

日中省エネルギー・環境総合フォーラム
クリーンコールテクノロジーと火力発電分科会



クリーンコールテクノロジーの技術開発

2018年11月25日

国立研究開発法人

新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)

環境部 統括主幹 青木 登

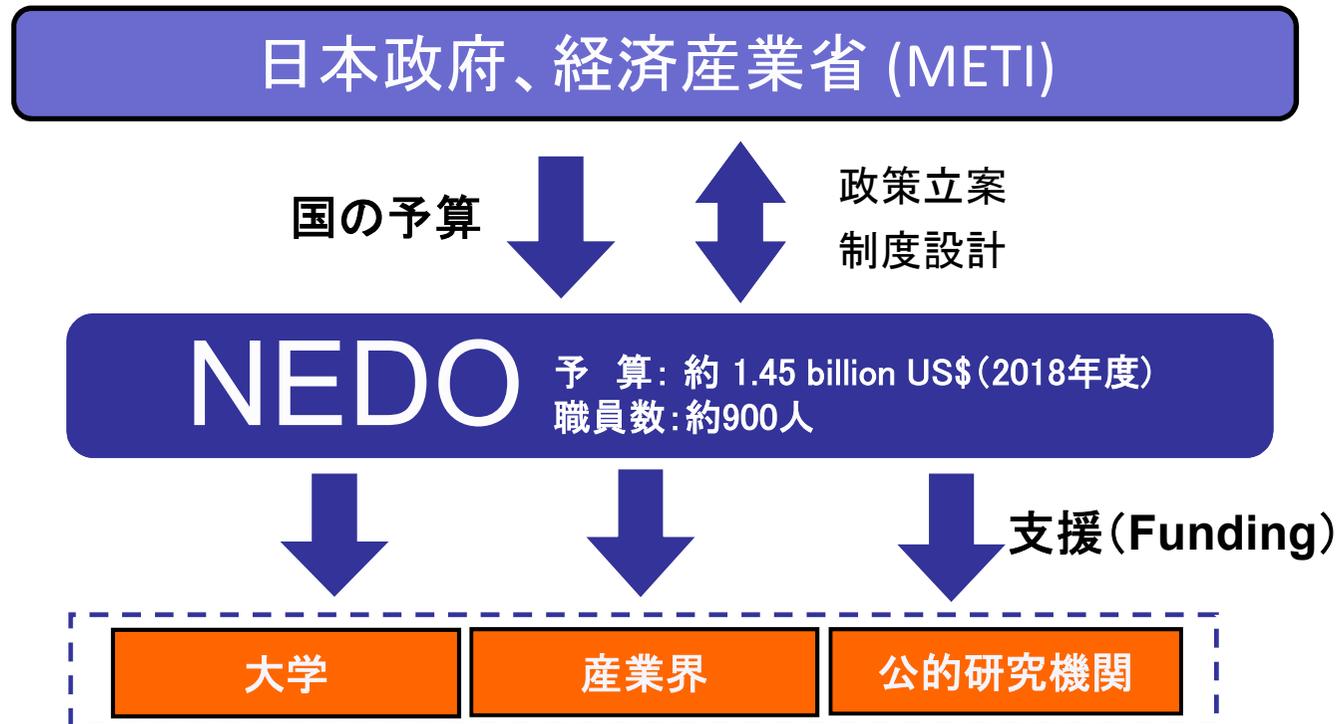
目 次

1. NEDOの概要と取組み
2. 石炭火力発電の位置づけ
3. 高効率・低排出技術(HELE)
4. 二酸化炭素分離・回収及び貯蔵・活用技術
5. 石炭火力発電の運用高度化
6. HELE技術の普及展開
7. まとめ

1. NEDOの概要と取組み

NEDOの概要(1/2)

- NEDOは我が国最大級の公的研究開発マネジメント機関として、経済産業行政の一翼を担い、①エネルギー・地球環境問題の解決及び②産業技術力の強化の2つのミッションに取り組む国立研究開発法人。



<ミッション>

- エネルギー・地球環境問題の解決
- 産業技術力の強化

NEDOの概要(2/2)

クリーンコールテクノロジー予算：
約211百万US\$ (2018年度)(NEDO予算全額の15%)



新エネルギー分野

- 太陽光 ● 風力 ● 燃料電池 ● 水素 ● バイオマス ● 地熱 ● 海洋



超高効率太陽電池セル
(達成時、世界最高)



洋上風力発電実証研究

蓄電池・エネルギーシステム分野



世界最先端の蓄電池解析施設
(RISING2放射光ビームライン)

クリーンコールテクノロジー分野

- 石炭火力発電低炭素化
- 低品位炭活用
- 製鉄業低炭素化



酸素吹石炭ガス化複合発電の実証設備
(大崎クールジェンプロジェクト)

地球温暖化対策分野

- 地球温暖化対策技術普及等推進

省エネルギー分野



超電導ケーブルシステムの実系統連携運転

- エネルギー転換供給
- 産業
- 家庭・業務
- 運輸
- 部門横断

国際展開支援

- スマートコミュニティ
- 国際エネルギー消費効率化等技術



電気自動車(EV)を活用する
スマートグリッド技術実証(米国ハワイ州マウイ)

環境・省資源分野

- 水循環
- 3R(Reuse・Reduce・Recycle)
- 環境化学
- フロン対策



省エネ型MBR(膜分離活性汚泥)の
パイロット試験装置

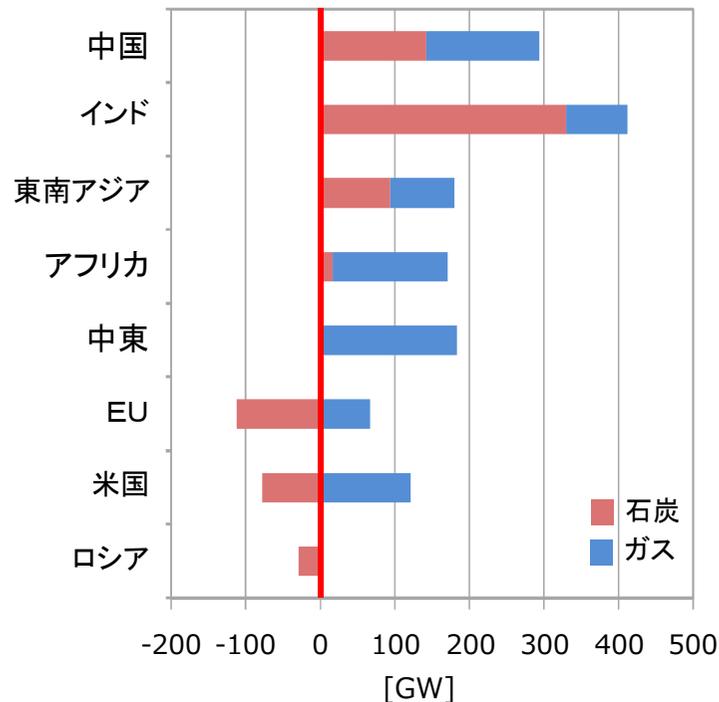


2. 石炭火力発電の位置づけ

世界的な石炭火力発電の需要動向

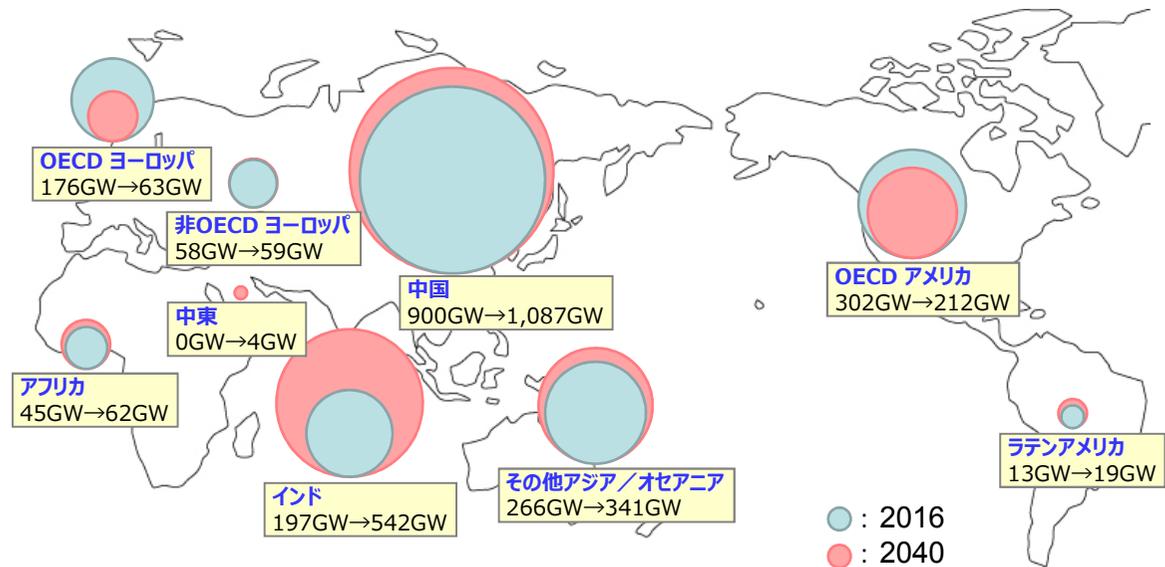
石炭火力の今後の需要見通しについては、欧米では現在よりも減少する一方、**アジア地域を中心とした新興国では、経済発展とともに需要が拡大する見通し**となっている。

主要地域における石炭火力及びガス火力発電容量の増減見通し（2017-2040）



出典：IEA World Energy Outlook 2017 新政策シナリオ

世界における石炭火力設備容量の見通し



出典：IEA World Energy Outlook 2017 新政策シナリオ

石炭火力発電を取り巻く厳しい環境



New Energy and Industrial Technology Development Organization

- 2015年にCOP21においてパリ協定が採択され、世界的に一層のCO₂排出削減が必要とされている。
- 2015年に合意されたOECDの方針により、CO₂排出量の多い低効率の石炭火力発電への公的融資を制限し、**高効率の石炭火力発電のみ公的融資を認めること**となった。

COP21における主要国のCO₂削減目標

| 国名 | 削減目標 | | |
|------|----------|--|--------|
| 中国 | 2030年までに | GDP当たりのCO ₂ 排出を 60 - 65% 削減 | 2005年比 |
| EU | 2030年までに | 40% 削減 | 1990年比 |
| インド | 2030年までに | GDP当たりのCO ₂ 排出を 33 - 35% 削減 | 2005年比 |
| 日本 | 2030年までに | 26% 削減 ※2005年比では25.4%削減 | 2013年比 |
| ロシア | 2030年までに | 70 - 75% に抑制 | 1990年比 |
| アメリカ | 2025年までに | 26 - 28% 削減 | 2005年比 |

平成27年10月1日現在

出典；温室効果ガスインベントリオフィス全国地球温暖化防止活動推進センターウェブサイト (<http://www.jccca.org/>) より

OECD公的輸出信用アレンジメント

石炭火力発電セクター了解 (ANNEX VI) における最長返済・償還期間

| 発電設備出力 (総設備容量) | 500MW以上 | 300~500MW | 300MW以下 |
|--|---------------|---|---|
| 超々臨界圧 (例. 蒸気圧>240bar, 蒸気温度≥593°C) またはCO ₂ 排出量: <750gCO ₂ /kWh | 12年 *1 | 12年 *1 | 12年 *1 |
| 超臨界圧 (例. 蒸気圧>221bar, 蒸気温度>550°C) またはCO ₂ 排出量 750~850gCO ₂ /kWh | 支援対象から除外 | 10年 国際開発協会 (IDA) 融資*4適格 国に限る*1,2,3 | 10年 国際開発協会 (IDA) 融資*4適格 国に限る*1,2,3 |
| 亜臨界圧 (例. 蒸気圧<221bar) またはCO ₂ 排出量 >850gCO ₂ /kWh | 支援対象から除外 | 支援対象から除外 | 10年 国際開発協会 (IDA)*4融資適格 国に限る*1,3 |

- *1 各種条件に適合する場合、最長返済・償還期間を2年間延長できる場合もある
- *2 エネルギー不足に対応するため、輸出信用申請書を受領した時点で、電化率が90%以下の国に対して、10年間の輸出信用支援を行うことができる。
- *3 他の代替手段の適用が困難で、既存の環境において提案事業が最良の導入可能技術であると判断された地理的に隔離された場所においては、IDA融資適格国以外にも輸出信用支援を行うことができる。
- *4 国際開発協会 (IDA) は、世界銀行の低開発途上国向けの支援基金。対外債務返済能力の低い加盟発展途上国に対して、健康と教育、インフラ整備と農業、経済開発と組織開発のための支援を提供する。

第五次エネルギー基本計画における石炭火力の位置付け

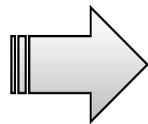


New Energy and Industrial Technology Development Organization

- 日本政府は2018年7月、エネルギーを巡る国内外の情勢変化を踏まえ、2030年、更に2050年を見据えた「第5次エネルギー基本計画」を閣議決定した。
- 基本計画では、今後、石炭火力の高効率化・次世代化を推進するとともに、非効率石炭火力のフェードアウトに取り組むなど、**長期的に環境負荷の低減を見据えて活用するエネルギー源と位置付けている。**

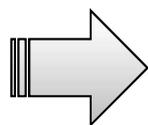
➤ 日本政府は以下の技術開発を促進する。

- 発電効率の大幅な改善
- 単位発電量あたりの温室効果ガス排出量の大幅な削減 等



“IGCC, CCUS” 等

➤ 日本政府は、当該国から要請があった場合に、**世界最新鋭であるUSC以上の発電設備の導入を支援する。**



クリーンコール技術の普及促進

3. 高効率・低排出技術(HELE)

次世代火力発電技術ロードマップの概要



発電効率

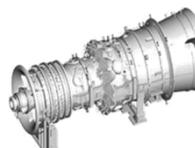
65%

New Energy and Industrial Technology Development Organization

ガスタービン燃料電池複合発電(GTFC)

ガス火力power

超高温ガスタービン複合発電



発電効率 : 57%程度
CO₂ emissions : 310 g/kWh程度
技術確立 : 2020年度達成目途



発電効率 : 63%
CO₂ 排出 : 280 g/kWh程度
技術確立 : 2025年度頃目途

1700 °C級 GTCC

CO₂
約1割削減

GTFC

CO₂
約2割削減

石炭火力

CO₂
約3割削減

IGFC

55%

ガスタービン複合発電(GTCC)

発電効率: 52%
CO₂ 排出: 340 g/kWh

CO₂
約2割削減

石炭ガス化燃料電池複合発電 (IGFC)

50%

高温分空気利用ガスタービン(AHAT)

発電効率 : 51%
CO₂ 排出 : 350 g/kWh
技術確立 : 2017年度頃目途

1700 °C級 IGCC



発電効率 : 55%
CO₂ 排出 : 590 g/kWh
技術確立 : 2025年度頃目途

A-USC

45%

IGCC (空気吹き実証)

先進超々臨界圧(A-USC)

石炭ガス化複合発電(IGCC)

40%

超々臨界圧(USC)

発電効率 : 40%
CO₂ 排出 : 820 g/kWh程度



発電効率 : 46%
CO₂ 排出 : 710 g/kWh
技術確立 : 2016年度頃目途



発電効率 : 46 to 50%
CO₂ 排出 : 650 g/kWh程度 (1700 deg. C 級)
技術確立 : 2020年度頃目途

* 図中の発電効率、排出原単位の見通しは、現時点で様々な仮定に基づき試算したもの。

Present

2020年度頃

2030年度

写真提供 : 三菱重工業(株)、常磐共同火力(株)、三菱日立パワーシステムズ(株)、大崎クールジェン(株)
出展 : 次世代火力発電に係る技術ロードマップ(2016,6)

先進超々臨界圧 (A-USC)

■ 技術概要

超々臨界圧 (USC) 発電技術に基づき、蒸気タービンの蒸気温度を700°C以上に高めて発電効率の向上を図る技術

■ 特徴

従来の微粉炭火力発電システムを殆ど変えることなく、発電効率46% (送電端効率、HHV) を達成する技術

■ 技術確立時期

2016年頃

■ 二酸化炭素排出量

約 710 g-CO₂/kWh

■ 送電端効率 (HHV)

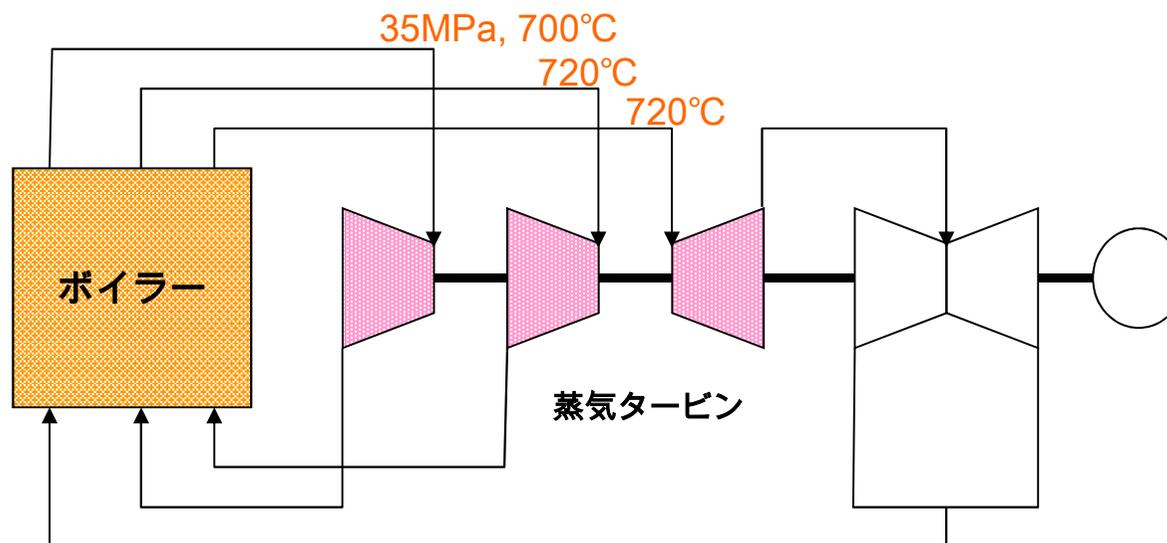
約46%

■ 目標コスト

従来型タービンと同等コスト



高温大径パイプ材料
(Provided by Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation)



(Source: The material for the 1st Next-generation Thermal Power Generation Council (A-USC development promotion committee) (June 2015))

石炭ガス化複合発電(IGCC) (1/2)

- IGCCは石炭をガス化、燃焼させてガスタービンを運転、排熱回収により蒸気を発生させて蒸気タービンを運転する複合発電システム。
- 発電効率は約46～50%、二酸化炭素排出は約700g/kWh。
- 2013年より、福島県勿来において、日本で初のIGCC商用プラントが運転中。

実証試験結果

- ✓ 2008年より実証試験実施
- ✓ 実証試験終了後は2013年より日本で初のIGCC商用プラントに移行する
- ✓ 2018年8月末に累積運転時間43,000時間達成

常磐共同火力(株) 発電所全景

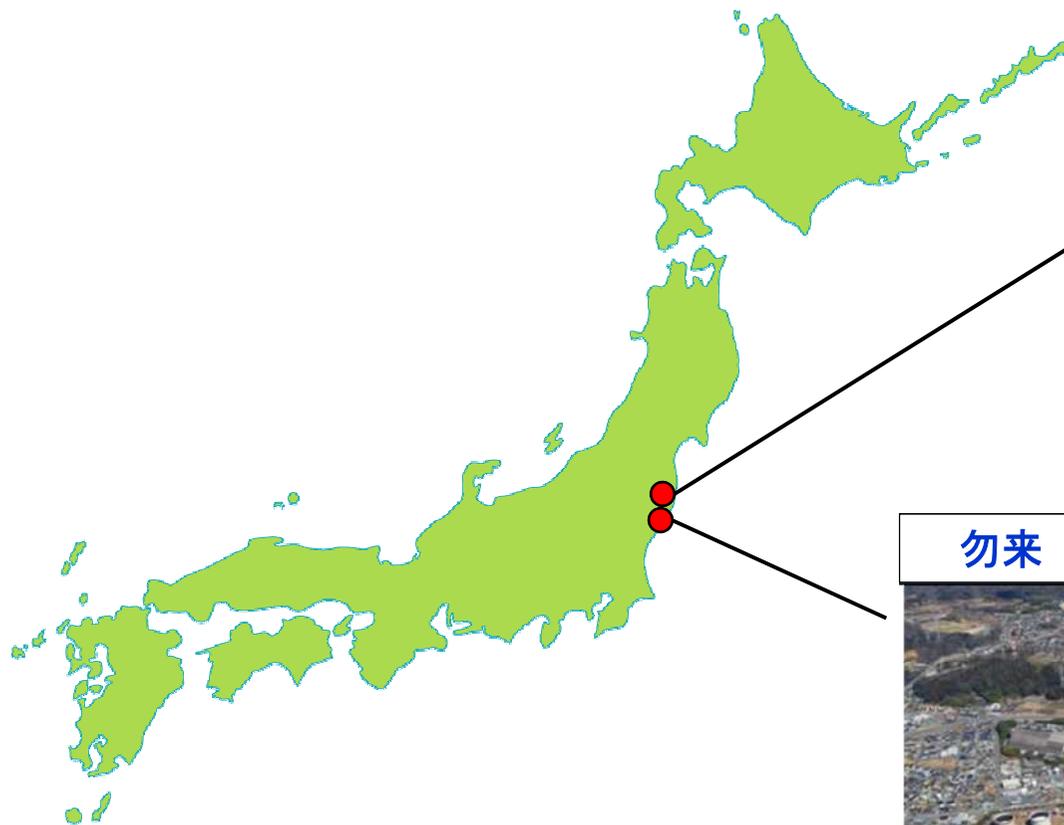
250MW IGCC



石炭ガス化複合発電(IGCC) (2/2)

New Energy and Industrial Technology Development Organization

- 現在、福島県勿来と広野に540MWのIGCC商用プラントを建設中。
- 勿来は2020年、広野は2021年に運転開始予定。



広野 540MW IGCC 建設中



勿来 540MW IGCC 建設中

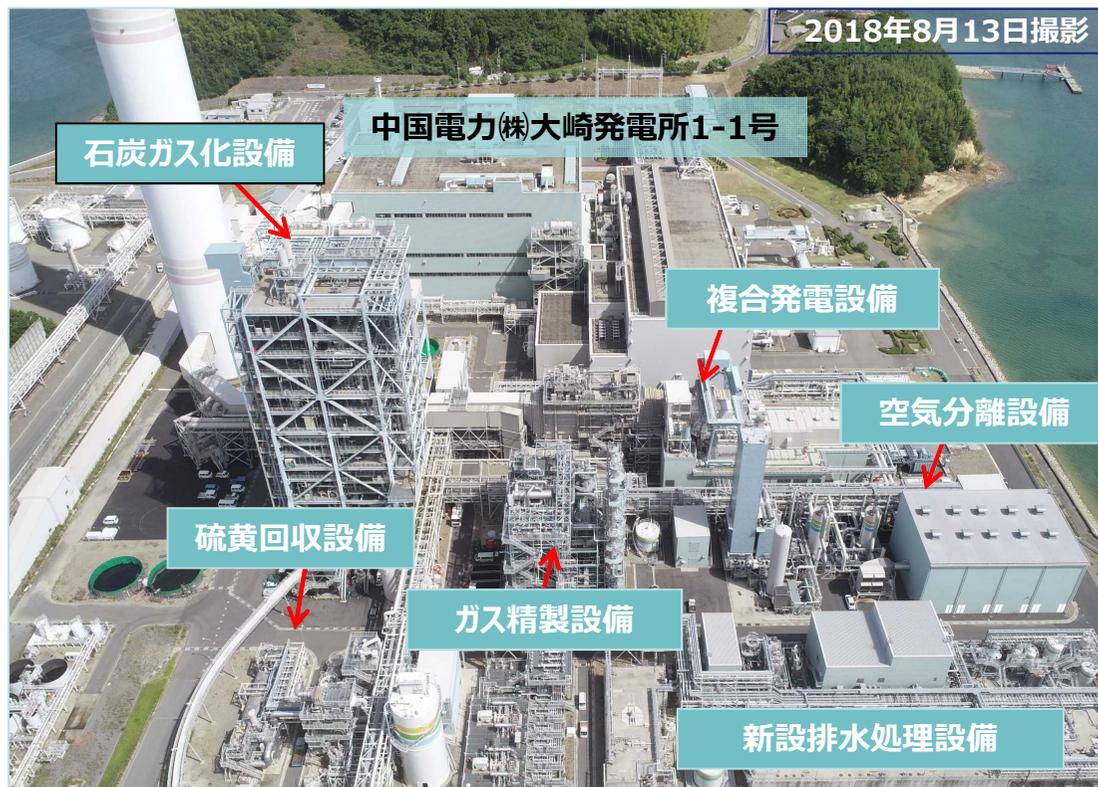


石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC)プロジェクト(1/2)



New Energy and Industrial Technology Development Organization

- IGFCとは、IGCCに燃料電池を組み合わせた複合発電技術で、究極の高効率石炭火力発電技術と位置付けられている。
- NEDOは、**世界初の試み**となる、商用規模の燃料電池とCO₂分離・回収型酸素吹きIGCCを組合せた、**IGFC実施用試験を、大崎クールジェン株式会社(*)と実施している。**
- 2017年3月より、その第1段階である酸素吹きIGCCの実証試験を開始。



(出典: 大崎クールジェン株式会社)

* 大崎クールジェン株式会社
: 中国電力(株)と電源開発(株)
の共同出資会社

IGCC
: Integrated Coal Gasification
Combined Cycle

IGFC
: Integrated Coal Gasification
Fuel Cell Combined Cycle



石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC)プロジェクト(2/2)

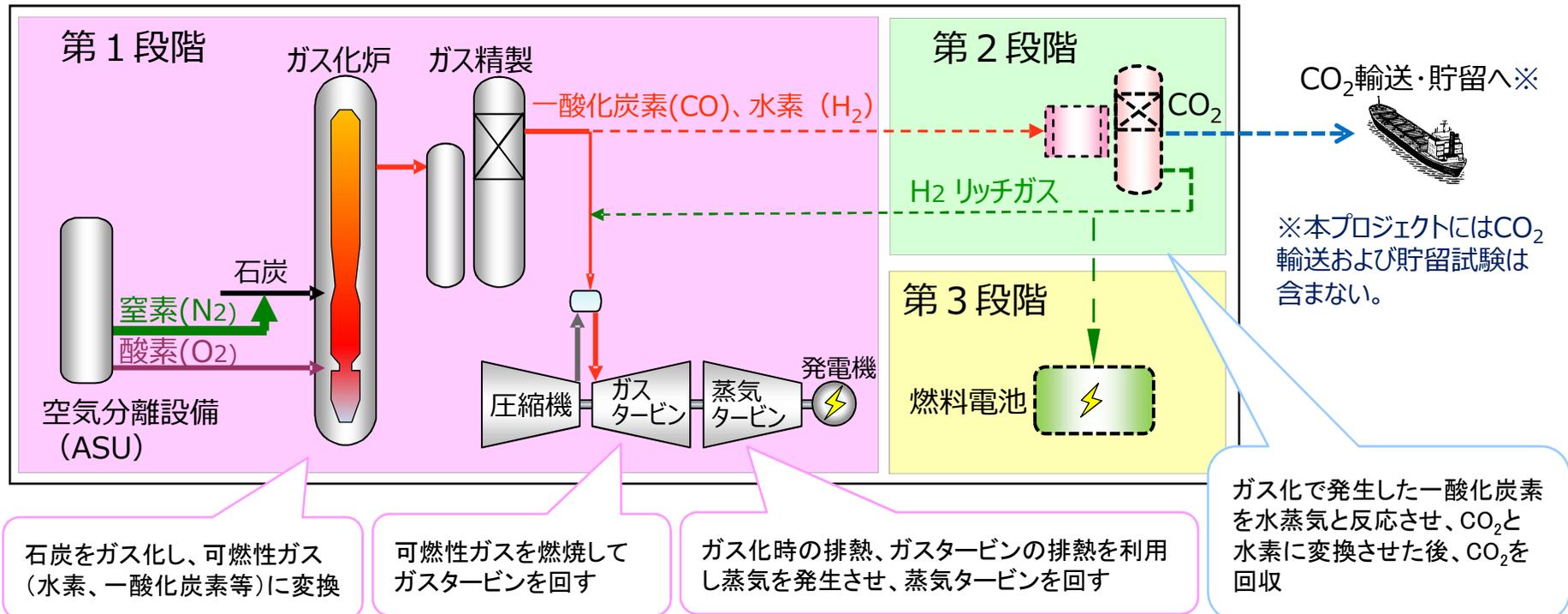


New Energy and Industrial Technology Development Organization

METI事業期間

NEDO事業期間

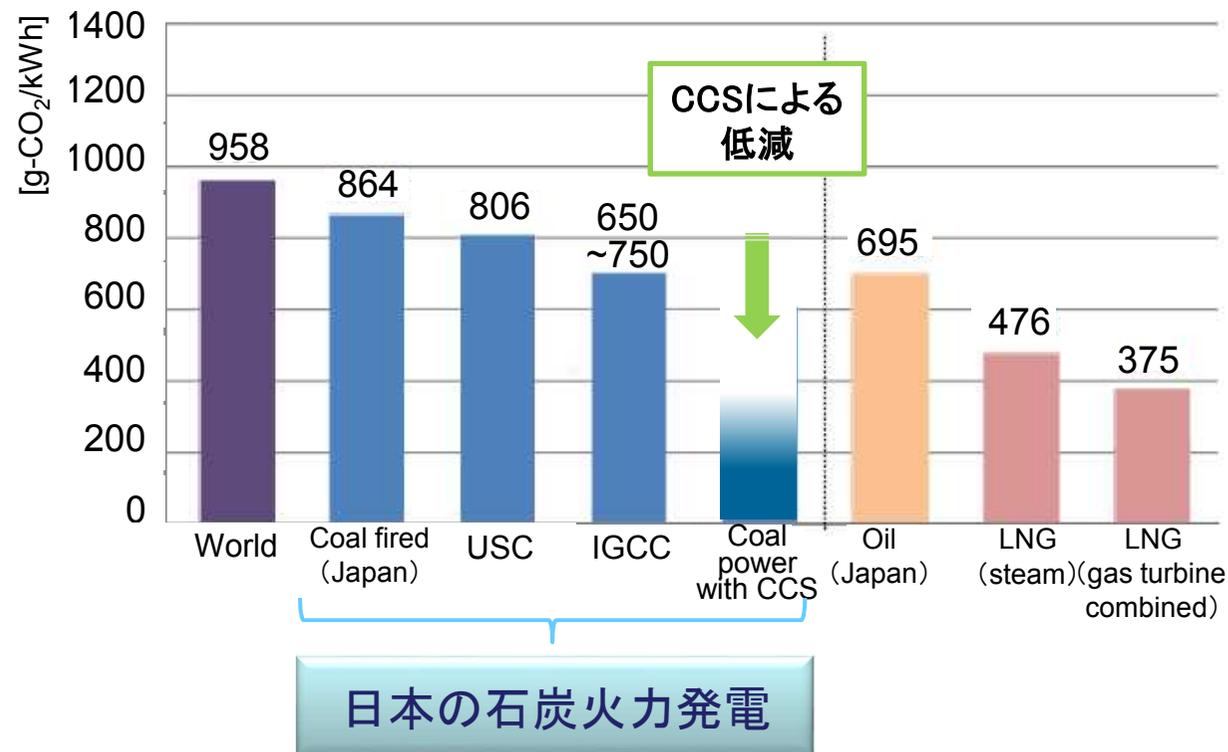
| 年度 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|--------------------------------------|----------|------|------|------|----------|------|----------|------|------|------|------|
| 第1段階 酸素吹IGCC実証 | 設計・製作・据付 | | | | | 実証試験 | | | | | |
| 第2段階 CO ₂ 分離・回収型IGCC実証 | | | | | 設計・製作・据付 | | | 実証試験 | | | |
| 第3段階 CO ₂ 分離・回収型IGFC実証 | | | | | | | 設計・製作・据付 | | | 実証試験 | |



4. 二酸化炭素分離・回収及び貯蔵・活用技術

発電方式別二酸化炭素排出比較

- IGCCはUSCに比較して二酸化炭素排出量を約20%削減できる。
- 石炭火力発電に、さらに二酸化炭素回収・貯蔵・活用（CCUS）を組み合わせることにより二酸化炭素排出量をLNG火力発電以下にすることが可能。



(Reference : Central Research Institute of Electric Power Industry(2009) 、 CO₂ Emissions Fuel Combustion (2012))

CCUS は低炭素社会実現に向けたひとつの重要な選択肢

二酸化炭素の分離・回収及び貯蔵・活用技術開発の見通し

New Energy and Industrial Technology Development Organization



二酸化炭素の分離、貯蔵コストの低減はCCUS実用化の重要なポイント、NEDOは二酸化炭素の分離技術開発を支援。

苫小牧 CCS 実証プロジェクト



New Energy and Industrial Technology Development Organization

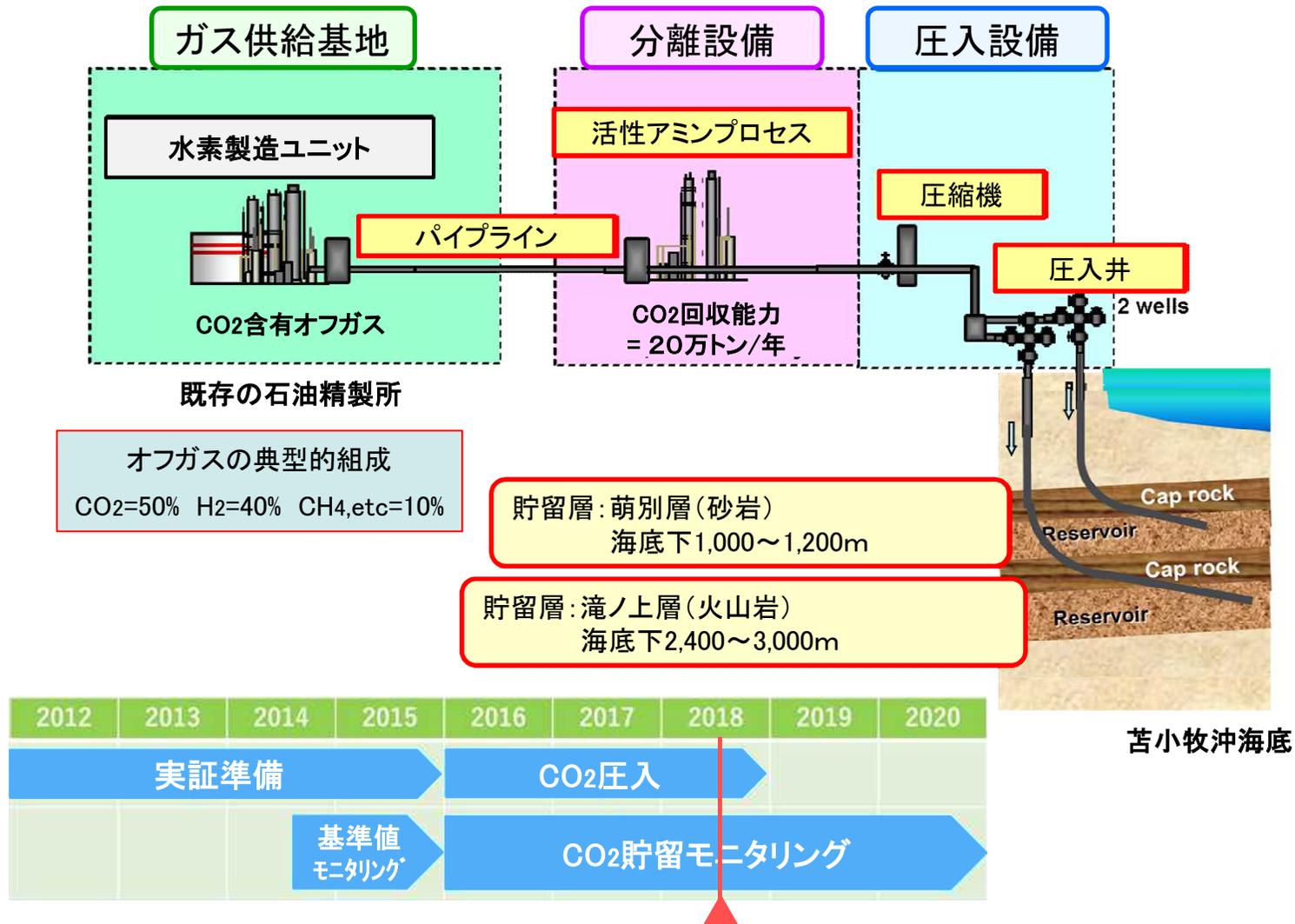
- 北海道苫小牧市において大規模CCS実証プロジェクトを実施中。
- 二酸化炭素の回収から地層への圧入による貯蔵までのCCSの全システムの有効性を検証することを目的とする。
- 苫小牧港沖合の海底貯留層に年間10万トン以上の二酸化炭素を圧入、貯蔵。
- 2015年10月に設備完成、2016年2月の試験運転を経て、**2016年4月に圧入開始**。



二酸化炭素の貯蔵実証はCCUS実用化のために必要であり、NEDOは苫小牧のCCS実証プロジェクトを支援。

苫小牧 CCS実証プロジェクト

New Energy and Industrial Technology Development Organization

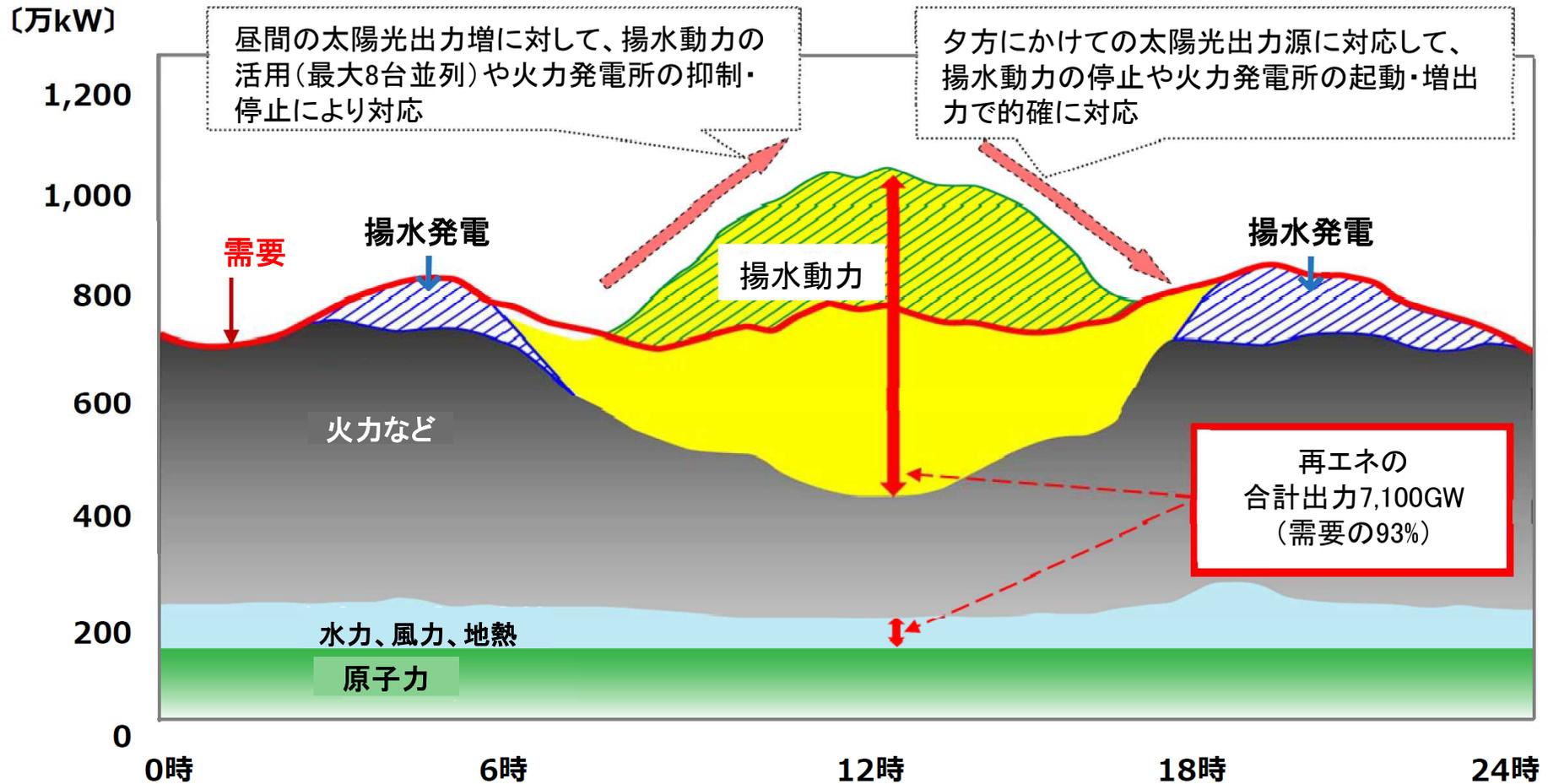


苫小牧CCS実証プロジェクトでは、2018年8月18日に
累積20万トンのCO₂貯留を達成。

(Source; Press release from Japan CCS Co., Ltd. on August 18th 2018.)

5. 石炭火力発電の運用高度化

九州地方の電力需給バランス(2018年5月の例)

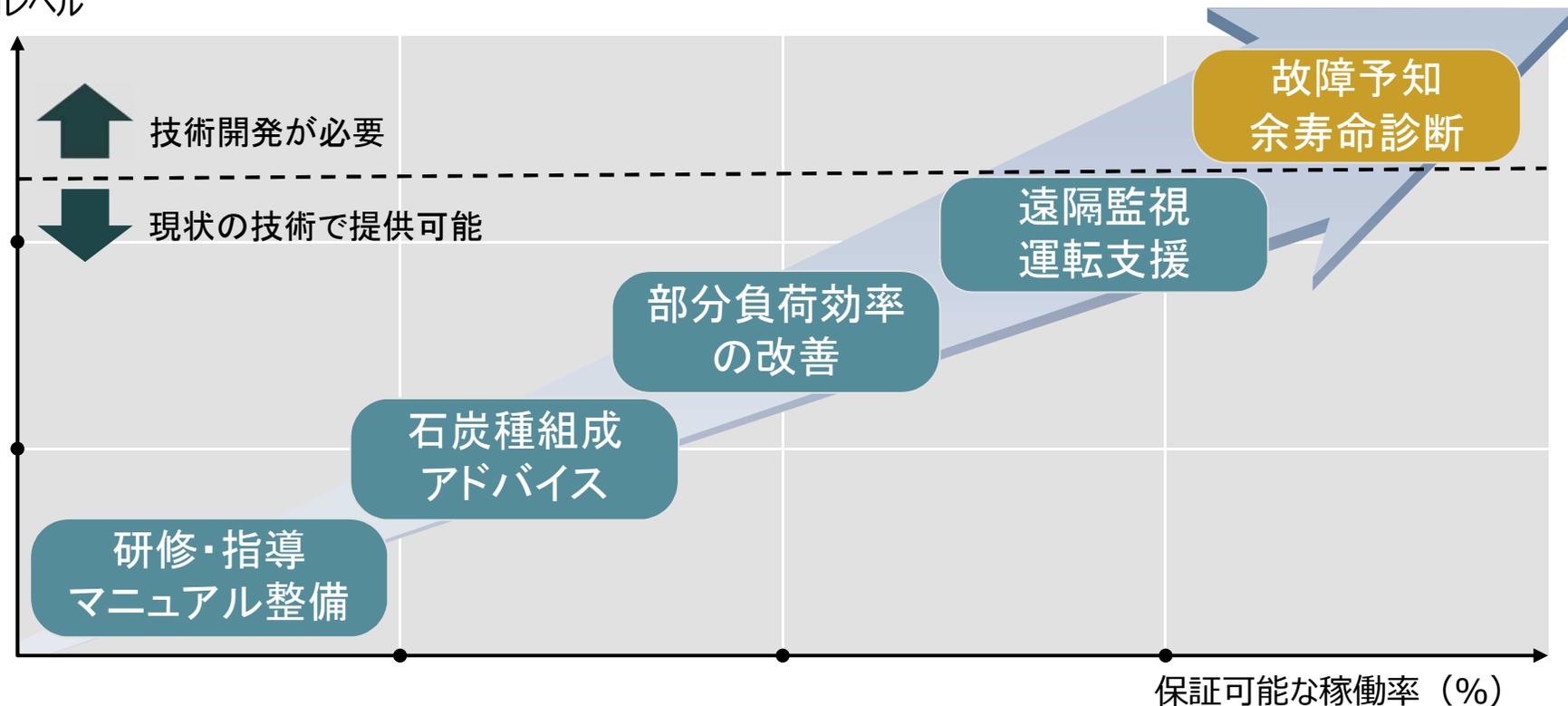


O&Mの高度化サービスパッケージ

New Energy and Industrial Technology Development Organization

- 発電所の**高度化サービスパッケージ**の提供により、長期間に亘る発電効率の維持に貢献する。
- 再生可能エネルギーが拡大していった場合、石炭火力に供給抑制、出力変動対応が求められている。そのため、**部分負荷効率**を改善する。
- さらにIoTなどの**遠隔監視技術**、**故障予知**などの先進技術を提供可能。

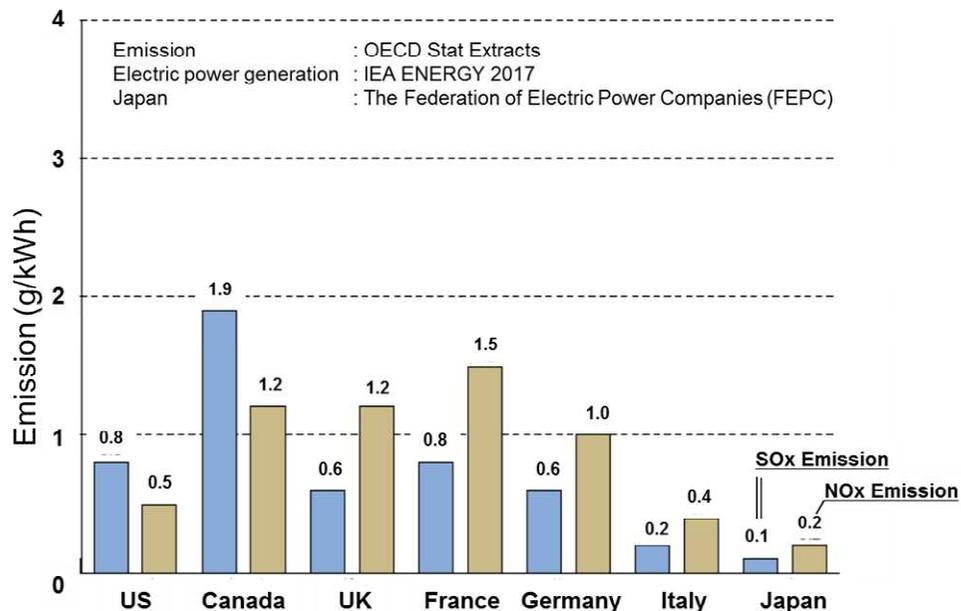
技術レベル



出典：石炭火力の競争力強化方針の検討 (NEDO, 三菱総合研究所)

6. HELE技術の普及展開

- 日本の石炭火力発電は、環境対策面で優れている。日本の発電電力量当たりのSO_x、NO_x排出量は、米国と比較して一桁少なく、欧州と比較して1/3以下。
- 諸外国への日本技術の導入により、**国際的な環境規制に対応することが可能となる。**
- 地域住民への石炭火力発電建設に対するアクセプタンスが高まる。**



火力発電電力量あたりのSO_x、NO_x排出の国際比較

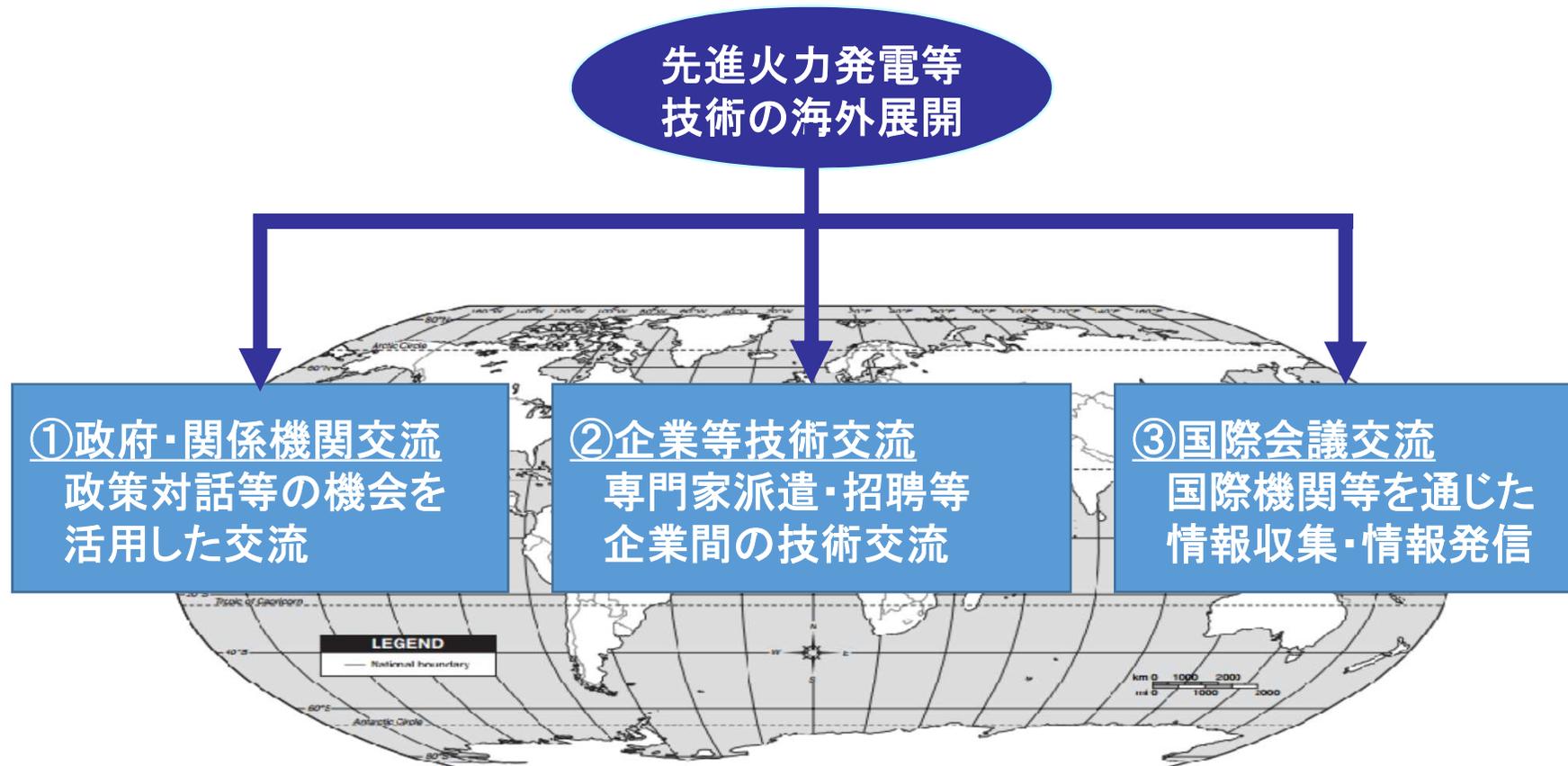
(2015-Power Plants)

(Source : Federation of Electric Power Companies (FEPC)
http://www.fepec.or.jp/library/data/infobase/pdf/07_g.pdf)

海外展開におけるNEDOの取り組み

New Energy and Industrial Technology Development Organization

- 相手国における発電技術の経済性と環境特性の向上等の要望に応じて、**NEDOでは先進的な火力発電技術等の海外展開に取り組んでいる。**
- 具体的には、相手国の要望に応じて以下の3項目に取り組んでいる。



7.まとめ



New Energy and Industrial Technology Development Organization

- 石炭火力の需要は、アジア地域を中心とした経済成長に伴うエネルギー消費の増大により、今後も拡大の見込み。2040年においても世界の電源構成の約3割を占める見込み。
- パリ協定によるCO2削減目標やOECDによる低効率石炭火力への融資制限等により、高効率低排出(HELE)技術の開発は、必要不可欠。
- HELE技術の開発と普及は日本政府の基本方針であり、NEDOはそれを中核事業として推進。日本ではIGCCについては既に商用運転を開始。また、NEDOの支援により、CCSの実証プロジェクトを実施。
- 今後、再生可能エネルギーの導入に伴い、石炭火力の負荷調整能力の向上やO&M最適化などが求められ、日本のメーカーや電力会社はIoT技術活用による石炭火力の運転高度化ノウハウも有する。
- NEDOはJCOALと連携して、HELE技術の海外への普及促進にも取り組んでいる。



Thank you for your attention.