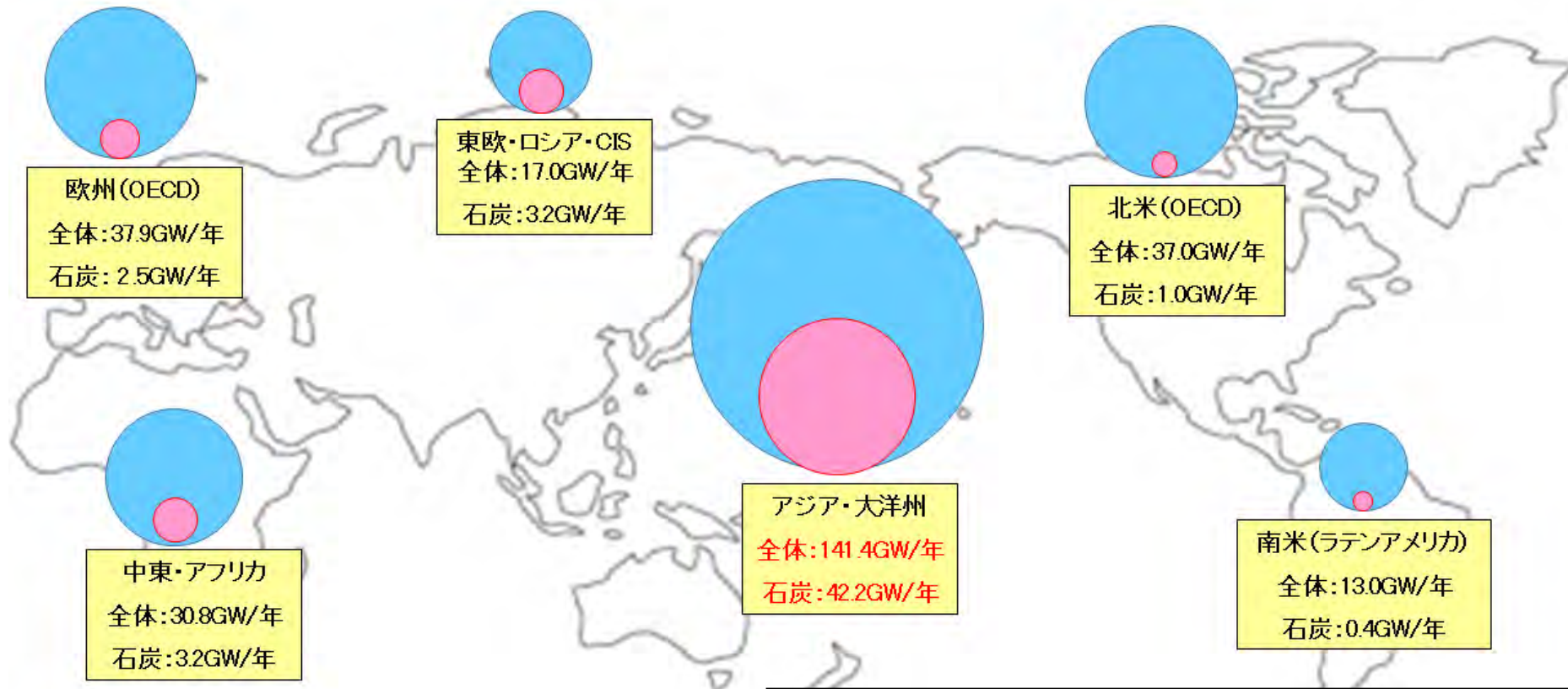


## 5. 国際(国内)展開 ～海外における需要～

石炭火力は2014～2040年にかけて世界全体で約1,360GW新設(リプレイス含む)され(52.4GW/年)し、アジア・大洋州は約1,100GW増加(42.2GW/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 2014」に記載の2014年～2040年の新設容量(新政策シナリオ)を基に1年あたりの増加量を想定した。

# 6. 海外先行事例との比較 ~ 海外先行事例 ~

プロジェクト名称	Buggenum	Wabash River	Tampa	Puertollano	Edwardsport	Tianjin (GreenGen)	大崎ケールジェン
プロジェクト国	オランダ	アメリカ	アメリカ	スペイン	アメリカ	中国	日本
ステータス	2013年4月閉鎖	実証機/商用運転	実証機/商用運転	実証機/商用運転 閉鎖検討中	商用機/商用運転	実証機/実証運転	実証機/建設中
商用運転開始日	1998年～2013年4月	2000年～	2001年～	1998年～	2013年6月～	-	-
ガス化炉	Shell炉	Dow(E-Gas)炉	GE(Texaco)炉	PRENFLO炉	GE炉	TPRI炉 (HCERI炉)	EAGLE炉
概略図							
ガス化方式	1室1段	2室2段	1室1段	1室1段	1室1段	2段2室	1室2段
石炭供給方式	ドライフィード	スラリーフィード	スラリーフィード	ドライフィード	スラリーフィード	ドライフィード	ドライフィード
ガス化炉 炉壁	水冷耐火壁	耐火材	耐火材	水冷耐火壁	耐火材	水冷耐火壁	水冷耐火壁
ガス化剤	酸素	酸素	酸素	酸素	酸素	酸素	酸素
冷ガス効率	81～76%	81～72%	75～73%	76～74%	75～73%	83～81%	82%
使用炭種	海外炭 18炭種	地元炭 現在ベトコクス専焼	地元炭 現在ベトコクス混焼	地元高灰分炭と ベトコクス混焼	地元炭	褐炭 無煙炭	インドネシア炭他 (第1段階で4炭種)
排水処理	蒸発乾固	蒸発乾固	蒸発乾固	蒸発乾固	河川放流	海域放流	海域放流
石炭処理量(t/日)	2,000	2,600	2,300	2,600	4,100	2,000	1,180
発電端出力(MW)	284	297	315	335	784	265	166
送電端効率 計画(%)	41.4	37.8	39.7	41.5	38.5	41	40.5
(HHV) 実績(%)	41.4	39.7	37.5	41.7	未公開	未公開	-
連続運転時間 実績	3,291時間	1,848時間	2,500時間程度	954時間	940時間程度	700時間程度	目標:5,000時間
スラッキング等による 閉塞	発生有り	発生有り	発生有り	発生有り	未公開	未公開	EAGLEパイロット 試験では発生なし

## 6. 海外先行事例との比較 ～ CO2分離・回収型IGCC ～

- 現在、米国Tampa、Kemperと2つの商用IGCCにおいて、CO2分離・回収実証計画が進められている。
- Tampaは乾式脱硫の実証を目的としておりCO2分離・回収方式としては化学吸収法を採用していること、Kemperは空気吹きIGCCを対象とし低いCO2回収効率であることが本事業と異なり、本事業のような高効率運転を目指したものではない。

	Tampa	Kemper	OCG
場所	米国FL州	米国MS州	日本
実施者	TECO/NETL	Southern Co.	大崎クールジェン
ガス化炉	GE炉	KBR炉 × 2	EAGLE炉
ガス化剤	酸素吹き	<u>空気吹き</u>	酸素吹き
石炭処理量	2,300t/d	13,800t/d(褐炭)	1,180t/d
送電端出力	250MW	582MW	136MW
送電端効率 (IGCC)	37.5%	36%	40.5%【45.6%】
送電端効率 (CO2含)	-	28.1%	39.2%【39.1%】
CO2回収実証			
運転開始	2014年	2016年予定	2018年
CO2回収率	20%	65%	15%
CO2回収効率	90%	<u>65%</u>	90%
シフト反応	<u>乾式脱硫</u> Sweet	Sour	湿式脱硫 Sweet
CO2吸収	<u>化学</u>	物理 (Selexol, 脱硫含)	物理 (改良Selexol)
CO2回収量	820t/d	8,200t/d	410t/d

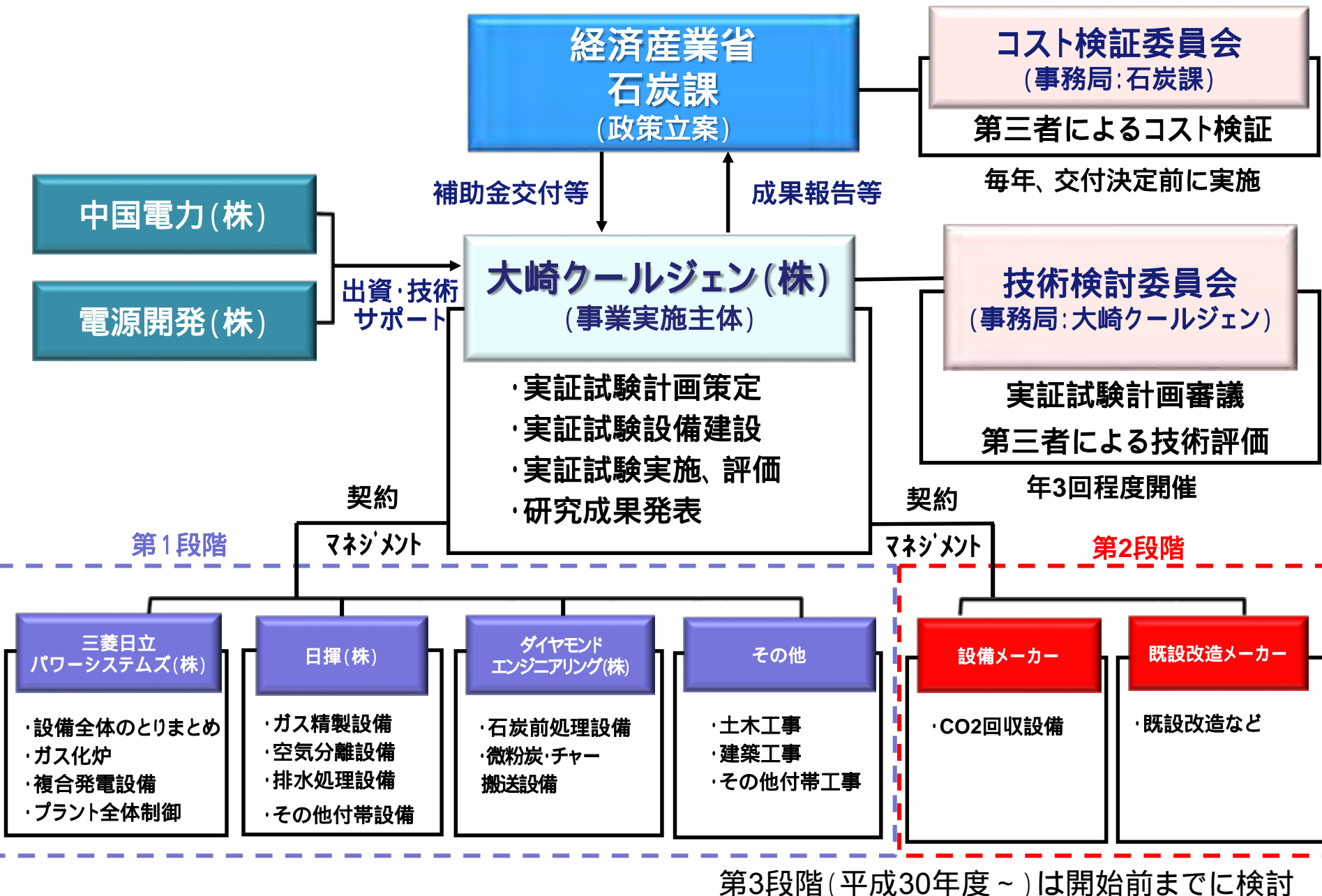
参考値 商用機・90%CO2回収における値

## 6. 海外先行事例との比較 ～計画中止プロジェクト～

- 海外の類似プロジェクトとして、FutureGen(米国)とZeroGen(豪州)プロジェクトの2つの計画が進んでいたが、いずれにおいても、プロジェクトコストの増嵩やCCSに対する経済的イニシアティブの欠如等の理由により中止となっている。

	FutureGen (米国)	ZeroGen (豪州)
特徴	IGCC+CCS (当初予定) 石炭焚酸素燃焼+CCS (計画変更後)	空気吹 IGCC+CCS
発電端出力	168MW	530MW
CO2 回収量	110 万 t/年	300 万 t/年
CO2 回収率	90%	90%
貯留先	地中貯留	地中貯留
プロジェクトコスト	16.5 億米ドル	63 億豪ドル
運転開始予定	2017 年	2015 年
中止に至った経緯	IGCC+CCS の建設計画を進めていたが、資金不足を理由に 2010 年に酸素燃焼技術による CCS の実証に変更。プレ FEED の結果、プロジェクトコストが増加となり 2015 年 2 月に中止が発表された。	プロジェクトコストが想定以上に増加したこと等から、2010 年 11 月に中止を発表した。

# 7. マネジメント・外部評価 ～ 実施体制 ～



## 8. 事前評価の結果 ( 1 / 6 )

### 事前評価コメント

(総合科学技術会議H23.12)

国内外IGCC先行事例と比較検討し、事業費の精査を行い、本事業が後発事業であるという位置付けも踏まえ、実用化に向けた市場競争力、システムとしての事業採算性について明確にする必要がある。

(フォローアップH25.11)

必要な分析を行い、コストも考慮して研究開発を進めていると認められるが、初期コストの低減に向けて取組を進める必要がある。

市場や海外での技術開発の動向を継続的に把握し、競争力・採算性の詳細な分析を進め、コスト等に関する適切な目標の設定や見直しを行い、研究開発実施内容に反映させることが求められる。

### 対処方針

(フォローアップH25.11時点)

- PCFやLNG火力の発電単価と比較し、事業費精査を行っている。
- EAGLE炉は、高ガス化効率、多炭種適用性、信頼性で海外先行ガス化炉を上回り、高い競争力が期待される。事業費精査の結果、事業採算性の確保が期待できる。
- 進捗に即して定量的データを蓄積し、実運用化試算を行い、今後競争力や採算性の詳細な分析を行う予定。

(現状の対処方針)

- コスト評価のベースとなる実証試験設備コストについて、競争入札、仕様の詳細精査、現地工事の最適化等により事業開始時点より削減を図っている。
- 今後、実証試験において、技術開発によるコストダウン効果やランニングコスト等の評価を実施し、競争力や採算性の詳細な分析を行う。



## 8 . 事前評価の結果 ( 2 / 6 )

### 事前評価コメント

(総合科学技術会議H23.12)

国際競争力を確保することが重要であることから、可能な限り事業期間を短縮していくことを検討する必要がある。

### 対処方針

(フォローアップH25.11時点)

- 経済産業省で、事業者と請負業者との工程会議の頻度を増す等の手段を検討し、今後も工期短縮に向けた努力を継続し、可能な限り早期の実用化を目指す。

(現状の対処方針)

- 本事業設備建設については、建設工程会議(月1度程度)に加え、週間工程会議を開催して、工事状況を全関係者で把握し、円滑かつ早期の工事実施を図っている。
- 実証試験については、信頼性の検証試験(長時間期耐久試験)を実証初期に行うこと等により、実用化の見通しを早期に得るようになるほか、複数の技術実証をまとめて行うなど、早期実用化に向けて鋭意取り組みを進めている。

## 8 . 事前評価の結果 ( 3 / 6 )

### 事前評価コメント

(総合科学技術会議H23.12)

第2段階移行評価を行う中間評価の具体的な評価項目、実施時期・方法、評価結果の事業見直しへの反映手順等について、全体の事業計画の中で明確に位置付ける必要がある。

### 対処方針

(フォローアップH25.11時点)

- 『経済産業省技術評価指針に基づく標準的評価項目・評価基準』に基づき評価を実施する。
- H26～27年度にFSを実施し、商用IGCCに対するCO2分離・回収技術の適用可能性評価や、最適な設定の検証を行い、実証に値する技術課題の有無の判断を行う。

(現状の対処方針)

- 第2段階の事業開始直前である本年度に、中間評価を実施している。
- なお、H26～27年度に事業実施者の親会社がFS (NEDO事業として)を実施し、実証を行うCO2分離・回収方式や規模等の実証計画を取り纏め、技術検討委員会に諮った。石炭火力として備えるべき運用性、信頼性を有するCO2分離・回収型IGCCを構築し、商用化の目途を得ること、さらにCO2を回収しても微粉炭火力並みの発電効率を達成することが実証に値すると判断した。



## 8 . 事前評価の結果 ( 4 / 6 )

### 事前評価コメント

(総合科学技術会議H23.12)

実証運転での売電収入を見込み、国の予算計画の見直し、あるいは当該収益を国庫への納付等の手続きをとる必要がある。

(フォローアップH25.11)

事業状況に応じ、売電収入の取扱いを踏まえた国の予算計画を中間評価に適切に反映させることが望まれる。

### 対処方針

(フォローアップH25.11時点)

- 売電収入を特定収入として見込み、補助対象経費から控除する等、補助金適正化法等に則り適切に処理する予定。

(現状の対処方針)

- 補助金適正化法等に則り、適切に処理するスキームを引き続き構築中。

## 8 . 事前評価の結果 ( 5 / 6 )

### 事前評価コメント

(総合科学技術会議H23.12)

想定される市場の規模や競合技術との関係等を常に把握することにより、国際展開戦略について、検討し示していく 必要がある。

(フォローアップH25.11)

先進国ではCO2排出規制が強化されており、石炭火力発電システムの導入時には CO2分離・回収技術との組み合わせが必須になりつつある。

本プロジェクトの第2段階のCO2分離・回収型IGCCを想定した、競争力強化方策を含む市場戦略を具体化する必要がある。

### 対処方針

(フォローアップH25.11時点)

- 先進国においては、高効率な石炭火力発電及びCO2分離・回収技術のニーズがある。
- また、アジア新興国においては、国内電力需要の増大、肥料等、化学産業の市場拡大が見込まれる。
- これらの先進国及びアジア新興国などのニーズに合わせ、海外競合他社に対する市場毎の競争力の強化を図りながら、国際展開戦略を検討することで、市場の獲得に努めていく。

(現状の対処方針)

- 相手国との交流を図り、相手国の電力ニーズ等の把握を行っている。
- 今後の国際展開を見据え、アメリカ・オーストラリア等での国際会議において、プロジェクトの概要や進捗状況について発表を行った。また、産炭国であるオーストラリアのメディア視察受入を行っており、今後も継続的に行っていく。そのほか、親会社とも協調しながら、産炭国に加え石炭輸入国(台湾等)等の海外電力会社および電力技術者の見学受け入れを積極的に実施していくこととしており、平成27年6月にはJICA研修事業の一環としてモンゴル等の電力技術者の受入を実施している。
- 酸素吹ガス化は燃料成分濃度が高いため、合成燃料製造等の化学分野と電力との組み合わせで展開を図っていく。

## 8 . 事前評価の結果 ( 6 / 6 )

### 事前評価コメント

(総合科学技術会議H23.12)

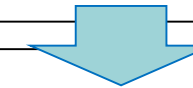
第1段階から第3段階までの全体の計画及び技術的課題について、事前に外部有識者による評価を行う必要があったと判断される。  
経済産業省においては、今後、実証事業の実施にあたって、全体計画の妥当性や技術的課題についての確な評価が行われるよう対応を検討していくことが求められる。



### 対応方針

(フォローアップH25.11時点)

- 経済産業省では、産業構造審議会 産業技術分科会 評価小委員会等において、全体計画の妥当性や技術的課題について評価を受けるとともに、大崎クールジェン(株)においても技術検討委員会を設置し、第三者の有識者から技術的知見に基づく意見・コメント等を求めていくこととしている。
- また、経済産業省では実証事業についても研究開発の要素があるものは技術評価の対象としており、産業構造審議会評価WG(旧評価小委員会)にて審議を行うこととしている。



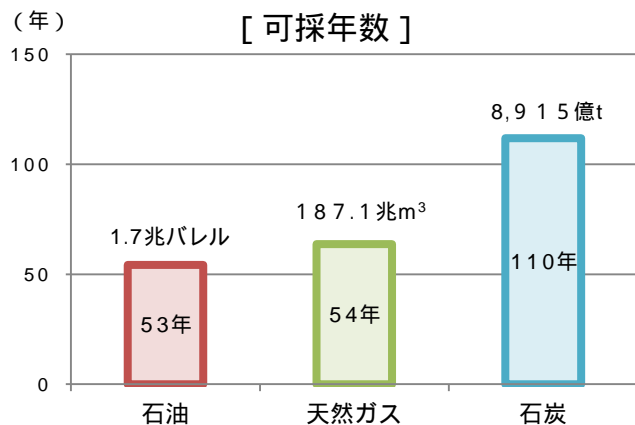
(現状の対応方針)

- 本事業の中間・終了時評価については、概ね3年ごと(直近では、第2段階・第3段階を開始する直前である、平成27年度・29年度)に、『経済産業省技術評価指針に基づく標準的評価項目・評価基準(平成25年4月、平成27年4月)』に沿った評価を実施する。
- 事業者が実施する、外部有識者による技術検討委員会をこれまでに計7回開催し、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ている。

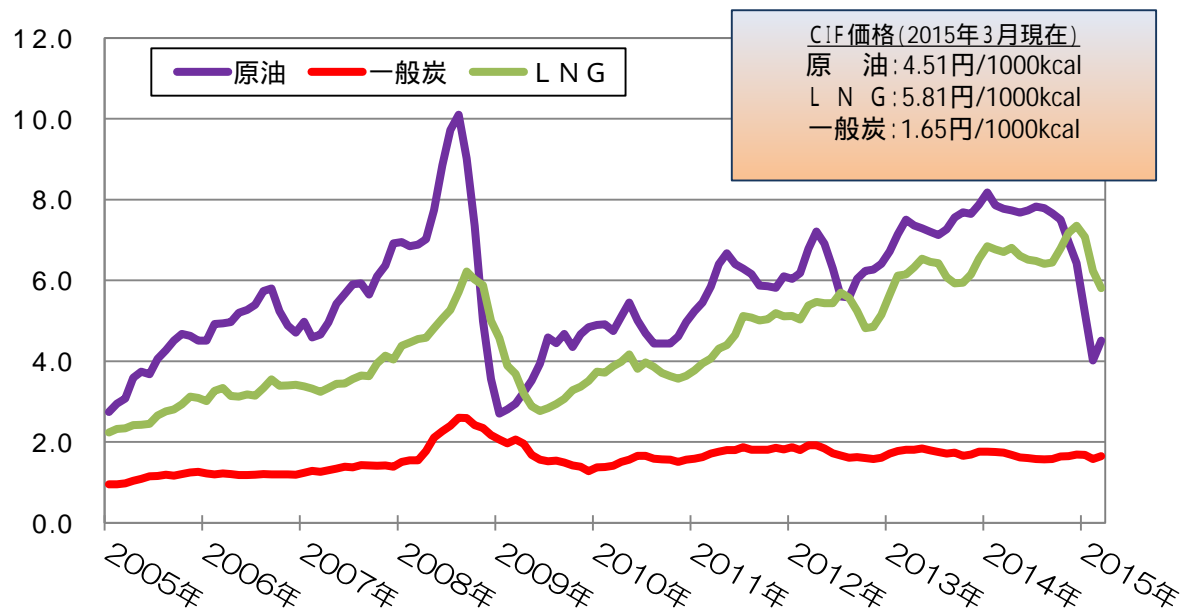
(參考資料)

# 0. 石炭の位置づけ ～ 石炭と原油、LNGの比較 ～

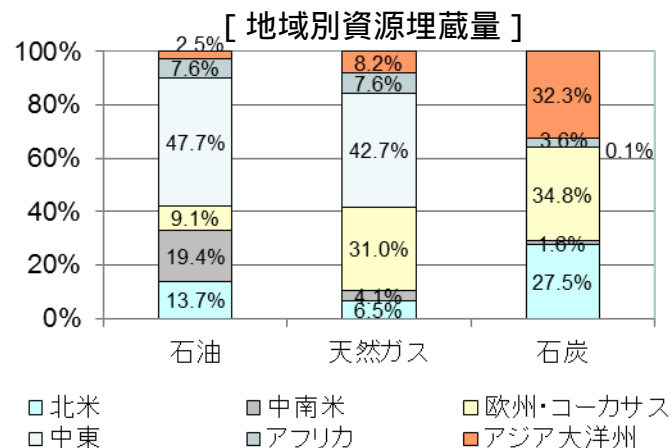
他の化石燃料に比べ、可採年数が長く、賦存地域も分散していて供給安定性が高い。  
 石炭は、原油、LNGに比べ価格は低位で安定（原油：2.7倍、LNG：3.5倍）。石炭火力の発電コストは、LNG火力に比べ燃料費で優位。  
 石炭は単位当たりのCO<sub>2</sub>発生量が、他の化石燃料に比べ多いことから、クリーンな利用が求められる。



（円/千kcal） [ 燃料価格（CIF）の推移 ]



出典：日本エネルギー経済研究所



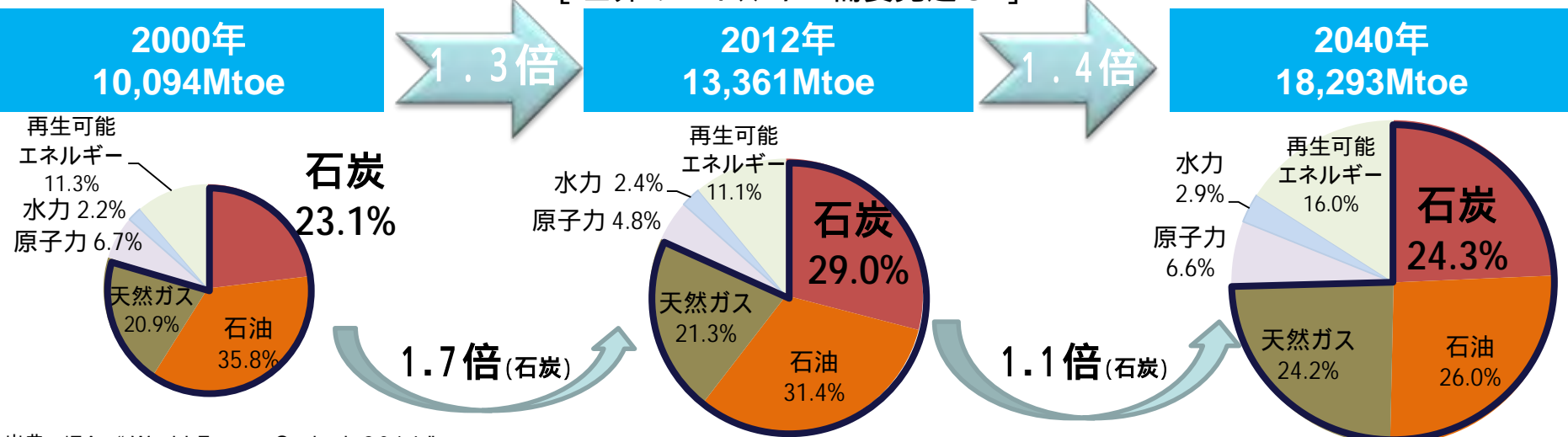
出典：「BP統計2015」

# 0. 石炭の位置づけ ～世界のエネルギー資源と石炭～

45

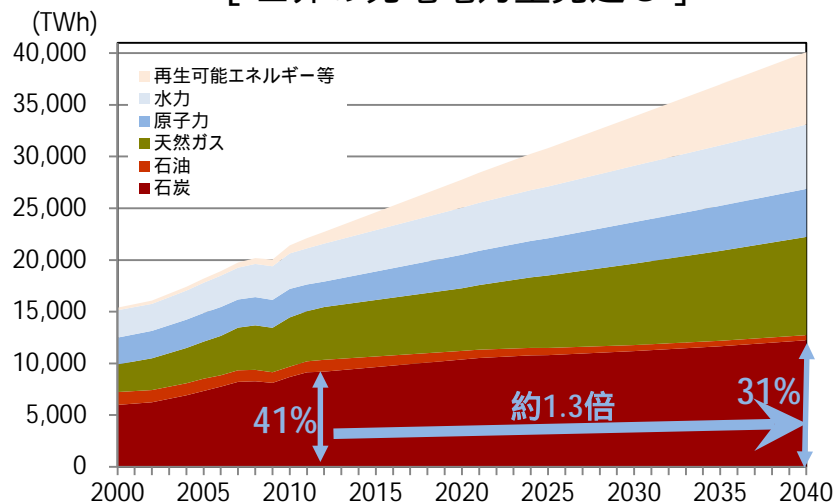
石炭は、世界のエネルギー需要の1 / 4程度を占めており、2040年に向けて約1.1倍に、また発電電力量の40%以上を占めており、2040年に向けて電力量は約1.3倍になる見通し。

[ 世界のエネルギー需要見通し ]

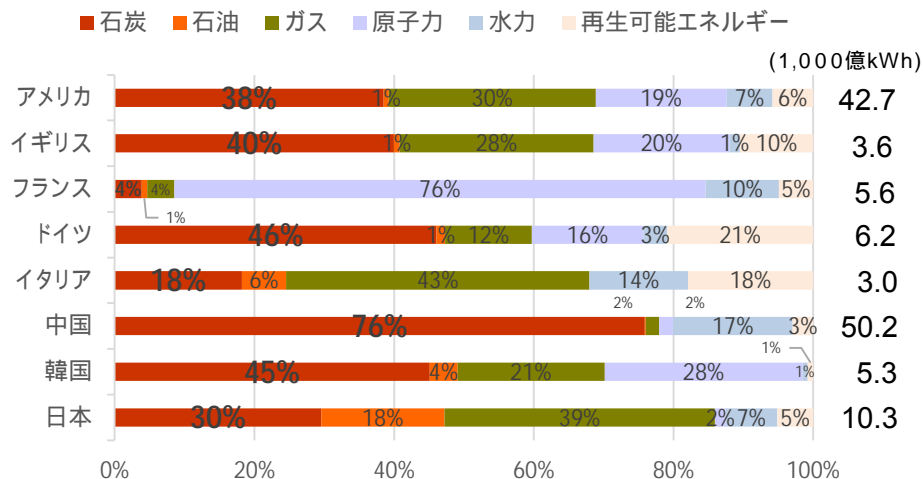


出典：IEA, “World Energy Outlook 2014”

[ 世界の発電電力量見通し ]



[ 主要国の発電電力量構成比 (2012年) ]

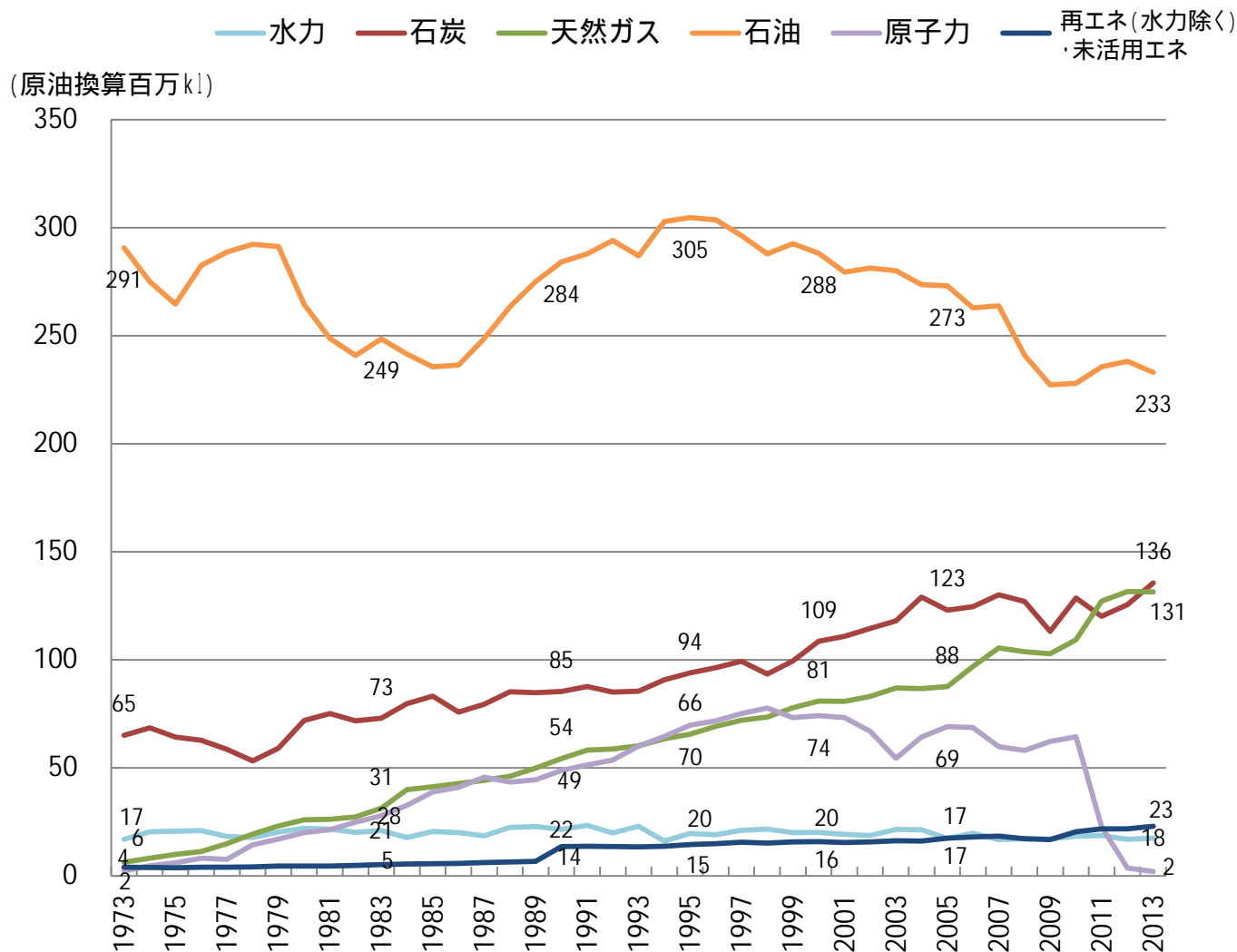


出典：IEA 「Energy Balances of OECD Countries 2014」  
「Energy Balances of Non-OECD Countries 2014」を基に作成



# 0. 石炭の位置づけ ～一次エネルギー供給構造の変遷～

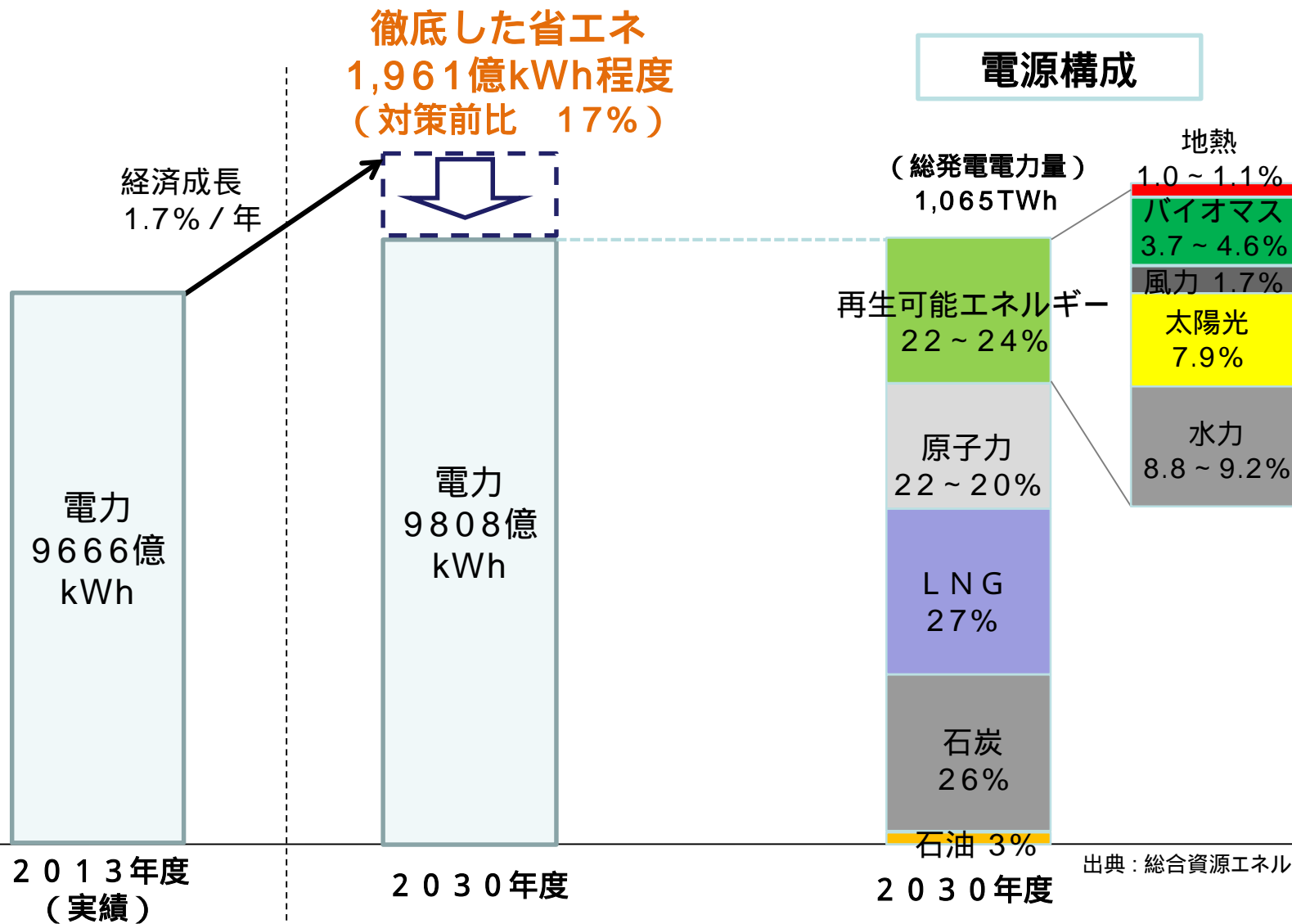
## エネルギー源別一次エネルギー供給の推移



一次エネルギー供給 震災前との比較	
エネルギー源	2010→2013
再エネ(水力除く) ・未活用エネ	+13%
原子力	97%
石油	+2%
天然ガス	+20%
石炭	+5%
水力	5%

出典：総合エネルギー統計（2013）％は構成割合。

# 0. 石炭の位置づけ ～新しいエネルギーミックス～



出典：総合資源エネルギー調査会資料 (2015)

# 0. 石炭の位置づけ

発電効率

## ～ 2030年頃までに技術確立が見込まれる石炭火力発電技術 ～

65%

### 石炭ガス化複合発電 (IGCC)



石炭をガス化し、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方式を利用した石炭火力。  
 発電効率: **46～50%**程度  
 CO<sub>2</sub>排出: **650g/kWh**程度 (1700 級)  
 技術確立: **2020**年度頃目途

60%

石炭火力

55%

CO<sub>2</sub>  
約3割減  
IGFC

### 石炭ガス化燃料電池複合発電 (IGFC)



IGCCに燃料電池を組み込んだトリプルコンバインドサイクル方式の石炭火力  
 発電効率: **55%**程度  
 CO<sub>2</sub>排出: **590g/kWh**程度  
 技術確立: **2025**年度頃目途

50%

CO<sub>2</sub>  
約2割減  
1700 級IGCC

A-USC

### IGCC (空気吹実証)

### 超々臨界圧 (USC)

汽力方式の微粉炭火力  
 発電効率: **40%**程度  
 CO<sub>2</sub>排出: **820g/kWh**程度

### 先進超々超臨界圧 (A-USC)



高温高圧蒸気タービンによる微粉炭石炭火力。  
 発電効率: **46%**程度  
 CO<sub>2</sub>排出: **710g/kWh**程度  
 技術確立: **2016**年度頃目途

45%

40%

写真:三菱重工業(株)、常磐共同火力(株)、大崎クールジェン(株)

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。

現在

2020年度頃

2030年度

## 2. 進捗・実績 ～情報発信活動～

学会誌及び業界誌への投稿(7件)、国内外における講演・発表(18件)を実施し、情報発信を行った。

年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	合計
投稿	1	3	3	7
講演・発表	5	3	10	18

テレビ報道、新聞記事報道(合計17件)が行われ、市民が情報を得る機会を提供できた。

年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	合計
報道	5	1	11	17

親会社とも協調しながら、産炭国であるオーストラリアのメディア視察受入や石炭輸入国(台湾等)等の海外電力会社および電力技術者の見学受入を積極的に実施していくこととしている。また、平成27年6月にはJICA研修事業の一環としてモンゴル等の電力技術者の受入を実施している。

## 7. マネジメント・外部評価 ～技術検討委員会～

第三者の学識経験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。

技術検討委員会	
委員	大学教授4名、民間研究所2名(公開)
開催頻度	3回程度 / 年 H24～H27.7の間に7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"> <li>・EAGLEパイロット試験のスケールアップについて</li> <li>・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</li> <li>・実証試験計画について</li> </ul> <p>【第2段階 CO2分離・回収型IGCC検討】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・CO2分離・回収方式の検討について</li> </ul>

## 7. マネジメント・外部評価 ～コスト検証委員会～

補助金交付決定を受けるにあたって、第三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	研究開発機関2名、民間シンクタンク1名(公開)
開催頻度	1回/年(補助金交付決定前に開催)
H27年度 指摘内容と回答	<p>・競争入札の応札件数がやや少ない印象。 →応札数を増やすために、プロジェクトの進捗状況をHPに公開するとともに、学会誌への投稿や学会等での発表等を通してPRを行っている。</p> <p>・随契契約案件でほとんど削減が認められないが、コスト削減の余地が本当にないか検討が必要。 →随契契約案件においても、順調に進捗している設備工事については、一部前倒しを行うことで、工程調整が容易となり、次年度以降の費用負担を低減する。</p> <p>・契約金額と工事進捗度合を勘案すると金額としては妥当であると思われるが、資料だけでは情報が少なく評価が難しい。 →全ての設備の製作が完了し、現場据付工事の最盛期を迎え、請負者作業員も約900名/日程度と想定している。</p>