



石炭火力発電輸出ファクト集2020

2020年5月



- 「石炭火力発電輸出ファクト集2020」は、中立、客観を旨とし、石炭火力発電の輸出に関する様々な情報を収集し、整理したもの。
- ここでいう「輸出」とは、ボイラーやタービンといった石炭火力発電の主要機器の輸出のみならず、石炭火力発電事業への事業投資も含んでいる。
- エネルギーインフラ輸出をとりまく状況は、これまでになく急速かつ大きく変化しており、このファクト集に示す内容はあくまで現時点で見えている範囲の情報である。
- 新型コロナウイルスにより、今後さらに大きな状況の変化が生じることも考えられることから、今後も継続的に情報を更新していくものである。

1. パリ協定の目標達成に向けて	(4～13頁)
2. エネルギー情勢の変化等	(14～48頁)
2-1. 国際機関の分析	(14～31頁)
2-2. 諸外国の状況	(32～48頁)
3. ビジネス・金融の動向	(49～67頁)
4. 技術	(68～85頁)
5. 環境・社会配慮	(86～95頁)
6. 公的支援	(96～106頁)
補足：コロナ禍によるエネルギー需要とCO2排出への影響	(107～114頁)
(参考) 石炭資源関連の基礎情報	(115～124頁)

1. パリ協定の目標達成に向けて

パリ協定は、持続可能な開発及び貧困撲滅のための努力の文脈において、気候変動に対する世界全体での対応を、以下を含め強化することを目的とする旨、第2条に規定されている。

- 世界的な平均気温上昇を産業革命以前に比べて 2℃より十分下回るよう 抑え、また、1.5℃に抑える努力を追求すること
- 食糧生産を脅かさないような方法で気候変動の悪影響に適応する能力と気候への強靱性を高め、温室効果ガスについて低排出型の発展を促進する能力を向上させること
- 資金の流れを温室効果ガスについて低排出型である発展に適合させること

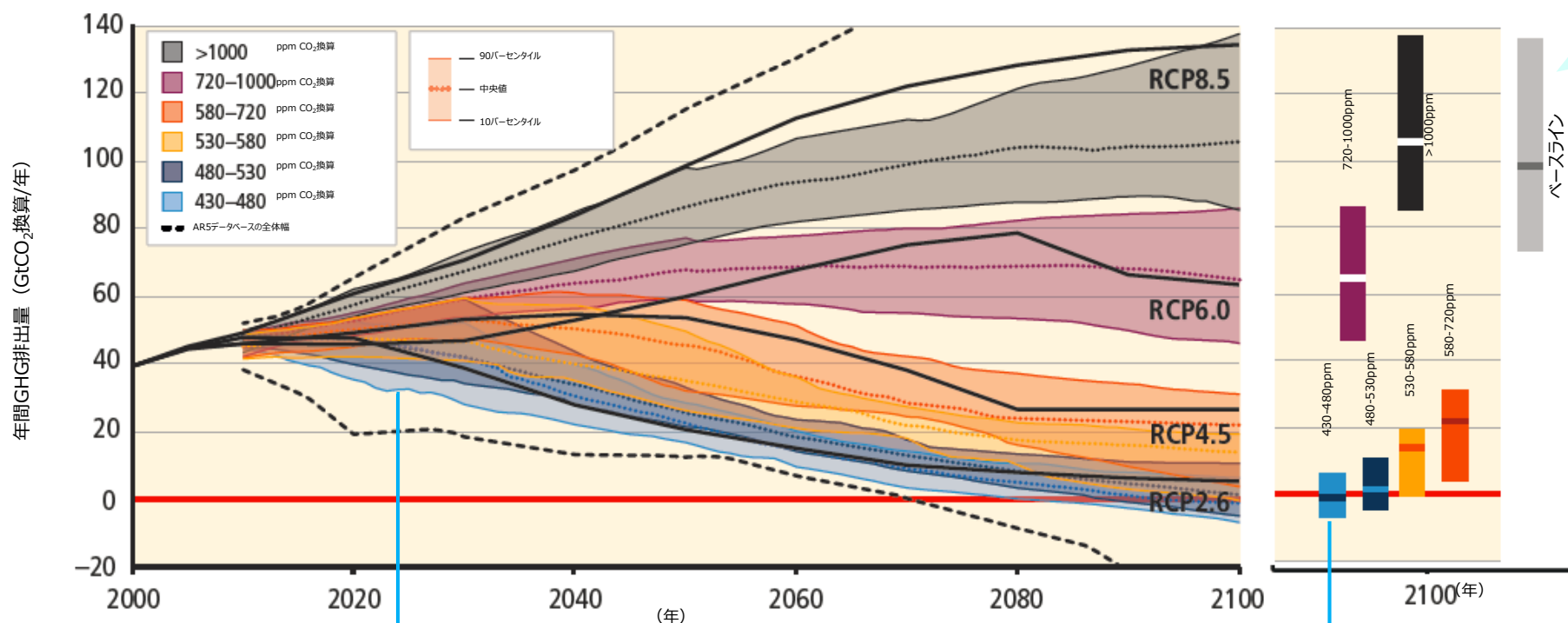
2℃目標に整合する緩和経路

- 工業化以前と比べて温暖化を2℃未満に抑制する可能性が高い緩和経路は複数ある

(IPCC AR5 SYR SPM p.20, 24-25行目)

- これらの経路の場合には、CO₂及びその他の長寿命GHGについて、今後数十年間にわたり大幅に排出を削減し、**21世紀末までに排出をほぼゼロにすることを要するであろう**

(IPCC AR5 SYR SPM p.20, 25-27行目)



左のグラフにおける
2100年時点での
排出経路別の年
間GHG排出量

2100年にCO₂換算濃度が約450 ppm 又はそれ以下となる排出シナリオは、工業化以前の水準に対する気温上昇を21世紀にわたって2℃未満に維持できる可能性が高い
(IPCC AR5 SYR SPM p.20, 36-37行目)

図：2000年から2100年のGHG排出経路：全てのAR5シナリオ

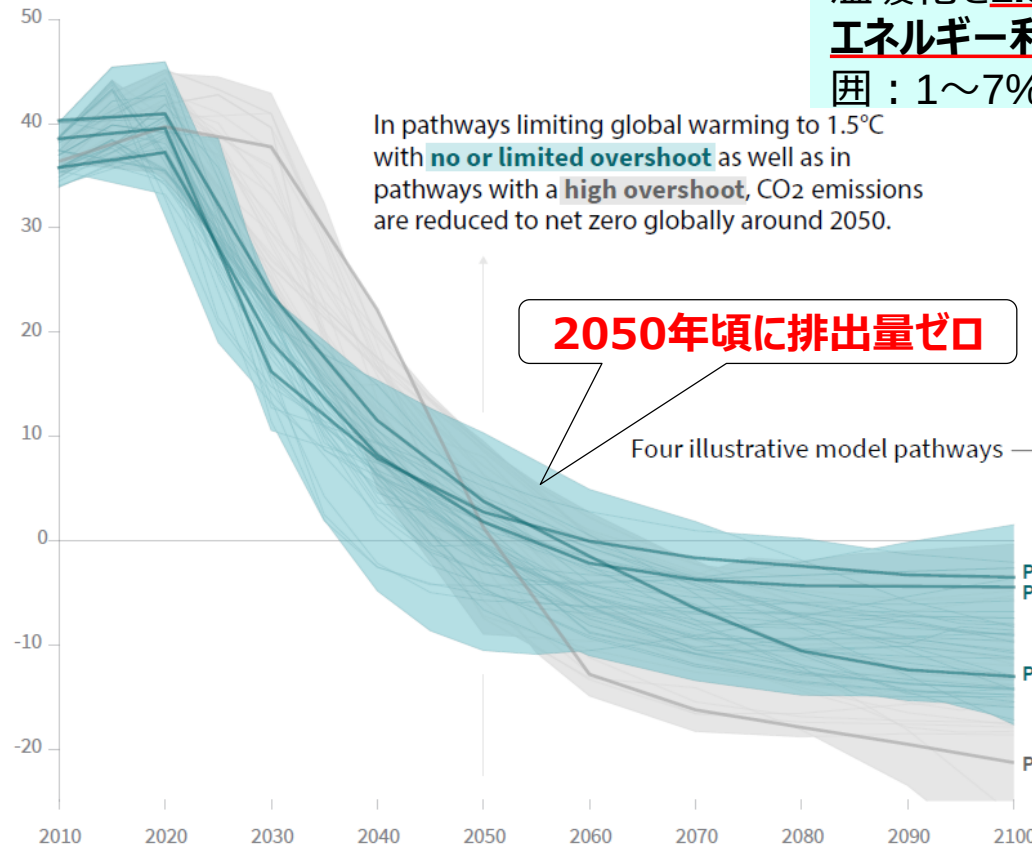
これらのシナリオは、世界全体の人為起源のGHG排出量が2050年までに2010年と比べて40～70%削減され、2100年には排出水準がほぼゼロ又はそれ以下になるという特徴がある。
(IPCC AR5 SYR SPM p.20, 37-39行目)

1.5℃目標に整合する緩和経路

- 将来の平均気温上昇が1.5℃を大きく超えないような排出経路は、**2030年までに約45%（2010年水準）減少し、2050年前後に正味ゼロに達する。**
- **1.5℃経路では、総じて一次エネルギーに占める石炭の割合が減少する（確信度が高い）。**

Global total net CO₂ emissions

Billion tonnes of CO₂/yr



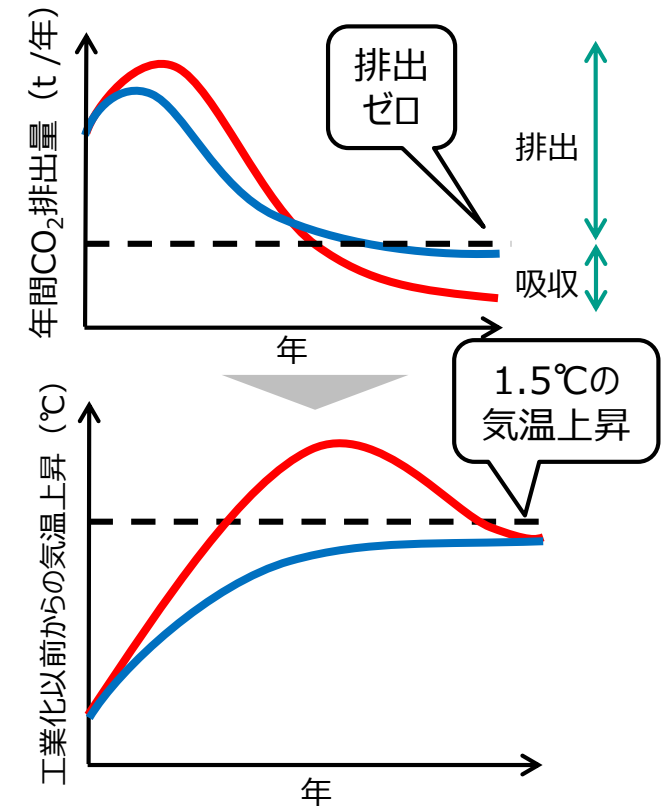
環境省

出典： IPCC, SR1.5 I Fig.SPM3 aより環境省作成

オーバーシュートしないまたは限られたオーバーシュートを伴って地球温暖化を1.5℃に抑えるモデルの排出経路では、2050年の一次エネルギー利用に占める石炭の割合は0～11%（四分位範囲：1～7%）に減少し、その大部分はCCSと組み合わせられる。

(IPCC SR1.5 96～97頁 第2章 エグゼクティブサマリー, 131頁 第2章 2.4.2.1.)

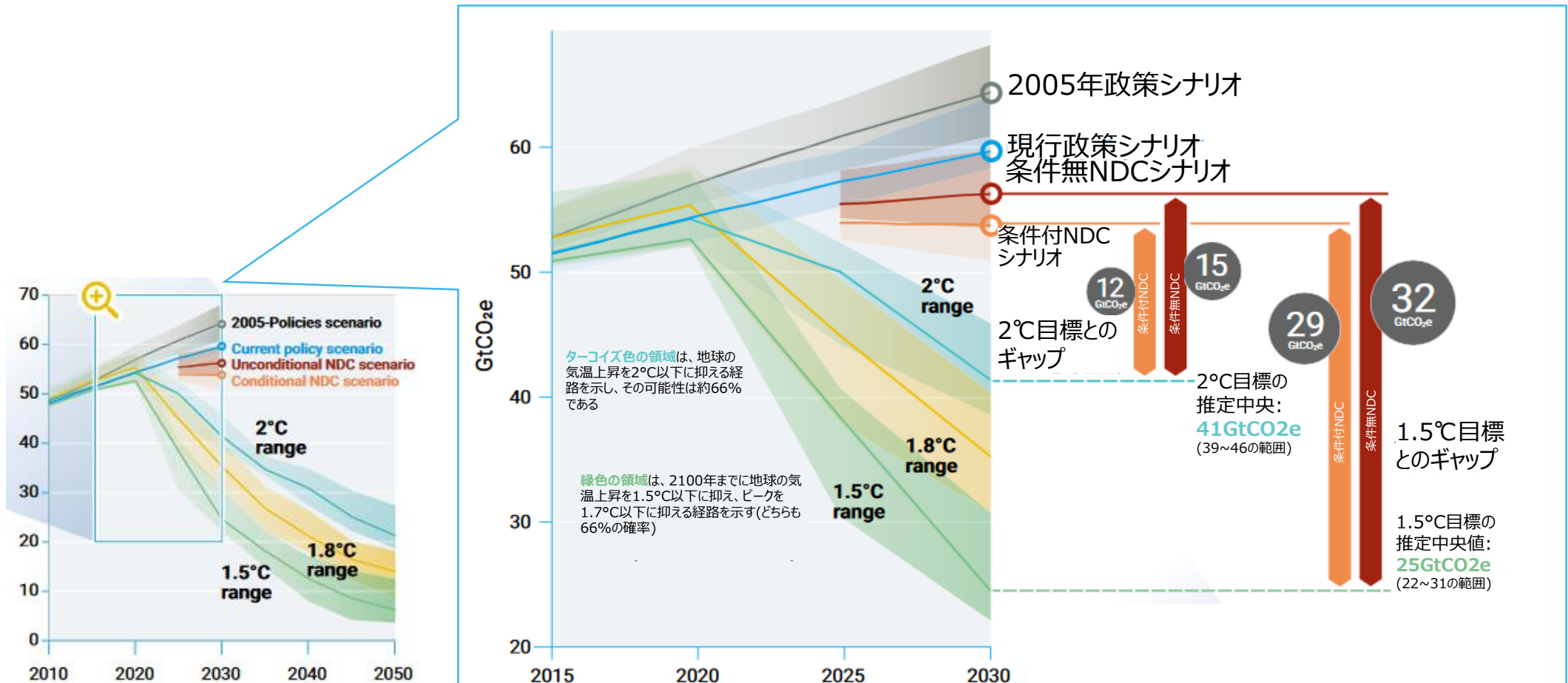
(参考) 残存炭素予算の一時的な超過（オーバーシュート）



2℃目標、1.5℃目標と2030年排出量のギャップ

- UNEP (Emissions Gap Report 2019) によると、各国のNDCの積み上げと、**2℃目標**及び**1.5℃努力目標達成との排出経路のギャップは大きく、それぞれの目標達成のためには更なる削減が必要**とされている。

世界のGHG排出量と2030年までの排出量ギャップの予測



条件無NDCシナリオ：現行のNDCが実施された場合のシナリオ
 条件付NDCシナリオ：目標を引き上げたNDCが実施された場合のシナリオ

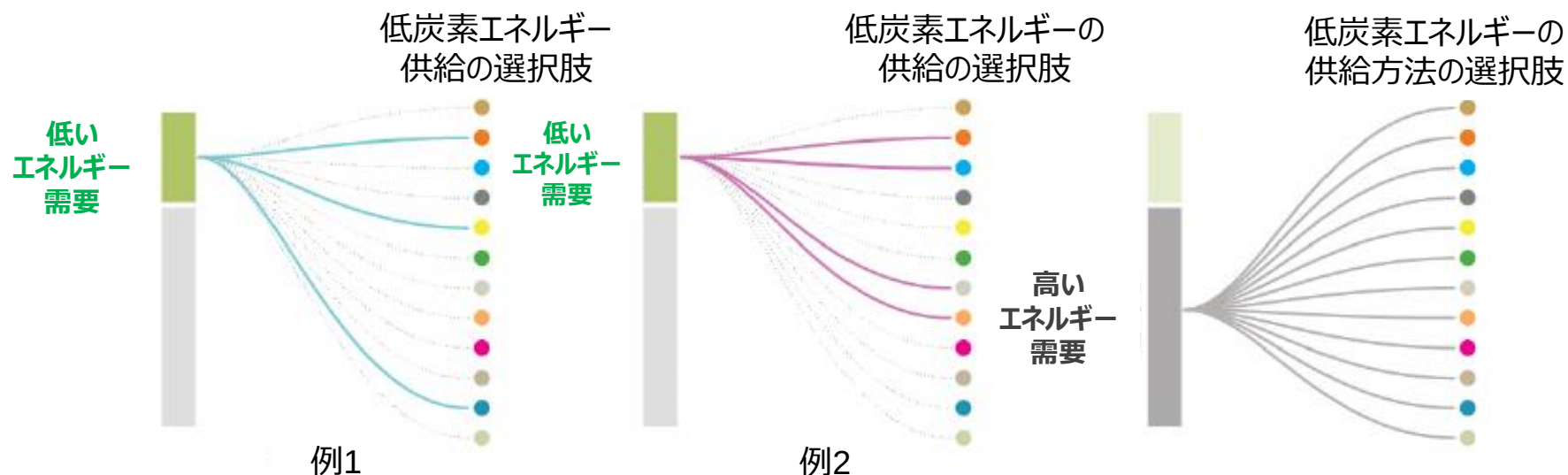
2030年までの対策の重要性

- **2030年に排出が少ないほど、2030年以降にオーバーシュートしないまたは限られたオーバーシュートを伴って地球温暖化を1.5℃に抑えるための課題が少なくなる（確信度が高い）。**
- **温室効果ガスの排出削減に向けた対策が遅れることによって生じる課題には、費用増大のリスク、炭素排出型のインフラのロックイン（固定化）、座礁資産、及び中長期的に将来の対応の選択肢の柔軟性低下などが含まれる（確信度が高い）。**

1.5℃の世界におけるエネルギー需要と供給

エネルギー需要が低ければ、昇温を1.5℃に抑えるための低炭素エネルギー供給の選択肢をより多くの中から選ぶことができる

エネルギー需要が高ければ、選択の柔軟性が低下し、事実上ほぼすべての利用可能な選択肢を考慮する必要があるだろう



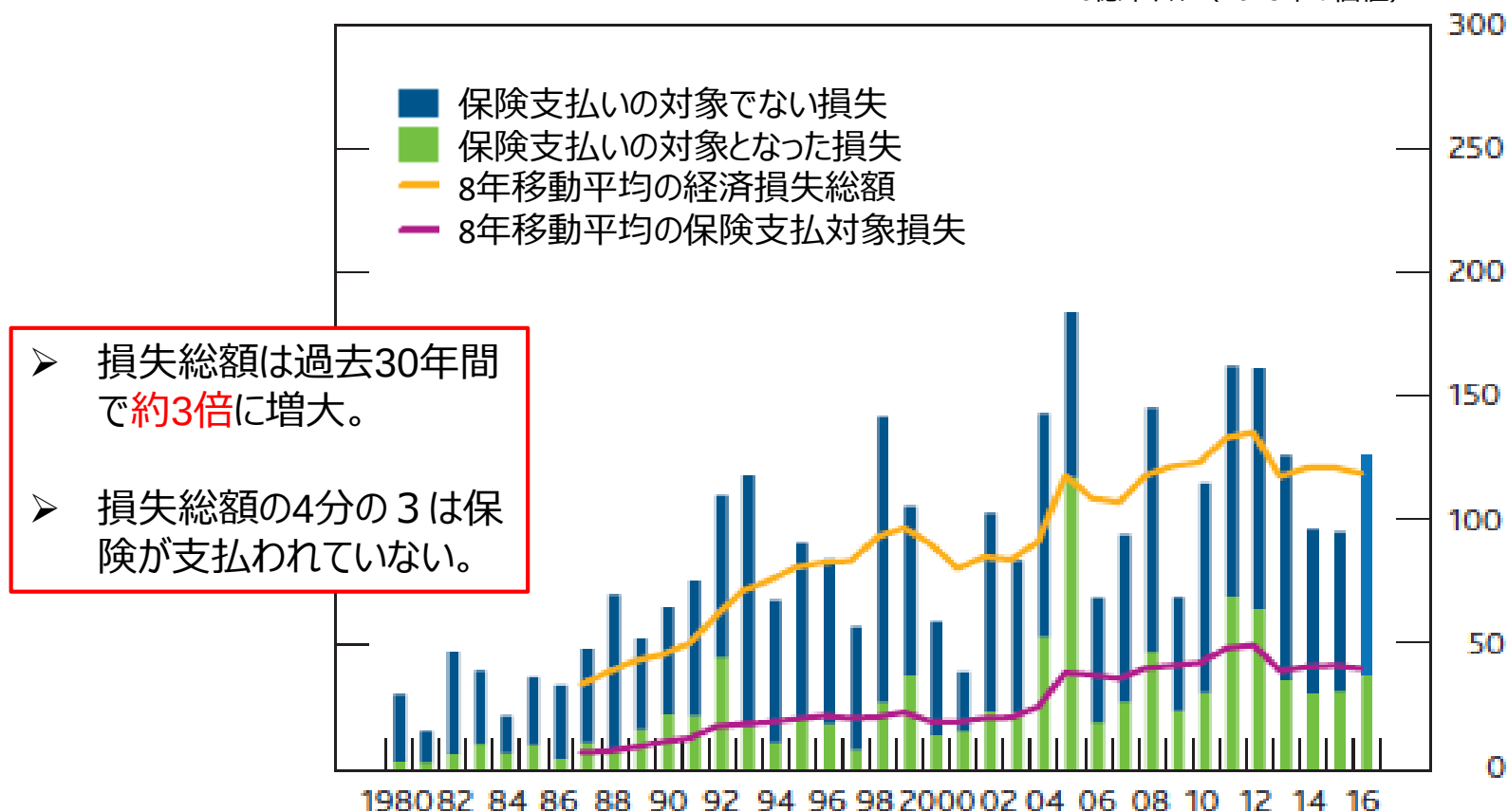
※選択肢には、再生可能エネルギー（バイオエネルギー、水力、風力、太陽光など）、原子力、及び二酸化炭素除去技術の利用を含む

顕在化する気候変動の影響

- IPCCの「1.5℃特別報告書」によれば、既に、地球の平均気温は工業化以前と比べて1℃近く上昇し、極端な気象現象の増加や、人の健康・生態系へのリスクが高まっているとされている。
- 引き続き温暖化の程度が増大すると、深刻で広範囲にわたる不可逆的な影響が生じる可能性が高まる。

世界の気象関連損失額推移（1986年から2016年までの期間）

10億米ドル（2015年の価値）



Sources: Geo Risks Research, Munich Reinsurance Company and NatCatSERVICE 2017 (data does not account for reporting bias).

パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略①（令和元年6月閣議決定）



- 我が国は、**パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略を策定。**
- **脱炭素社会の実現を目指す施策の方向性として、エネルギー部門については、再エネ主力電源化やパリ協定長期目標と整合的に火力発電からのCO₂排出削減に取り組むこと等が示されている。**

長期的なビジョン

- 今世紀後半のできるだけ早期に「脱炭素社会」の実現を目指し、2050年までに80%の削減の実現に向けて大胆に取り組む
- こうした野心的なビジョンの実現に向けて、国内での大幅削減を目指すとともに、世界全体の排出削減に最大限貢献し、経済成長を実現
- パリ協定の掲げる長期目標（2℃目標、1.5℃の努力目標）の実現に向けて日本の貢献を示す

長期的なビジョンに向けた政策の基本的考え方

- ビジョン達成に向けてビジネス主導による非連続なイノベーションを通じた「環境と成長の好循環」を実現

第2章：各部門のビジョンとそれに向けた対策・施策の方向性 第1節：排出削減対策・施策

1.エネルギー

(1)目指すべきビジョン

- ・エネルギー転換・脱炭素化を進めるため、あらゆる選択肢を追求（省エネ、再エネ、蓄電池、水素、原子力、CCUS等）

(2)ビジョンに向けた対策・施策の方向性

- ・再エネ：経済的に自立し脱炭素化した主力電源化（コスト低減、系統制約の克服等）
- ・火力：パリ協定長期目標と整合的に火力発電からのCO₂排出削減（火力発電への依存度を可能な限り引き下げる等）

※長期戦略における石炭火力発電に関する記述

(c)石炭

脱炭素社会の実現に向けて、パリ協定の長期目標と整合的に、火力発電からのCO₂排出削減に取り組む。そのため、非効率な石炭火力発電のフェードアウト等を進めることにより、火力発電への依存度を可能な限り引き下げる等に取り組んでいく。

パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略②（令和元年6月閣議決定）



- **ビジネス主導の国際展開・国際協力として、CO2排出削減に貢献するインフラ輸出の強化や、相手国における緩和計画策定支援等を進めることとされている。**

第3章：環境と成長の好循環の実現のための横断的施策

第3節：ビジネス主導の国際展開・国際協力

(1)政策・制度構築や国際ルールづくりと連動した脱炭素技術の国際展開

- ・ エネルギー効率の比較・評価の仕組み、省エネラベルや国際標準化など相手国における制度構築を図るとともに、二国間クレジット制度（JCM）や、ASEAN大で官民イニシアティブの立上げの提案、官民ワークショップ等による成功事例の共有等を通じ、ビジネス環境を整備し、脱炭素技術の普及・横展開を図る

(2)CO2排出削減に貢献するインフラ輸出の強化

- ・ パリ協定の長期目標と整合的にCO2排出削減に貢献するエネルギーインフラや都市・交通インフラ（洋上風力・地熱発電等の再エネ、水素、CCUS・カーボンリサイクル、スマートシティ等）の国際展開

(3)地球規模の脱炭素社会に向けた基盤づくり

- ・ 相手国におけるNDC策定・緩和策にかかる計画策定支援等、サプライチェーン全体の透明性向上

※長期戦略 第3章第1節 I 2. 施策の方向性の中で石炭火力輸出に関連があると考えられる記述（抄）

（1）施策の基本的な方向性

我が国は、国内での大幅な排出削減を目指すことはもとより、世界の脱炭素化を牽引する国際的リーダーシップを発揮する。今後も、これまで築いてきた信頼関係を基礎として、在外公館も効果的に活用しながら、相手国との協働に基づく協力を拡大するとともに、我が国の強みである技術力をいかして新しいビジネスを生み出し、環境性能の高い技術・製品等の国際展開を促進し、我が国が世界をリードしていき、世界の排出削減に最大限貢献していく。

（中略）資金については、ODAやその他政府資金（OOF）等に限らず、気候変動分野への資金の拡大に取り組むとともに、パリ協定の長期目標を踏まえ、あらゆる案件において、これまで以上に気候変動対策の観点を取り入れることが重要である。

パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略③（令和元年6月閣議決定）



※長期戦略 第3章第1節 I 2. 施策の方向性の中で石炭火力輸出に関連があると考えられる記述（続き）

（3）CO2排出削減に貢献するエネルギーインフラの国際展開

世界のエネルギーアクセス改善と脱炭素社会の実現という、世界規模の2つの大きな課題への対応を真に両立させるためには、CCS・CCU／カーボンリサイクルなど、化石燃料の脱炭素化に必要なイノベーションを実現することが不可欠であり、我が国として、そのための技術の開発と普及、知見の共有等を国際的な連携の中でリーダーシップをとって進めていくことで、世界に貢献していく。

あわせて、脱炭素社会の実現に向けて、世界が従来型の化石燃料利用への依存度を可能な限り引き下げていけるよう、相手国のニーズに応じ、CO2排出削減に資するあらゆる選択肢を提示し、再生可能エネルギーや水素をはじめ、イノベーションの成果の普及に積極的に取り組む。

以上を念頭に、海外におけるエネルギーインフラ輸出を、パリ協定の長期目標と整合的に世界のCO2排出削減に貢献するために推進していく。とりわけ、再生可能エネルギーについては、世界における再生可能エネルギーに対する需要拡大も踏まえ、相手国の状況にあった再生可能エネルギーの利用を推進する。（中略）過渡期においては、パリ協定の長期目標と整合的に、世界におけるLNGの導入のための制度・インフラ整備への協力等を通じ、よりクリーンなガス利用へのシフトを支援する。

（5）公的資金の効果的な活用と民間資金の動員拡大（抄）

（略）引き続き、パリ協定の下で求められている気候変動資金の供与を誠実に行っていく。そのためには、全ての公的資金の一層の活用が必要である。日本企業の国際展開には主としてOOF、開発途上国を支援する国際協力には主として海外投融資などのODAを活用しつつ、両者の民間資金動員やインパクトの面での相乗効果を狙う。さらに、開発途上国のみならず、先進国も含め世界で同時に起こる脱炭素化において、技術優位性等を持つ日本企業を支援するため、先進技術を用いた事業や新規取組の事業化の公的金融による支援を推進し、日本企業によるイノベーション及び新規事業投資を促進する。（略）

2. エネルギー情勢の変化等

2 - 1. 国際機関の分析

IEAのWorld Energy Outlook 2019のシナリオ



- IEAのWorld Energy Outlook 2019では、シナリオ分析を行っている。
- **公表政策シナリオ**（Stated Policies Scenario）は、エネルギーに関連する現在の政策における方向性を積み上げたシナリオ。パリ協定の目標を達成するのに必要な削減量からは大きく乖離。
- **持続可能な開発シナリオ**（Sustainable Development Scenario）は、パリ協定の長期目標やエネルギーに関連するSDGs（持続可能な開発目標）の実現などの達成されるべき成果を設定し、その成果を得るためのアクションの組合せや達成のための経路などを分析・評価したシナリオ。
- SDGsのうち最もエネルギーに関係が強いのは、普遍的な**エネルギーへのアクセス**（SDG 7）、**大気汚染の削減**（SDG 3.9）、**気候変動への行動**（SDG 13）の3つ。

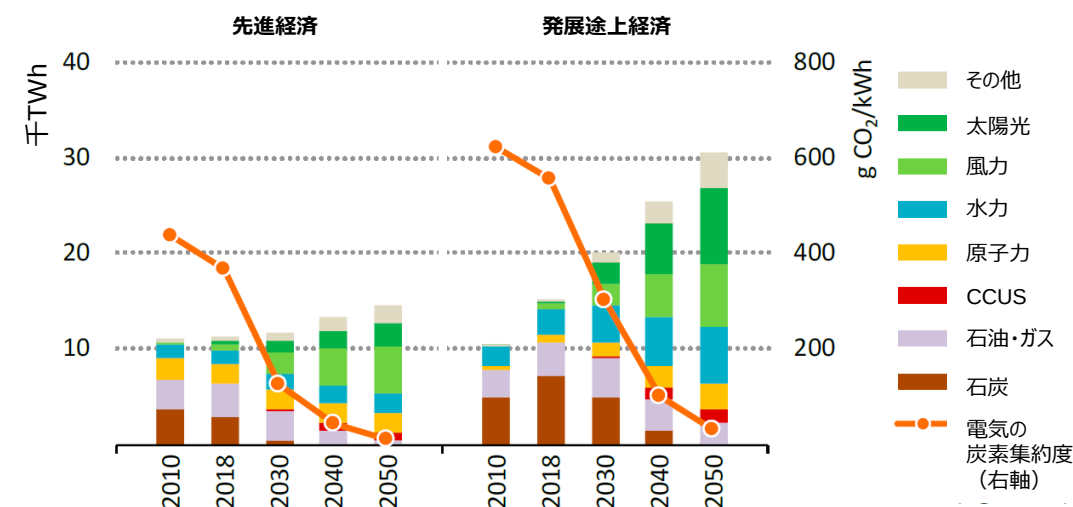
	持続可能な開発シナリオ	公表政策シナリオ
概要	パリ協定と完全に整合しており、気候、大気質、アクセスの目標を達成すると同時に、エネルギー安全保障に強い特徴を持つ統合戦略を展開。	各国政府が既に実施している政策や、公式な目標及び計画で表現されている政策の効果を含む。
エネルギーアクセス	2030年に100%電気へアクセス。	電気を使用できない8億6000万人のうち、2040年までに5億3千万人がアクセス可能に。
大気汚染の削減	公表政策シナリオと比較して野外では早期死亡者が年間200万人以上、家庭内では年間100万人減少。	野外での大気汚染の影響による、早期死亡者の数は2050年までに年間500万人に増加。
気候変動への行動	・ <u>2070年にネットゼロ</u> 。 ・先進国の排出量は、2050年までに年率5.6%、途上国は3.2%減少。	2040年までに排出量のピークアウトはせず、年平均1億トンペースで増加。パリ協定の目標を達成するのに必要な削減量からは大きく乖離。

エネルギーとSDGs：エネルギー転換



- 持続可能な開発シナリオでは、2040年までに風力と太陽光が上位2つの電源となり、**2050年までに電力部門の大部分が脱炭素化（23g CO₂/kWh）**される。
- **石炭需要は絶対量及び相対的割合の両方で減少し、2050年には総エネルギー消費量の8%とされている。**
- **2050年までに、低炭素技術（再生可能エネルギー、原子力及びCCUS）が世界の一次エネルギー需要の半分以上を支えるようになり、化石燃料を逆転。**

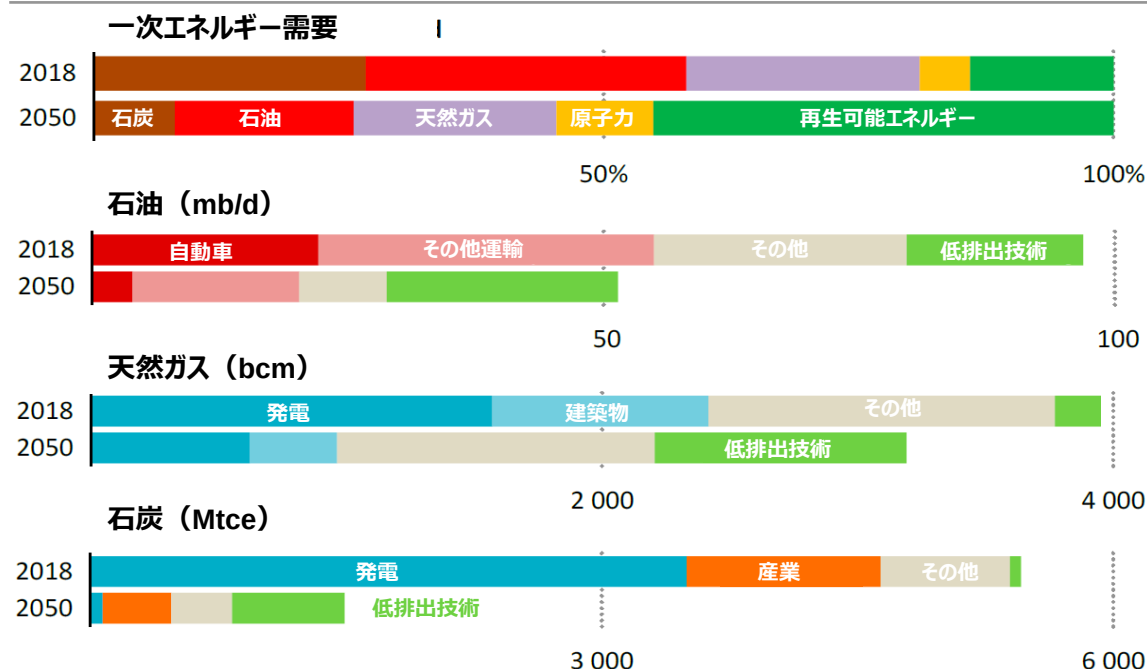
持続可能な開発シナリオにおける
電源構成及び炭素集約度



Both advanced and developing economies move towards full decarbonisation of electricity supply by 2050

- カーボンキャプチャーのない石炭火力発電所からの発電は、2030年までに先進国で、2045年までに途上国でフェーズアウトされるとしている。
- ガス火力発電は、重要な柔軟性提供のため2020年代後半まで増えるが、それ以降は、蓄電池が柔軟性需要を満たしていくこと等により、減少するとしている。

持続可能な開発シナリオにおける一次エネルギー供給量



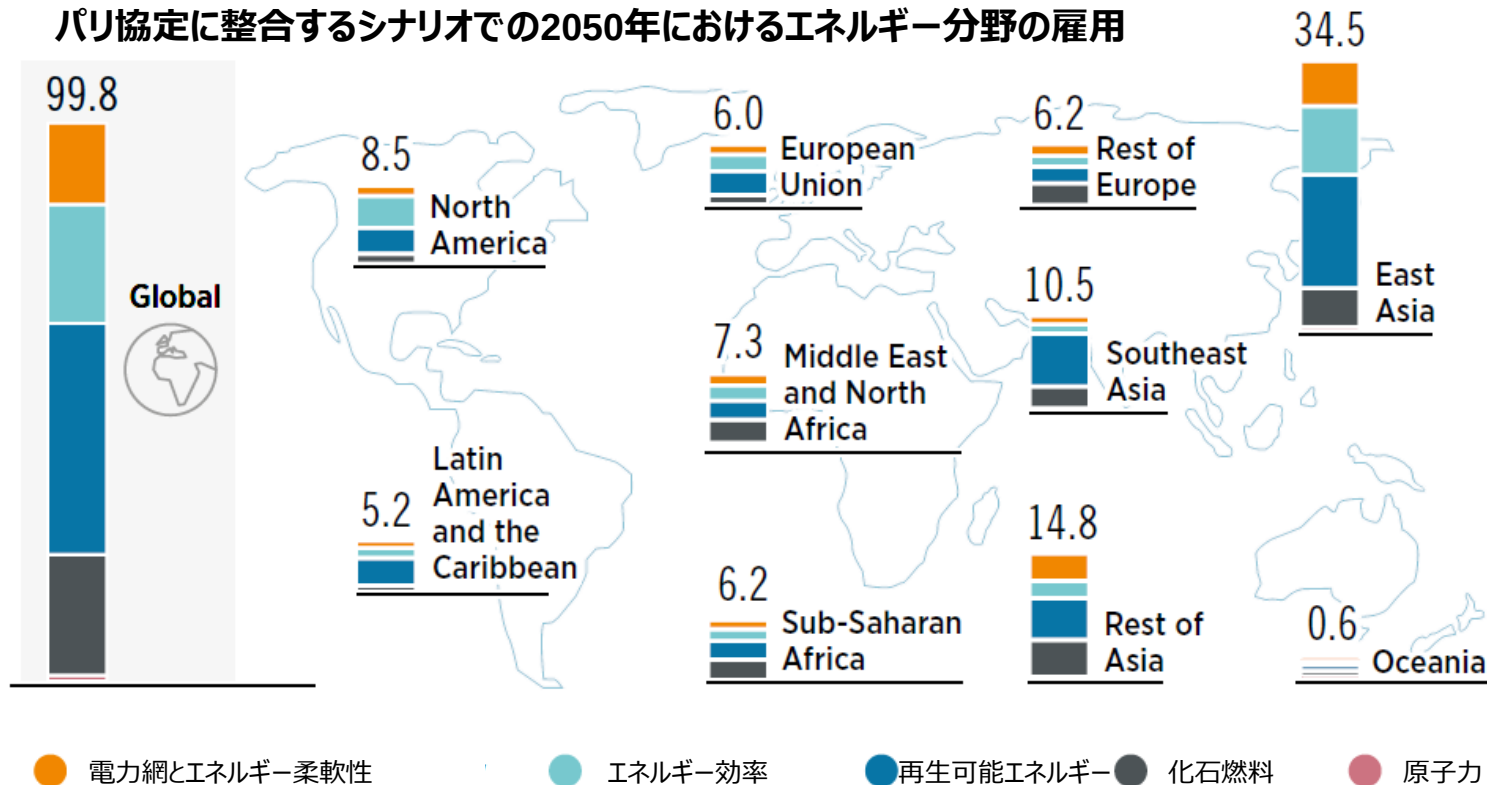
While growth in renewables and nuclear power contribute most to decarbonising the energy mix, the carbon footprint of fossil fuels also improves

- 水素とバイオマス由来のメタンがガスグリッドで使用されるように。
- 2050年までに、石油使用量は1日あたり5,000万バレルにまで減少。そのうち40%はプラスチックおよびアスファルト生産のための原料としての使用。
- 天然ガス需要は2030年代後半までに4兆立方メートルをわずかに超えた後、大幅に減少。

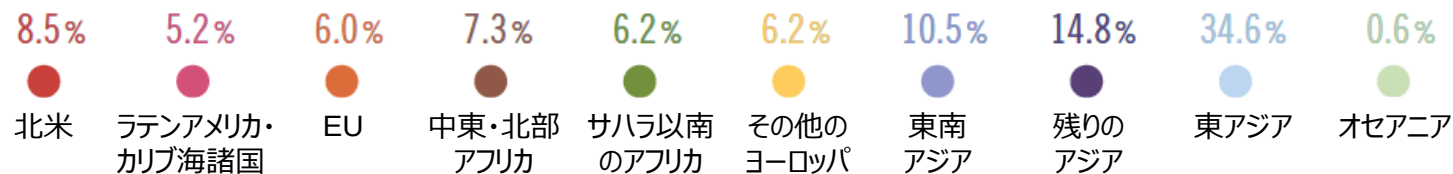
持続可能なエネルギーシステムへの移行による雇用創出効果

- IRENAのパリ協定に整合するシナリオ（※）では、2050年までにエネルギーセクターの雇用は全世界で約1億人に拡大される（2017年時点で約5800万人）。
- 全ての地域で増加するが、特に東南アジア（81%）、オセアニア（57%）、サハラ以南のアフリカ（36%）、北米（28%）の増加率が高い。

パリ協定に整合するシナリオでの2050年におけるエネルギー分野の雇用



全世界の雇用に占める各地域の割合



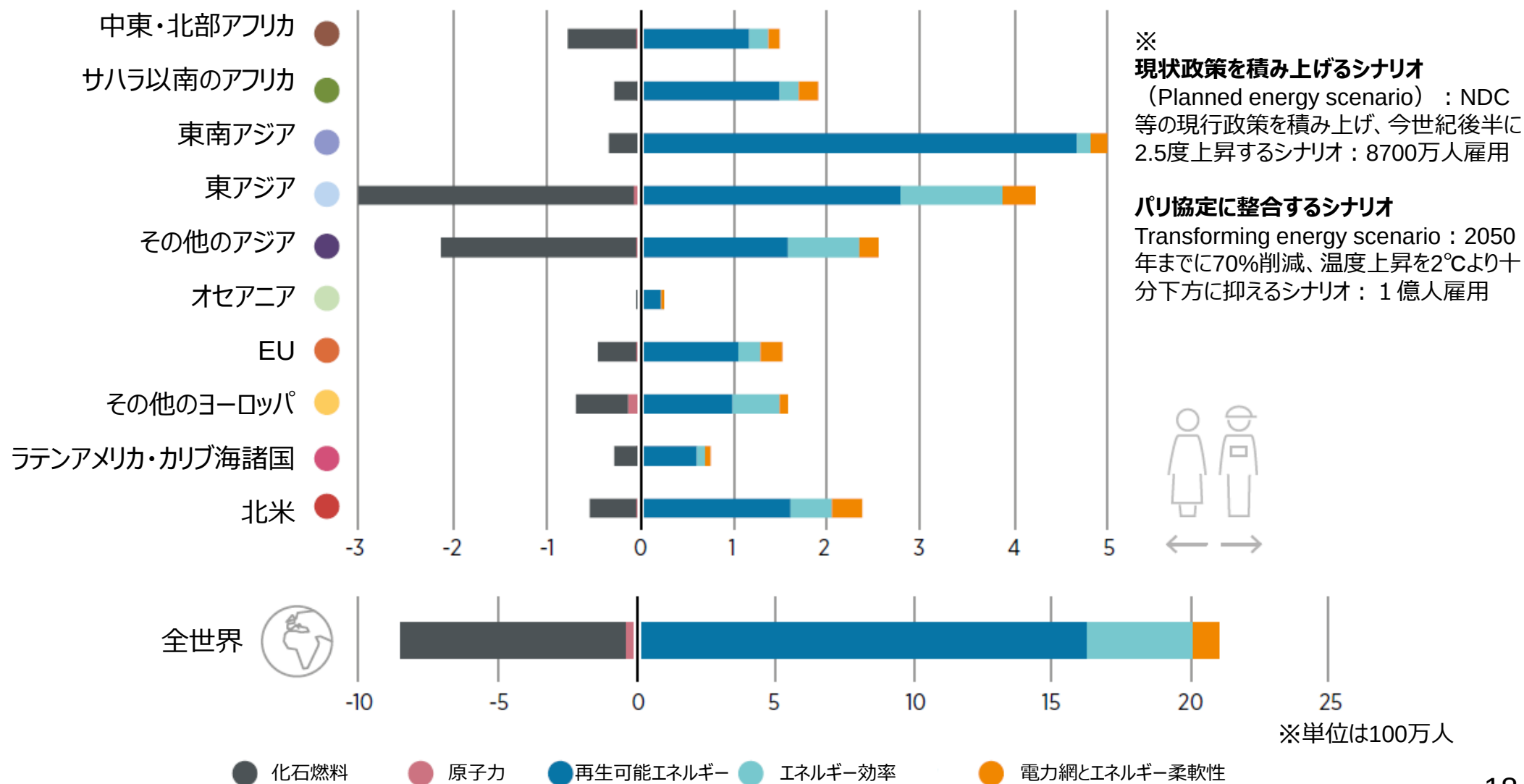
※単位は100万人

※Transforming energy scenario : 2050年までに70%削減、温度上昇を2℃より十分下方に抑えるシナリオ

持続可能なエネルギーシステムへの移行による雇用創出効果

■ エネルギーセクターの雇用は、移行関連の雇用創出が雇用喪失数より上回る。

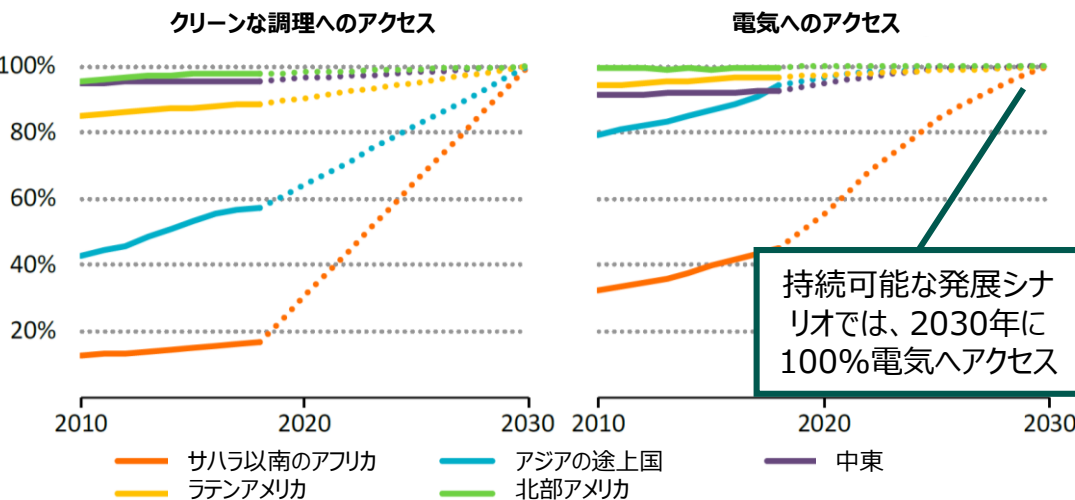
現状政策を積み上げるシナリオとパリ協定に整合するシナリオ（※）の2050年におけるエネルギーセクターの雇用の違い



エネルギーとSDGs：エネルギーアクセス

- 電気を使用できない人の数は、2017年の9億8,000万人から2018年には8億6,000万人に減少。サハラ以南のアフリカの6億人（2人に1人）がなお電気を利用できない。
- 公表政策シナリオにおいて、2040年までに、主にアフリカとアジアの途上国において5億3000万人が電気にアクセス可能となるが、それは世界全体の電力需要増の2%とされている。

持続可能な開発シナリオにおける
エネルギーアクセスの経路

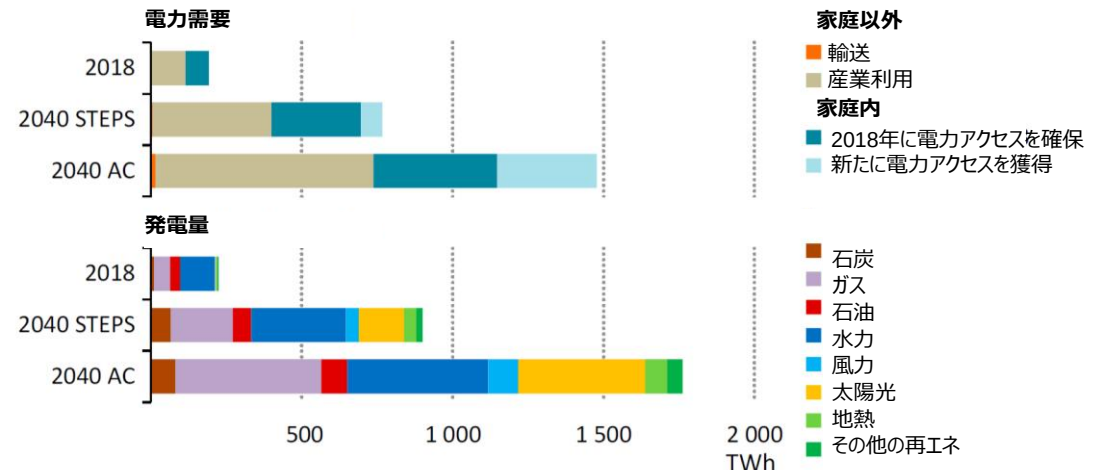


Acceleration in access is particularly needed in sub-Saharan Africa and developing Asia

- エネルギーアクセスへの対応加速化は、**アフリカのサハラ砂漠以南とアジアの途上国において特に必要**とされている。

※公表政策シナリオでは、電気を使用できない人の数は2050年に700万人まで減少する見込みとしている。

シナリオ別のサハラ砂漠以南（南アフリカ以外）の
電力需要及び発電量（2018,2040）



Demand quadruples by 2040 in the Stated Policies Scenario and increases almost eightfold in the Africa Case, renewables and gas rise to meet demand growth

STEPS:公表政策シナリオ
AC: アフリカケース。アジェンダ2063（アフリカの長期的な成長と開発のための長期ビジョン）をベースとしたケースで、公表政策シナリオよりも高成長を見込む。

- 公表政策シナリオでは、急増する需要に合わせ、サハラ以南の電力供給も4倍に増加。
- 発電電力量は2040年までに3倍の270GW、アフリカケースでは600GWに。
- **電力需要増への対応は、主として再生可能エネルギーと天然ガスにより実現。**特に太陽光発電は重要な役割を果たし、水力発電を追い抜き最大の導入容量となる。

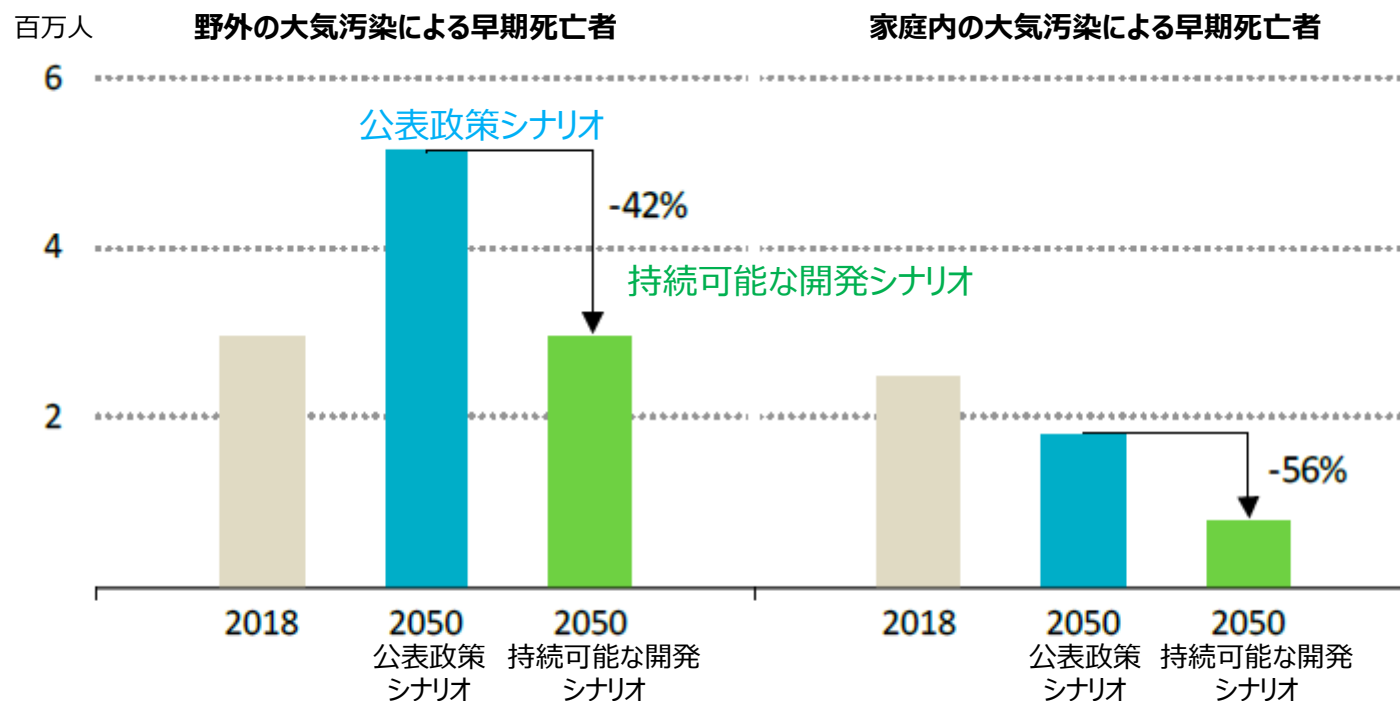
エネルギーとSDGs：エネルギーアクセス②



- SDGsゴール達成に向け、エネルギーアクセスの向上は重要。
 - IEA（Energy Access Outlook 2017）は、2030年までに6割以上の人々が再エネによりエネルギーアクセスを得ると推計している。また、地方部でエネルギーアクセスを得る人々の2/3以上は、最も費用対効果が高い分散型電源によるものと推計。
 - 石炭火力は、2000年～2015年の間に、エネルギーアクセスを得た人々のうち45%分の寄与があった（再エネは同期間で34%）。
-
- 主に送電網の拡大と化石燃料（石炭45%、天然ガス19%、石油7%）により、電気を利用できない人口は2000年の17億人から2016年の11億人に減少した。2012年以降には毎年1億人以上が電力へのアクセスを獲得した。
 - 電気を利用できない人口の大部分は、アジアの開発途上国およびサハラ以南のアフリカ。2030年にまだ電力にアクセスできないと予想される6億4700万人のうち、90%がサハラ以南アフリカに住む人々である。
 - 2030年までに電力アクセスを得る人々の60%以上が、主に太陽光と水力による再生可能エネルギー発電を通じてアクセスできる予想である。農村地域では、分散型電力システムは電力アクセスを得る人の3分の2以上にとって最も費用効果の高いソリューションである。

エネルギーとSDGs：大気汚染の削減

- 公表政策シナリオにおいては、野外の大気汚染に起因する早期死亡者は増加、**2050年までに年間500万人**に達する見込み。また家庭内汚染煙による呼吸疾病での早期死亡者は、**年間180万人**になる見込み。
- 持続可能な開発シナリオにおいては、野外の大気汚染に起因する早期死亡者は、公表政策シナリオと比較して**年間200万人以上減少**する見込み。家庭内の早期死亡者も、公表政策シナリオに比べて**年間100万人減少**。



※発電所、交通、産業からのより少ない汚染物質の排出は年間220万人、
清潔な調理環境を確保は年間100万人、大気汚染による早期死亡者を減らし得る。

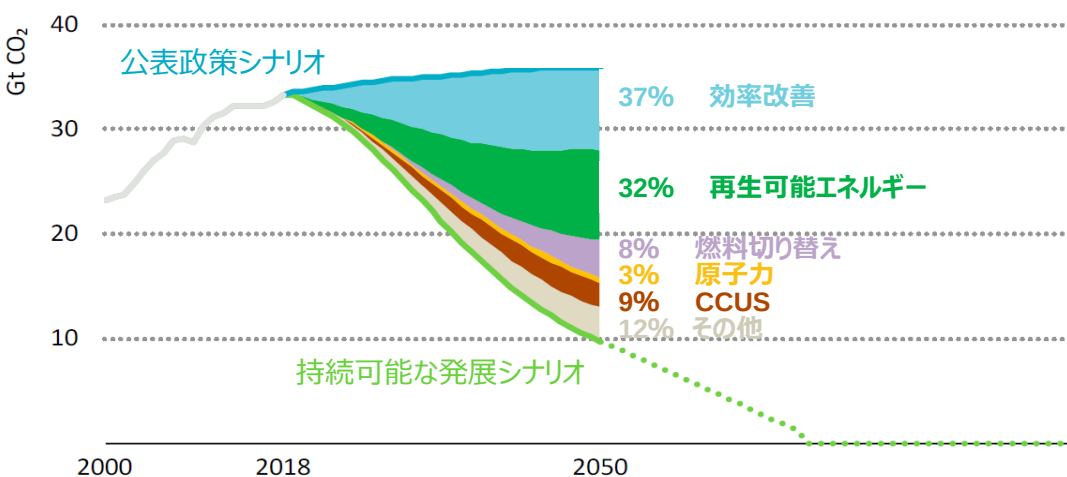
Source: International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA).

エネルギーとSDGs：CO₂削減の見通し



- 持続可能な開発シナリオでは、2030年には250億トン、2050年には100億トン未満にまで減少。2070年にはネットゼロエミッションを達成する見込み。
- 持続可能な開発シナリオでは、エネルギー消費構造が大きく変化。**2050年の石炭からのCO₂排出量は現在から90%減少し、主に鉄鋼部門およびセメント部門に残るだけとなる。**

持続可能な開発シナリオにおける対策別CO₂削減量
(対公表政策シナリオ)



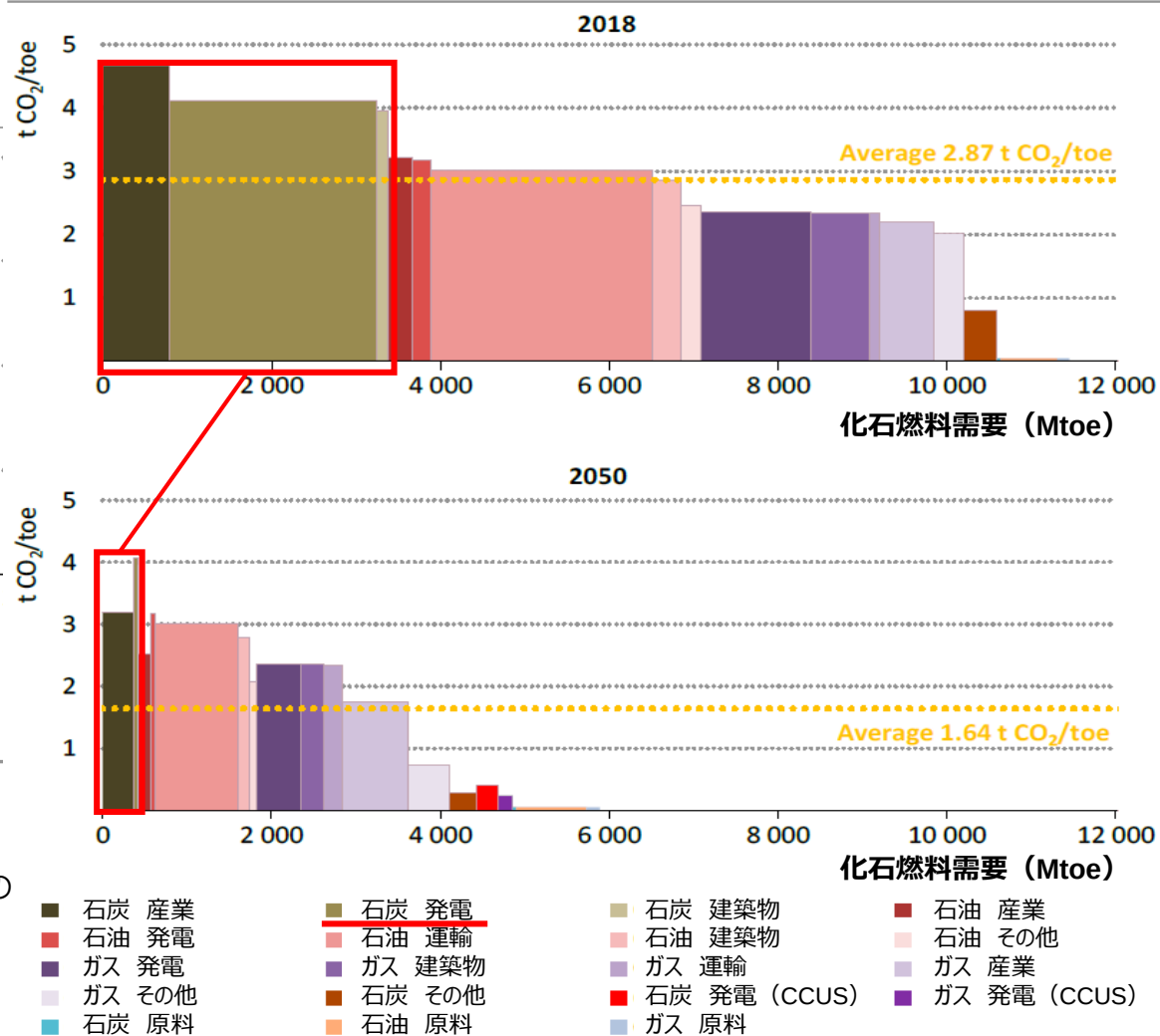
Efficiency and renewables provide most emissions reductions, but more technologies are needed as emissions become increasingly concentrated in hard-to-abate sectors

Note: CCUS = carbon capture, utilisation and storage.

※公表政策シナリオにおけるCO₂排出量は、2050年までに約360億トンに達する見込み。現在のCO₂排出量の約13%を占める地域でネットゼロエミッションの目標が掲げられているが、排出パスを大きく変えるには不十分。

出典:IEA, World Energy Outlook 2019 より環境省作成

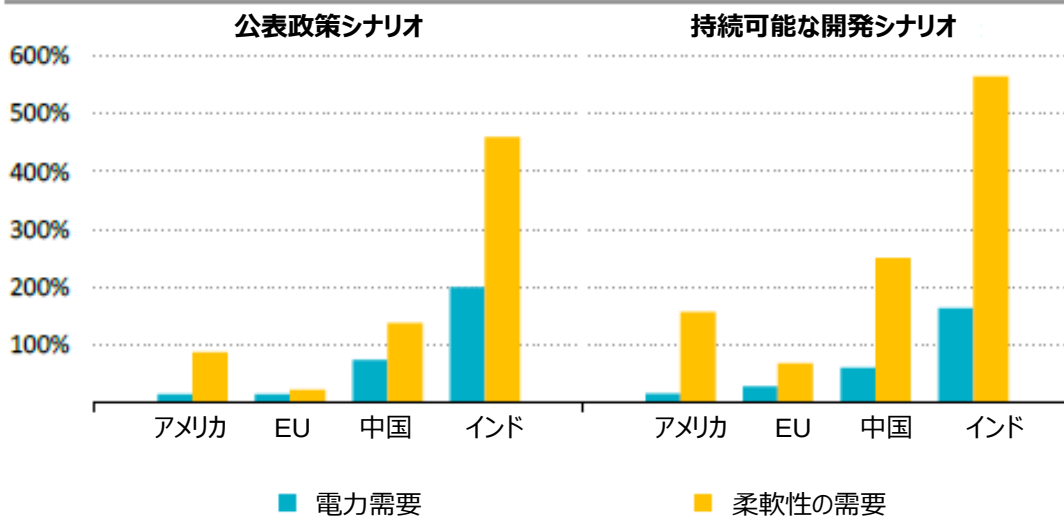
持続可能な開発シナリオにおけるCO₂排出量別の世界の化石燃料需要



電力供給の柔軟性が必要

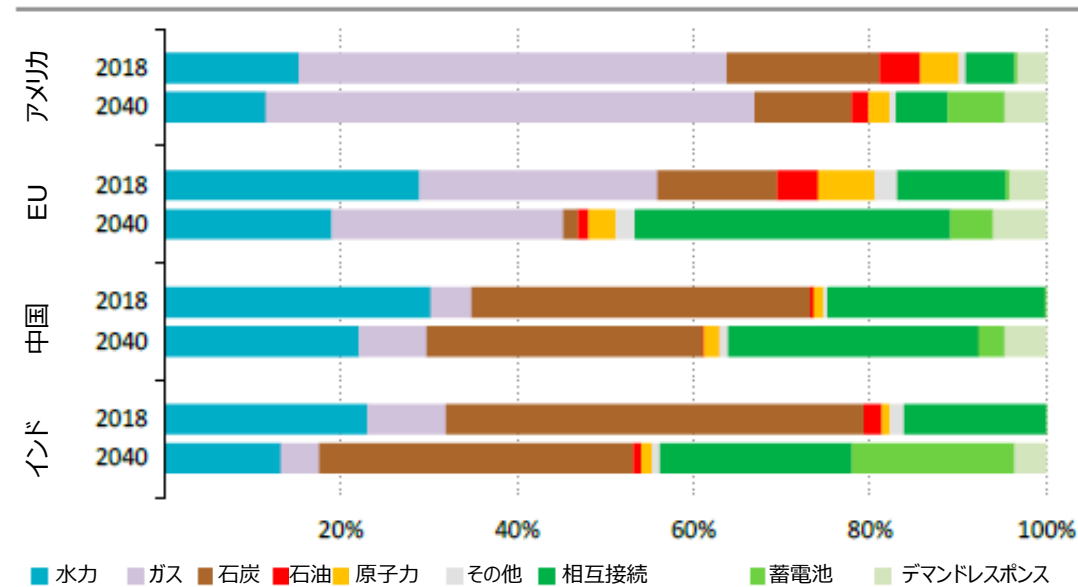
- 変動性の高い再生可能エネルギーの導入拡大に伴い、**電力システムの柔軟性が重要となる**。インドや東南アジアなど、今後再生可能エネルギー導入量が急増するとみられる地域では、特にこの柔軟性が必要とされている。
- 現在、**電力供給の柔軟性の大部分を火力発電所が担っており、2040年においても一定の役割を果たすとされている**。
- ガスタービン、水力、系統の広域運用のほか、蓄電池、ディマンドレスポンスやセクターカップリング等の需要サイドの柔軟性提供への取組など、柔軟性には多様なポートフォリオが必要とされている。

公表政策シナリオ及び持続可能な開発シナリオ
において求められる電力の柔軟性（2019年～2040年）



Flexibility needs increase much faster than electricity demand, driven by rising shares of variable renewables, more electric vehicles and higher demand for cooling

公表政策シナリオにおける地域別の柔軟性に寄与する要素

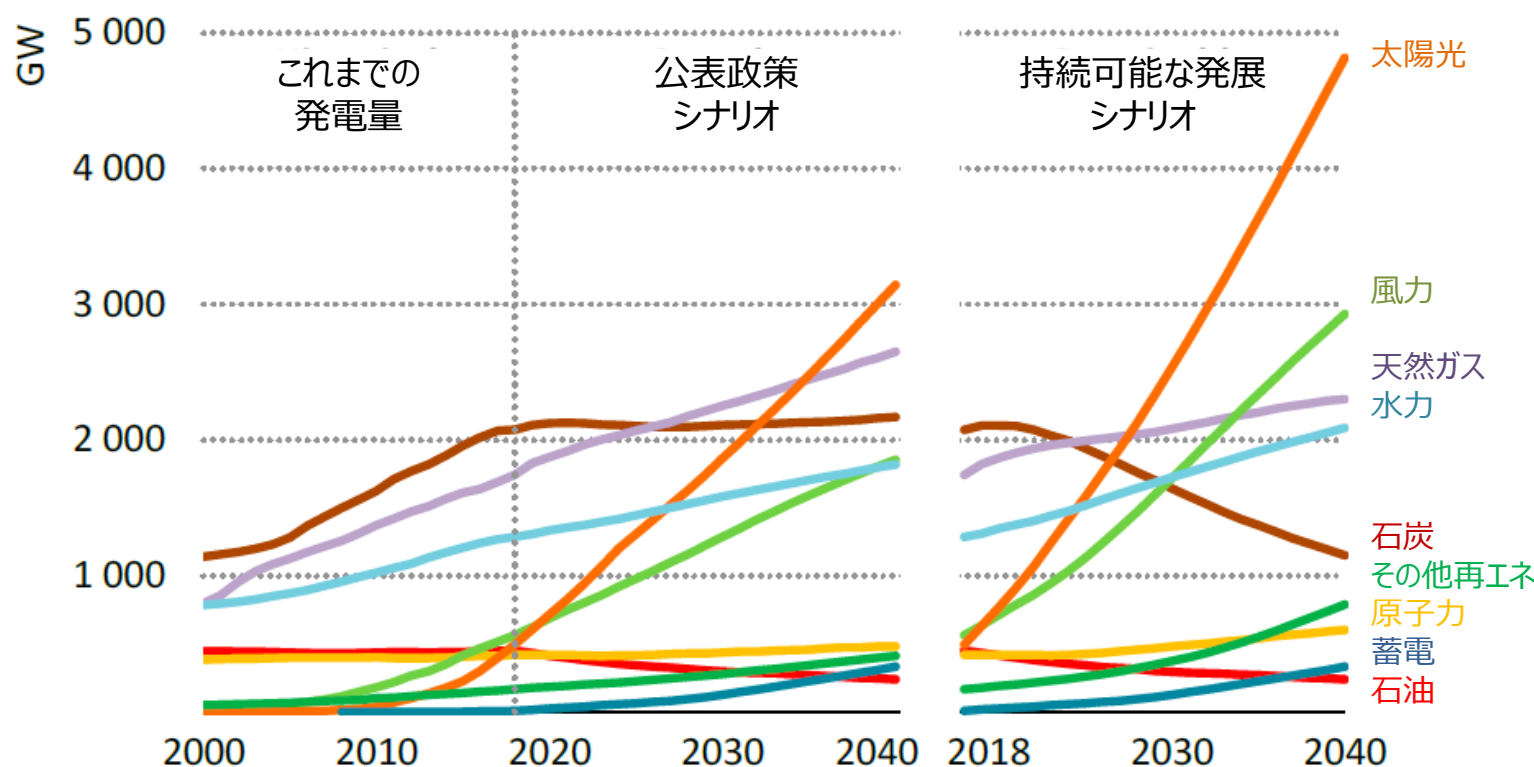


Thermal power plants continue to provide the bulk of flexibility needs, along with interconnections, but batteries and demand-side response are rising fast

世界全体での発電容量のシナリオ (IEA)

- 石炭火力の容量は、公表政策シナリオでは現状から概ね維持され、持続可能な発展シナリオ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)

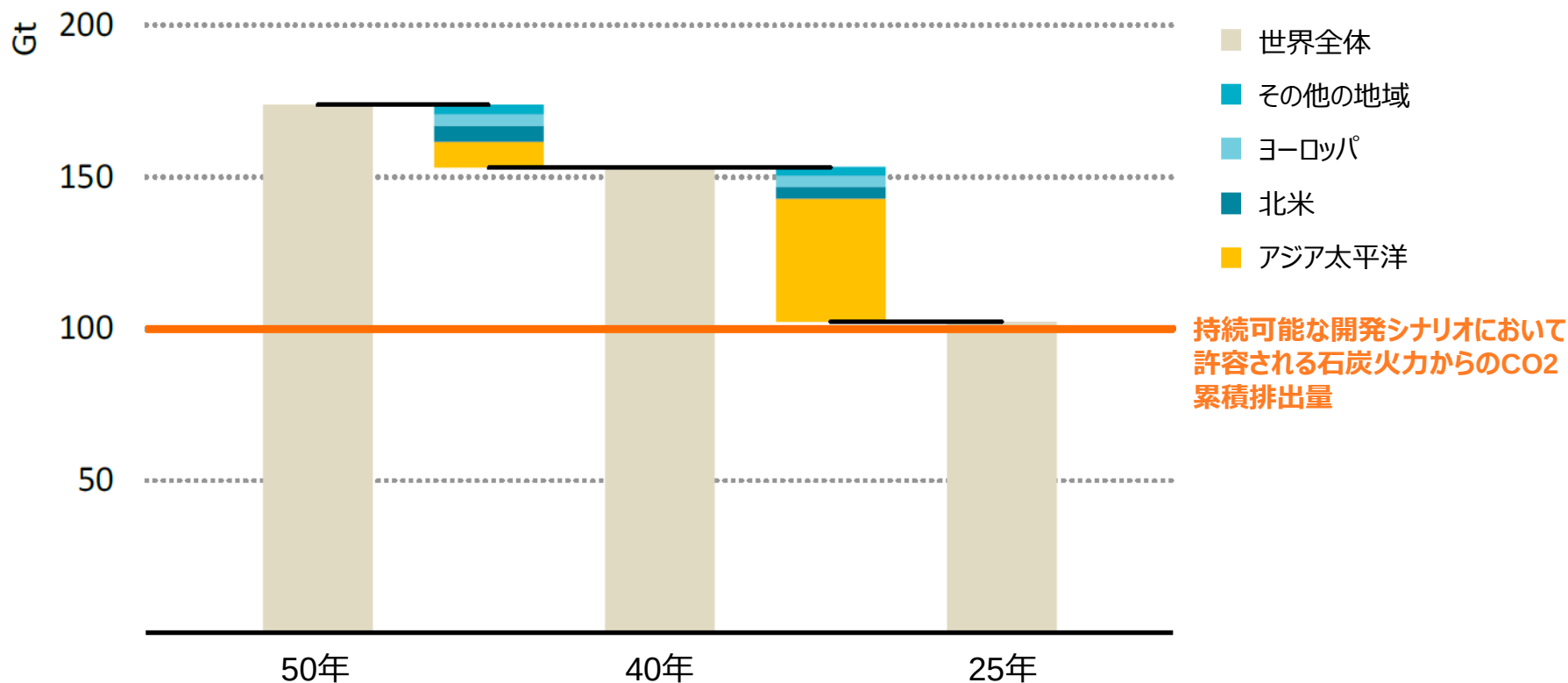


- 電源の低炭素化は今後も続き、公表政策シナリオでは、低炭素電源の電源構成比が2018年の26%から2040年には44%まで増加。
- 太陽光発電と風力発電の電源構成比は、電源コストの低下や普及促進に向けた各種対策の効果により、公表政策シナリオでは2018年の7%から2040年には24%まで増加する見込み。一方、太陽光発電や風力発電の導入拡大に伴い、石炭火力は同期間において38%から25%まで減少。天然ガス火力と原子力はほぼ横ばいで推移。

石炭火力発電所からの排出について

- 石炭火力発電所の平均的な寿命は約50年と考えられているが、IEAは、持続可能な開発シナリオを達成するためには、平均的な使用期間を25年に制限する必要があると指摘している。しかしながら、コストやエネルギーセキュリティの観点で現実的でないとしている。
- 火力発電の寿命設定を40年に設定とした場合、2040年における排出量は持続可能な開発シナリオを50%程度上回る。

想定寿命別、石炭火力からの累積排出量
(2019年～2040年)



Limiting coal plants to 25-year lifetimes would bring emissions in line with the Sustainable Development Scenario, but would have consequences for costs and energy security

既存の石炭火力発電に関する対策オプション

- 既存の石炭火力発電所からの排出量削減の対策は**多面的なアプローチが必要**であり、3つのオプションが示されている。

＜①**CCUS**又は**バイオマス混焼施設への改修**、②**柔軟性にフォーカスした用途変更**、③**廃炉**>

- オプション別のCO₂削減割合とともに、追加投資コスト、柔軟性提供や財務影響その他の考慮事項の分析が示されている。

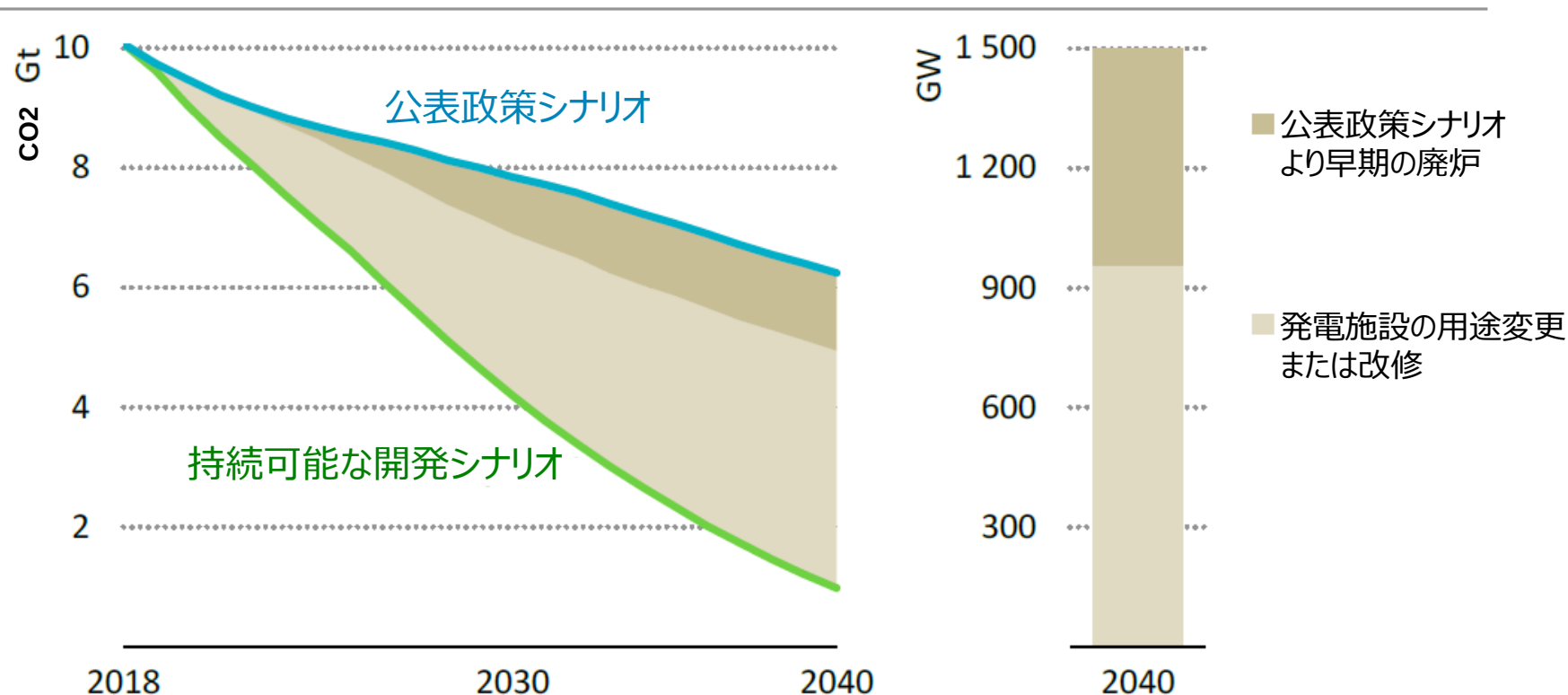
石炭火力からの排出を削減する各種対策

	施設の改造		柔軟性に フォーカスした 用途変更	廃炉
	CCUS	バイオマス混焼		
施設へのインパクト				
CO2排出削減	最大99.7%	5-20%	1-80%	100%
考慮すべき事項				
排出量削減の確かさ	高	中	低	高
追加投資規模（GW当たり）	十億米ドル	百万米ドル	百万米ドル	なし
電力システムのデカシーと柔軟性の確保	●	●	●	●
財政的な影響の猶予	●	●	●	●
その他	土地のCCUSへの 適正	バイオマスの 利用可能性		土地の修復のコス ト、雇用への影響

石炭火力発電に関する指摘（既設への対応の必要性）

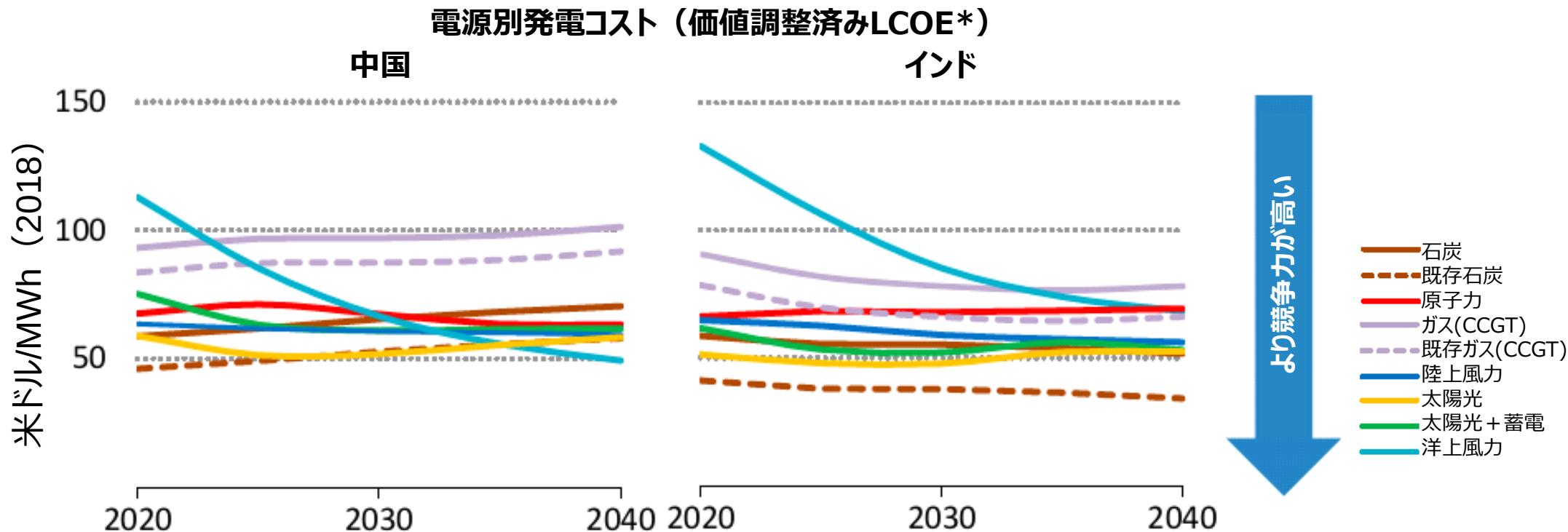
- 持続可能な開発シナリオでは、ロックインを避ける**既設の火力発電所からの排出量削減対策**として、**既設の約60%にCCUSやバイオマス混焼への改修**、または電力システム最適化を目的とした火力発電所の**用途変更**、**約40%に石炭火力発電所の早期廃炉が必要**としている。

既存の石炭火力発電設備からのCO₂排出削減（方策別）



電源別発電コスト（分析）

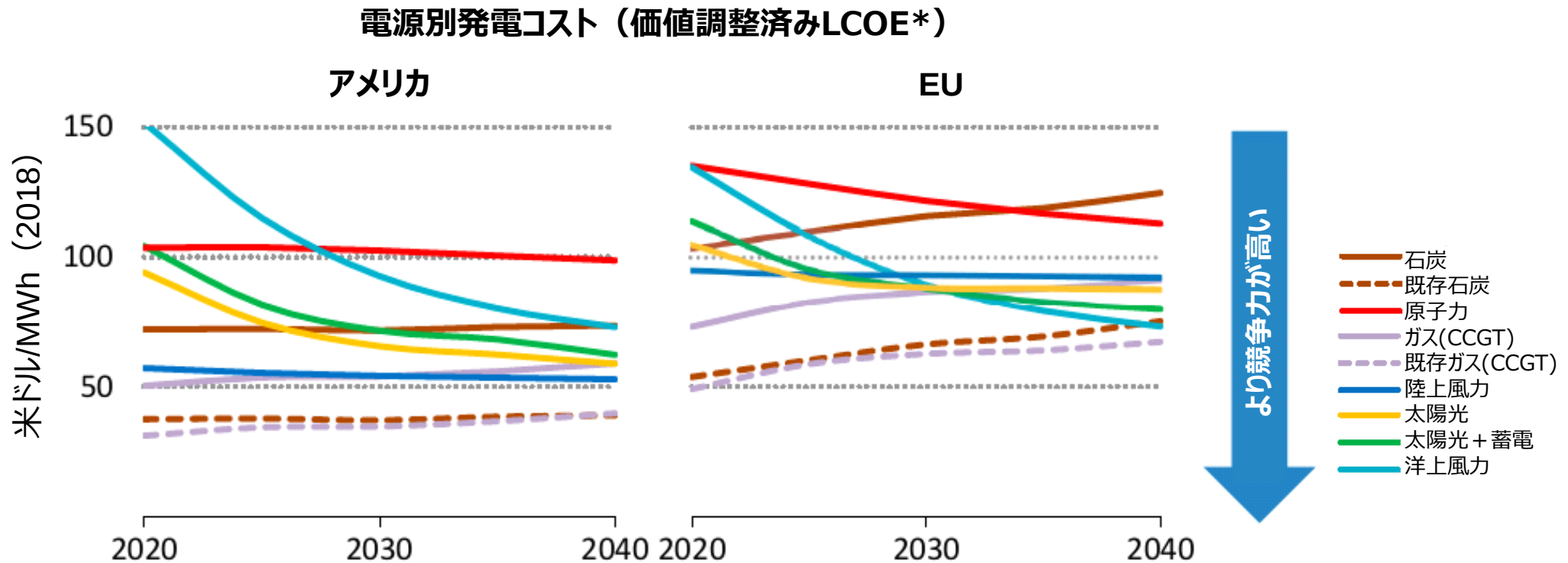
- IEAによれば、中国では、2020年代後半から既存石炭と太陽光の価格がほぼ同額、洋上風力は2030年代半ばから既存石炭より安くなるとの分析がなされている。
- インドでは、新設石炭と比べて、太陽光は既に安く、太陽光＋蓄電もほぼ同額。他方、既存石炭は2040年にかけて引き続きどの電源よりも安いとの分析がなされている。



*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

電源別発電コスト（分析）

- 米国では、新設石炭と比べて、陸上風力は既に安く、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。

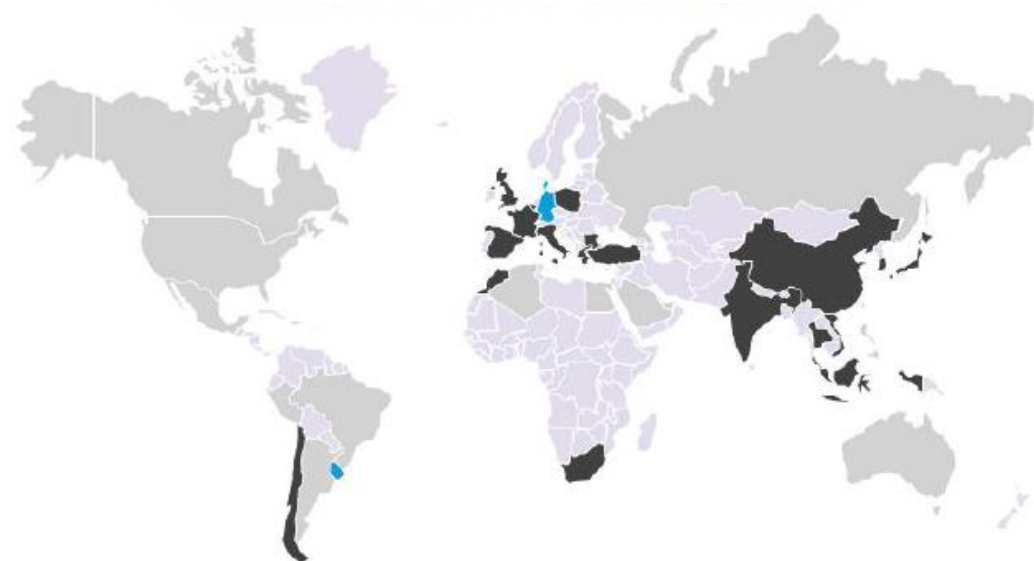


*価値調整済みLCOE=Value-adjusted LCOE：電源のコストだけでなく、価値についても調整したLCOE。価値としてEnergy、Capacity、Flexibilityがあり、例えば、Energyの価値は、電気料金の高い昼間の価値がより高く評価される

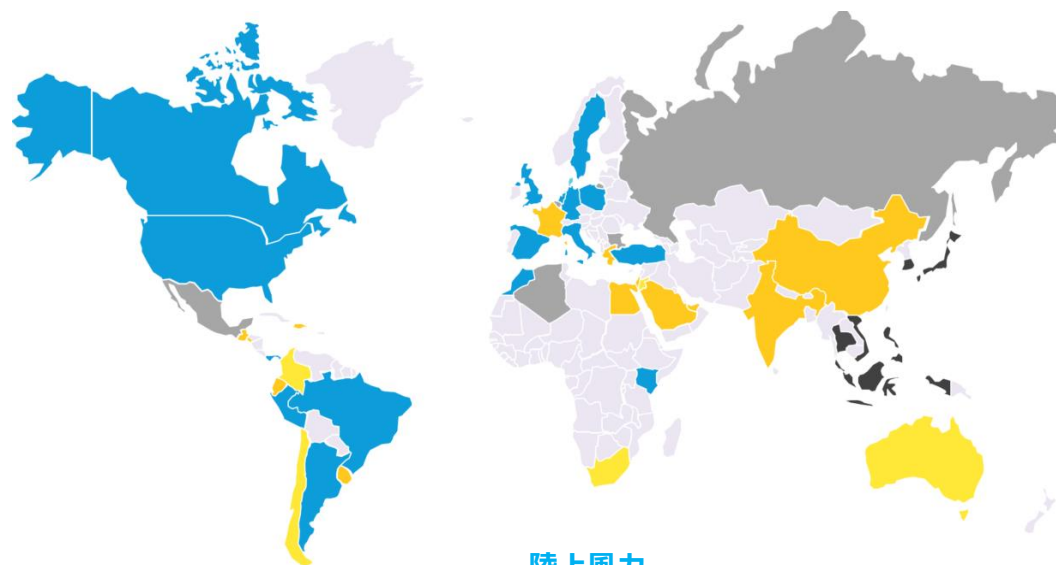
電源別発電コスト（実績）

- 2014年は化石燃料の発電所が一番安い国が多かったが、2020年前半には、世界人口の少なくとも2/3を占める国にとっては太陽光と風力が最も安い。これらの国は、世界のGDPの71%、エネルギー生産の85%を占める。

2014年の世界：
化石燃料の発電所が一番安い



2020年前半の世界：
世界人口の少なくとも2/3を占める国では
再エネが最も安い



各国において発電所を新設した際のLCOE※が最も安い電源
（平均的なプロジェクトでの比較）

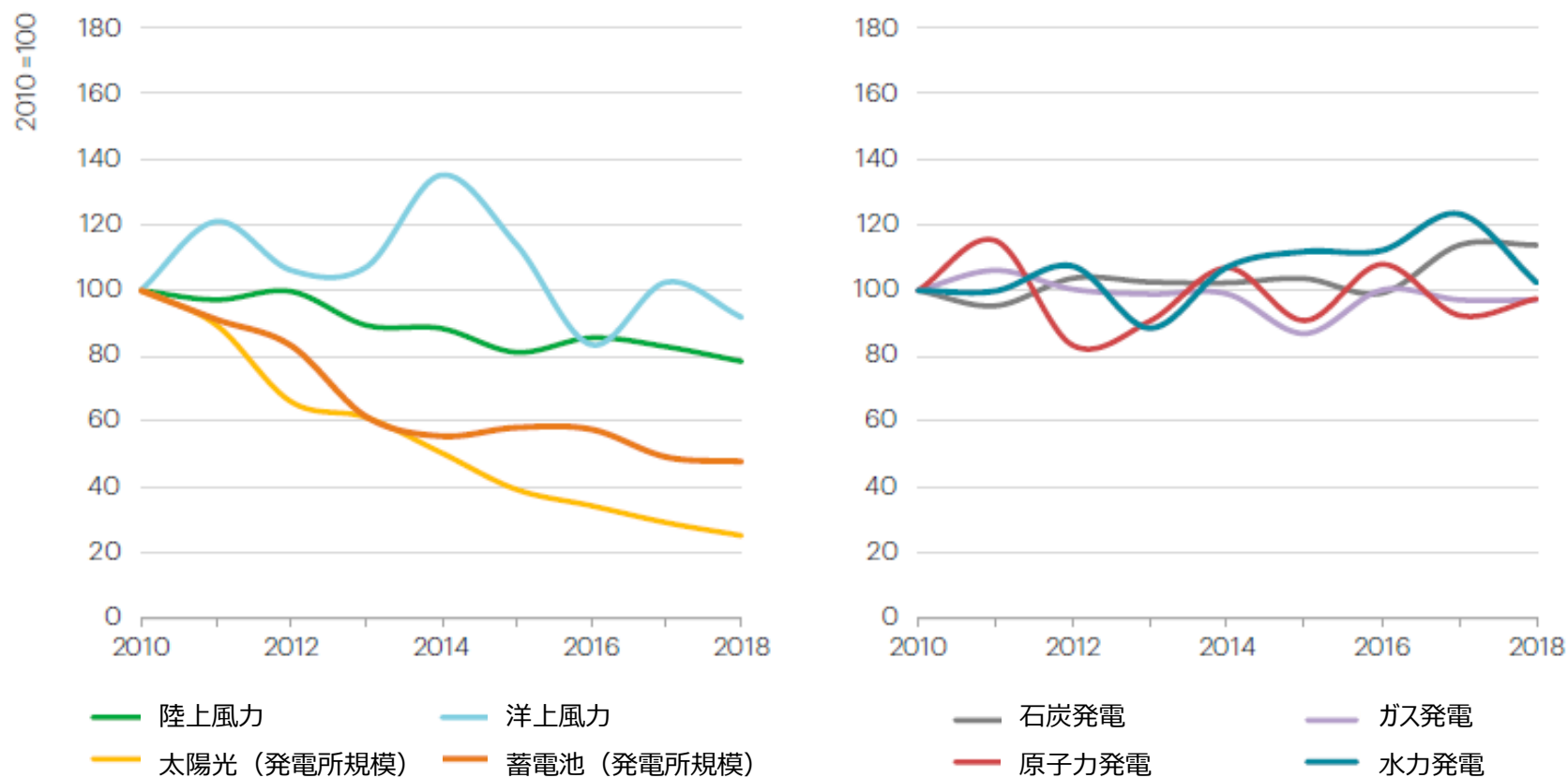
陸上風力
洋上風力
発電所規模太陽光 – 固定軸型
発電所規模太陽光 – 追尾型
天然ガス – CCGT
石炭
推計対象外

※LCOE(levelized cost of energy)：ライフサイクル全体を考慮した発電電力量あたりのコスト

電源別発電資本コスト（実績）

- 再エネや蓄電池の資本コストは低下傾向。石炭火力は近年上昇。

2010-2018年の電力容量の世界全体での加重平均資本コスト



Source: IEA analysis with costs for solar PV, wind, and hydropower based on IRENA (2019).

2. エネルギー情勢の変化等

2-2. 諸外国の状況

先進国の脱炭素へ向けた「移行」の状況

- 主要先進国は、火力依存度を下げ、再エネ比率を高め、脱炭素へ向けた移行を進めている。長期戦略も策定済み（中国除く。）。

国	石炭火力 発電電力量の割合 2010年実績→2017年実績→2030年見通し	再エネ 発電電力量の割合 2010年実績→2017年実績→2030年見通し	方針
イギリス	28%→7%→－ [25年目標:0%] ↓	7%→28%→－ [30年目標:右参照] ↑	石炭：2025年までに石炭火力発電を廃止 再エネ：2030年までにスコットランドは電力・交通・熱消費の50%を再エネに、ウェールズは電力消費の70%を再エネにすることを掲げる。
フランス	5%→3%→－ [22年目標:0%] ↓	14%→19%→－ [30年目標:40%] ↑	石炭：2022年までに石炭火力発電を廃止 再エネ：「エネルギー移行法」の再エネ促進策に加え、2019年11月の「エネルギーと気候法」でも再エネ推進。
ドイツ	43%→39%→－ ↓	15%→30%→－ [30年目標:50%] ↑	石炭：遅くとも2038年までに石炭火力を廃止予定 ※ドイツ脱炭素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。 再エネ：2050年に発電に占める再エネの割合80%が目標。
米国	46%→31%→19% ↓	10%→17%→29% ↑	石炭：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。 再エネ：各州が促進策。カリフォルニア州を含む8つの州・特別区・1つの自治連邦区が2040-45年までに再エネを中心とするゼロ炭素電力100%目標を掲げる。
カナダ	13%→9%→－ [30年目標:0%] ↓	61%→65%→－ ↑	石炭：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。 再エネ：2030年までに発電量の90%をゼロエミッション電源、2050年までに100%に。
中国	77%→68%→51% ↓	19%→25%→36% ↑	石炭：2020年の石炭火力発電の総量を、11億kW以下に抑制する。 再エネ：2020年の再エネ発電量を全体の27%に拡大。2030年に非化石発電量の割合を50%。
日本	27%→33%→23% [エネルギーミックス 想定:26%] ↓	10%→18%→27% [エネルギーミックス 想定:22~24%] ↑	石炭：高効率化・次世代化の推進、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など、長期を展望した環境負荷の低減を見据えつつ活用していく。 再エネ：経済的に自立し脱炭素化した主力電源化を目指す。

注：2010年実績→2017年実績→2030年見通し（米国、中国、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。）。
 その他出典：各国公表資料および一般社団法人海外電力調査会（JEPIC）、各国の電気事業、一般社団法人海外電力調査会（JEPIC）、諸外国の概要2019年版

アジア諸国の気候変動に関する政策

- **アジアの主要新興国・途上国は、2030年の温室効果ガス排出削減目標に掲げるNDC^(※)を策定済みであるが、排出量は基準年比で約1.3～3.5倍になる国もある。**
- **長期戦略は策定していない（アジアでは日本とシンガポールのみ策定。）。**

Nationally Determined Contribution: 自国が決定する貢献（パリ協定に基づき各国が策定する2030年等の温室効果ガス中期目標等）

国	NDCにおける2030年の目標		
	GHG排出量	再生可能エネルギー	石炭火力
インド	- GDP排出原単位：2005年比33～35%削減 ※排出量：2005年比2.4～2.5倍	2022年までに再エネを175GW（うち太陽光100GW、風力60GW） 2030年までに発電容量の40%を非化石燃料電源化	- 信頼性が高く、手ごろな価格で電力を供給できる石炭は今後も支配的であり続ける - 新設は全てSC以上 - 既設の改修・効率改善 - 大気汚染に関する環境基準の設定を検討
インドネシア	- BAU比29%（国際支援^(注)がある場合、同41%削減） ※排出量：2010年比1.3～1.5倍	発電量に占める再エネの割合：19.6%（国際支援がある場合、132.74TWh）	石炭火力のうちクリーンコール技術利用：75%（国際支援がある場合、100%）
ベトナム	- BAU比8%削減（国際支援^(注)がある場合、同25%削減） ※排出量：2.4～2.9倍 - GDP排出原単位：2010年比8%削減	エネルギー安全保障及び環境保護に貢献するため、再エネ開発及び利用促進を優先	- クリーンな燃料の使用を推奨 - 化石燃料の補助金を段階的に廃止することを目指す - 革新的技術や先進的な管理・運用の適用
バングラデシュ	- 電力・交通・産業部門のBAU比5%削減（国際支援^(注)がある場合、同15%削減） ※排出量：3.1～3.5倍	- 風力を400MW - 大規模太陽光を1000MW	- 石炭生産量の最大化と炭素中立な発電所運営 - 新規石炭火力はすべて超臨界圧（SC）
フィリピン	GHG排出量をBAU比約70%削減（国際支援^(注)がある前提）	費用対効果の高い再エネの導入のために、イノベーションと技術移転が必要	発電効率を改善する、あるいは従来の発電技術の代替となる技術の導入のために、イノベーションと技術移転が必要
マレーシア	GDP排出原単位を2005年比45%削減（国際支援^(注)がない場合、同35%削減）	—	—
タイ	GHG排出量をBAU比20%削減（国際支援^(注)がある場合、最大25%削減）	2036年の発電量に占める再エネ：20%	—

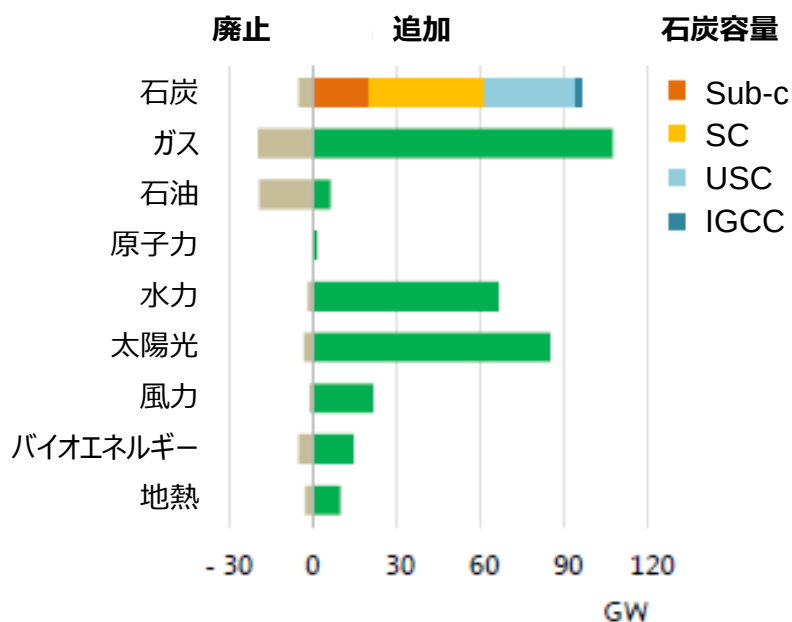
注：パリ協定第3条には、全ての締約国の努力は、この協定の効果的な実施のために開発途上締約国を支援することの必要性についての認識の下で、時間とともに前進を示すものになるとされている。

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。
- 公表政策シナリオでは、石炭火力が約90GW程度新設、効率の悪いSub-C（亜臨界圧発電）も増加。再エネは約180GW増加。
- 持続可能な開発シナリオでは、石炭はSub-Cが約30GW減って、IGCC やUSCなど高効率石炭が約20GW増加。ほか、柔軟性を提供するための改修やCCUS技術の適用がなされるとしている。再エネは約450GW増加。

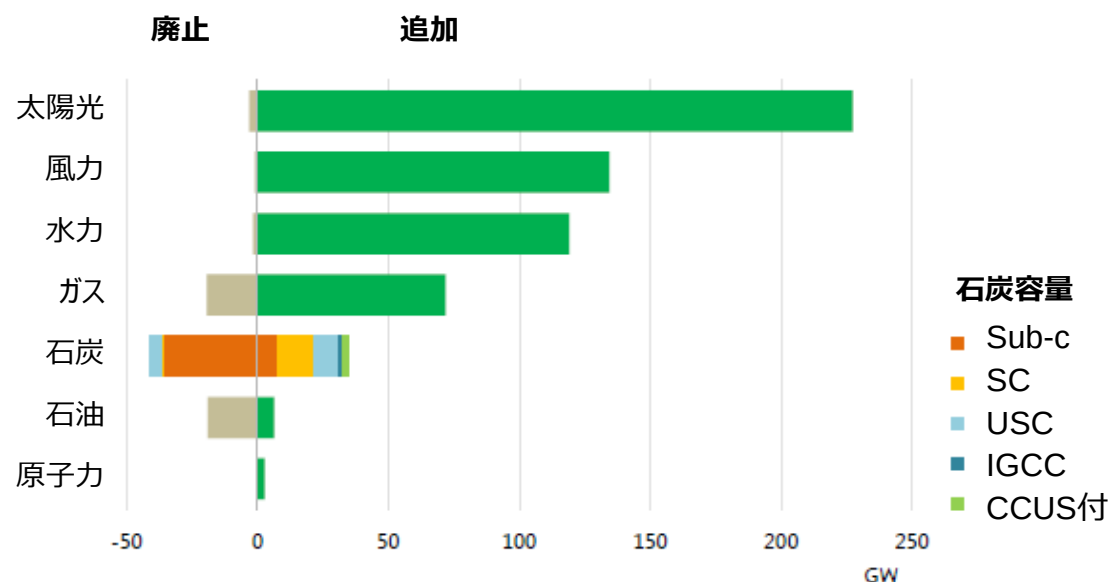
2040年までの廃止・追加電源

（公表政策シナリオ）



2040年までの廃止・追加電源

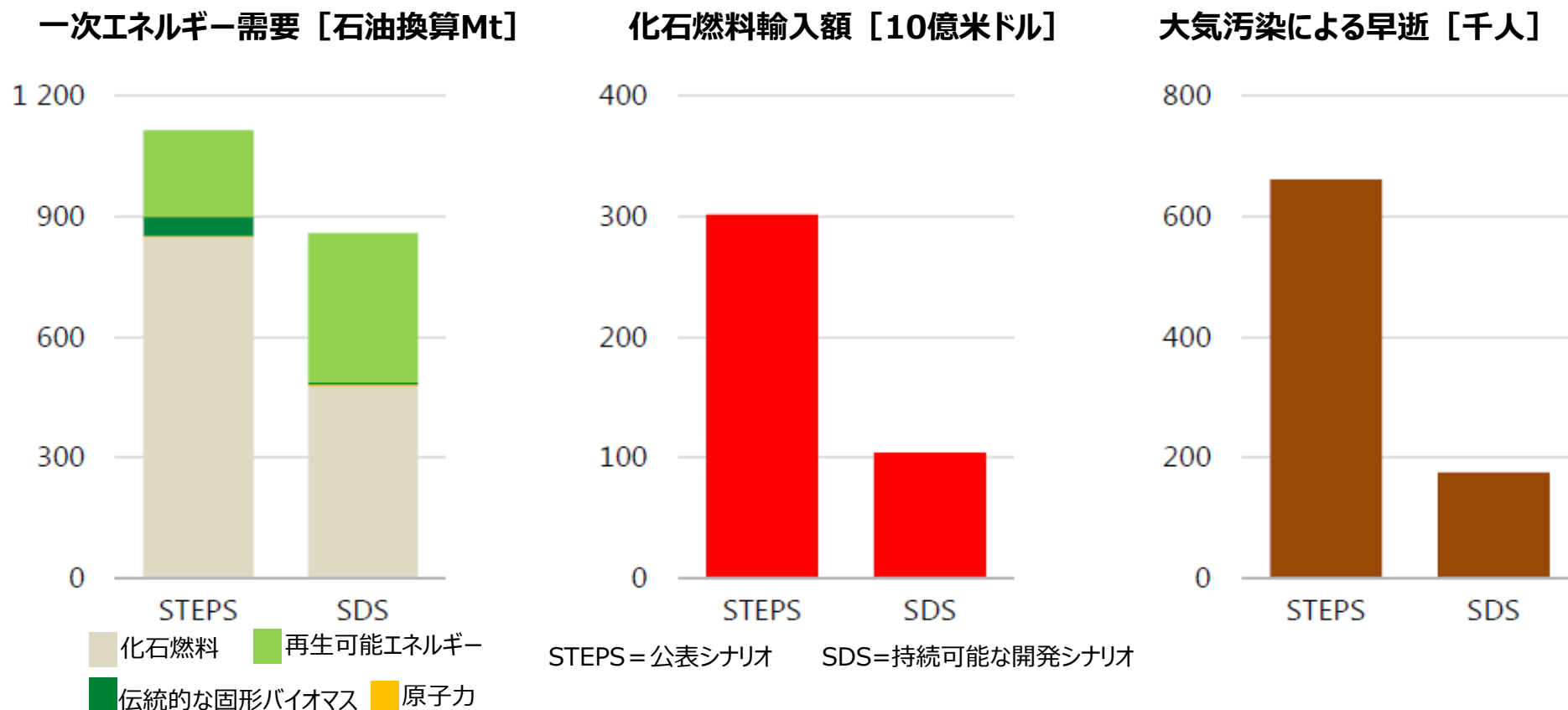
（持続可能な開発シナリオ）



Note: IGCC = Integrated gasification combined-cycle; CCUS = carbon capture, utilisation and storage; solar PV = solar photovoltaics.

Southeast Asia Energy Outlook 2019

- 幅広い技術と取組が、持続可能な開発シナリオのマルチベネフィット（化石燃料消費量の削減、化石燃料輸入による貿易赤字の縮小、大気汚染による健康リスクの低減等）を確保するとしてい



- 公表政策シナリオでは、2040年の石油・石炭需要は、持続可能な開発シナリオの約2倍。

- 公表政策シナリオでは、2040年までに、東南アジアは化石燃料の大きな純輸入国となり、年間の輸入額は3,000億ドルを超過。

- 公表政策シナリオでは、2040年までに、大気汚染によって60万人以上の死亡者が発生。

アジア諸国の石炭火力に関する政策一覧

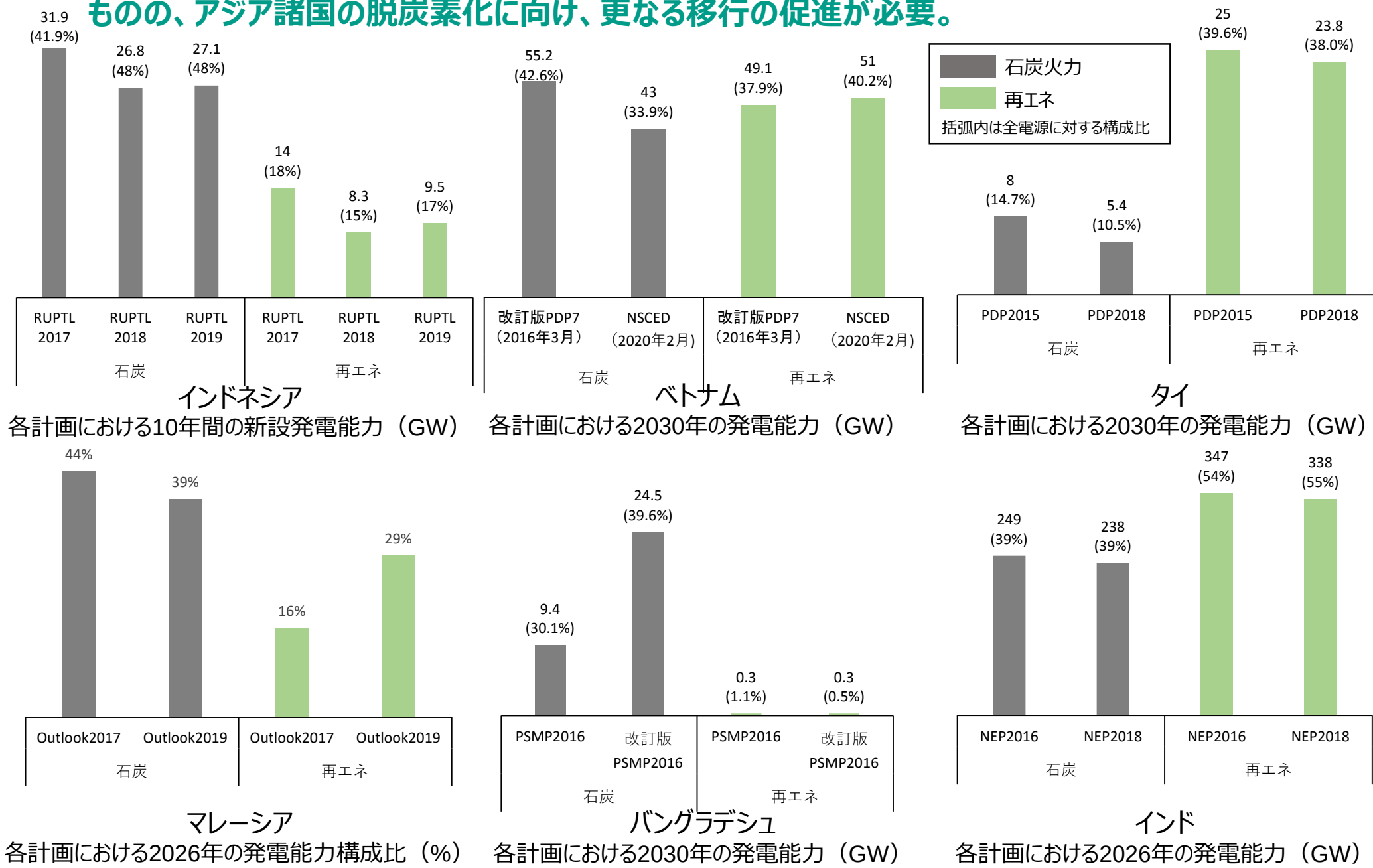
■ アジアの主要新興国・途上国は、石炭火力の比率が下がる国もあるが、容量は総じて増加する見込み

国・地域	石炭火力容量（GWと割合） 2016年実績→2020年見通し→2030年見通し※	GHG削減方針や石炭火力の計画
インド	192GW → 217GW → 238GW 59% → 45% → 39%	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	29.9GW → 39.5GW → 57.2GW 49% → 48% → 43%	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	14.4GW → 22.3GW → 44.4GW 34% → 42% → 43%	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
バングラデシュ	—	2030年までにGHG排出量を5%削減の目標 ※再エネについては、10%導入するとの目標を設定
フィリピン	7.4GW → 10.3GW → 12.7GW 34% → 38% → 40%	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	9.5GW → 12.5GW → 15.3GW 32% → 34% → 33%	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
タイ	8.5GW → 8.5GW → 14.6GW 21% → 20% → 26%	2030年までにGHG排出量をBAU比で20%削減の目標 - PDP2015では新規に追加される発電のうち、13%を石炭に依存する方針であったが、PDP2018では同依存度は3%に低下

※：「石炭火力容量」は、2016年実績→2020年見通し→2030年見通し（出典：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（出典：CEA）

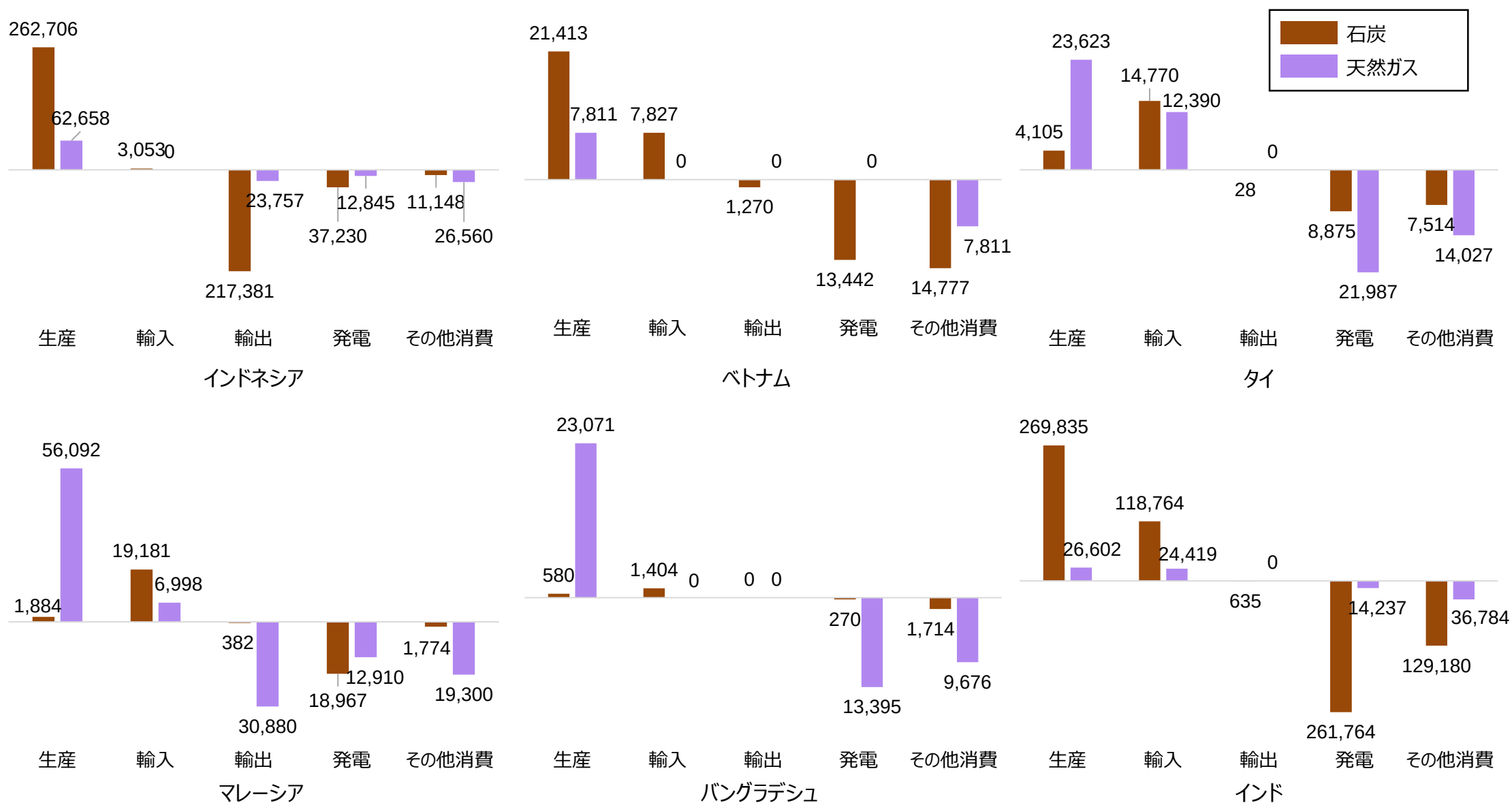
アジア諸国のエネルギー計画等における電源構成の変遷

- 計画改定ごとに石炭火力の導入見込み容量が減少し、再エネの比率を増加させている国が多いものの、アジア諸国の脱炭素化に向け、更なる移行の促進が必要。



アジア諸国のエネルギー需給のバランス

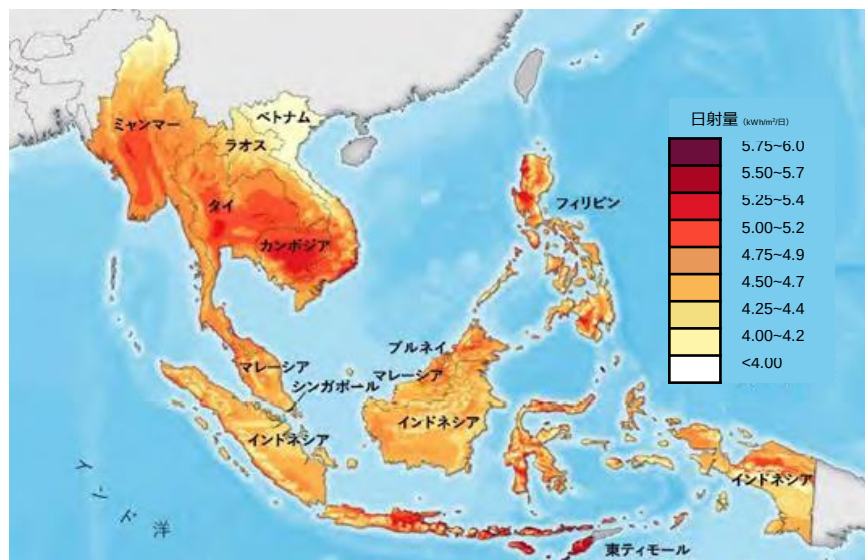
■ 自国で生産される石炭又は天然ガスの多くを、自国の発電等（又は輸出）に活用している。



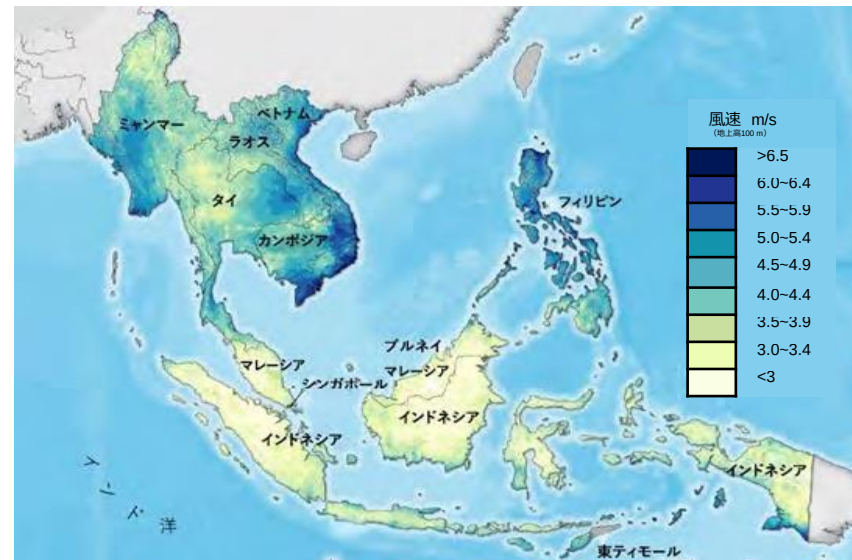
石炭、天然ガスの輸出、輸入、生産、消費の量（2017年） [kt-oe]

東南アジアにおける再エネ資源ポテンシャルと導入コスト

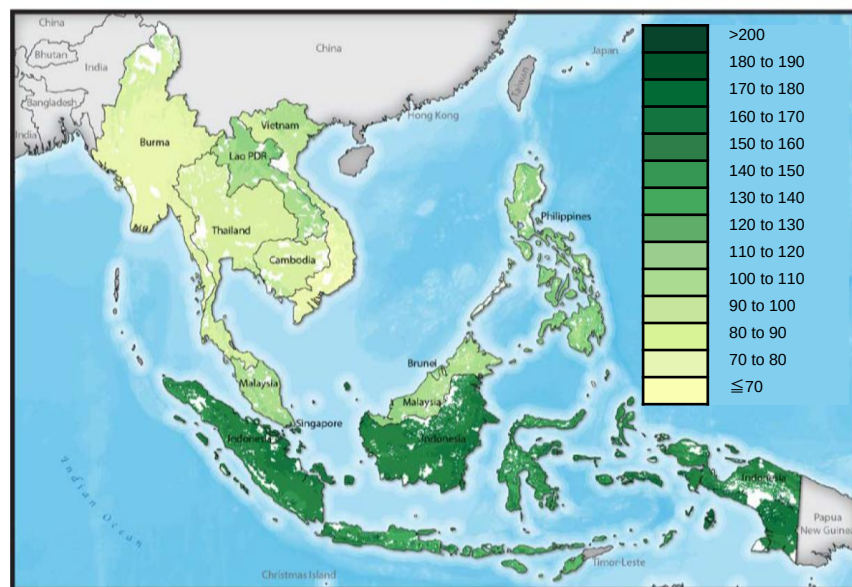
- 東南アジア諸国において、再エネポテンシャル及び経済的に成り立つ再エネエリアは相当程度存在するが、他方で地域偏在性がある。



東南アジア諸国の太陽光資源ポテンシャル

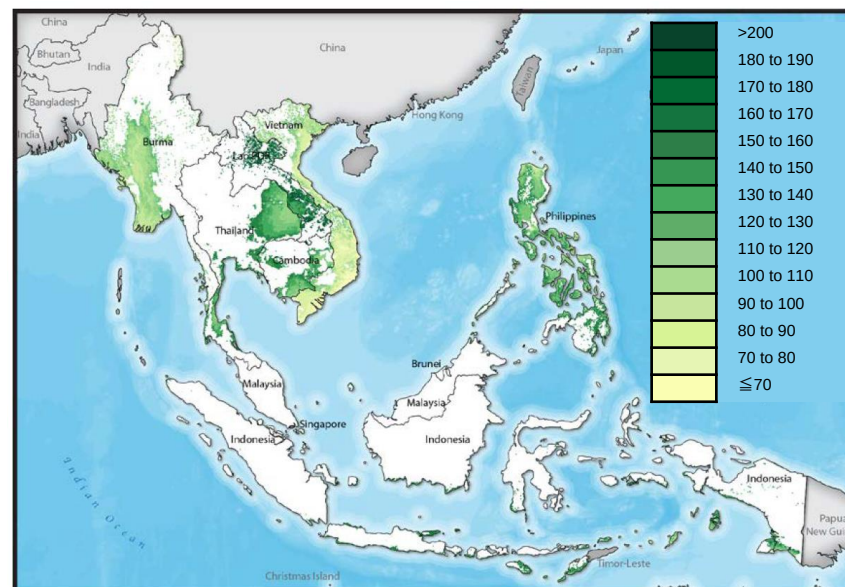


東南アジア諸国の風力資源ポテンシャル



※10%の稼働率が見込めない地域は白地

東南アジア諸国の太陽光発電のLCOE※ (米ドル/MWh)



※15%の稼働率が見込めない地域は白地

東南アジア諸国の風力発電のLCOE※ (米ドル/MWh)

東南アジアにおける再エネ導入ポテンシャル

- 東南アジア諸国では、経済的に成り立つ再エネポテンシャルは相当程度あると見込まれるが、所要敷地面積も大きい。

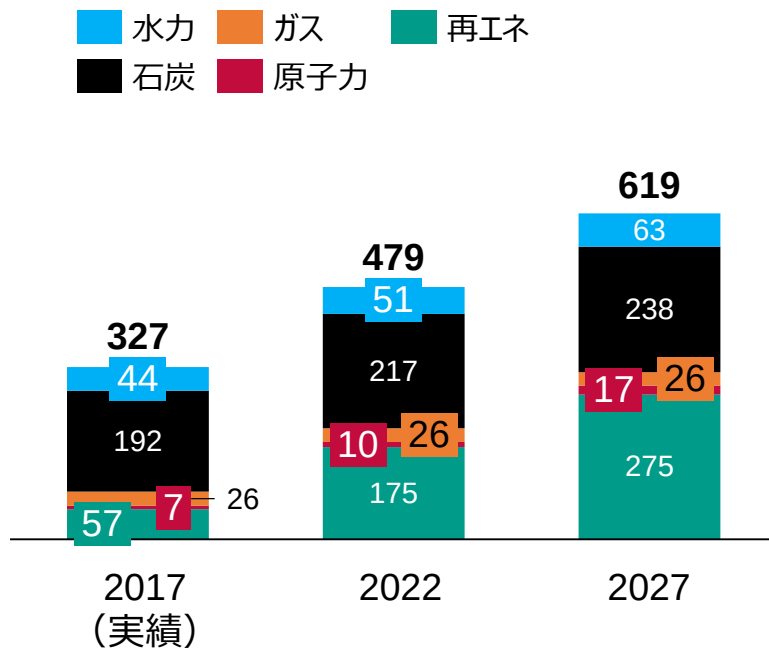
＜発電コスト\$150/MWh以下となる太陽光と陸上風力の容量・所要面積＞

	太陽光 設備容量 (GW) 所要敷地面積 (km ²)	風力 設備容量 (GW) 所要敷地面積 (km ²)	(参考) 国土面積 (km ²)
ブルネイ	16 GW (431 km ²)	0.02 GW (6 km ²)	5,770 km ²
ミャンマー	7,7176 GW (214,347 km ²)	482 GW (160,564 km ²)	676,600 km ²
カンボジア	3,198 GW (88,830 km ²)	69 GW (23,082 km ²)	181,000 km ²
インドネシア	1,052 GW (29,228 km ²)	50 GW (16,551 km ²)	1,911,000 km ²
ラオス	1,278 GW (35,496 km ²)	13 GW (4,344 km ²)	236,800 km ²
マレーシア	1,965 GW (54,575 km ²)	2 GW (526 km ²)	329,800 km ²
フィリピン	1,910 GW (53,062 km ²)	217 GW (72,337 km ²)	300,000 km ²
シンガポール	2 GW (60 km ²)	0.02 GW (7 km ²)	721 km ²
タイ	19,538 GW (292,713 km ²)	239 GW (79,718 km ²)	513,100 km ²
ベトナム	2,847 GW (79,069 km ²)	311 GW (103,591 km ²)	331,200 km ²

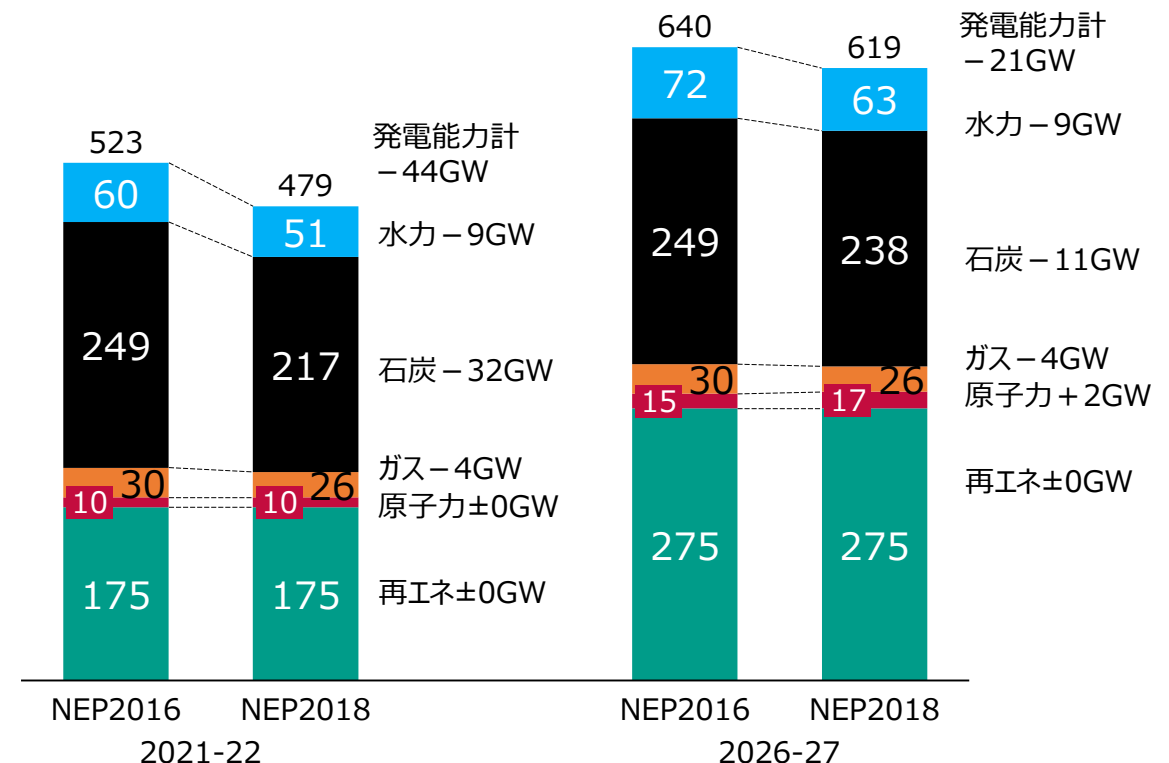
インドの関連エネルギー政策

- 国家電力計画（通称NEP。2018年1月）では、2026年度までの電力需要量の年平均成長率を6.18%と想定し、水力、ガス火力、原子力、再エネで不足する分を石炭火力で補う計画としている。**石炭火力は46GWの容量増加（新設94GW、退役48GW）**を見込んでいる。
- 2016年策定の国家電力計画と比べて、石炭、ガス、水力の見込み容量を減らし、**発電能力全体の規模は縮小している。**

国家電力計画における電源構成の想定



国家電力計画改定前後の比較 (GW)

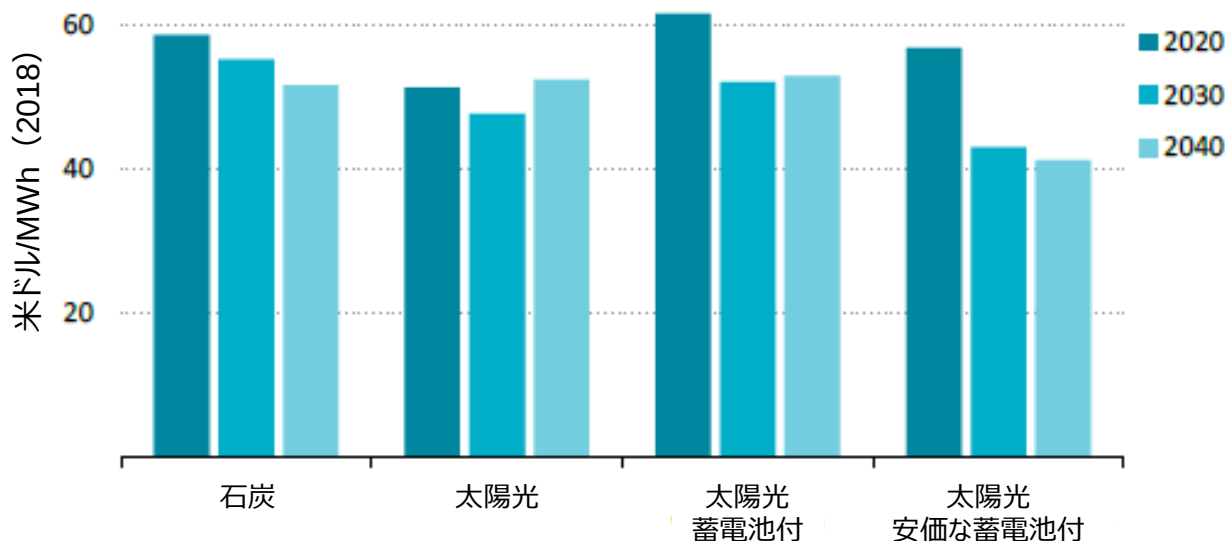


蓄電池による柔軟性の確保（インドの例）

- インドは現在、火力発電や水力発電により柔軟性を確保しているが、今後は再生可能エネルギーの導入拡大に伴い蓄電池の重要性が増す。
- コストなどの課題はあるが、蓄電池の普及が進むことで、**石炭火力単体における電気料金と同程度の電力コスト**に抑えることが可能。
- 安価な蓄電池を導入した場合、発電によるCO₂排出量は2030年の直後にピークに達し、持続可能な開発シナリオを目指すうえで重要な取組の一つと位置づけられる。

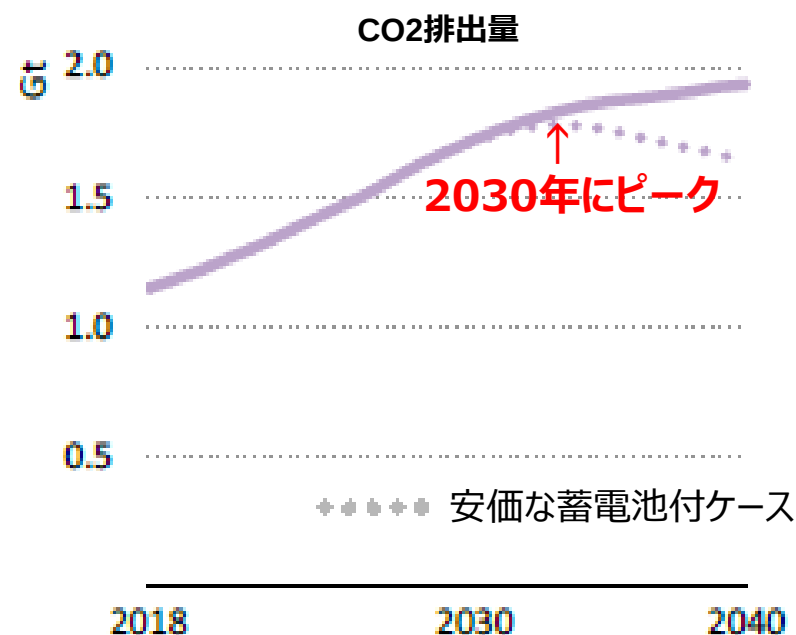
<公表政策シナリオ>

対策別価格調整済みLCOE※（インド）



Compared with new coal-fired power plants, solar PV alone is already more competitive and solar PV with storage is rapidly closing the gap, especially if batteries are cheap

安価な蓄電池を導入した場合の発電に伴うCO₂排出量（インド）



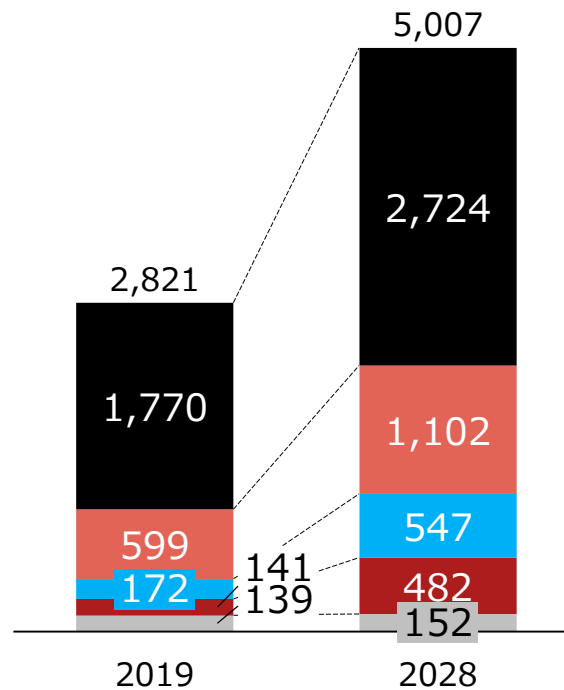
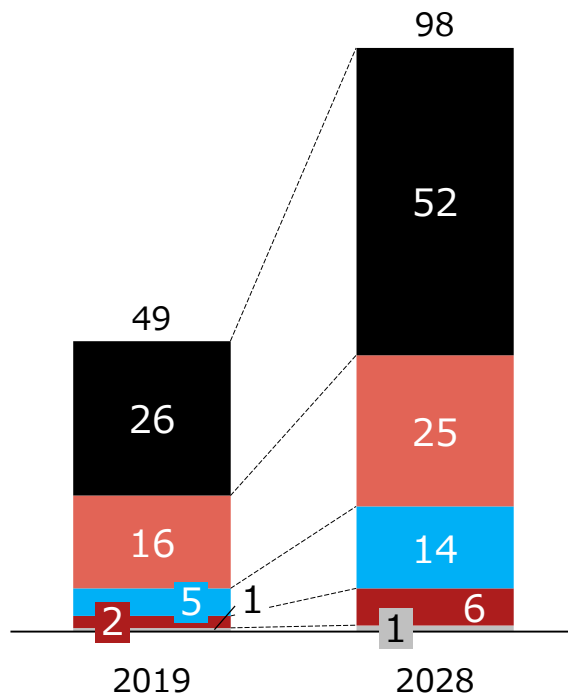
※Levelized Costs of Electricity: 均等化発電単価の略称。発電量当たりのコストを示す。

インドネシアの関連エネルギー政策

- 国営電力会社PLNの電力供給事業計画（RUPTL）では、今後10年で電力の供給力、供給量とも倍増させることを計画しており、**石炭火力の容量も2028年に52 GWと倍増の見込み。**
- RUPTLは毎年改定しており、**近年は需要、供給量ともに引き下げる傾向にある。**

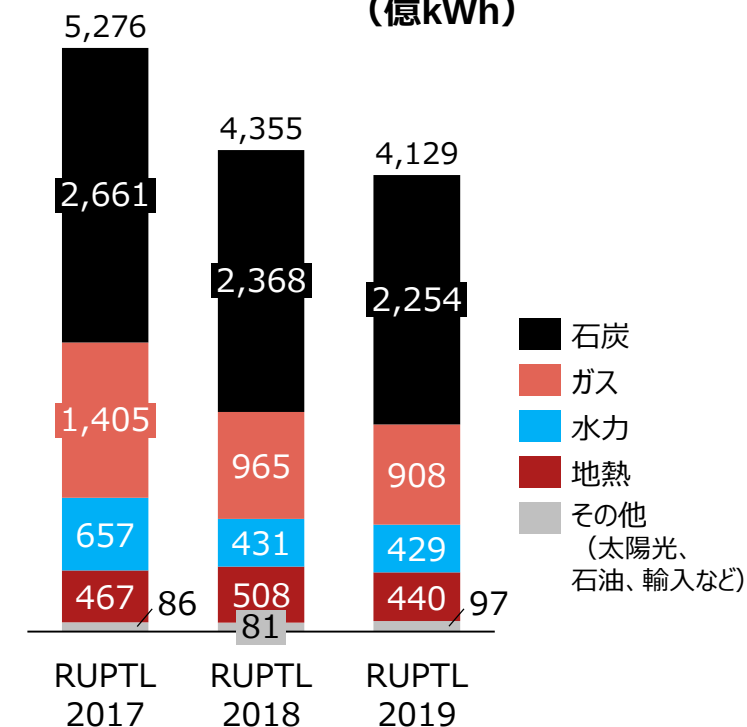
RUPTL 2019-28における電源構成の想定 (GW)

(億kWh)



RUPTLにおける電源構成の想定の変遷 (2025年)

(億kWh)



注) その他は太陽光等その他再エネ、石油、輸出入

参考：インドネシアの地域別の動向

- インドネシアではジャワ・バリに需要が集中している。
- 需要の成長の大きいスマトラ、カリマンタンでは褐炭を算出し、山元での褐炭火力の計画が多数計画されている。

PLNの需要想定と石炭火力の開発想定

	発電電力量（億kWh）			2019-28新規開発（GW）	
	2019	2028	伸び率	石炭火力	うち山元
スマトラ	418.4	907.1	+117%	7.0	4.8
ジャワ・バリ	2,067.0	3,433.0	+66%	14.0	
ロンボック	16.2	34.9	+116%	0.4	
ティモール	5.4	11.6	+117%	0.2	
西カリマンタン	25.8	49.5	+92%	0.8	
東カリマンタン	86.3	195.6	+127%	2.0	0.9
北スラウイシ	29.0	63.3	+118%	0.7	
南スラウイシ	92.0	211.2	+130%	1.1	
アンボン	4.1	6.7	+65%	0.1	
ジャヤプラ（パプア）	5.9	11.0	+88%	0.1	
合計	2,750.0	4,923.9	+79%	26.4	5.7



ベトナムの関連エネルギー政策

- ベトナムのエネルギー政策は、2016年3月に改定された国家電源開発マスタープラン（通称「改定PDP7」）に示されているが、**最新の方針**は、2020年2月の電力供給業務等を指導等の権限を有する国家電力開発運営委員会による勧告※（**NSCED勧告**）において**実質的に更新**されている。 ※当該勧告は、現在策定途上にあるPDP8に反映される見込み
- **最新の方針によれば、石炭火力の容量は2020年に20GWから43GWに増加を見込む一方、改定PDP7に基づく55GWからは減少している。同じく、発電電力量は2030年に約3000億kWhから2400億kWhに変更されている。**

電源構成の見通しの推移（GW）

■ 輸入電力 ■ 原子力
 ■ 再エネ ■ ガス火力
 ■ 石炭火力 ■ 水力

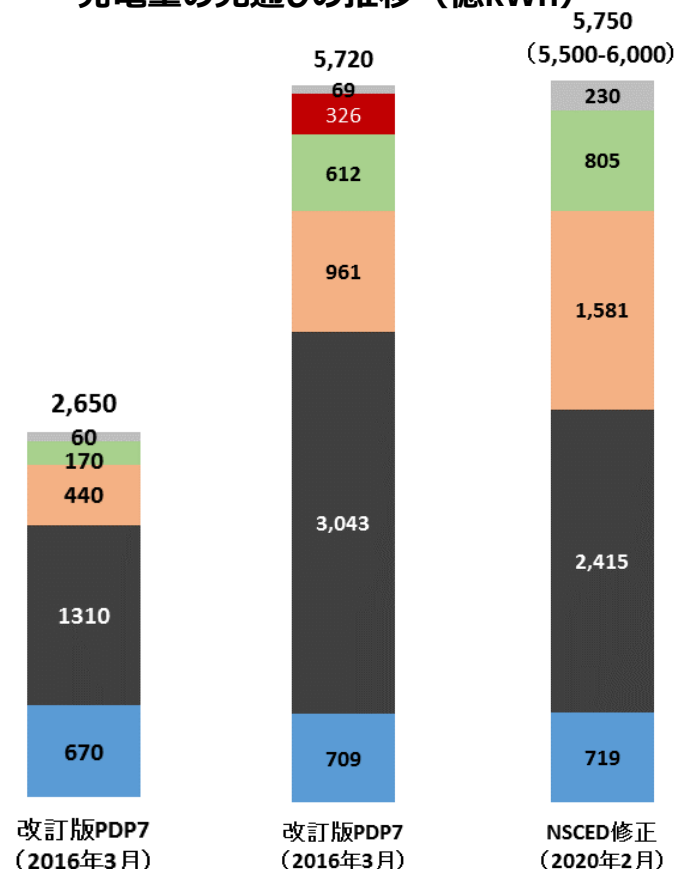


2020年の電源構成



2030年の電源構成

発電量の見通しの推移（億kWh）



2020年の発電量

2030年の発電量

※NSCEDには発電量に関する記述なし

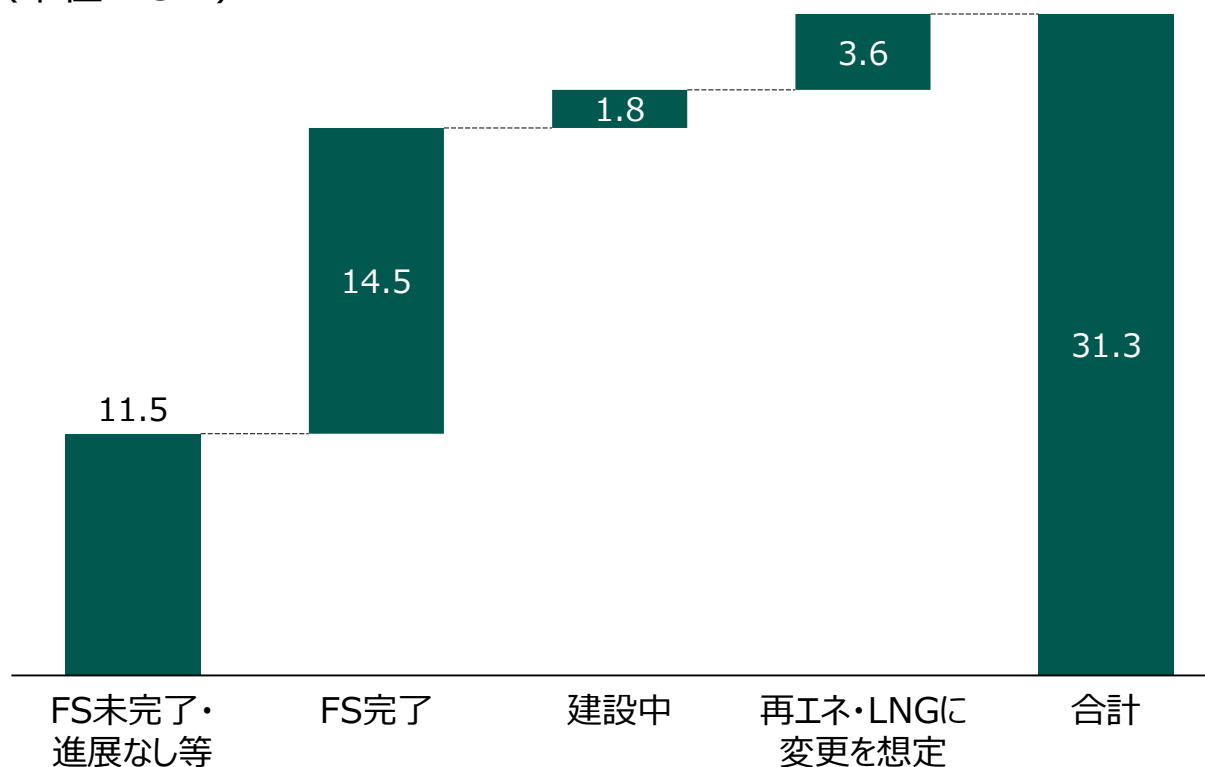
出所: 第7次PDP改訂版及び NSCED勧告より環境省が作成

参考：ベトナムの石炭火力建設計画のステータス

- 改定PDP 7で2030年までに運転開始が想定されている案件は31.3GWであり、このうち、FS完了と建設中案件の合計は16.3GW。さらに、再エネ・LNG変更想定案件を含めると19.9GWとなる。

改定版PDP7で2021～30年に運開が想定されている案件のステータス

(単位：GW)

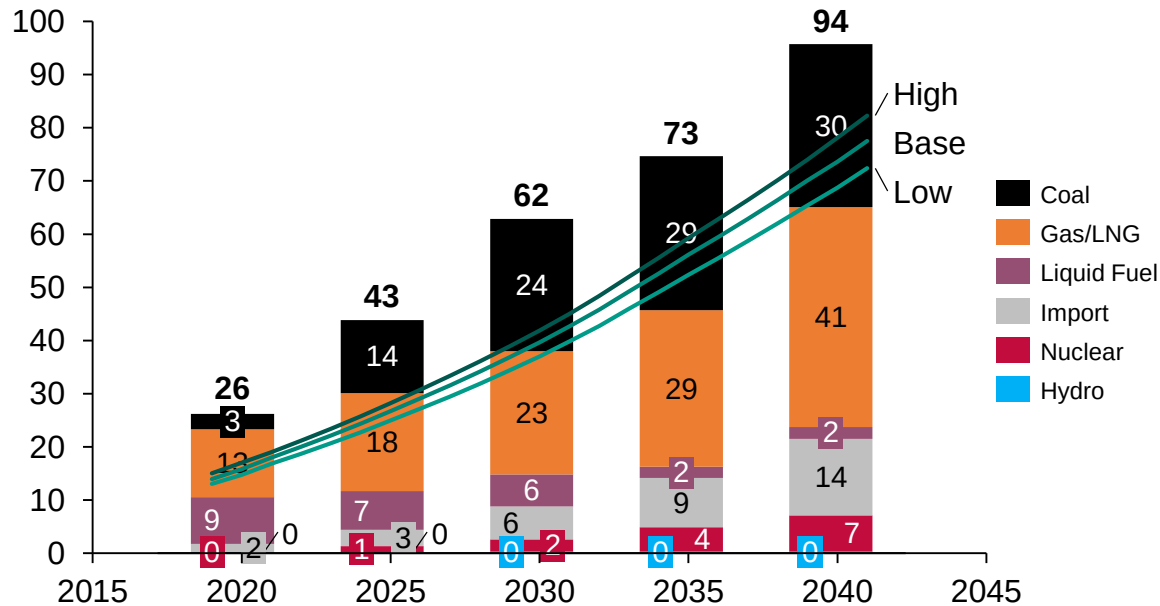


出典：東電設計（2018）, ベトナム・クワンチャックにおける超々臨界石炭火力発電所建設事業に係る実現可能性調査
（平成29年度 質の高いエネルギーインフラの海外展開に向けた事業実施可能性調査）

バングラデシュの関連エネルギー政策

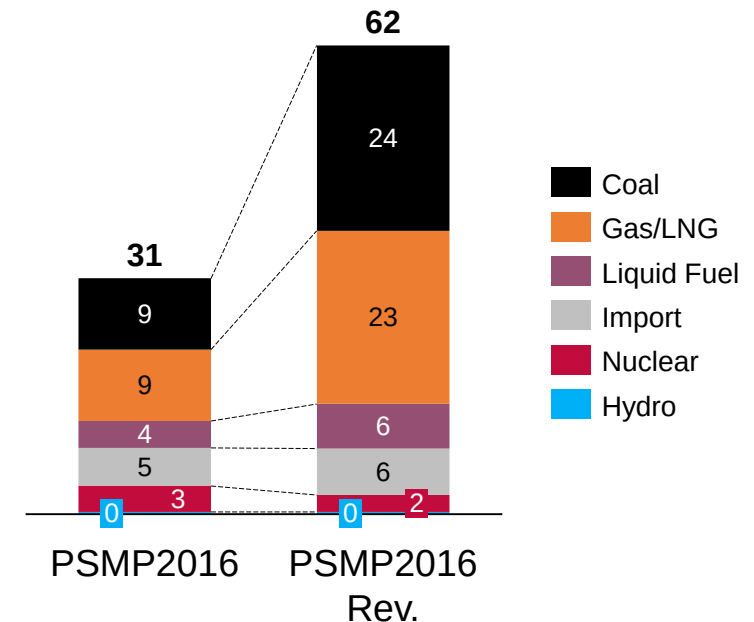
- 電力・エネルギー・鉱物資源省の策定した2018年の改訂版電力マスタープラン（PSMP）では、**石炭火力は、2030年までに18～24 GW、41年までにさらに6～8 GWの容量の増加を想定（2016年の0.18GW(1.5%)から2041年の30.2GW（32%）に。）**
- 2016年策定の当初PSMPから、**改定によって2030年の発電能力を倍増させる想定となっている（再エネについては、どちらの計画でも10%導入するとの目標を設定している。）**。

電力需要見通しと電源構成*（GW）



*電源構成はHigh Case

2030年の電源構成の改定前後の比較（GW）

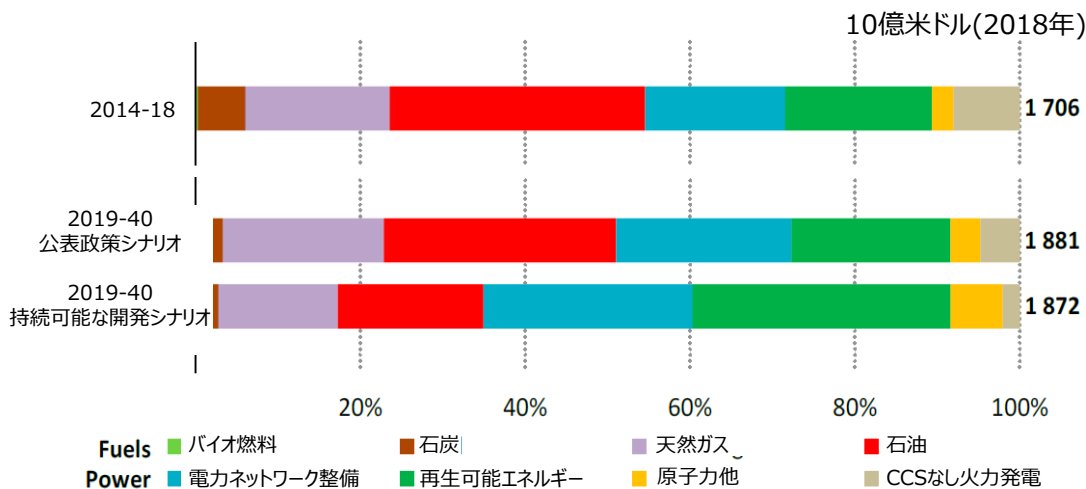


3. ビジネス・金融の動向

エネルギー分野への投資額見込み

- エネルギー供給に対する投資は増加する見通し。2℃目標達成のためには、再生可能エネルギーをはじめとする低炭素技術、エネルギー効率の改善への投資を増やし、CCS無しの火力発電等への投資を減らすことが必要とされている。

エネルギー供給に対する全世界の年間平均投資額

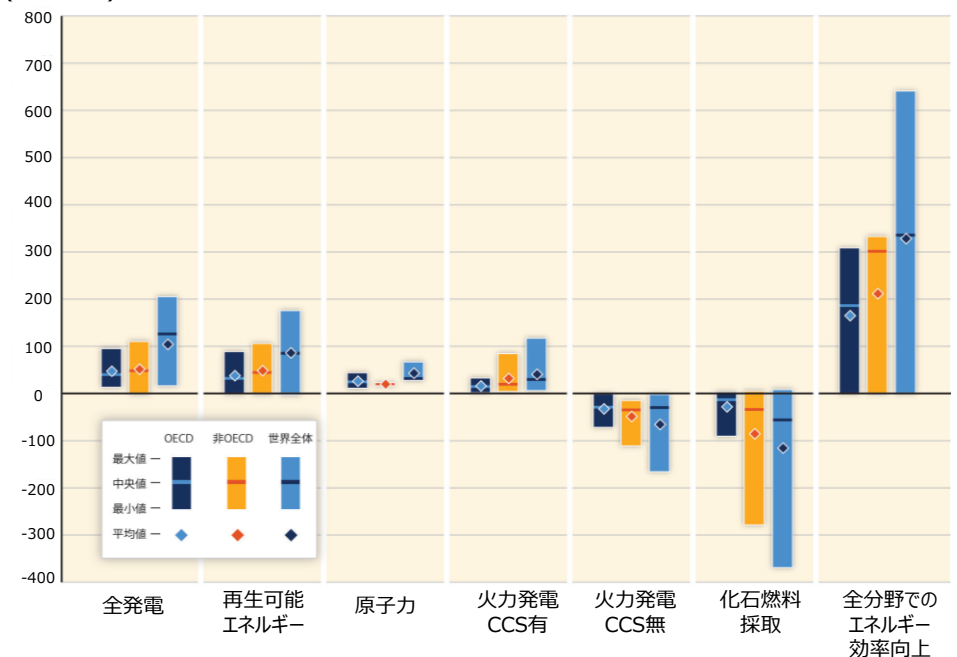


IEA : World Energy Outlook 2019より環境省が作成

- 公表政策シナリオにおける年次平均投資は、2040年までに約2.7兆ドルに。投資は石炭から再生可能エネルギーやネットワーク更新・貯蔵へ。エネルギー効率への投資は2040年までに3倍に。
- 持続可能な開発シナリオにおいては、公表政策シナリオよりも20%投資が多く、2040年には年3.2兆ドルへ。化石燃料への投資は激減し、再生可能エネルギー、エネルギー効率、低炭素技術へ。

出典 : IEA, World Energy Outlook 2019より環境省作成

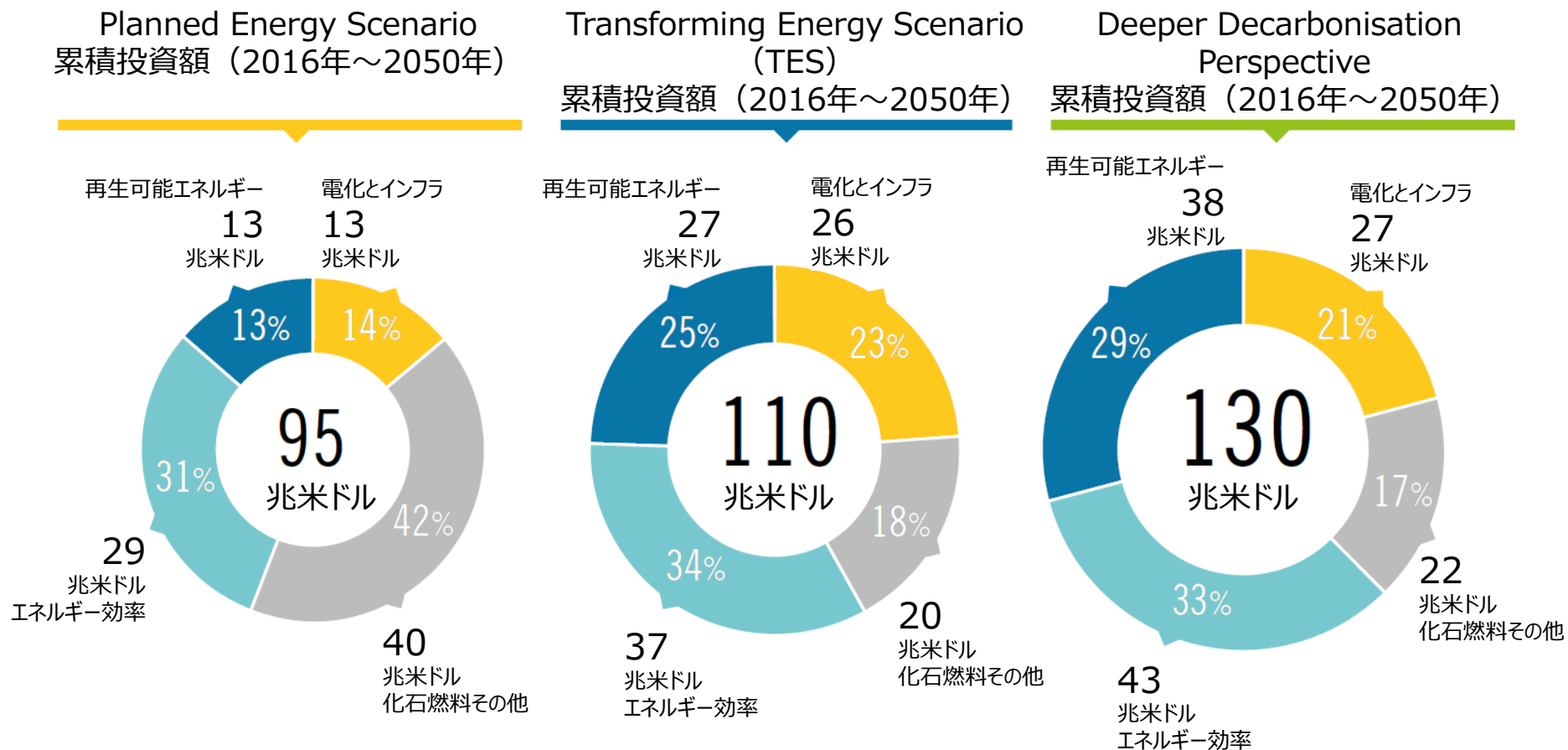
2℃目標に整合するシナリオにおける
2010年～2029年の年間投資額のベースラインからの増加額
10億米ドル/年 (2010年)



出典: IPCC第5次評価報告書第3作業部会報告書

エネルギー分野への投資額見込み

- IRENAによると、2016～2050年の期間におけるエネルギーへの投資額は、合計**95兆ドル～130兆ドルの投資が必要**となるとしている。
- エネルギー効率化、再エネ、電化・インフラ（系統・柔軟性）、化石燃料対応（熱利用等）といった幅広い分野への投資が必要と見込まれている。



Planned energy scenario : NDC等の現行政策を積み上げ、今世紀後半に2.5度上昇するシナリオ

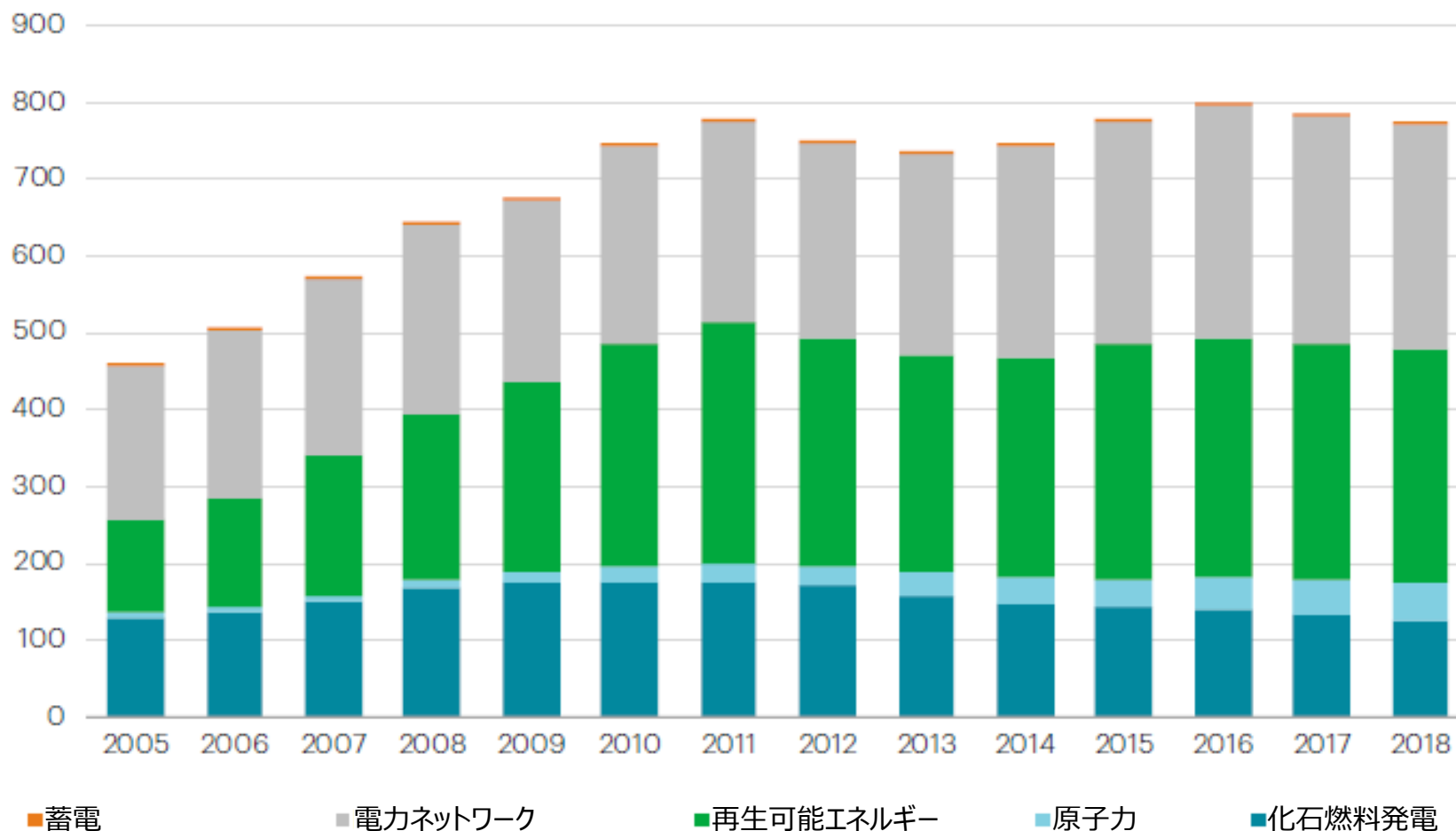
Transforming energy scenario : 2050年までに70%削減、温度上昇を2℃より十分下方に抑えるシナリオ

Deeper Decarbonisation Perspective : 2050年の早期に、遅くとも2060年までに排出ゼロとなる1.5度目標に整合するシナリオ

世界の電力部門への投資実績

■ネットワーク、再エネなどへの投資は堅調に推移。

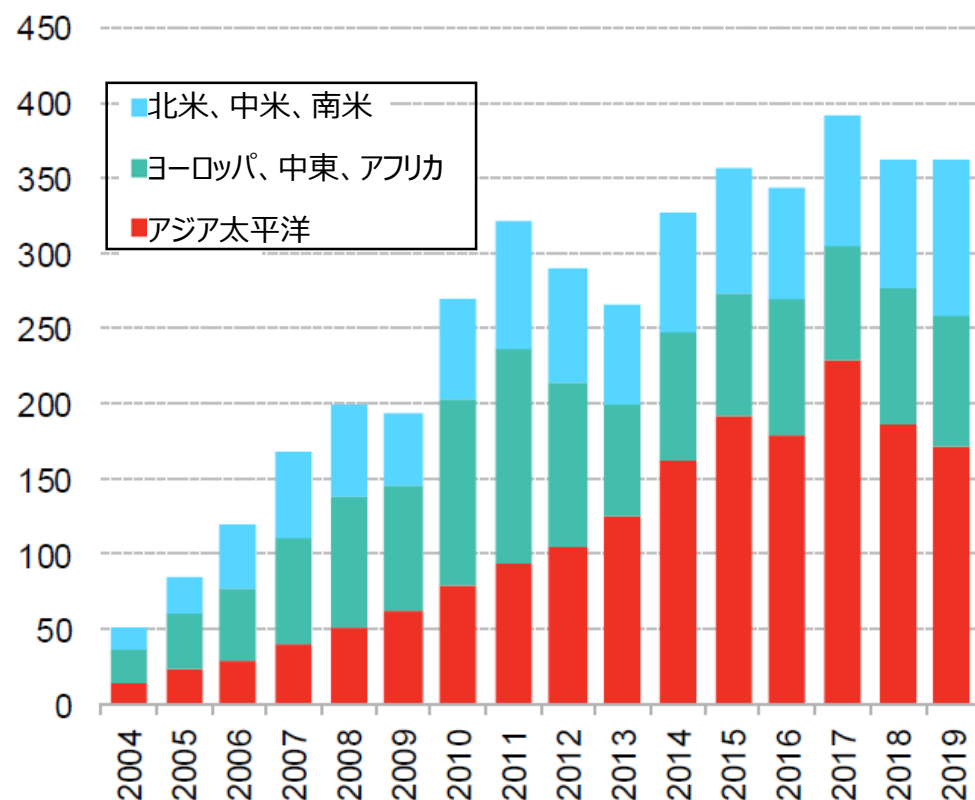
全世界の電力分野への投資額 10億米ドル（2018年）



Note: Investment is measured as the ongoing capital spending in power capacity. The scope and methodology for tracking energy investments is found in the Annex of this report as well as at [iea.org/media/publications/wee/WEI2019-Methodology-Annex.pdf](https://www.iea.org/media/publications/wee/WEI2019-Methodology-Annex.pdf).

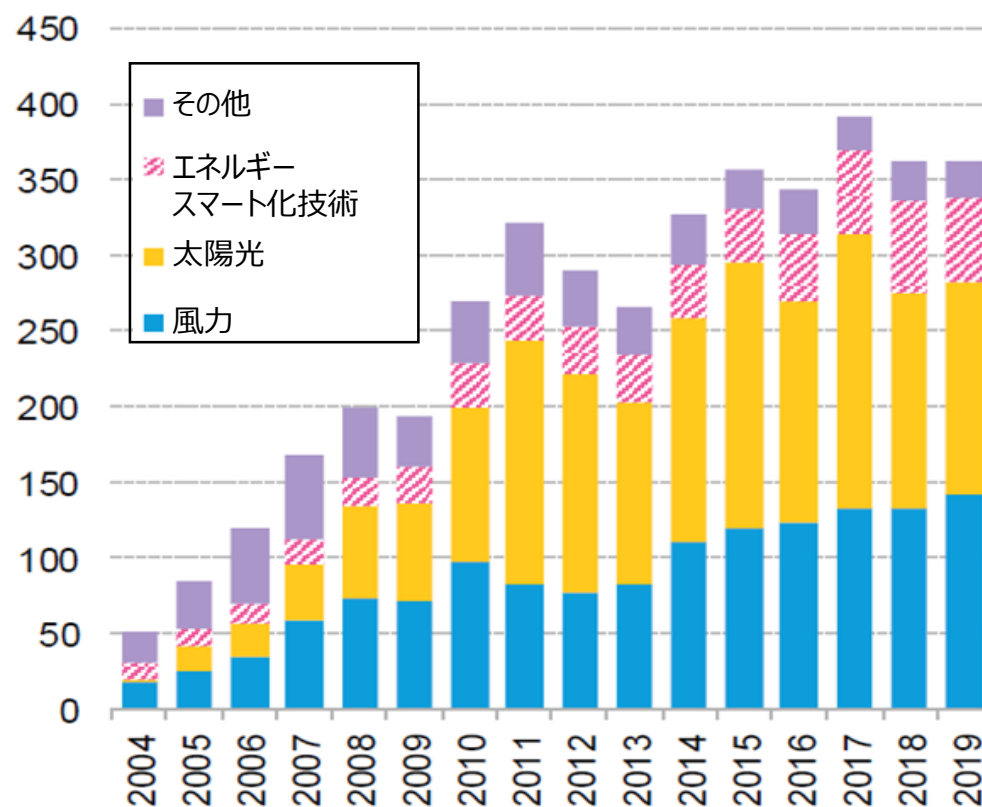
再生可能エネルギーへの投資額実績推移

(10億米ドル) 地域ごとのクリーンエネルギーへの投資額



出所: BloombergNEF, Clean Energy Investment Trendsより環境省作成

(10億米ドル) 分野ごとのクリーンエネルギーへの投資額



出所: Bloomberg NEF, Clean Energy Investment Trendsより環境省作成

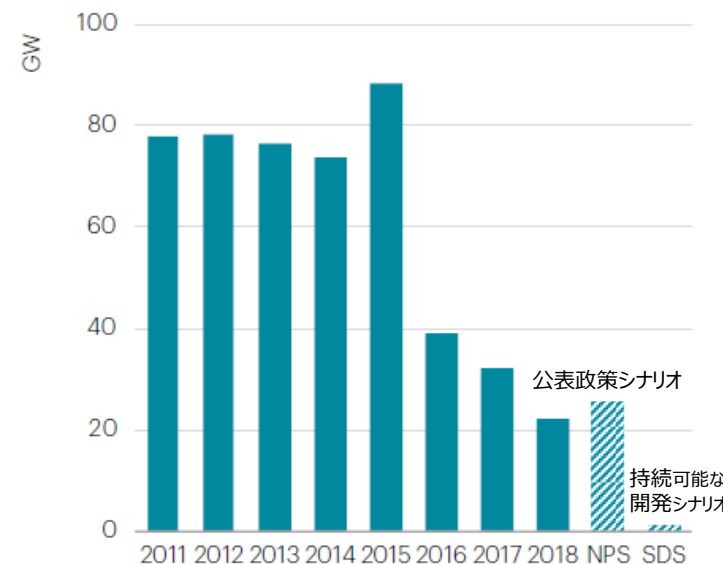
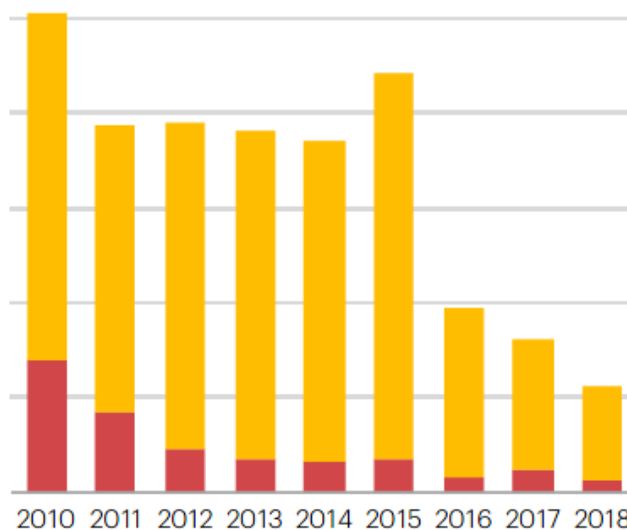
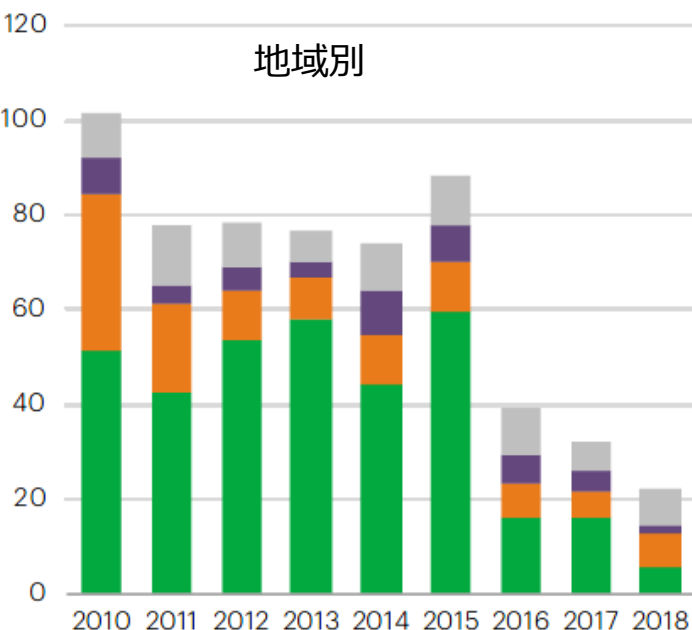
石炭火力への新設実績推移

石炭火力の新設容量 [GW]

地域別

発電技術別

将来推計



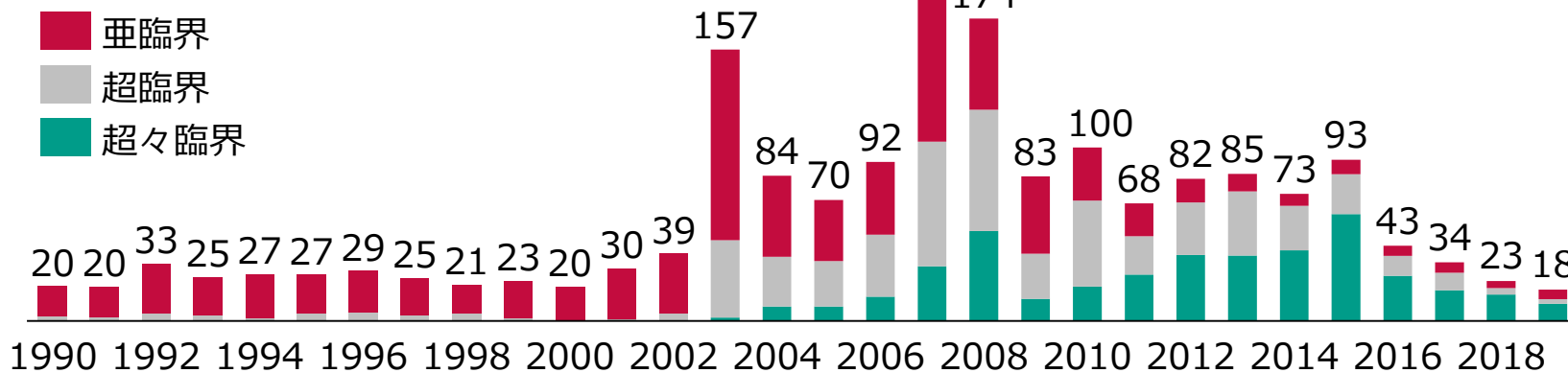
■ 中国 ■ インド ■ 東南アジア ■ その他

■ 亜臨界圧 ■ 超臨界圧以上

公表政策シナリオ
持続可能な
開発シナリオ
2025-2030
年間平均

出典: IEA, World Energy Investment 2019より環境省作成

石炭火力の新設容量[GW] (着工指示ベース)



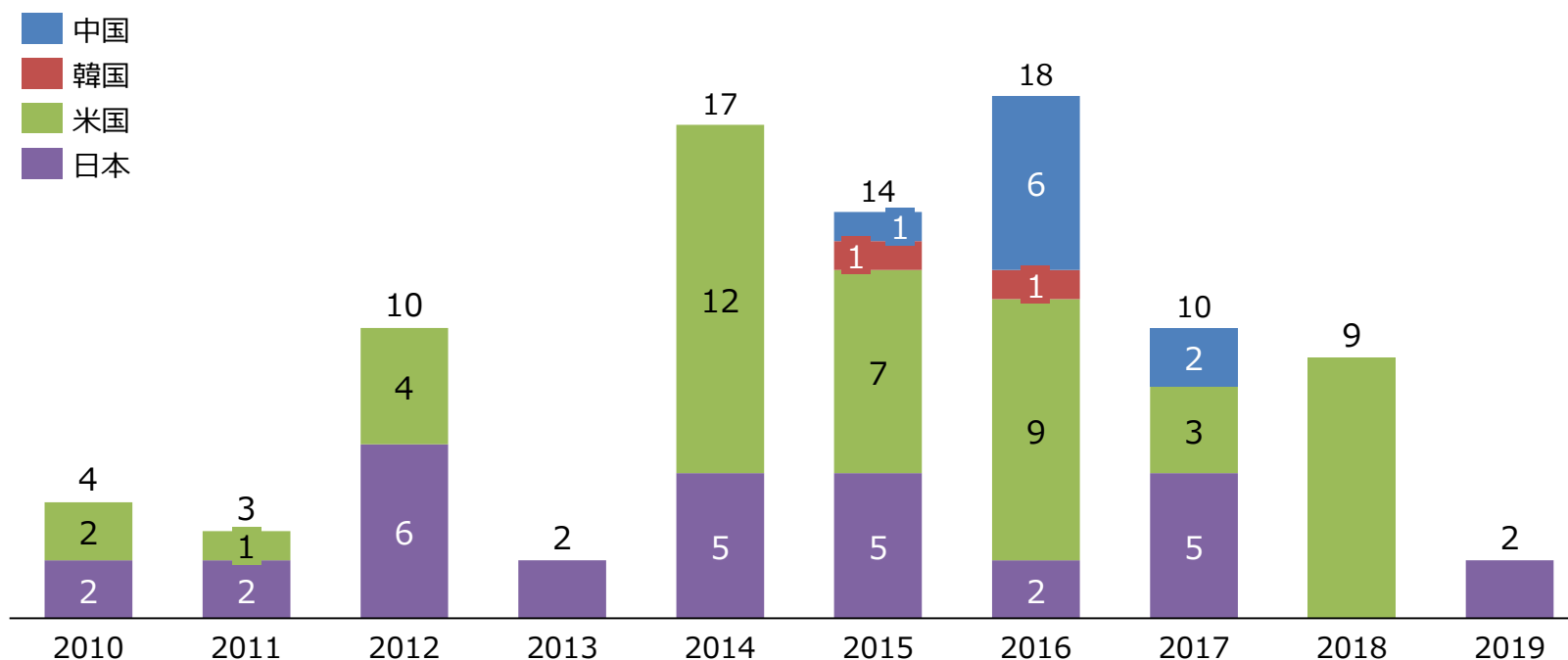
■ 亜臨界
■ 超臨界
■ 超々臨界

出所: McCoy Power Reportより環境省作成

USCボイラーの輸出実績

- 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。

50万kW以上の案件数（着工指示年別・技術ライセンスがある国ベースでの集計）※1

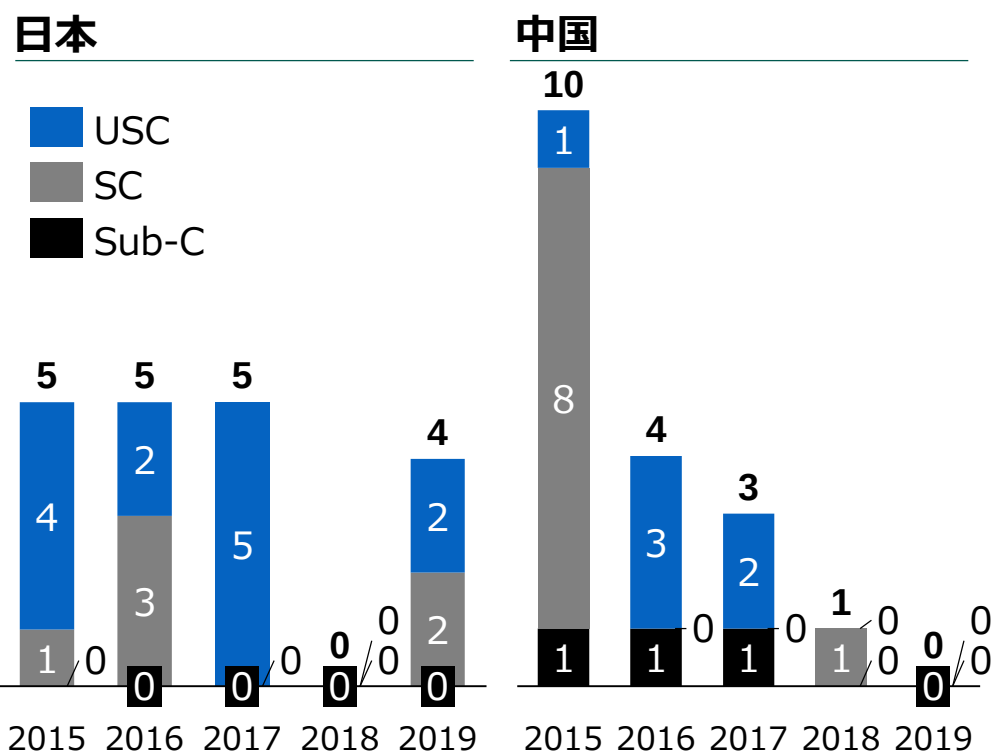


※1 本集計は、自国での着工指示案件は含まない。ボイラーの技術ライセンスを保有する製造メーカーの本拠地がある国により集計。
例えば、インドL&TがMHIの技術で製造しインドで収めた場合には、日本メーカーの技術がインドに収められたとして輸出案件として計上している。

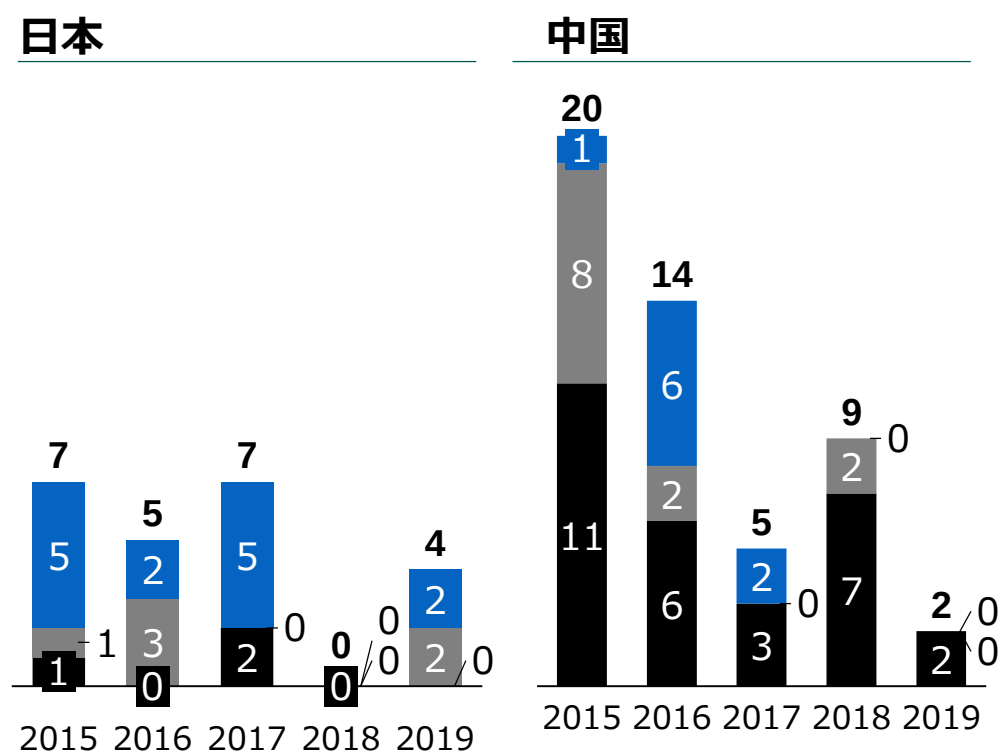
(参考) 日中の石炭火力ボイラーの輸出実績 (着工指示)

- USC以外の石炭火力ボイラーの輸出実績 (50万kW以上) は、直近5年では日本がSC 6件、Sub-C 0件、中国がSC 9件、Sub-C 3件。ここ2年では日中ともにSub-C の実績はない。
- なお、50万kW未満も含めた石炭ボイラー全体の輸出実績では、直近5年で日本がSC 6件、Sub-C 3件、中国がSC12件、Sub-C 29件。

50万kW以上のユニットの案件のみ



50万kW未満のユニットの案件を含む



注1) 本集計は、自国での着工通知案件は含まない。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。

注2) 循環流動床ボイラーは除く。

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か所目。	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・地域の持続可能な成長を支える、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

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。

エネルギー市場の変化に対応するビジネス展開

- 企業は、エネルギー市場の変化の中で、再生可能エネルギー、グリーン燃料への転換、送電網、エネルギーマネジメント、水素など多様化するニーズに応えるビジネスを構想、展開している。

J E R A	再生可能 エネルギー	台湾	台湾彰化県における洋上風力発電事業「フォルモサ1,2,3」への参画
		イギリス	エセックス州の沖合の洋上風力発電事業に参画
		インド	太陽光や風力をはじめとする再生可能エネルギー発電の開発や運営を行う事業に参画
	蓄電システム	イギリス	蓄電池事業者へ出資
		アジア太平洋	蓄電池ビジネスに関して、米国、豪州の事業者と基本方針を合意
	電力系統	ミャンマー	ヤンゴン市における配電網の改善事業に関するコンサルティングを実施
三 井 物 産	再生可能 エネルギー	アメリカ	産業・商業需要家向けに分散型太陽光発電事業の開発・運営を手掛ける企業の業務・産業、ICT部門を買収
		イギリス	100%再エネ由来の電力、ガスの小売、分散電源、EV充電を組合せた付加価値サービスの開発を行う事業者に出資
	蓄電システム・ VPP	アメリカ	分散電源制御ICTプラットフォーム及び蓄電システムにより、家庭の蓄電池を統合制御、電力会社向けサービスなどを提供する事業者に出資
		ヨーロッパ	EV充電システムの開発、EV用電池を利用した電力サービスを提供する事業者に出資
		アメリカ	業務用需要家に、蓄電池・VPPをファイナンスとのセットで提供、電気料金の削減や系統サービスの実施事業者に出資
	電力系統	アメリカ	マクログリッド構築に役立つ独自の系統制御システムを有する米国の事業者に出資
伊 藤 忠 商 事	再生可能 エネルギー	アメリカ	住宅用太陽光・蓄電システム事業を営み、ローンプログラムの他に、太陽光発電設備を自社保有するビジネスを展開する事業者と資本・業務提携
	蓄電システム・ VPP	日本	独自ブランドの蓄電池を国内中心に販売、プラットフォーム上でのAIによる蓄電池制御サービスを提供
		イギリス	家庭用蓄電システムを販売／リースし、AIを使って遠隔監視・最適制御するサービス展開する事業者と資本・業務提携
		アメリカ	次世代リチウムイオン電池（半固体）のグローバル製造・開発を行う事業者に出資
		中国	車載用電池のリユース、リサイクル事業を手掛ける事業者に出資
		日本	VPP Japanと資本・業務提携。同社が保有する太陽光分散電源を活用し、小売店等を軸に独自VPP構築を目指す

脱炭素経営に向けた取組の広がり

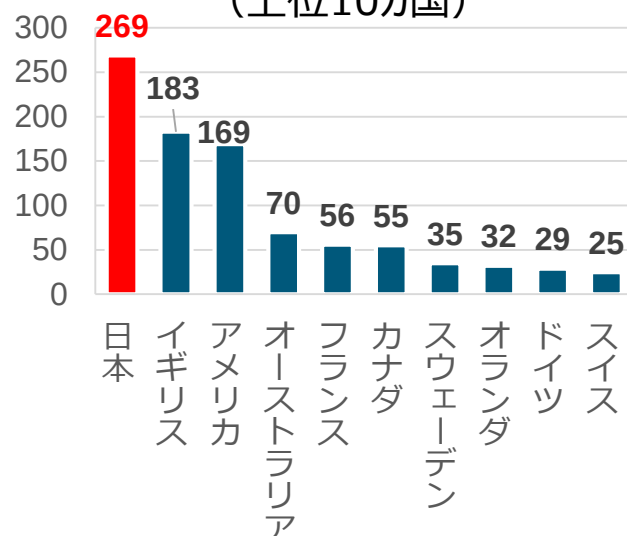
※2020年5月11日時点



- 世界で1,210(うち日本で269機関)の金融機関、企業、政府等が賛同表明

■ 世界1位 (アジア1位)

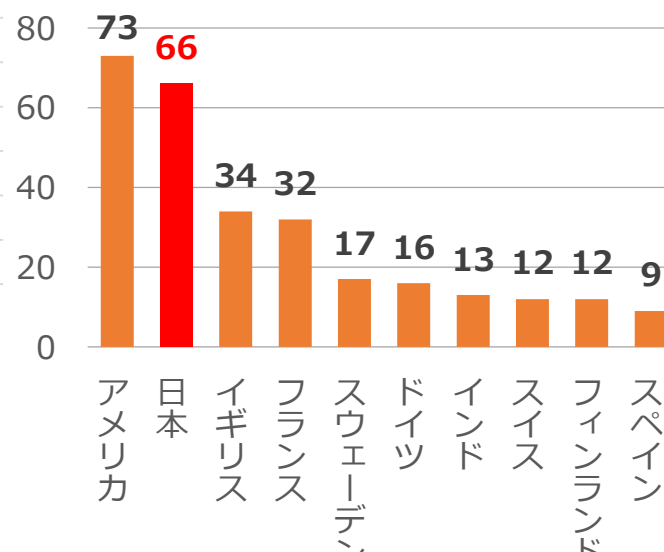
TCFD賛同機関数
(上位10カ国)



- 認定企業数：世界で364社(うち日本企業は66社)

■ 世界2位 (アジア1位)

SBT国別認定企業数グラフ
(上位10カ国)

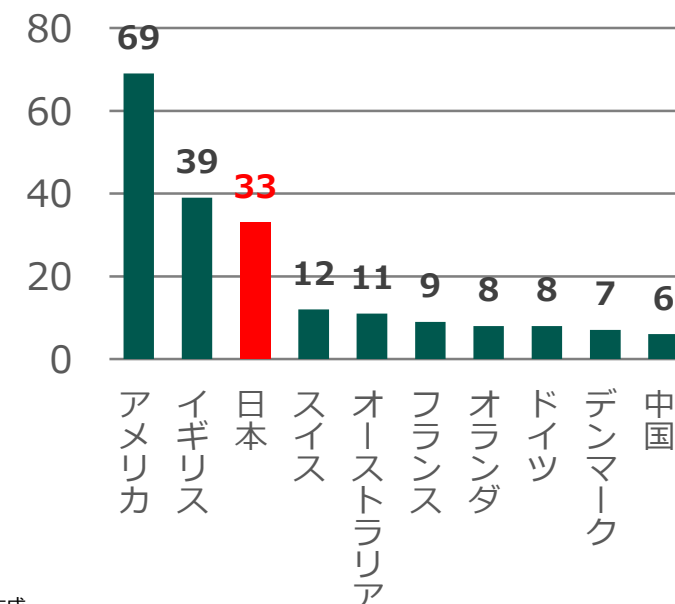


[出所] Science Based Targetsホームページ Companies Take Action
(<http://sciencebasedtargets.org/companies-taking-action/>) より作成。

- 参加企業数：世界で236社(うち日本企業は33社)

■ 世界第3位 (アジア1位)

RE100に参加している国別企業数グラフ
(上位10カ国)



[出所] RE100ホームページ (<http://there100.org/>) より作成。

[出所] TCFDホームページ TCFD Supporters (<https://www.fsb-tcfid.org/tcfid-supporters/>) より作成

TCFD、SBT、RE100のすべてに取り組んでいる企業一覧

建設業：積水ハウス/大東建託/大和ハウス工業/戸田建設/LIXILグループ/住友林業

電気機器：コニカミルタ/ソニー/パナソニック/富士通/富士フィルムホールディングス/リコー

情報・通信業：野村総合研究所

小売：アスクル/イオン/丸井グループ 不動産：三菱地所

Climate Action 100+

エンゲージメント（企業との対話）を通じて、気候変動への対応を求める国際的な投資家イニシアティブ。450以上の機関投資家が参加し、運用資産の合計は40兆米ドル超。



Just Transition イニシアティブ

気候変動の公正な移行を支援する投資家イニシアティブ。161の機関投資家が参加し、運用資産10.2兆米ドル。



ネットゼロ・アセット・オーナーアライアンス (Net-Zero Asset Owner Alliance)

1.5°C努力目標達成のために、2050年までに投資ポートフォリオを脱炭素化することを目指す国際的な機関投資家グループ。運用資産は4.6兆米ドル超。

The Inevitable Policy Response(IPR)

PRI（国連責任投資原則）が実施するプロジェクト。気候変動の影響が顕在化するにつれ、各国政府はより強力な政策を実施することを余儀なくされるとし、その影響を事前に評価し、署名機関の気候変動リスクへの対処をサポートすることを目的とする。



気候変動に関するアジア投資家グループ（AIGCC）

アジアのアセット・オーナーと金融機関の気候変動や低炭素投資に関する理解を深め、積極的な行動を促進することを目的とするイニシアティブ。36の政府系ファンド、保険会社、ファンドマネージャー等がメンバーで、運用資産5兆米ドル超



ESG金融の国際的な広がり

◆ ESG投資家が増加



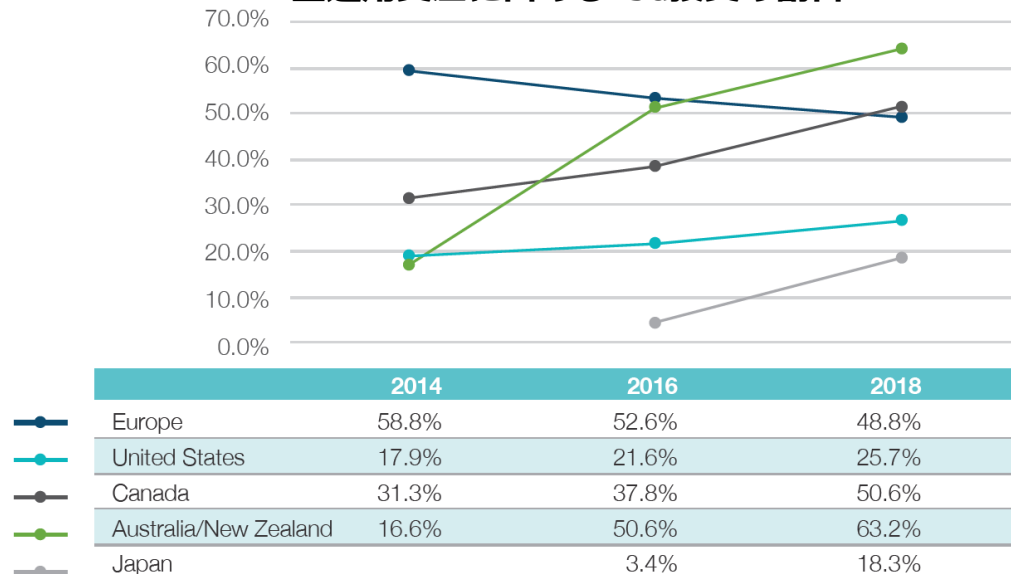
国連責任投資原則（PRI）署名機関等の推移



(資産運用残高：兆ドル) 出典: PRI, Signatory Relationship Presentation Q22020,

◆ ESG投資額の増加

全運用資産に占めるESG投資の割合

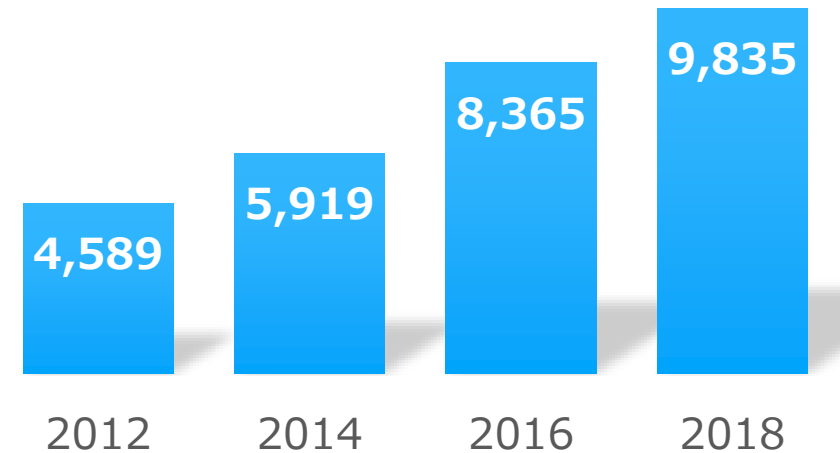


出典: GSIA, Global sustainable investment review 2018

Note: In 2014, data for Japan was combined with the rest of Asia, so this information is not available.

◆ エンゲージメントの増加

エンゲージメント・株主行動に係る投資残高

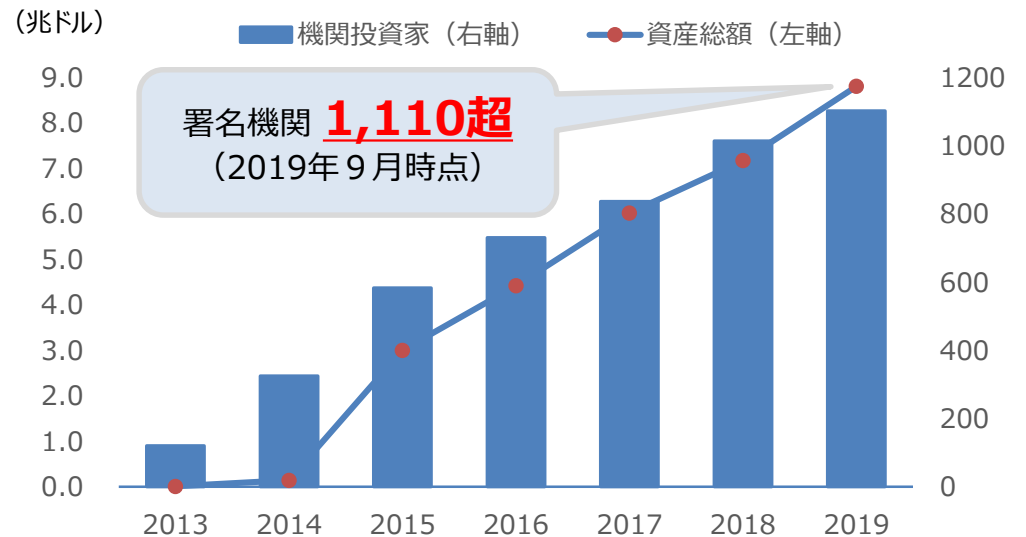


※2014年及び2016年のデータのUSDへの換算は2015年12月31日時点の為替レートに基づく。

出所: GSIA Global Sustainable Investment Review

◆ 化石燃料からのダイベストメントの増加

ダイベストメントにコミットした機関投資家と資産総額



出典: DivestInvest HP

国内金融の動向

- **3大メガバンクは全て新設の石炭火力発電所へのファイナンスは原則行わないとしつつ、脱炭素に向けた移行技術に関しては支持することとしている。**

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。

三井住友フィナンシャルグループ（2020年4月改訂）

- ・ 新設の石炭火力発電所への支援は、原則として実行しません。なお、超々臨界圧（※）などの環境へ配慮した技術を有する案件、および改訂前より支援をしている案件については、慎重に対応を検討する場合があります。
- ・ また、二酸化炭素回収・貯留（carbon dioxide capture and storage/CCS）など、カーボンリサイクルに資する技術開発を支持します。（※ 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）

みずほフィナンシャルグループ（2020年4月改定）

- ・ 石炭火力発電所向け与信残高削減目標として、2030年度までに2019年度比50%に削減し、2050年度までに残高ゼロとする。
- ・ 石炭火力発電の新規建設を資金使途とする投融資等を行わない（運用開始日以前に支援意思表示済みの案件を除く。）。
- ・ 但し、当該国のエネルギー安定供給に必要不可欠であり、かつ、温室効果ガスの削減を実現するリプレースメント案件は慎重に検討の上、対応する可能性あり。
- ・ また、エネルギー転換に向けた革新的、クリーンで効率的な次世代技術の発展等脱炭素社会への移行に向けた取り組みについては引き続き支援。

国連責任銀行原則（PRB）

- UNEP FIにおいて、PRIの銀行版となる**国連責任銀行原則（PRB）**が2019年9月22日発足。
- 発足時点で132の金融機関（総資産額47兆米ドル相当）が署名。2020年2月現在、170以上の金融機関（国内では**三井住友トラスト・ホールディングス、三井住友フィナンシャルグループ、みずほフィナンシャルグループ、三菱UFJフィナンシャル・グループ、滋賀銀行**）が署名。
- **SDGsやパリ協定との整合性、インパクトと目標設定、顧客（法人・リテール）、ステークホルダー、ガバナンスと企業文化、透明性と説明責任、の6原則を設定。**

PRB 6 原則

1. SDGsとパリ協定が示すニーズや目標と経営戦略の整合性を取る
2. 事業が引き起こす悪影響を軽減し、好影響は継続的に拡大させる
3. 顧客に対し世代を超えて繁栄を共有できるような経済活動を働きかける
4. 利害関係者に助言を求め連携する
5. 影響力が大きい領域で目標を立てて開示、実践する
6. 定期的に実践を検証、社会全体の目標への貢献について説明する

創設機関

6 PRINCIPLES
SHAPING OUR FUTURE



Alignment Impact Clients & customers Stakeholders Governance & target setting Transparency & accountability

UNEP
FINANCE
INITIATIVE

PRINCIPLES FOR
RESPONSIBLE
BANKING



国際開発金融機関の動向

- 電力へのアクセス改善が必要なアフリカの諸国を支援するアフリカ開発銀行が、石炭火力からの撤退を表明するなど、**世界の開発銀行は石炭火力への支援方針を厳格化**。
- CO2排出原単位による基準を満たす場合やCCS等が実現可能になった場合など、**脱炭素化に資する場合は支援する方針**としている銀行もある。

機関名	方針	備考
アジア開発銀行 (ADB)	よりクリーンな技術(SCやUSCなど)の活用等、選択的に支援 https://www.adb.org/documents/energy-policy	IGCCやCCSは実現可能になれば導入支援。
世界銀行 (WB)	限られた場合※のみ支援する (2013年) http://documents.worldbank.org/curated/en/745601468160524040/pdf/795970SST0SecM00box377380B00PUBLIC0.pdf	※ <u>in rare circumstances (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。
アジアインフラ投資銀行 (AIIB)	低炭素なエネルギーミックスに向けた移行を支援・加速する中で、一定の場合※のみ高効率な石炭火力発電を支援 (2017年1月) https://www.aiib.org/en/policies-strategies/strategies/.content/index/download/aiib-energy-sector-Strategy-2017.pdf	※ 非効率な既存設備のリプレイス、システムの信頼性にとって不可欠な場合、特に低所得国で代替手段がない場合のみ
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)	石炭火力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	石炭や化石燃料から再生可能エネルギーへの移行を支援する
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>



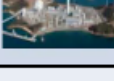
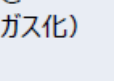
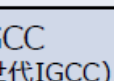
(参考) 脱炭素社会への移行に伴う石炭火力発電のリスク

- **気候変動による金融へのリスクとして、気候変動によって発生する災害等による物理的リスク、低炭素社会への移行に伴う市場変動や資産の再評価による移行リスク、気候変動による損失を被った当事者が他社の賠償責任を問う賠償責任リスク**があるとされている。
- 低炭素社会への移行に対する民間投資の加速支援について多くの投資家の賛同を得るなど、投資家から気候変動リスクに対する要請がなされている。

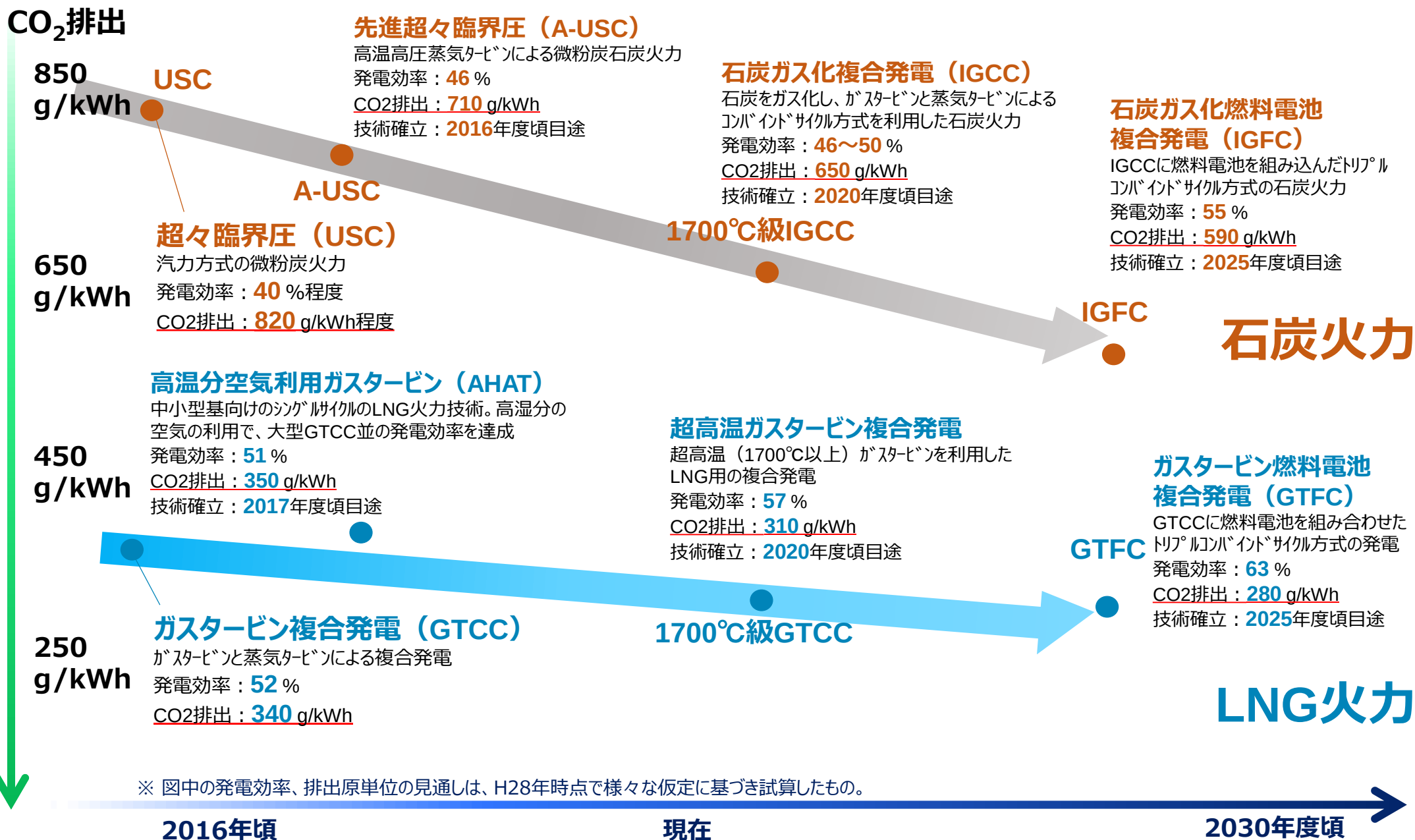
石炭火力に関する主な移行リスク	
収益	再生可能エネルギー導入量増加や天然ガスへの切り替えなどに起因する <u>石炭火力発電所の稼働率の低下</u>
	再生可能エネルギー導入による <u>日中の市場価格の低下</u>
	気候変動の深刻化に伴い、発電設備を保有する事業者が <u>容量市場を通じて得られる報酬の減少</u>
費用	温室効果ガス排出削減対策強化の要求に伴う <u>設備費用・業務費用の増加</u>
	<u>カーボンプライシングの導入、設定価格の上昇</u>
	<u>CCS導入によるコスト増加</u>
	<u>銀行や機関投資家の石炭火力発電に対する投融資姿勢の厳格化</u>

4. 技術

火力発電技術一覧

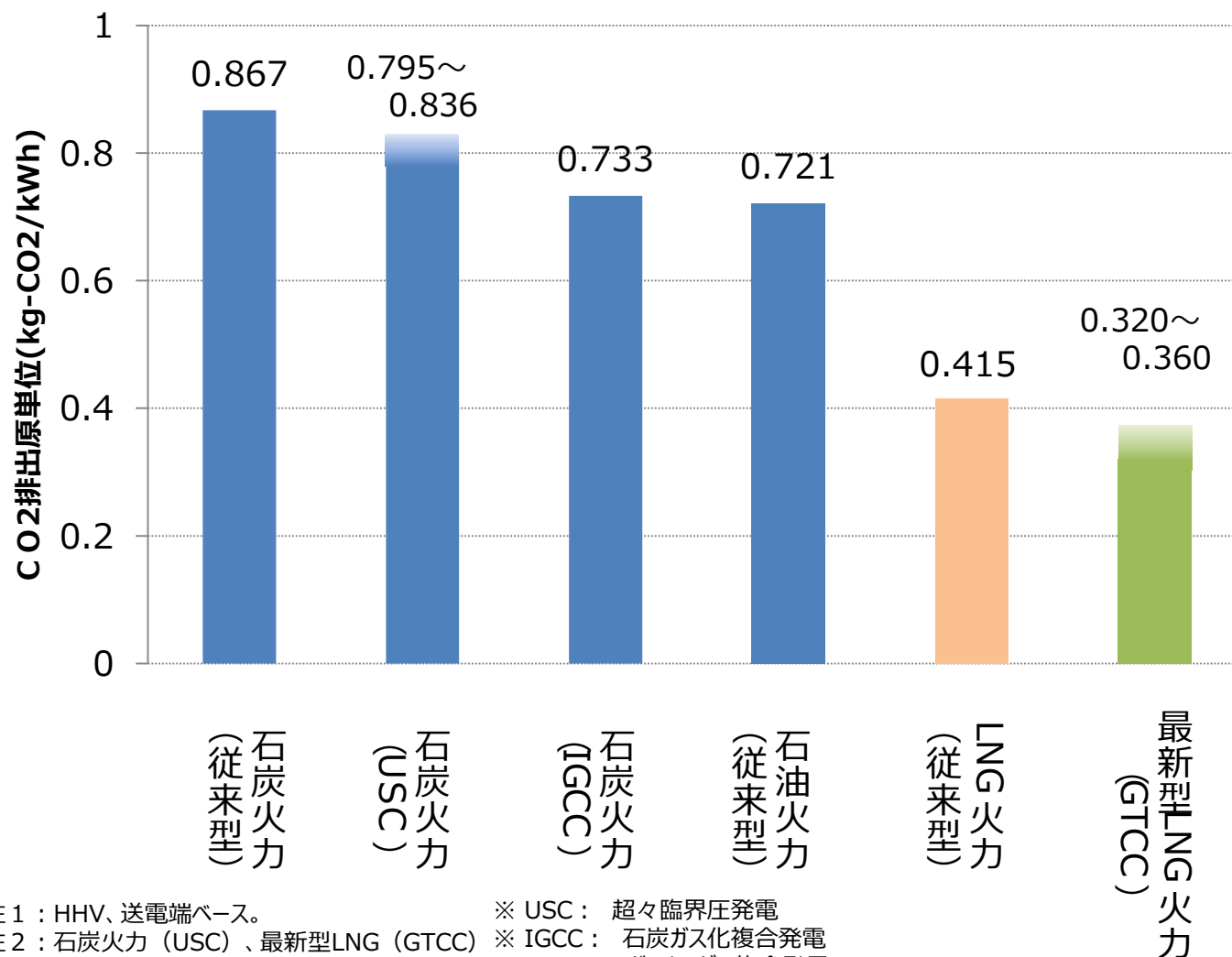
発電技術	技術概要・特徴	技術確立(年度)	送電端効率 (% HHV)	CO ₂ 排出原単位 (G-CO ₂ /kWh)
①USC 	・ボイラで高温高压の水蒸気を作り、その蒸気でタービンを回転させて発電する。 ・極めて信頼性が高く、国内の石炭火力の約半数がUSCを採用している。	1995～	40	820
②A-USC 	・高温高压蒸気タービンによる微粉炭火力発電。 ・従来のUSCシステムの構成を変えることなく、発電効率の向上が期待できる。	2016	46	710
③AHAT 	・高温分空気を利用した日本オリジナルのガスタービン単独発電技術。 ・中小容量機向けで、大型GTCCと同等以上の発電効率を達成。	2017	51	350
④GTCC (1700℃級) 	・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、波及効果が大い。	2020	57	310
⑤IGCC (1700℃級) 	・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 	・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 	・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) 	・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) 	・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 	・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

発電技術の高効率化、低炭素化の見通し



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。



注1：HHV、送電端ベース。

注2：石炭火力（USC）、最新型LNG（GTCC）は、設備容量により排出原単位が異なる。

※ USC： 超々臨界圧発電

※ IGCC： 石炭ガス化複合発電

※ GTCC： ガスタービン複合発電

USC（超々臨界圧微粉炭火力発電）

■ 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

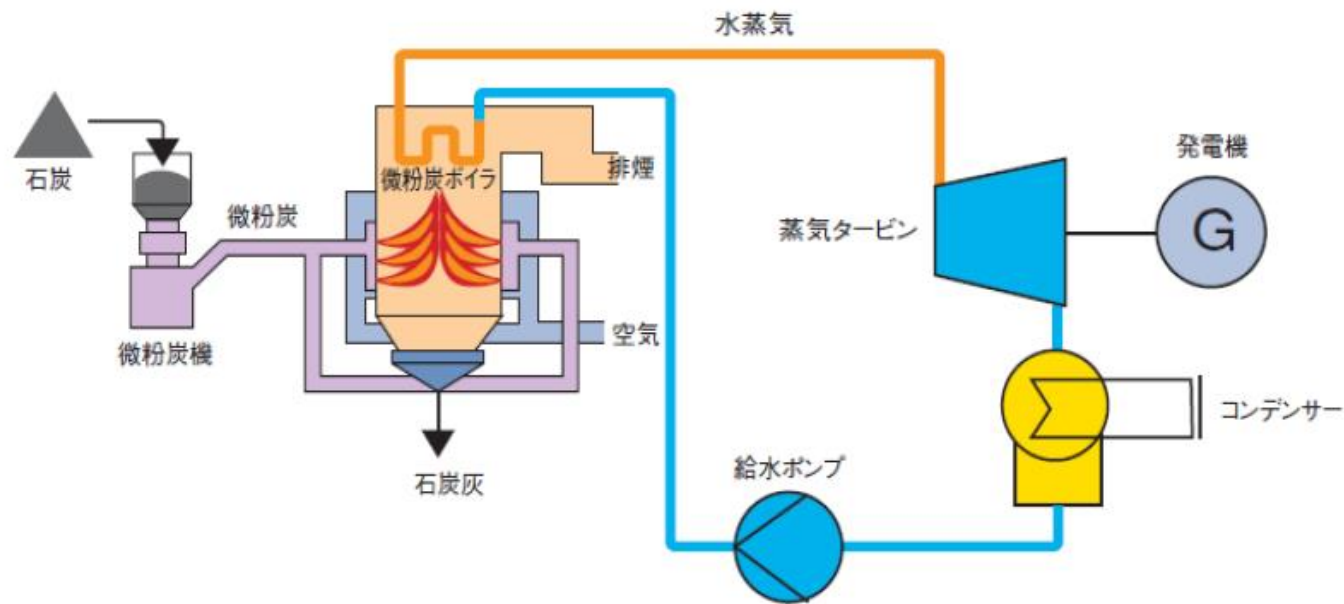
■ 送電端効率(HHV)

40%程度

■ コスト

25万円/kW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日本のグリーン・コール・テクノロジー(2007)）

既設石炭火力のCO₂低減や効率改善への取組

- バイオマス混焼・専焼、アンモニア混焼、他社製ユニットの稼働率・効率改善等の各種技術により、**既設石炭火力のCO₂低減や効率改善に向けた様々な取組が行われている。**

取組例① アンモニア混焼

石炭火力へのアンモニア混焼に関する技術開発がすすめられている。

エネルギーキャリアとしてのアンモニアの特性

➤ 既存設備が活用可能

アンモニアは工業プロセス、肥料等で既に広く使われているため、貯蔵、輸送プロセスは既に存在。

➤ 脱炭素化が可能

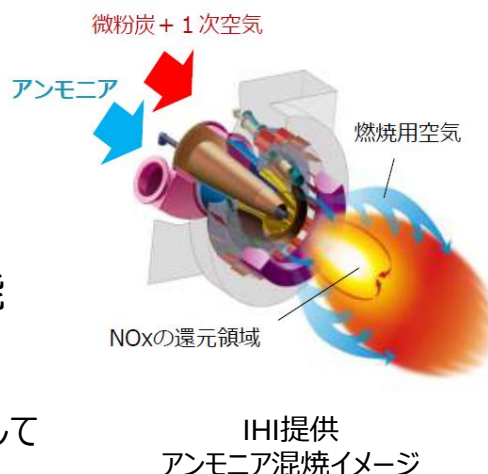
アンモニアの製造を再エネ由来にしていくことで、CO₂減に。利用時のCO₂排出はない。

➤ 運搬が容易

体積あたりの水素含有量が多く、液化しやすい。大規模、長距離輸送、貯蔵ができる可能性。

➤ 燃料として直接利用可能

アンモニアは燃焼するので、再度水素に変換する必要がなく、ガスタービンや工業炉等で燃料として直接利用できる。



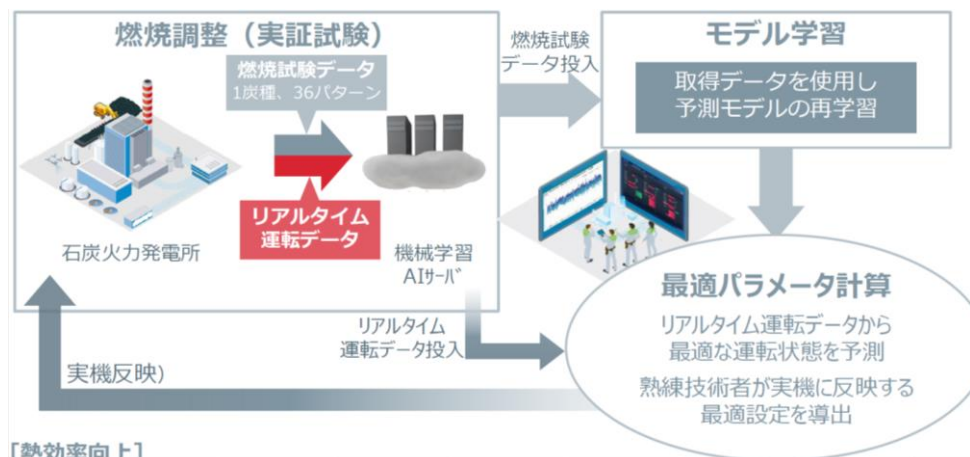
取組例② 燃焼効率改善

➤ 燃焼最適化

過去の運転データをAIで解析することで、燃焼を最適化することができる可能性。

➤ 保守運用の効率化

ICTを活用したボイラーの運転監視と寿命評価の精度向上ならびに保守計画を最適化・省力化することができる可能性。



JERA提供
AIによる燃焼最適化

石炭火力の負荷追従性

- 火力発電の果たす重要な役割の一つに、柔軟性（負荷追従性）がある。
- 負荷追従性（最低負荷低減、負荷変化率、起動時間の短縮）の内、負荷変化率、起動時間の短縮の点では、蒸気タービンよりもガスタービンの方が優れている。
- IGCCによる負荷変化率の向上や、USCにおける石炭を粉砕するための微粉炭機（ミル）での工夫、制御装置の改善など、石炭火力の負荷追従性向上の取組がなされている。

IGCCとUSC、GTCCの柔軟性の比較

		石炭		LNG
発電方式		IGCC ※ 4)	SC / USC	GT / GTCC
最低負荷	現在	35%	15% (石炭専焼)	30% ※ 5)
	目標	35% またはそれ以下	10%	25%
負荷変化率※ 2	現在	3～10%/分	3～5%/分	20%/分(GT) 15%/分(GTCC)
	目標	5～10%/分 またはそれ以上	～7%/分 10%/分※ 1	30%/分 (GT) 20%/分 (GTCC)
起動時間※ 3		Cold : 15時間	Hot: 2時間 Cold: 10時間 (点火 ~ 最大負荷)	Hot: 0.2時間(GT)/0.5時間 (GTCC) Cold: 0.2時間(GT)/3時間 (GTCC)

※ 1) Indirect Firing System

※ 2) Coal-fired Thermal Power Plant : Ramping Rate at 50~90% Load

※ 3) Hot: Night time shut-down (approx. 8hr), Cold: One week shut-down (more than 150hr)

※ 4) IGCCは様々なタイプがあり、また試験段階のものも多く、USCと比較した際の正確な柔軟性の優劣は不明

※ 5) GTCCでは、発電設備 1 ユニットに対し、複数台のガスタービンを設置し、低負荷時はガスタービンを複数台停止することで低負荷運転の対応をしている。

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

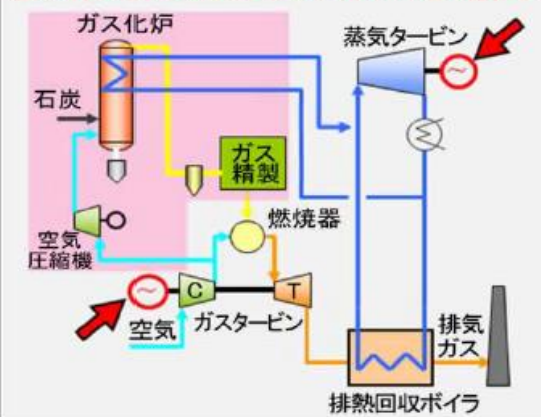
■ コスト目標

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)



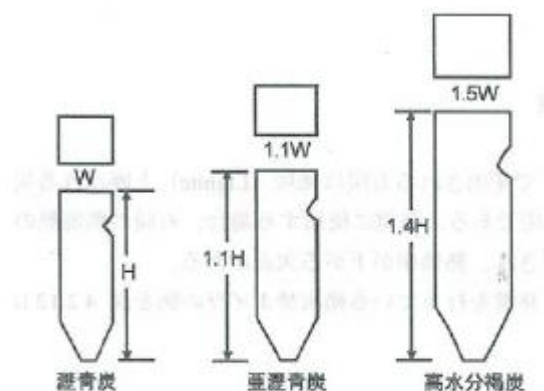
国内のIGCCプロジェクト(実証機および商用機モデル)



(出典：第6回東京大学IHP-環境シナリオMHP資料2014.10)

参考：低品位炭の活用

- 褐炭等低品位炭を発電用燃料に用いる場合、水分を多く含み、水蒸気となり排ガス量が増えるため、ボイラ内の滞留時間を長くしなければならず、そのため、ボイラの火炉容積は大きくする必要がある。
- 我が国のボイラは亜瀝青炭の活用を前提に設計されており、火炉容積は大きくないため、低品位炭の混焼には限度があり、その比率は、一概ね20～30%程度との指摘がされている。



出典:「Durie」1993

図 6.7-1 ボイラ火炉高さの比較（高水分）

※2013年に運転開始した東京電力常陸那珂火力発電所2号機は50%までの亜瀝青炭混焼が可能とされている。

低品位炭の消費国

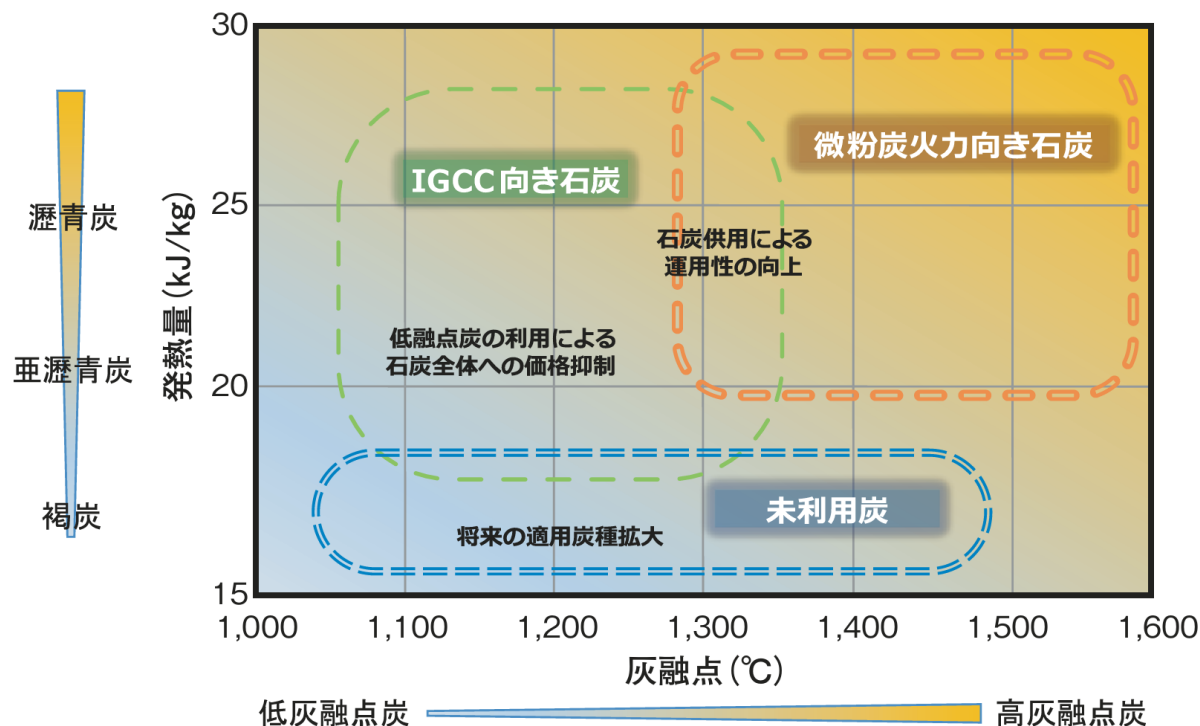
番号	国	褐炭・低品位炭	備考
1	中国	1,890,000	低品位炭
2	ドイツ	182,537	褐炭
3	ロシア	72,850	褐炭
4	米国	70,510	褐炭
5	ポーランド	65,751	褐炭
6	トルコ	62,990	褐炭
7	臺州	62,579	褐炭
8	ギリシャ	53,084	褐炭
9	インド	44,679	褐炭
10	インドネシア	62,506	低品位炭

出典: I出典: IEA Coal Information 2014

参考：技術別の炭種の適合性

- 石炭は、灰融点（灰が液体になる温度）の高低の特性も炭種によって異なる。
- 日本において一般的な石炭火力である微粉炭火力は、豪州等の高灰融点の石炭が適しているとされている*¹。
- 一方、低灰融点炭は、中国、北米、インドネシア等広い地域で産出されている。IGCCは、溶融したスラグが流れやすく、低灰融点炭の活用に適しているとされる*²。

灰融点に応じた石炭火力の適合性



*1 微粉炭火力では、灰の融点が高い（高灰融点）と、スラギング（溶融した灰分が伝熱面に付着し、冷却され固化堆積する）、ファウリング（灰分が伝熱部に付着堆積する）が生じる可能性があり、高灰融点に適する。

*2 IGCCでは、石炭灰が溶融しガラス状のスラグとして回収されるが、灰の融点が高いと溶融しやすく、回収しやすい。回収されたスラグは、セメントの骨材として砂を代替する等で再利用が想定されている。

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。

■ 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

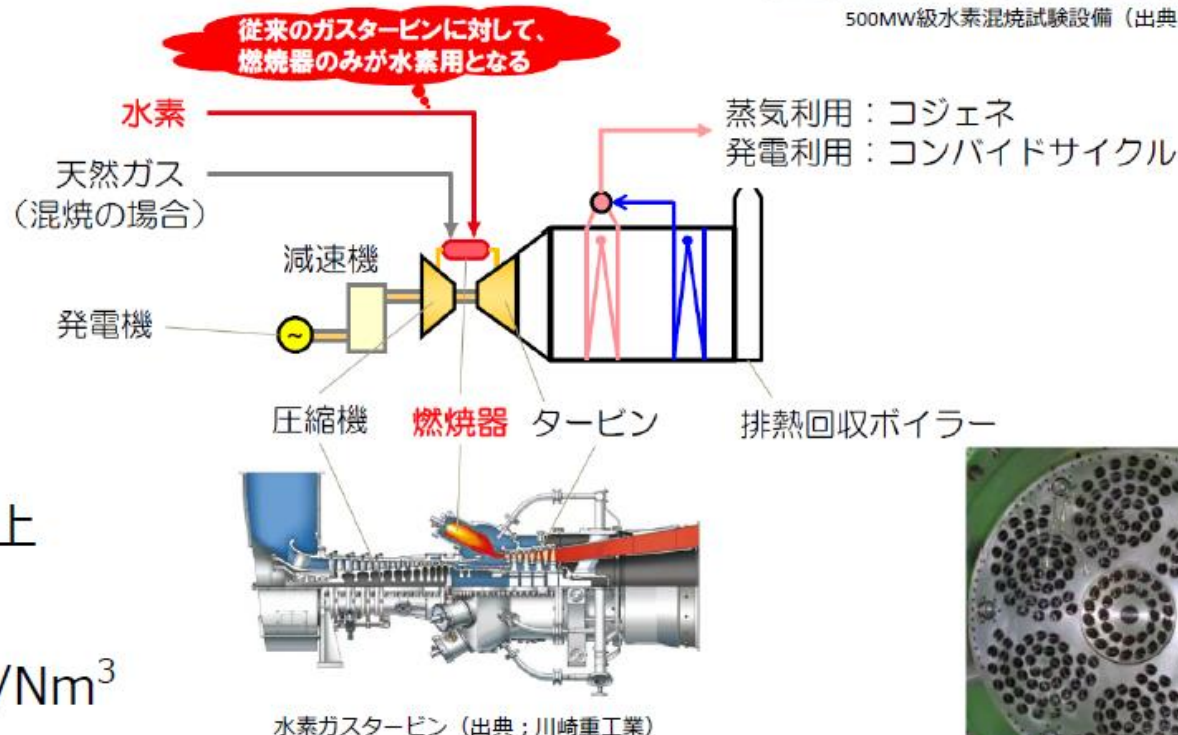
プラント引き渡し水素価格 30円/Nm³

発電コスト 17円/kWh

(水素・燃料電池戦略ロードマップ, 2016.3)



500MW級水素混焼試験設備（出典；MHPS）



水素ガスタービン（出典；川崎重工業）

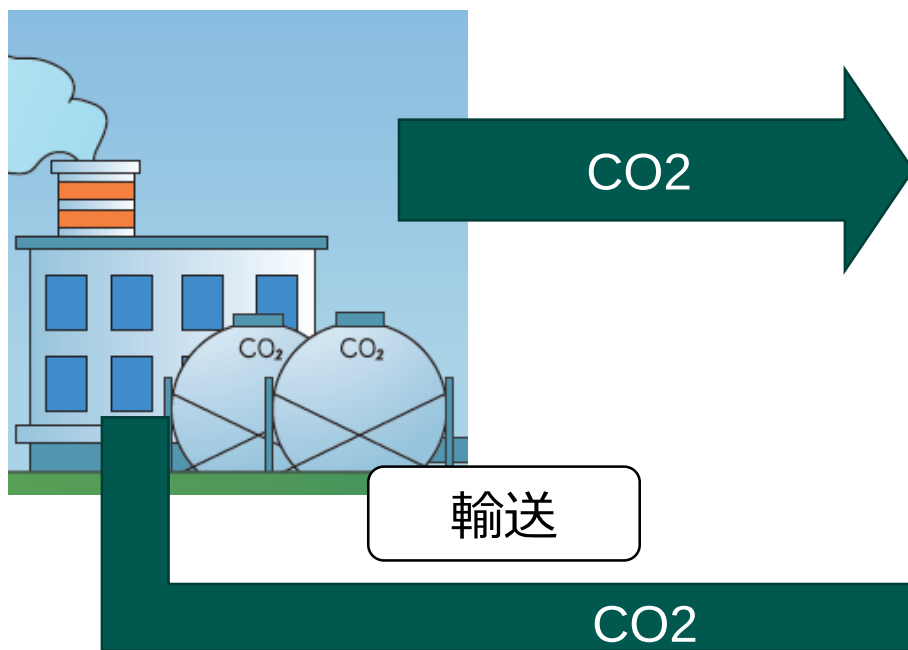


マルチクラスタ燃焼器（出典；MHPS）

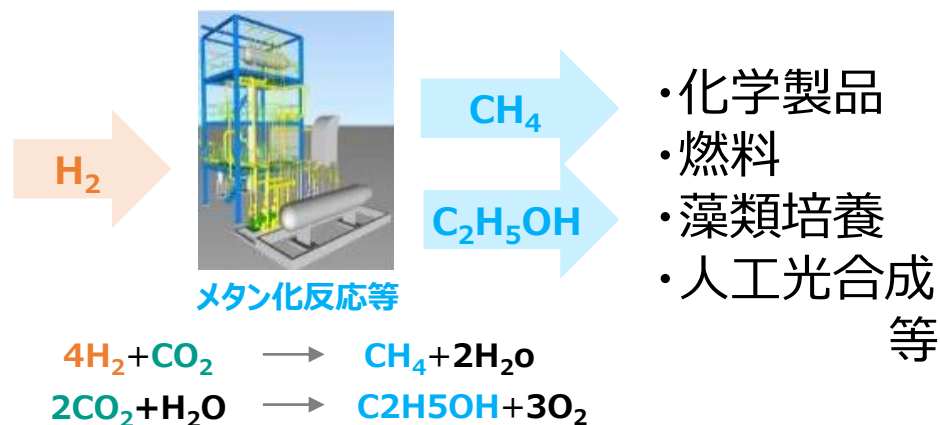
二酸化炭素回収・有効利用・貯留 (CCUS)

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)



③圧入・貯留 (S)



Beyond Zeroへ向けた技術①

- 国内初の商用規模の回収技術実証（代表：東芝エネルギーシステムズ（株））
- **世界初のBECCS※（Bio-energy CCS）プロジェクトの見込み**

※IPCCの1.5度特別報告書にも記載されているネガティブエミッション技術



(株)シグマパワー有明
(福岡県大牟田市)
三川発電所 (49MW)
※バイオマス専焼



CO2回収パイロットプラント
回収能力：10t/日
稼働開始：2009年～

スケールアップ



CO2回収実証プラント（建設中）
回収能力：500t/日
稼働開始予定：2020年

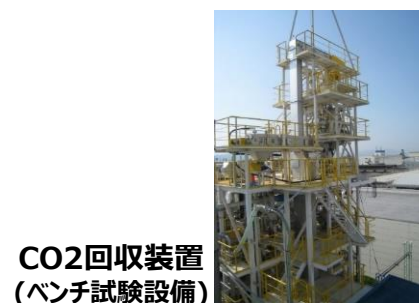
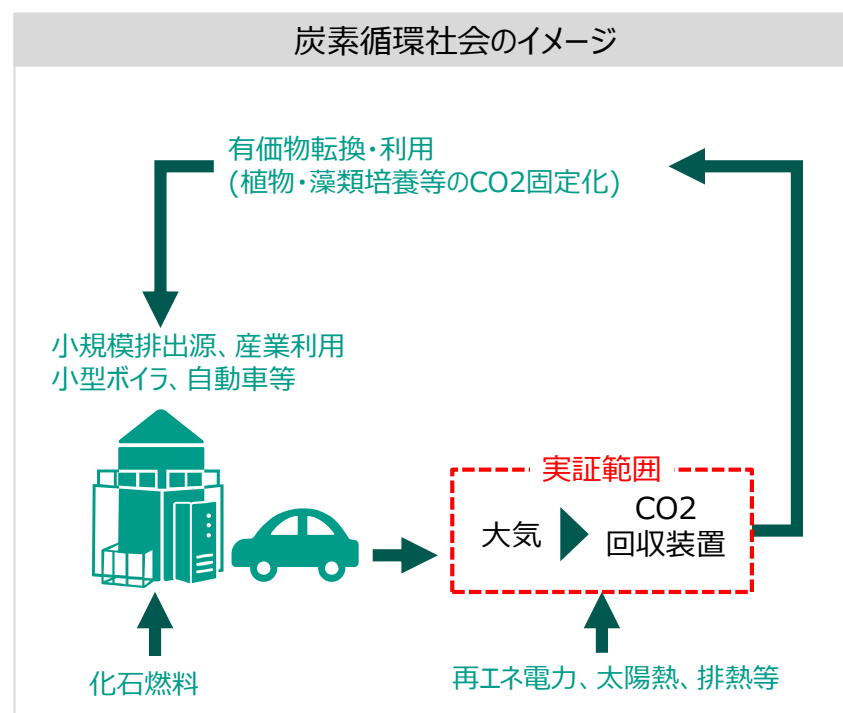
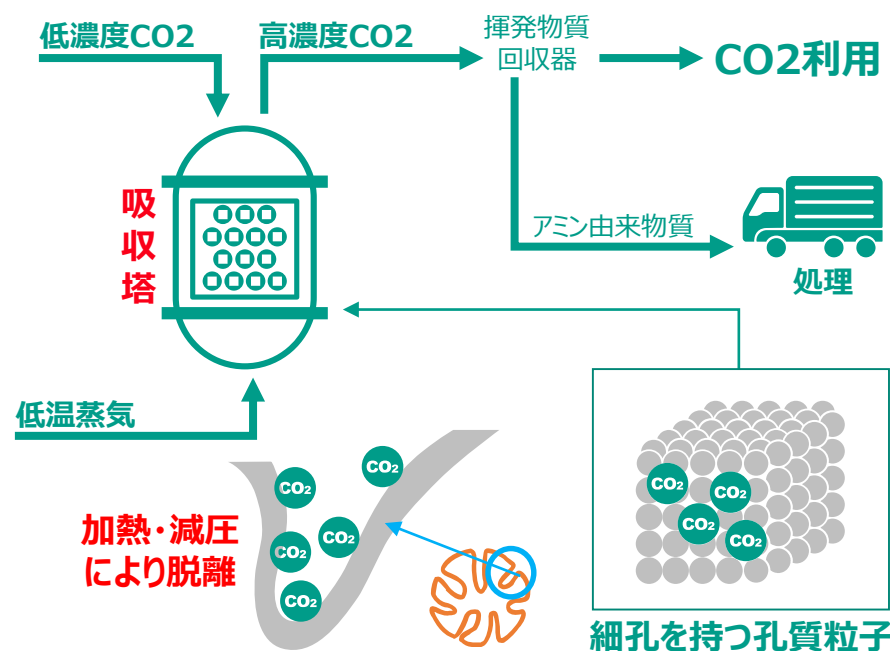
Beyond Zeroへ向けた技術②

- **大気中のCO₂を回収（DAC：Direct Air Capture）**する実証事業も実施。
- 回収したCO₂で光合成促進などの有効利用のモデル構築や、CO₂固定化ポテンシャル調査等を併せて実施。

代表 川崎重工業株式会社

期間 2019～2021年度

60℃程度で機能する固体吸収材を用いることにより、**大気中に代表される低濃度CO₂を回収**する事業を実証。また、回収したCO₂を**植物工場、藻類培養**など光合成促進に資する有効利用のモデル構築や、**CO₂固定化のポテンシャル調査・LCA**を実施。



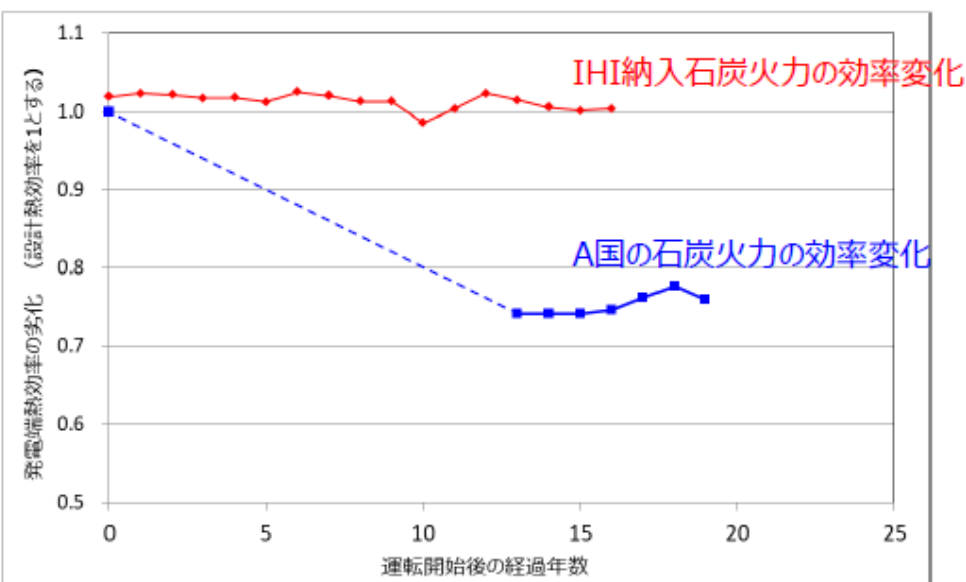
我が国の技術的な強み

- 発電効率の長期間に亘る維持、高い稼働率や設備利用率、高度な運転管理能力といった**信頼性の高さ**が、我が国の技術的な強みとされている。

発電効率の経年変化

発電効率の経年劣化

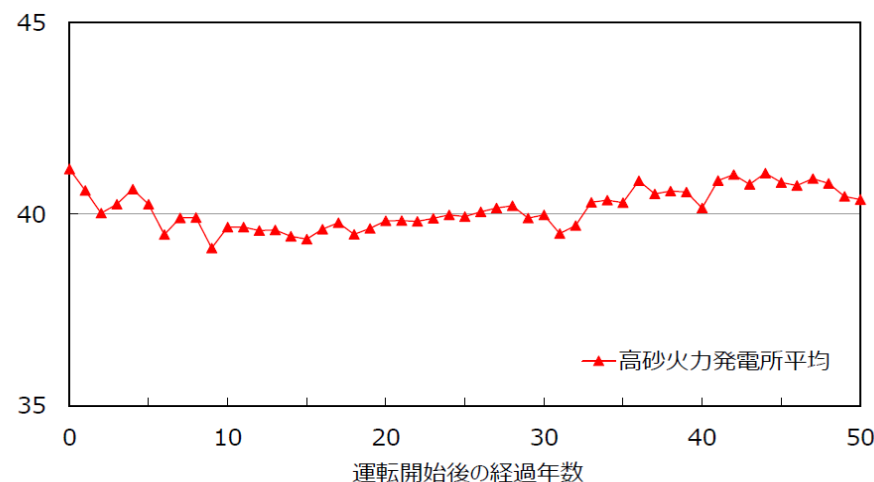
他国製石炭火力は経年的な熱効率の低下が著しいが、IHI納入の石炭火力は経年的な熱効率の低下が低い



出典：A国の効率経年データは電気事業連合会資料による

電力会社の高度な運転管理能力

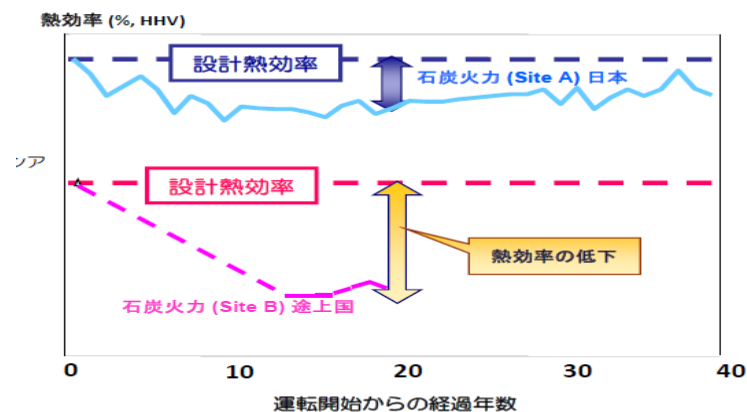
発電端熱効率 (LHV, %)



出典：第2回石炭火力発電輸出への公的支援に関する有識者ファクト検討会 資料3-7 (J-POWER資料)

技術的な我が国の強み (信頼性)

適切なプラント運用管理の重要性



出典：第2回石炭火力発電輸出への公的支援に関する有識者ファクト検討会 資料3-6 (J-COAL資料)

技術的な強みの状況分析

- 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、公害防止インフラなど、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）

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。



出所：IHI社HPより環境省作成

出典：IHI社HPより
ジョルフ・ラスファール発電所

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。



出所：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

USCプラントの比較

■ 2010年に入ってから中国の新設USCプラントは日本のプラントとカタログ上のスペックは遜色ない状況。

日/中	稼働年	プラント名	ボイラ メーカー	出力	蒸気圧	蒸気温度 蒸気/再熱蒸気	(発電効率) ※1参考値	備考
日	2009	磯子新2号機	IHI	60万kW	25MPa	600/620度	45%程度 (発電端、 LHV)	発電効率は J-POWER 資料
日	2013	常陸那珂2号機	Babcock- Hitachi KK	100万kW	24.5MPa	600/600度	45.2% (LHV)	発電効率は JERA資料
日	2013	広野6号機	MHI	60万kW	24.1MPa	600/600度	45.2% (LHV)	発電効率は JERA資料
日	2020 (予定)	竹原新1号機	IHI	60万kW	25MPa	600/630度	—	未稼働 蒸気圧等は アセス図書
中	2012	XUZHOU Pengcheng3・1号機	Shanghai	100万kW	27MPa	600/600度	—	
中	2015	Guodian Taizhou 3 号機 ※2	Shanghai	100万kW	31Mpa	600/610度 /610度	47.82% (送電端)	
中	2015	Huaneng Anyuan 3・4号機 ※2	Dongfang	66万kW×2	31MPa	600/620度 /620度	47.95% (LHV)	
中	2015	Huaneng Laiwu 6号機 ※2	Harbin	100万kW	31MPa	600/620度 /620度	48.12%	

※1 発電効率は、発電端・送電端と、LHV(Lower Heating Value)・HHV(Higher Heating Value)等によって異なるため、単純比較は不可。

※2 再熱二段方式という技術を活用。この技術の輸出実績は確認されていない。

出所: 国家能源局 国家電力計画研究中心 (2016) ,中国石炭発電発展状況、Platts UDI WEPPデータベース、CHINA HUANENG, Laiwu Power Plant Obtained the 2018 Asian Power Awards Gold Award、研究開発戦略センター (2015) ,世界初、二段再熱技術を100万kW級の火発ユニットに応用、金子祥三 (2013) ,石炭と日本の将来、IHIプレスリリース、J-POWER, annual report 2009、JERA HP より環境省作成

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

出典: 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。

5. 環境・社会配慮

質の高いインフラ投資に関するG20原則

- 2019年に開催されたG20大阪サミットでは、「質の高いインフラ投資に関するG20原則」にG20として合意。
- 質の高いインフラ投資のためにG20各国が共有する戦略的方向性と志を示す原則。

質の高いインフラ投資に関するG20原則（小見出し又は太字部分の抜粋）

原則1：持続可能な成長や開発の達成のための、インフラによる正のインパクトの最大化

- 1.1 経済活動の好循環の実現
- 1.2 持続可能な開発や連結性の促進

原則2：ライフサイクルコストを考慮した経済性向上

- 2.1 効率性を確保するに際しては、インフラ投資のライフサイクルでのコストとベネフィットを考慮に入れるべき。
- 2.2 インフラ・プロジェクトには、事業遅延やコスト・オーバーラン、及び供用開始後におけるリスク軽減の戦略を含めるべき
- 2.3 既存インフラ、新規インフラの経済性を向上させるため、革新的技術を、インフラ・プロジェクトのライフサイクルを通じ、適切な場合に利用すべき。

原則3：インフラ投資への環境配慮の統合

- 3.1 これらの環境配慮を、インフラ・プロジェクトのライフサイクル全般に定着させるべき。
- 3.2 インフラ投資の環境への影響はあらゆる利害関係者に対して透明にされるべき。

原則4：自然災害及び、その他のリスクに対する強靱性の構築

- 4.1 インフラを設計するに際しては、堅実な災害リスク管理を織り込むべき。
- 4.2 適切に設計された災害リスクファイナンス・保険メカニズムはまた、予防措置への資金供給を通じ、強靱なインフラ整備を行うインセンティブを与えることに資する。

原則5：インフラ投資への社会配慮の統合

- 5.1 インフラ・サービスへの開放的なアクセスは、社会において差別を生じさせない方法で確保されるべき。
- 5.2 プロジェクトのライフサイクルを通じて包摂性の実践を主流化すべき。
- 5.3 全ての労働者は、尊厳を持って、差別されることなく、インフラ投資により創出される雇用にアクセスする機会、技能を向上させる機会、安全で健康的な条件下で働くことのできる機会、公平に報償され扱われる機会を等しく与えられるべき。
- 5.4 インフラの建設現場、周辺コミュニティの双方において、職場における安全面・健康面での条件を整備すべき。

原則6：インフラ・ガバナンスの強化

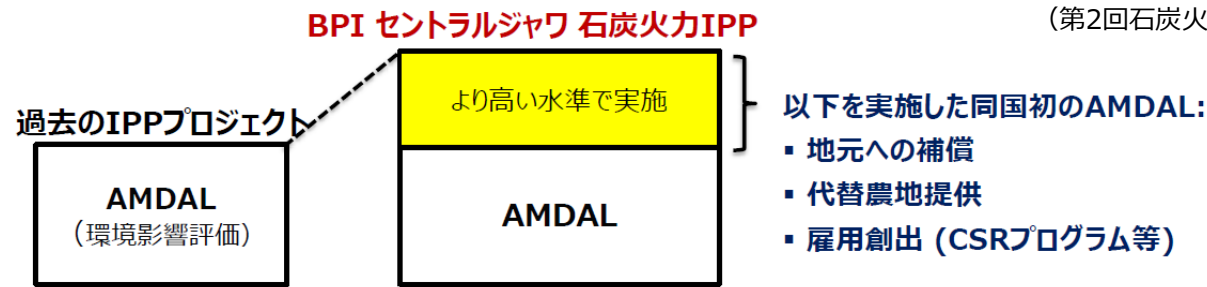
- 6.1 インフラ・プロジェクトが、価格に見合った価値（value for money）を実現し、安全であり、効果的であることを確保し、それにより当初想定された利用法から逸脱しないようにするため、調達における開放性と透明性が確保されるべき。
- 6.2 個々のプロジェクトの財務面での持続可能性を評価するとともに、利用可能な資金全体の枠内で候補となるインフラ・プロジェクトを優先付けするため、良く設計され、機能するガバナンスの制度を整備すべき。
- 6.3 透明性と併せ、腐敗防止に向けた努力は、インフラ投資の廉潔性を守り続けるべきもの。
- 6.4 適切な情報やデータへのアクセスは、投資の意思決定や、プロジェクトの管理や評価を支援する要素。

石炭火力輸出による環境・社会配慮への対応

- 日本企業によるこれまでの石炭火力輸出における環境・社会配慮への対応は様々な評価・見方がある。
- 質の高いインフラ輸出に当たって、適切な環境・社会配慮への対応は引き続き重要。
- ・ J-POWERが出資したインドネシア国Central Javaプロジェクトでは、現地貢献活動が評価され、以下の賞を受賞した。

Indonesia Best Electricity Award 2016においてThe Best Environmentally Concerned Company を受賞
Project Finance International Awards 2016においてアジア太平洋部門の“Power Deal of the Year”を受賞

(第2回石炭火力ファクト検討会J-POWER資料より)

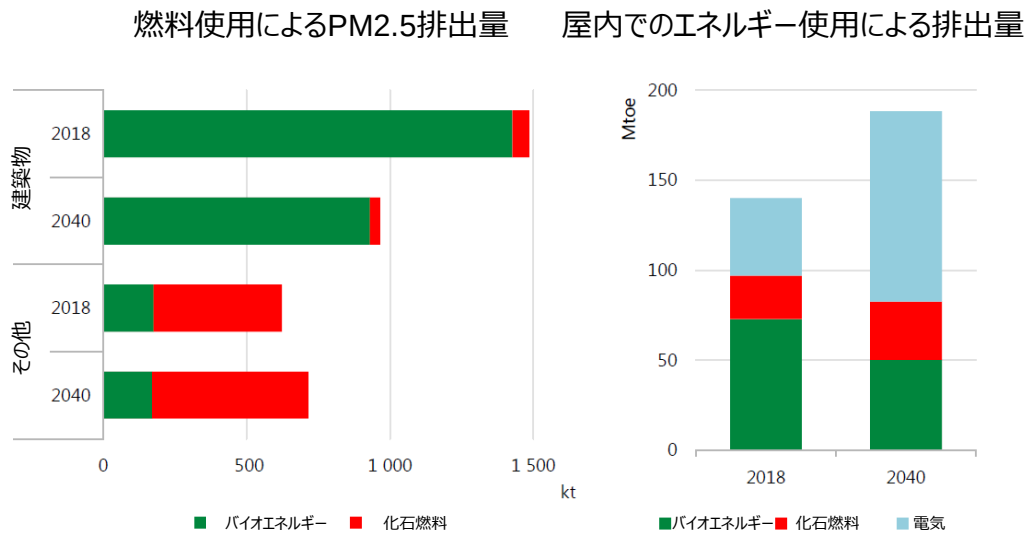


- ・ インドネシア・西ジャワ州チレボン地区にて商業運転及び建設中のチレボン火力発電事業の事業会社及び保守運転会社は、CSRの一環として地域活動プログラムや経済支援活動プログラムを実施している。
- (第2回ファクト石炭火力検討会丸紅資料より)
- ・ 国内外のNGOから、現地の生活環境や地域社会への悪影響、透明性など環境社会配慮ガイドラインに基づくより一層の適切な運用等を指摘されているケースもある。
 - ・ 具体的には、例えば、NOx、SOx等の排出濃度が高いため大気汚染対策が十分ではないのではないかという指摘がある。

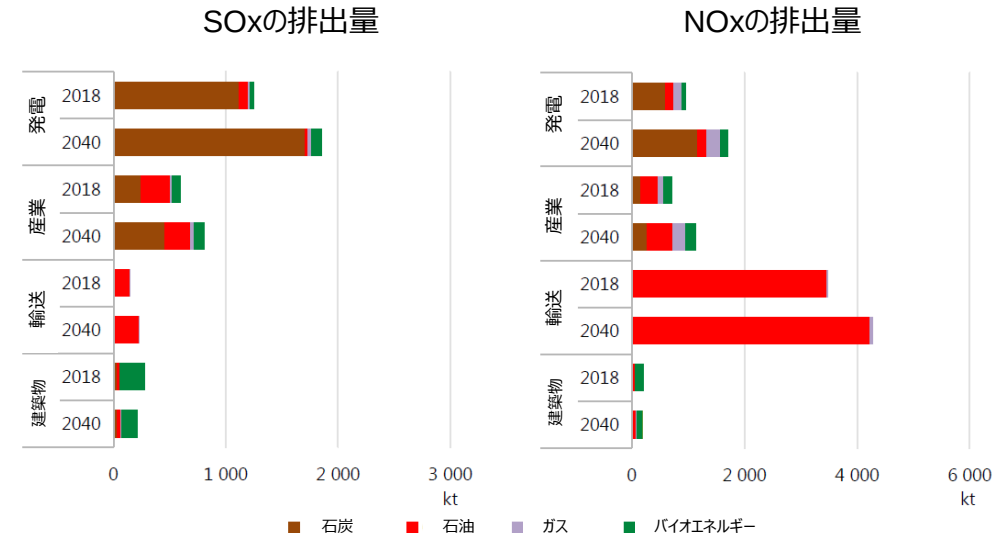
東南アジアの大気汚染状況

- WHO（世界保健機関）によると、2016年には屋外大気汚染によって、世界中で420万人の早期死亡を引き起こしたと推計される。これらの早期死亡の約91%は、低・中所得国で起こっており、東南アジア地域及び西太平洋地域で最大数となっている。
- さらに、屋外大気汚染に加えて、屋内でバイオマス燃料、灯油、石炭を使用して調理や暖房を行う際に発生する煙も、深刻な健康リスクであるとしている。

東南アジアにおけるPM2.5の排出量



東南アジアにおけるNOx、SOxの排出量

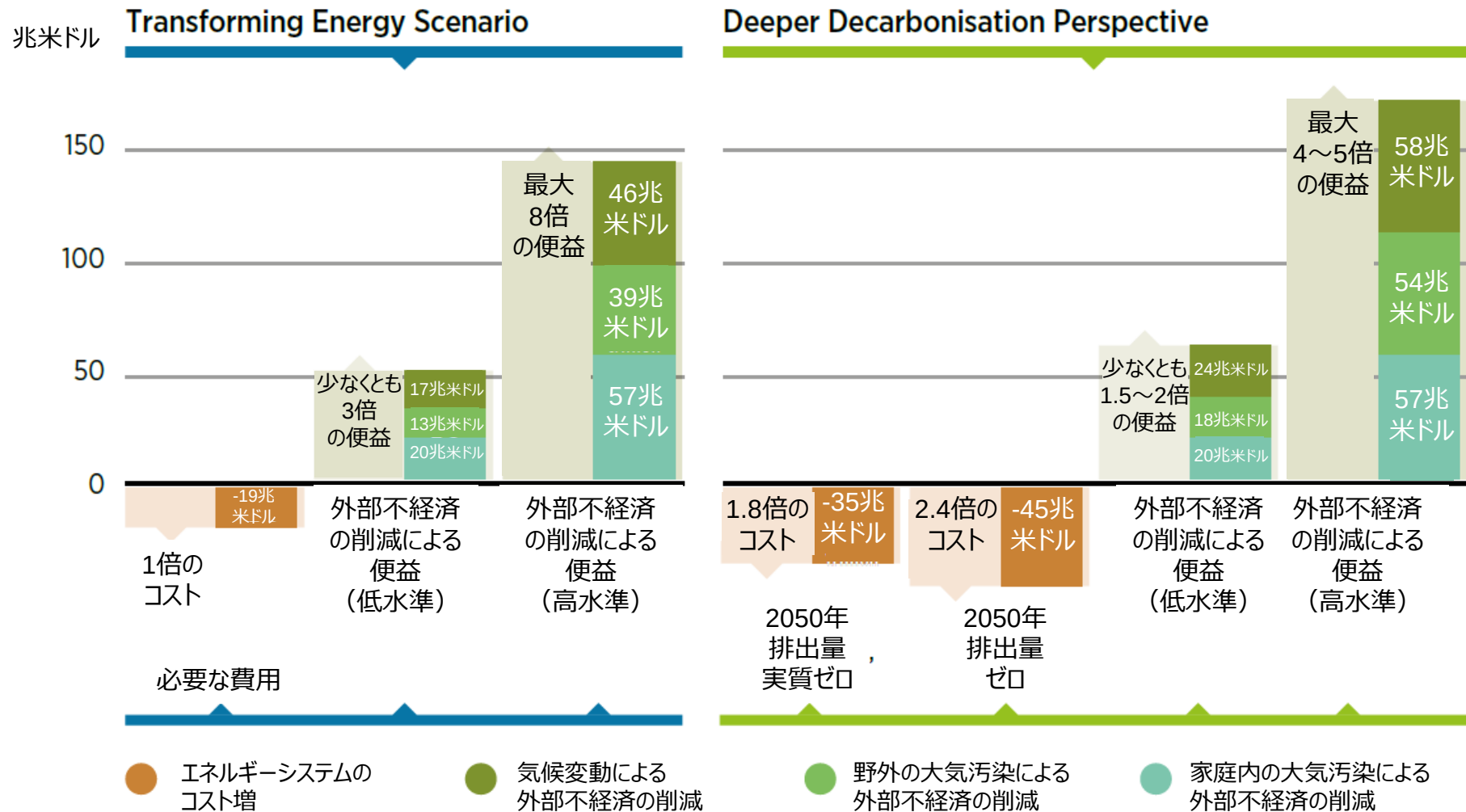


- PM2.5排出の主な原因は屋内での調理時のバイオマス燃料使用
- 電化等により屋内からの減少する見込みだが、他部門からの排出は増加する

- NOx、SOxともに、石炭火力発電からの排出量は全体のうち大きな割合を占める。

持続可能なエネルギーシステムへの移行による費用と便益

- 持続可能なエネルギーシステムへの移行によって、気候変動、屋内・屋外の大気汚染による外部不経済を縮減することができる。
- パリ協定に整合するシナリオでは、移行に係る費用の3～8倍の便益、さらに世界全体で完全に脱炭素化したエネルギーシステムを構築するシナリオでは、費用の1.5～5倍の便益が見込まれる。



持続可能なエネルギーシステムへの移行による福祉の向上

- パリ協定に整合するシナリオでは、現行政策シナリオに対し、2030年で6.9%、2050年で13.5%の福祉の向上が得られる。
- そのうち、大気汚染、温室効果ガス排出削減による福祉の向上が大部分を占める。



Based on
IRENA analysis

経済

- 消費と投資
- 雇用

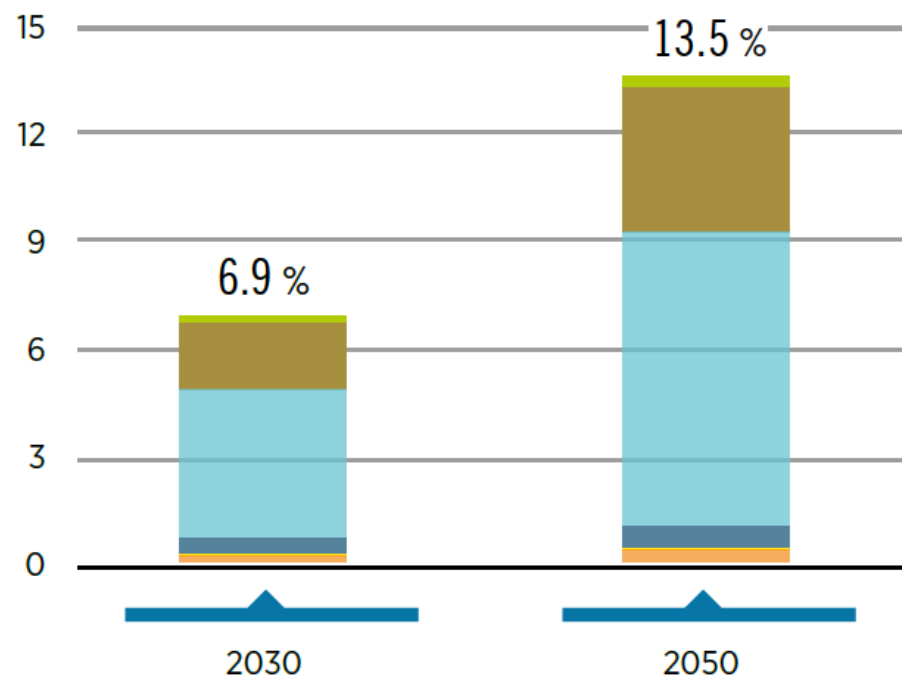
社会

- 教育
- 健康

環境

- 温室効果ガス排出
- 物質消費

% Planned Energy Scenarioからの増加割合



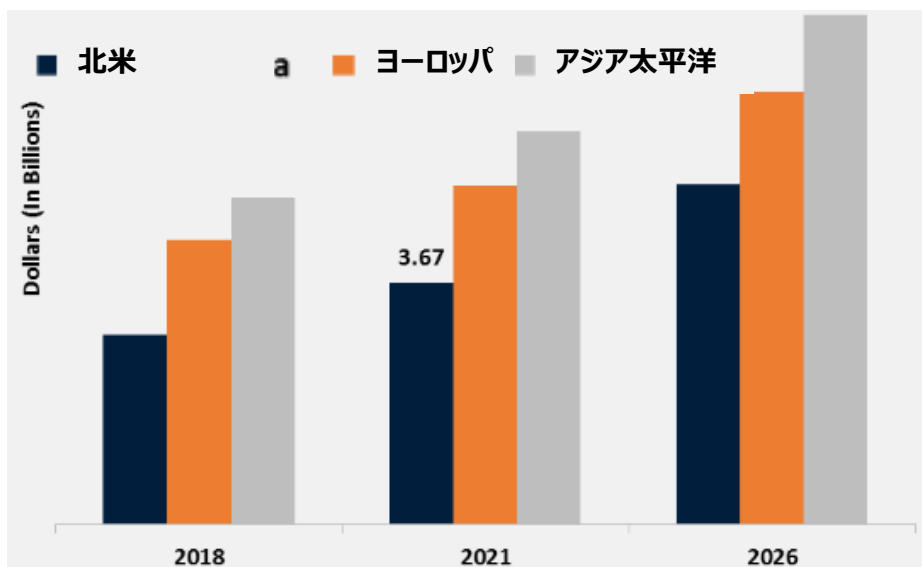
大気浄化装置の市場規模

- 石炭火力発電所の設備のうち、ばい煙処理等の公害防止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

【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。

出典: Global Market Insights Webサイト

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。

MHI	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
	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>	2016/11/11

出所：各社プレスリリースより環境省作成

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※3	25	乾式アンモニア接触法	約90※3	22	電気集じん機	約99※3	0.005
						-			(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)
神戸製鉄所火力発電所	コベルコパワー神戸第二	65	USC			13			20			0.005
						-			(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)
マタバリ	—	60	USC	海水法	70	281	なし	設備なし	220		約99.8	0.05
						(O ₂ 6%換算)			(O ₂ 6%換算)			(O ₂ 6%換算)

※1 ブンアン2はPM10のみの排出濃度 ※3 火力原子力発電技術協会講演資料から引用
 ※2 ブンアン2のO₂換算値は不明

石炭灰の利用技術

- 石炭灰の有効利用（廃棄物リサイクル、セメント製造時のCO₂排出抑制）により、日本の先進事例を海外でも活用して、循環型社会の構築に貢献可能。

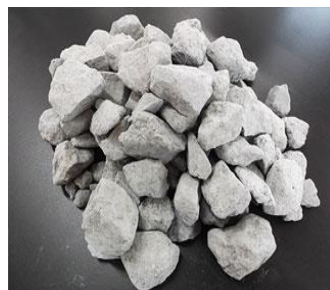
	中国	インド	その他アジア (タイ、ベトナム、マレーシア、韓国)	日本
発生量 (Mt)	395	105	16.7	11.1
有効利用率(%)	67.7	13.8	66.5	96.4

(Heidrich et. Al., 2013 WOCA conference, April 2013, USA)より抜粋

日本では、石炭火力から発生する石炭灰は、セメント原料の他に路盤材、埋立材料、軽量骨材等の土木建築資材として有効利用され、地産地消や資源循環型社会の構築に寄与している。



石炭灰



路盤材



路盤材施工事例



ダム建設での大量利用

6. 公的支援

エネルギー基本計画における石炭火力発電輸出関連の記述

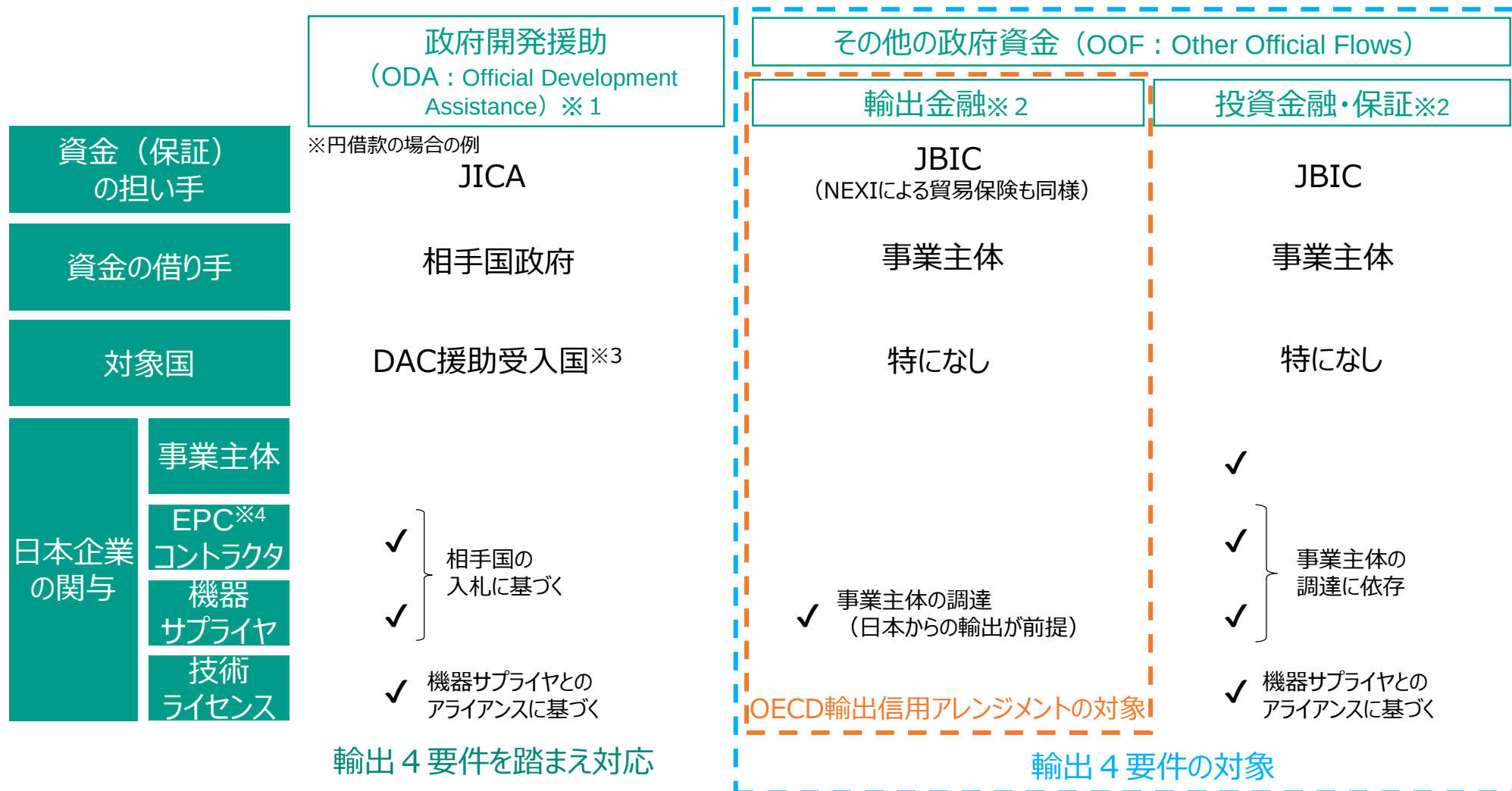
- エネルギー基本計画においては、石炭火力発電の輸出について、いわゆる輸出 4 要件を含む関連の記述（インフラシステム輸出戦略（令和元年度改訂版）にも同様の記述あり）がある。

○エネルギー基本計画(2018.7閣議決定)

パリ協定を踏まえ、世界の脱炭素化をリードしていくため、相手国のニーズに応じ、再生可能エネルギーや水素なども含め、C O 2 排出削減に資するあらゆる選択肢を相手国に提案し、その選択に応じた支援を行う。その際、我が国としては、再生可能エネルギー・水素の促進に積極的に取り組む。こうした提案・支援を含めた低炭素型インフラ輸出を積極的に進める中で、エネルギー安全保障及び経済性の観点から石炭をエネルギー源として選択せざるを得ないような国に限り、当該国から、我が国の高効率石炭火力発電への要請があった場合には、O E C Dルールも踏まえつつ、相手国のエネルギー政策や気候変動対策と整合的な形で、原則、世界最新鋭であるU S C以上の発電設備について導入を支援する。また、C C Sの実用化の状況を踏まえつつ、段階的にC C S付の石炭火力輸出を増加させていく。

石炭火力発電の輸出に関する公的支援の枠組み

- 石炭火力発電の輸出への公的支援は、OECD輸出信用アレンジメントを踏まえつつ、JICA（国際協力機構）、JBIC（国際協力銀行）、NEXI（日本貿易保険）が実施。



※1 詳細は独立行政法人国際協力機構業務方法書参照。

※3 OECD開発援助委員会（DAC : Development Assistance Committee）が指定するODA受取国

※4 設計（Engineering）・調達（Procurement）・建設（Construction）を一貫して行う事業者

※2 詳細は株式会社国際協力銀行業務方法書参照。

OECD輸出信用アレンジメント 石炭火力発電セクター了解 見直しに関する規定



- OECD輸出信用アレンジメント石炭火力発電セクター了解の見直し規定では、更なる厳格化等が目的とされている。

OECD輸出信用アレンジメント 石炭火力発電セクター了解 見直しに関する規定

(環境省仮訳)

6. 見直し及びモニタリング

a)本セクター了解は、気候変動への対応という共通の目標に貢献するために、また非効率な石炭火力発電所の利用削減を含む石炭火力発電所への公的支援を段階的に縮小し続けるために、遅くとも2021年1月1日開始となる2期目における規約と条件の更なる厳格化を目的に、遅くとも2020年6月30日までに見直される。

b)見直しの際は下記を考慮に入れる

- 1)地球温暖化を産業革命以前の水準よりも摂氏2度以内の上昇に抑える道筋にとどめるための気候科学に関する最新の報告と世界のインフラ投資判断のための示唆
- 2)石炭ガス化複合発電(IGCC)を含む、石炭を燃料とする発電所に関する技術の進歩
- 3)炭素回収・貯蔵技術の利用可能性
- 4)石炭火力発電所に関する輸出国と購入国の両方における規制枠組みの進化
- 5)様々な石炭火力発電所技術の商業的な実現可能性や運用経験を含む各国の市場条件の進化
- 6)非OECD加盟国のこの分野への参加を促す上で本セクター了解参加国が果たすことができる重要な役割への認識の下での、非OECD加盟国、特に石炭火力発電所の主要な輸出国の輸出信用融資に係る政策及び実務の発展
- 7)現在のセクター了解がエネルギー貧困と国の電化率にどのような影響を与えているか

(参考) OECD輸出信用アレンジメント 石炭火力発電セクター了解 概要

- 輸出信用の秩序ある利用と公平な競争環境（level playing field）の確保を目的として、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、AnnexVI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（**石炭火力発電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 又は 750g CO ₂ /kWh未満	12年 (注1)	12年 (注1)	12年 (注1)
超臨界又は 750と850g CO ₂ /kWhの間	供与不可	IDA適格国(※) に限り10年 (注2、3)	IDA適格国(※) に限り10年 (注2、3)
亜臨界又は 850g CO ₂ /kWhより上	供与不可	供与不可	IDA適格国(※) に限り10年 (注2、3)

（注1）一定の上限返済期間を条件とした上で、プロジェクトファイナンスの返済期間を2年間延長することが出来る。

（注2）エネルギー貧困に対処するために、国の電化率が90%以下の全ての国において10年間の輸出信用支援が提供される。

（注3）輸出信用支援は、地理的に隔離された地域については、一定の場合に該当するIDA非適格国でも実施することが出来る。

（※）相対的貧困度の条件を満たす等により国際開発協会(International Development Association)支援の対象となる国。

アジアでは、カンボジア、ラオス、ミャンマー、モンゴル、バングラデシュや小島しょ国などが含まれている。

石炭火力発電の輸出に関する公的支援の実績（主要3社）

■ 2015年以降、石炭火力発電ボイラーの輸出の6割程度が公的資金案件。

日本メーカーの輸出案件に対する公的資金の有無（技術ライセンス供与案件含む）

案件数	ボイラー			タービン		
		うち公的資金			うち公的資金	
MHPS	15	5	33%	11	4	36%
IHI	7	7	100%	0	0	-
東芝	0	0	-	9	7	78%
合計	22	12	55%	20	11	55%
発電能力 (MW)	ボイラー			タービン		
		うち公的資金			うち公的資金	
MHPS	12,438	5,140	41%	6,103	3,310	54%
IHI	3,035	3,035	100%	0	0	-
東芝	0	0	-	7,035	5,375	76%
合計	15,473	8,175	53%	13,138	8,685	66%

注1) Fuelにcoal関連が含まれ、着工通知が2015年1月1日以降で、事業国が日本以外のユニット

注2) 資本関係のある子会社は親会社の案件として集計

注3) JBICでは2015年以降の支援案件を8件としている。JBICが1案件につき2ユニット支援した場合、McCoy Power Reportでは、案件数を2件としてカウントしている（ものがある）ため、ずれが生じている。

公的支援の傾向と実績（JBIC）

- 国際協力銀行による出融資保証実績は**輸出金融から投資金融にシフト**。石炭火力についても同様。
- 投資金融は、輸出金融と比較して投資回収が長期間にわたる。公的支援の判断に当たっては、**事業のタイムスパンが異なる点などに留意が必要**。

	輸出金融	投資金融
概要	日本企業や日系現地法人等の機械・設備や技術等の輸出・販売を対象とした融資で、外国の輸入者（買主）または外国の金融機関等向けに供与。輸出条件については、OECD公的輸出信用アレンジメントに基づき決定。	日本企業の海外投資事業に対する融資で、日本企業（投資者）に対するもの、日系現地法人（合併企業含む）またはこれに貸付・出資を行う外国の銀行・政府等に対するものがある。
対象	株式会社国際協力銀行業務方法書第8条第2項ロ（抄） （11）石炭による発電に関する事業（石炭の効率的な利用を行うものに限る。） （12）石炭から発生させるガスを原料とする燃料製品その他の製品の製造に関する事業（石炭の効率的な利用を行うものに限る。） （13）石炭による発電のための設備その他の設備から排出される大量の二酸化炭素の回収及び貯蔵に関する事業	株式会社国際協力銀行業務方法書第23条第1項（抄） ル 石炭による発電に関する事業（石炭の効率的な利用を行うものに限る。） ヲ 石炭から発生させるガスを原料とする燃料製品その他の製品の製造に関する事業（石炭の効率的な利用を行うものに限る。） ワ 石炭による発電のための設備その他の設備から排出される大量の二酸化炭素の回収及び貯蔵に関する事業

※なお、上記は開発途上地域以外の地域において行われる事業に係る対象を規定するものであり、開発途上地域においてはその限りではない。

JBICによる過去5年間（2015年度以降）の石炭火力支援実績

大型案件はほぼ投資金融

年月	相手国	プロジェクト名	分類	発電容量	金融種類	O&M (日本企業)
2016.3	インドネシア	インドネシア国営電力会社向け発電設備輸出（ロンタール）	超々臨界	315MW	輸出	
2016.6	インドネシア	セントラルジャワ石炭火力発電プロジェクト	超々臨界	2000MW	投資	○
2017.2	インドネシア	タンジュンジャティB石炭火力発電所再拡張プロジェクト	超々臨界	2000MW	投資	○
2017.3	ベトナム	ベトナム電力公社向け発電設備輸出（ビンタン4拡張）	超々臨界	600MW	輸出	
2017.4	インドネシア	チレボン石炭火力発電拡張プロジェクト	超々臨界	1000MW	投資	○
2017.6	インドネシア	インドネシア国営電力会社向け発電設備輸出（カルセルテン2）	亜臨界	200MW	輸出	
2018.4	ベトナム	ギソン2石炭火力発電プロジェクト	超臨界	1200MW	投資	○
2019.4	ベトナム	バンフォン1石炭火力発電プロジェクト	超臨界	1320MW	投資	○

公的支援の傾向と実績（NEXI）

NEXI貿易保険概要

	輸出等に対する保険	融資等に対する保険		投資等に対する保険
	貿易一般保険	貿易代金貸付保険	海外事業資金貸付保険	海外投資保険
概要	日本の輸出者等が外国に貨物の輸出や建設工事等技術提供をする場合に、戦争や革命、テロ、輸入制限、自然災害といった不可抗力や、取引先の破産等によって船積できないことによる損失や代金回収不能となる損失をカバー	日本の銀行等が、日本からの貨物の購入資金を外国の輸入者に融資した場合に、貸付金や債券が償還不能となることによる損失をカバー	日本の企業・銀行が、海外で行われる経済開発に資するプロジェクト等のために外国の政府や企業に事業資金を融資した場合に、貸付金の償還が受けられないことによる損失をカバー	日本の企業が、海外で子会社や合併会社を設立した場合に、戦争、テロ行為や自然災害等によって、投資先の事業を継続できなくなる等による損失をカバー

NEXIによる過去5年間（2015年度以降）の石炭火力支援実績

公表年月	相手国	プロジェクト名	分類	発電容量	保険種類	O&M (日本企業)
2016.3	インドネシア	ロンタール石炭火力発電所拡張プロジェクト	超々臨界	315MW	融資保険	
2017.4	ベトナム	Vinh Tan 4超々臨界圧石炭火力発電拡張プロジェクト	超々臨界	600MW	融資保険	
2017.2	インドネシア	Tanjung Jati B超々臨界圧石炭火力発電再拡張プロジェクト	超々臨界	1,000MW×2	融資保険	○
2017.5					投資保険	
2017.6	インドネシア	Kalselteng 2石炭火力発電所プロジェクト	—	100MW×2	融資保険	
2017.10	バングラデシュ	マタバリ超々臨界圧石炭火力発電所・港湾建設案件	超々臨界	600MW×2	貿易一般保険	
2017.11	インドネシア	Cirebon2超々臨界圧石炭火力発電プロジェクト	超々臨界	1,000MW	融資保険	○
2019.4	ベトナム	Nghi Son 2超臨界石炭火力発電案件	超臨界	600 MW x 2	投資保険等	○
2019.4	ベトナム	Van Phong 1超臨界圧石炭火力発電プロジェクト	超臨界	660MW×2	融資保険	○

ODAによる石炭火力発電所新設事業実績

※1



L/A調印年度 ※2	対象国	案件名	案件概要	本体工事の主契約者	総事業費 (億円)	うち円借款額 (億円)
2006、 2010、2011 年度	ベトナム	ギソン火力発電所 建設事業	タインホア省のギソン工業団 地内において亜臨界圧 (Sub critical) 石炭火力 発電所及び関連設備を建 設する。	丸紅（主要機器の納入企 業は日本企業）	1,115	911
2009、 2014、 2015、 2016 年度	ベトナム	タイビン火力発電 所及び送電線建 設事業	タイビン省にて亜臨界圧 (Sub critical) 石炭火力 発電所及び系統に接続する ための送変電設備を建設す る。	丸紅（主要機器の納入企 業は日本企業）	1,707	1,220
2013年3月 28日	インドネシア	インDRAMユ石炭火 力発電事業 (E/S)	ジャワ・バリ系統に接続するイ ンDRAMユ火力発電所におい て、超々臨界圧 (USC) 石炭火力発電設備を建設 する。	未定※3	18	17
2014、 2016、 2017、 2018、 2019年度	バングラデ シュ	マタバリ超々臨界 圧石炭火力発電 事業	バングラデシュ南東部マタバリ 地区に超々臨界圧 (USC) 石炭火力発電所 と石炭輸入用港湾、送電線 等を建設する。	住友商事、東芝、IHIの共同 企業体（主要機器の納入 企業は日本企業）	9,156	3,005

※1 JICAが円借款の実施機関となった2008年10月以降に借款契約（L/A）を調印した事業（ただし複数回L/Aが調印された案件で初期はJBIC時代にL/Aが調印された事業を含む）。

※2 複数回L/A調印年度が記載されているのは、大規模事業の場合、事業進捗に応じて段階的にL/Aを調印することがあるため。この場合、事業の全体計画の審査は第1回目のL/A調印前に行う。

※3 本事業は事業の設計等について借款を供与するエンジニアリング・サービス借款。

出典：第3回石炭火力発電輸出への公的支援に関する有識者によるファクト検討会JICA資料

各国の石炭火力発電輸出への公的支援

国	公的支援機関		政策・公的支援機関の方針
	輸出信用機関	二国間開発援助機関	
日本	• JBIC • NEXI	• JICA	• OECD公的輸出信用アレンジメントを踏まえ対応
中国	• Export-Import Bank of China • Sinosure-China Export & Credit Insurance corporation	• China Development Bank (CDB)	• 石炭に関する方針は示されていない
韓国	• Export-Import Bank of Korea (Kexim)	• Korea Development Bank (KDB)	• OECD公的輸出信用アレンジメントを踏まえ対応
米国	• Export-Import Bank of the United States (EXIM US)	• US International Development Finance Corporation (DFC)	• EXIMは2013年より、最貧国（IDA）を除き、石炭火力発電所に対して支援を停止 • IDAには最高効率の技術を導入すること、それ以外の国々に対してはCO2排出原単位を500g-CO2/kWh以下に留めるためにCCSを付設することを要件とした。 • ただし、IDAに対するこの要件は、現在、連邦予算法により、凍結されている

参考：韓国の石炭火力発電に関する動向

- 2019年6月に策定された「第3次エネルギー基本計画」において、再エネ、ガス火力の導入を促進する一方、石炭は新設は禁止し、大幅に削減する計画。

方針	
再エネ	2040年までに再エネ比率を30～35%とする。
	• 技術の開発水準に応じて幅を持たせている • 再エネの普及計画を策定し、毎年の導入目標を設定する • 再エネの変動に対応するため、柔軟性を持たせる統合制御システムを構築する
石炭	ばいじん、GHGの問題への対応のための石炭火力の大幅削減
	• 施設面：石炭火力の新設禁止、環境負荷の高い石炭火力のLNG火力等環境に優しい燃料への転換 • 運用面：排出権コスト等の環境コストの考慮、運用上限の設定、春季の稼働停止

2020年4月の韓国総選挙における石炭火力発電関連の「共に民主党」の選挙公約

- 何よりも気候変動に能動的に対応できるよう、韓国型グリーンニューディールを推進します。そのため、温室効果ガスの主要排出源である化石燃料の依存度を持続的に下げ、再生可能エネルギーへの転換により持続可能な低炭素経済を作ります。新規石炭発電所の建設は避け、経済性のない老朽化した石炭発電所は、LNGなど環境にやさしい燃料に転換する政策を用意します。また、再生可能エネルギー事業の収益を地域住民、自治体等と共有するなど、地域経済と共生するエネルギー転換を推進します。
- 温室効果ガス・微細粉塵削減のため、石炭発電をより果敢に削減し、再生可能エネルギーの比重の持続拡大を推進。石炭発電所の新規建設禁止、経済性のない老朽化した石炭発電所は廃止またはLNGなど環境に優しい燃料に転換
- 公共機関の石炭金融を中断し、グリーン金融・再生エネルギー中心の投資を誘導

海外石炭発電支援について、左記のとおり与党は選挙公約上では明言していないが、環境NPO「エネルギーフォーラム」が韓国主要政党を対象に実施したアンケートに対し、海外石炭発電支援の原則につき、政党としての立場を表明

海外石炭発電への投資については、「海外石炭に関する新規の公的金融支援を原則的に中止し、例外的に厳格な基準※をクリアした場合のみ認めるが、段階的に中止する予定」

※ 相手国から要請があった場合のみ、OECD輸出信用協定よりさらに厳格な環境フレンドリーで効率性が最も高い低炭素・超超臨界圧（USC）技術搭載の石炭火力発電に限り許容

出典：韓国 産業通商エネルギー省，第3次エネルギー基本計画

2022年までに老朽化した7基（2.8GW）を廃止*1、2030年までに6ユニットをLNG火力（2.1GW）に転換。

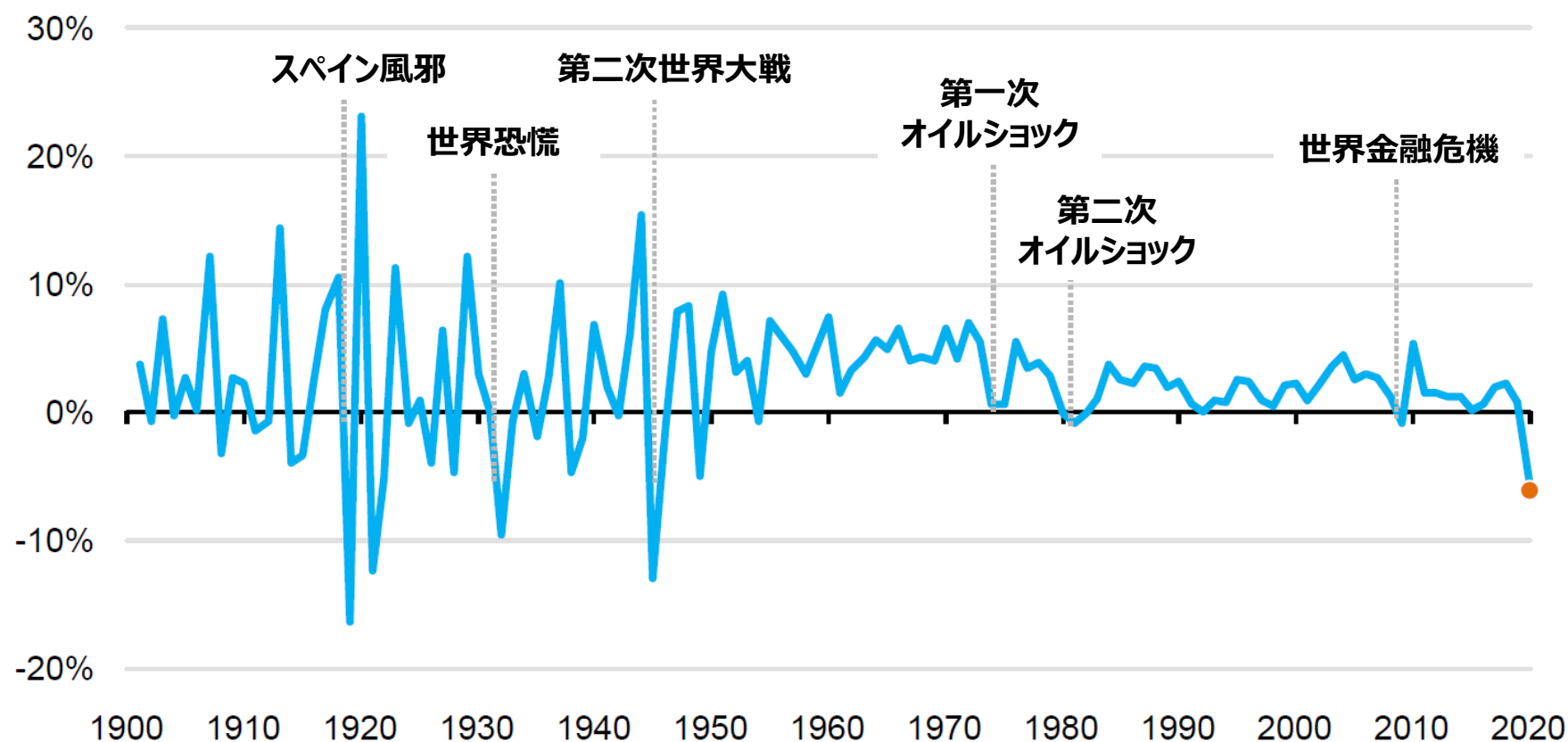
*1：老朽石炭火力10基のうち3基は2017年中に廃止

補足：コロナ禍によるエネルギー需要とCO₂排出への影響

新型コロナウイルス感染症によるエネルギー需要への影響

- 2020年第1四半期のエネルギー需要は3.8%減（対2019年第1四半期比）
- 多くの国で、このままロックダウンが続き、景気回復が遅くなるようであれば、**エネルギー需要は年間では6%減となる。これは過去70年で例のない落ち込み。**

一次エネルギー需要の前年度からの変化割合（1900-2020）

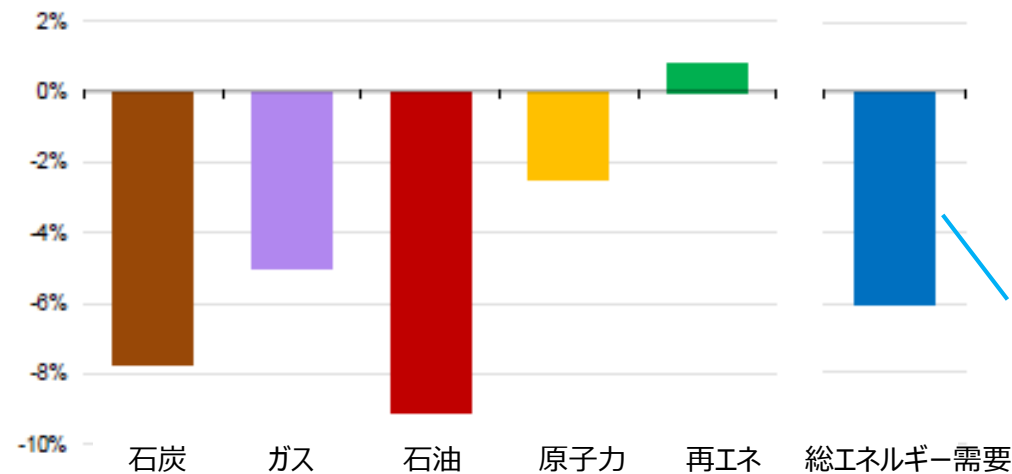


出典：IEA, Global Energy Review 2020より環境省作成

新型コロナウイルス感染症のエネルギー需要に対する影響

- **石炭火力発電は10%以上低下し、年間の石炭需要は約8%減で、戦後史上最大。世界中のあらゆる地域とセクターで利用が減少するとされている。**
- **運用コストの低さや優先給電などのため、再エネは唯一需要増の見込み。**

2020年における一次エネルギー需要の前年度からの変化予測



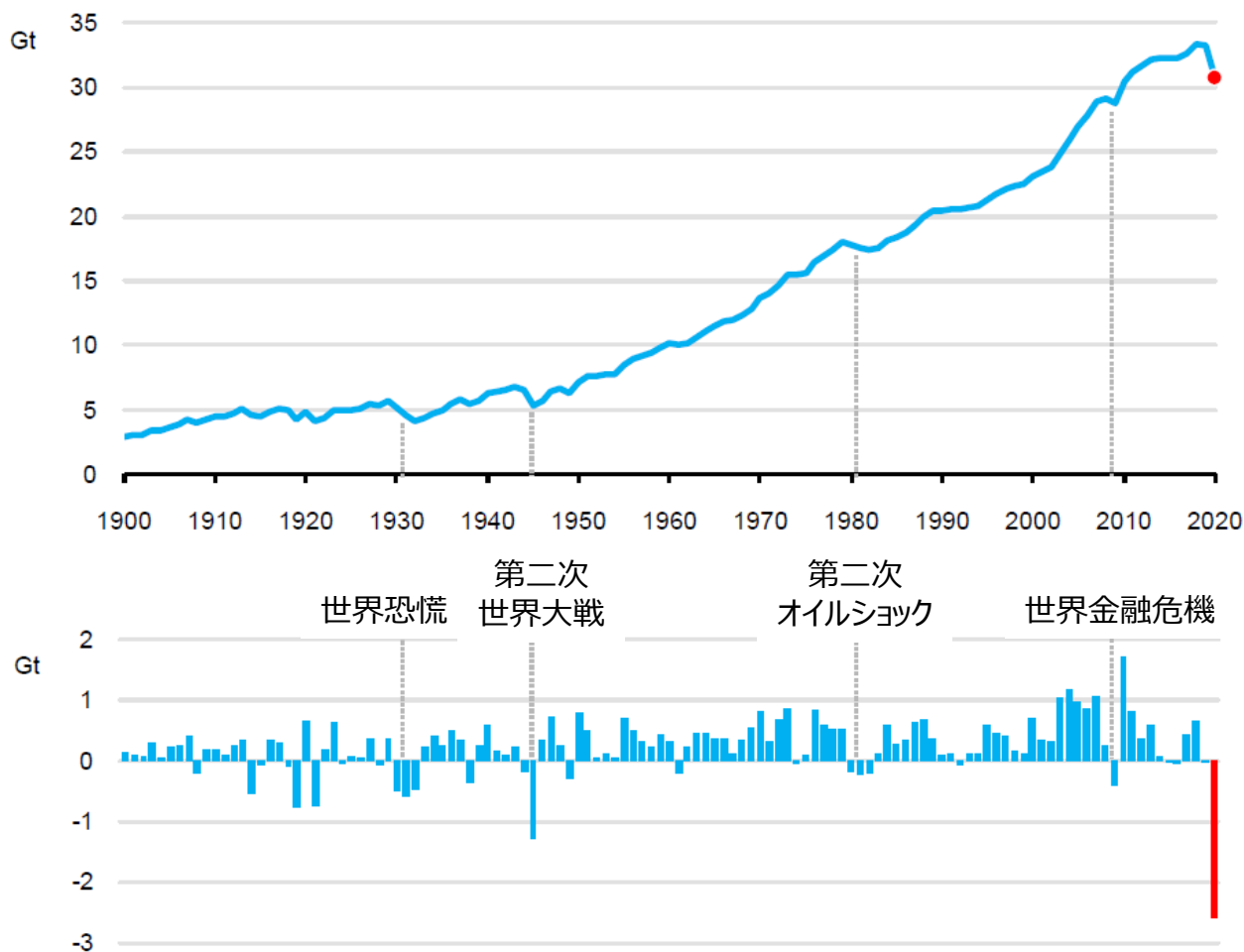
2020年の一次エネルギー需要は約6%減。
2008年の金融危機（リーマン・ショック）の7倍。

2020年見通し	
石炭	電力需要が5%近く減少し、石炭火力発電が10%以上低下するため、 <u>石炭需要は8%減少する可能性</u> 。中国の産業用および発電用の石炭需要の回復は、石炭需要の世界的な減少を限定的なものにしている。
ガス	電力および産業用途での需要減により、 <u>通年のガス需要は2020年第1四半期（前年同期比約2%減）よりも大幅に減少する可能性</u> 。
石油	<u>石油需要は9%減少</u> し、2012年の消費水準に。
原子力	電力需要の低下に対応して、 <u>原子力発電の需要は減少</u> 。
再エネ	運用コストが低く、系統接続が優遇されることから、 <u>再生可能エネルギー需要の増加が見込まれる</u> 。2020年も新設が続き、容量、生産量ともに増加。バイオ燃料は、輸送活動の低下の影響から需要減の可能性。

新型コロナウイルス感染症によるCO2排出量への影響

- 2020年第1四半期のCO2排出量は5%以上減（対前年同期比）
- 2020年の世界のCO2排出量は、30.6Gtとなり、前年比約8%減となる。
- この削減量は、金融危機のため2009年に記録した前年比削減量の6倍であり、第二次世界大戦後の対前年比削減量の総計の2倍に当たる。

世界のエネルギー起源CO2排出量と前年度からの変化（1900-2020）

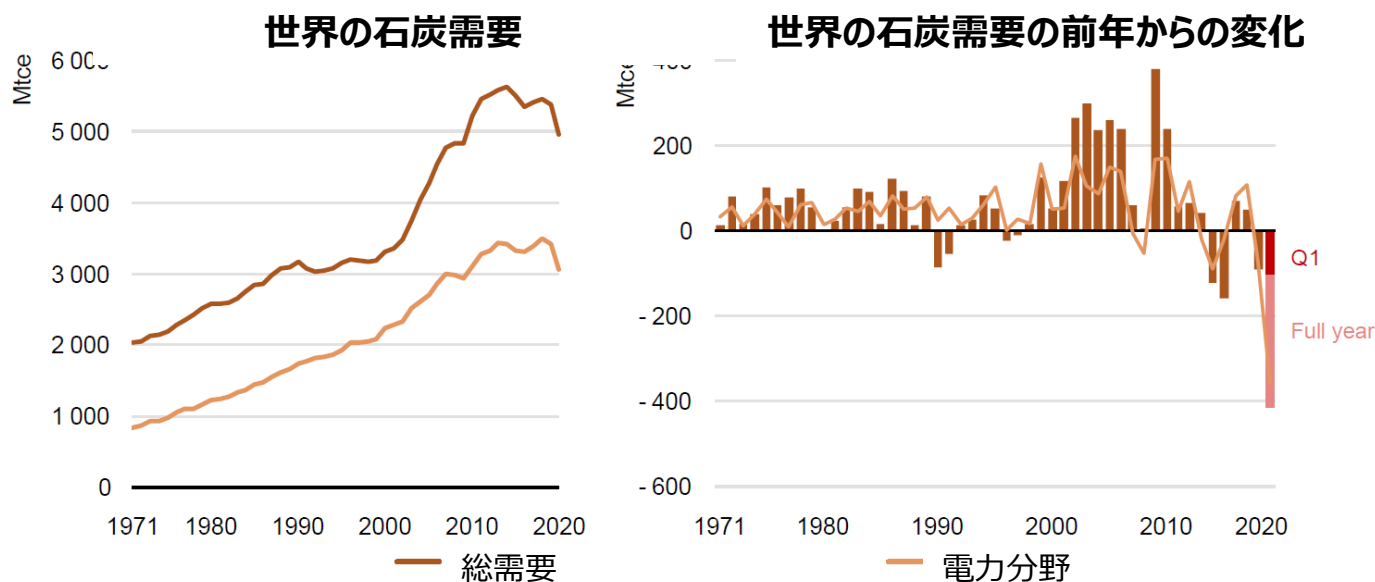


出典：IEA, Global Energy Review 2020より環境省作成

新型コロナウイルス感染症による石炭への影響

- 年間の石炭需要は約8%減。ただし、**石炭の見通しがすべての燃料の中で不確実性が最も高い※。**
- 中国、インドのほか、近年最も成長していた東南アジアでも、低い電力需要によって石炭火力発電が削減され、石炭需要は減少の見込み。
- 他方、景気回復が早ければ、インドネシアやベトナムにより東南アジアの石炭需要は伸びる可能性あり。

世界の全石炭需要と電力分野における石炭需要の変化



※不確実性が高い理由

- 電力に用途が集中している石炭の需要は、電力需要レベル（特に中国とインド）に強く依存するため
- 石炭火力発電の利用は低炭素電源（コロナの影響をあまり受けなかった水力、風力、太陽光、原子力）に搾られている(squeezed) ため

景気回復別の電力供給の見通し

- 景気回復のスピードによって、発電の電源種ごとに需要が異なってくると見込まれている。
- いずれの場合も再エネの割合は高まり、石炭火力は減少するとされている。

U字型の景気回復の場合

総発電量がほぼ5%減少することもあり、低炭素電源の割合が過去最高水準の40%に達し、石炭よりも6%ポイント高くなる。

原子力の割合は低下するが、風力と太陽光は約9%まで増加する。

石炭火力発電は（前年から）10%減少する。
ガス火力発電は約7%減少し、これは記録上最も大きい落ち込み。

景気回復がより早い場合

より早い景気回復は、電力需要を押し上げ、全ての電源の需要がより回復する。

石炭火力発電とガス火力発電はなお落ち込むが、半分程度までとなる。

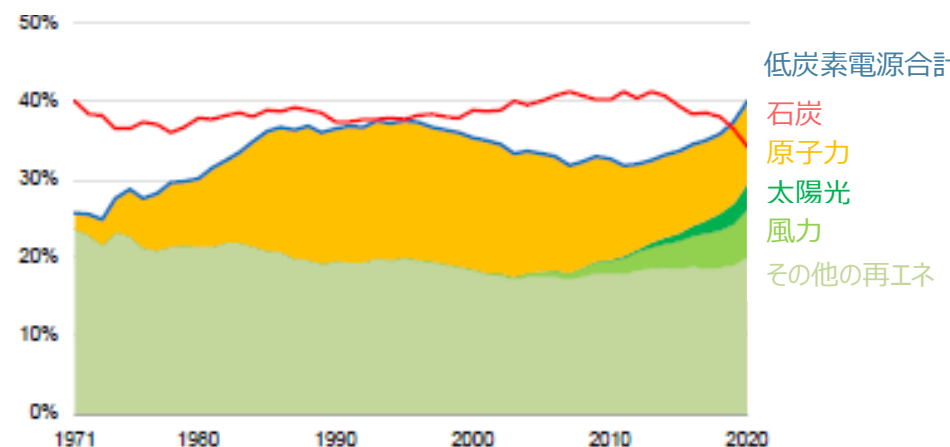
エネルギー需要の増加分は、特に建設期間が短い太陽光発電など、より多くのプロジェクトが完成されることから、再エネが担う。

原子力発電は、2020年中に2019年の水準まで回復する。

景気回復がより遅い場合

石炭、ガス、原子力がさらに減少し、全体的な電力構成の中で再生可能エネルギー源の割合がさらに大きくなる。

全世界の石炭と低炭素電源からの発電量（1971-2020）



電力の安定供給とクリーンエネルギーへの移行に関する示唆

電力の安定供給

- 安定的な電力供給はヘルスケア、社会福祉、オンライン経済活動の維持にとって重要な前提条件。 堅牢な（robust）な電力供給システムが、特に先進国でのテレワークの激増を含むコロナ危機への適応を可能とした。
- しかし、アフリカ、南アジア等の地域では、電力の安定供給の問題が社会的距離の確保を制限する。

再生可能エネルギー（柔軟性の必要性）

- コロナ禍前の予想より数年前倒しでエネルギーミックスにおける再エネシェアが高まっているが、電力の安定供給はなお堅牢。
- しかしながら、太陽光や風力等の変動性再エネの増加と低い電力需要が相まって、電力システムの柔軟性はより必要になる。
- 主要経済国では、電力システムの堅牢な信頼性は維持しているものの、規制当局等による引き続いたの警戒が必要。

クリーンエネルギーへの移行

- CO2排出削減量は過去最大だが、構造的な変化がなければ一時的なものに過ぎない可能性がある。 2010年の金融危機からの回復の際は、前年度からの排出増加量（rebounds）は過去最大だった。
- 経済政策パッケージの設計は、経済的な復興の取組とクリーンエネルギーへの移行を結びつける大きな機会。 エネルギーシステムをより持続可能な経路に導くために、政策努力が必要。

（参考）英国気候変動委員会「コロナ禍からのレジリエントな復興」提言※



■コロナからの復興に当たって、温室効果ガス削減と気候変動適応が、全ての復興アプローチに統合されるべきとし、温室効果ガスの排出をロックインしないこと等を提言。

＜主な提言内容＞

- 気候政策がコロナ禍からのレジリエントな復興において効果的かつ重要であり、温室効果ガス削減と気候変動適応は、英国の**全ての復興アプローチに統合**されるべき。
- 以下の施策の速やかな拡大が、経済・社会・環境面で明確な便益をもたらす。
 - **低炭素で気候レジリエントなインフラ**への投資
 - 炭素中立かつ適応力の高い経済に関する再教育・訓練及び研究への支援
 - 将来に適合する家屋の改善
 - 人々の徒歩・自転車利用及びリモートワークを容易にすること
 - 植林その他のグリーンインフラ
- 政府が以下の**6つの原則**に基づいた行動を優先することを提言。
 1. 経済回復と雇用の補助に**気候投資**を活用する
 2. ポジティブで長期的な**行動変容**を先導する
 3. 幅広い分野の気候変動に対する**レジリエンスの不足解消**に取り組む
 4. 中核的な原則として、**公平性**を埋め込む
 5. 復興によって温室効果ガス排出や増加する**気候リスクをロックインしない**ことを確実にする
 6. 財政上の変化を検討する場合は、**排出量削減のインセンティブを強化**する

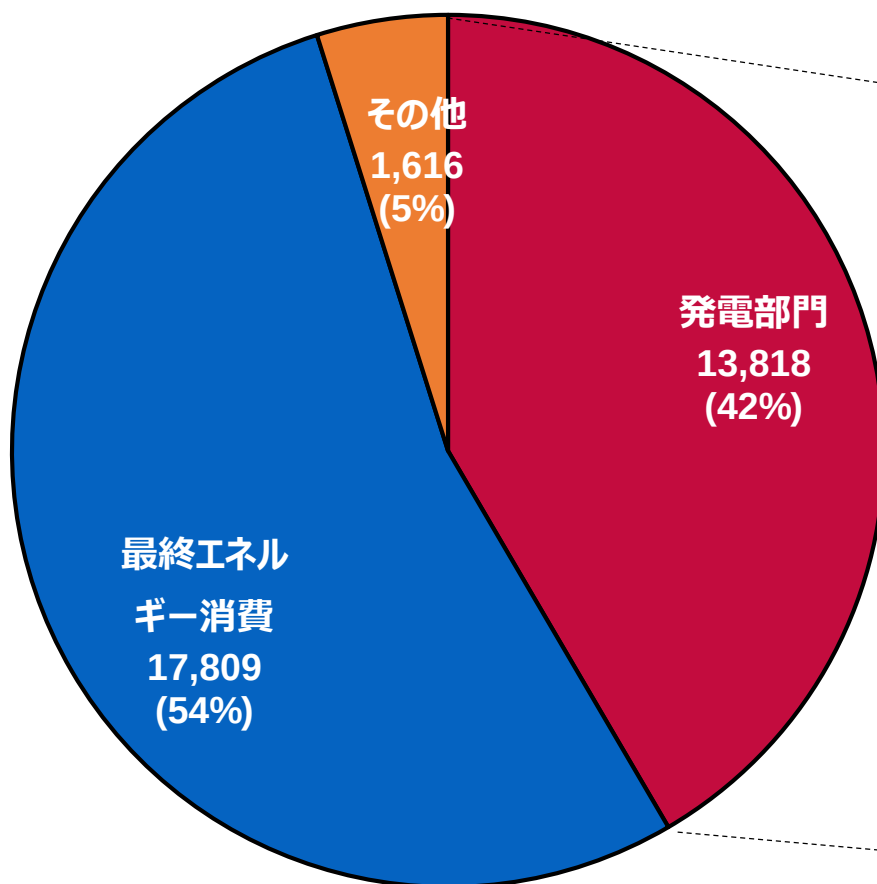
※2020年5月6日、英国気候変動委員会及び適応委員会（英国気候変動法（2008）に基づく独立第三者委員会）が、114
ジョンソン首相等宛てに提出。

(参考) 石炭資源関連の基礎情報

石炭火力発電所からのCO2排出量

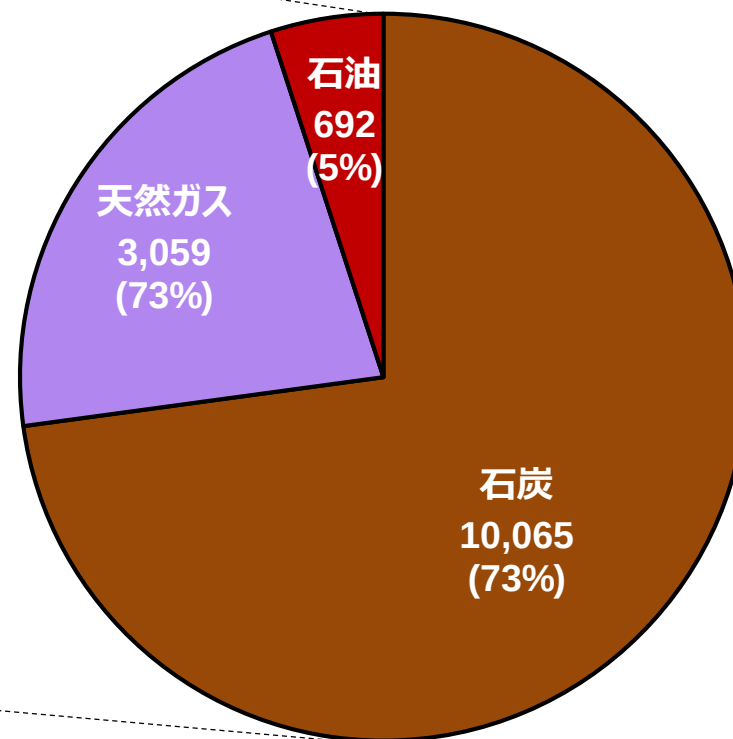
■ 2018年の石炭火力発電からのCO2排出量は約100億トン。全ての分野で最大のCO2排出源となっている。

エネルギー起源CO2排出量計：33,243



部門別の2018年の年間CO2排出量 (Mt)

発電部門CO2排出量計：13,818

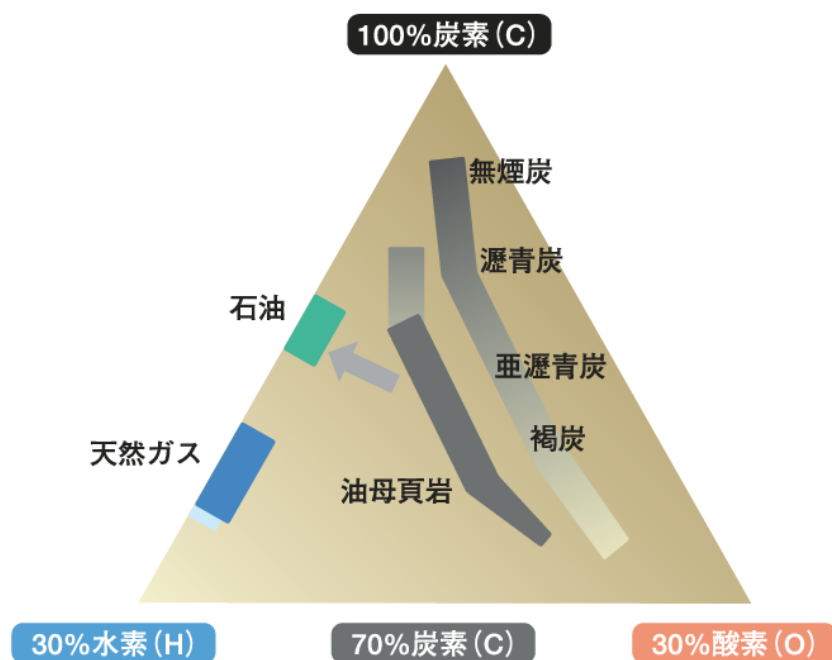


電源種別の2018年の年間CO2排出量 (Mt)

石炭の概要

- 石炭は、化石燃料の中でも水素が少なく、燃焼時の熱量あたりの二酸化炭素排出量が多い。
- 炭素の含有量（石炭化度）によって、褐炭、亜瀝青炭、瀝青炭、無煙炭に分類され、褐炭、亜瀝青炭を低品位炭、瀝青炭、無煙炭を高品位炭と呼ぶことが多い。
- 用途によっては、無煙炭、原料炭、一般炭に分類され、発電用に用いられる石炭は一般炭である。

石炭・石油・天然ガスの組成の比較



出典: JCOAL, 石炭開発と利用のしおり

石炭の分類（石炭化度による分類）

分類	褐炭	亜瀝青炭	瀝青炭	無煙炭
石炭化度	低 <-----> 高			
発熱量 (kcal/kg)	2,500～ 4,000	4,000～ 6,000	4,500～ 7,000	4,500～ 8,000
水分 (%)	60～30	30～15	15以下	10以下

注) 発熱量や水分はおおまかな目安

石炭の分類（用途による分類）

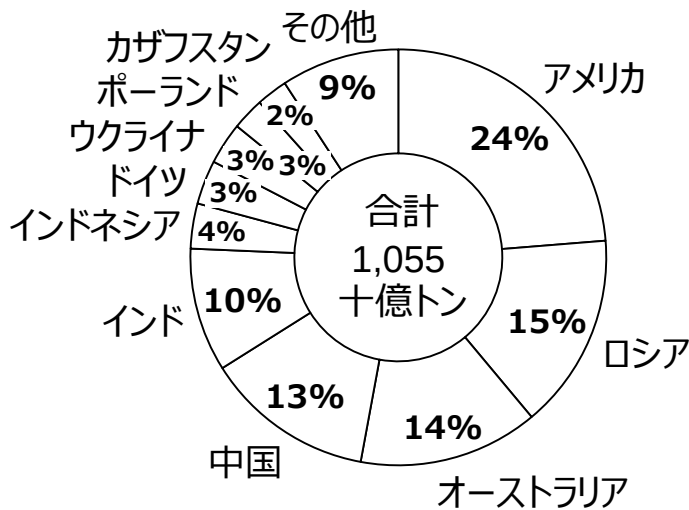
分類	無煙炭	原料炭	一般炭
用途	焼結用、練炭	製鉄、 コークス原料	発電、 セメント原料

石炭の埋蔵量・可採年数

- 石炭は、石油、天然ガスと比べ、その埋蔵量の地域的な偏りが少なく、政情の安定した国の埋蔵が多いとされる。
- また、石油、天然ガスの可採年数が50年程度であるのに比べ、石炭は132年と長い。

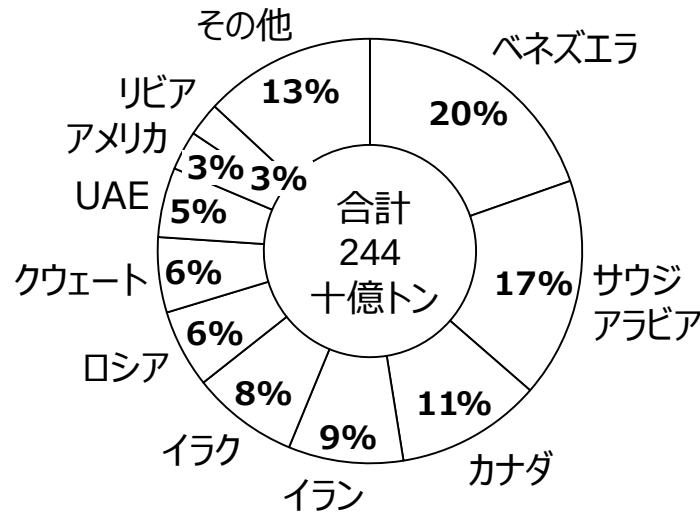
化石燃料の埋蔵量・可採年数（2018年末）

石炭



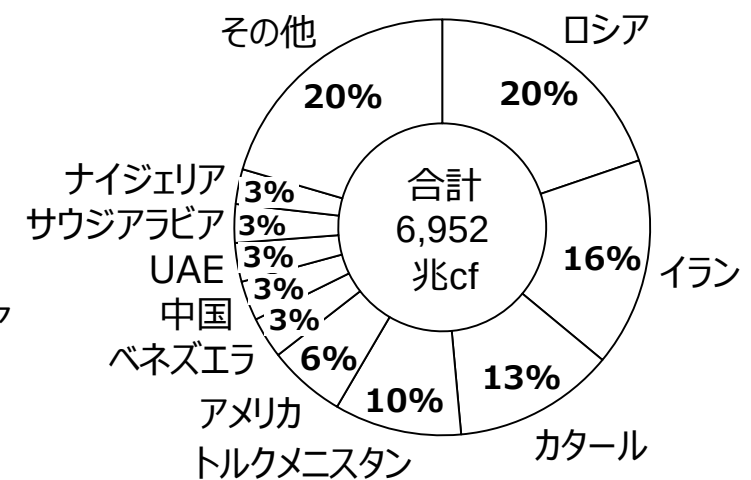
可採年数：132年

石油



可採年数：50年

天然ガス



可採年数：51年

出典: BP統計2019

※ベネズエラやカナダにおける超重質油の埋蔵量が確認され、石油の可採年数は増加傾向にある。

石炭の生産量



- 石炭の生産量は中国が世界の47%を占める。アメリカ、インドネシア、インド、オーストラリアが次ぐ。

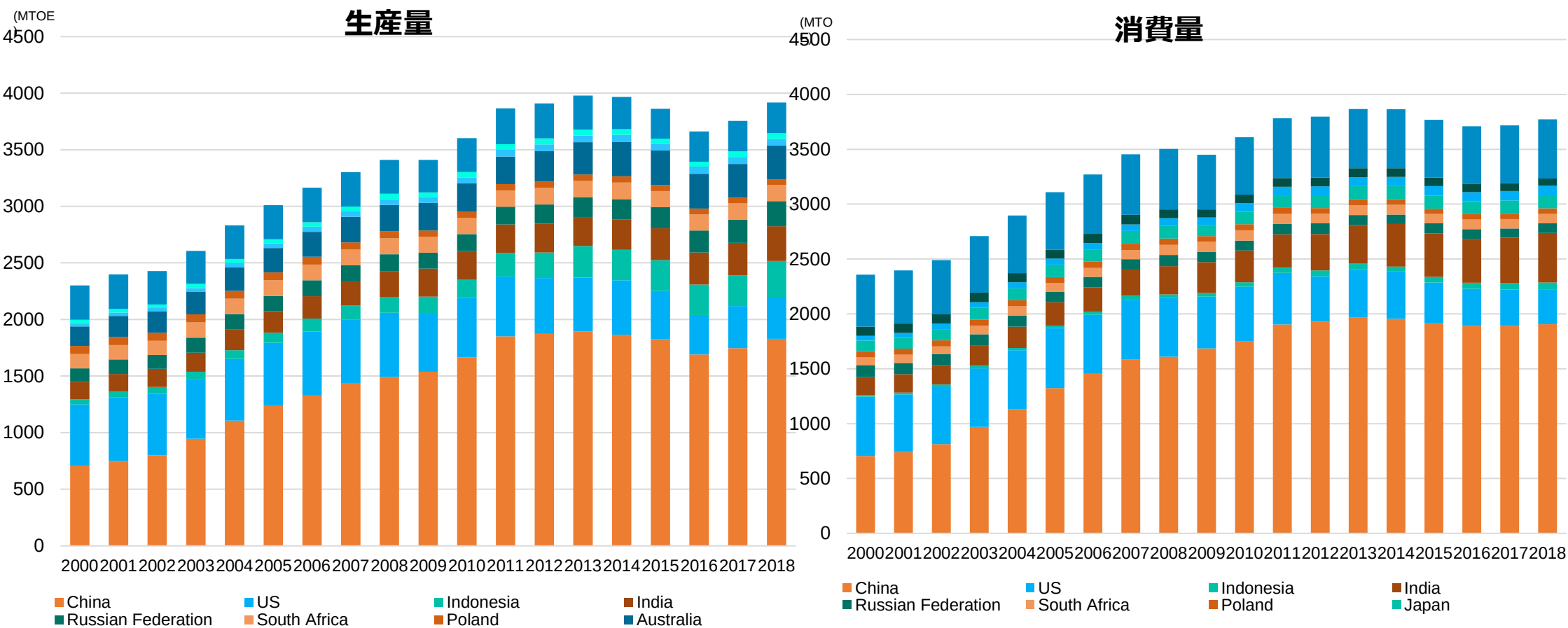
化石燃料の生産量（2018年）

単位：百万トン、Mtoe

石炭	中国										アメリカ	インドネシア	オーストラリア	南アフリカ	カザフスタン	その他		
	1,829					364	323	308	301	220	58 143	48 51	272	3,917				
石油	インド										ロシア					コロンビア	ポーランド	
	アメリカ	サウジアラビア		ロシア	カナダ	イラク	イラン	中国	UAE	クウェート	ブラジル	その他						
	669	578		563	255	226	220	189	178	140 147	1,307					4,474		
天然ガス	アメリカ		ロシア	イラン	カタール	オーストラリア	サウジアラビア	アルジェリア	その他									
	715	576		206	159	151	112 139	96 104	79	989				3,326				
	カナダ										中国	ノルウェー						

出所：BP統計

(参考) 石炭の生産量と消費量 (世界)

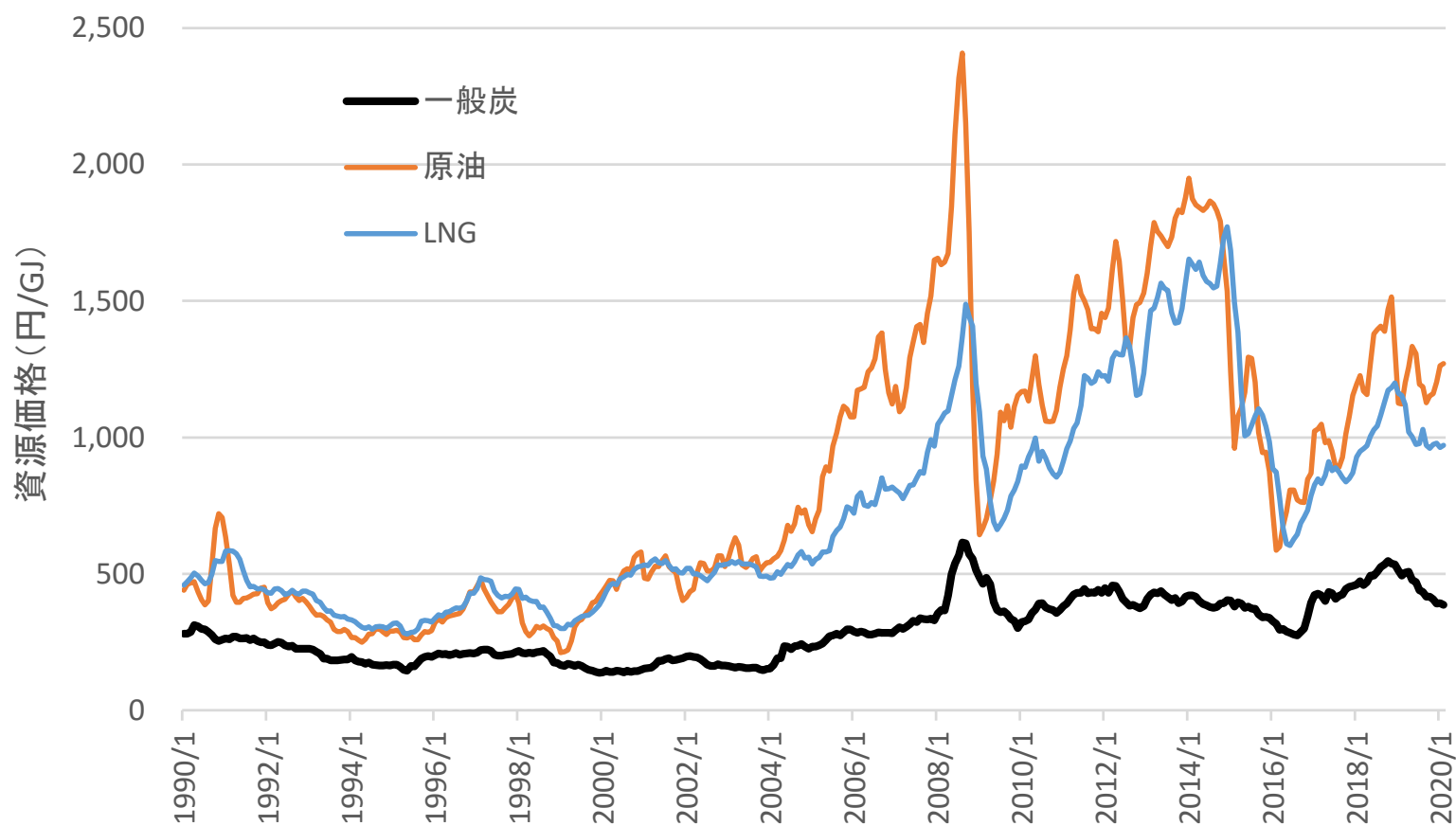


出所：BP統計

資源価格

- 石炭は、原油、LNGに比べ、熱量あたりの価格が安く、安定している。

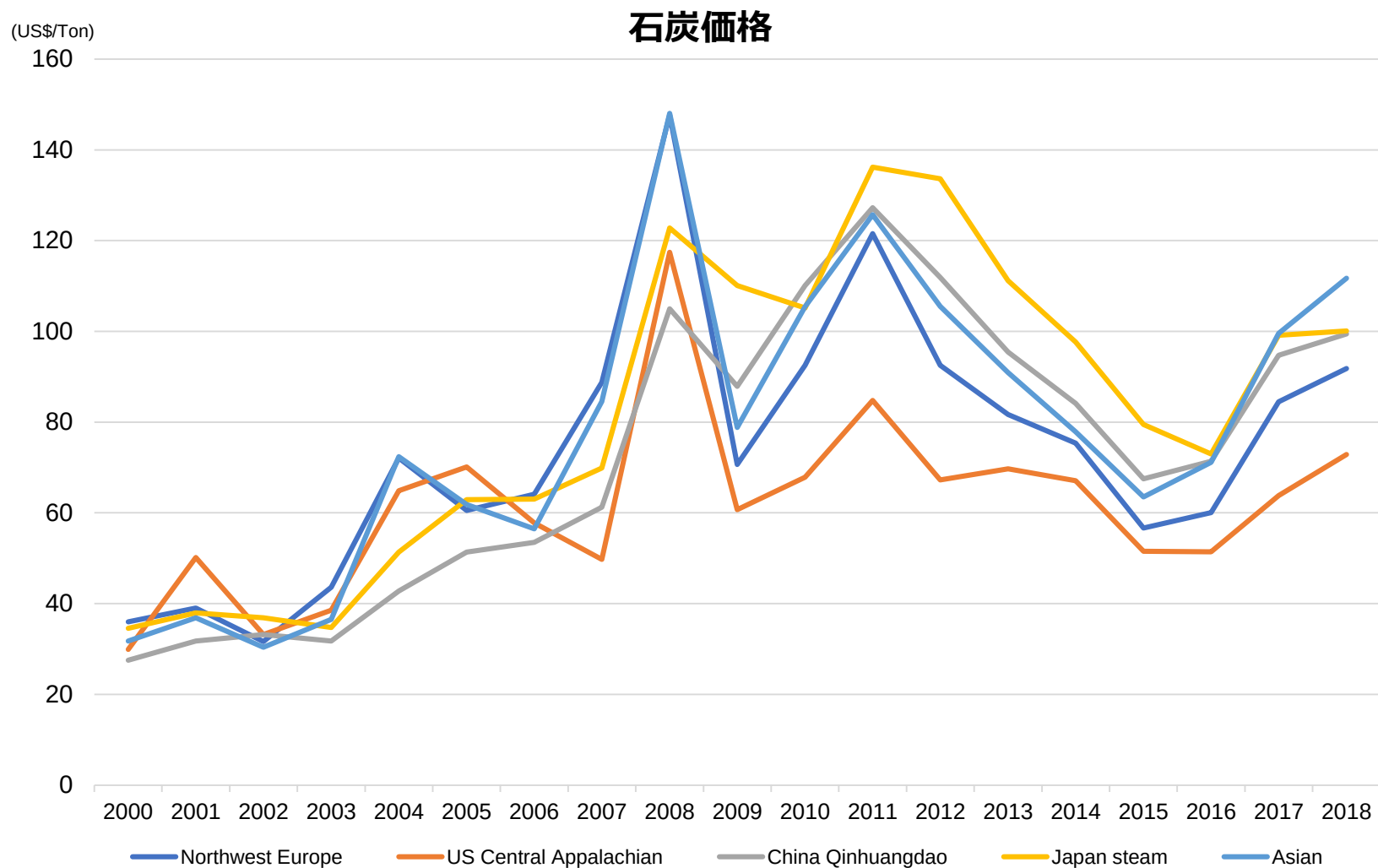
資源価格の推移



注) 日本貿易月表に基づく輸入CIF価格

出典: 日本エネルギー経済研究所 webサイト

(参考) 石炭価格 (地域別)

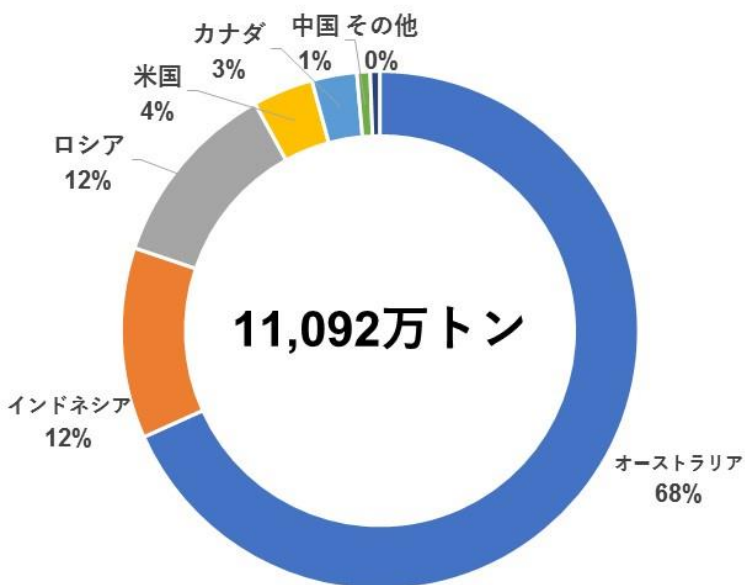


日本の輸入先

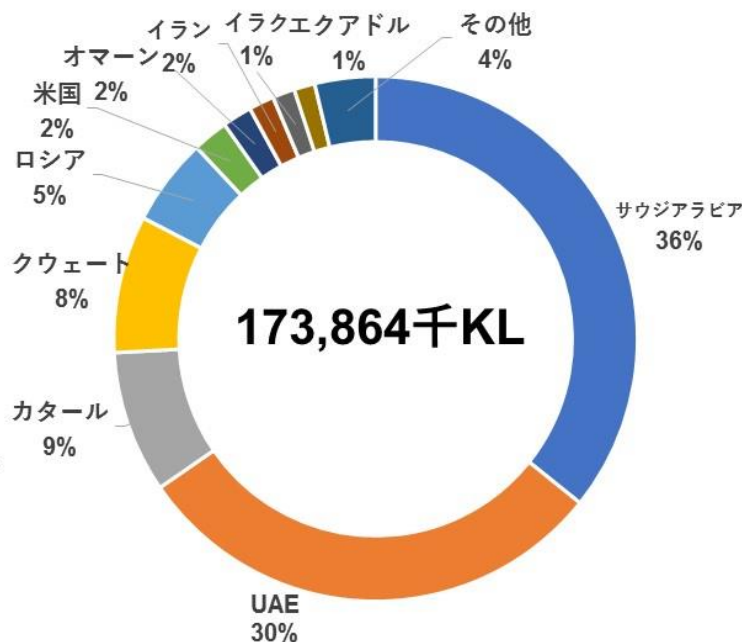
- 日本の石炭の輸入先は、68%をオーストラリアが占め、インドネシア、ロシアが次ぐ（この3か国で92%）。

日本の化石燃料の輸入先（2019年）

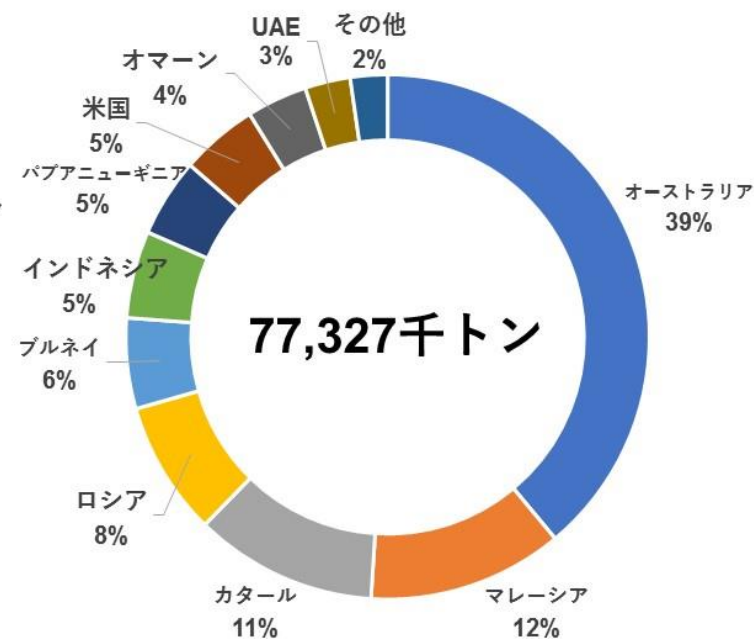
石炭



原油

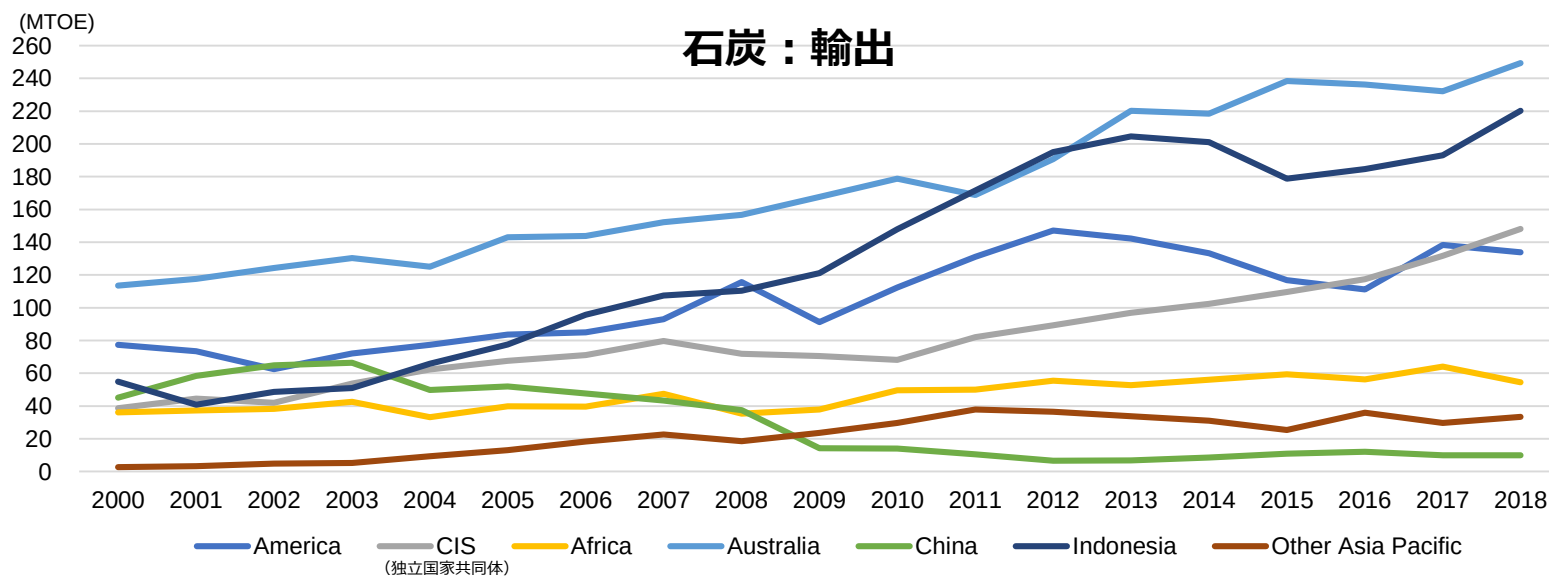
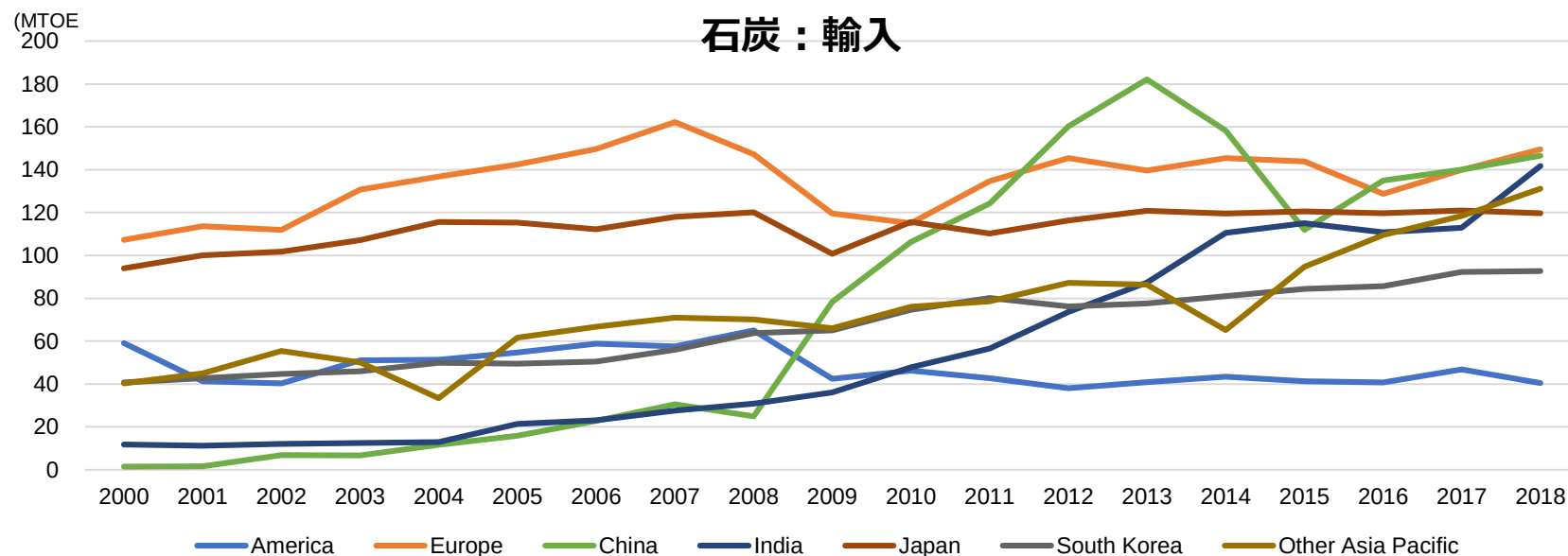


天然ガス



出典: 財務省, 貿易統計

(参考) 石炭の輸出入 (世界)



出所：BP統計

参考文献 1/5



ADB, Energy Policy, <https://www.adb.org/documents/energy-policy>
AfDB, UNGA 2019: No room for coal in Africa's renewable future: Akinwumi Adesina, 2019, <https://www.afdb.org/en/news-and-events/press-releases/unga-2019-no-room-coal-africas-renewable-future-akinwumi-adesina-30377>
AIIB Energy Sector Strategy: Sustainable Energy for Asia, 2017, https://www.aiib.org/en/policies-strategies/strategies/.content/index/_download/aiib-energy-sector-Strategy-2017.pdf
APEC, APEC Energy Demand and Supply Outlook 7th Edition - Volume II, 2019
Bank of England, Quarterly Bulletin 2017 Q2, 2017, <https://www.bankofengland.co.uk/-/media/boe/files/quarterly-bulletin/2017/the-banks-response-to-climate-change.pdf>
Bloomberg NEF, Scale-up of Solar and Wind Puts Existing Coal, Gas at Risk, 2020, <https://about.bnef.com/blog/scale-up-of-solar-and-wind-puts-existing-coal-gas-at-risk/>
BloombergNEF, Clean Energy Investment Trends, 2019, <https://data.bloomberglp.com/professional/sites/24/BloombergNEF-Clean-Energy-Investment-Trends-2019.pdf>
BP, BP Statistical Year Book 2019, 2019
BP, Statistical Review of World Energy, June 2019, <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>
Cambridge Institute for Sustainability Leadership, ClimateWise Transition Risk Framework, 2018 <https://www.cisl.cam.ac.uk/resources/sustainable-finance-publications/navigating-transition>
Canada Energy Regulator web, <https://www.cer-rec.gc.ca/nrg/ntgrtd/mrkt/cndsnrgtrnstn/gblnrg-eng.html>
CHINA HUANENG, 「プレスリリース：2018年11月16日」, 2018, <http://www.chng.com.cn/eng/n75863/n75941/index.html>
Climate Action Tracker, <https://climateactiontracker.org/>
Committee on Climate Change, Building a resilient recovery from the COVID-19 crisis, 2020, <https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2020/05/CCC-to-Prime-Minister-Boris-Johnson-Covid-19-recovery-002.pdf>
DivestInvest HP, <https://www.divestinvest.org/>
E3G, BANKING ON ASIA ALIGNMENT WITH THE PARIS AGREEMENT AT SIX DEVELOPMENT FINANCE INSTITUTIONS IN ASIA, 2019
EIB, EU Bank launches ambitious new climate strategy and Energy Lending Policy, 2019, <https://www.eib.org/en/press/all/2019-313-eu-bank-launches-ambitious-new-climate-strategy-and-energy-lending-policy>
ERDB, EBRD puts decarbonisation at centre of new energy sector strategy, 2018, <https://www.ebrd.com/news/2018/ebrd-puts-decarbonisation-at-centre-of-new-energy-sector-strategy.html>
Global Market Insights Webサイト, 2018, <https://www.reportsanddata.com/report-detail/flue-gas-desulphurization-market>
GSIA, Global sustainable investment review 2018, 2018, http://www.gsi-alliance.org/wp-content/uploads/2019/06/GSIR_Review2018F.pdf
G20, 質の高いインフラ投資に関するG20原則（仮訳）, 2019, https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/g20/osaka19/pdf/documents/jp/annex_01.pdf
IEA, Data and statistics, [https://www.iea.org/data-and-statistics?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=Total%20primary%20energy%20supply%20\(TPES\)%20by%20source](https://www.iea.org/data-and-statistics?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=Total%20primary%20energy%20supply%20(TPES)%20by%20source)
IEA, Energy Access Outlook 2017, 2017
IEA, Global Energy Review 2020, 2020, <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2020>
IEA, Southeast Asia Energy Outlook 2019, 2019
IEA, World Energy Investment 2019, 2019
IEA, World Energy Outlook 019, 2019
IHI, 「プレスリリース 2018年1月24日」, 2018, https://www.ihi.co.jp/ihi/all_news/2017/resources_energy_environment/2018-1-24/index.html
IHI, 「プレスリリース：2015年12月1日」, 2015, https://www.ihi.co.jp/ihi/all_news/2015/resources_energy_environment/2015-12-01/index.html
IHI, 「プレスリリース：2018年1月24日」, 2018, https://www.ihi.co.jp/ihi/all_news/2017/resources_energy_environment/2018-1-24/index.html
IHI, 「プレスリリース：2019年10月16日」, 2019, https://www.ihi.co.jp/ihi/all_news/2019/resources_energy_environment/2019-10-16/index.html

参考文献 2/5



IHI,「プレスリリース：2019年12月2日」, 2019, https://www.ihico.jp/ihico/all_news/2019/resources_energy_environment/2019-12-02/index.html
IHI,「プレスリリース：2020年2月18日」, 2020, https://www.ihico.jp/ihico/all_news/2019/resources_energy_environment/2020-2-18/index.html
IPCC, 1.5°C特別報告書 (SR1.5) , 2019, https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_High_Res.pdf
IPCC, 第5次評価報告書統合報告書政策決定者向け要覧 (AR5 SYR) ,2014, https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf
IPCC, 第5次評価報告書第3作業部会報告書, http://www.env.go.jp/earth/ipcc/5th_pdf/ipcc_5th_report_wg3.pdf
IRENA, Global Renewables Outlook, 2020, https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Apr/IRENA_Global_Renewables_Outlook_2020.pdf
JBIC, 株式会社国際協力銀行業務方法書, 2020
JCOAL Webサイト, <http://www.jcoal.or.jp/intern/resource/shiori/>
JERA,「プレスリリース：2017/02/14」, 2017, https://www.jera.co.jp/information/20170214_323
JERA,「プレスリリース：2018/05/29」, 2018, https://www.jera.co.jp/information/20180529_26
JERA,「プレスリリース：2018/12/28」, 2018, https://www.jera.co.jp/information/20181228_36
JERA,「プレスリリース：2019/02/19」, 2019, https://www.jera.co.jp/information/20190219_77
JERA,「プレスリリース：2019/10/09」, 2019, https://www.jera.co.jp/information/20191009_405
JERA,「プレスリリース：2020/03/09」, 2020, https://www.jera.co.jp/information/20200309_470
JERA, 既存火力発電事業等の統合を反映した事業計画等, 2019
JERA, 事業計画説明資料, 2016
JERA, 事業紹介 / 発電所一覧 / 広野火力発電所, <https://www.jera.co.jp/business/thermal-power/list/hitachinaka>
JERA, 事業紹介 / 発電所一覧 / 常陸那珂火力発電所, <https://www.jera.co.jp/business/thermal-power/list/hitachinaka>
JICA, 独立行政法人国際協力機構業務方法書, 2015
JOGMEC, 平成26年度海外炭開発支援事業海外炭開発高度化等調査「世界における低品位炭の開発・利用状況と我が国への輸入可能性調査」, 2015
J-POWER, annual report 2009
KEXIM, KEXIM's Role in the PF Market (Asian Exim Banks Forum資料), 2014
Lee Nathan et al., EXPLORING RENEWABLE ENERGY OPPORTUNITIES IN SELECT SOUTHEAST ASIAN COUNTRIES, 2019
McCoy Power Reports, BOILER ORDER DATA, 1980 THRU 2019, 2020
McCoy Power Reports, ST ORDER DATA, 1980 THRU 2019, 2020
MHPS,「プレスリリース：2015年2月2日」, 2015, <https://www.mhps.com/jp/news/20150202.html>
MHPS,「プレスリリース：2016年2月8日」, 2016, <https://www.mhps.com/jp/news/20160208.html>
MHPS,「プレスリリース：2016年3月31日」, 2016, https://www.mhps.com/jp/news/20160331_03.html
MHPS,「プレスリリース：2016年6月14日」, 2016, <https://www.mhps.com/jp/news/20160614.html>
MHPS,「プレスリリース：2017年9月11日」, 2017, <https://www.mhps.com/jp/news/20170911.html>
MHPS,「プレスリリース：2018年11月7日」, 2018, <https://www.mhps.com/jp/news/20181107.html>
MHPS,「プレスリリース：2018年6月11日」, 2018, <https://www.mhps.com/jp/news/20180611.html>
MHPS,「プレスリリース：2018年6月4日」, 2018, <https://www.mhps.com/jp/news/20180604.html>
MHPS,「プレスリリース：2019年1月21日」, 2019, <https://www.mhps.com/jp/news/20190121.html>
MHPS,「プレスリリース：2019年4月10日」, 2019, <https://www.mhps.com/jp/news/20190410.html>
MHPS,「プレスリリース：2020年1月17日」, 2020, <https://www.mhps.com/jp/news/20200117.html>
NEXI,「プレスリリース：2016年3月16日」, 2016, <https://www.nexi.go.jp/topics/newsrelease/2016030802.html>
NEXI,「プレスリリース：2017年10月18日」, 2017, <https://www.nexi.go.jp/topics/newsrelease/2017100602.html>
NEXI,「プレスリリース：2017年11月14日」, 2017, <https://www.nexi.go.jp/topics/newsrelease/2017103102.html>
NEXI,「プレスリリース：2017年2月27日」, 2017, <https://www.nexi.go.jp/topics/newsrelease/2017021701.html>
NEXI,「プレスリリース：2017年4月11日」, 2017, <https://www.nexi.go.jp/topics/newsrelease/2017041005.html>
NEXI,「プレスリリース：2017年5月19日」, 2017, <https://www.nexi.go.jp/topics/newsrelease/2017050202.html>
NEXI,「プレスリリース：2017年6月21日」, 2017, <https://www.nexi.go.jp/topics/newsrelease/2017061501.html>

参考文献 3/5



NEXI,「プレスリリース：2019年4月19日」, 2019, <https://www.nexi.go.jp/topics/newsrelease/2019032606.html>
NEXI,「プレスリリース：2019年4月19日」, 2019, <https://www.nexi.go.jp/topics/newsrelease/2019032701.html>
NEXI, 年次報告書2018, 2019, <https://www.nexi.go.jp/corporate/booklet/pdf/annual2018-j.pdf>
OECD, OECD輸出信用アレンジメント, [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=TAD/PG\(2020\)1&docLanguage=En](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=TAD/PG(2020)1&docLanguage=En)
Platts, World Electricity Power Plants Dec2019, 2019
PLN, RUPTL 2017-2026, 2017
PLN, RUPTL 2018-2027, 2018
PLN, RUPTL 2019-2028, 2019
PRI, Signatory Relationship Presentation Q22020, <https://www.unpri.org/download?ac=10291>
RE100, <http://there100.org/>
Reports and Data Webサイト, 2019, <https://www.reportsanddata.com/report-detail/flue-gas-desulphurization-market>
REUTERS, African Development Bank decides not to fund Kenya coal project, 2019, <https://jp.reuters.com/article/us-africa-investment-coal-idUSKBN1XN1A8>
Science Based Targets, Companies Take Action, <https://sciencebasedtargets.org/2015/05/22/companies-cannot-keep-shying-away-from-setting-tough-climate-targets/>
SIERRA CLUB HP, 100% Commitments in Cities, Counties, & States, <https://www.sierraclub.org/ready-for-100/commitments>
TCFD, TCFD Supporters, <https://www.fsb-tcf.org/tcf-supporters/>
UNEP, Emissions Gap Report, 2019, <https://www.unenvironment.org/resources/emissions-gap-report-2019>
US Exim Bank Webページ, <https://www.exim.gov/policies/ex-im-bank-and-the-environment/international-environmental-and-social-guidelines>
WB, Toward a Sustainable Energy Future for All: Directions for the World Bank Group's Energy Sector, 2013, <http://documents.worldbank.org/curated/en/745601468160524040/pdf/795970SST0SecM00box377380B00PUBLIC0.pdf>
WHO HP, https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_2, 2020
イギリスBEIS,「プレスリリース：2020年2月4日」, 2020, <https://www.gov.uk/government/news/end-of-coal-power-to-be-brought-forward-in-drive-towards-net-zero>
イギリスBEIS,「プレスリリース：2018年1月」, 2018, https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/672137/Government_Response_to_unabated_coal_consultation_and_statement_of_policy.pdf
一般社団法人海外電力調査会 (JEPIC), 各国の電気事業, <https://www.jepic.or.jp/data/w00.html>
一般社団法人海外電力調査会 (JEPIC), 諸外国の概要2019年版
伊藤忠商事HP, 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, 2019, <https://www.itochu.co.jp/ja/csr/news/2019/190214.html>
伊藤忠商事,「プレスリリース：2018年10月24日」, 2018, https://www.itochu.co.jp/ja/news/press/2018/181024_2.html
伊藤忠商事,「プレスリリース：2018年12月17日」, 2018, <https://www.itochu.co.jp/ja/news/press/2018/181217.html>
伊藤忠商事,「プレスリリース：2018年12月3日」, 2018, <https://www.itochu.co.jp/ja/news/press/2018/181203.html>
伊藤忠商事,「プレスリリース：2018年1月29日」, 2018, https://www.itochu.co.jp/ja/news/press/2018/1195948_1673.html
伊藤忠商事,「プレスリリース：2019年10月28日」, 2019, <https://www.itochu.co.jp/ja/news/press/2019/191028.html>
伊藤忠商事,「プレスリリース：2020年3月4日」, 2020, <https://www.itochu.co.jp/ja/news/press/2020/200304.html>
インドCEA, National Electricity Plan Volume 1 Generation, 2016
インドCEA, National Electricity Plan Volume 1 Generation, 2018
インド政府, INDIA'S INTENDED NATIONALLY DETERMINED CONTRIBUTION:WORKING TOWARDS CLIMATE JUSTICE, 2016, <https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/India%20First/INDIA%20INDC%20TO%20UNFCCC.pdf>
インドネシア政府, FIRST NATIONALLY DETERMINED CONTRIBUTION REPUBLIC OF INDONESIA, 2016, https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Indonesia%20First/First%20NDC%20Indonesia_submitted%20to%20UNFCCC%20Set_November%202016.pdf
英国Department for business, energy & industrial strategy, THE UK'S DRAFT INTEGRATED NATIONAL ENERGY AND CLIMATE PLAN (NECP), 2019, https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/774235/national_energy_and_climate_plan.pdf
カナダGeneration energy council, CANADA'S ENERGY TRANSITION, https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/energy/CouncilReport_july4_EN_Web.pdf

参考文献 4/5



カナダ政府「プレスリリース：2018年12月12日」, 2018,
<https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/managing-pollution/energy-production/technical-backgrounder-regulations-2018.html>
韓国 産業通商エネルギー省, 第3次エネルギー基本計画, 2019
韓国エネルギーフォーラム, 主要政党へのアンケート結果, http://energytransitionkorea.org/21_policy_for_energytransitionkorea
関西電力, 関西電力グループ中期経営計画 2019-2021, 2019
関西電力, 関西電力の国際事業の取組みについて" (電力・ガス分野から考えるグローバルエネルギーサービス研究会 (第2回) 資料, 2017
九州電力, 九電グループ経営ビジョン2030, 2019
経済産業省, 海外展開戦略 (電力), 2017, https://www.meti.go.jp/policy/external_economy/cooperation/oda/denryoku2.pdf
経済産業省, 次世代火力発電に係る技術ロードマップ技術参考資料集, 2016,
https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/jisedai_karyoku/pdf/report02_02_00.pdf
経済産業省, 平成29年度質の高いエネルギーインフラの海外展開に向けた事業実施可能性調査 (先進火力発電所等案件形成調査 (ベトナム・クワンチャックにおける超々臨界石炭火力発電所建設事業に係る実現可能性調査), 2018
研究開発戦略センター (CRDS), 「プレスリリース：2015年11月21日」, 2015, <https://crds.jst.go.jp/dw/20160201/201602017879/>
国家能源局 国家電力規劃研究中心, 中国石炭発電発展状況, 2016
財務省, 貿易統計
四国電力, 2018年度決算会社説明会, 2019
住友商事, 統合報告書 2019, <https://www.sumitomocorp.com/jp/-/media/Files/hq/ir/report/investors-guide/2019/integrated-2019.pdf?la=ja>
双日株式会社, 統合報告書 2019, <https://www.sojitz.com/jp/ir/reports/annual/>
第1回石炭火力発電輸出への公的支援に関する有識者ファクト検討会 資料4-2 (松本委員資料), 2020, https://www.env.go.jp/earth/post_72.html
第1回石炭火力発電輸出への公的支援に関する有識者ファクト検討会 資料4-1 (黒崎委員資料), 2020, https://www.env.go.jp/earth/post_72.html
第2回石炭火力発電輸出への公的支援に関する有識者ファクト検討会 資料3-1 (IHI資料), 2020, https://www.env.go.jp/earth/post_72.html
第2回石炭火力発電輸出への公的支援に関する有識者ファクト検討会 資料3-2 (FoE Japan資料), 2020, https://www.env.go.jp/earth/post_72.html
第2回石炭火力発電輸出への公的支援に関する有識者ファクト検討会 資料3-5 (JERA資料), 2020, https://www.env.go.jp/earth/post_72.html
第2回石炭火力発電輸出への公的支援に関する有識者ファクト検討会 資料3-6 (J-COAL資料), 2020, https://www.env.go.jp/earth/post_72.html
第2回石炭火力発電輸出への公的支援に関する有識者ファクト検討会 資料3-7 (J-POWER資料), 2020, https://www.env.go.jp/earth/post_72.html
第2回石炭火力発電輸出への公的支援に関する有識者ファクト検討会 資料3-8 (丸紅資料), 2020, https://www.env.go.jp/earth/post_72.html
第3回石炭火力発電輸出への公的支援に関する有識者ファクト検討会 資料1-1 (AIGCC資料), 2020, https://www.env.go.jp/earth/post_72.html
第3回石炭火力発電輸出への公的支援に関する有識者ファクト検討会 資料1-2 (JBIC資料), 2020, https://www.env.go.jp/earth/post_72.html
第3回石炭火力発電輸出への公的支援に関する有識者ファクト検討会 資料1-3 (JICA資料), 2020, https://www.env.go.jp/earth/post_72.html
第3回石炭火力発電輸出への公的支援に関する有識者ファクト検討会 資料1-4 (PRI資料), 2020, https://www.env.go.jp/earth/post_72.html
第5次エネルギー基本計画, 2018, <https://www.meti.go.jp/press/2018/07/20180703001/20180703001-1.pdf>
タイエネルギー省, 電源開発計画2015, 2015
タイエネルギー省, 電源開発計画2018, 2018
タイ政府, Thailand's Intended Nationally Determined Contribution (INDC), 2015,
https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Thailand%20First/Thailand_INDC.pdf
中国政府, エネルギー生産および消費革命戦略 (2016年-2030年)
中国電力, 中国電力経営ビジョン ENERGIACHANGE2030, 2020
中国国家发展改革委 国家能源局, 電力発展第13次5か年計画 (2016-2020 年), 2016
千代田化工機, 「プレスリリース：2016年11月11日」, 2016, <https://www.chiyodacorp.com/media/file/pressrelease/2016/20161111.pdf>
電源開発, 2019 年3月期 (2018年度) 決算説明資料, 2019
電力中央研究所, 電中研レビュー第57号 石炭ガス化複合発電技術 - 空気吹きIGCC実証試験の成果 -" (第3章), 2016
ドイツBMW「プレスリリース：2020年1月29日」, 2020, https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Downloads/G/gesetzentwurf-kohleausstiegsgesetz.pdf?__blob=publicationFile&v=6

参考文献 5/5



ドイツ政府, Energy Concept 2050, 2010, https://www.fvee.de/fileadmin/publikationen/Politische_Papiere_FVEE/10.06.Energy_Concept_2050/EK2010_EN.pdf
東京電力, 新体制1年の振り返りと成果" (2018年6月29日プレスリリース) , 2018
東芝, 「プレスリリース : 2007年4月2日」, 2017, http://www.toshiba.co.jp/about/press/2007_04/pr_j0201.htm
東芝, 「プレスリリース : 2014年12月5日」, 2014, http://www.toshiba.co.jp/about/press/2014_12/pr_j0501.htm
東芝, 「プレスリリース : 2019年4月8日」, 2019, https://www.toshiba-energy.com/info/info2019_0408.htm
東芝, 「プレスリリース : 2019年7月8日」, 2019, https://www.toshiba-energy.com/info/info2019_0708.htm
東北電力, 東北電力グループ統合報告書2019, 2019
日本エネルギー経済研究所 Webサイト <https://eneken.ieej.or.jp/statistics.php>
Bangladesh Ministry of Power, Energy and Mineral Resources, Power System Master Plan 2016 (PSMP2016), 2016
Bangladesh Ministry of Power, Energy and Mineral Resources, Revisiting Power System Master Plan 2016 (Revisiting PSMP 2016), 2018
Bangladesh Government, Intended Nationally Determined Contributions (INDC), 2015,
https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Bangladesh%20First/INDC_2015_of_Bangladesh.pdf
Philippines Government, Intended Nationally Determined Contributions Communicated to the UNFCCC on October 2015, 2015,
<https://www4.unfccc.int/sites/submissions/INDC/Published%20Documents/Philippines/1/Philippines%20-%20Final%20INDC%20submission.pdf>
France Library of congress HP, <https://www.loc.gov/>
France Ministère de la Transition Écologique et Solidaire , 「プレスリリース : 2017年7月6日」, 2017, <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/2017.07.06%20-%20Plan%20Climat.pdf>
米国EPA「プレスリリース : 2019年6月19日」, 2019, <https://www.epa.gov/newsreleases/epa-finalizes-affordable-clean-energy-rule-ensuring-reliable-diversified-energy>
平成27年版 環境・循環型社会・生物多様性白書, <http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/h27/pdf.html>
Vietnam Government, Intended Nationally Determined Contribution of Viet Nam, 2016,
<https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Viet%20Nam%20First/VIETNAM%27S%20INDC.pdf>
Vietnam Government, No.: 428/QD-TTg Hanoi, 18 March 2016 DECISION on the Approval of the Revised National Power Development Master Plan for the 2011-2020 Period with the Vision to 2030 (GIZによる英訳) , 2016
Vietnam Government, NSCED勧告, 2020
Vietnam Government, 第7次PDP改訂版 : No.: 428/QD-TTg Hanoi, 18 March 2016 DECISION on the Approval of the Revised National Power Development Master Plan for the 2011-2020 Period with the Vision to 2030 (GIZによる英訳) 2016
丸紅株式会社, サステナブル・デベロップメント・レポート 2019, https://www.marubeni.com/jp/sustainability/report/pdf/sdr2019_jp_all.pdf
Malaysia Energy Commission (TENAGA) , Peninsular Malaysia Electric Supply Industry Outlook 2019, 2019
Malaysia Government, INTENDED NATIONALLY DETERMINED CONTRIBUTION OF THE GOVERNMENT OF MALAYSIA, 2016,
<https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Malaysia%20First/INDC%20Malaysia%20Final%2027%20November%202015%20Revised%20Final%20UNFCCC.pdf>
みずほフィナンシャルグループHP, サステナビリティへの取り組み強化について, 2020, https://www.mizuho-fg.co.jp/release/20200415release_jp.html
Mitsubishi Corporation, 統合報告書 2019, https://www.mitsui.com/jp/ja/ir/library/report/_icsFiles/afiedfile/2019/08/27/ja_ar2019_all_rr.pdf
Mitsubishi Corporation, ESGデータブック 2019, <https://www.mitsubishicorp.com/jp/ja/ir/library/esg/pdf/esgdata/2019/all.pdf>
Sanjiv Financial Group HP, ESGに関するリスクの考え方について, 2020, https://www.smfg.co.jp/news/j110260_01.html
Mitsui Bussan Kaisha, 「プレスリリース : 2015年4月14日」, 2015, https://www.mitsui.com/jp/ja/release/2015/1205566_6498.html
Mitsui Bussan Kaisha, 「プレスリリース : 2016年2月24日」, 2016, https://www.mitsui.com/jp/ja/release/2016/1218541_8913.html
Mitsui Bussan Kaisha, 「プレスリリース : 2017年10月26日」, 2017, https://www.mitsui.com/jp/ja/release/2017/1224844_10838.html
Mitsui Bussan Kaisha, 「プレスリリース : 2017年2月2日」, 2017, https://www.mitsui.com/jp/ja/release/2017/1222449_10838.html
Mitsui Bussan Kaisha, 「プレスリリース : 2018年8月16日」, 2018, https://www.mitsui.com/jp/ja/topics/2018/1226930_11233.html
Mitsui Bussan Kaisha, 「プレスリリース : 2019年2月12日」, 2019, https://www.mitsui.com/jp/ja/topics/2019/1228123_11237.html
Mitsubishi UFJ Financial Group HP, https://www.mufig.jp/dam/pressrelease/2019/pdf/news-20190515-001_ja.pdf
Mitsubishi Heavy Industries, 「プレスリリース : 2019年4月10日発行 第266号」, 2019, <http://www.mhps.com/jp/news/20190410.html>

