

3. 情勢の変化への対応

本事業開始以降、下記のような情勢変化があり、本事業の重要性は一層強くなったと考えられる。

(1) エネルギー基本計画・長期エネルギー需給見通し

平成26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。

また、平成27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。

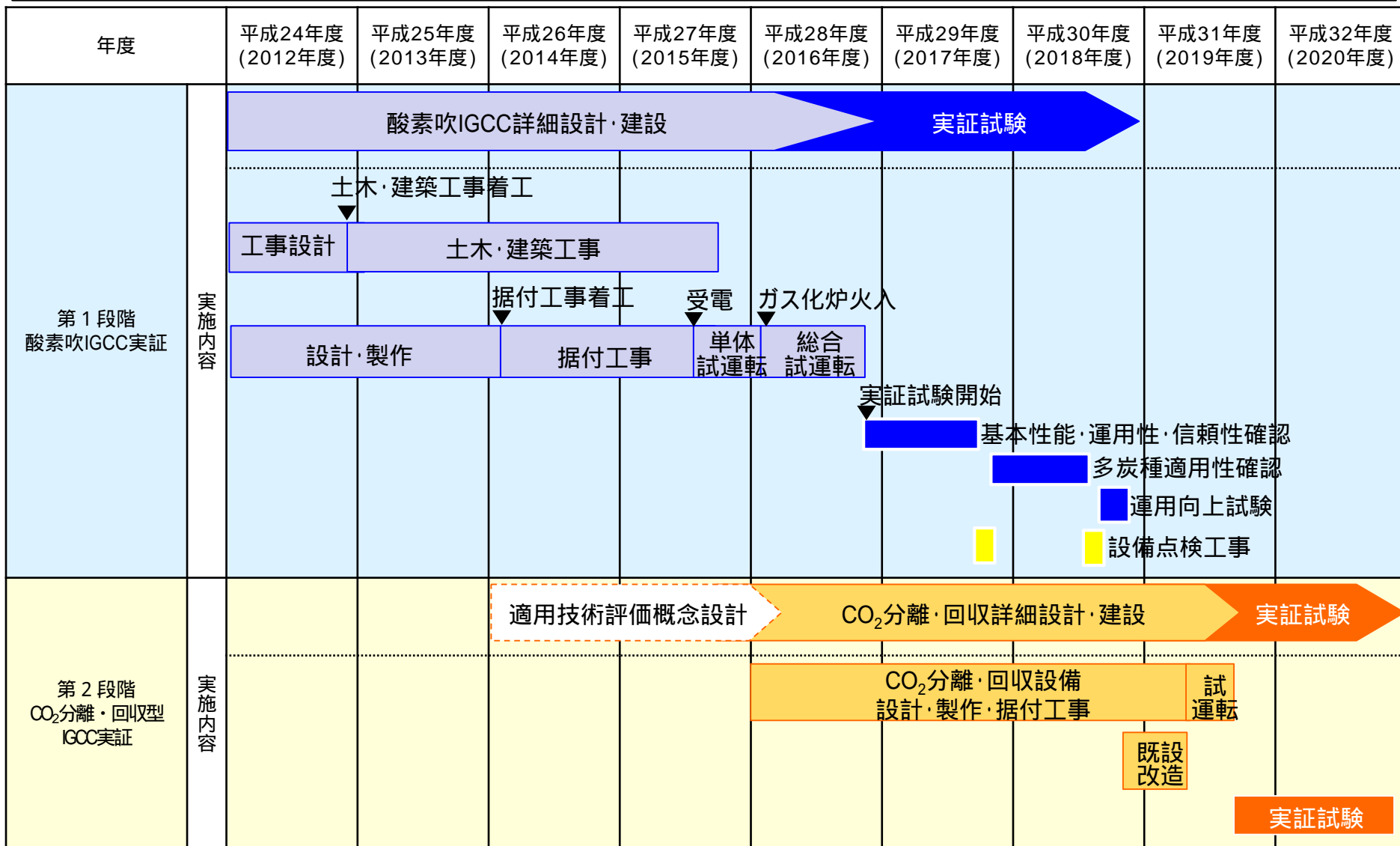
更に、気候変動枠組条約第21回締約国会議に向けて提出した日本の約束草案では、2030年度に2013年度比26%の温室効果ガスを削減することを目標としている中、達成に向けては石炭火力の高効率化が前提となっており、本事業の早期実用化が一層重要になっている。

(2) 電力システム改革

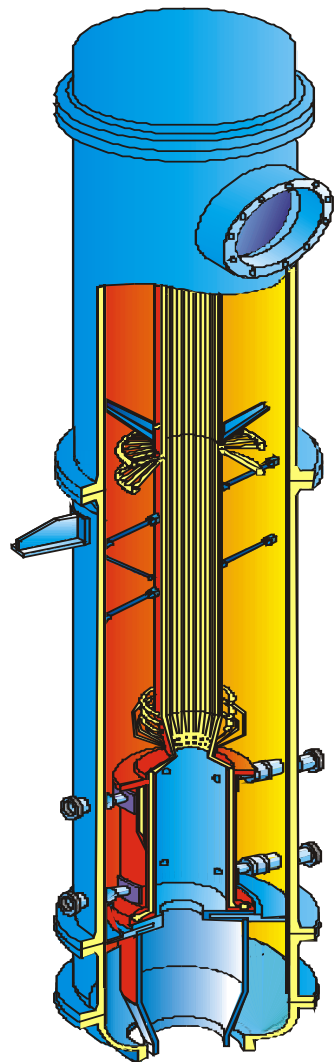
電力システム改革による自由化を踏まえても、競争力のある電源を確保するため、安全性・経済性・安定供給性に加えて環境性に優れた本技術の早期実用化が一層重要になっている。

4. 今後の計画・目標値 ～実証試験計画～

平成27年11月の受電以降、機器単体試運転、連携システム運用調整を目的とした総合試運転を実施し、平成29年3月から実証試験を実施する。



4. 今後の計画・目標値 ~ 実証試験内容 ~



ガス化炉スケールアップの検証

EAGLEで取得し解析評価した設計アルゴリズムにて実証機
ガス化炉を設計
EAGLEの運転経験から得た知見を設計に反映

**冷ガス効率やスラグの排出状況の確認等を行い、スケールアップ
設計手法やEAGLE反映事項の妥当性を検証する**

その他検証事項

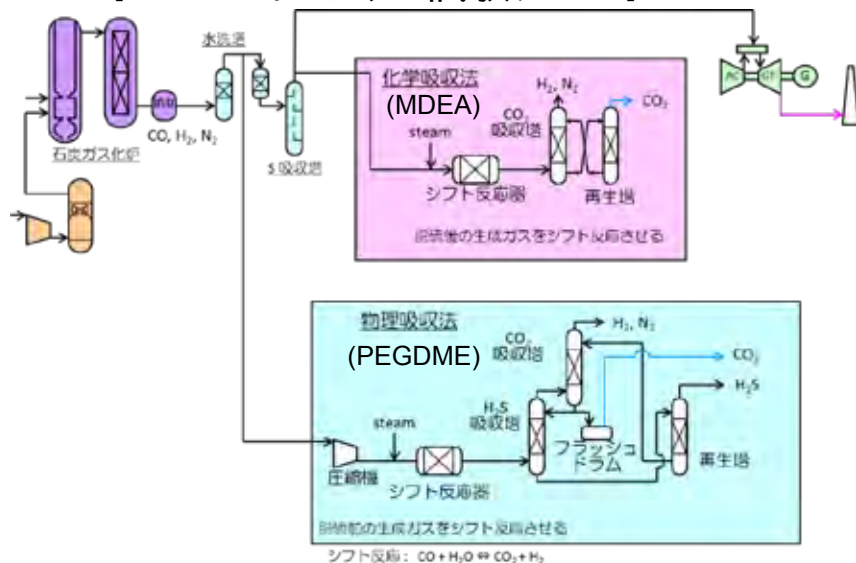
- ・GT燃焼器における燃焼特性 / 制御性の検証
(定常 / 起動停止 / 部分負荷)
- ・サイクロン及びチャーフィルタによるチャー回収性能の検証
- ・「発電出力」と「ガス化炉圧力」について各々の協調を取りつつ
制御を行う「協調制御」の検証

4. 今後の計画・目標値 ~ CO2分離回収 EAGLE成果 ~

EAGLEプロジェクトにおいて、化学吸収法、物理吸収法を用いてCO2分離回収試験を実施し、酸素吹き石炭ガス化ガスに適用可能であることを確認するとともに効率損失の改善を図った。

目標	達成状況
CO2純度 化学吸収法: 99%以上、物理吸収法98%以上	両方式とも回収純度99%を達成
発電効率の向上	加熱フラッシュ再生方式の採用により、従来の再生塔再生方式の化学吸収法と比較して、効率損失を3.0ポイント以上改善した。 さらに、高圧プロセスにおいては、化学吸収法に対して物理吸収法が効率損失を1ポイント改善できることを確認した。
シフト反応器の効率改善	シフト反応の低温化による蒸気供給量の低減を検討し、低温作動型触媒の適用時は効率損失を更に改善できる見込みを得た。

【EAGLEにおける試験フロー】



MDEA: N-メチルジエタノールアミン
PEGDME: ポリエチレングリコールジメチルエーテル

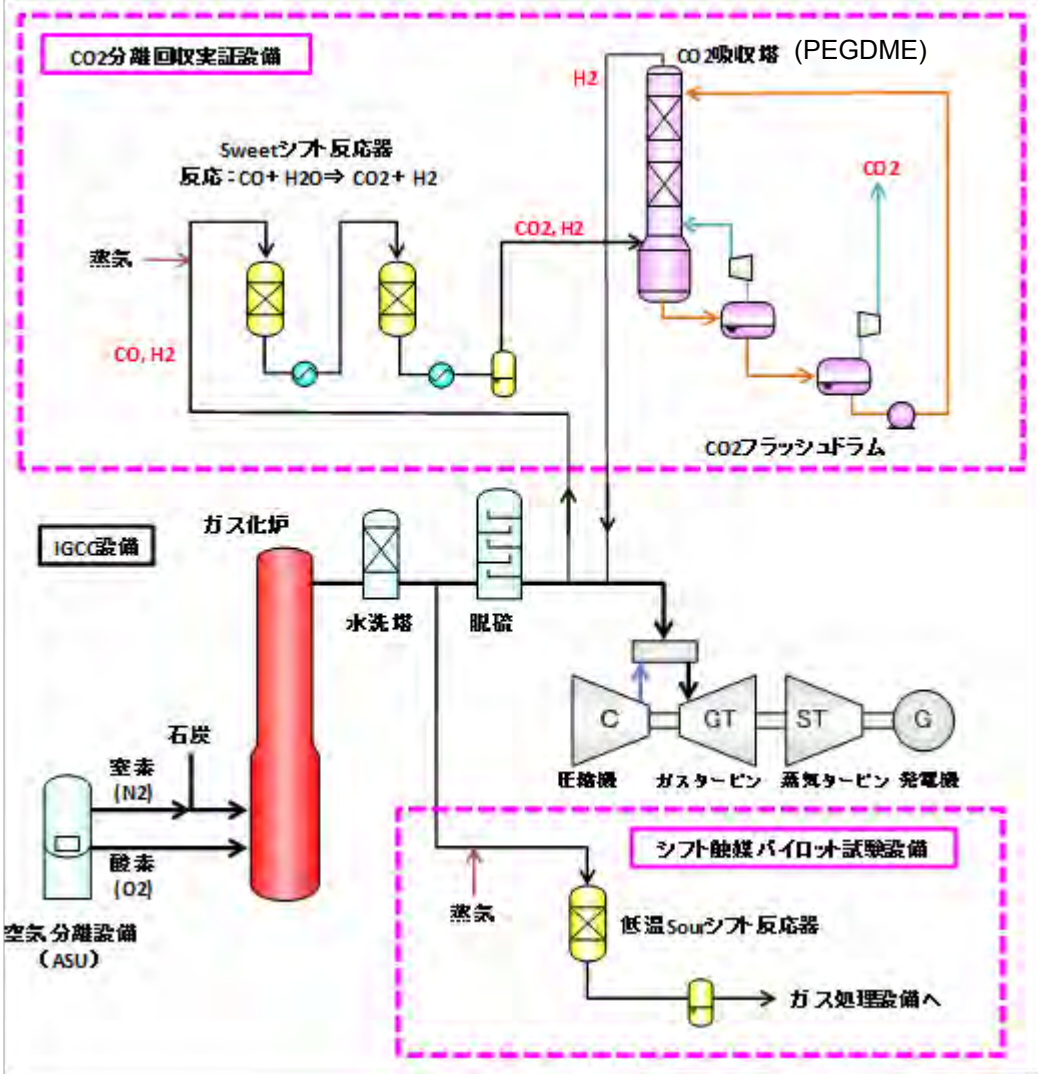
【送電端効率評価】

(試算の前提条件)
発電出力 370MW, 1500 級GT採用, CO2回収率 90%

	発電効率 (送電端 HHV: %)	効率低下 (%)
IGCC (CO2回収なし)	45.6	-
IGCC + CO2回収 (化学吸収法)	38.3	7.4
IGCC + CO2回収 (物理吸収法)	39.2	6.4

4. 今後の計画・目標値 ~ 第2段階実証概要 ~

IGCCプラントにCO2分離回収実証設備が付設された場合でも、安定的に高効率発電を維持し、同時にCO2を安定的に分離できる技術を検証する。



CO2分離・回収実証設備概要	
実証規模	IGCCガスからのCO2回収率15% 相当 実証に最低必要な規模
CO2吸収再生方式	物理吸収方式
COシフト方式	Sweetシフト(脱硫後ガス抜き出し)
基本性能	CO2回収効率:90%以上、 CO2の純度:99%以上

CO2回収効率〔分離回収装置単体のCO2回収割合〕：
 $(\text{分離回収されたCO}_2\text{ガスのC量} / \text{CO}_2\text{分離回収装置導入ガスのC量}) \times 100$

シフト触媒パイロット試験設備	
COシフト方式	低温Sourシフト(脱硫前ガス抜き出し)

第2段階 実証システム概要図

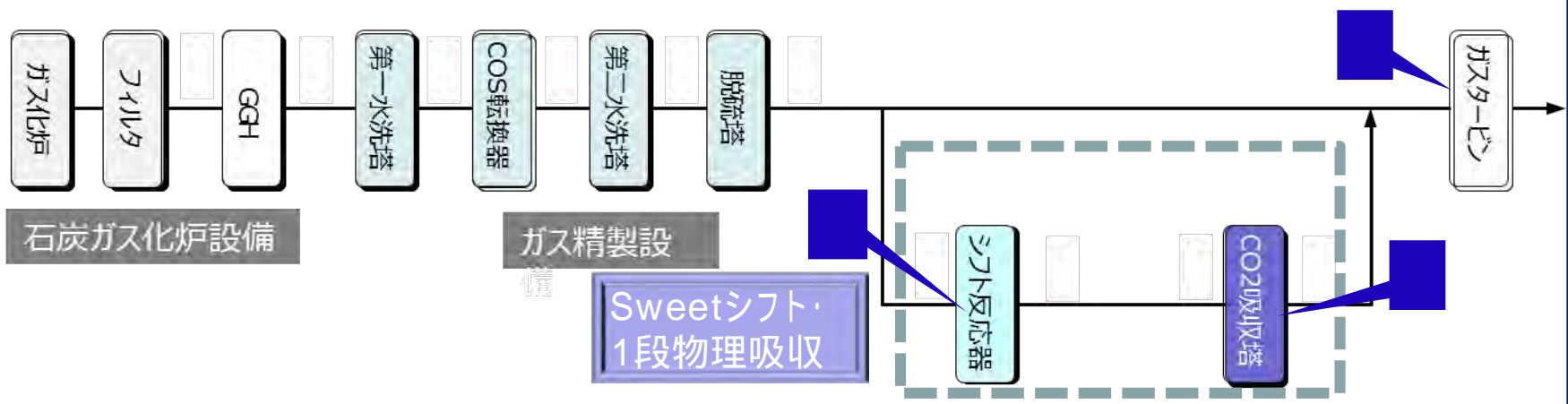
4. 今後の計画・目標値 ～ CO2分離回収型IGCCの課題～

現状の石炭火力は変動する需要に出力を追従させることが求められる。第1段階の実証では、負荷変化率1～3%/minを目指しており、CO2分離回収型IGCCについてもこれに追従することをターゲットとする。また、IGCCに連携した起動停止の最適手法を確立する。

COシフト反応器について、原料ガス量・組成が変動した場合、発熱反応であるCOシフト反応器内の温度を安定制御する運転方法を確立すること。

湿式CO2吸収再生装置について、原料ガス量の変動に対する吸収液循環量等の最適化をはかり、回収したCO2純度を目標値に維持する運転方法を確立すること。

負荷変化時等にCO2回収装置(石炭ガス中のCOをH2に変換)の処理ガスの割合が変動することによる、ガスタービン入口ガスのH2組成の変動に対し、ガスタービン出口NO_xの上昇が規制値内となることを確認すること。

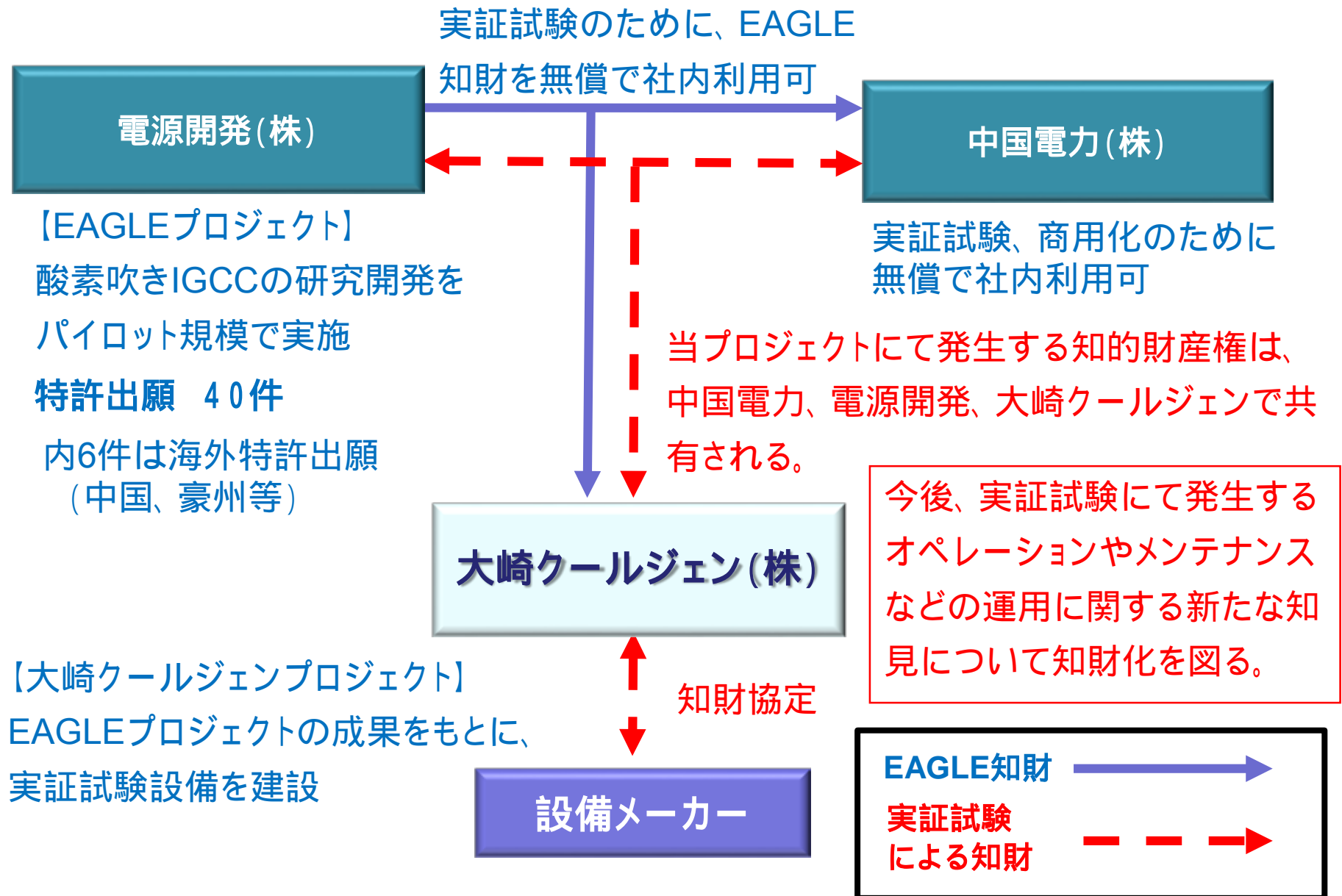


4. 今後の計画・目標値 ～第2段階目標値～

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の技術を確立すること。CO₂を回収しても微粉炭火力並みの発電効率を目指すこと。

目標・指標	妥当性・設置理由・根拠等
基本性能 (発電効率)	<p>新設商用機において、CO₂を90%回収しつつ、発電効率40%(送電端、HHV)程度の見通しを得る。</p> <p>高位発熱量基準</p> <p>CO₂回収時のエネルギーロスによる発電効率の低下という課題に対し、CO₂を90%回収(全量ガス処理)しながらも、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で、低炭素且つ高効率のCO₂分離・回収型IGCCの普及につながる。</p> <p>IGCC実証機にCO₂分離・回収装置(CO₂回収率15%規模)を付設して試験を実施し、発電効率39.2%程度(送電端、HHV)を達成すれば、商用機で発電効率40%程度の見通しを得ることができる。</p>
基本性能 (回収効率・純度)	<p>○ CO₂分離・回収装置におけるCO₂回収効率:90%以上</p> <p>○ 回収CO₂純度:99%以上</p> <p>○ 革新的低炭素型石炭火力の実現の為にCO₂分離・回収装置単体における回収効率は90%以上を目標とする。</p> <p>○ CO₂地中貯留から求められる可能性があるCO₂純度について、湿式物理吸収法を使って定常運転時、体積百分率99%以上を目標とする。</p>
プラント運用性・ 信頼性	<p>商用機において、CO₂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。</p> <p>商用機において、CO₂分離・回収型IGCCシステムを構築するには、プラントの起動停止や、発電所特有の負荷変動等に対し、IGCC本体に追従したCO₂分離・回収装置の運用手法を確立し、信頼性を検証することが必要である。</p>
経済性	<p>商用機におけるCO₂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。</p> <p>CO₂分離・回収型IGCCを普及させるに当たっては、費用原単位評価が必要であり、CO₂分離・回収装置建設時期や発電所敷地等の制約に応じた評価を実施することで、経済的な方式を選択できること。</p>

5. 国際(国内)展開 ~ 知財戦略 ~

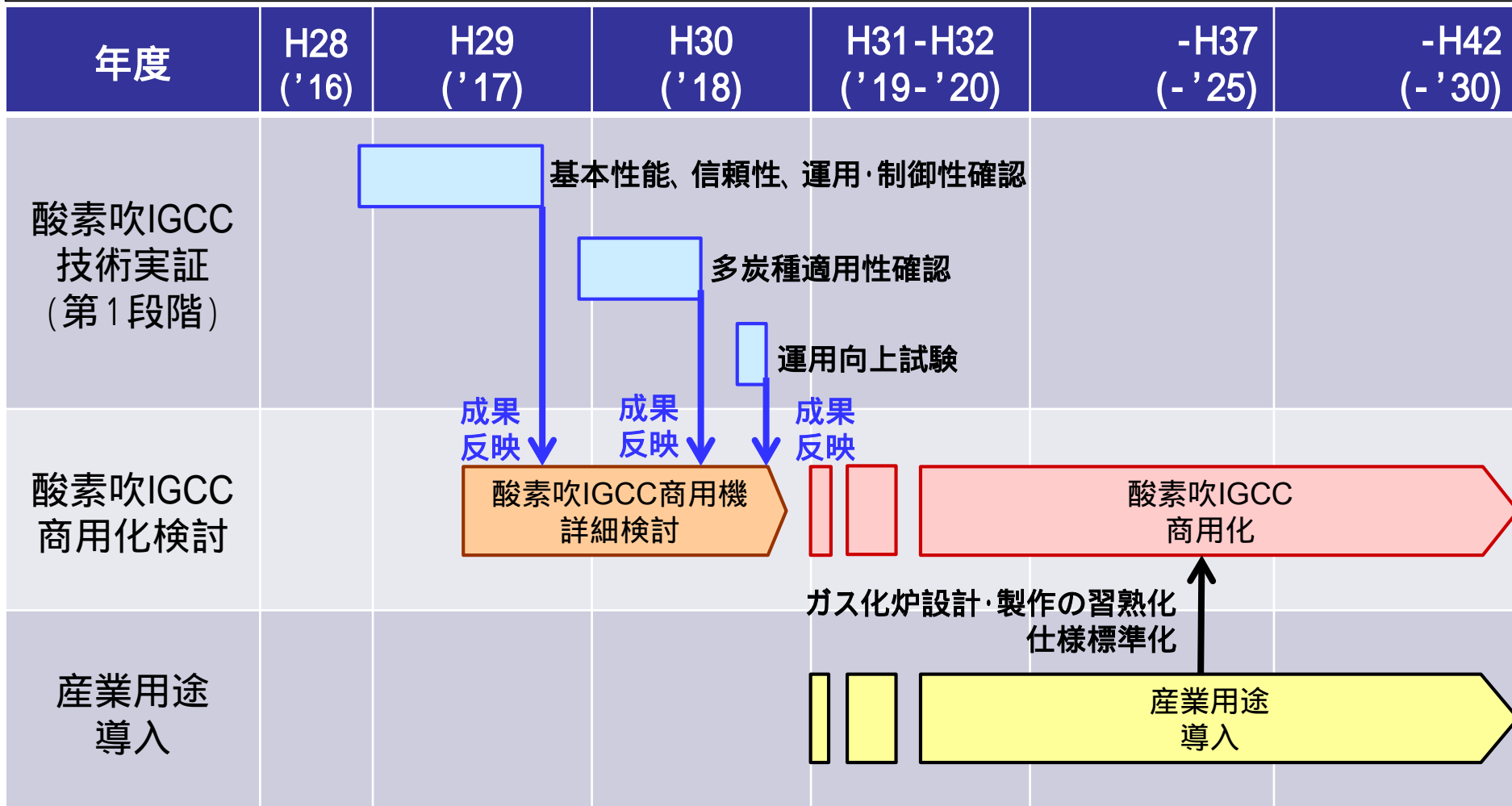


5. 国際(国内)展開 ~ 実用化までのスケジュール ~

第1段階の実証試験により、酸素吹IGCCの技術を確立する。

第1段階での成果を踏まえ、商用規模(大型機)の主要設備・付属機器の効率面・コスト面の合理化やトラブル事例の恒久対策等の詳細検討を行う。

併せて、酸素吹石炭ガス化炉を産業用途に導入することにより、ガス化炉の設計・製作の習熟化、仕様標準化によるコストダウンを図る。



5. 国際(国内)展開 ~シナリオ~

新たなクリーンコール技術の開発・実証を積極的に推進し、確立した技術を国内の石炭火力の新設、リプレースに適用することで、国内における石炭消費量の抑制とCO₂排出量削減に貢献する

クリーンコール技術の
開発・実証

クリーンコール技術
の普及

日本

ビジネスリターン、
クレジット移転等

技術移転、
事業参加等

諸外国

石炭消費量の抑制、
CO₂排出削減

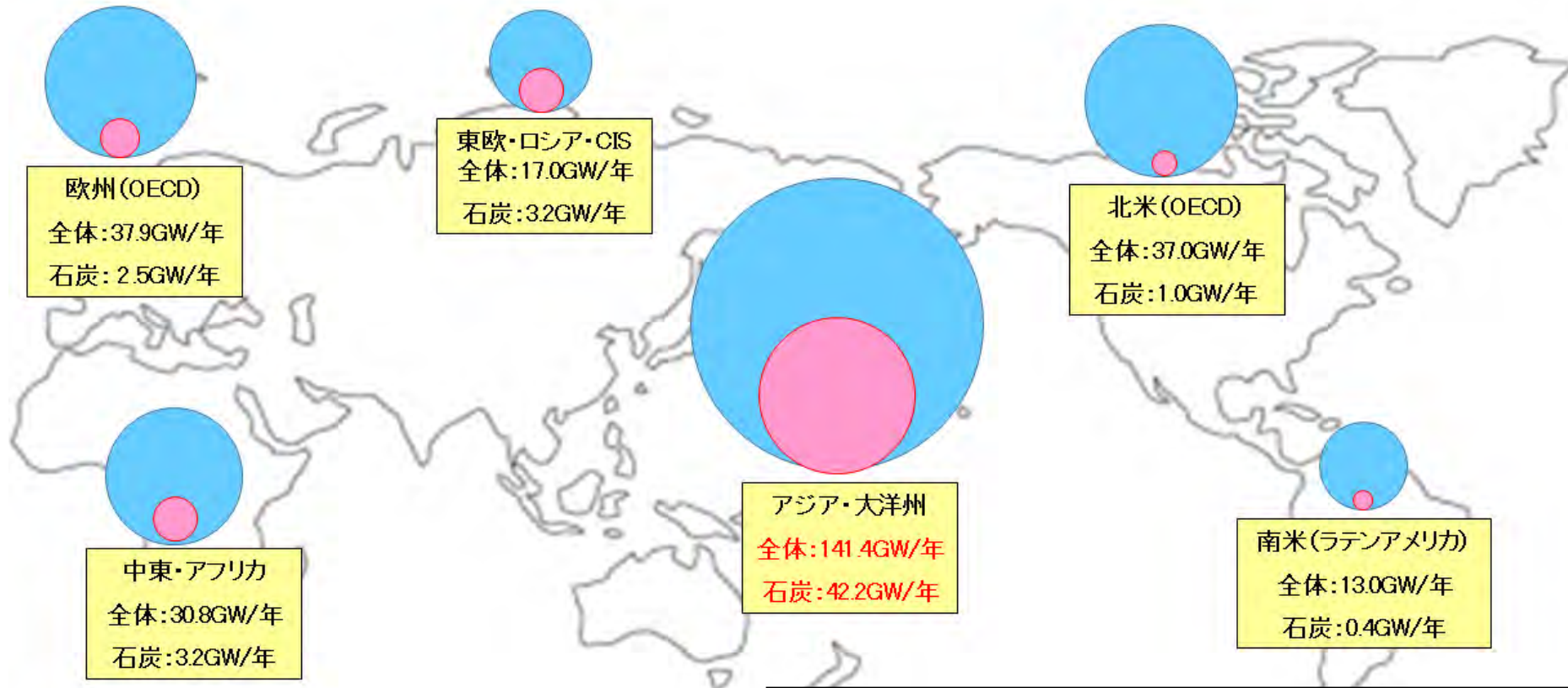
クリーンコール技術
の積極適用

日本の持つ最新のクリーンコール技術を、諸外国の新設火力と老朽化した低効率石炭火力のリプレースに適用することで、諸外国における石炭消費量の抑制とCO₂排出削減に貢献する。

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: 石炭火力の増加新設容量 (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)	大崎ケルジエン
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「 パトコクス専焼 」	地元炭 現在「 パトコクス混焼 」	地元高灰分炭と 「 パトコクス混焼 」	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(%)	37.8	39.7	41.5	38.5	41	40.5
(HHV)	実績(%)	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 ~

- CO2分離・回収型IGCC実証(第2段階)は米国Tampa、Kemperと2つの実証計画が進んでいるが、前者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、後者は空気吹き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。

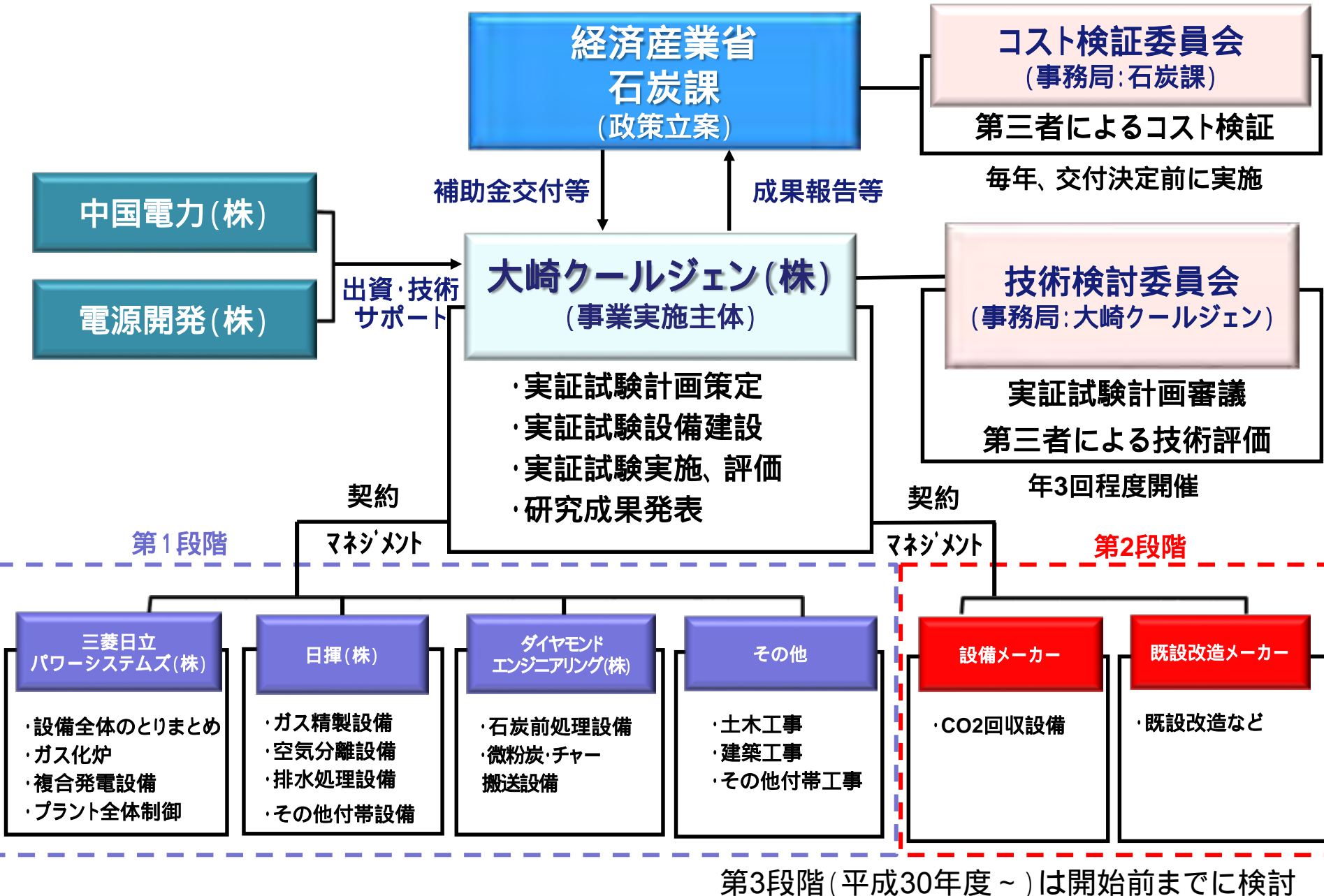
	Tampa	Kemper	OCG
場所	米国FL州	米国MS州	日本
実施者	TECO/NETL	Southern Co.	大崎クールジェン
ガス化炉	GE炉	KBR炉 × 2	EAGLE炉
ガス化剤	酸素吹き	空気吹き	酸素吹き
石炭処理量	2300t/d	13800t/d(褐炭)	1180t/d
送電端出力	300MW	582MW	166MW
CO2回収実証			
運転開始	2014	2016予定	2018
CO2回収率	20%	65%	15%
CO2回収効率	90%	65%	90%
シフト反応	乾式脱硫 Sweet	Sour	湿式脱硫 Sweet
CO2吸収	化学	物理(脱硫含)	物理
CO2回収量	820t/d	8200t/d	420t/d

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实施を図っている。
- 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するほか、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。

対処方針

(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。

(現状の対処方針)

- 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。