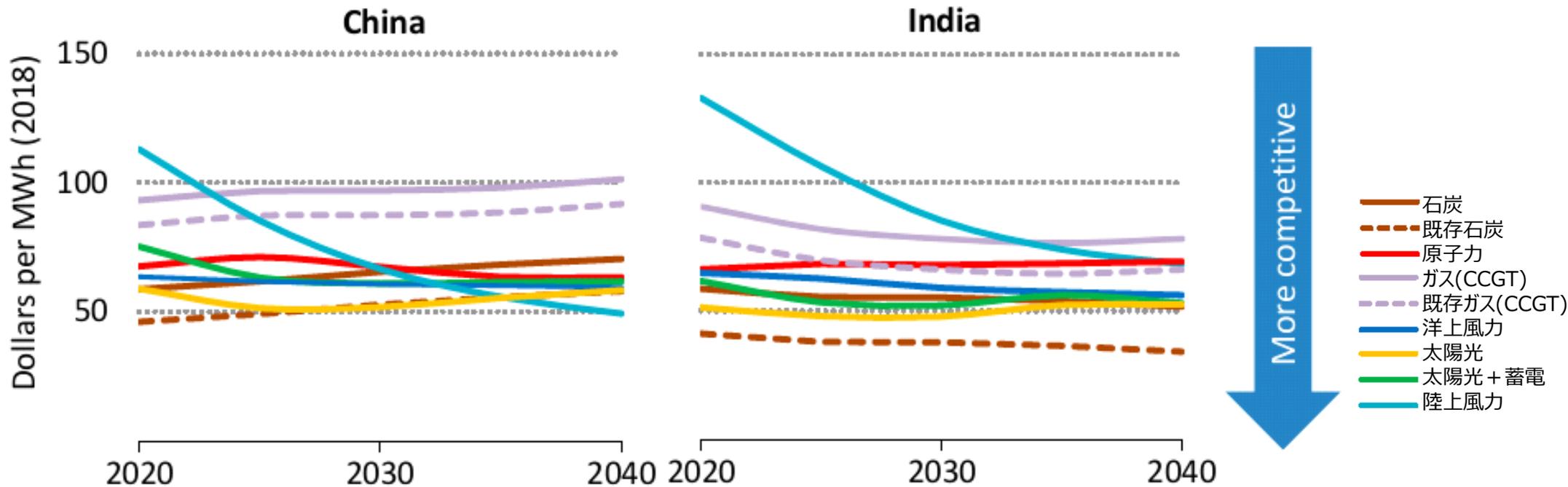
注) 資本関係がある子会社は、親会社の案件として集計。

4. 價格競爭力

電源別発電コスト分析の例① (IEA)

- IEAによれば、中国では、2020年代後半から既存石炭と太陽光の価格がほぼ同額、陸上風力は2030年代半ばから既存石炭より安くなるとの分析がなされている。
- インドでは、新設石炭と比べて、太陽光は既に安く、太陽光 + 蓄電もほぼ同額。他方、既存石炭は2040年にかけて引き続きどの電源よりも安いとの分析がなされている。

電源別発電コスト (価値調整済みLCOE*)



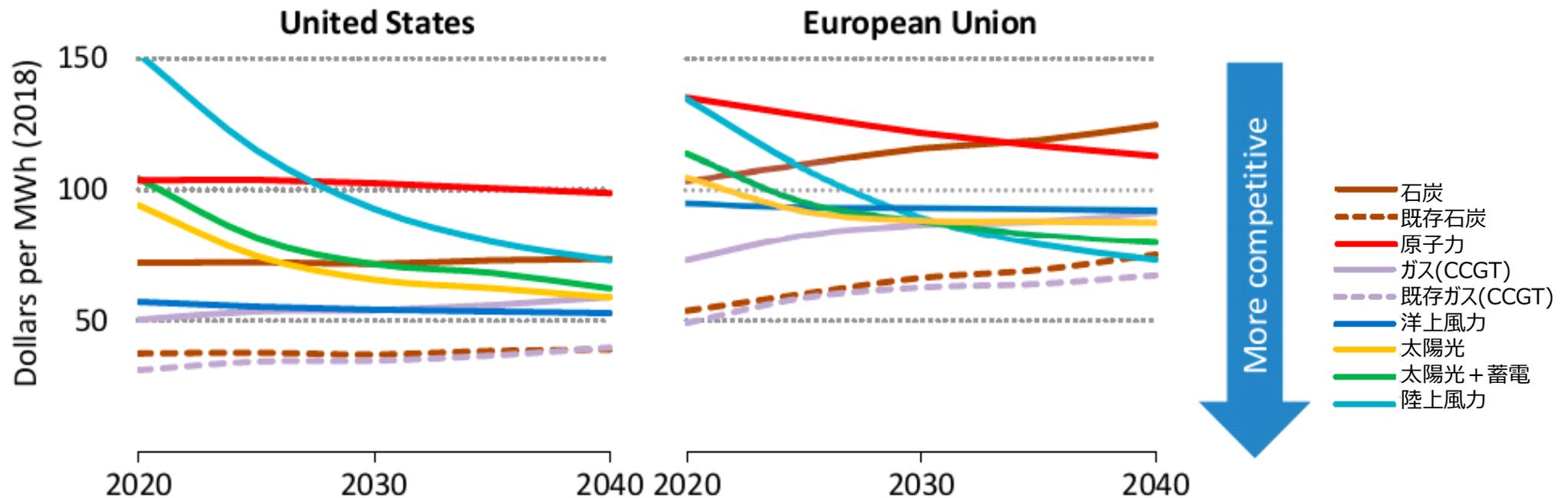
*価値調整済みLCOE=Value-adjusted LCOE : 電源のコストだけでなく、価値についても調整したLCOE。価値としてEnergy、Capacity、Flexibilityがあり、例えば、Energyの価値は、電気料金の高い昼間の価値がより高く評価される

出所) IEA "World Energy Outlook 2019"

電源別発電コスト分析の例① (IEA)

- 米国では、新設石炭と比べて、洋上風力は既に安く、2030年までに太陽光、及び太陽光 + 蓄電も安くなる。他方、既存石炭は2040年にかけて引き続きどの再エネ電源よりも安いとの分析がなされている。
- EUでは、2040年にかけて新設石炭、既存石炭ともに高くなっていく。新設石炭は2040年には最も高くなり、陸上風力は既存石炭より安くなるとの分析がなされている。

電源別発電コスト (価値調整済みLCOE*)

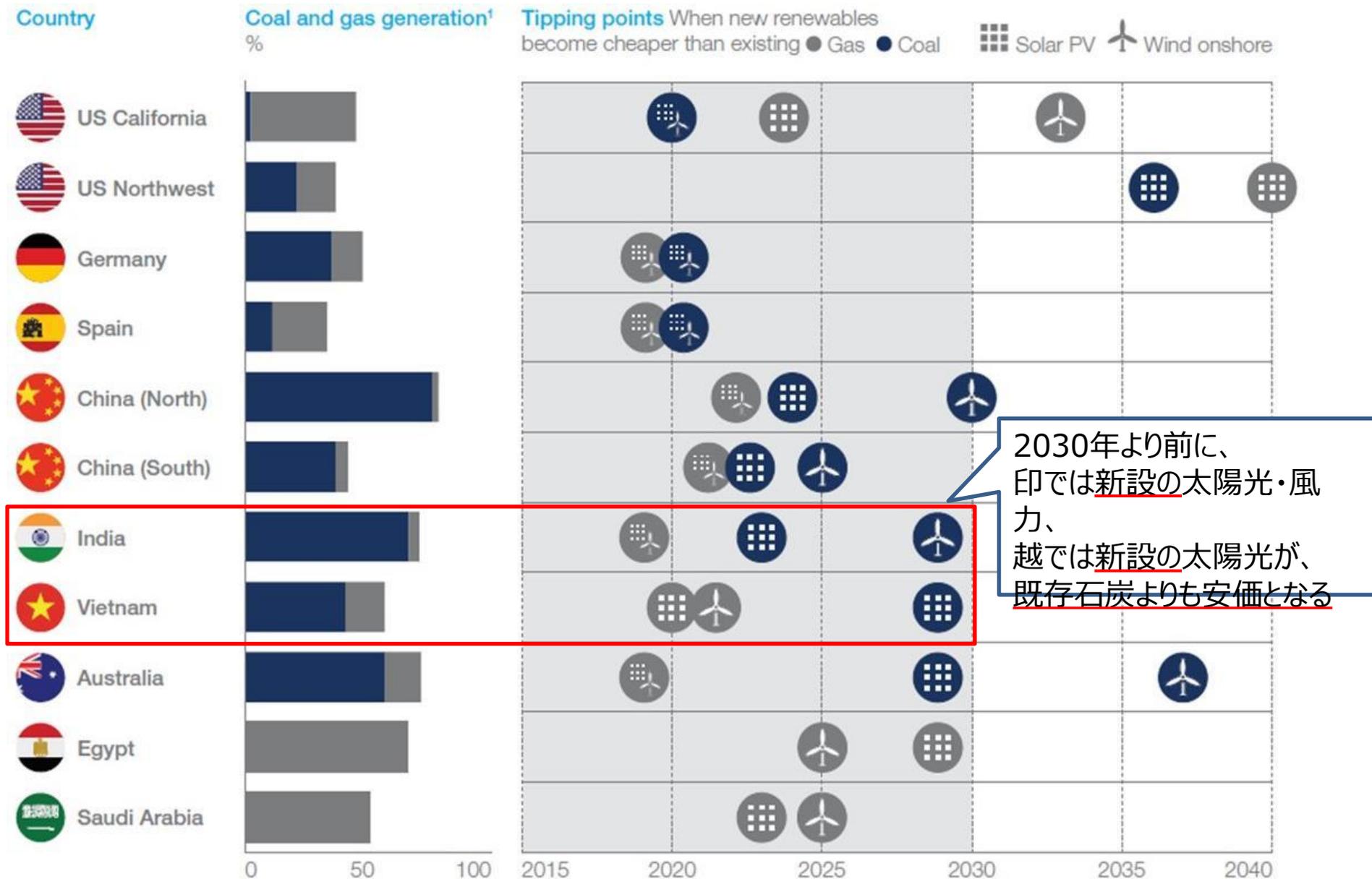


*価値調整済みLCOE=Value-adjusted LCOE : 電源のコストだけでなく、価値についても調整したLCOE。価値としてEnergy、Capacity、Flexibilityがあり、例えば、Energyの価値は、電気料金の高い昼間の価値がより高く評価される

出所) IEA "World Energy Outlook 2019"

電源別発電コスト分析の例②

■ 多くの国で、既存石炭火力が新設の再エネに対し価格競争力を失うとの試算例がある。

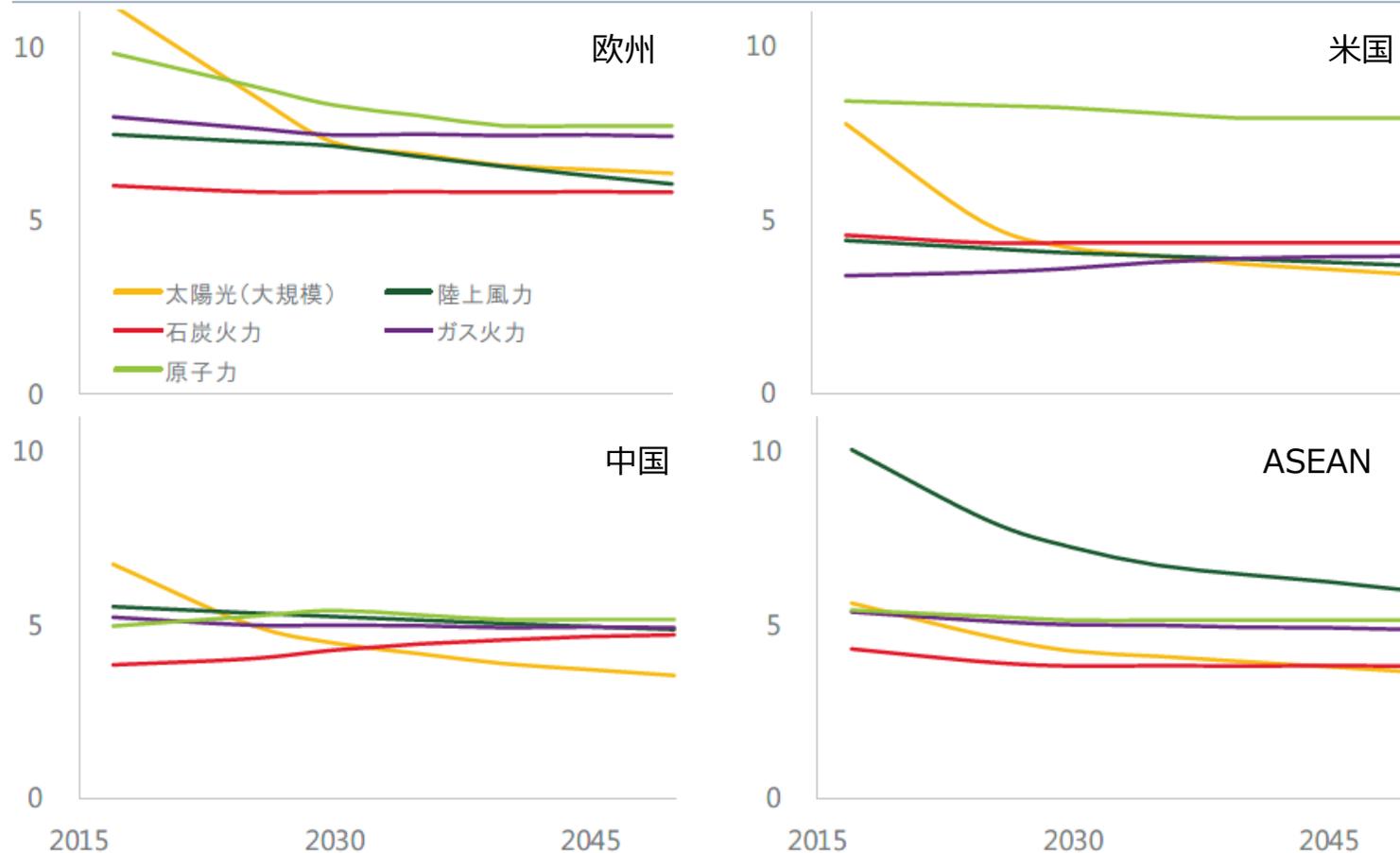


電源別発電コスト分析の例③

- 日本エネルギー経済研究所によれば、変動性再エネの価格は急速な低下を続けており、2050年までには世界の多くの地域で石炭火力・ガス火力を下回る見通しとの分析がなされている。

電源別発電コスト (LCOE)

(単位) 2017年価格米ドルセント/kWh



出所) 日本エネルギー経済研究所 “IEEEOutlook2020”

電源別発電コスト分析の例④

- 新設の石炭火力よりも再エネのコストが安くなる年に関する分析例もある。

Country or region	Year when new renewables will be cheaper than new coal
Australia	Today
China	Today
EU	Today
India	Today
Indonesia	2021
Japan	2025
Philippines	2021
Russia	2020
South Africa	Today
South Korea	2024
Turkey	2022
Ukraine	2020
United States	Today
Vietnam	2020

出所) Carbon Tracker (2018) “Powering down coal”
 Carbon Tracker : 気候変動による金融市場のリスク分析を専門とする英国非営利シンクタンク

5. 環境・社会配慮

既設石炭火力発電への対応の必要性

- IEAは、特にアジアの石炭火力のロックインについて問題提起をしている。
- 2度目標に整合的な既設石炭火力対策として、①CCUS又はバイオマス併用施設への改修、②運転時間の短縮と柔軟性提供などへの用途変更、③早期廃炉、の3つのオプションに該当するシナリオを描いている。

既存設備に対する取り組み

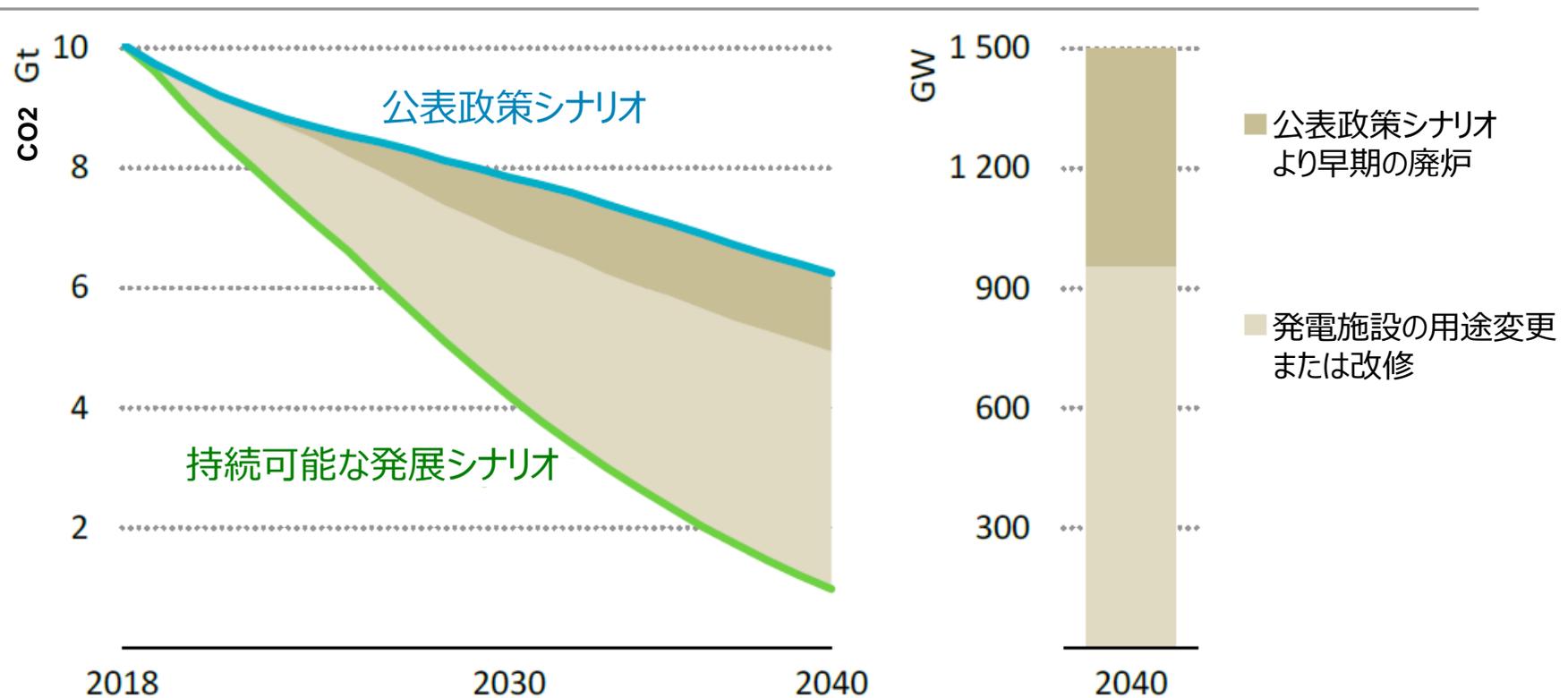
世界が現在の温室効果ガス排出の傾向を逆転させようとするなら、新規のインフラだけでなく既存のシステムに「ロックイン」された排出量にも注目する必要がある。つまり、既存の発電所、工場、貨物船、その他既に利用されている大規模インフラからの排出に対処するということである。電力部門の急速な変化にもかかわらず、公表政策シナリオでは、同部門からの年間CO₂排出量は減少しない。その主な理由の一つは既存の石炭火力発電所の寿命が長いことであり、現在のエネルギー起源二酸化炭素排出量の30%を占めている。

過去20年間に世界全体で建設された石炭火力発電所の90%がアジアにあり、これらの発電所は今後長い期間にわたり稼働し続ける可能性が高い。アジアの開発途上国では、既存の石炭火力発電所の平均年齢は12年に過ぎない。既存の発電設備からの排出量を削減する方法として、次の3つのオプションが考えられる：二酸化炭素回収利用貯蔵(CCUS)またはバイオマス併用施設に改修する；運転時間を短縮しつつ電力供給の安定性と柔軟性を提供することに焦点を当てるように用途を変更する；または早期に廃炉する。持続可能な開発シナリオでは、既存の石炭火力発電所容量2,080GWのほとんどが、これら3つのオプションのいずれかに該当する。

既設石炭火力発電への対応の必要性②

- 持続可能な開発シナリオ（2度目標達成）では、既存の石炭火力発電所容量2,080GWのほとんどが、3つのオプション（①CCUS又はバイオマス併用施設への改修、②運転時間の短縮と柔軟性提供などへの用途変更、③早期廃炉）のいずれかに該当するシナリオを描いている。

既存の石炭火力発電設備からのCO₂排出削減（方策別）



出所) IEA “World Energy Outlook 2019”環境省訳

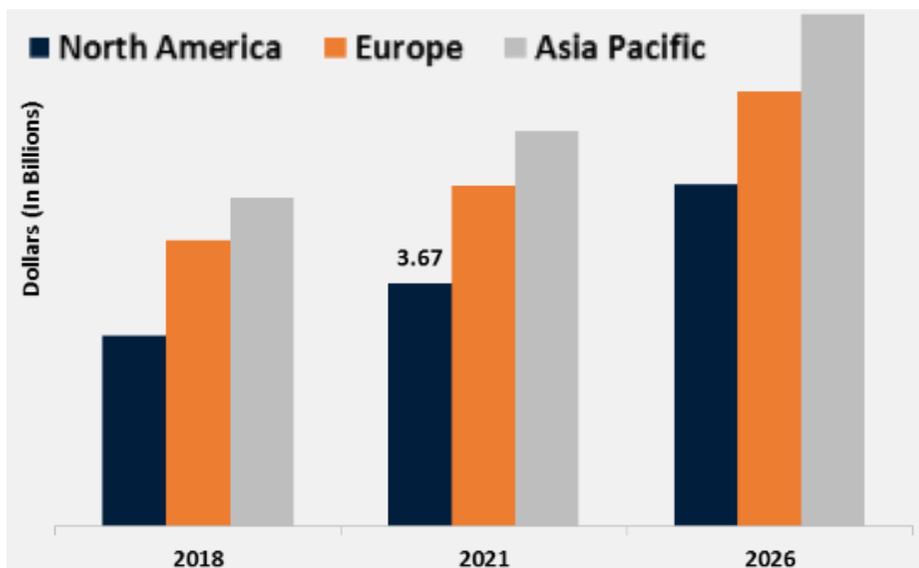
大気浄化装置の市場規模

- 石炭火力発電所の設備のうち、ばい煙処理等の環境装置インフラの市場は大きく、今後も伸びの伸びが見込まれている。

【脱硫装置市場】

- 脱硫装置(FGD)の世界市場規模は、**2018年で160億USD**、2026年までに235億USDの見込み
- 石炭発電所を含む電源セグメントがマーケットをけん引していく見込み

脱硫装置の市場規模予測



- APACエリアは、製造業における石炭利用の増加によって、市場規模が最も大きい
- 欧州エリアは、政府の厳しいSOX排出に関する政策によってAPACエリアについて市場が大きい
- 北米エリアは、産業部門における石炭利用が多く、厳しい政策に対し湿式のFGDの導入が進む

出所：Reports and Data
<https://www.reportsanddata.com/report-detail/flue-gas-desulphurization-market>

【脱硝装置市場】

- 脱硝装置(SCR)の固定触媒システムの世界市場規模は、2018年で40億USDで、今後年平均6%で増加見込み。
- このうち、**2018年の発電所に対する市場規模は20億USD**。

脱硝装置の市場規模と成長率

2018市場規模 \$4bn

年平均(2019-25) 6%

2025年市場規模 >\$6bn

- SCR市場は、2019～25年にかけて、大きく成長する見込み
- 2018年の発電所向けの市場は\$2bn以上
- 特に、APECエリアで堅調な成長が期待できる。

出所：Global Market Insights
<https://www.gminsights.com/industry-analysis/stationary-catalytic-systems-market>

環境装置インフラビジネスの展開



■ 環境装置インフラについては国内メーカーが大きなシェアを占めている。

	グローバル	2018年における排煙脱硫装置（FGD：Flue Gas Desulfurization）の世界市場で、 <u>トップシェアとなる61.5%を獲得。2014年から5年間の累計でも設備出力4,150万kWで世界最大シェア40%を獲得。</u>	2019/4/10
MHI	インド	国営NPTCの既設の石炭火力Mouda-II、Rihand-II・IIIに対する排煙脱硫装置（FGD）の追加工事を受注。	2018/11/7
	韓国	韓国中部発電・保寧石炭火力発電所3号機（55万kW）の環境装置改造工事を受注。韓国政府が進める石炭焼き火力発電所の大気汚染緩和の方針を受け、SOx（硫黄酸化物）、NOx（窒素酸化物）、および煤じんの排出削減措置を講じる。	2018/6/4
	セルビア	世界最大級の排煙脱硫装置（FGD）を2基受注、ニコラ・テスラA石炭火力発電所（130万kW）向け。	2017/9/11
	台湾	台湾電力から石炭焼きボイラー・環境設備改造工事を受注、台中火力発電所1～4号機向け。	2016/6/14
	千代田 化工機	インド	大手重電ラーセン・アンド・トゥプロ（L&T）に排煙脱硫プロセスCT-121の技術供与。千代田化工機が技術供与を行い、L&Tは、インドおよびその周辺国の市場において同プロセスの設計・調達・建設工事を担当。CT-121プロセスは、国内外において80基以上の実績があり、 <u>環境規制の厳しい日本や米国の石炭火力発電所において20%を超えるシェアを獲得。特に海外では日本で培った経験を基に、通常的设计・調達・建設とは異なる技術供与による収益性の高いビジネスを展開し、これまでに米国、中国、欧州などで成功を収めた。インド市場でも今回のL&Tとのライセンス契約を足がかりとして、シェア拡大を図る。</u>

最近の石炭火力発電所のばい煙処理技術 (アセス図書から抜粋)

発電所名	事業者	出力 (万kW)	形式	硫黄酸化物			窒素酸化物			ばいじん		
				処理方法	排煙脱硫装置による脱硫効率 (%)	排出濃度 (ppm)	処理方法	排煙脱硝装置による脱硝効率 (%)	排出濃度 (ppm)	処理方法	集じん装置及び排煙脱硫装置による脱じん効率 (%)	排出濃度 (g/m ³ _N)
西条火力発電所	四国電力	50	USC	湿式石灰石-石こう法	96~99	25	乾式アンモニア接触法	約99	22	電気集じん機	約99	0.005
			(O ₂ 6%換算)			(O ₂ 6%換算)			(O ₂ 6%換算)			
横須賀火力発電所	JERA	65	USC			14			15			0.005
			(O ₂ 6%換算)			(O ₂ 6%換算)			(O ₂ 6%換算)			
神戸製鋼所火力発電所	神戸製鋼所	65	USC			13			20			0.005
						(O ₂ 6%換算)			(O ₂ 6%換算)			(O ₂ 6%換算)
三隅火力発電所	中国電力	100	USC			22			20			0.006
						(O ₂ 6%換算)			(O ₂ 6%換算)			(O ₂ 6%換算)
ブンアン2	—	60	USC	海水法	約90	118	なし	設備なし	247		約99.9	0.03
						(O ₂ 6%換算)			※2			(O ₂ 6%換算)

※1 ブンアン2はPM10のみの排出濃度40

※2 ブンアン2のO₂換算値は不明



環境省

