

総合科学技術・イノベーション会議評価専門調査会
「石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業」
の中間評価に係る資料

平成29年10月25日

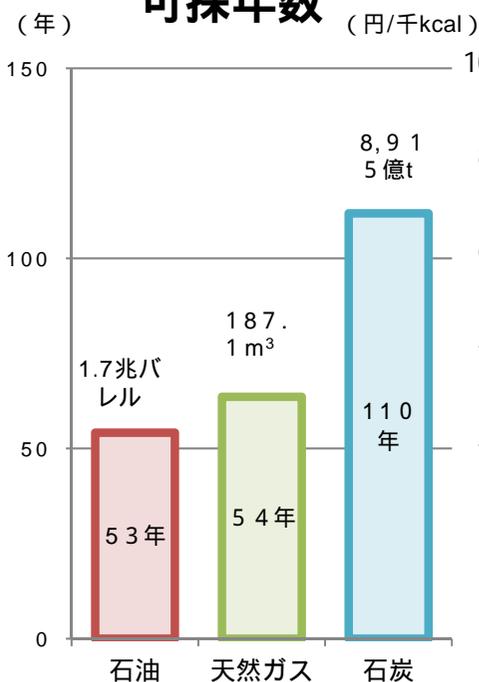
経済産業省

資源エネルギー庁 資源・燃料部 石炭課

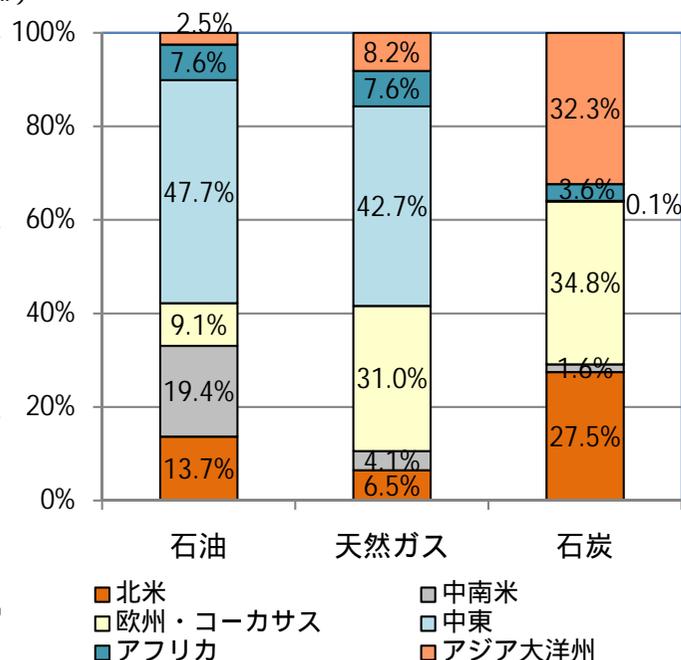
石炭の位置付け（低価格、安定供給性）

- 他の化石燃料に比べ、可採年数が長く、賦存地域も分散して安定供給性が高い。
- 石炭は、原油、LNGに比べ価格は低位で安定（CIFベースで原油やLNGの約1/3の価格）。このため、石炭火力の発電コストは、LNG火力に比べ燃料費で優位。
- 石炭は単位当たりのCO2発生量が、他の化石燃料に比べ多いことから、クリーンな利用が求められる。

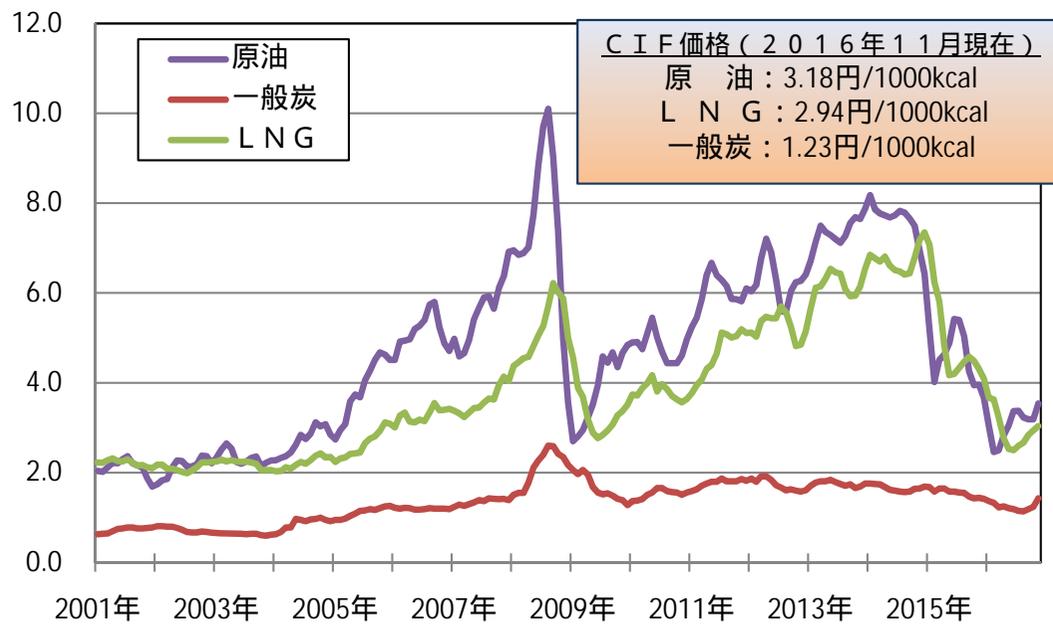
可採年数



地域別資源埋蔵量



燃料価格（CIF）の推移



火力発電の政策的位置づけ

- 化石燃料の大宗を海外からの輸入に頼る日本は、一つのエネルギー源に頼ることなくエネルギー源の多様化が必要。特に電力供給においては、安定供給性、低コスト、環境適合等をバランス良く実現出来る供給構造が必要。

エネルギー基本計画（平成26年4月11日閣議決定）における火力発電の位置づけ

【石炭】

位置付け

温室効果ガスの排出量が多いという問題があるが、地政学的リスクが化石燃料の中で最も低く、熱量当たりの単価も化石燃料の中で最も安いことから、安定供給性や経済性に優れた重要なベースロード電源の燃料として再評価されており、高効率石炭火力発電の有効利用等により環境負荷を低減しつつ活用していくエネルギー源である。

政策の方向性

老朽火力発電所のリプレースや新增設による利用可能な最新技術の導入を促進することに加え、発電効率を大きく向上させることで発電量当たりの温室効果ガス排出量を抜本的に下げるための技術（IGCCなど）等の開発をさらに進める。こうした高効率化技術等を国内のみならず海外でも導入を推進していくことにより、地球全体で環境負荷の低減と両立した形で利用していく必要がある。

【天然ガス】

位置付け

現在、電源の4割超を占め、熱源としての効率性が高いことから、利用が拡大している。海外からパイプラインを通じた輸入はないが、石油と比べて地政学的リスクも相対的に低く、化石燃料の中で温室効果ガスの排出も最も少なく、発電においてはミドル電源の中心的な役割を果たしている。

今後、シェール革命により競争的に価格が決定されるようになっていくことなどを通じて、各分野における天然ガスシフトが進行する見通しであることから、その役割を拡大していく重要なエネルギー源である。

政策の方向性

我が国は、現時点では、国際的には高い価格でLNGを調達しており、電源としての過度な依存を避けつつ、供給源多角化などによりコストの低減を進めることが重要である。

政府の重要戦略における本事業の位置付け

- 本事業は、未来投資戦略ではKPI（達成すべき成果目標）や科学技術イノベーション総合戦略では重きを置くべき取組として位置付けられている。

未来投資戦略2017（2017年6月閣議決定）

エネルギー・環境制約の克服と投資の拡大

- 新たなエネルギーシステムの構築等

KPI（達成すべき成果目標）

次世代火力発電に係る技術ロードマップに基づき、2025年度頃までに段階的に次世代火力発電の技術確立を目指す。

- 日本のエネルギー・環境産業の国際展開の推進

具体的施策

最先端の高効率火力発電所の導入に向け、FS支援、専門家派遣・招へい等の技術協力を実施

科学技術イノベーション総合戦略2017（2017年6月閣議決定）

第2章（1）持続的な成長と地域社会の自律的な発展

エネルギー、資源、食料の安定的な確保

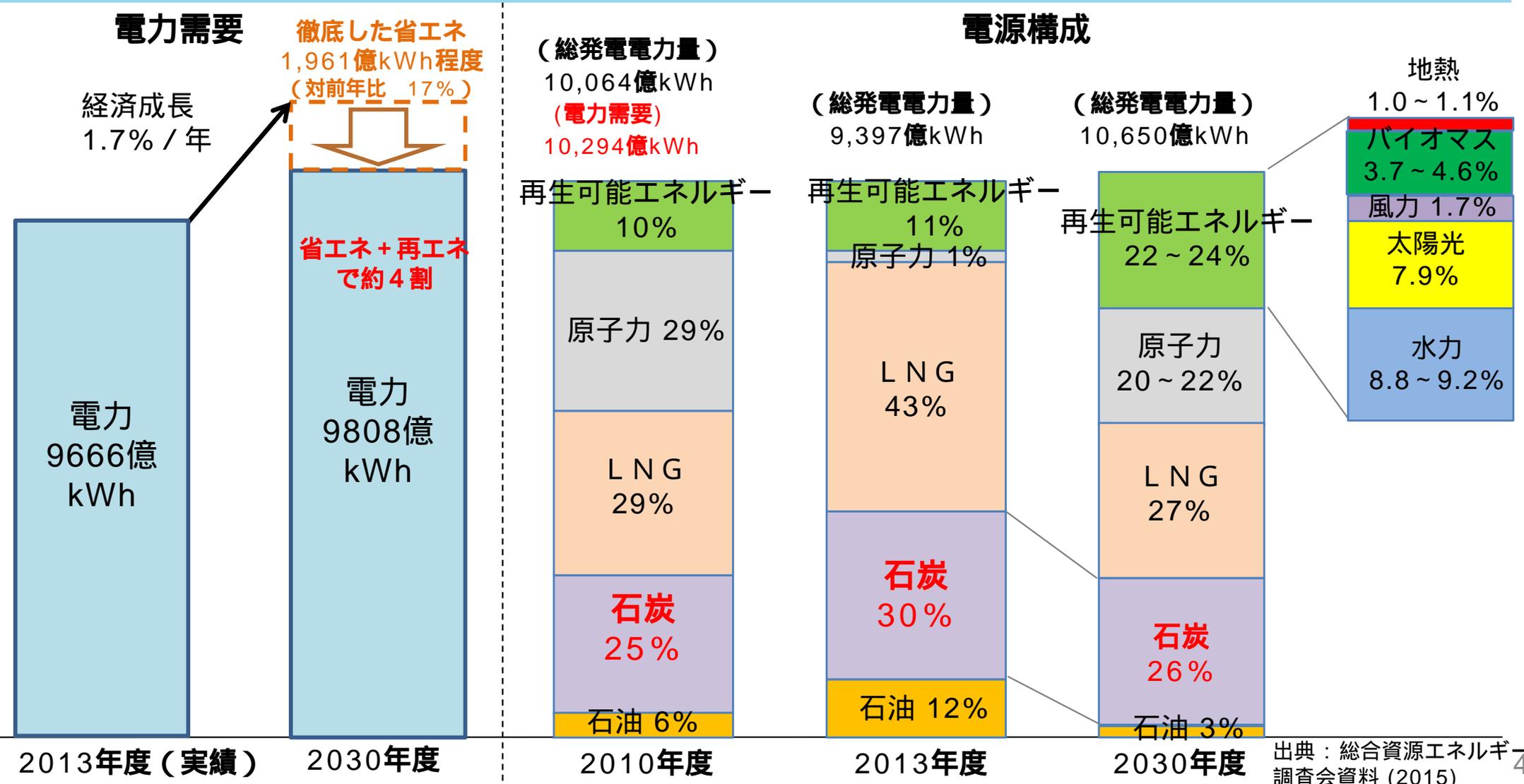
）エネルギーバリューチェーンの最適化

[C] 重きを置くべき取組

高効率火力発電システムに係る発電技術の開発

新しい電源構成（エネルギーミックス）

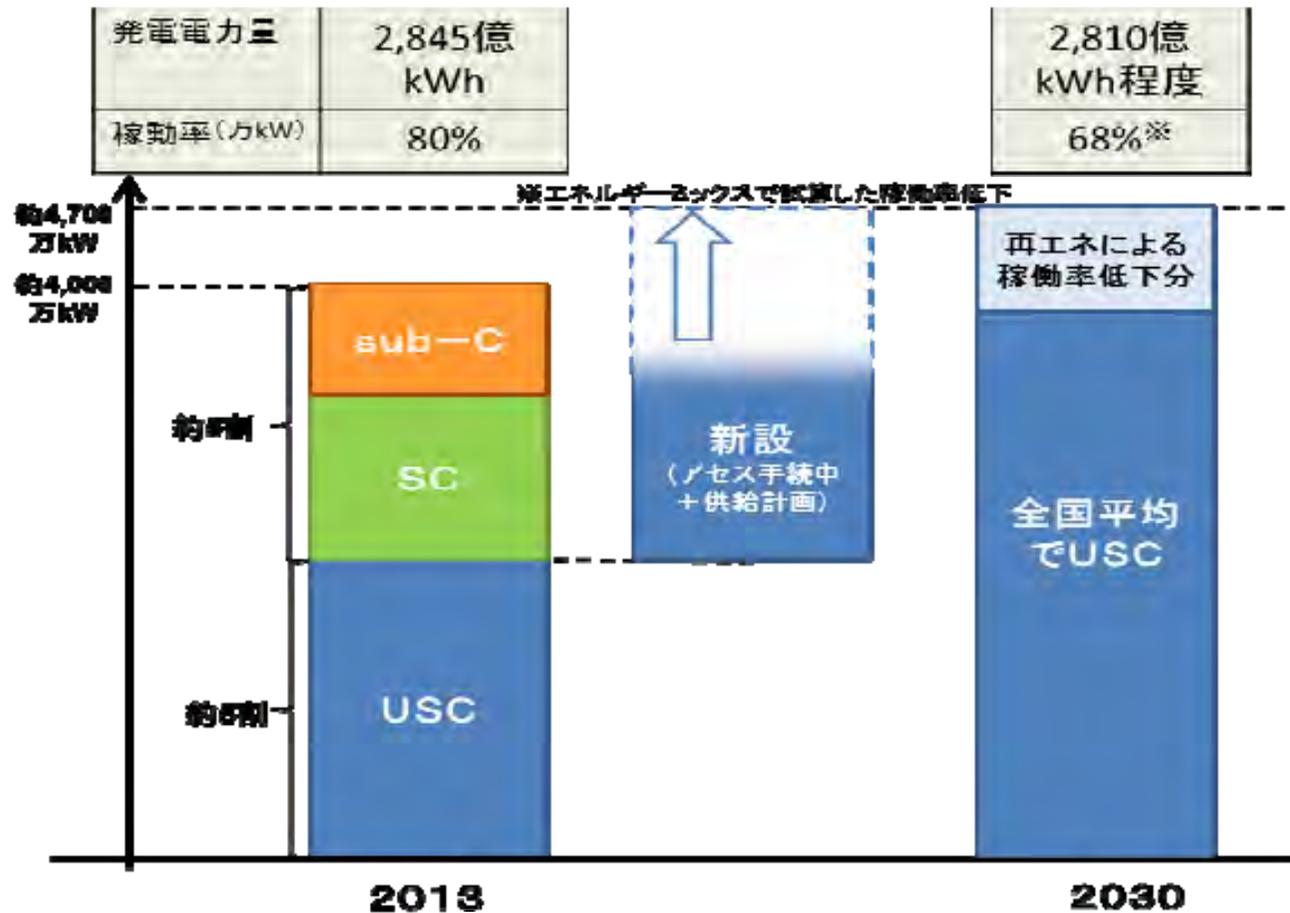
- 徹底した省エネで2030年度の電力需要を2013年度とほぼ同レベルまで抑えることを見込む。東日本大震災前に約30%を占めていた原発割合は、20%～22%程度へと大きく低減する。太陽光や風力などの再生可能エネルギーの割合は22～24%にする。



長期需給見通しの実現に向けた火力発電のあり方

- 長期エネルギー需給見通しの実現に向けて、LNG火力については全体としてコンバインドサイクル（GTCC）相当の効率に、石炭火力についてはIGCCやIGFC等の最新技術の火力を最大限活用し、また効率の悪い火力発電の新陳代謝により、設備全体としてUSC（超々臨界圧：Ultra Super Critical）相当の効率としていく。

エネルギーミックスを実現するために必要な石炭火力の発電容量イメージ



エネルギーミックス実現に向けた火力発電の高効率化

- エネルギーミックス実現のためには、石炭火力、LNG火力を含めた火力発電全体の高効率化が必要。そのため、技術開発の加速化、電力業界の自主的枠組み、省エネ法・高度化法のルール整備の3つの対策により、効率の悪い発電設備の稼働を抑制し、高効率な設備の導入を促進する。

排出係数0.37kg-CO₂/kWh(2030年度)の達成を実現

【電気事業者の自主的な枠組】

0.37kg-CO₂/kWh(2030年度)というエネルギーミックスと統合的な目標を設定（販売電力の99%超をカバー）

新たなフォローアップの仕組みの創設
「電気事業低炭素社会協議会」を創設

個社の実施状況を毎年確認し、必要に応じ個社の計画を見直し

【支える仕組み】（発電段階）

省エネ法によるルール整備

- ・発電事業者に火力発電の高効率化を求める
 - 新設時の設備単位での効率基準を設定
(石炭:USC並, LNG:コンバインドサイクル並)
 - 既設含めた事業者単位の効率基準を設定
(エネルギーミックスと統合的な発電効率)

【支える仕組み】（小売段階）

エネルギー供給構造高度化法によるルール整備

- ・小売事業者に低炭素な電源の調達を求める
 - 全小売事業者
 - 2030年度に非化石電源44%
(省エネ法とあわせて0.37kg-CO₂/kWh相当)
 - 非化石電源比率に加え、CO₂も報告対象に含める
 - 共同での目標達成

実績を踏まえ、経産大臣が、指導・助言、勧告、命令。[実効性と透明性を確保]

【支える仕組み】（市場設計）

自由化と統合的なエネルギー市場設計：小売営業ガイドライン等

電力供給業におけるベンチマーク制度の見直し (2016年4月1日発効)

- 新設時の設備単位での効率基準 (石炭:USC並, LNG:コンバインドサイクル並) を設定するとともに、既設含めた事業者単位の効率基準を設定し、火力発電の効率化を促進。

		新設 (発電 端,HHV)	火力発電効率A・B 指標における各電源 の目標値 (発電端, HHV)	目指すべき水準	
				火力発電効率A指標	火力発電効率B指標
燃料	石炭火力	42.0 %	41 %	$\frac{\text{事業者の全石炭火力発電効率の実績値}}{\text{石炭火力発電効率の目標値 (41\%)}} \times \text{火力のうち石炭火力の発電量比率の実績値}$	$= \text{事業者の全石炭火力発電効率の実績値} \times \text{火力のうち石炭火力の発電量比率の実績値}$
	LNG火力	50.5 %	48 %	$+ \frac{\text{事業者の全LNG火力発電効率の実績値}}{\text{LNG火力発電効率の目標値 (48\%)}} \times \text{火力のうちLNG火力の発電量比率の実績値}$	$+ \text{事業者の全LNG火力発電効率の実績値} \times \text{火力のうちLNG火力の発電量比率の実績値}$
	石油等火力	39.0 %	39 %	$+ \frac{\text{事業者の全石油等火力発電効率の実績値}}{\text{石油等火力発電効率の目標値 (39\%)}} \times \text{火力のうち石油等火力の発電量比率の実績値}$	$+ \text{事業者の全石油等火力発電効率の実績値} \times \text{火力のうち石油等火力の発電量比率の実績値}$
				$= \text{火力発電効率A指標 } [\geq 1.00]$	$= \text{火力発電効率B指標 } [\geq 44.3\%]$

副生産物、コジェネ、バイオマス混焼の発電効率算出にあたっては、必要な調整を行うこととする

技術開発の必要性（開発方針の策定）

- これを受け、経済産業省では産学官の有識者からなる協議会を設置し、次世代火力発電技術を早期に技術確立・実用化するための方策を議論し、平成28年6月に「次世代火力発電に係る技術ロードマップ」を取りまとめ、次世代火力発電技術の開発目標・方向性等の道筋を明らかにした。

発電効率（送電端HHV）



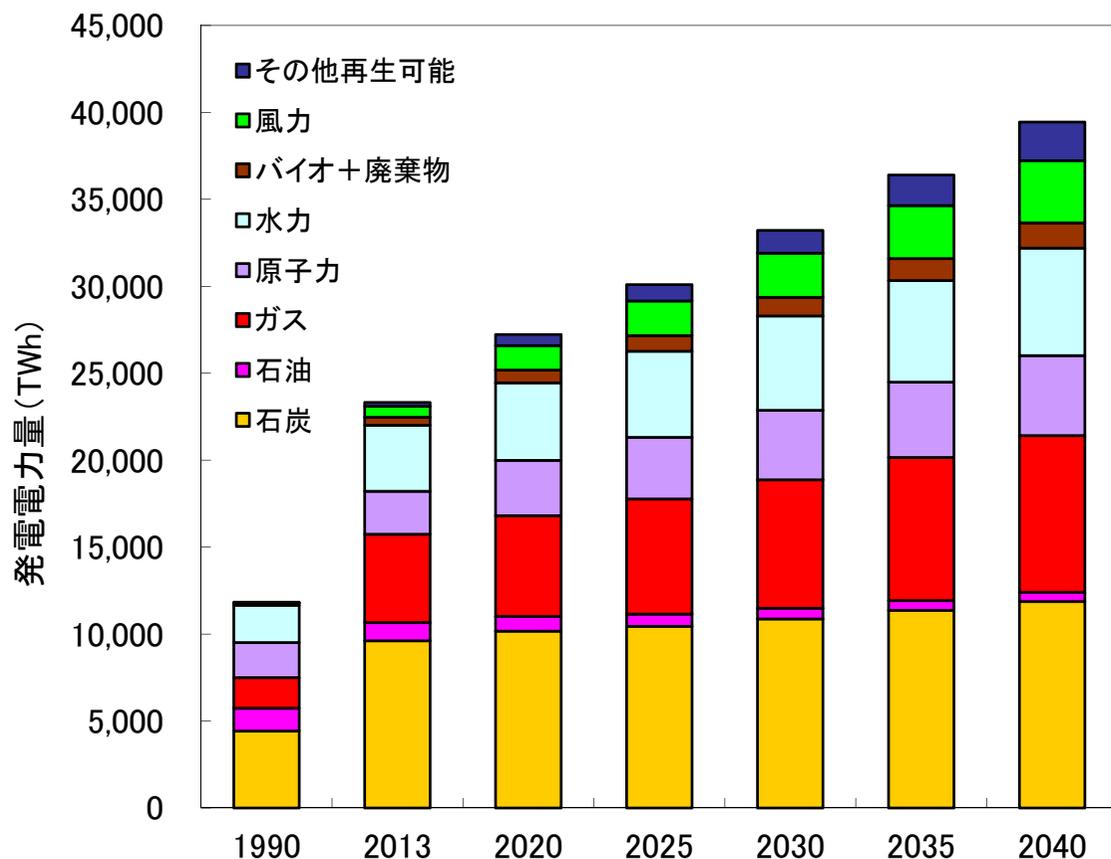
図中の発電効率、排出原単位の見通しは、現時点で様々な仮定に基づき試算したもの。

写真：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)

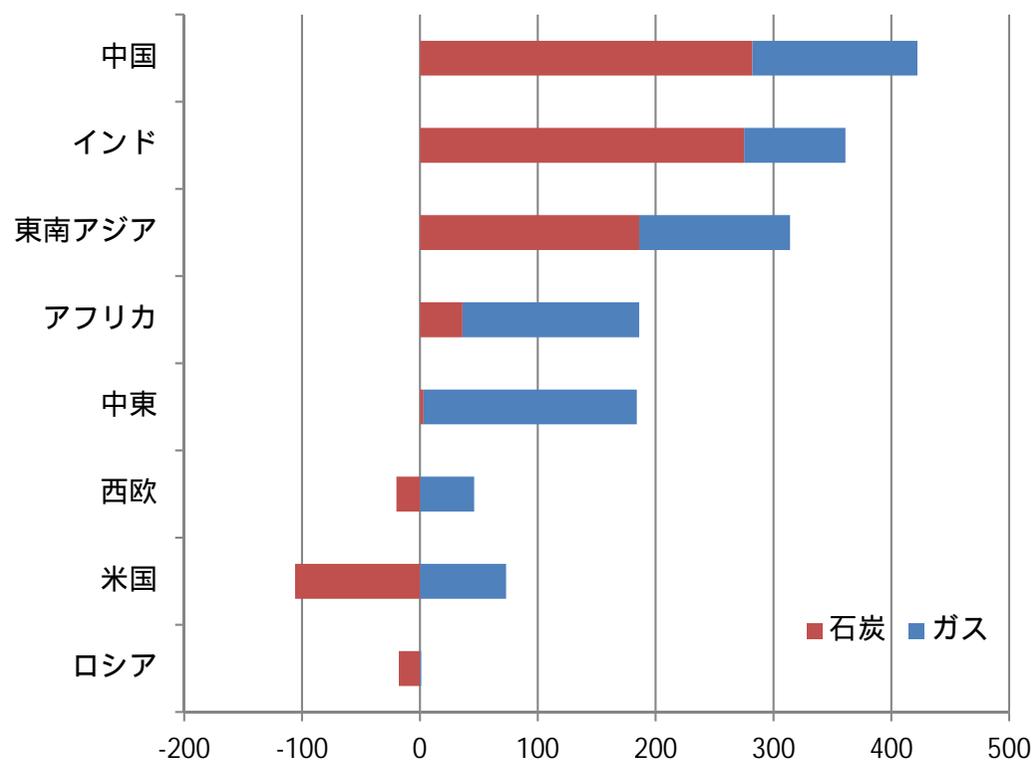
海外における石炭火力発電の需要見通し

- 石炭火力発電は、世界で41%を占めている。今後も電力需要は大幅に増加すると予想されており、石炭火力については、中国、インド、東南アジア諸国を中心とした新興国で経済発展と共に需要が拡大する見通し。

世界の発電電力量(新政策シナリオ)



主要地域における石炭及びガス火力発電容量の増減見通し(2014-2040)

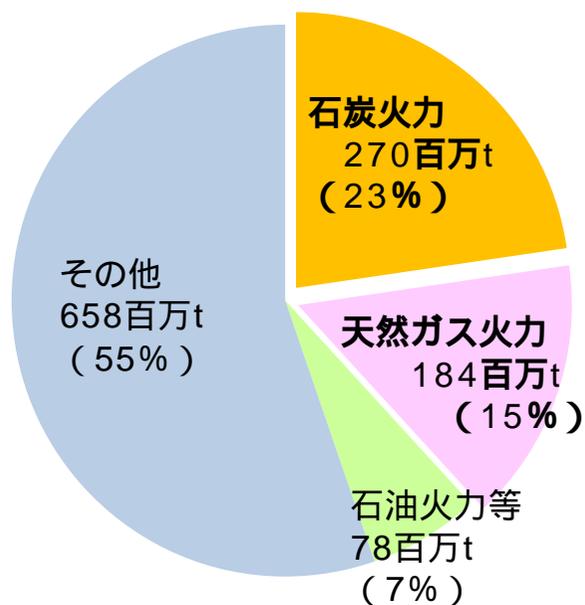


出典：IEA World Energy Outlook 2016 新政策シナリオ

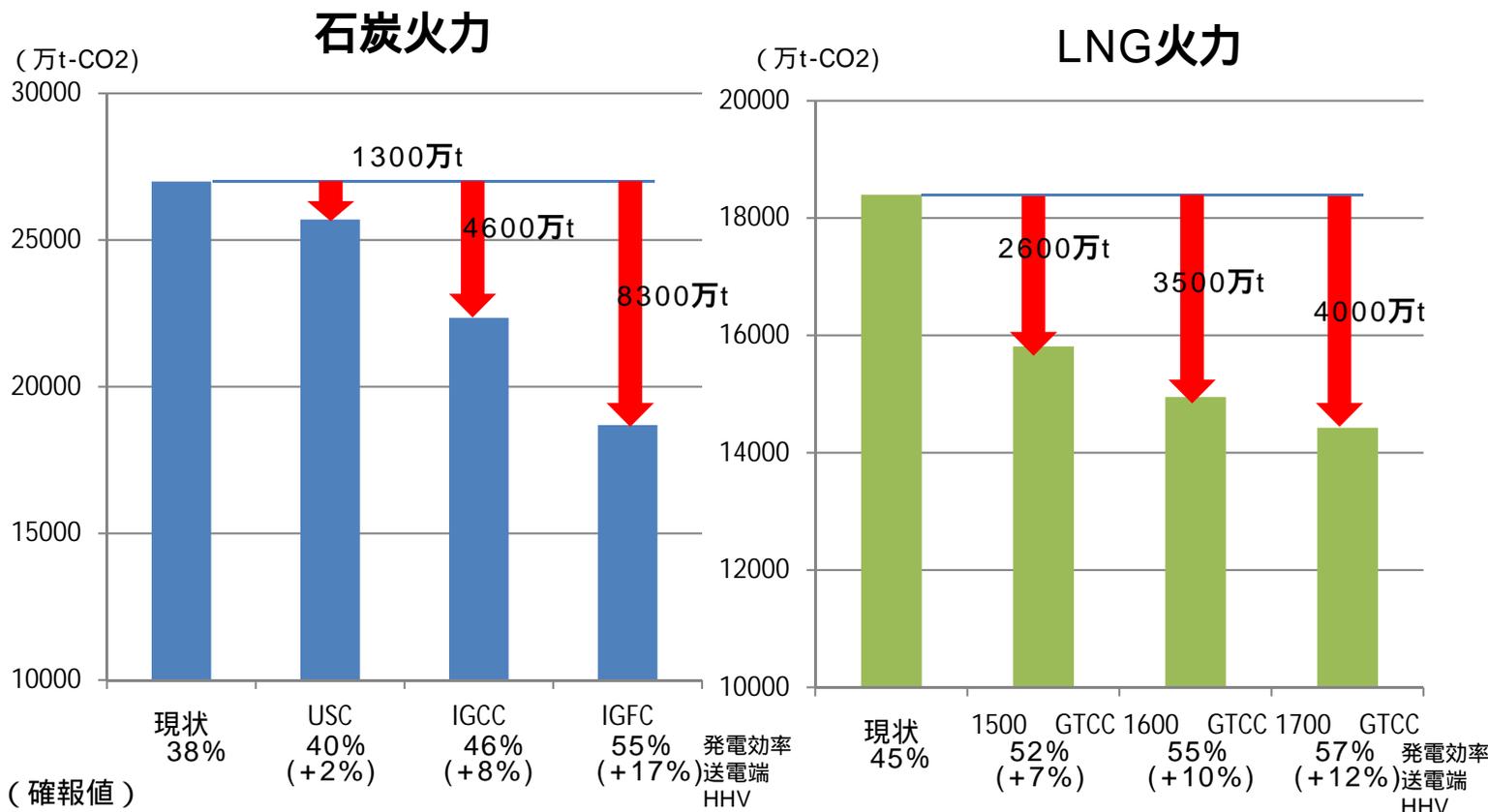
火力発電技術のCO2削減効果

- 日本のCO2排出量の4割程度は火力発電由来のCO2となっている。仮に、石炭火力の効率が平均1%向上した場合、年間約660万tのCO2が削減される。
- また、LNG火力においても、効率が平均1%向上した場合、年間約400万tのCO2が削減される。

日本全体に占める火力発電のCO2排出量
(2014年度実績値)



効率向上におけるCO2削減ポテンシャル



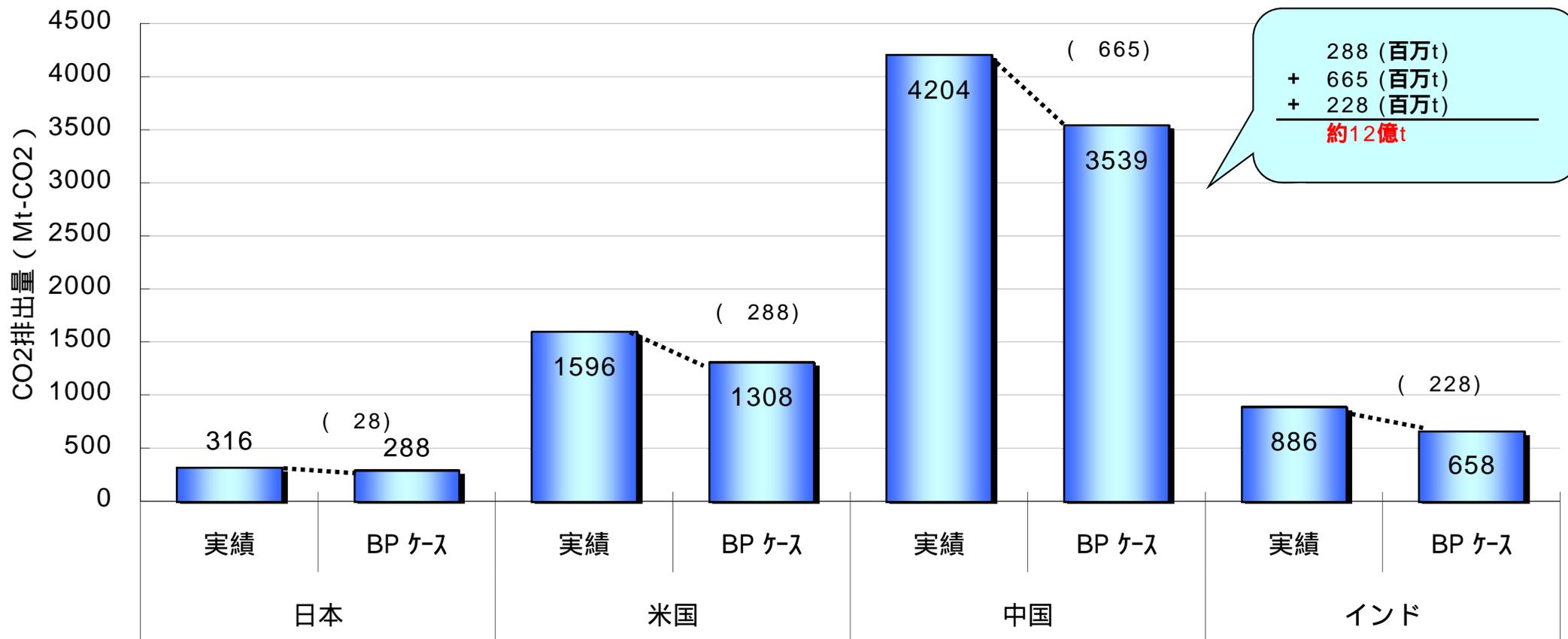
出典：環境省2014年度の温室効果ガス排出量（確報値）

老朽化した石炭火力発電とは、50万kW（稼働率70%）の亜臨界圧微粉炭火力発電。老朽化したLNG火力発電とは、50万kW（稼働率70%）の汽力発電。

高効率火力を導入する必要性（CO2の削減効果例）

- 日本で最高効率の技術（USC）を中印等アジアと米国の石炭火力に適用すると、CO2削減効果は約12億トン（11.8億トン）。（WEO2015におけるCO2排出量実績から試算）
- これは、日本全体のCO2排出量（約13億トン）に匹敵する規模。

石炭火力発電からのCO2排出量実績（2013）と日本の最高効率適用ケース



參考資料

我が国のCCS政策について

2020年頃のCCS技術の実用化を目指した取組を実施。

- CCSトータルシステムの実用規模での実証に向けた、苫小牧でのCCS実証事業
- コスト低減、操業効率の向上に向けた、要素技術の研究開発事業
- 日本近海でのCO₂貯留候補地の選定に向けた、貯留適地の調査事業

事業名 \ 年度	2015	2016	2017	2018	2019	2020 ~
----------	------	------	------	------	------	--------

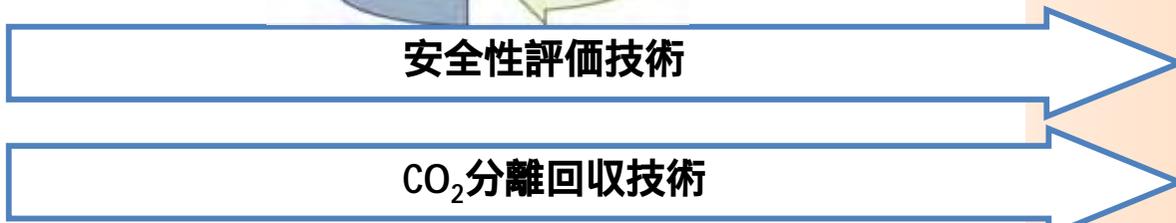
**実証試験
(苫小牧)**



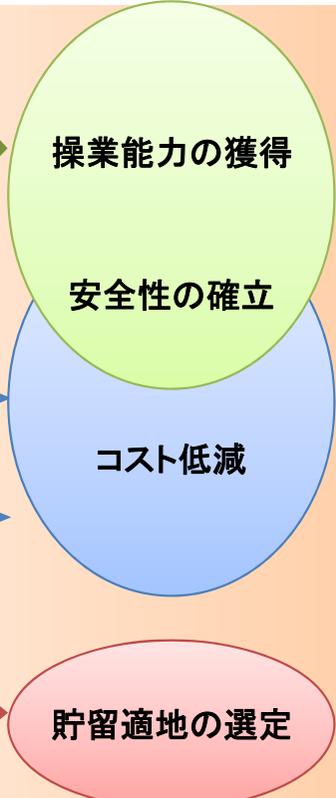
※ 二酸化炭素削減技術実証試験事業



研究開発



貯留適地の調査



**CCS技術
の
実用化**



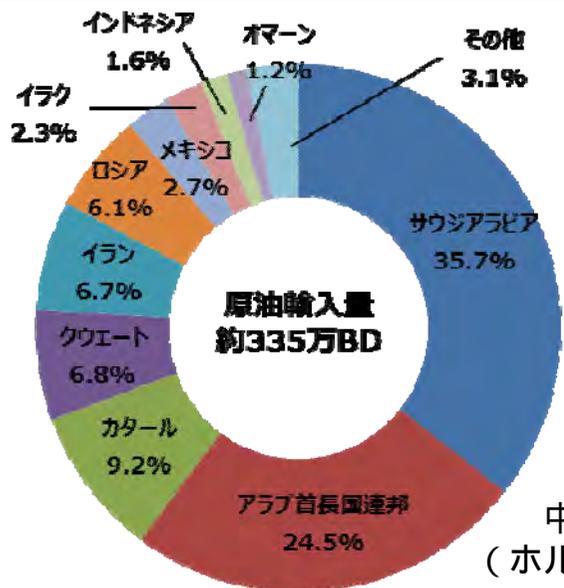
日本の化石燃料の輸入先（石炭の安定供給性）

- 中東依存度については、原油は86%と高く、天然ガスも24%となっているが、石炭は0%と不安定な中東情勢の影響を受けにくく、安定供給性が高い。



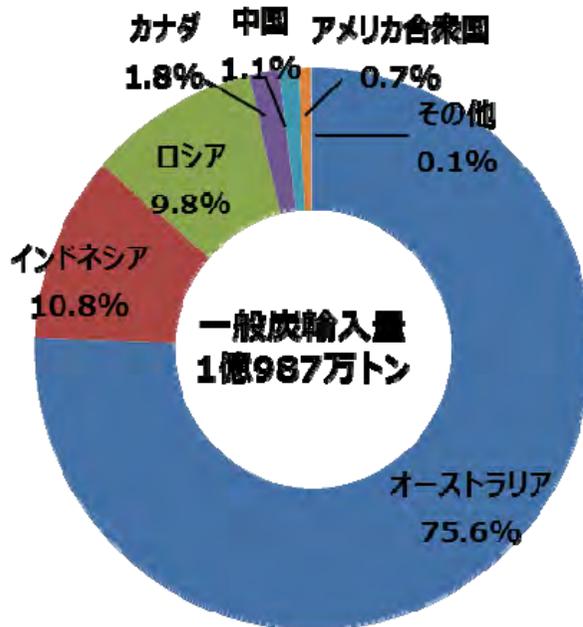
ホルムズ海峡

原油（2016年）



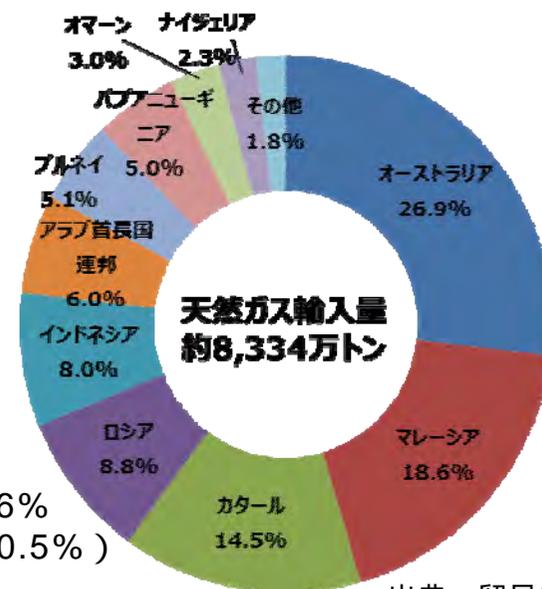
中東依存度 86.4%
(ホルムズ依存度 85.2%)

石炭（2016年）



中東依存度 0%
(ホルムズ依存度 0%)

天然ガス（2016年）

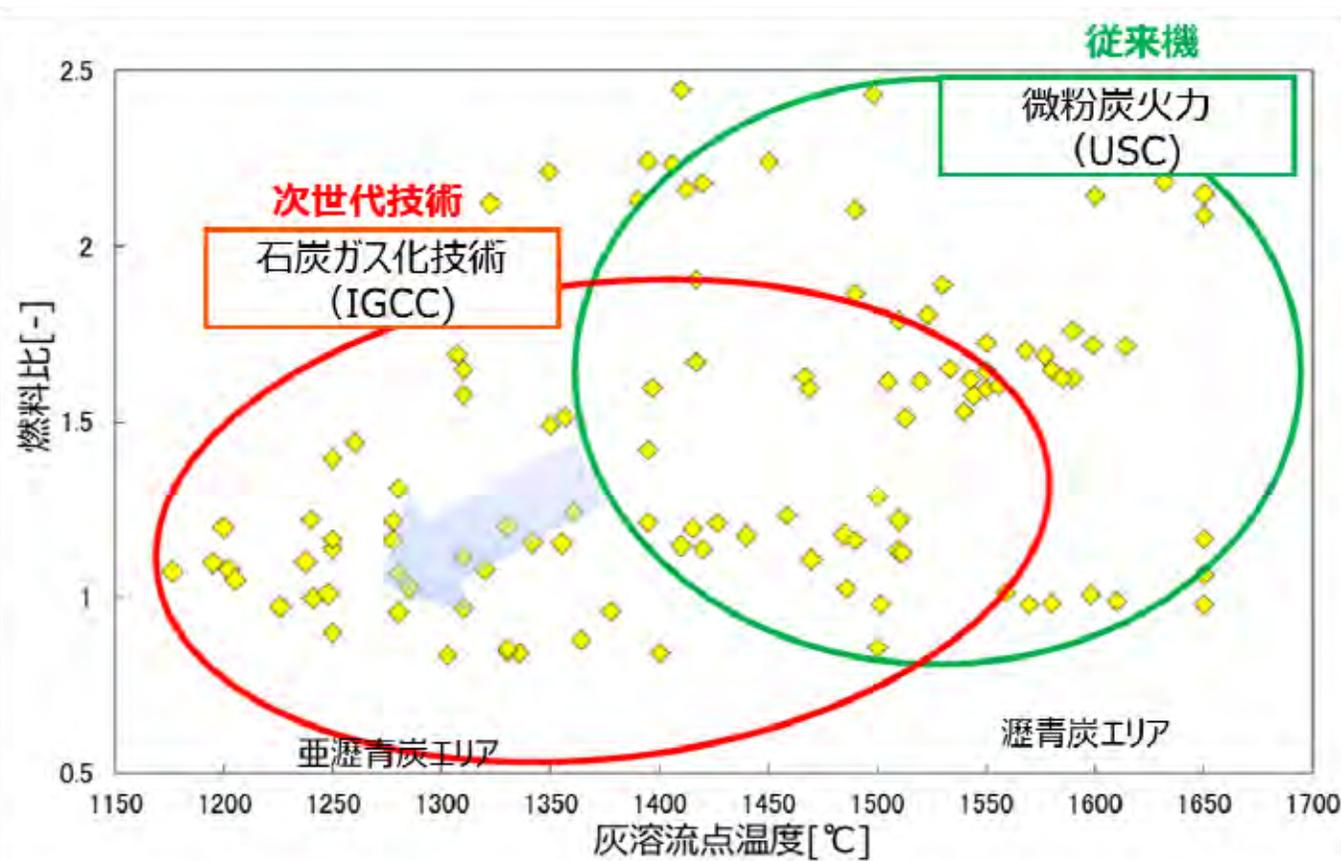


中東依存度 23.6%
(ホルムズ依存度 20.5%)

エネルギーセキュリティの向上

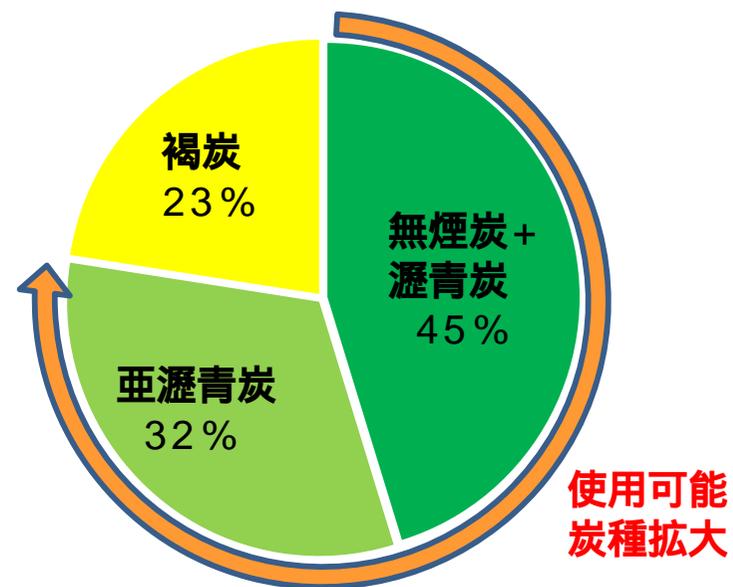
- これまでに活用できなかった低品位炭を次世代火力発電技術により活用可能にすることで、エネルギーセキュリティ向上も目指す。

石炭ガス化技術により使用可能な炭種



出典：大崎クールジェン（株）より提供

世界の石炭埋蔵量 (8,915億3千万トン)



出典：財務省貿易統計（2014年）より推計

実用化に向けた取組 ～国際展開シナリオ～

● 国及び民間の取組

○ 国

東南アジアを中心に、自国産の資源賦存状況や経済性等を総合的に勘案し石炭を選択する国に対し、IGCC等の我が国の先進火力技術について、政府関係者の招聘、我が国専門家の派遣や政府ハイレベルのエネルギー政策対話等の普及活動を通じ、当該技術の環境優位性や性能について理解促進を図り、当該国への普及・展開を行っている。当該技術を活用した事業実現可能性調査支援や我が国政府系金融機関と連携した金融支援等、具体的案件組成支援も行っている。また、昨年策定した「次世代火力発電に係る技術ロードマップ」においても海外展開の取組を位置付けている。なお、技術開発から海外展開まで省内においては一貫して石炭課が担当しており技術開発の成果をシームレスに海外展開できる体制を構築している。その上で在外公館などとも連携して海外への展開を支援している。またNEDOにおいても同様に環境部が一貫して担当している。（「総合科学技術・イノベーション会議が実施する国家的に重要な研究開発の評価結果（平成27年12月）」に対する回答。）

○ 民間（NEDO・企業）

我が国独自の高性能酸素吹石炭ガス化技術と、我が国が誇るO&M技術をパッケージ化し、官民一体（メーカー含む）となったオールジャパン体制でのインフラシステム輸出につなげるべく、海外市場に対して「高効率化、CO2削減等」の従来石炭火力との優位性をアピールし、低廉な低品位炭に適した発電方式として、今後、電力需要が拡大し、石炭火力発電の普及拡大が見込まれるアジア・大洋州を中心に海外普及を図る。



総合科学技術・イノベーション会議 評価専門調査会
「石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業」
の中間評価に係る資料

平成29年10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

目次

1. プロジェクトの概要	2
2. 進捗・実績	4
3. 情勢変化への対応	9
4. 今後の計画・目標値	11
5. 実用化に向けた取組	15
6. マネジメント・外部評価	19
参考資料	22

1. プロジェクトの概要 (1 / 2)

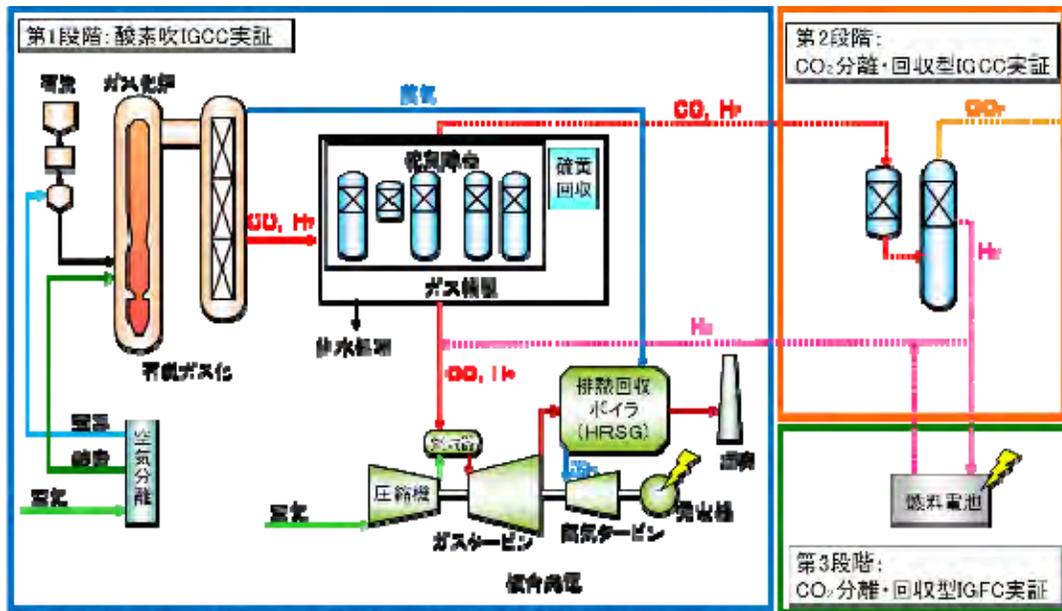
【事業目的】石炭火力発電からのCO₂排出量を大幅に削減させるべく、究極の高効率発電技術であるIGFC*2とCO₂分離回収を組み合わせた革新的低炭素石炭火力発電技術の実現を目指す。

【実施内容】第1段階：高効率発電技術である酸素吹IGCC*1実証

第2段階：IGCCにCO₂分離回収技術を組み合わせたCO₂分離・回収型酸素吹IGCC実証

第3段階：第2段階に燃料電池を組み合わせたCO₂分離・回収型IGFC*2実証

【事業者(予定含む)】大崎クールジェン株式会社、株式会社日立製作所(第2段階のみ)



順次石炭ガス化炉・水素発生炉・空気分離装置等のCO₂分離回収設備及び発電試験設備を構築していき、

出典；大崎クールジェンより提供

年度	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度
第1段階 酸素吹IGCC実証	詳細設計・建設					実証試験				
第2段階 CO ₂ 分離・回収型IGCC実証				詳細設計・建設			実証試験			
第3段階 CO ₂ 分離・回収型IGFC実証						詳細設計・建設			実証試験	

プロジェクト概要と事業スケジュール

- *1：Integrated Coal Gasification Combined Cycle (石炭ガス化複合発電)
- *2：Integrated Coal Gasification Fuel Cell Combined Cycle (石炭ガス化燃料電池複合発電)

1. プロジェクトの概要(2/2) ～費用～

費用(第1段階+第2段階)

(単位:億円)

研究開発項目	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	総額
【第1段階】 酸素吹IGCC実証 (助成率1/3)	13.7 (41.2)	70.0 (210.0)	62.4 (187.1)	57.7 (173.0)	38.5 (115.4)	16.0 (48.0)	20.7 (62.0)	—	—	—	278.9 (836.7)
【第2段階】 CO ₂ 分離・回収型IGCC実証 (助成率2/3)	—	—	—	—	3.1 (4.7)	28.9 (43.3)	47.4 (71.1)	66.3 (99.4)	37.7 (56.5)	—	183.3 (275.0)
合計	13.7 (41.2)	70.0 (210.0)	62.4 (187.1)	57.7 (173.0)	41.6 (120.1)	44.9 (91.3)	68.1 (133.1)	66.3 (99.4)	37.7 (56.5)	—	462.2 (1111.7)

 : METI事業期間 上段: NEDO助成額
 : NEDO事業期間 下段: (総事業費)

2018年度以降は見込額

* 第3段階の総事業費: 70億円程度(事業者/NEDOの試算)、助成率は検討中

* 上表はNEDO中間評価分科会(5/12)の公開資料より抜粋したもの

2. 進捗・実績 ～第1段階 目標～

実証試験項目	実証試験目標	根拠
基本性能 (プラント性能・環境性能)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ IGCC実証プラント送電端効率40.5%程度(送電端、HHV)達成 ➤ 環境目標値(O₂:16%換算) SO_x:8ppm、NO_x:5ppm、ばいじん:3mg/m³N 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 1,300級GTを採用する実証試験設備で送電端効率40.5%を達成すれば、1,500級GTを採用する商用機で送電端効率約46%達成の見通しを得ることができる。 ➤ 最新の微粉炭火力発電と同等の環境緒元を達成することが求められる。
多炭種適用性	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 炭種性状適合範囲の把握 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 酸素吹IGCC商用機には、微粉炭火力に適合しがたい灰融点の低い亜瀝青炭から灰融点の高い瀝青炭までの適用炭種の広さが求められる。
設備信頼性	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 商用機において年利用率70%以上の見通しが得られること(長時間耐久試験:5,000時間) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 我が国における微粉炭火力の稼働率は70%以上で運用されており、酸素吹IGCC商用機においても同等の信頼性が求められる。
プラント制御性・運用性	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 事業用火力設備として必要な運用特性・制御性を確認する(負荷変化率:1~3%/分) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 我が国における微粉炭火力と同等の制御性、運用性が求められる。
経済性	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 商用機において発電原価が微粉炭火力と同等以下になる見通しが得られること 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 国内外において酸素吹IGCC商用機を普及するためには、発電原価を微粉炭火力と同等以下とすることが求められる。

2. 進捗・実績 ～第2段階 目標～

実証試験項目	実証試験目標	根拠
基本性能 (発電効率)	新設商用機(1,500℃級IGCC)において、CO ₂ を90%回収しつつ、送電端効率40%程度の見通しを得る。	CO ₂ 分離回収時のエネルギーロスによる発電効率の低下に対し、CO ₂ を90%回収しつつ現状の微粉炭火力と同等レベルの発電効率40%程度の見通しを得ることがCO ₂ 分離・回収型IGCCの普及につながる。
基本性能 (回収効率・純度)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ CO₂分離回収装置におけるCO₂回収効率: 90%以上 ➢ 回収CO₂純度: 99%以上 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 革新的低炭素火力実現のためにCO₂回収効率90%以上を目標とする。 ➢ CO₂地中貯留に求められる可能性があるCO₂純度99%以上を目標とする。
プラント運用性・信頼性	CO ₂ 分離・回収型IGCCシステムの運用手法を確立し、信頼性について検証する。	商用化のためには、プラントの起動停止や、発電所特有の負荷変動に対し、IGCC本体に追従した運用手法を確立し信頼性を検証する必要がある。
経済性	商用機におけるCO ₂ 分離回収の費用原単位について技術ロードマップに示された費用原単位をベンチマークとして評価する。	CO ₂ 分離・回収型IGCCを普及するためには費用原単位の評価が必要である。
低温作動型サワーシフト触媒実証研究	低温作動型サワーシフト触媒を対象として、従来触媒比0.8ptの効率改善(発電端効率40%)が達成可能な条件にて1年程度の性能維持を確認する。	過去に実施した実証試験では、シフト反応器単段かつ1,000時間の短期運転により、初期性能の維持を確認した。本事業では、商用プロセスを想定し、シフト反応器を多段構成とし1年程度の長期試験を行うことで実用化に耐えうる安定性、耐久性を評価する。

2. 進捗・実績 ～設備全景～



2. 進捗・実績 ～第1段階 目標の達成状況～

【発電効率】

プラント性能試験にて、送電端効率40.8%を確認し、当初目標を達成した。

項目	実績	計画値または 目標値
発電端出力	165.6 MW	計画値 165.9 MW
所内動力	25.3 MW	計画値 26.0 MW
送電端出力	140.3 MW	計画値 139.9 MW
冷ガス効率	82.7 %	計画値 82.1 %
発電端効率 (HHV)	48.1 % *	計画値 48.0 %
送電端効率 (HHV)	40.8 % *	目標値 40.5 % 以上

*補正值

【環境性能】

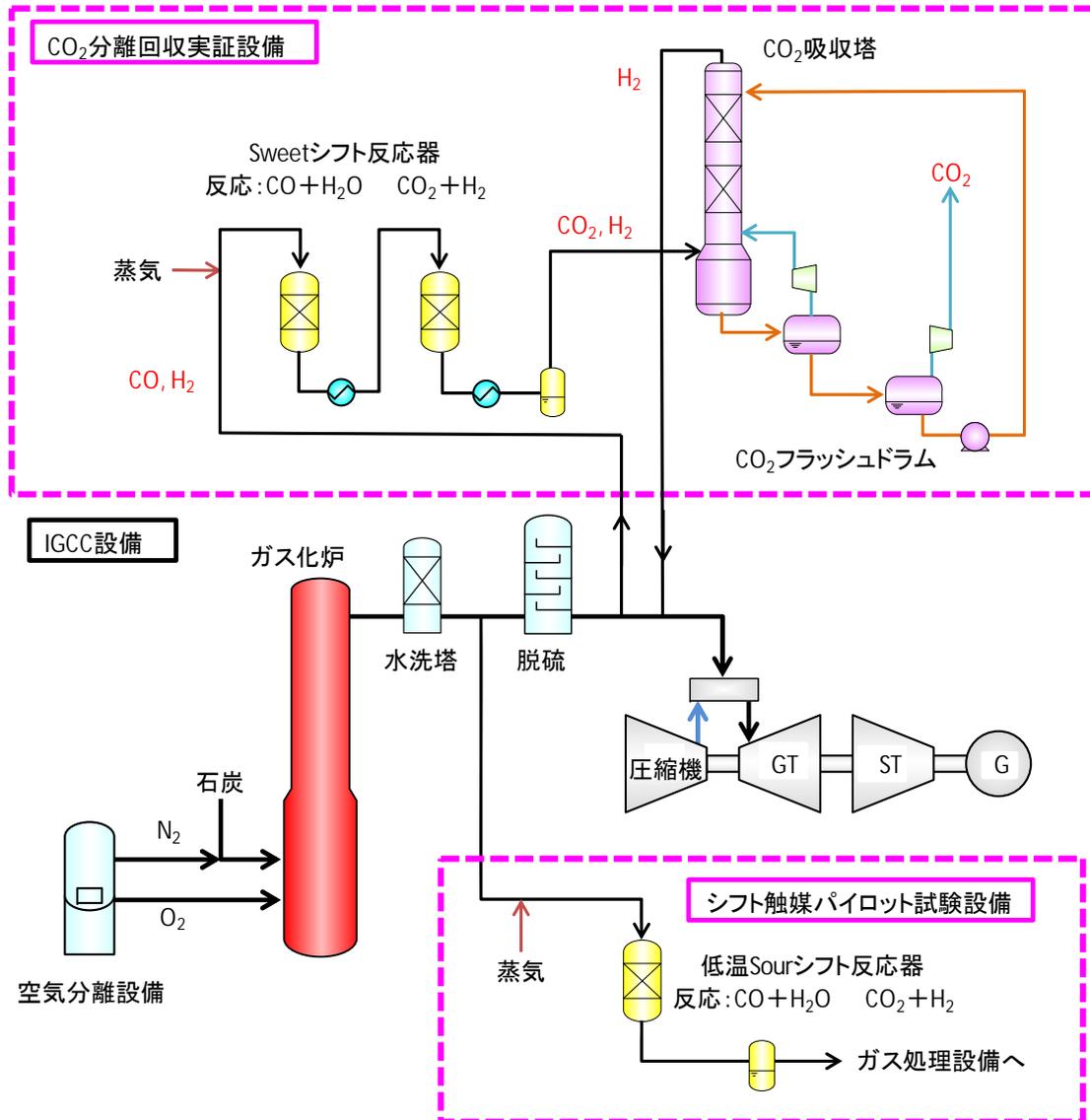
プラント性能試験にて、煙突入口排ガスばい煙値が目標値以下となっていることを確認し、当初目標を達成した。

項目		単位	目標値	実績	環境保全対策
硫黄酸化物 (SO _x)	排出濃度	ppm	8	<8	湿式化学吸収法および湿式石灰石石膏法による脱硫
窒素酸化物 (NO _x)	排出濃度	ppm	5	<5	ガスタービン (GT) 低NO _x 燃焼器および乾式アンモニア接触還元法による脱硝
ばいじん	排出濃度	mg/m ³ N	3	<3	サイクロン・キャンドル型フィルタによる乾式脱じん

注：排出濃度は乾きガスベースでO₂=16%換算値

2. 進捗・実績 ～第2段階 目標の達成状況～

設備の基本設計を完了し、2019年度からの実証試験に向けてスケジュール通りに進捗している。



OCG第2段階 実証システムフロー図

3. 情勢の変化への対応

CO₂分離・回収型IGCCに係る技術動向調査

- ✓ 酸素吹IGCCとCCSを組み合わせたパッケージとしての石炭ガス化複合発電技術の確立に向けて、以下の調査を実施している。
 - ・ CO₂貯留実証事業を実施する日本CCS調査との情報交換会を実施すると共に、IGCCからのCO₂分離回収技術や貯留技術に関する調査を進めている。
 - ・ 本事業では、温室効果ガス削減に向けて、CO₂分離回収技術のうち現時点で最も優位な物理吸収法を採用し、IGCCからのCO₂分離回収技術の確立を目指しているが、更なる分離回収コスト削減に向けて、固体吸収法や膜分離法の最新動向の調査も進めている。

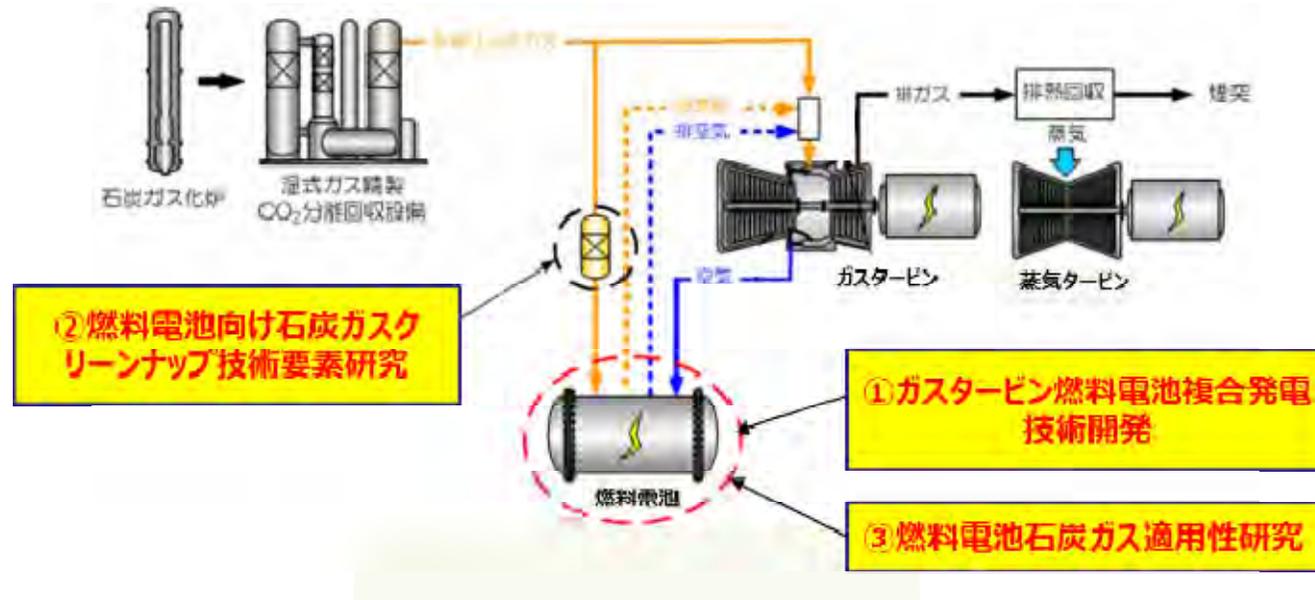


出典：次世代火力発電に係る技術ロードマップ技術参考資料集（2016.6）

4. 今後の計画・目標値～第3段階にむけた事前検討計画～

IGFC技術確立に向けた要素技術開発

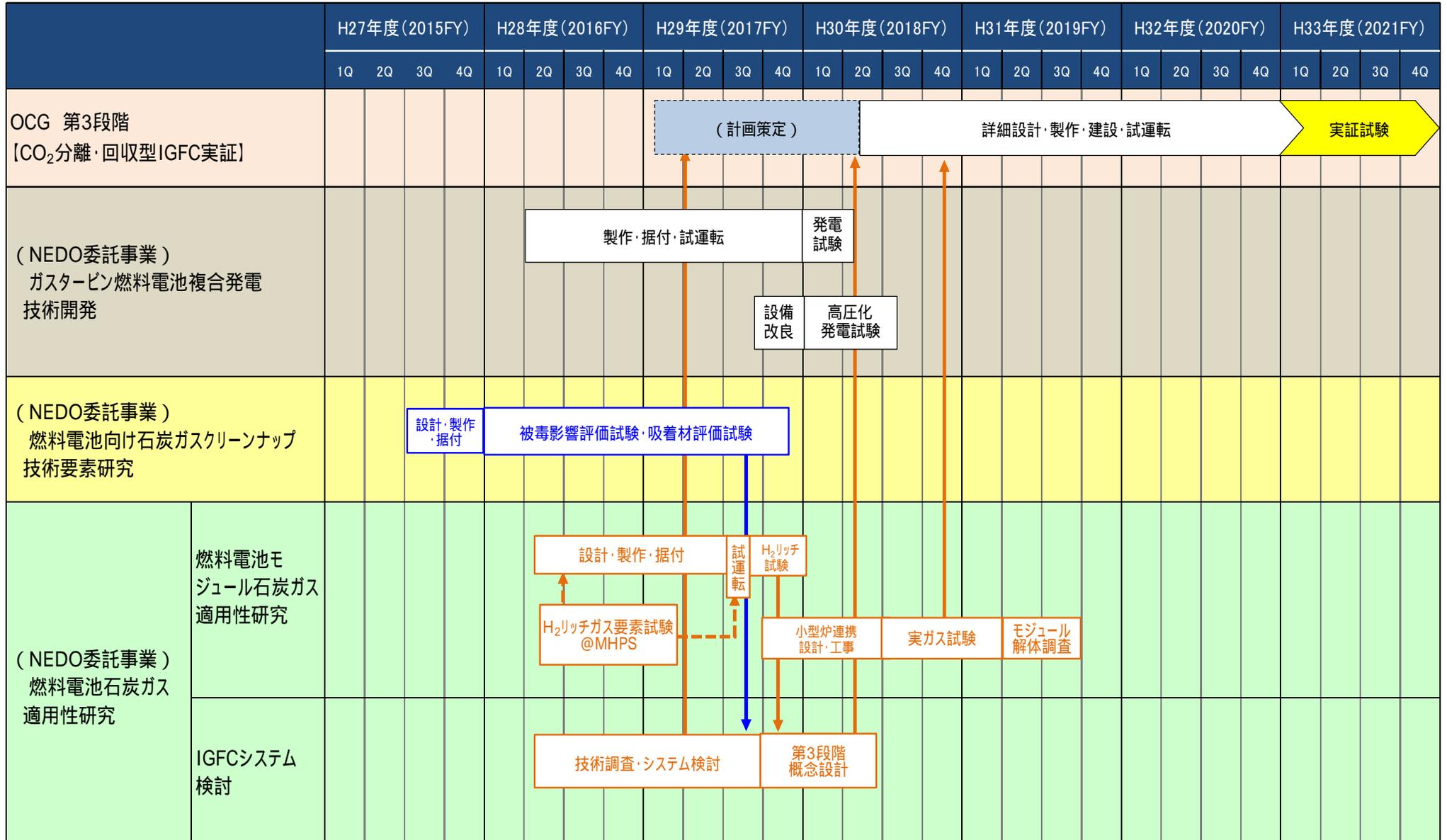
IGFC技術確立に向けた技術課題は燃料電池の大容量化・高圧化と燃料電池への石炭ガスの適用性と整理されており、NEDO委託事業でこれらに関する要素技術開発を行っている。



IGFC技術確立に向けた要素技術開発（NEDO委託事業：環境部）

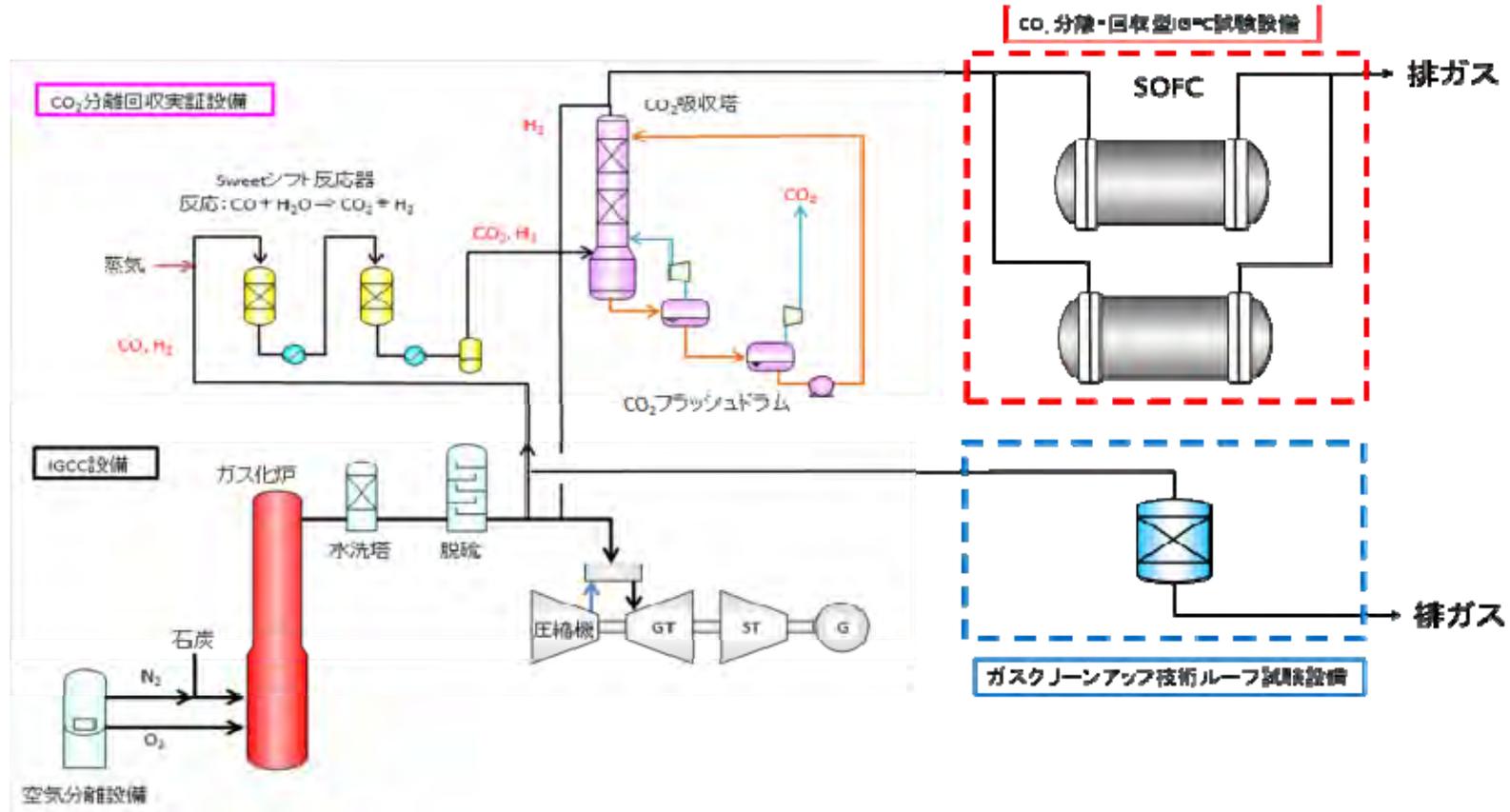
課題	委託事業名	委託先
燃料電池の大容量化, 高圧化	①ガスタービン燃料電池複合発電技術開発	三菱日立パワーシステムズ（株） 日本特殊陶業（株）
燃料電池への石炭ガスの適用	②燃料電池向け石炭ガスクリーンナップ技術要素研究	電源開発（株）
	③燃料電池石炭ガス適用性研究	燃料電池モジュールの石炭ガス適用性研究 電源開発（株）
	IGFCシステムの検討	電源開発（株） 中国電力（株）

4. 今後の計画・目標値 ～IGFC確立に向けた取組み～



4. 今後の計画・目標値 ～第3段階の設備基本計画～

燃料電池	固体酸化物形燃料電池 (SOFC)
実証規模	0.6MW級モジュール×複数台
システム概要	<ul style="list-style-type: none"> ・CO₂分離・回収型IGCC設備のCO₂分離後の水素リッチガスを分岐し、SOFCに導入する。 ・IGCC脱硫後、CO₂分離前の石炭ガス化ガスを分岐し、ガスクリーンアップ技術の実証試験を行う。



4. 今後の計画・目標値～第3段階の研究開発目標～

研究開発項目	研究開発目標	根拠
システムの検証	CO ₂ 分離・回収型IGFC商用機 (500MW級)として、CO ₂ 回収率 90%の条件で、送電端効率47% (HHV)程度の達成見通しを得る。	新設商用IGFC(500MW級)において、 CO ₂ を90%回収しつつ、発電効率47%程度 (送電端、HHV)の見通しを得ることで、 低炭素排出かつCO ₂ 分離・回収型IGCC から更に高効率の石炭火力発電技術を 確立することができる。
プラント耐久性・信頼性の検証	燃料電池の耐久性として天然ガス 燃料並みであること ・電圧低下率： 0.1% / 1,000 時間程度以下 設備信頼性として天然ガス燃料並 みの運転時間であること ・運転時間： 3,000時間程度	石炭ガス化ガスを用いて、天然ガス燃料 並みの耐久性及び設備信頼性について 確認出来れば、IGFCの技術確立に向け た見通しを得ることが出来る。

5. 実用化に向けた取組 ～知財・標準化戦略～

知財戦略

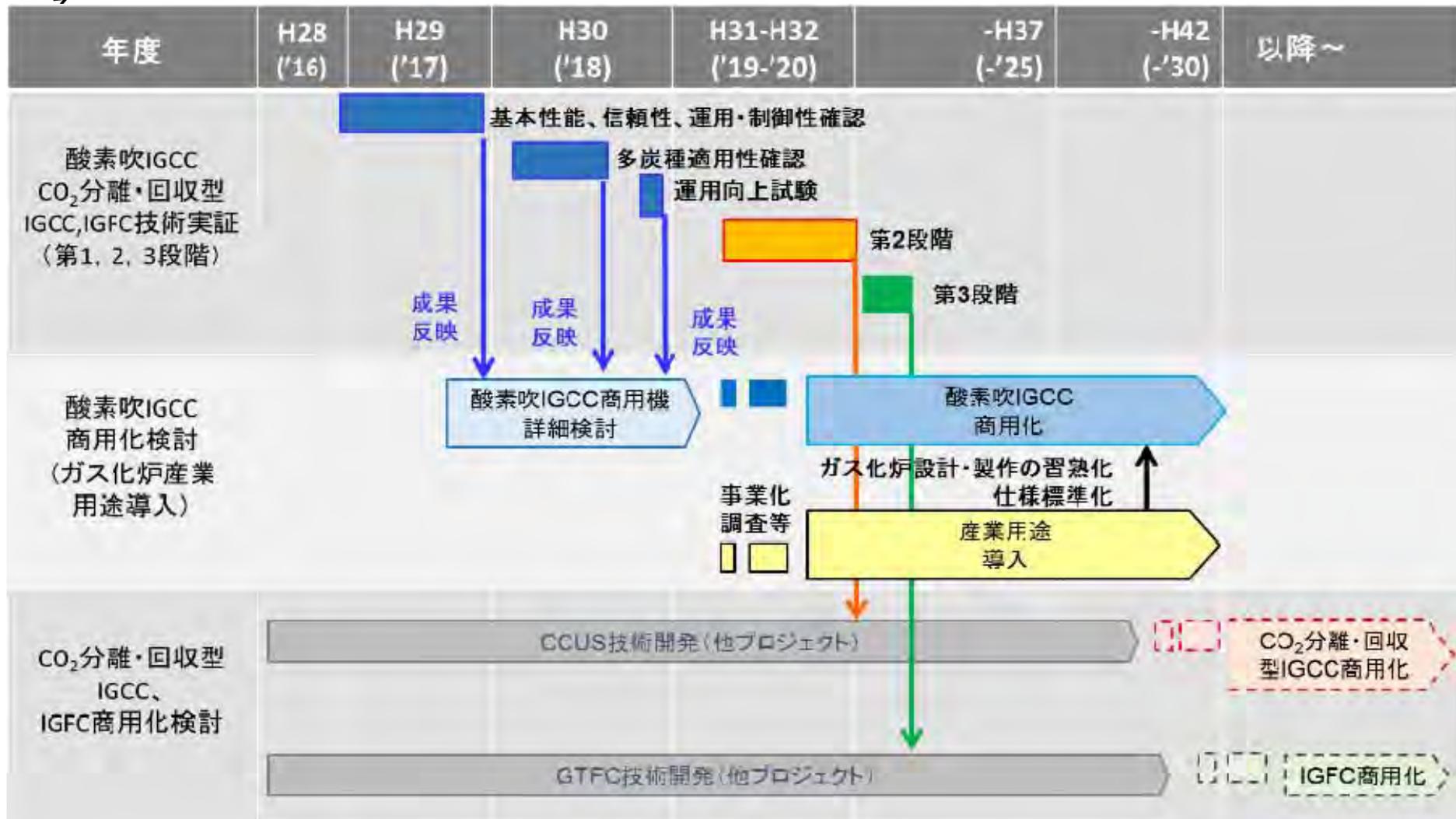
- 本事業で得られる知的財産としては、主に以下の2つが考えられる。
 - ・ガス化炉等のスケールアップにおける最適化などのプラント設計上の基本技術的な知的財産
 - ・IGCC/IGFC(CO₂分離回収も含む)発電プラントとしてのオペレーション・メンテナンスなどの運用面に関する知的財産
- オペレーション・メンテナンスなどの運用面に関する知的財産については、ノウハウ化(秘匿化)することで、競合他社への優位性を確保する方が有益である場合も考えられるため、本事業にて得られる知的財産については、プロジェクトに関する各メーカーと、将来的な事業展開に活用できるような知財協定等を締結し、得られた知財について、その内容に応じて特許化またはノウハウ化(秘匿化)を行い、国際展開を図る。

標準化戦略

- 現状において、IGCC/IGFC(CO₂分離回収も含む)設備として国際標準化されていないが、IGCCの技術を促進することによって、デファクトスタンダード化を目指し、国際展開を図る。また、別途行われている火力発電に関する規格開発を注視し、必要に応じて情報収集を行っている。

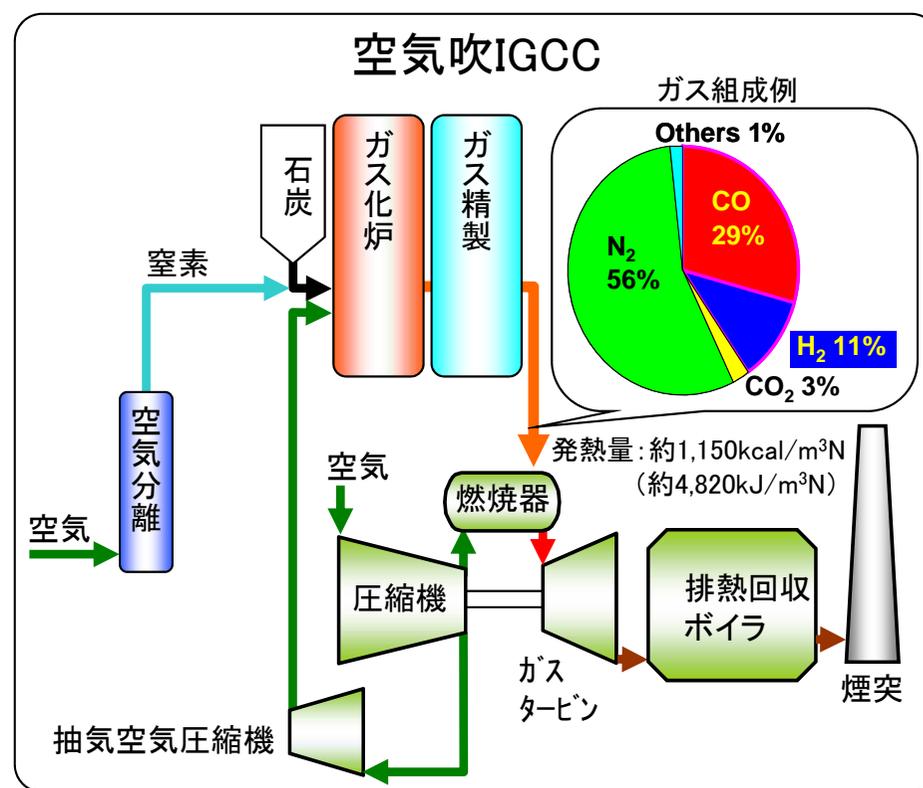
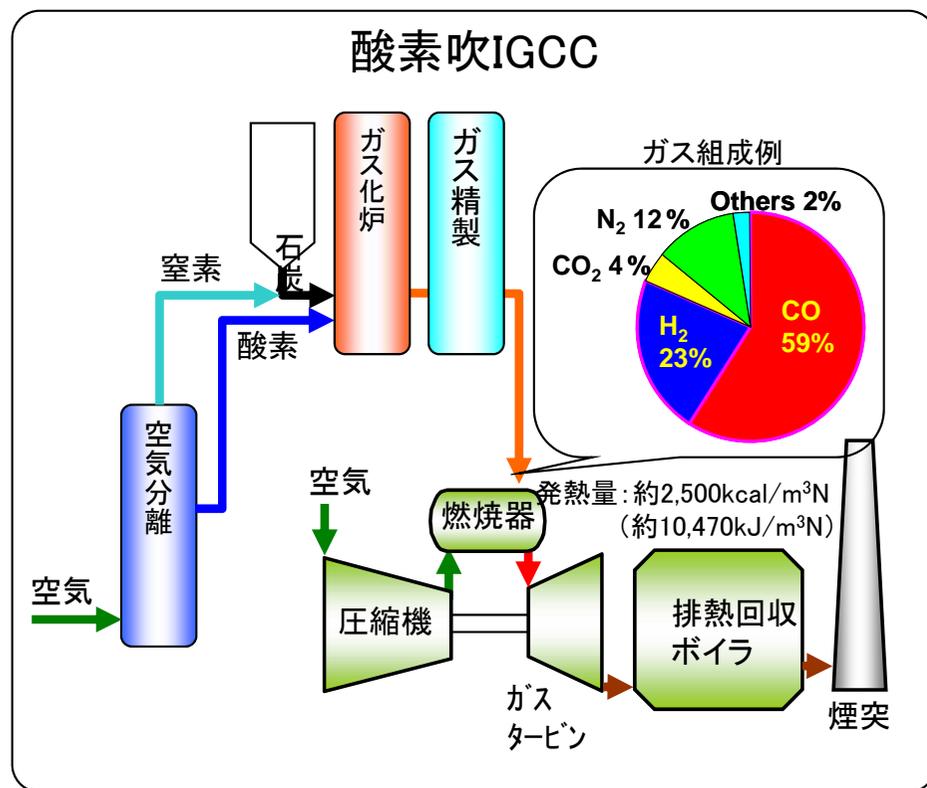
5. 実用化に向けた取組 ～実用化に向けたスケジュール～

- 第1段階実証成果を踏まえて、事業者は商用規模(大型機)の主要設備・付属機器の合理化やトラブル事例の恒久対策等の詳細検討を行い、商用化を図る。併せて産業用途への導入により、ガス化炉の設計・政策の習熟化、仕様標準化によるコスト削減を図る。
- CO₂分離・回収型IGCC、IGFCについても、第2段階、第3段階の実証試験において技術確立後、他プロジェクトの技術開発を踏まえて、事業者は詳細検討・事業化検討を実施した後、商用化を図



5. 実用化に向けた取組～酸素吹IGCCと空気吹IGCCの比較～

- 噴流床石炭ガス化方式には「酸素吹」と「空気吹」の2方式あり、本事業では「酸素吹」を採用している。「酸素吹」は「空気吹」と比較して空気分離設備が大きくなるものの、ガス化炉設備やガス精製設備が小さくできる。
- また、以下の特長があり、IGCC/IGFCに加え、化学用途など多目的に適用が可能であると共に高温ガスタービン、CO₂分離回収への親和性も高い。
 - ✓ 石炭をガスに転換する効率(冷ガス効率)が高い。
 - ✓ 生成ガスの主成分は有用成分であるCO、H₂



5. 実用化に向けた取組 ～海外における競争力～

調査例 インドネシア共和国

➤ 石炭資源

- 世界第1位の一般炭輸出国であり、IGCCに適した亜瀝青炭、褐炭を豊富に埋蔵している。

➤ 電力事情

- 今後10年で300TWhの電力需要の伸びが見込まれている（現況比ほぼ倍増）。また、電力の50%以上を石炭火力で賄う計画。
- 今後はスマトラ、カリマンタンでの中小規模（200～600MW）の山元石炭火力の開発が中心になる。スマトラ、カリマンタンは亜瀝青炭、褐炭を豊富に埋蔵されている。
- PLN（国有電力会社）は、低エミッションで高効率なクリーンコールテクノロジーを志向している。IGCC、IGFCに高い関心を持っており、それらの商用化が待たれている。
- IGCCについて、水の消費量やコスト等関心あり。

➤ CCUS

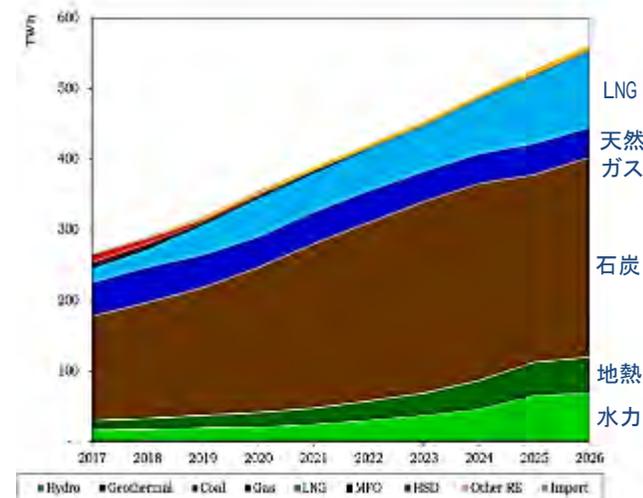
- 国家事業でCCUS・EORのパイロット試験を実施中（2016～2018年）であり、CO₂回収技術の導入の素地あり。

➤ 化成品

- メタノール、尿素、アンモニアを輸入しており、自国石炭によりこれらを生産し、国内および周辺需要国に供給するスキームの検討余地あり。

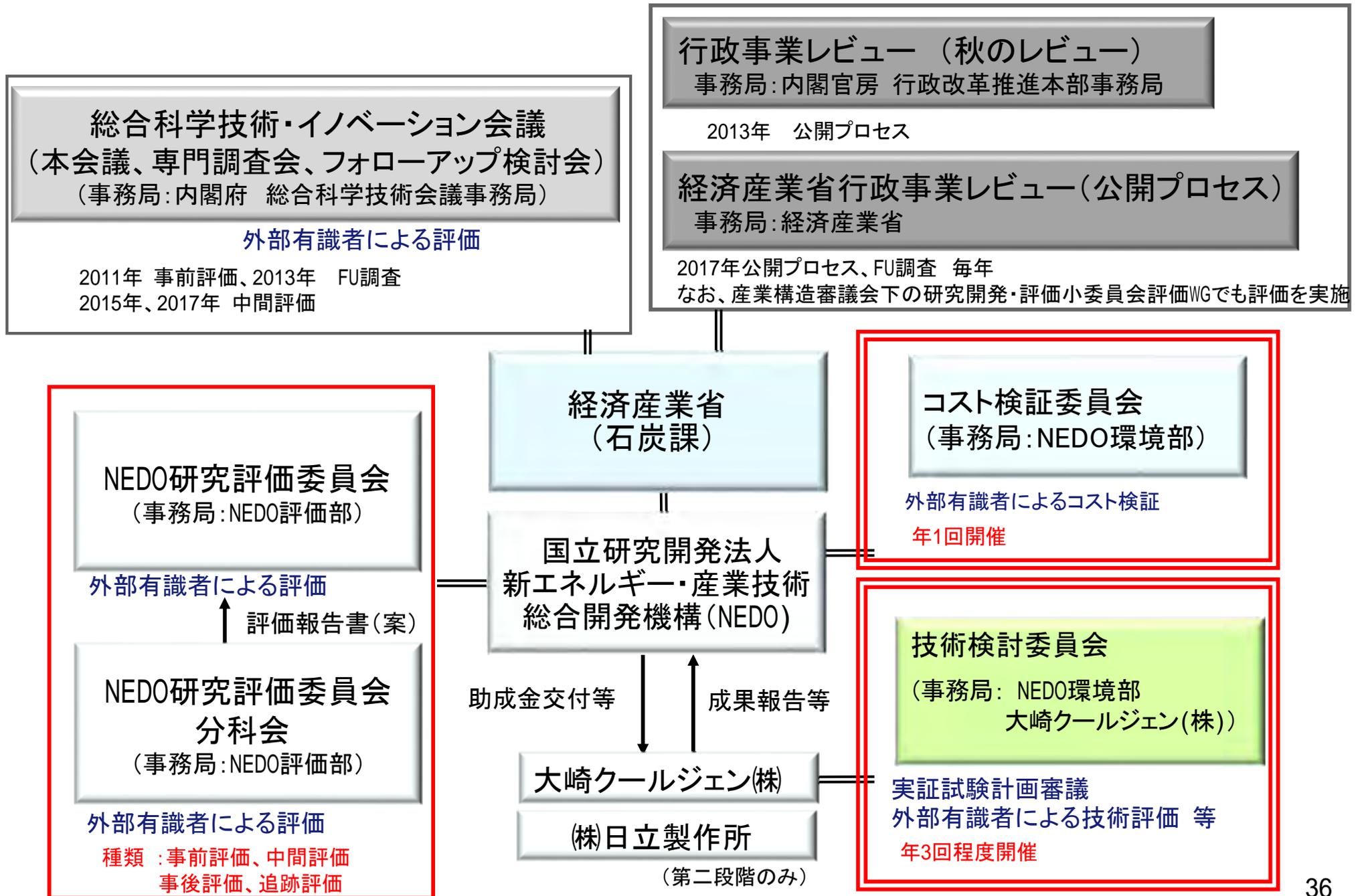


インドネシア 電力構成の推移予測(2017-2026)

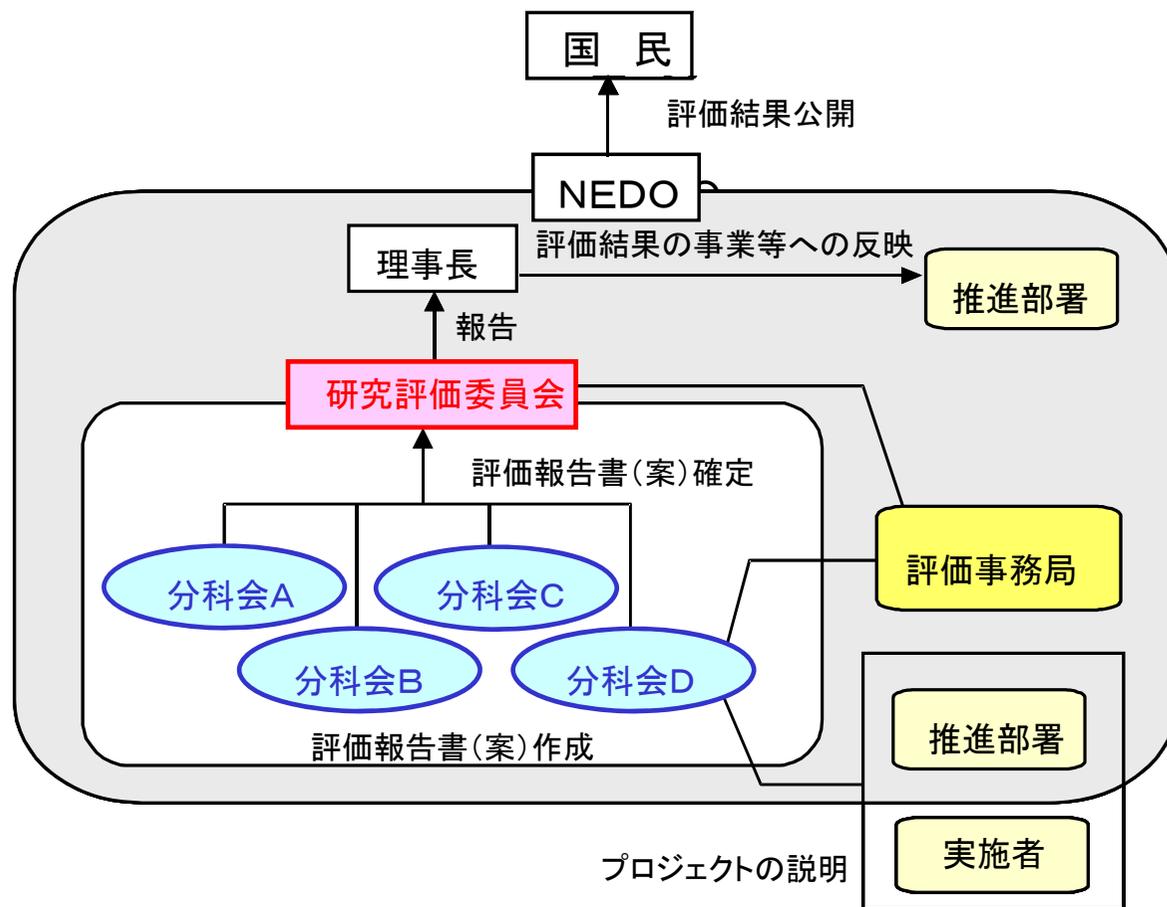


出典：RUPTL 2017-2026 PLN

6. マネジメント・外部評価 ～評価体制～



6. マネジメント・外部評価 ～評価の実施体制と手順～



NEDO研究評価委員会

- ・評価案件ごとに分科会を設置
- ・評価報告書を確定し、理事長へ報告

分科会

- ・外部の専門家、有識者で構成
- ・プロジェクトの研究評価を実施
(評価コメントを作成、評点付け)
(実質的な評価の場)
- ・評価報告書(案)を作成

評価報告書の取扱い

- ・国民に公開

評価委員	研究開発成果の技術的、経済的、社会的意義について評価できるNEDO外部の専門家、有識者
プロジェクト推進・実施部門	NEDOプロジェクト担当部、プロジェクトの実施機関
事務局	NEDO評価部

6. マネジメント・外部評価 ～評価の実施体制と手順～

	評価項目・評価基準	
---	-----------	--

1. 事業の位置付け・必要性

- (1) 事業目的の妥当性
- (2) NEDOの事業としての妥当性

2. 研究開発マネジメント

- (1) 研究開発目標の妥当性
- (2) 研究開発計画の妥当性
- (3) 研究開発実施体制の妥当性
- (4) 研究開発の進捗管理の妥当性
- (5) 知的財産等に関する戦略の妥当性

3. 研究開発成果

- (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義
- (2) 成果の最終目標の達成可能性
- (3) 成果の普及
- (4) 知的財産権等の確保に向けた取組

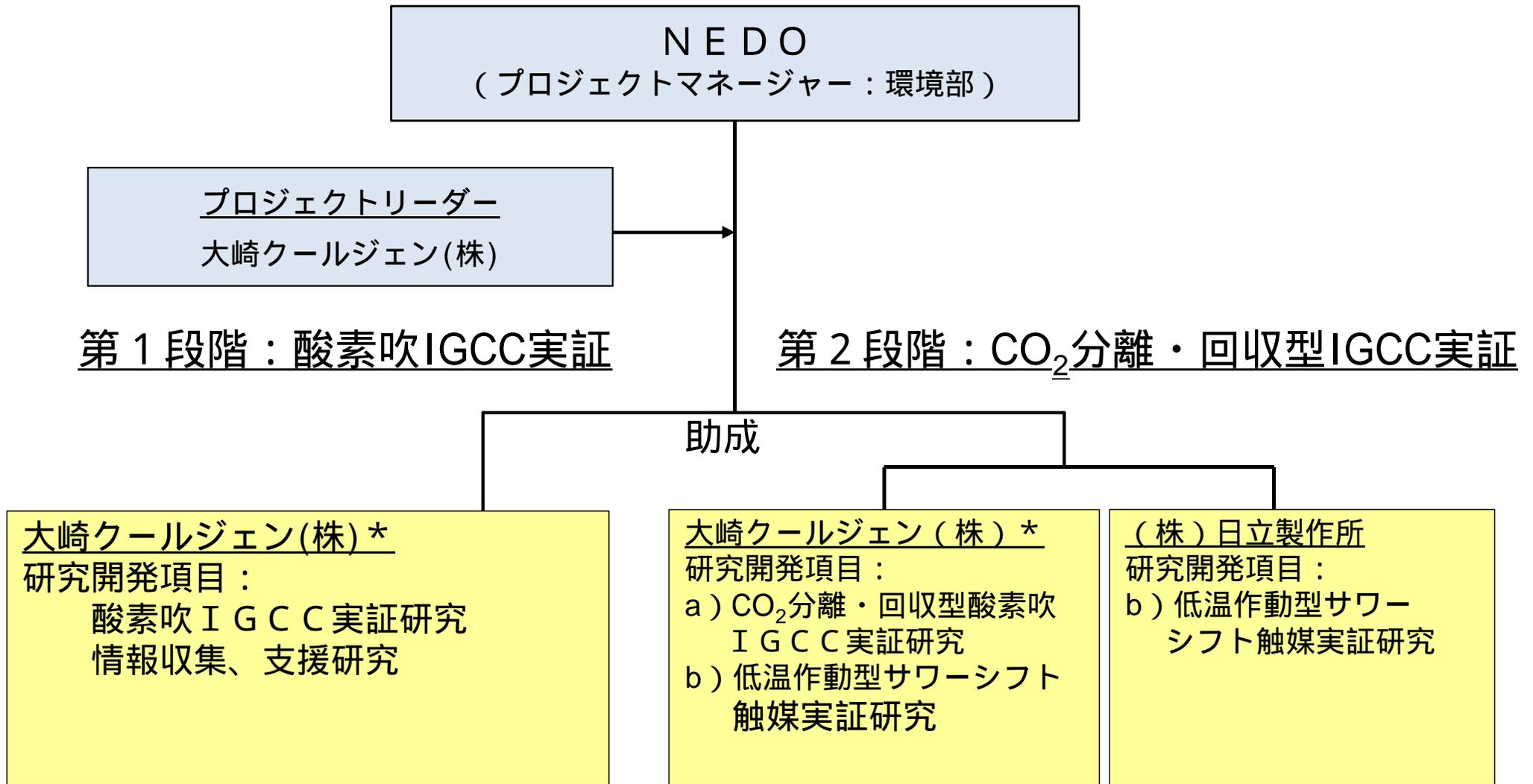
4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通し

- (1) 成果の実用化・事業化に向けた戦略
- (2) 成果の実用化・事業化に向けた具体的取組
- (3) 成果の実用化・事業化の見通し

評価結果を分かりやすく提示すること、評価報告書を取りまとめる際の議論の参考、評価結果を補足するために、上記評価項目に対し、A・B・C・Dの4段階の評点付けも行っている。

参 考 资 料

【参考1-1】プロジェクトの概要～実施体制～



* 大崎クールジェン(株)：
中国電力(株)，電源開発(株)の
共同出資会社

第3段階：CO₂分離・回収型IGFC実証
実施体制検討中

【参考2-1】進捗・実績 ～開発経緯～

酸素吹き噴流床ガス化技術、CO₂分離回収技術 開発ステップ

1995～2014

EAGLEプロジェクト

所在地:福岡県 北九州市 若松区

石炭使用量:150t/day

ガス化運転時間:累計約14,500h

- 高効率ガス化炉の確立(冷ガス効率 82%、ガス発熱量 10.1MJ/Nm³、カーボン転換率 99%)
- 高度ガス精製技術の確立(硫黄化合物・ハロゲン化合物・アンモニア 1ppm、ばいじん 1mg/Nm³)
- 長期連続運転により信頼性を確認(連続運転時間1,295h)、高灰融点炭含む多炭種適合性の確認
- スケールアップデータを取得し、実証機設計に必要な基礎データを取得。
- CO₂分離回収技術の確立を目的に、化学吸収法、物理吸収法の試験を実施し、エネルギーロスの低減を図った。(尚、CO₂分離・回収装置を構成する技術は商用レベルにあり、スケールアップの設計技術は確立されている)

×8倍

2012～2022

大崎クールジェンププロジェクト

所在地:広島県 豊田郡 大崎上島町

石炭使用量:1,180t/day, 出力:166MW

- 実証プラントの性能、多炭種適用、運用性確認
- 長時間耐久試験による設備信頼性確認
- スケールアップの検証
- CO₂分離・回収型IGCCの性能、運用性確認
- CO₂分離・回収型IGFCのシステム検証

×2～3倍

商用機

石炭使用量:2,000～3,000t/day程度

出力:300～500MW級

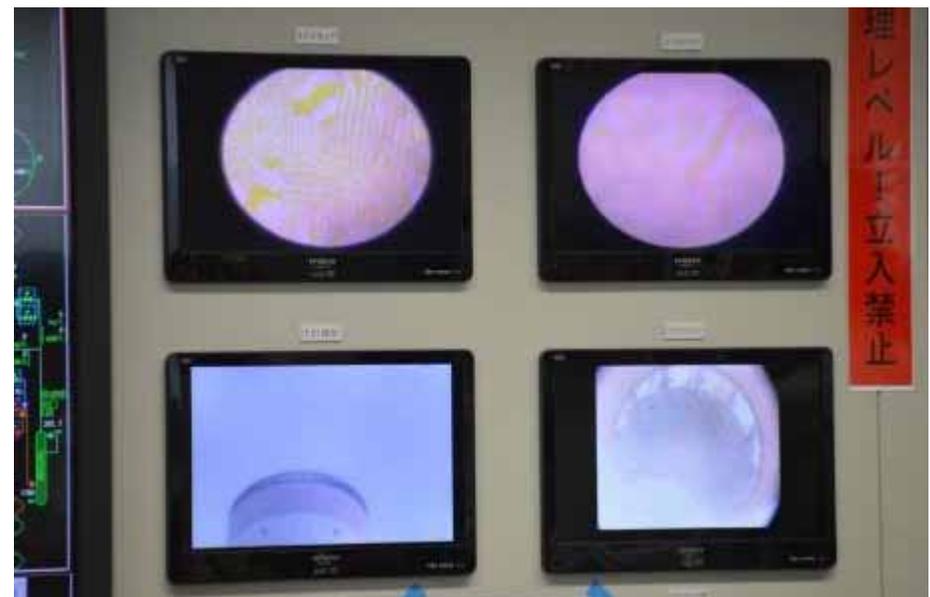
- 1,500 級ガスタービン適用による効率向上
- 革新的低炭素石炭火力発電の実現

【参考2-2】進捗・実績 ～第1段階 総合試運転工程～

■ 2016年6月 初並列(ガスタービン単体)



■ 2016年7月 石炭投入試験



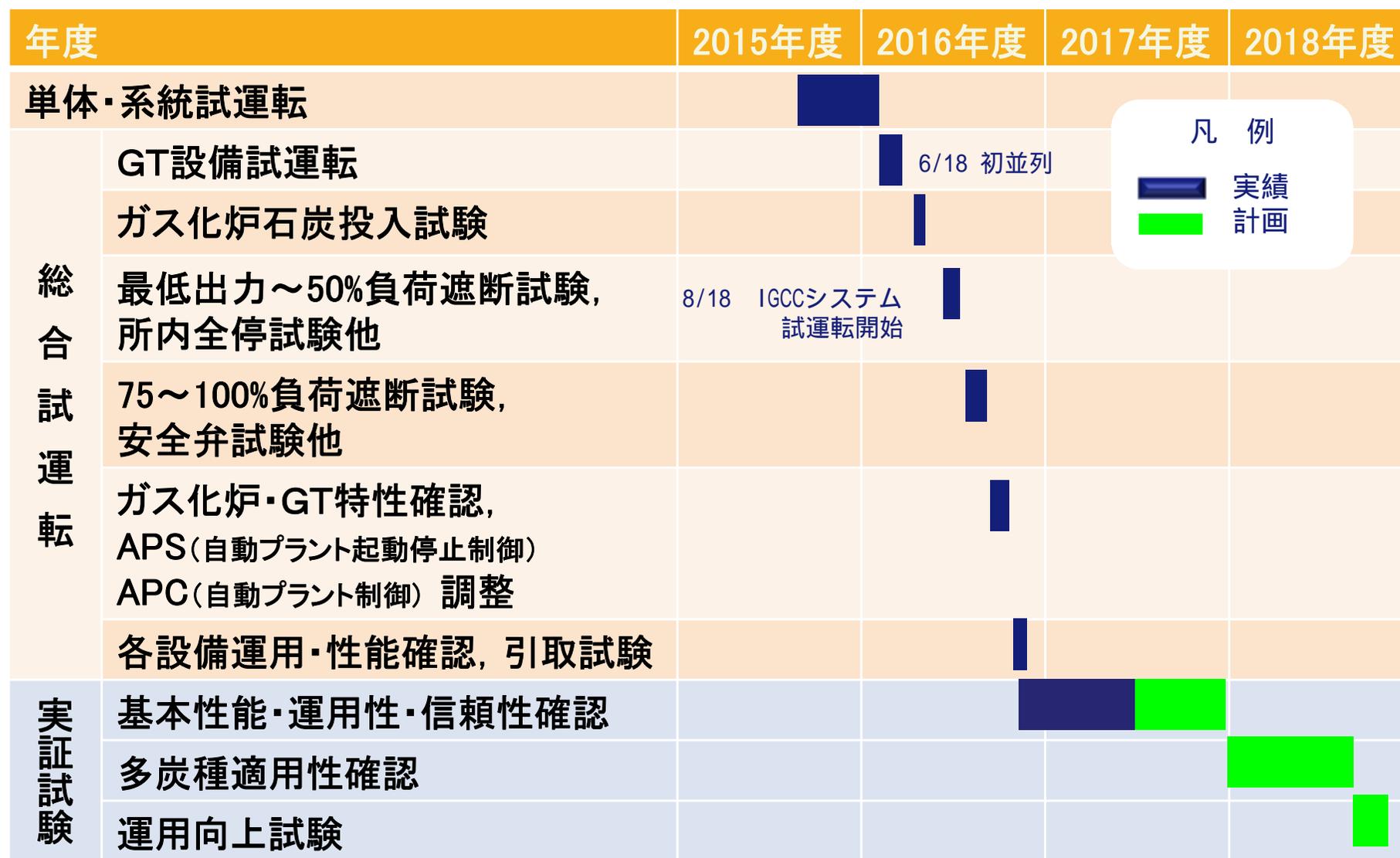
■ 2016年8月 IGCCシステム本格試運転
(石炭ガス化ガスによる発電)



■ 2016年11月 定格出力166MW到達
■ 2017年3月実証試験開始



【参考2-3】進捗・実績～第1段階 総合試運転・実証試験工程～



	発電時間	発電電力量	石炭ガス化運転時間	最大連続運転時間
累計 (2017年9月28日現在)	4,241h	457,698MWh	3,807h	1,501h

【参考2-4】進捗・実績 ～第1段階 目標の達成状況～

【プラント制御性・運用性】

総合試運転を通じ、以下のプラント自動制御試験を実施し、いずれの試験項目についても良好な試験結果が得られた。

	試験項目	結果
	プラント制御安定性	発電機出力指令に対し $\pm 1\%$ 以内、 ガス化炉運転圧力3.27MPaに対し $\pm 0.03\text{MPa}$ 以内達成
	負荷変化試験	出力負荷変化率5%/min達成
	空気分離設備連携試験	負荷変化に対する追従性良好
	ガス化炉ランバック試験	ランバック（急速減負荷）動作時の ガス化炉負荷追従性良好
	プラント自動起動停止試験	起動時間（GT点火～定格負荷）18 時間以内を達成

【参考2-5】進捗・実績 ～第2段階 目標の達成状況～

第2段階：CO₂分離・回収型酸素吹IGCC実証 土地造成状況



【参考3-1】情勢の変化への対応

事業開始(2012年度)以降、下記のような情勢変更があり、本事業の重要性が一層高くなっている。

情勢の変化

2014年4月11日に閣議決定された「エネルギー基本計画」の中で、石炭は安定供給性や経済性に優れた重要なベースロード電源の燃料として再評価されている。

2015年7月に決定された「長期エネルギー需給見通し」において、石炭火力の高効率化を進め、環境負荷の低減と両立しながら活用することで、2030年の石炭火力の比率を26%程度とする方向性が示された。

2015年12月にパリ協定が採択され、日本の目標としては、2030年度に2013年度比26%の温室効果ガスを削減することが提出されている中、達成に向けては石炭火力の高効率化が前提となっている。

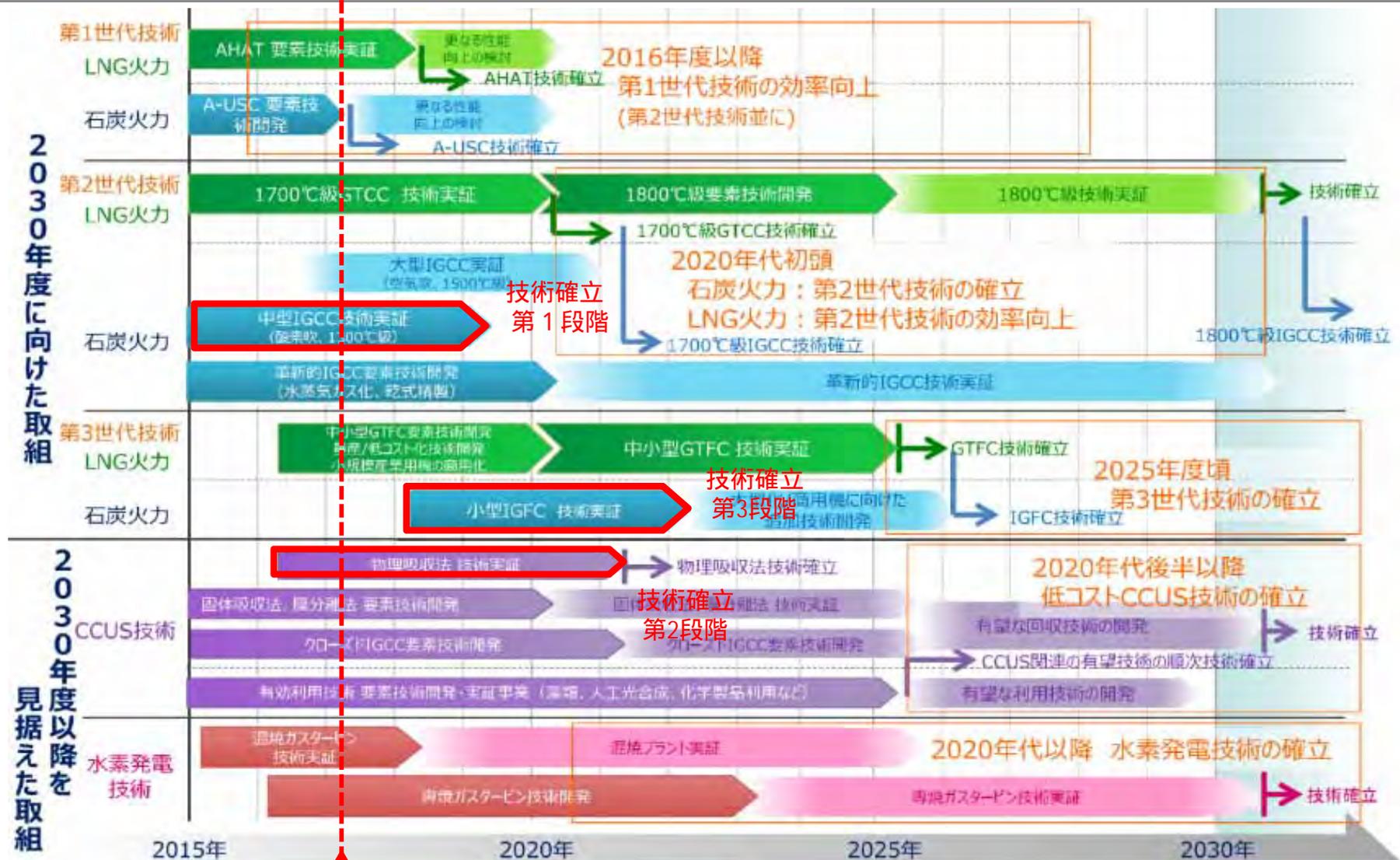
パリ協定を踏まえ、2016年5月13日に閣議決定された「地球温暖化対策計画」においても、火力発電の高効率化が位置づけられている。

2016年6月に、国内外の情勢や技術開発動向を踏まえ、「次世代火力発電に係る技術ロードマップ」を策定した。

【参考4-1】今後の計画・目標値～次世代火力発電技術の確立に向けた工程～

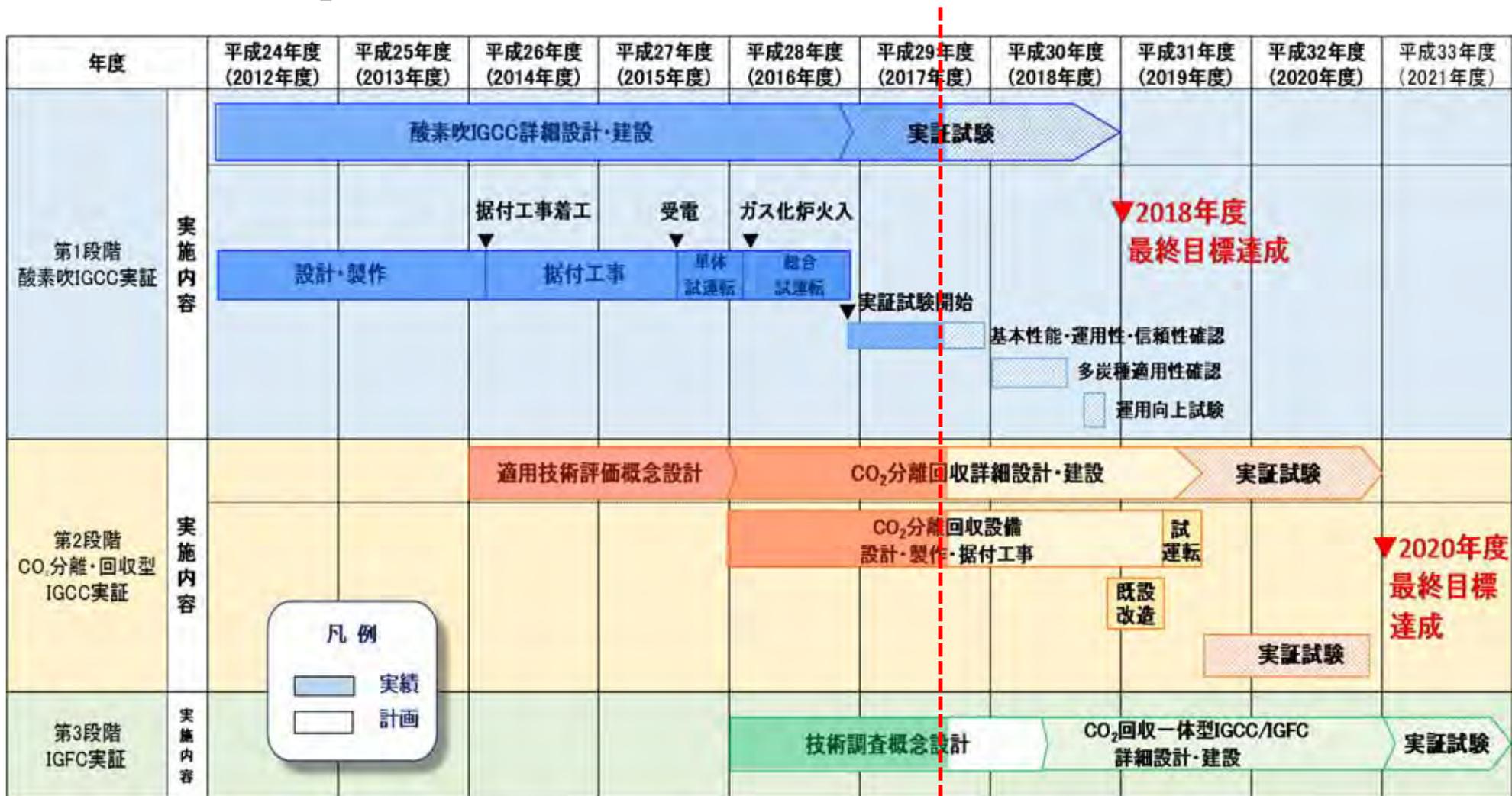
次世代火力発電技術の実用化に向けた工程表の、以下に位置づけられる。

- 酸素吹IGCC：2018年度頃技術確立、発電効率46～50%、量産後従来機並の発電単価を実現
- CO₂分離回収技術(物理吸収法)：2020年度頃技術確立
- IGFC：2025年度頃技術確立、発電効率55%、量産後従来機並の発電単価を実現

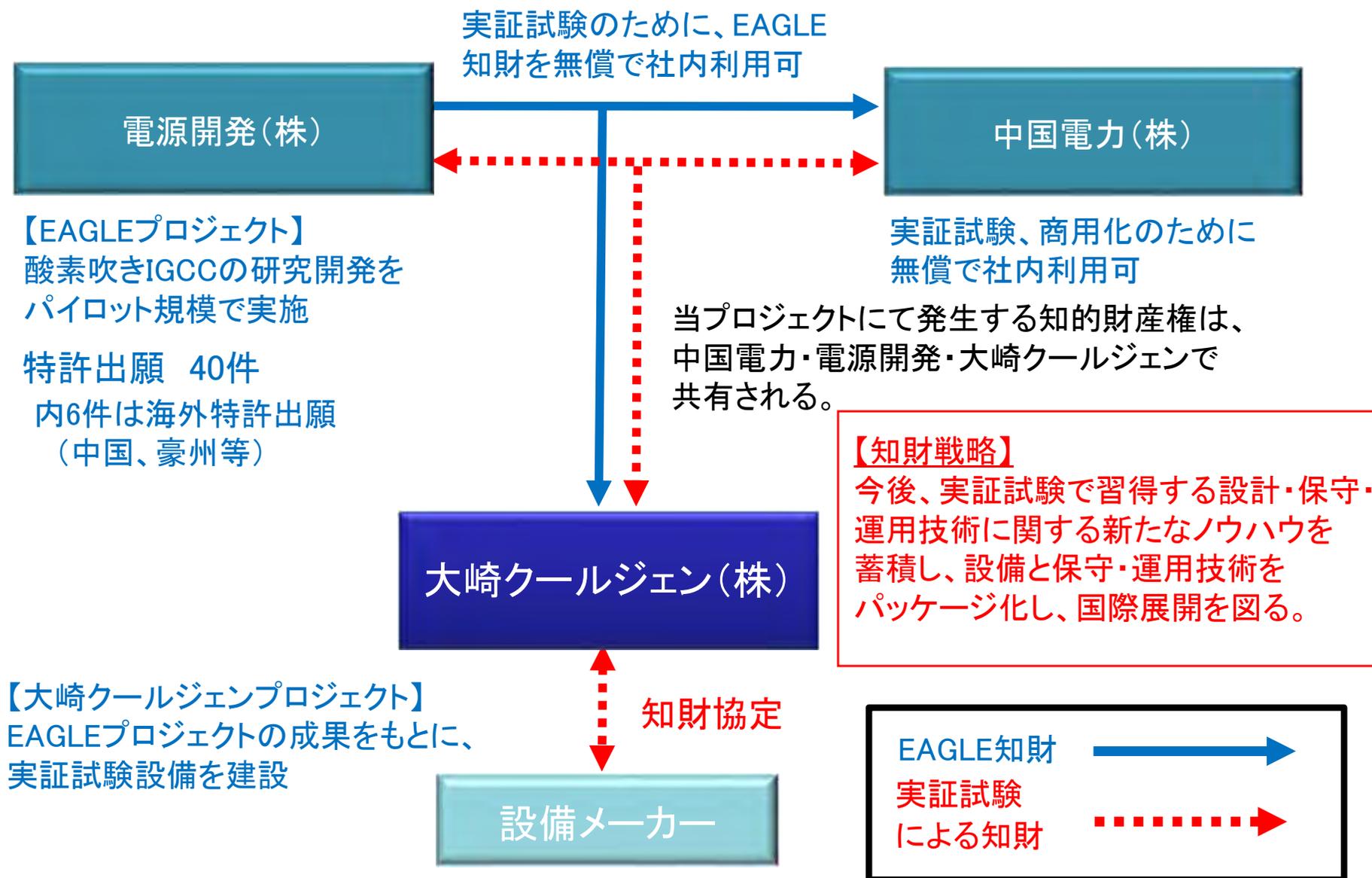


【参考4-2】今後の計画・目標値 ～今後の成果予定～

- 第1段階 / 酸素吹IGCC：実証試験を進め2018年度に最終目標達成予定
- 第2段階 / CO₂分離・回収型IGCC：設計・建設を進め、2019～2020年度実証試験を実施し、2020年度に最終目標達成予定
- 第3段階 / CO₂分離・回収型IGFC：計画策定中



【参考5-1】実用化に向けた取組 ～知財戦略～

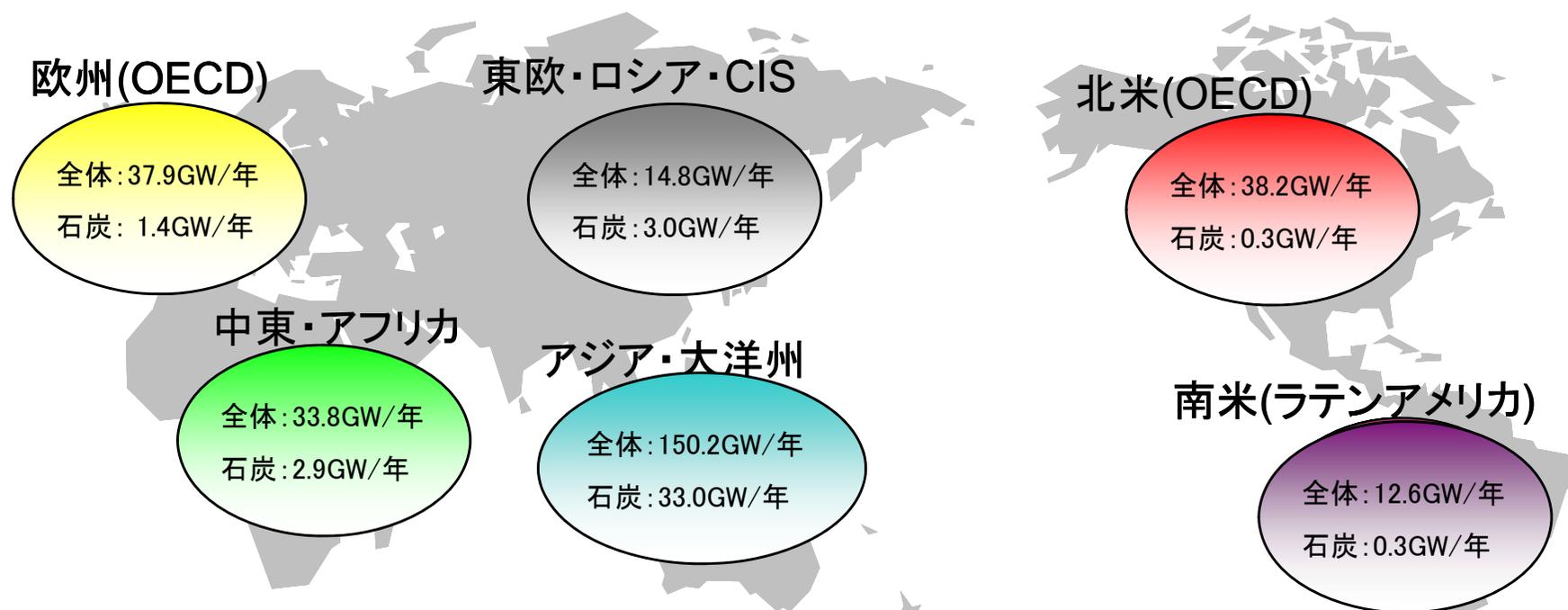


【参考5-2】実用化に向けた取組 ～実用化段階での国際競争力～

- 第1段階の実証機において酸素吹IGCCが確立すれば、高ガス化効率、適用炭種の広さ、産業用途への活用などの利点を活かして順次、国内外へ展開していく事が可能である。
- 酸素吹IGCCは、空気吹IGCCに比較し効率的なCO₂分離回収が可能であり、第2段階の実証機において、CO₂分離・回収型IGCCのシステムが検証されれば、CO₂回収によるエネルギー損失を抑え、CO₂分離回収をしていない微粉炭火力と同等(送電端効率40%程(HHV))の発電効率を持つCO₂分離・回収型IGCCの見通しを得ることが出来る。
- 第3段階の実証機において、CO₂分離・回収型IGFCが実証できれば、CO₂回収によるエネルギー損失を抑え、CO₂分離回収をしても高効率を維持した革新的石炭火力の見通しを得ることができる。
- ◎今後、IGCC/IGFC及び、CO₂分離・回収型IGCC/IGFCが実用化することで、飛躍的な発電効率の向上が可能となり、今後電力需要の伸びとともに石炭火力の新設が予想されるアジア・大洋州等において普及が望めるとともに、世界的なCO₂排出削減に貢献することができる。
- ◎また、酸素吹ガス化炉の優位性として、発電のみならず石炭ガス化製品(合成燃料、H₂、アンモニア、肥料等)などへの多用途利用が可能であり、これらのニーズがあるアジア・大洋州等の国への展開が期待できる。

【参考5-3】実用化に向けた取組 ～海外における需要～

石炭火力は2016～2040年にかけて世界全体で約1,023GW新設（リプレース含む）され（41GW/年）、うちアジア・大洋州が約825GW増加（33.0GW/年）と新設容量の大半を占める見込み。アジア・大洋州は産炭国も多く、利用する炭種、導入時期、他産業との連携等のニーズに応じた日本の高効率石炭火力発電技術の導入促進で大きく地球環境問題対策に貢献することが期待出来る。

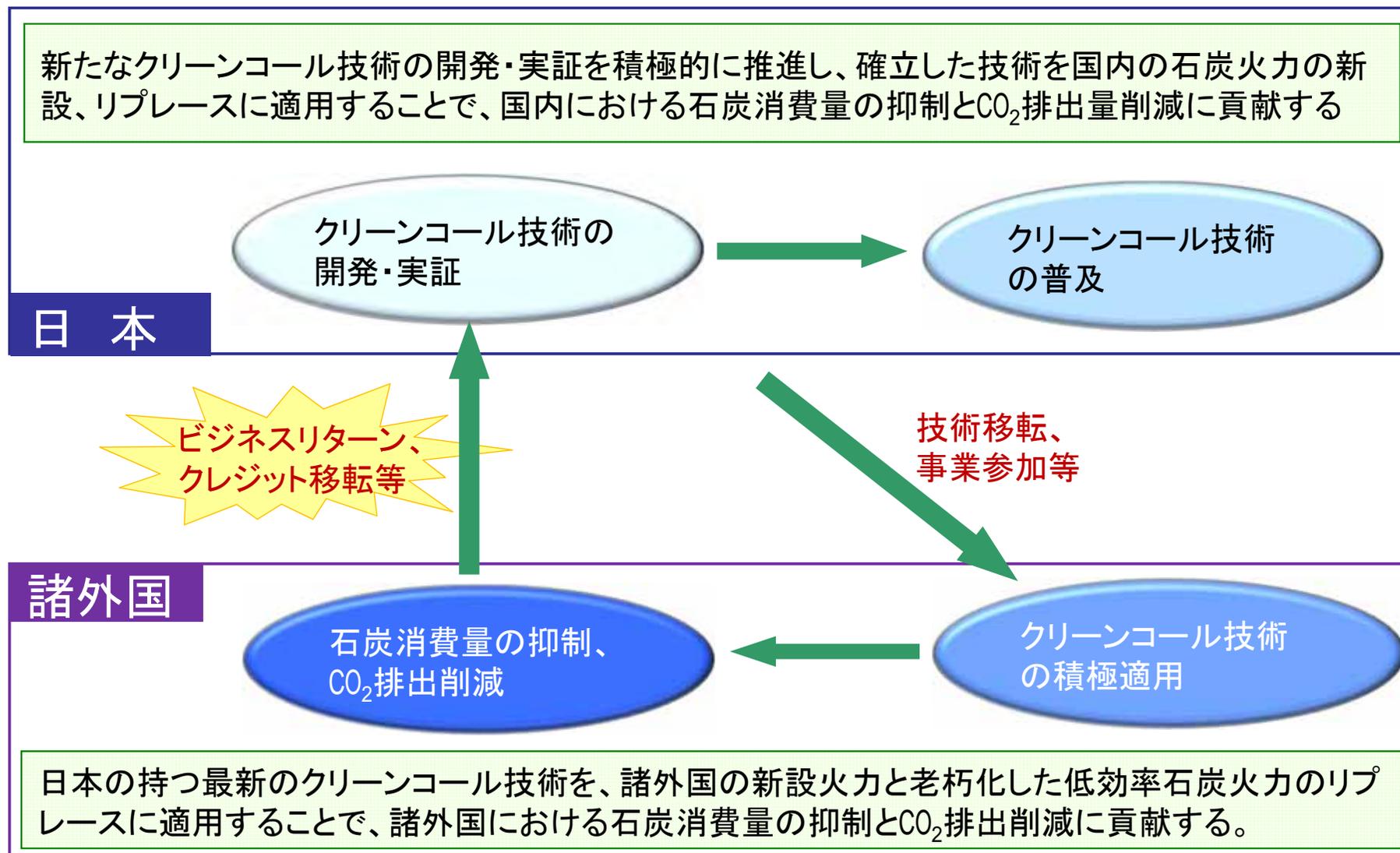


上段: 発電設備全体の増設容量 (GW/年)

下段: 石炭火力の増設容量 (GW/年)

※「World Energy Outlook 2016」に記載の2016年～2040年の増設容量を基に1年あたりの増設容量を想定した。

【参考5-4】実用化に向けた取組 ～国際展開シナリオ～



【参考5-5】実用化に向けた取組～海外先行事例との比較～

国内外の研究開発の動向と比較（競合技術との比較）

世界各国で複数のIGCCプロジェクトが進捗。運転開始されているものも存在。また、計画段階でプロジェクトが進捗していないものや安定運転できていないものも見られる。

【海外プロジェクトの例】

- Green Gen**
 - 中国 GreenGen社
 - 発電容量 250MW～400MW
 - 2013運転開始



IGFC

大崎CG ●
 (日, 2021～, 166MW, 0.3Mtpa)
 酸素吹IGCC: 2017～ CO2分離回収型GCC: 2019～

Green Gen ●
 (中, 250-400MW, 2Mtpa)
 IGCC: 2013～

IGCC+CCS

Teeside △
 (英, 2020's, 850MW, 4.2Mtpa)

Summit (TCEP) △
 (米, 2021, 400MW, 2.4Mtpa)

Caledonia Clean Energy △
 (英, 2022, 570MW, 3.8Mtpa)

IGCC

Puertollano 閉鎖
 (スペイン, 318MW, 1997)

Tampa ●
 (米, 315MW, 1996)

Wabash River 発電機交換
 (米, 296MW, 1995)

Buggenum 解体
 (オランダ, 284MW, 1994)

IGCC

Taan ●
 (韓, 400MW, 2016～)

勿来 ●
 (日, 250MW, 2007～)

Edwardsport ●
 (米, 618MW, 2013～)

広野、勿来 △
 (日, 各543MW, 2020～)

- 運転中
- 建設中
- △ 計画中
- 年数は運開予定時期

□ : 日本プロジェクト



(出典 ; Japan CCSフォーラム2015 NEDO資料(2015:6)にIAEが加筆、GCCSIデータベースを元にアップデート)

【参考5-6】実用化に向けた取組～波及効果(1/3)経済効果～

国内ターゲット市場 : リプレース等

2020年からの30年間のリプレース需要(34GW)の内、1/4の14ユニットが
出力60万kW級のIGCCとなると試算 ⇒ 経済効果は約2兆円

*発電コスト検証WGで提示された2030年の火力発電建設単価25万円/kWを適用

海外ターゲット市場

2016～2040年にかけて1,023GW新設(リプレース含む)される見込み

41GW/年 約11兆円/年

うち、酸素吹きIGCC・IGFCのシェアを1/4と想定 約3兆円/年

【参考5-7】実用化に向けた取組～波及効果(2/3)CO₂削減効果～

CO₂削減効果の試算(国内想定)

現行USCとの発電効率(送電端効率, HHV, 以下同)およびCO₂排出量の比較

	発電効率	kWhあたりのCO ₂ 排出量	CO ₂ 排出量*	CO ₂ 削減量	CO ₂ 削減割合
現行USC	40%	0.82kg/kWh	4,900万t/年	ベース	ベース
IGCC	46%	0.71kg/kWh	4,200万t/年	700万t/年	約15%
IGFC	55%	0.59kg/kWh	3,500万t/年	1,400万t/年	約30%
CO ₂ 分離・回収型IGCC	40%	0.08kg/kWh	480万t/年	4,420万t/年	約90%
CO ₂ 分離・回収型IGFC	47%	0.07kg/kWh	420万t/年	4,480万t/年	約90%

* 60万kW,14ユニットに適用された場合の排出量を試算

850万kW(60万kW×14ユニット)×8,760時間×0.8(稼働率)=59.6G kWh/年

現行USC:59.6GkWh/年×0.82kg/kWh=4,900万t-CO₂/年

【参考5-8】実用化に向けた取組～波及効果(3/3)その他～

➤ 産業用途への活用

- 酸素吹方式で生成した石炭ガス化ガスは N_2 成分が少なく燃料成分濃度が高いため、合成燃料製造など、産業用途への活用も期待できる。特に石油製品の少ない海外市場での普及が期待される。

➤ EORとの連携

- EORが実用化されている国での CO_2 分離・回収型IGCC/IGFCの普及が見込める。

➤ CO_2 有効利用技術(CCU)との連携

- 環境配慮型コンクリートや人工光合成など、分離回収した CO_2 に付加価値をつけるCCU技術開発との連携が期待できる。

➤ 石炭消費量の削減

- 効率向上に伴い、出力60万kWの石炭火力の石炭消費量を年間約20～40万トン削減することができる。

➤ 雇用創出効果

- 出力60万kW級のIGCCにリプレースすることで、1ユニットあたり建設中の4年間に毎年約1000人 規模の雇用が新たに創出される。また、14ユニットの雇用(4年間) 創出効果は約1万4千人と試算される。

【参考6-1】マネジメント・外部評価 ～技術検討委員会～

外部有識者で構成される技術検討委員会において、事業実施計画、事業進捗状況の確認、事業実施結果の評価に加え、実証試験においてトラブルが発生した場合に解決策等の指導・助言を受けることで、より効果的に実証事業を遂行している。

なお、本委員会の指摘を踏まえて、第1段階については、実証試験を信頼性試験を優先するスケジュールへ変更、第2段階についてはシフト触媒の性能評価のための試験時間を確保するなど、実証試験計画に反映している。

技術検討委員会	
委員	大学教授4名、民間研究所2名
開催頻度	3回程度/年 2012～2017.9の間に13回開催
内容	<p>事業進捗状況を確認するとともに、以下の事項について審議を実施し、委員の意見助言を踏まえ、設備計画や実証試験内容に反映した。</p> <p>【第1段階 酸素吹IGCC設備設計検討】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・EAGLEパイロット試験のスケールアップについて ・石炭ガス化設備、石炭前処理設備、複合発電設備、空気分離設備、ガス精製設備、排水処理設備、硫黄回収設備の設計について ・実証試験計画について ・試運転・実証試験におけるトラブルについて <p>【第2段階 CO₂分離・回収型IGCC検討】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・CO₂分離回収方式の検討について ・実証試験計画について

【参考6-2】マネジメント・外部評価 ～コスト検証委員会～

各年度の予算執行前に、外部有識者によるコスト検証委員会で実施体制、コスト削減、事業計画について検証が実施され、全体として妥当との判断を受けている。

コスト検証委員会	
委員	大学教授 1 名、民間研究者 1 名、民間シンクタンク 1 名
開催頻度	1 回 / 年（各年度予算執行前に開催）
2017年度事業計画に関する指摘内容と回答	<p>実施体制、2016年度までのコスト削減、2017年度事業計画について検証した結果、全体として妥当である。</p> <p>（指摘）第2段階の事業計画にについて、将来的にコストを精査することによりコスト削減に努められたい。</p> <p>（回答）今後の事業の進捗に合わせて仕様変更等によるコスト削減が可能であるか検討を進めていく。</p> <p>（指摘）発注における随意契約、競争入札手順のより一層の透明性の確保を努力すべき。</p> <p>（回答）今後も当社ホームページへの公募情報などの調達情報の掲示により、資材調達の透明性確保に取り組むと共に、ホームページでの事業進捗状況の情報公開や学会等の対外発表にも積極的に取り組んでいく。</p>

【参考6-3】マネジメント・外部評価

NEDO中間評価における評価のポイントと対応方針-1

評価のポイント

対応方針

研究開発マネジメント

○炭種選定にあたっては、実用化時期や日本への供給可能性を考慮に入れつつ、炭種性状から適切な石炭を見いだして性能と経済性を評価すべきである。



✓炭種選定にあたっては、先行事業の実績を踏まえて幅広い性状の石炭を検証する計画としており、今後は実用化時期や日本への供給可能性も考慮に入れつつ、性能と経済性を評価していく。

○CO₂除去後の水素リッチ燃料でのガスタービンの性能評価については、他のNEDO関連事業等との積極的な情報交換も行いながら進めるべきである。



✓水素リッチ燃料でのガスタービン性能評価については、新エネルギー部が実施している「水素社会構築技術開発事業」及び「水素利用等先導研究開発事業」における水素専焼タービン研究開発の情報を共有しつつ、必要に応じ先行事業の成果も活用して推進する。

研究開発成果

○第2段階以降で目標とされている発電システム全体の送電端効率を達成するためには、個々の反応器・プロセスでどのような性能を必要とするかについて、それぞれの数値目標を明確化されたい。



✓目標とされている発電システム全体の送電端効率を達成するため、個々の反応器・プロセスで必要とされる性能についてシミュレーション等を用いて解析を行い、数値目標を明確化する。

【参考6-4】マネジメント・外部評価

NEDO中間評価における評価のポイントと対応方針-2

評価のポイント	対応方針
成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通し	
<p>○実用化・事業化に向けた進捗の確認・要素技術確立の見通し、EOR等CO₂利用技術の連携等について、設定されるべき具体的な指標(マイルストーン)を明確化すべきである。</p>	<p>✓実用化・事業化に向けた進捗の確認・要素技術確立の見通し、CO₂利用技術の連携等について、本事業で実施しているCCS事業の調査結果等を基に、第2段階終了時までマイルストーンを明確化する。</p>
<p>○海外の競合ガス化炉との差別化を図り、海外展開の可能性検証に着手すべきである。</p>	<p>✓本事業で実施している海外競合ガス化技術の技術動向、運用実績、及び海外市場性等の調査結果を基に、競合技術との差を明確にし、海外展開の可能性を検証するとともに、海外普及を目的としたマイルストーンを検討する。</p>
<p>○CO₂回収に関しては、現状では生成ガスの一部だけを試験に用いているが、今後は生成ガスの全量をCO₂回収装置に供給した場合のガス化炉とCO₂回収の運転の相互影響についてシミュレーションにより課題を抽出すべきである。</p>	<p>✓生成ガスの全量をCO₂回収装置に供給した場合のIGCCとCO₂回収の運転の相互影響について、シミュレーション等により課題を抽出する事を、第2段階の実証試験計画に反映する。</p>