

「多目的石炭ガス製造技術開発(EAGLE)」
事後評価報告書

平成 22 年 3 月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

研究評価委員会

平成22年3月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
理事長 村田 成二 殿

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会 委員長 西村 吉雄

NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条の規定に基づき、別添のとおり
評価結果について報告します。

目 次

はじめに	1
分科会委員名簿	2
審議経過	3
評価概要	4
研究評価委員会におけるコメント	8
研究評価委員会委員名簿	9
第1章 評価	
1. プロジェクト全体に関する評価結果	1-1
1. 1 総論	
1. 2 各論	
2. 個別テーマに関する評価結果	1-15
2. 1 高灰融点炭種対応	
2. 2 CO ₂ 分離・回収	
2. 3 微量物質挙動調査	
3. 評点結果	1-30
第2章 評価対象プロジェクト	
1. 事業原簿	2-1
2. 分科会における説明資料	2-2
参考資料1 評価の実施方法	参考資料 1-1
参考資料2 評価に係る被評価者意見	参考資料 2-1

はじめに

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構においては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される研究評価分科会を研究評価委員会によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会において確定している。

本書は、「多目的石炭ガス技術開発(EAGLE)」の事後評価報告書であり、第22回研究評価委員会において設置された「多目的石炭ガス技術開発(EAGLE)」(事後評価)研究評価分科会において評価報告書案を策定し、第25回研究評価委員会(平成22年3月26日)に諮り、確定されたものである。

平成22年3月
独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

「多目的石炭ガス技術開発(EAGLE)」

事後評価分科会委員名簿

(平成22年1月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	はたて やすお 幡手 泰雄	鹿児島大学 工学部応用化学工学科 教授
分科会長 代理	みうら こういち 三浦 孝一	京都大学 大学院工学研究科化学工学専攻 教授
委員	あいだ てつお 相田 哲夫	近畿大学 産業理工学部生物環境化学科 特任教授
	おがわ よしき 小川 芳樹	東洋大学 経済学部 学部長／教授
	しみず ただあき 清水 忠明	新潟大学 工学部化学システム工学科 教授
	にしおか さとし 西岡 聡	九州電力株式会社 火力発電本部火力部 事業推進グループ 課長
	はたの ひろゆき 幡野 博之	独立行政法人 産業技術総合研究所 エネルギー技術研究部門 主任研究員

敬称略、五十音順

審議経過

● 第1回 分科会（平成22年1月5日）

公開セッション

1. 開会、分科会の設置、資料の確認
2. 分科会の公開について
3. 評価の実施方法について
4. 評価報告書の構成について
5. プロジェクトの全体概要
6. 研究開発成果の詳細について
 - 6.1 STEP 1 研究開発成果)
 - 6.2 STEP 2の概要説明（映像による説明）
 - 6.3 STEP 2 研究開発成果

非公開セッション

- 6.4 STEP 2 研究開発成果
7. 全体を通しての質疑

公開セッション

8. まとめ・講評
9. 今後の予定、その他、閉会

● 第25回研究評価委員会（平成22年3月26日）

評価概要

1. 総論

1) 総合評価

今世紀においても石炭が重要なエネルギー源、化学原料源として利用され、今後、開発途上国を中心にその使用量が大きく増加するのは必至である。この EAGLE プロジェクトはアジアで石炭を生かす道としてきわめて重要な役割を担う力を備えており、現在の段階まで研究開発を進めてきた意義は高く評価できる。

STEP 1 ではすべての目標を達成して、なおかつ世界最高水準の石炭ガス化性能が得られ、更に STEP2 では高灰融点炭への炭種拡大、CO₂分離・回収や微量物質挙動調査など世界に先駆けて取組み、所期の目標を達成している。石炭に関する本技術は石油代替エネルギーとしての確立を目指した技術革新であり、国家のエネルギーセキュリティの面で、長期に亘る石炭ガス化技術推進の意義は大きい。

しかし、人と予算に限りがあることを考慮すると、本技術開発は石炭ガス化炉のアップグレードとスケールアップに人と予算を投入すべきである。技術開発の速度は中国を中心に非常に加速されている。最高の技術が開発できたがどこでも使ってもらえない、といった状況に陥らないように技術開発から実用化そして事業化への速度を一層速める方策が不可欠であると考えます。

なお、比較方法などを工夫して本技術開発の優位性を示す努力をすることで、投入された国費に見合う発信をして頂きたい。

2) 今後に対する提言

将来の優位性の確立を考えて基礎研究開発でできるだけ将来に役立つ多様性とフレキシビリティを確保しようとする立場は十分に理解できるが、日本だけでなくアジアが、そして世界が実現を望んでやまない重要なエネルギー・環境対策オプションであるので、スケールアップによる早期の実用化、事業化を目指すべきである。石炭ガス化技術の実用化の早期実現という観点から、化学分野、水素分野と石炭ガス化技術の応用分野を多様化させる、或いは拡大させるのではなく、まずは発電分野に特化して実用化、事業化の目的を確立することも採用すべき1つの考え方ではあり、今後の研究計画の中で反映させてほしい。

また、CO₂分離回収は設備費を要するうえに、発電効率も低下することから、CO₂分離回収・貯留の事業化のためには経済性の確保が大きな課題と考える。そのため、CO₂分離回収コストの削減や発電効率向上に努めることに加えて、経済的インセンティブを与えるため、国によるCO₂分離回収・貯留に関わる制

度設計、法制面の整備、政策的・財政的支援などが必要不可欠である。

2. 各論

1) 事業の位置付け・必要性について

石炭ガス化と CO₂の回収・貯留技術を組み合わせた研究開発は、米国、豪州、中国など国際的に激しく競い合っている部分であり、民間活動のみでは遂行できない複雑な要素が絡んでいる。2000年以降の中国を始めとするアジア地域のエネルギー需要急拡大を考慮すると、アジア地域の自前の域内資源である石炭を有効活用することは、欠くことのできないエネルギー・オプションである。

CO₂分離回収を含む石炭ガス化技術は、地球環境問題に大きく貢献できる。国のエネルギー政策に沿ったものであり、一次エネルギーの開発分野であるため、極めて公共性が高いこと、技術開発には莫大な人的・物的資源と長い期間を要し、一企業が実施するにはリスクが高いこと、さらには海外に展開して国際貢献すべき技術であること、等々のいずれからでも、本事業は国の関与が必要とされる事業である。

しかし、世界中で研究開発・実用化が進められている石炭ガス化技術のプラント規模は、EAGLEプロジェクトの少なくとも10倍の水準で行われているので、それらの先行技術に対してEAGLEプロジェクトがどのような必要性、どのような位置づけを持つのかをもっと明らかにした上で、研究開発を進めるべきである。後発の研究開発である以上は、それを実現すると強力な強みとなる切り札を有するべきである。

2) 研究開発マネジメントについて

石炭ガス化の実用化を目指してスケールアップを図る前に、現状の微粉炭火力が取り扱える多様な炭種を石炭ガス化でも取り扱えるようにすることにより、この技術の適用範囲を拡大する、石炭ガス化における微量物質挙動を解析して実用化の障壁となる障害を取り除く技術を開発する方針で進められたことは一定の評価が出来る。地球環境問題に対する世界的な意識の一層の高まりを受けて、高効率石炭ガス化技術とCO₂分離回収を組み合わせたゼロエミッション化への取組みも、社会情勢の変化を的確に捉え、適切に対応しており評価できる。

検討会の形で第三者の専門家等の意見も反映できる形で進められ、節目節目で開催され、NEDOによる中間評価等の検討もしかるべき頻度で行われており、一定の統率が取れる事業体制になっていると評価できる。外部からの中間評価等の検討結果に対してもそれを反映させる対応を取っている。

しかし、スケールアップによる早期の実用化を目指すことが求められる中で、なぜSTEP2の3テーマを設定することが必要なのか、これらのテーマが解決されると実用化する上でどのような障壁をクリアすることになるのか、更に明確

にすべきである。

CO₂回収については、回収コスト、回収による効率低下、回収後の Net の発電効率などの評価基準も取り入れて目標を策定された方がよいと考えられる。また、開発目標として掲げる数値としては、もう少し前提条件を明示した方が納得し易いとする。

3) 研究開発成果について

全体として目標を達成しており、研究開発成果は十分といえる。将来の火力発電所老朽化に伴う需要予測のもとプラントの炭種拡大を目指した高灰融点炭種の実証試験結果や次期大型化プラント対応実験結果は本事業の大きな成果として評価できる。本プロジェクトのガス化炉の効率などは欧米の先行する装置と比べて遜色無い性能を達成している。石炭ガス化における微量物質の挙動解明を行う足掛かりを築いたことは、世界をリードして石炭ガス化技術の改善を進めていく上で高く評価できる。

知財についても戦略的に隠している部分があることから控えているのに関わらず、毎年一定の特許も出願されている。

しかし、EAGLE の処理能力が 150t/d と先行機の 10 分の 1 以下の規模であり、大型化において先行機に大きく遅れている。研究開発の目標として定量的な数字を上げているが、コストや効率などとリンクしていないため簡単に達成可能なものになっていた可能性がある。

また、本プロジェクトはガス化炉を運転して実用化のためのデータを取得することに主眼が置かれているので、どうしても成果達成としては運転結果に偏り基礎研究が弱いと考える。更には、基礎研究と運転研究の関連がやや弱い感がある。

4) 実用化、事業化の見通しについて

技術的には高性能であることが示されている。特に高灰分炭を使った場合でも灰溶融などのトラブルを回避する対策などを確立できそうである。また、二酸化炭素回収では、より低温排熱を利用できる可能性を見だし、さらに吸収剤の長期性能維持の見通しを大規模に実証している。EAGLE の第 1 段階および第 2 段階のプロジェクトで培ってきた研究開発が、大崎 Cool Gen プロジェクトという形で実証機の建設が進められようとしていることは、EAGLE プロジェクトの実用化に向けて具体的な一歩を踏み出そうとしている証左であるので、この点は実用化の見通しとして高く評価できる。

しかし、すでに欧米では 10 倍規模の石炭ガス化技術を実現して稼働させている中で、後発機として追いかけて追いつくだけでは実用化の見通しとして不足である。技術上あるいは実用化する上で、それらに対してどのような優位性を発揮

することができるのか、実用化の見通してのシナリオ展開を明らかにし、国が主導して研究開発を進める意義をもっと明確にすべきである。

また、実用化、事業化のための次期大型実証試験に向けての課題が必ずしも明確に示されていない。技術開発をスピードアップし効率的に進めるためにも課題とその解決方針を整理していただきたい。更には、全般的に事業化に必要なコストに関する評価と今後の見通しが明らかになっていない。実用化、事業化のシナリオという視点からはこの石炭ガス化技術（CO₂回収・貯留も含む）の経済性分析を行って、他の対策オプションと比較して市場での競争力がどの程度あるのかという点も適時明らかにすべきである。

研究評価委員会におけるコメント

25回研究評価委員会（平成22年3月26日開催）に諮り、了承された。研究評価委員会からのコメントは特になし。

研究評価委員会

委員名簿（敬称略、五十音順）

職 位	氏 名	所属、役職
委員長	西村 吉雄	学校法人早稲田大学大学院 政治学研究科 (科学技術ジャーナリスト養成プログラム) 客員教授
委員長 代理	吉原 一紘	オミクロンテクノロジージャパン株式会社 最高顧問
委員	安宅 龍明	オリンパス株式会社 新規中核事業企画本部 ヘルスケア事業開発部 企画グループ コーディネーター
	伊東 弘一	学校法人早稲田大学 理工学術院総合研究所 客員教授（専任）
	稲葉 陽二	日本大学 法学部 教授
	大西 優	株式会社カネカ 顧問
	尾形 仁士	三菱電機エンジニアリング株式会社 取締役社長
	小林 直人	学校法人早稲田大学 研究戦略センター 教授
	小柳 光正	国立大学法人東北大学大学院 工学研究科 バイオロボティクス専攻 教授
	佐久間一郎	国立大学法人東京大学大学院 工学系研究科 精密機械工学 精密機械工学専攻 教授
	菅野 純夫	国立大学法人東京大学大学院 新領域創成科学研究科 メディカルゲノム専攻 教授
	富田 房男	放送大学 北海道学習センター 所長
	架谷 昌信	愛知工業大学 工学機械学科 教授・総合技術研究所所長
	宮島 篤	国立大学法人東京大学 分子細胞生物学研究所 教授

第1章 評価

この章では、分科会の総意である評価結果を枠内に掲載している。なお、枠の下の「○」「●」「・」が付された箇条書きは、評価委員のコメントを原文のまま、参考として掲載したものである。

1. プロジェクト全体に関する評価結果

1. 1 総論

1) 総合評価

今世紀においても石炭が重要なエネルギー源、化学原料源として利用され、今後、開発途上国を中心にその使用量が大きく増加するのは必至である。この **EAGLE** プロジェクトはアジアで石炭を生かす道としてきわめて重要な役割を担う力を備えており、現在の段階まで研究開発を進めてきた意義は高く評価できる。

STEP 1 ではすべての目標を達成して、なおかつ世界最高水準の石炭ガス化性能が得られ、更に **STEP 2** では高灰融点炭への炭種拡大、 CO_2 分離・回収や微量物質挙動調査など世界に先駆けて取組み、所期の目標を達成している。石炭に関する本技術は石油代替エネルギーとしての確立を目指した技術革新であり、国家のエネルギーセキュリティの面で、長期に亘る石炭ガス化技術推進の意義は大きい。

しかし、人と予算に限りがあることを考慮すると、本技術開発は石炭ガス化炉のアップグレードとスケールアップに人と予算を投入すべきである。技術開発の速度は中国を中心に非常に加速されている。最高の技術が開発できたがどこでも使ってもらえない、といった状況に陥らないように技術開発から実用化そして事業化への速度を一層速める方策が不可欠であると考えます。

なお、比較方法などを工夫して本技術開発の優位性を示す努力をすることで、投入された国費に見合う発信をして頂きたい。

<肯定的意見>

○本事業は情勢変化に応じて高灰融点炭や二酸化炭素回収などの研究開発を加えて開発を行っている。高灰融点炭についてもトラブルの回避方法を見出し、利用可能炭種を増やす目処を付けている。また、二酸化炭素回収については、コストアップ、効率低下の要因となる回収工程の高効率化を図るため、再生方式についての検討を行い、再生塔方式のより高い効率を示す方式を見いだしている。特に見いだした方式はプロセス内排熱の有効利用が可能で、それによる明確な効率向上を示しており、実用化に向けて大きな成果を上げている。

○**STEP 1** ではすべての目標を達成して、なおかつ世界最高水準の石炭ガス化性能が得られ、更に **STEP 2** では高灰融点炭への炭種拡大、 CO_2 分離・回収や微量物質挙動調査など世界に先駆けて取組み、所期の目標を達成しており、大いに評価できる。諸外国に比べて信頼性の高い優れた国産技術に仕上げていただきたい。

○これまでの石炭ガス化炉の開発の成果を発展させ、さらにわが国の特性(石炭

を多様な供給先から調達することによる供給安定性の確保)を踏まえるとともに海外展開に対して重要な多炭種対応性能の幅を広げることとともに、来るべき CCS 社会への対応として CO₂分離装置のインテグレーションの可能性の検討を着実に前進させている点は高く評価できる。諸外国における既存の石炭ガス化炉と比較し、EAGLE の 1 室 2 段式石炭／酸素吹き込み方式の持つ優位性をさらに向上されるように今後の研究開発の進展を期待する。

微量物質については、これまで以上に排出低減への社会の要請が強くなることが考えられるので、引き続き排出低減への努力を継続されたい。

○現在、地球温暖化問題、すなわち CO₂問題から石炭の利用に関して「脱石炭」といった強い言葉を用いる逆風が吹いているが、中国を始めとするアジアの中長期的なエネルギー需要拡大を考慮し、石炭がアジア地域における有力な国内資源であることを勘案すると、石炭というエネルギー・オプションを決してアジアで切り捨ててはならない。この EAGLE プロジェクトはアジアで石炭を生かす道としてきわめて重要な役割を担う力を備えており、現在の段階まで研究開発を進めてきた意義は高く評価できる。

○この EAGLE プロジェクトで検討している CO₂の回収・貯留技術に関しても石炭ガス化を前提にして適切なシステムの研究開発を進めるものであり、現在世界中がこの技術の確立・実用化を目指して精力を傾注していることを勘案すると、この分野の研究開発の意義も高く評価できる。

○今世紀においても石炭が重要なエネルギー源、化学原料源として利用され、今後、開発途上国を中心にその使用量が大きく増加するのは必至である。我が国においても、エネルギー基本政策において石炭の重要性が指摘されその環境に調和した利用を促進するためにクリーンコールテクノロジーの一層の推進が必要であるとされている。今後、石炭は発電、製鉄用のみならず、気体・液体燃料として利用が増大する。それを実現するキーテクノロジーが、環境負荷、温暖化ガスの生成を極力抑制しつつ高効率で石炭を合成ガスに変換できるガス化技術である。現在、世界中で多様な石炭ガス化技術が開発されつつあるが、本事業で開発されつつある酸素吹き 1 室 2 段旋回流石炭ガス化技術は、我が国独自の技術で世界最先端の技術として期待されている。

○ガス化基本技術を確立した STEP 1 の成果を引き継いで、平成 19～21 年度に実施された STEP 2 は、①高灰融点炭種対応、②CO₂分離・回収技術の開発を目標に実施された。多様な石炭を使用せざるを得ない我が国の特殊事情と、地球温暖化抑制のための的を得た目標設定であった。得られた成果は所期の目的を十分に達成するものであり、事業実施者の尽力と時宜を得た国の援助は高く評価される。今後の課題は可能な限り早い時期の実用化である。我が国においてはもちろんであるが、世界中で本技術が採用され、エネルギー問題と地球温暖

化問題の解決に貢献することを期待したい。

○国家のエネルギーセキュリティの面で、長期に亘る石炭ガス化技術推進の意義は大きい。また、成果として冷ガス効率が世界一の水準にある等、優れた点があること、また次の商業プラント級へのスケールアップへの準備も整えており、評価できる。

○多くの困難が予想されていた研究分野を満足できるレベルの成果へ導いた実施者の努力に対して心から敬意を表したい。

<問題点・改善すべき点>

●多目的対応としているが、実質的に IGCC や IGFC 向けの検討が主体で合成化学などの他分野への展開については検討が不十分に思われる。化学関連のメーカーあるいはエンジニアリング会社と大学などと協力体制を築き、そちらの検討を今から進めることでより本プロセスの実用化が加速されることが期待できる。

●大事な所で定性的な説明が多いように思われる。例えば、ライバルプロセスとのコスト比較や設備面積比較など、燃料価格高騰時の本技術開発の優位性など、検討されていると推測されるが、示されていない。ライバル技術を明示していないこと、開発戦略上から公開できない部分があること、机上計算の結果が一人歩きした場合の影響など、微妙な点があることは理解できる。しかし、比較方法などを工夫して本技術開発の優位性を示す努力をして頂くことで、投入された国費に見合う発信をして頂きたい。

●諸外国の IGCC(Integrated Gasification Combined Cycle)+CCS(Carbon Capture and Storage)技術開発のスピードと比較して遅れをとっており、世界をリードしていくためには、より一層のスピードアップが必要である。

●下の今後に対する提言にも同様のことを書くが、ガス化プロセスの性能評価指標が、従来のガス化炉研究と同じような炭素反応率、冷ガス効率といった指標になっており、現在および将来の低炭素排出社会のニーズを十分に考慮したものとは言いがたい。また、CO₂ 捕集に関する性能評価指標・達成目標についても、今後低炭素排出社会の構築にどのように貢献できるかという視点を前面に出した性能評価指標・達成目標を含むべきと考えられる。

●上記に記載したように、世界中、とくにアジアで実用化が期待されている技術であることを勘案すると、早期の実用化をもっと精力的に目指してほしい。中間評価でもそういう意見が多かったようであるが、早期の実用化を目指すという視点からみた場合には、研究開発計画の進め方と取り上げるテーマにもっと工夫が合ってもよかったのではないかと思う。

●石炭ガス化から合成燃料製造、水素製造など多様な応用を狙った将来像を描

いているが、早期の実用化という視点から考えた場合には、幅広い応用という視点を少し外して、石炭ガス化による高効率発電の実用化というところに焦点を絞って進めてもよいのではないかと考えられる。今日、電気自動車の実用化の展望が急速に開け始めており、オール電化の仕組みなども進んできたことを考えると、消費末端で CO₂ を排出しない仕組みとして電力利用をより重視した考え方を取って、石炭ガス化の実用化を進めることは合理的な選択と考えられる。

●数年前までは我が国のクリーンコールテクノロジーは世界をリードする技術であり、それを世界中に移転することにより地球温暖化に貢献できる（すべきである）との議論がなされ、実際一部では成果を挙げてきている。しかし、技術開発の速度は中国を中心に非常に加速されている。最高の技術が開発できたがどこでも使ってもらえない、といった状況に陥らないように技術開発から実用化の速度を一層速める方策が不可欠であると考えます。

●電力事業等への商業化のみならず、エネルギー価格の安定化への貢献のためにも本技術開発のスピードアップが望まれる。

<その他の意見>

・例えば、水分の多い低品位炭は国内では使えないという説明から感じられるように海外展開について余り積極的でないような印象を与えてしまう可能性がある。おそらく、需要としては海外の方が大きいであろうから、海外への展開に有利になる情報を積極的に出して行って頂きたい。

・石炭に関する本技術は石油代替エネルギーとしての確立を目指した技術革新であり、当然欧米等他の先進国との激しい開発競争がある。その場合に、製造規模や個々の技術に対する優劣で一喜一憂することなく、独自の技術革新を進めていることは、一つの大きな目的である「世界のエネルギー価格の適正化」の面から評価できる。

2) 今後に対する提言

将来の優位性の確立を考えて基礎研究開発でできるだけ将来に役立つ多様性とフレキシビリティを確保しようとする立場は十分に理解できるが、日本だけでなくアジアが、そして世界が実現を望んでやまない重要なエネルギー・環境対策オプションであるので、スケールアップによる早期の実用化、事業化を目指すべきである。石炭ガス化技術の実用化の早期実現という観点から、化学分野、水素分野と石炭ガス化技術の応用分野を多様化させる、或いは拡大させるのではなく、まずは発電分野に特化して実用化、事業化の目的を確立することも採用すべき1つの考え方ではあり、今後の研究計画の中で反映させてほしい。

また、CO₂分離回収は設備費を要するうえに、発電効率も低下することから、CO₂分離回収・貯留の事業化のためには経済性の確保が大きな課題と考える。そのため、CO₂分離回収コストの削減や発電効率向上に努めることに加えて、経済的インセンティブを与えるため、国によるCO₂分離回収・貯留に関わる制度設計、法制面の整備、政策的・財政的支援などが必要不可欠である。

<今後に対する提言>

・多目的ガス化と謳っているが現状は発電優先の開発体制となっている。早期実用化を目指すことを優先することを考えれば、本筋は発電としても、分科会などには石油化学や石油精製など他分野のメンバーを含めて多様な検討を開始して欲しい。

例えば、シンガポールのジュロン島における石油精製と石油化学の連携事例は両者の廃棄物をガス化して石油精製にはH₂を、石油化学にはCO、H₂を供給し、さらなる残渣をIGCCで発電と熱供給に使っている。この事例のような異種産業間連携事例を参考にして必要なメンバーを集め、机上検討を開始することによって、何らかの形で早期実用化が可能と思われる。

・我が国がIGCC+CCSの分野において国際社会で先導的な役割を果たすためにはCO₂分離回収から輸送、貯留までの一貫したシステムの本格的な大規模実証試験を早急に実施し、諸々の課題を克服して世界に誇れるゼロエミッション型石炭火力発電の実用化を早期に実現する必要がある。

・CO₂分離回収は設備費を要するうえに、発電効率も低下することからCCSの実用化のためには経済性の確保が大きな課題と考える。そのため、CO₂分離回収コストの削減や発電効率向上に努めることに加えて、経済的インセンティブを与えるため、国によるCCSに関わる制度設計、法制面の整備、政策的・財政的支援などが必要不可欠である。

・諸外国(米国、欧州、豪州など)の石炭ガス化プロジェクトはCO₂貯留まで含めて、いずれも2010年代の中頃の運転開始を目指しており、これに遅れを取ら

ないためにも次期大型実証試験では CO₂ 貯留まで含めて実施することも考えていただきたい。

・本事業は日本のエネルギーセキュリティだけにとどまらず、世界の石炭利用の高度化を通じた CO₂ 排出削減にもつながるので、今後とも効率向上、多炭種対応と CO₂ 分離回収を目指した研究が必要と思われる。

ガス化炉の性能評価方法として、現状では冷ガス効率・炭素転換率など従来型のガス化炉の評価をしているが、今後は CCS 社会への対応を考慮した電力あたり CO₂ 大気放出量、多炭種対応をアピールするための炭種対応マップ(利用できる石炭の炭化度(あるいは燃料比)、灰融点などの範囲を視覚化したもの)などのガス化プロセス(ガス化炉だけでなくシステム全体としての)評価方法を提案するなど、近年の社会のニーズに対応した評価基準をもって評価をすることが必要と考えられる。

・本プロジェクトでは CO₂ 分離に関して定量的な目標として、回収した CO₂ の純度 99%以上という「特定二酸化炭素ガスの海底下廃棄の許可の申請に係る指針」にある基準を用いている。しかし、この指針自体は「他の分離回収技術が実用レベルで採用されることが見込まれる状況となった場合、あるいは既に適用されている技術であっても見直しが必要と判断された場合には、当該分離回収技術に関する二酸化炭素濃度の基準値について、その時点での最新の科学的知見に基づき、エネルギー効率等を考慮した最も合理的に達成できる値に設定あるいは変更する必要がある。」とされており(下記参考資料)、この指針は暫定的なものと言える。むしろ EAGLE を含めた高効率エネルギー転換プロセスの開発動向によってこの基準が変わる余地があることが書かれている。今後は、EAGLE の高度化によって、この基準の見直しがありえることを視野に入れて、高効率化の努力を継続するとともに、低炭素社会のニーズにあった到達目標として策定することを考慮するか、もしくは現在の目標の一部変更を考慮されたい。

参考：

http://www.env.go.jp/earth/kaiyo/ocean_disp/1hourei/pdf/t7_ccs_sisin.pdf

・石炭ガス化技術と CO₂ 回収・貯留技術を組み合わせて将来のエネルギー戦略に欠くことができないエネルギー・環境対策オプションを追求する大変重要なプロジェクトである。当該計画の当面の目標をクリアできたという当面の成果を強調するだけでなく、今回のプロジェクト実施を通じて明らかになった問題点をリストアップし、次のプロジェクトではどのような具体的な課題にチャレンジすべきかを提示して一步一步着実に実用化、事業化へ向かって進んでほしい。

・将来の優位性の確立を考えて基礎研究開発でできるだけ将来に役立つ多様性

とフレキシビリティを確保しようとする立場は十分に理解できるが、日本だけでなくアジアが、そして世界が実現を望んでやまない重要なエネルギー・環境対策オプションであるので、スケールアップによる早期の実用化、事業化を目指す研究計画のベクトルも是非強く持ってほしい。

- ・石炭ガス化技術の実用化の早期実現ということを考えると、化学分野、水素分野と石炭ガス化技術の応用分野を多様化させ拡大させようと欲張らず、まずは発電分野に特化して実用化、事業化の目途を確立することも採用すべき1つの考え方ではないかと思うので、今後の研究計画の中で反映させてほしい。電気自動車の実用化やオール電化の動きなど末端消費で電力を活用することがCO₂排出を削減できる有力な手段となることを示しており、この点はまずは発電分野に特化した方がよいという上記の考え方をサポートする強い論拠になり得ると考える。

- ・可能な限り速い時期の実用化による世界規模でのエネルギー・環境問題解決への貢献が本事業に課せられた課題と考える。我が国においては実用化の計画があると聞くが、国として世界中に展開する戦略と戦術が必要ではないか。

- ・着実な技術の進展は評価できるが、今後はコスト面での裏付けのある技術データとして発表してもらいたい。開発速度を上げて、商業プラントへのより早いアプローチがエネルギーセキュリティの面でも望まれる。炭酸ガス削減に伴うエネルギー製造コストの上昇は避けられない要素であり、事業化には炭酸ガス削減量に対するエコエネルギー助成等の法的な方策が必要になると思われる。

- ・早急に商業化へ向けて研究を拡大すべきであると考ええる。

<その他の意見>

- ・我が国を代表する本技術をさらに発展させ、プラント建設、運転能力を向上させ、優れた技術力を世界へPRして世界のエネルギーセキュリティに貢献してもらいたい。石油価格の不安定さを考慮すると、プラント運転を常時実施することによる本技術力の保持も重要と思われる。

人と予算に限りがあることを考慮すると、本技術開発は本来技術である石炭ガス化炉のアップグレードとスケールアップに人と予算を投入すべきであり、CO₂削減技術や微量成分挙動調査は、実用化・事業化技術要素として重要ではあるが、他機関との共同研究項目として検討しても良いのではないかと考えられる。

- ・本技術のメリットを世間に周知してもらおうべく積極的な宣伝と啓蒙活動を行なって欲しい。

1. 2 各論

1) 事業の位置付け・必要性について

石炭ガス化と CO₂ の回収・貯留技術を組み合わせた研究開発は、米国、豪州、中国など国際的に激しく競い合っている部分であり、民間活動のみでは遂行できない複雑な要素が絡んでいる。2000 年以降の中国を始めとするアジア地域のエネルギー需要急拡大を考慮すると、アジア地域の自前の域内資源である石炭を有効活用することは、欠くことのできないエネルギー・オプションである。

CO₂ 分離回収を含む石炭ガス化技術は、地球環境問題に大きく貢献できる。国のエネルギー政策に沿ったものであり、一次エネルギーの開発分野であるため、極めて公共性が高いこと、技術開発には莫大な人的・物的資源と長い期間を要し、一企業が実施するにはリスクが高いこと、さらには海外に展開して国際貢献すべき技術であること、等々のいずれから、本事業は国の関与が必要とされる事業である。

しかし、世界中で研究開発・実用化が進められている石炭ガス化技術のプラント規模は、EAGLE プロジェクトの少なくとも 10 倍の水準で行われているので、それらの先行技術に対して EAGLE プロジェクトがどのような必要性、どのような位置づけを持つのかをもっと明らかにした上で、研究開発を進めるべきである。後発の研究開発である以上は、それを実現すると強力な強みとなる切り札を有するべきである。

<肯定的意見>

○国際的に二酸化炭素排出削減が迫られている状況の中で、CCS の推進が国際的により重要な位置を占めそうである。そのような状況の中で効率的な二酸化炭素回収技術を持つことは今後の国際交渉の中で重要な切り札となりうる。しかし、我が国では石油増進回収(Enhanced Oil Recovery)に適した油田や、二酸化炭素を多量に含むガス田も無いことから、不断のコスト削減が求められる民間企業による自主開発のインセンティブが働かない。そのため、国や NEDO が関与していく必要性は非常に高い。

○CO₂ 分離回収を含む石炭ガス化技術は、地球環境問題に大きく貢献できることから、極めて公共性が高く、また開発・実用化には多くの時間と費用を要しリスクも大きいことから、国を挙げて取り組むべき事業であり、国の全面的な支援、NEDO の積極的な関与が必要である。

○(1)NEDO の事業としての妥当性

・エネルギーイノベーションプログラムの該当部分と本プロジェクトを比較し、エネルギー供給の安定確保、低炭素社会、環境保全といった当該施策の目標と、本 EAGLE プロジェクトにおける目標は合致している。

・エネルギー、特に電力の安定供給は、高度な IT インフラなどの上に立つ現在の日本においては最も重要な基盤の一つであり、公共性の高い事業である。電力供給には莫大な量の供給と高度の供給安定性の両立が求められており、それを達成するためのプロセス開発の努力は非常に多大なものとなる。したがって、民間活動のみで行うのは非常に難しいと考えられる。よって NEDO などの関与が必要である。

・現在の日本のエネルギーの消費は膨大であり、そのエネルギー源(燃料)の海外からの購入費用もまた膨大である。当該事業を実施で開発された革新的プロセスによる効率向上による燃料の消費低減による効果は、投じた予算との比較において十分であると考えられる。

(2)事業目的の妥当性

内外のガス化技術の技術開発動向、およびこれらガス化技術の効率比較など国際競争力の状況を良く踏まえて事業目的が定められており、妥当である。市場動向、政策動向、国際貢献の可能性等から見ても、本事業で期待できる成果である石炭の高効率・低エミッション転換技術は、世界の化石燃料のうち可採年数が最大のものである石炭の利用が今後とも続くことを考えれば、重要であることは論を待たないのであり、事業の目的として妥当であると考えられる。

○石炭ガス化と CO₂ の回収・貯留技術を組み合わせた研究開発は、米国、豪州、中国など国際的に激しく競い合っている部分であり、民間活動のみでは遂行できない複雑な要素が絡んでいるので、NEDO が関与して展開する事業として妥当である。

・2000 年以降の中国を始めとするアジア地域のエネルギー需要急拡大を考慮すると、アジア地域の自前の域内資源である石炭を有効活用することは、欠くことのできないエネルギー・オプションであり、石炭ガス化と CCS を組み合わせた研究開発を推し進めることは、アジア全体のエネルギー問題を見据えた国策として公共性の高い活動として NEDO の関与を必要とする事業である。

○本事業は国のエネルギー政策に沿ったものであること、エネルギーという国の根幹に関わるもので極めて公共性が高いこと、技術開発には莫大な人的・物的資源と長い期間を要し、一企業が実施するにはリスクが高いこと、さらには海外に展開して国際貢献すべき技術であること、等々のいずれからも、本事業は国の関与が必要とされる事業であると判断される。

○石油に対する石炭の一番の優位性は安定供給にある。しかしながら石炭には多くのデメリットがある。本事業は石炭のグレードアップ技術の確立であり、技術が確立された場合、当然単に石炭を燃焼させる場合に比べてコスト高となる面は否めない事実である。本技術の完成は国家(あるいは世界)のエネルギーセキュリティに関わる事項であり NEDO の事業として必要と思われる。開発のス

キームとして、石炭ガス化プラントからの SOX、NOX 等を除去するだけでなく、石炭利用の最大の弱点である CO₂ 削減を大きなテーマとしている点で NEDO の事業として妥当である。

○COP-15 で露呈された混沌としている国際情勢からも明らかなように、本事業を推進することの意義と NEDO 関与の妥当性は、当を得たものであったと考えられる。

<問題点・改善すべき点>

●世界中で研究開発・実用化が進められている石炭ガス化技術のプラント規模は、EAGLE プロジェクトの少なくとも 10 倍の水準で行われているので、それらの先行技術に対して EAGLE プロジェクトがどういう必要性、どういう位置づけを持つのかをもっと明らかにして研究開発を進めてほしい。後発である以上は、それを実現すると強力な強みとなる切り札を位置付けて研究開発を進める必要がある。

●総論にも述べたように、本事業に課せられた課題は可能な限り早い時期の実用化と普及である。技術開発である本事業に国が関与したことは高く評価されるが、国際競争に打ち克って本技術を世界中に普及するためには、国としての戦略と戦術、それを実現する物的支援が必要と考える。

●エネルギーの安定は国家的な重要事項であり、天然資源に乏しい我が国ではエネルギー開発技術力は大切な資源である。このような認識を持って、現行以上の国としての対策、たとえば世界 NO.1 といえる 6000t/d 級の石炭ガス化炉を目指せる対策を期待するものである。

2) 研究開発マネジメントについて

石炭ガス化の実用化を目指してスケールアップを図る前に、現状の微粉炭火力が取り扱える多様な炭種を石炭ガス化でも取り扱えるようにすることにより、この技術の適用範囲を拡大する、石炭ガス化における微量物質挙動を解析して実用化の障壁となる障害を取り除く技術を開発する方針で進められたことは一定の評価が出来る。地球環境問題に対する世界的な意識の一層の高まりを受けて、高効率石炭ガス化技術と CO₂ 分離回収を組み合わせたゼロエミッション化への取組みも、社会情勢の変化を的確に捉え、適切に対応しており評価できる。

検討会の形で第三者の専門家等の意見も反映できる形で進められ、節目節目で開催され、NEDO による中間評価等の検討もしかるべき頻度で行われており、一定の統率が取れる事業体制になっていると評価できる。外部からの中間評価等の検討結果に対してもそれを反映させる対応を取っている。

しかし、スケールアップによる早期の実用化を目指すことが求められる中で、なぜ STEP2 の 3 テーマを設定することが必要であったのか、これらのテーマが解決されると実用化する上でどのような障壁をクリアすることになるのか、更に明確にすべきである。

CO₂ 回収については、回収コスト、回収による効率低下、回収後の Net の発電効率などの評価基準も取り入れて目標を策定された方がよいと考えられる。また、開発目標として掲げる数値としては、もう少し前提条件を明示した方が納得し易いと考える。

<肯定的意見>

○国際情勢の変化を受け、大規模二酸化炭素分離回収試験を行っており情勢変化への対応は適切である。また、シフト反応器の熱利用の低減が推進委員会で行われ、実際にフラッシュ再生を試みて低温度までの熱を使い切ることを可能とすることができ、研究チームの構成が適切であった。

○地球環境問題に対する世界的な意識の一層の高まりを受けて、高効率石炭ガス化技術と CO₂ 分離回収を組み合わせたゼロエミッション化への取組みは、社会情勢の変化を的確に捉え、適切に対応しており評価できる。

○(1)研究開発目標の妥当性については、内外の技術動向、市場動向等を踏まえていると考えられる。開発目標のうち、ガス化炉性能(冷ガス効率など)定量評価可能なものは可能な限り具体的かつ明確に定量的目標を設定し、その数値目標が達成できたかどうかを判断するための指標が設定されていると考えられる。STEP 2 では高灰融点炭種対応、微量物質挙動調査が挙げられているが、これは定量的評価になじみにくい点もあり、必ずしも定量的に評価目標が与えられて

いない部分もあるが、これはいたし方の無いことと考えられる。

(2)研究開発計画の妥当性についてであるが、STEP2 においては、高灰融点炭の利用という灰溶融型ガス化炉にとっては困難を伴うテーマにチャレンジしており、その困難さに対してはやや時間的にタイトな感を受けるが、計画通りの3炭種の実験をするには妥当なスケジュールであると考えられる。また、CO₂回収については、溶液による吸収の研究を行うのには妥当なスケジュールであると考えられる。微量物質挙動については、既に商業化されて長い歴史を持つ石炭燃焼装置においてすら必ずしも確立されたとはいえない研究途上のテーマであり、研究開発計画のなかに入れたことは妥当である。

目標達成に必要な要素技術を取り上げているかどうかであるが、高灰融点炭、CO₂回収、微量物質挙動については、テーマが特に新規であるので、どのような要素技術を必要とするかをあらかじめ全部取り上げるのは難しいが、高温操作のためのガス化炉改造、CO₂分離システムの構築と改良を目指した機器の設置、微量物質測定法などの基本的な要素技術は取り上げられていると考えられる。また、研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序も適切であると考えられる。

(3)研究開発実施の事業体制の妥当性であるが、研究開発の構成員は、個々の研究者ならびに企業のいずれも、これまでに石炭利用技術開発について長期の実績を積み、また実証規模の大型試験の経験も豊富であり、また電気事業の経験も豊富であるので、技術開発力だけでなく事業化能力の観点からも妥当である。開発体制においては少数の企業が参画し(H19年度以降は1社のみ)であり、その中での意思疎通には特段の問題も無く行われていると判断でき、連携体制ならびにプロジェクトの統括体制として適切に動ける環境・体制が整備されている。また、本プロジェクトの成果が実用化した際には、電気事業者がまずその成果を受け取ることになるが、実施者自体がその電気事業の一翼を担っているため、成果の受け取り手の関与については十分に体制として組み込まれているものと考えられる。

(4)情勢変化への対応等であるが、CO₂の海洋投棄の指針などを遅滞無く開発目標に組み込むなど、情勢の変化などに機敏に対応している点が見られる。また、石炭からの微量物質排出に対する最近の世界の関心の高まりを受けて STEP2ではガス化炉の微量成分挙動を測定するなどの対応がとられている。

○・石炭ガス化の実用化を目指してスケールアップを図る前に、現状の微粉炭火力が取り扱える多様な炭種を石炭ガス化でも取り扱えるようにして、この技術の適用範囲を拡大すること、石炭ガス化を前提にした排ガスからCO₂回収・貯留技術を確認すること、石炭ガス化における微量物質挙動を解析して実用化の障壁となる障害を取り除くツールとすることなどを目指して今回の第2段階

の研究開発は進められたと理解する。できればスケールアップによる実用化の実現を早期に目指してほしいのであるが、急がば回れの研究開発として妥当であったのではないかと思う。この視点からみた研究開発目標、研究開発計画は妥当であったと評価できる。

・研究開発実施の事業体制は、研究費の3分の2を負担するNEDOが主導権を握って総指揮を取り、同3分の1を負担する民間会社が実施部隊として活動する構造になっており、検討会の形で第三者の専門家等の意見も反映できる形で進められているので良いと思う。検討会も節目節目で開催され、NEDOによる中間評価等の検討もしかるべき頻度で行われており、一定の統率が取れる事業体制になっていると評価できる。外部からの中間評価等の検討結果に対してもそれを反映させる対応を取っている。

○開発目標、計画、事業体制のいずれも妥当であったと判断する。また、情勢変化への対応も適切になされたと判断する。

○次期プラント開発に向けて、不可欠な開発目標達成を掲げ、それに必要な技術開発計画を立案していると評価できる。特にCO₂削減を目指すゼロエミッション化技術は内外へのアピールという面で妥当と言える。

○STEP1からSTEP2へ向けて設定された研究開発目標は、国際情勢の変化に適切に対応したものになっていると考えられる。

<問題点・改善すべき点>

●開発メンバーが電力関係者のみであり、メンバー間での連携は取りやすいと考えられるが、その一方で技術開発の最終目的である「多目的石炭ガス化技術開発」を考えると他産業のメンバーが入っていないことに対しては弱いという印象を持つのは否めない。

開発目標は、炭種拡大として3炭種、回収二酸化炭素の純度が99%という数値を掲げている。これらは一見すると定量的に見えるが、実際には数値を達成する上で前提となる条件が明示されていないことから、試験を実施すれば達成可能な数字といえる。開発目標として掲げる数値としては、もう少し前提条件を明示した方が納得し易いと思われる。

●諸外国のIGCC+CCS技術開発のスピードと比較して遅れをとっており、世界をリードしていくためには、より一層のスピードアップが必要である。

●(1)研究開発目標の妥当性のうち、CO₂回収の目標については、I-1.総合評価のコメント欄にも書いたが、現在の海洋投棄のための濃度にとらわれすぎている感が否めない。CO₂回収については、回収コスト、回収による効率低下、回収後のNetの発電効率などの評価基準も取り入れて目標を策定された方がよいと考えられる。

(2) CO₂ ガス化発電システムの性能評価指標の情勢変化への対応等であるが、低炭素社会への対応として CCS を行う必要がある可能性が高まってきたことを反映しての開発目標(ガス化システムの性能評価指標)の見直しが、やや物足りない感じを受ける。

●スケールアップによる早期の実用化を目指すことが求められる中で、急がば回れの第2段階の研究開発テーマの選択であったと理解されるので、その意味では研究開発計画の中で、なぜこれらのテーマを設定することが必要なのか、これらのテーマが解決されると研究開発を進めている技術のどのような障壁がクリアされることになるのか、もっと明らかにしてほしい。これらの研究テーマを選択する必然性が研究開発計画の中で強くアピールされ、広く理解される必要があると感じる。

●強いて言えば、STEP2 は技術の完成と実用化に向けて必要な段階であったとは思いますが、最近の国際情勢を鑑みると、国としてより実用化を明確にして技術開発の一層のスピードアップを図ることも考えるべきではなかったか。

●達成すべき開発目標が多く、したがって解決すべき多くの技術開発項目があるためにやむを得ない面もあるが、技術的な問題が生じて、その原因を特定したり、問題解決する方法を考案した場合にそれを実証する時間までをスケジュール化して入れておいた方が良いように思われる。

<その他の意見>

・実用化までのシナリオで IGCC+CCS の商用化を 2020 年代後半に設定しているが、その実現のためには CO₂ 貯留プロジェクトとの緊密な連携が必要であり、CO₂ 貯留プロジェクトも遅滞なく推し進めることが肝要である。

・諸外国(米国、欧州、豪州など)の石炭ガス化プロジェクトは、いずれも CO₂ 貯留まで含めて 2010 年代の中頃の運転開始を目指しており、これに遅れを取らないためにも次期大型実証試験では CO₂ 貯留まで含めて実施することも考える必要がある。

3) 研究開発成果について

全体として目標を達成しており、研究開発成果は十分といえる。将来の火力発電所老朽化に伴う需要予測のもとプラントの炭種拡大を目指した高灰融点炭種の実証試験結果や次期大型化プラント対応実験結果は本事業の大きな成果として評価できる。本プロジェクトのガス化炉の効率などは欧米の先行する装置と比べて遜色無い性能を達成している。石炭ガス化における微量物質の挙動解明を行う足掛かりを築いたことは、世界をリードして石炭ガス化技術の改善を進めていく上で高く評価できる。

知財についても戦略的に隠している部分があることから控えているのに関わらず、毎年一定の特許も出願されている。

しかし、EAGLE の処理能力が 150t/d と先行機の 10 分の 1 以下の規模であり、大型化において先行機に大きく遅れている。研究開発の目標として定量的な数字を上げているが、コストや効率などとリンクしていないため簡単に達成可能なものになっていた可能性がある。

また、本プロジェクトはガス化炉を運転して実用化のためのデータを取得することに主眼が置かれているので、どうしても成果達成としては運転結果に偏り基礎研究が弱いと考える。更には、基礎研究と運転研究の関連がやや弱い感がある。

<肯定的意見>

○全体として目標を達成しており、研究開発成果は十分といえる。知財についても戦略的に隠している部分があることから控えているのに関わらず、毎年一定の特許も出願されている。

STEP2 での出願は知財戦略や時期の面から判断できないが、発表を聞いている限り新しい知財が得られていると判断できる。

○すべての開発目標を上回る成果を得ており、なおかつ世界最高水準を達成しており十分に評価できる。

○(1)目標の達成度としては、予定されていた試験をすべて終了する見通しとなっており、試験実施内容の目標はクリアすると考えられる。高灰融点炭の試験では、ガス化炉自体の運転方法がほぼ確立されたと考えられるとともに、周辺機器である灰の排出系についての問題点を明確化し、解決への道筋が提案された。CO₂ 回収については、CO₂ 脱離方式を複数検討し、回収純度目標を達成しつつエネルギーペナルティの少ない方式を提案できた。微量物質については、ガス化プロセスにおける物質フローの概要が明らかにされた。したがって、全体として、達成目標はほぼ達成されたものと考えられる。

(2)成果の意義

成果である石炭ガス化炉は世界の石炭の利用状況にかんがみて幅広いマーケットがあると考えられる。また、CO₂分離と組み合わせることで低炭素社会における市場生成につながると期待できる。本プロジェクトのガス化炉の効率などは欧米の先行する装置と比べて遜色無い性能を達成している。ただし、大型化において先行機に遅れをとっている。多炭種対応(炭種に応じたフレキシブルな運転)という点では、特に高灰融点炭においては世界でも最高水準にあると考えられ、新たな技術領域につながるとともに、先行機に対する優位性があると考えられる。また、ガス化炉は付帯設備の変更で発電から化学原料水素の製造まで、汎用性を有する。世界中の石炭利用は膨大であるので、このプロジェクトの成功により発電効率向上を通じて得られる利益は大きいものとなることが期待でき、その点から予算に見合った成果が得られていると考えられる。

(3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

特許などは必要に応じて出願がなされている。ただし、開発で得られた成果の中には特許にして公開するより、特別のノウハウとして非公開のままにしているものもあると説明されており、これについては事業戦略の範疇として認められるべきと考えられる。

(4)成果の普及

H15～20年の6年で、論文の投稿は33件(1年あたり平均5件以上)、研究発表43件(1年あたり平均7件)であり、成果の対外発表は十分な頻度で行われていると評価できる。これらの対外発表先は成果の受取手がアクセス可能な「日本エネルギー学会誌」、「火力原子力発電」などの媒体に掲載されており、成果普及方法として適切である。

また、新聞発表、展示会などへの出展も、あわせて平均で年間10件程度あり、一般に向けて広く情報発信をしていると言える。

○・目標の達成度に関しては、掲げた目標を上回る成果あるいは目標どおりの成果を上げているので一定の評価を与えることができる。先発する欧米のガス化炉がどのような炭種まで処理できるのか必ずしもわからないが、微粉炭火力の適合炭種範囲に踏み込んで高灰融点炭種の処理を行えたことは世界でこれまでにない成果を上げることができたものと評価される。また、石炭ガス化発電を前提とするCO₂分離回収技術へと改良を加えることができた点も世界水準に並ぶ成果として評価される。何よりも石炭ガス化における微量物質の挙動解明を行う足掛かりを築いたことは、世界をリードして石炭ガス化技術の改善を進めていく上で高く評価される。

・研究成果を1つは特許出願という形で平成15年から毎年コンスタントに出し続けており、累積で27件の特許出願を行っていることは、知的財産権の確保という視点からも評価できる。また、論文投稿(累積34件)、研究発表(累積46

件)、展示会出展(累積 12 件)も精力的に実施しており、研究成果の普及という点からも適切な活動が行われていると評価される。そのような努力が新聞・雑誌等で頻繁に掲載(累積 63 件)され、栄えある受賞を受けるという実績にもつながったと考えられる。

○高融点炭対応技術の確立、CO₂分離回収に向けた CO シフト触媒、CO₂ 吸収液の基本特性の確認、さらには将来を見据えた微量物質の挙動調査、と世界に通用する成果が得られたと判断する。また、論文発表数、出願特許数から判断して、成果の普及も十分になされたと判断する。

○将来の火力発電所老朽化に伴う需要予測のもとプラントの炭種拡大を目指した高灰融点炭種の実証試験結果や大型化次期プラント対応実験結果は本事業の大きな成果として評価できる。特に、比較的小規模な 150 t/d で冷ガス効率 82% を達成できたことは世界一の効率ということで高く評価できる。知的財産についても幅広く特許出願しており、実用機に向けた着実な成果が認められる。

○多くの困難が予想されていた分野の研究を満足できるレベルの成果へ導いた実施者の努力に対して心から敬意を表したい。

<問題点・改善すべき点>

●研究開発の目標として定量的な数字を上げているが、コストや効率などとリンクしていないため簡単に達成可能なものになっていた可能性がある。例えば、二酸化炭素純度 99%は、再生エネルギーが多くなるが、吸収液量を増やすことにより、達成可能である。

回収率や回収濃度を前提条件として長時間運転時の吸収液劣化率、あるいは、ベースケース(再生塔利用)に対する使用エネルギー削減効果などを目標にした方が実用化を目指した場合には実際的だったと思われる。ただし、後者については事前に具体的な数値を示すことは事前には難しいと思われる。そのため、目標としての数値設定は難しくなる。一部の目標は定性的な表現を取ることでも許されるような基準が有っても良いであろう。

●本プロジェクトはガス化炉を運転して実用化のためのデータを取得することに主眼が置かれているので、どうしても成果達成としては運転結果に偏り基礎研究へ目が行きにくいのは理解できるのであるが、やや基礎研究と運転研究の関連が弱い感がある(ただし、灰付着などのメカニズムについての考察は、熔融の平衡などの基礎研究の結果を取り込もうとしている姿勢が見られ、ここは高く評価ができる)。特に、高灰融点炭の利用に際してスラグの形態が問題になっているが、その形態を決定する要因は何かについての基礎的な検討がやや不十分と思われる。今後の基礎研究の進展を期待する。

●スケールアップによる実用化の早期実現を目指してほしいという要望がきわ

めて強い中で、第2段階では基礎技術開発としての3つのテーマを選びあえてプロジェクトを進めてきているのであるから、3つのテーマの研究開発を進めることにより、石炭ガス化技術のどういう障壁をクリアすることができ、どういう意義を持たせることができたのか、その点をもっと積極的に明らかにしてほしい。国が3分の2の費用分担を行う形でプロジェクトに掛ける重要性を強く意思表示をしているのであるから、一般の目からみてプロジェクトの進め方に納得がいく説明を提供する工夫も是非心がけてほしい。

●本プロジェクトの検討すべき(解決すべき)事項をすべてクリアする成果を上げており、また成果を上げるために大変な努力を重ねていることも理解したが、本来から持っている技術能力を勘案して、マネジメントにおいて研究開発目標をもう少し前倒しにした目標例えば±50%負荷変動に対応する運転技術の確立等を掲げては良かったのではないかと感じた。

●望むらくは、競合している先進諸国の技術に対して、圧倒的優位性を示すことができる(ブレークスルー)特許技術が欲しかった。

<その他の意見>

・発電プラントとしての負荷変化やDSS(毎深夜起動停止)などの運用性は既設の微粉炭火力並みを目指しており、中間負荷火力として運用できることが期待できる。当然のことながら、これに加えて保守や運転操作の容易な使い勝手の良いプラントとして仕上げていただきたい。

・本事業は、(TV放送等を通じた)石炭エネルギーとCO₂削減をテーマとするエコエネルギー普及活動の一環としてPRが可能であるので、それを強く実践すべきである。

II-4. 実用化、事業化の見通しについて

技術的には高性能であることが示されている。特に高灰融点炭を使った場合でも灰に起因するトラブルを回避する対策などを確立できそうである。また、二酸化炭素回収では、より低温排熱を利用できる可能性を見だし、さらに吸収剤の長期性能維持の見通しを大規模に実証している。EAGLE の第1段階および第2段階のプロジェクトで培ってきた研究開発が、大崎 Cool Gen プロジェクトという形で実証機の建設が進められようとしていることは、EAGLE プロジェクトの実用化に向けて具体的な一歩を踏み出そうとしている証左であるので、この点は実用化の見通しとして高く評価できる。

しかし、すでに欧米では10倍規模の石炭ガス化技術を実現して稼働させている中で、後発機として追いかけて追いつくだけでは実用化の見通しとして不足である。技術上あるいは実用化する上で、それらに対してどのような優位性を発揮することができるのか、実用化を見通してのシナリオ展開を明らかにし、国が主導して研究開発を進める意義をもっと明確にすべきである。

また、実用化、事業化のための次期大型実証試験に向けての課題が必ずしも明確に示されていない。技術開発をスピードアップし効率的に進めるためにも課題とその解決方針を整理していただきたい。更には、全般的に事業化に必要なコストに関する評価と今後の見通しが明らかになっていない。実用化、事業化のシナリオという視点からはこの石炭ガス化技術（CO₂回収・貯留も含む）の経済性分析を行って、他の対策オプションと比較して市場での競争力がどの程度あるのかという点も適時明らかにすべきである。

<肯定的意見>

○技術的には高性能であることが示されている。特に高灰融点炭を使った場合でも灰に起因するトラブルを回避する対策などを確立できそうである。また、二酸化炭素回収では、より低温排熱を利用できる可能性を見だし、さらに吸収剤の長期性能維持の見通しを大規模に実証している。

○全て目標を達成して、設備の信頼性確認、ガス化特性の把握、運転・運用・保守に係る技術の取得、スケールアップデータの取得等の成果が得られており、今後、産業技術としての実用化が期待できる。

○(1)成果の実用化可能性

産業技術としては、高効率発電への適用にとどまらず、水素製造への適用可能性も含めて、適用可能性が明確に示されている。また、課題としての炭種拡大に対する個別課題(特に高灰融点炭利用)については、課題解決の方針が明確になっている。

(2)事業化までのシナリオ

ここで得られた成果は、後継事業である大崎クールジェンプロジェクトに反映され、その結果が次の実用化に反映されるので、プロジェクト終了後の事業化までの道筋は明確である。競合技術との比較は十分なされ、導入普及、事業化までの期間を予想したロードマップが既につくられており、事業化等の見通しは立っていると考えられる。

(3)波及効果

成果は石炭の高効率利用により、資源の有効利用、効率向上による CO₂ 排出低減、CO₂ 回収による更なる排出低減などの直接的インパクトがあるだけでなく、石炭への燃料転換による他の化石燃料(特に石油)に対する価格高騰抑止効果も期待できる。

本プロジェクトの実施により、石炭ガス化、環境対策の研究開発の促進が行われたとともに、研究開発に参画した人の研究開発スキルの向上に寄与したと考えられる。

○・EAGLE の第 1 段階および第 2 段階のプロジェクトで培ってきた研究開発が、大崎 Cool Gen プロジェクトという形で実証機の建設が進められようとしていることは、EAGLE プロジェクトの実用化に向けて具体的な一歩を踏み出そうとしている証左であるので、この点は実用化の見通しということで高く評価できる。

・大崎 Cool Gen プロジェクトによる実証機を目指しながら、EAGLE の次の段階として考えている研究開発プロジェクトも適切な内容を持ったものであり、石炭ガス化技術とそれに付随した CO₂ 回収・貯留技術を実用化に向けて着実に進めることができるものとして一定の評価を与えることができる。

○電源開発(株)と中国電力(株)が 17 万 kW 級の酸素吹き IGCC の実証試験の実施に合意し、平成 29 年試験開始に向けて計画が進んでいることから、事業化に向けた道筋は明らかである。

成果は学会発表、パネル展示、新聞発表などで公表されるとともに、見学者の受け入れなどを通じて広く普及されたので、石炭、石炭ガス化技術の重要性が広く認識されるとともに、関連分野の技術者、研究者、若手研究者の育成に大きく貢献した。このような事業が継続していることが、教育機関において将来を担う優秀な研究者・技術者を獲得する上で非常に役立っている。

○実用化プラントが明確であり、それに向けた大型実証プロジェクトは評価できる。本事業の約 10 倍のスケールアップであり、充分目標達成できる範囲内である。我が国のみならず、世界のエネルギー安定に資するプロジェクトであり、NEDO の実用化助成は不可欠である。CO₂ 削減を可能にした石炭火力発電所ということでエコエネルギー面からの社会的貢献も大きい。

<問題点・改善すべき点>

●コストや所要面積など一般的なもののしか示されていない。発電からすると多少コスト高でも他分野（化学原料など）では適用できることもあるため、そのような展開についても、詳しい検討をして頂きたい。

現在、大規模燃料電池の実現性に黄信号が点っている状況といえる。不幸にして実現できない時のシナリオも検討すべきではないだろうか。

●・実用化、事業化のための次期大型実証試験に向けての課題が必ずしも明確に示されていない。技術開発をスピードアップし効率的に進めるためにも課題とその解決方針を整理していただきたい。

・一般的に事業化に必要なコストに関する評価と今後の見通しが明らかになっていない。

・実用化までのステップとして示されている本技術の関連プロジェクトとの繋がりがわかりづらい。次期大型実証試験とこれらプロジェクトとの役割分担を明確にし、効率的に進めていただきたい。そのことが開発のスピードアップにも繋がると考える。

●・すでに欧米の技術が10倍規模の石炭ガス化技術を実現して稼働させている中で、後発機としてそれらを追いかける形となっているので、追いかけて追いつくだけでは実用化の見通しとして不足である。それらを凌駕してどういう強みを技術的に発揮することができるのか、実用化の見通しとしてその辺のシナリオ展開を明らかにし、国が主導的に研究開発を進める意義をもっと明確にしてほしい。また、一般に対する説得力ある説明も提供してほしい。

・現時点は、まだパイロット・スケールの基礎研究開発の段階にあるという認識であるので、あまり強い形で求めるものではないが、実用化、事業化のシナリオという視点からはこの石炭ガス化技術（CO₂回収・貯留も含む）の経済性分析を行って、他の対策オプションと比較して市場での競争力がどの程度あるのかという点もいずれは明らかにしてほしい。

・波及効果として、発電分野のほかに化学分野、水素分野を挙げて多様な広がりがあることを示している点はもちろんよいと思うが、石炭ガス化技術（CO₂回収・貯留技術を含む）の早期実用化がいろいろな視点から求められている点を考慮すると、化学分野、水素分野とチャレンジする領域をあまり拡大しないで、まずは発電分野で着実な早期実用化を目指すというプロジェクトの進め方を優先させることも重要であると判断される。

●実績もあり、達成目標も明確であるにもかかわらず、スピードアップし、できるだけ早い時期に商用プラントを完成させるという熱意が感じられない。熱い思いがこちらに伝わってこない。

CO₂貯留技術開発事業とタイアップし、早期の完成も目標に入れて本事業の持つ高水準の環境技術を世界にアピールしてもらいたい。

- 次世代の人材育成も徹底強化して欲しい。

2. 個別テーマに関する評価

2. 1 高灰融点炭種対応

1) 研究開発成果についての評価

多種多様な石炭を利用せざるを得ない我が国の状況に対応するために実施されたハードルの高い研究開発であったが、1室2段ガス化炉の特徴を生かして高灰融点炭のガス化を可能にするとともに、非常に小さな酸素過剰率で高い炭素転化率と冷ガス効率を達成したことは高く評価できる。高灰融点化に伴う問題点を明確にして、その原因を推定し、対処法について提案した点についても評価する。また、スラグの凝固特性が炭種によって大きく異なることを見出し、トラブル回避対策として、スラグ処理などかなり高度なノウハウが蓄積された点も高く評価できる。

しかし、高灰融点炭の利用に際してスラグの形態が問題になっているが、その形態を決定する要因は何かについての基礎的な検討がやや不十分と考える。今後の研究の拡充を期待する。

もし、比較的早い時期に石炭需給が現状よりも低品位炭に移行せざるを得ない局面がやってくるとすれば、石炭ガス化技術はむしろ長期的に主流となる低品位炭の処理に適合した強みを持たせることを優先して考えた方がよいかもれない。

<肯定的意見>

○当初設定の目標は達成し、炭種拡大の目的は達成している。また、スラグの凝固特性が大きく異なることを見出したことから、トラブルの回避対策を考えることが出来た。

○今後の既設微粉炭火力リプレースへの適用を見据えて、一般の微粉炭火力で大量に使用している高灰融点炭への炭種拡大が図られたことは、我が国のエネルギーセキュリティ確保の観点から大変意義深く、また EAGLE ガス化炉の優位性を高めており大いに評価できる。

○灰溶融ガス化炉は高灰融点炭種に対しては必ずしも得意ではないが、本プロジェクトのガス化炉ではこの場合でも運転可能であることを示し、目標をクリアしたことは、高く評価できる。また、高灰融点炭種の場合のスラグ形状の問題から周辺機器へ必要とされる仕様を明確にし、課題解決の方針が示された。高灰融点炭の利用ができることは、他のガス化炉に対する優位性を示したものと考えられる。また、炭種利用拡大は、石炭調達先の多様性拡大にもつながるとともに、価格安定の波及効果もあると考えられるので、本成果のもたらす意義は大きい。

現段階では、実験成果が出た段階であるので、今後のデータの取りまとめに応

じて成果の対外発表が適切になされることを期待する。

○・石炭ガス化技術で高灰融点を有する炭種へ処理を拡大できるかという試験を行って、現時点で広く利用されている微粉炭火力の適合炭種範囲まで踏み込んで石炭ガス化技術を適用できることを今回のプロジェクトで示すことができたことは、世界をリードする水準の成果を上げることができたということで高く評価できる。また、石炭ガス化技術で処理できる石炭の炭種を拡大し原料のフレキシビリティを高めることができたという点からも評価される内容である。

・また高灰融点の炭種を石炭ガス化技術で取り扱うために、スラグの処理などかなり高度なノウハウがこのプロジェクトを通じて蓄積された点も高く評価される。

○多種多様な石炭を利用せざるを得ない我が国の特殊性に対応するために実施されたハードルの高い研究開発であったが、1室2段ガス化炉の特徴を生かして高灰融点炭のガス化を可能にするとともに、非常に小さな酸素過剰率で高い炭素転化率と冷ガス効率を達成したことは大きく評価できる。

○来るべき需要増に備えて使用できる炭種を拡大し、高灰融点炭種領域へ40%拡大できたことは評価できる。高灰融点化に伴う問題点を明確にして、その原因を推定し、対処法について提案した点は評価する。

○多炭種対応型プロセス構築の戦略は、妥当であり、相応な成果も得られたと思われる。

<問題点・改善すべき点>

●利用可能炭種の拡大も重要であろうが、利用可能資源量の拡大はさらに重要である。その意味では量的にどのくらいが利用可能なのか、政治的安定度なども加味しながら産炭地別に利用可能量を示すことで、より今回の成果が強調できるであろう。

●本プロジェクトはガス化炉を運転して実用化のためのデータを取得することに主眼が置かれているので、どうしても基礎研究へ目が行きにくいのは理解できるのであるが、やや基礎研究と運転研究の関連が弱い高灰融点炭の利用に際してスラグの形態が問題になっているが、その形態を決定する要因は何かについての基礎的な検討がやや不十分と思われる。今後の研究の拡充を期待する。

●高灰融点の炭種に拡張して石炭ガス化技術のフレキシビリティを高めようとする発想は十分に理解できるが、今後の長期的な石炭需給ということを考えた場合に、現時点で微粉炭火力に用いられている高品位炭が主流となるポジションをいつまで継続できるのかも検討する必要があると思う。もし、比較的早い時期に石炭需給が現状よりも低品位炭に移行せざるを得ない局面がやってくる可能性があるとするれば、石炭ガス化技術はむしろ長期的に主流となる低品位炭

の処理に適合した強みを持たせることを優先して考えた方がよいかもしれない。そういった石炭需給の将来像を的確に把握してそれに適合した石炭ガス化技術の研究開発、そして実用化ということを目指して進んでほしい。

●高灰融点化に伴う、問題の対処法の提案については評価するが、もう一步進めてその実証試験を実施してもらいたかった。

<その他の意見>

・EAGLEの支援研究の中で開発された石炭の適合性予測手法は高灰融点炭にも適用可能か結果を示した方が良い。もし、適用できないのであれば、原因についての検討が必要であろう。

2) 実用化、事業化の見通しについての評価

現在の微粉炭火力で幅広く利用されている高灰融点炭種の処理が EAGLE ガス化炉で適用可能であることを確認でき、またスラグ処理などに多大のノウハウを蓄積できたことは、石炭ガス化技術を高灰融点の炭種に拡大する実用化、事業化の目途を立てる上で意義のある成果が得られたと評価できる。また、老朽化し、リプレースすべき火力発電所代替としての機能を備えることは実用化にとって重要と考える。微粉炭燃焼用石炭まで炭種幅を拡大したことはこの目的に合致している。

しかし、実際に高灰融点炭を使うことを想定した場合、プロセスの冷ガス効率は相対的に高いとはいえないものの、効率が最適炭種と比べて低いことは否めない。そのため、微粉炭焚き新鋭機と比べた時に、IGCC の送電端効率から見ると巨費を投じてリプレースするほどの優位さを持てるかは、今回示された資料からでは判断できない。

炭種が変化することにより、石炭ガス化技術の経済性にどの程度の影響を及ぼすかという検討も実用化、事業化の見通しを立てるという意味では是非検討してほしい。

<肯定的意見>

○高灰融点炭では粉体ハンドリングの問題が大きかったが、対策を取ることで回避できる見込みが立っており、高灰融点炭を使う目処は立ったといえる。

○既存の微粉炭火力を本石炭ガス化発電に置き換えて一段と効率化を図るとともに CO₂ 排出低減を図るとする場合において、既存の微粉炭火力用石炭(高灰融点炭)がそのまま使えるとともに、本来灰溶融ガス化炉が得意とする低灰融点炭も利用でき、実用化の際の炭種の幅を広げることが可能となったのは、大きな進歩である。

○現在の微粉炭火力で幅広く利用されている高灰融点炭種の処理が EAGLE ガス化炉で適用可能であることを確認でき、またスラグ処理などに多大のノウハウを蓄積できたことは、石炭ガス化技術を高灰融点の炭種に拡大する実用化、事業化の目途を立てる上で大変意義深い成果が得られたと評価される。

○我が国の特殊性に対応できる技術が開発されたと判断され、実用化に一層近づいたものと思われる。

○老朽化し、リプレースすべき火力発電所代替としての機能を備えることは実用化にとって極めて重要と考えられる。微粉炭燃焼用石炭まで 40%程炭種幅を拡大したことは本目的に合致し見通しを明るいものにしていく。

<問題点・改善すべき点>

●実際に高灰融点炭を使うことを想定した場合、プロセスの冷ガス効率は相対的に高いとはいえないものの、効率が最適炭種と比べて低いことは否めない。そのため、微粉炭焚き新鋭機と比べた時に、IGCCの送電端効率から見ると巨費を投じてリプレースするほどの優位さを持てるか今回示された資料からでは判断できない。

競合プロセスとの競争という制約から結果の全てを示せないことは理解できるが、何らかの形で本技術が、高効率な微粉炭焚きプラントより優位であることを、かなり荒い見積もりでも構わないので発信して行って頂きたい。

●高灰融点炭の中で3炭種を選定した考え方やねらいが必ずしも明確に示されておらず、本プロジェクトで実用化に向けて、適合炭種範囲がほぼ判明したのか、或いは更に炭種を拡大していけるのかなど今後の展開がよく見えない。

●日本では、多様な石炭調達先を確保するという観点からこのような高灰融点炭までを考慮する必要が理解できる。一方、海外展開を考えると、このような高灰融点炭を用いなければならないケースがどの程度あるかについては、石炭資源の量としてもう少し説明があっても良かったと思われる(説明では、炭種の数として示されていた)。

●・現在は微粉炭火力に使用されている石炭の炭種が石炭需給のメジャーなパートを占めているかもしれないが、EAGLEガス化炉が中心的な役割を果たす将来の長期的な石炭需給でその石炭の需給構造が継続するかどうか、もっと低品位炭の処理が中心を占めるようになっていないかどうか、その点を十分に検討・確認して研究技術開発の実用化の見通し像を描いてほしい。そうでないと、せっかくノウハウを積み上げた研究技術開発のノウハウが宝の持ち腐れになる。
・炭種が変化することによって石炭ガス化技術の経済性にどの程度の影響を及ぼすかという検討も実用化、事業化の見通しを立てるという意味では是非検討してほしい。

●高灰融点化対策を施したEAGLEによる問題を生じた炭種の長期運転を実施し、プラントの汎用性をPRする時間的、人的余裕が欲しかった。

3) 今後に対する提言

将来の長期的な石炭需給の中で石炭ガス化技術はどのような炭種を主流として処理しなければならないかというしっかりした全体像を描いて、将来主流となる炭種に対して EAGLE 炉が強みを発揮し優位性を高めることができるように今後の研究開発計画を展開してほしい。

既設石炭火力のリプレースへの適用を考慮した場合、微粉炭火力で使用している石炭を極力利用できることが望ましく、実用化に向けて炭種拡大に必要な技術面、コスト面等についての課題を整理し、今後の見通しを示して欲しい。

<今後に対する提言>

・石炭の可採埋蔵量が昨今の需要増で既に 120 年前後になっている。今後も石炭需要が急速に減少する要素は少なく、さらに可採年数が短くなる可能性は高い。

そのような中、海外展開も考えた時にはより資源量の豊富な低品位炭の使用可能限界（炭種・使用可能量の拡大）を明示する必要がある。

・既設石炭火力のリプレースへの適用を考慮した場合、微粉炭火力で使用している石炭を極力利用できることが望ましく、実用化に向けて炭種拡大に必要な技術面、コスト面等についての課題を整理し、今後の見通しを示して欲しい。

・EAGLE ガス化炉の優位性を高めるという視点はきわめて重要であるが、現在の石炭需給ではなく将来の長期的な石炭需給の中で石炭ガス化技術はどのような石炭の炭種を主流として処理しなければならないかというしっかりした全体像を描いて、将来主流となる炭種に対して EAGLE 炉が強みを発揮し優位性を高めることができるように今後の研究開発計画を展開してほしい。

・この種のガス化炉は使用炭種、立地条件にその経済性、総合効率が大きく影響される。現在は我が国においてまず実用化する計画で進んでいるが、エネルギーセキュリティの観点から産炭国立地を視野にいれた産炭国との総合的な協力関係の構築が望まれる。当該技術に限れば、対象産炭国を想定した炭種に対応できる研究か開発が望まれる。

・今後とも高灰融点炭種への拡大を充分アピールできるデータを確保し、実用化への信頼性を高めて欲しい。

2. 2 CO₂分離回収

1) 研究開発成果についての評価

本事業では分離回収パイロットプラントを建設し、実ガス化炉生成ガスを用いて1,300時間以上の運転を実施して基礎データを蓄積したことは評価できる。

CO濃度約50%というEAGLEガス化炉の排出ガスに適合したCOシフト反応の条件、制御方法など、シフト反応後のCO₂濃度約40%に適合したCO₂吸収再生の条件、制御方法など石炭ガス化技術特有の条件下でのCO₂分離回収技術のノウハウが蓄積できたことは意義深い。またCO₂分離回収技術の適用が発電効率にどの程度影響を及ぼすかを定量的に把握した点も評価できる。更に、吸収剤の再生方法を変えることで大幅な省エネルギーを達成できることを示した意義は大きい。

しかし、CO₂分離回収・貯留とセットになったガス化システムの性能評価指標の定量的目標値として、今後は電力あたりのCO₂大気放出など、他の方式と比較が容易な指標を用いるべきと考える。

<肯定的意見>

○CO₂分離回収技術の高効率化は今後の地球温暖化対策の国際的な枠組みを構築していく上で重要なバーゲニングパワーになり得る重要な技術である。その意味で今回吸収剤の再生方法を変えることで大幅な省エネルギーを達成できることを示したことは大きい。また、実際のガスで、相当大規模に高濃度二酸化炭素吸収再生を行っても吸収剤の劣化が少ないことを明らかにしており、これは、実プロセスを組み上げるためには重要なポイントとなる。

○化学プラント用に開発されたCO₂分離回収技術を世界に先駆けて石炭ガス化発電プロセスに適用できるように改良したことは、今後の石炭火力発電への普及拡大の観点から大変意義深く評価できる。

○CO₂回収方法として溶液吸収を用いた方法は、高压ガスの場合には妥当な選択肢であると考えられる。溶液のCO₂脱離法を改善し、所要熱を減らす方向性を示したのは、大きな成果である。回収CO₂に関しては十分な純度を確保し目標を達成できた。CCSは世界でも注目されているので、この成果は、新たな領域をもたらすと期待できる。成果については、データの取りまとめの上、今後の対外発表を期待する。

○・CO濃度約50%というEAGLEガス化炉の排出ガスに適合したCOシフト反応の条件、制御方法など、また、シフト反応後のCO₂濃度約40%に適合したCO₂吸収再生の条件、制御方法など石炭ガス化技術特有の条件下でのCO₂分離回収技術のノウハウが蓄積できたことは意義深い。またCO₂分離回収技術の適用が発電効率にどの程度影響を及ぼすかを定量的に把握した点も評価できる。

・石炭火力のゼロエミッション化は、米国、豪州、中国などが国際的に競い合っている分野であり、この分野で世界水準と肩を並べて進めることができる技術の研究開発プロジェクトが進展した意義は大きい。

○CO₂の分離回収に関しては、エネルギー効率の向上とコスト削減が大きな課題である。それを検討するには、要素技術の開発も重要であるがシステムとしての最適化を目指す検討が不可欠である。その意味で、本事業では分離回収パイロットプラントを建設し、実ガス化炉生成ガスを用いて 1,300 時間以上の運転を実施して基礎データを蓄積したことは評価できる。

○エコエネルギー面から極めて重要な技術要素であり、本研究開発で得られた回収 CO₂ 純度 99%以上長期安定操業達成という成果は評価できる。

<問題点・改善すべき点>

●一般的には、二酸化炭素分離回収を組み入れることは水素製造と一体となっている。しかし、説明等では水素純度などは考慮していないということで、温暖化対策上必要となる量のみでの二酸化炭素回収という位置付けであった。これは、将来の水素社会実現の不透明性や、現状での製品水素の市場としての需要がほとんど無いことを考えると無理からぬ対応である。とはいえ、本ガス化技術が多目的な利用が可能と言うことと巨額な国費を投入していることを考えると、少なくとも水素利用と二酸化炭素隔離まで含めた検討を加える必要がある。あるいは、既存の関連する報告を元にした検討を行う必要がある。現在のメンバーは電力関係者主体であるので検討メンバーに化学系の会社などを加えたワーキンググループを立ち上げて調査・検討を行っていく方が本プロジェクトのみならず日本の技術開発を進める際に大いに参考になると考えられる。

●CCS とセットになったガス化システムの性能評価指標の定量的目標値として、今後は電力あたりの CO₂ 大気放出など、他の方式と比較が容易な指標を用いるべきと思われる。また、現在の海洋投棄を想定した目標は、あくまでも暫定的なものであり、今後の見直しの余地があるものである。例えば、H₂/CO₂ 混合ガスを利用した後、CO₂(循環ガス)希釈 O₂ による燃焼を伴う方法についても検討の余地があると思われる。ここで得られるガスは、燃料電池の利用を想定すると、かなり高度な脱硫が可能であり、CO₂ 希釈 O₂ 燃焼をした場合でも NO_x、SO_x などの排出はほとんど起こらないと考えられ、非凝縮性である酸素を除けば高純度な CO₂ が得られる可能性が高いと思われる。実際、CO₂ 希釈 O₂ 燃焼でのガスタービン駆動を組み込むことは電力中央研究所などで検討がされている。「高効率 CO₂ 回収型石炭ガス化燃料電池発電システムの熱効率」電力中央研究所報告：M06011（2007年3月）

●・CO₂ 吸収・再生法というきわめてオーソドックスな分離回収技術の適用を

今回は試みたものであるが、高温、高圧など今後の石炭ガス化技術の進展の方向などによって適用すべき CO₂ 分離回収技術も大いに異なったものとなってくる可能性もあるので、視野を幅広く持って研究開発を進めてほしい。

・ CO₂ 分離回収技術を石炭ガス化技術に初めて実際に適用することによって、今後取り組むべき課題も見えてきたのではないかと思うので、その点を明らかにして今後の研究開発計画にもっとつなげてほしい。

● 本研究開発において操作条件の検討によりかなりの操業上の改善が認められるが、CO₂ 回収システムのコア技術は他産業からの移転であり、経験豊富な他産業との共同研究開発の方が、効果が上がった可能性はないのだろうか。

2) 実用化、事業化の見通しについて

回収 CO₂ の純度 99%以上の目標を達成したことに加えて、CO₂ 分離回収(化学吸収法)の課題のひとつである分離回収エネルギーの削減の見通しを得たことは実用化、事業化に向けて大きな成果であり評価できる。また CO₂ 分離回収技術の適用が発電効率にどの程度影響を及ぼすかを定量的に把握した点も評価できる。

しかし、CO₂ 削減に伴うある程度のコストアップは当然であるが、現状ではとても採算ラインではない。CO₂ の最終処分段階まで含めた石炭のゼロエミッション化技術の経済性が、例えば太陽光発電や蓄電池つき風力発電などの経済性と市場で対抗できるのか、そのような経済性分析が石炭のゼロエミッション化に関する実用化、事業化の目途を立てるために必要なもので、しかるべき段階で検討をすべきである。石油増進回収(Enhanced Oil Recovery)との組み合わせなど貯留地などの立地に基づく適切な海外戦略が立てられれば、国外での実用化は期待できる。

<肯定的意見>

○石油増進回収(Enhanced Oil Recovery)との組み合わせなど貯留地などの立地に基づく適切な海外戦略が立てられれば、国外での実用化は期待できる。

○回収 CO₂ の純度 99%以上の目標を達成したことに加えて、CO₂ 分離回収(化学吸収法)の課題のひとつである分離回収エネルギーの削減の見通しを得たことは実用化、事業化に向けて大きな成果であり評価できる。

○今後の大崎クールジェンプロジェクトにおいてさらに実用化のための検討がなされるためのベースとなっており、その結果が最終的な実用化に反映されるので、プロジェクト終了後の実用化までの道筋は明確である。ただし、実際に CO₂ 削減をどれだけ要求されるかについては、今後の社会情勢との兼ね合いもあるので、事業化については今後の社会環境によって異なると考えられるが、もし CO₂ 削減が要求されるようになったときには十分な対応をとるための能力がこの研究で付いたものと考えられる。

データを取得してから現在まであまり時間がたっていないが、今後はデータを取りまとめて積極的に対外発表することを期待する。

○石炭ガス化技術という異なった条件下で、CO₂ 吸収再生法というオーソドックスな CO₂ 分離回収技術を適用することができるノウハウを蓄積できたことは実用化、事業化を目指していく上で意義深い結果と評価される。また、発電効率への影響を定量的に把握できたことは、実用化、事業化の見通しを立てる上で重要な経済性の分析に必要な基礎情報が入手できたという点からも評価できる。

○CO₂削減技術の確立は石炭エネルギーを社会的に認知されやすい方向(エコエネルギーの方向)へ導き、大変結構なことであり、貯蔵までを含めた本技術の確立は事業化にとって極めて重要であると評価できる。

<問題点・改善すべき点>

●二酸化炭素回収についてはコスト面が最も実用化を阻む要因と言える。その意味でコスト比較、あるいはエネルギー効率などが他のプロセスと比較した結果が示されていないことは、実用化に対する見通しを立てにくくしている。

化学プロセスへの適用も含めてそのような可能性を示して行って欲しい。

●CCS技術の実用化に向けて大きな課題のひとつであるCO₂分離回収コストに関する課題と今後の見通しが必ずしも明らかになっていない。

●・CO₂を分離回収できただけでは、そのCO₂をではどうするのかという問題が残っており、最終解になっていない。分離したCO₂をどのように処分するかまで含めた石炭のゼロエミッション化技術ということで研究開発を進めてほしい。

・CO₂の最終処分段階まで含めた石炭のゼロエミッション化技術の経済性が、例えば太陽光発電や蓄電池つき風力発電などの経済性と市場で対抗できるのか、そのような経済性分析が石炭のゼロエミッション化に関する実用化、事業化の目途を立てるためには必要であるので、しかるべき段階では検討を考えてほしい。

●CO₂削減に伴うある程度のコストアップは当然であるが、現状ではとても採算ラインではないと思われるので、石炭1t当たりどの程度のコストアップなのか(将来どの程度まで下がる可能性があるのか)についての検討が望まれる。

3) 今後に対する提言

「低炭素社会づくり行動計画(2008年7月)」に示されたロードマップを実現するためにも次期大型実証試験では CO₂分離回収コスト削減のための課題をしっかりと把握し、商用化に向けて課題解決の方向性を明確に示していただきたい。

本テーマにおける基礎的データの蓄積と技術の確立は重要と判断するが、実用化に際しては、総合的かつグローバルな観点にたつて、実施の可否を判断すべきであろう。

<今後に対する提言>

・我が国では二酸化炭素隔離の実施は貯留場所の分散や貯留容量などから難しい点が多いと思われる。しかし、世界的な動向を見た場合に二酸化炭素の低コスト回収技術は Global な地球温暖化対策の中で日本にとって重要なバグニンゲパワーになり得る。その意味では先のコストや効率に加え、実現が可能な地域の調査などを行い、国際的な連携を図る準備をして欲しい。

ただし、現在のメンバーで行うのではなく、新たなメンバーを加えてその部分を担わせる方が技術開発の主流に余分な負荷を強くないと思われる。

・「低炭素社会づくり行動計画(2008年7月)」に示されたロードマップを実現するためにも次期大型実証試験では CO₂分離回収コスト削減のための課題をしっかりと把握し、商用化に向けて課題解決の方向性を明確に示していただきたい。

・次期大型実証試験での CO₂分離回収方式は、コストや消費エネルギーを低減する観点から、化学吸収法に加えて物理吸収法、更には将来的な膜分離法も含めて幅広く検討して最適な方式を選定して欲しい。

・CO₂分離回収は設備費を要するうえに、発電効率も低下することから CCS の実用化のためには経済性の確保が大きな課題と考える。そのため、CO₂分離回収コストの削減や発電効率向上に努めることに加えて、経済的インセンティブを与えるため、国による CCS に関わる制度設計、法制面の整備、政策的・財政的支援などが必要不可欠である。

・研究開発成果についての評価の問題点・改善すべき点に書かれている。

・今回の CO₂回収・貯留技術の検討は、CO₂吸収再生法というきわめてオーソドックスな既存の CO₂分離回収技術を石炭ガス化技術と組み合わせるといった試みを初めて行ったという位置付けに近いものである。しかし、今回の検討によって石炭ガス化技術と組み合わせるべき CO₂回収・貯留技術に今後どのようにチャレンジしていったらよいかという課題も相当明らかになったのではないかと思うので、今回の経験をベースにさらなる研究開発計画を立案して石炭ガス化に適合した CO₂回収・貯留技術の実用化、事業化を目指してほしい。

- ・このような基礎的データの蓄積と技術の確立は重要と判断するが、実用化に際しては、総合的かつグローバルな観点にたって、実施の可否を判断すべきであろう。
- ・本テーマに関しては CO₂ 削減を主テーマとして持つ他研究機関との共同研究開発も視野に入れてはどうだろうか。
- ・貯留して隔離するという発想だけでなく、二酸化炭素を石油代替資源（抽出・反応溶媒）として大量に有効活用する工業技術（超臨界流体）の実用化も前提にした、分離回収技術（精製法など）開発を進める必要がある。

2. 3 微量物質の挙動調査

1) 研究開発成果についての評価

石炭中の微量物質の挙動については近年になって社会の関心が高まってきた比較的新しいテーマであり、腐食性物質、有害重金属、排水規制物質と位置付けられる微量元素が、石炭ガス化の過程でどこへ凝縮する結果になるのかが、定量的に突き止められたことは非常に大きな意義がある。

大規模なガス化条件での微量物質挙動調査が出来たことは、基礎研究などとの比較が可能であり、また、水銀などの測定について精度の高い分析手順を開発している。

しかし、挙動に関する結果が基礎データの収集のみならず、(EAGLEの実用化にとって)ここがプラントとして優れており国内外にPRしたい等の観点でも分析してもらいたかった。その場合、他のプラントのデータも必要と考えられる。

<肯定的意見>

○大規模なガス化条件での微量物質挙動調査が出来たことは、基礎研究などとの比較が可能であり、また、水銀などの測定について精度の高い分析手順を開発している。

○未だ解明されていない石炭中に含まれる各種微量金属類の系内挙動及び系外排出状況を把握できたことは評価できる。

○石炭中の微量物質の挙動については近年になって社会の関心が高まってきた比較的新しいテーマであり、これに積極的に取り組んでガス化炉システムでの挙動を明らかにしたことは高い評価に値する。

データを取得してから現在まであまり時間がたっていないが、今後はデータを取りまとめて積極的に对外発表することを期待する。

○・腐食性物質、有害重金属、排水規制物質ということで位置付けられる微量元素が、石炭ガス化の過程でどこへ凝縮する結果になるのかが、定量的に突き止められたことは非常に大きな意義がある。また、ここまで詳細に微量元素の挙動調査を行うことができたことは世界最高水準の意義を持つものと評価される。

・これらの微量元素の挙動が詳細に分かったことは、今後の石炭ガス化技術の研究開発を進めて石炭ガス化の環境影響を縮小し、設備の信頼性を向上する上でもきわめて有用な基礎情報になったと判断される。

○これからの課題であると思うが、より高効率で環境に調和した石炭ガス化プロセスを開発するための貴重なデータが取得されたと判断する。

○ガス化炉、精製系統における環境に影響を与える微量成分の挙動を明らかに

し、プラントの信頼性を向上させたことを評価する。

<問題点・改善すべき点>

●このような腐食性物質、有害重金属、排水規制物質といった位置付けを持つ微量元素の挙動を明らかにすることができることが、石炭ガス化技術の研究開発にどのような重要な意義を持つのか、一般にももっと理解が深まるように説得力のある説明を提供することを工夫してほしい。

●挙動に関する結果が基礎データの収集のみならず、(EAGLE の実用化にとって) ここがプラントとして優れており国内外にPRしたい等の観点でも分析してもらいたかった。その場合、他のプラントのデータも必要と思われる。

<その他の意見>

・燃焼条件とは異なる可能性があるということで検討を始めた訳であるが、実際に差があるか否かについて説明を加えればより参考になる。

2) 実用化、事業化の見通しについての評価

排水規制物質、有害重金属、腐食性物質といった位置付けを持つ微量元素の挙動を詳細に明らかにした。従って、環境負荷状況の把握、規制物質の処理技術や腐食性物質に対応できる材料選定に資するデータを取得したことになる。実用化に向けた機器の信頼性向上や環境対策に有用なので評価できる。

しかし、微量元素の挙動調査の結果を石炭ガス化技術の改善にどのように役立てたらよいか、その利用方法を今後の課題としてもっと具体的に提示すべきである。

また、実用化に向けた技術面やコスト面での問題を明確にすべきと考える。

<肯定的意見>

○本調査を元に例えば水銀の溜まりなどを把握し、実用化の際に直面する課題を抽出できている。

○環境負荷状況の把握、規制物質の処理技術や腐食性物質に対応できる材料選定に資するデータを取得したことは、実用化に向けた機器の信頼性向上や環境対策に資することから評価できる。

○微量物質の挙動は実用化に際して環境にインパクトを与える可能性のあるものであり、その挙動を明らかにする技術を得たことは、ガス化システムの実用化時の環境インパクトを予測するための大きな進歩である。ただし、一部の種類の微量成分においては、まだ挙動の把握が十分とはいえないので、今後の高度化を期待する。

○腐食性物質、有害重金属、排水規制物質といった位置付けを持つ微量元素の挙動がこれだけ詳細に明らかになったことは、石炭ガス化技術の改善にすぐに役立てることができる基礎情報になっていると評価される。

○次期プラント建設の基礎データとして必要不可欠なものであり、その目的は達成できたと評価できる。

<問題点・改善すべき点>

- 実用化に向けた技術面やコスト面での課題が必ずしも明確になっていない。
- 微量物質のうち、洗浄水に移行するものが見られたが、水の処理についての説明を充実されたい。
- 腐食性物質、有害重金属、排水規制物質の微量元素がこのような箇所へ凝縮していることが分かったことから石炭ガス化技術の改善にどのように役立てたらよいか、結果の利用方法を今後の課題としてもっと具体的に提示してほしい。
- 本データの取得は不可欠であることは間違いないが、プラント各部でのデータ分析結果についてのプラント操業の特徴と関連づけた環境基準等への適否に

についての考察は実用化上、重要と思われる。

3) 今後に対する提言

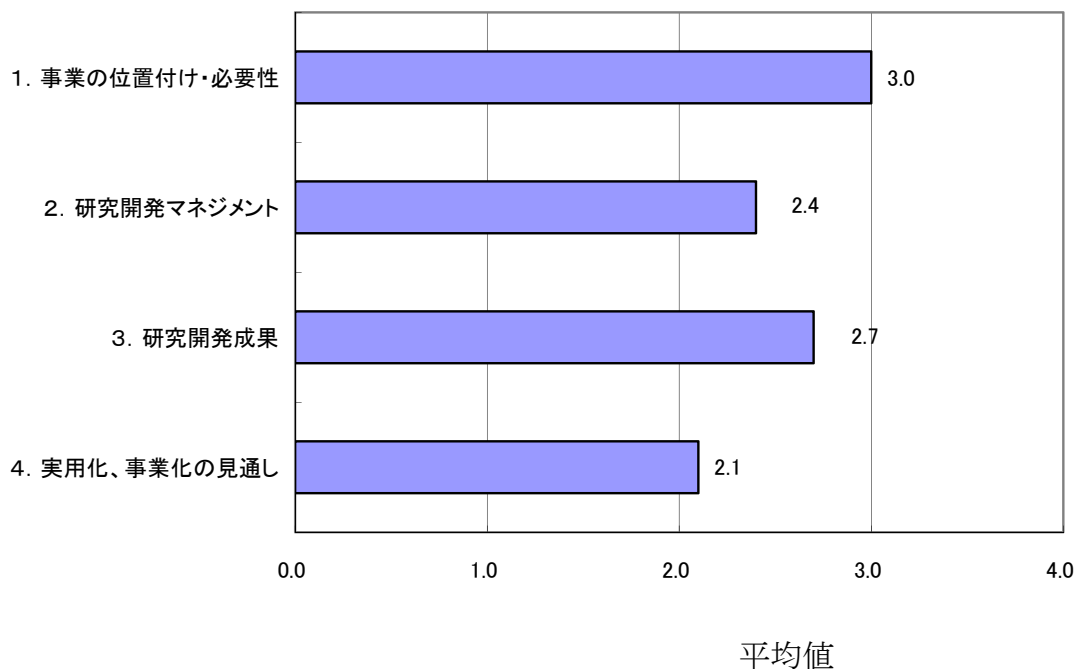
微量物質挙動については推進委員会の中に大学関係者を含めて検討している。今後も、これら関係者との関係を保ちながら、大型実証試験で検証すべき課題を整理し、明確にすべきである。その上で対応策についてさらに議論を積み重ねていって欲しい。

<今後に対する提言>

- ・微量物質挙動については推進委員会の中に大学関係者を含めて検討しており良い結果が得られたと考えられる。今後も、これら関係者との関係を保ちながら大型化した場合に現れて来そうな課題を予め抽出することや、その場合の対応策についてさらに議論を積み重ねていって欲しい。
- ・実用化に向けて、次期大型実証試験で検証すべき課題を整理して明確にしていきたい。
- ・有害な微量元素の挙動を明らかにするということで世界水準からみても大変優れた成果が上がっていると思うので、この基礎情報をベースにして石炭ガス化技術の改善ということで次に取り組むべき課題を明らかにして今後の研究計画に大いに生かしてほしい。
- ・分析法や分析結果について、それを専門とする研究機関等からの支援・保証も考慮した方が良いのではなかろうか。
- ・多くの困難が予想されるが、更に研究を進めて欲しい重要な課題である。

3. 評点結果

3. 1 プロジェクト全体



評価項目	平均値	素点 (注)							
		A	A	A	A	A	A	B	B
1. 事業の位置付け・必要性について	3.0	A	A	A	A	A	A	A	A
2. 研究開発マネジメントについて	2.4	B	A	B	A	A	B	B	B
3. 研究開発成果について	2.7	B	A	A	A	A	B	A	A
4. 実用化、事業化の見通しについて	2.1	B	B	A	B	B	B	B	B

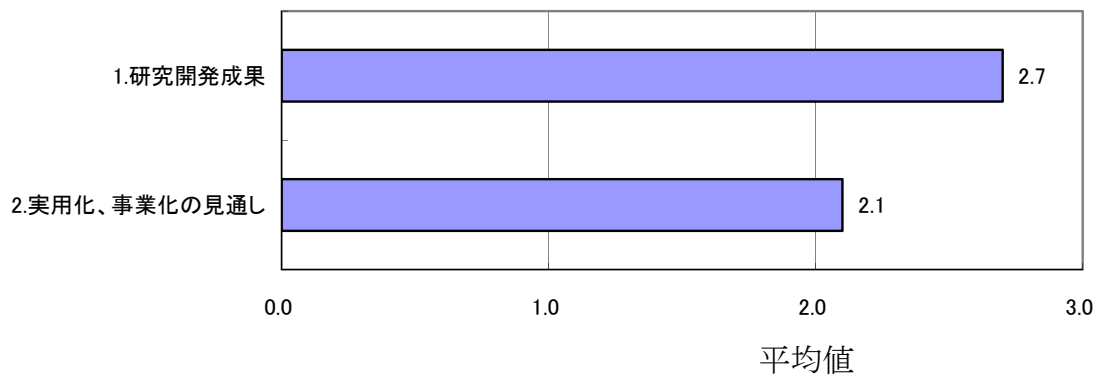
(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

<判定基準>

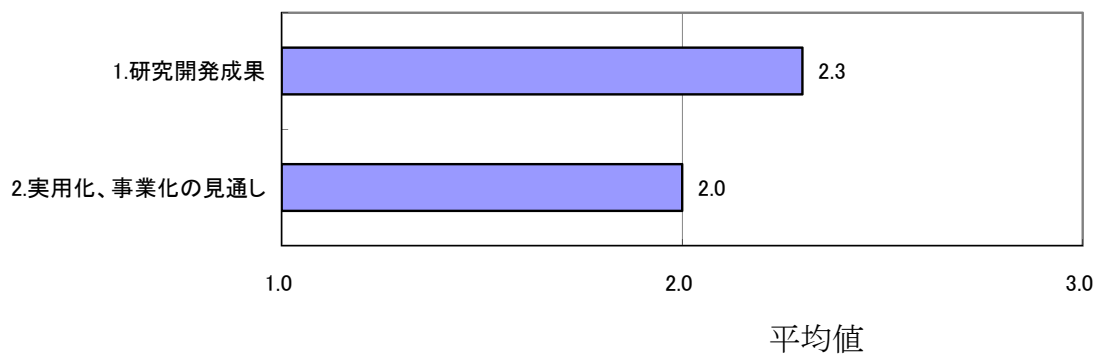
1. 事業の位置付け・必要性について	3. 研究開発成果について
・非常に重要 →A	・非常によい →A
・重要 →B	・よい →B
・概ね妥当 →C	・概ね妥当 →C
・妥当性がない、又は失われた →D	・妥当とはいえない →D
2. 研究開発マネジメントについて	4. 実用化、事業化の見通しについて
・非常によい →A	・明確 →A
・よい →B	・妥当 →B
・概ね適切 →C	・概ね妥当であるが、課題あり →C
・適切とはいえない →D	・見通しが不明 →D

3. 2 個別テーマ

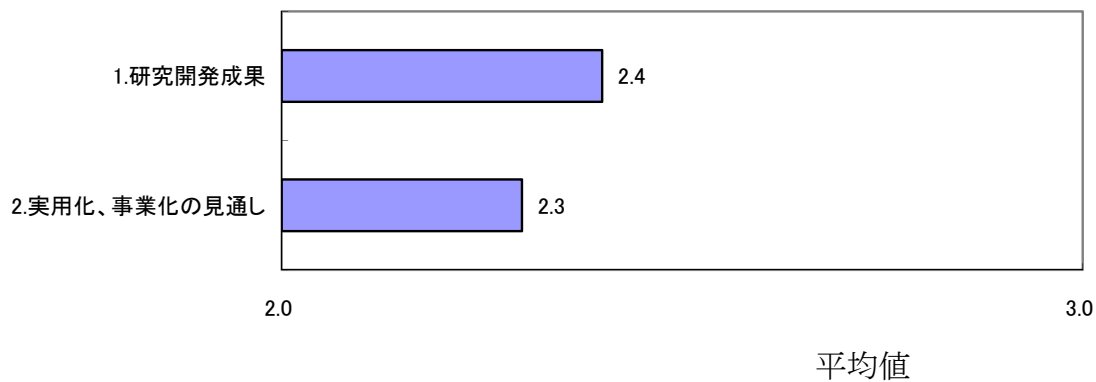
3. 2. 1 高灰融点炭種対応



3. 2. 2 CO₂分離・回収



3. 2. 3 微量物質の挙動調査



個別テーマ名と評価項目	平均値	素点（注）							
3. 2. 1 高灰融点炭種対応									
1. 研究開発成果について	2.0	A	B	A	B	B	C	C	
2. 実用化、事業化の見通しについて	1.4	B	B	B	C	C	B	D	
3. 2. 2 CO ₂ 分離・回収									
1. 研究開発成果について	2.1	A	A	B	B	B	C	B	
2. 実用化、事業化の見通しについて	1.7	A	B	C	C	B	B	C	
3. 2. 3 微量物質の挙動調査									
1. 研究開発成果について	1.9	B	B	B	B	B	B	C	
2. 実用化、事業化の見通しについて	1.9	A	B	B	B	C	B	C	

（注） A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

<判定基準>

1. 研究開発成果について		2. 実用化、事業化の見通しについて	
・非常によい	→A	・明確	→A
・よい	→B	・妥当	→B
・概ね適切	→C	・概ね妥当であるが、課題あり	→C
・適切とはいえない	→D	・見通しが不明	→D

第2章 評価対象プロジェクト

1. 事業原簿

次ページより、当該事業の事業原簿を示す。

(エネルギーイノベーションプログラム)
「多目的石炭ガス製造技術開発」

事業原簿

【公開版】

担当部	独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 クリーンコール開発推進部
-----	------------------------------------------

—目 次—

概 要.....	3
プロジェクト基本計画（多目的石炭ガス製造技術開発基本計画）.....	10
プログラム基本計画（エネルギーイノベーションプログラム基本計画）.....	17
技術戦略マップ(分野別技術ロードマップ).....	24
プロジェクト用語集.....	37
I. 事業の位置付け・必要性について	
1. NEDOの関与の必要性・制度への適合性.....	39
1.1 NEDOが関与することの意義.....	39
1.2 実施の効果（費用対効果）.....	41
2. 事業の背景・目的・位置付け.....	43
2.1 事業の背景.....	43
2.2 事業の目的.....	44
2.3 事業の位置付け.....	45
II. 研究開発マネジメントについて	
1. 事業の目標.....	47
2. 事業の計画内容.....	49
2.1 研究開発の内容.....	49
2.2 研究開発の実施体制.....	52
2.3 研究開発の運営管理.....	54
3. 情勢変化への対応.....	55
4. 中間評価結果への対応.....	56
5. 評価に関する事項.....	59
III. 研究開発成果について	
1. 事業全体の成果.....	60
2. 研究開発項目毎の成果.....	61
IV. 実用化、事業化の見通しについて	
実用化、事業化の見通し.....	80

【別紙】

特許・成果の普及

概要

作成日 平成 22 年 1 月 5 日

プログラム名	エネルギーイノベーションプログラム		
事業(プロジェクト名)	多目的石炭ガス製造技術開発	プロジェクト番号	P98021
担当推進部室・担当者	担当推進部室：クリーンコール開発推進部 担当者：小林主幹、金氏主査		
0. 事業の概要	<p>多目的石炭ガス製造技術開発（EAGLE ※）は、環境負荷低減、特に地球温暖化ガス発生量の低減を図ることを目的に、高効率で合成ガス（CO+H₂）を製造することができる最も先進的な酸素吹1室2段旋回流石炭ガス化技術を開発するものである。</p> <p>併せて、得られた石炭ガス化ガスを高度に精製（除塵・脱H₂S・脱ハロゲン等）する技術を開発し、化学原料用、水素製造用、合成液体燃料用、電力用等幅広い用途への適用が可能な石炭ガス化技術およびガス精製技術の確立を目指すもので、さらに酸素吹石炭ガス化ガスの特徴を活かし、酸素吹石炭ガス化プロセスからの効率的なCO₂分離・回収技術の確立を図るものである。</p> <p>本技術を適用し、ガスタービン、蒸気タービンおよび燃料電池を組み合わせることにより、既設石炭火力発電と比較し約30%のCO₂発生量低減が期待される高効率発電が可能となる。</p> <p>さらにCO₂分離・回収技術の確立とともに、噴流床ガス化においては困難といわれている高灰融点炭までの適用炭種拡大を目指しており、これらの技術の確立により、国内のエネルギー安定供給や環境影響負荷低減への貢献、炭種制約を減らすこと等によるクリーン・コール・テクノロジーとしての石炭ガス化技術の展開の可能性を拡大するものである。</p> <p>（※ EAGLE: Coal Energy Application for Gas, Liquid & Electricity）</p> <p>本技術開発は、石炭処理量150t/dの酸素吹石炭ガス化炉（1室2段旋回流型噴流床炉）およびガス精製装置を主体とするパイロット試験設備を建設して実施しているもので、概要としては以下のとおりである。</p> <p>(1) STEP-1（平成10年度～平成18年度）</p> <p>①パイロット試験設備による研究</p> <p>(a)パイロット試験設備建設（平成13年度完了）</p> <p>(b)パイロット試験設備運転研究（平成14年度～平成18年度）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・石炭ガス化性能試験 高性能ガス化炉の開発を目指し、石炭ガス化性能試験に取り組んだ。 ・ガス精製性能試験 石炭ガス化プラントのガスクリーンアップ技術の確立を目指し、ガス精製性能試験に取り組んだ。 ・連続運転性能試験 大型実証機、実用の段階においては1年間安定した運転が必要とされる。長時間連続運転試験では、プラント信頼性検証を目的に、1,000時間以上の連続運転に取り組んだ。 ・多炭種対応試験 ガス化特性に影響を与える因子として、燃料比、灰融点、灰分、発熱量をパラメータとした多炭種対応試験でガス化特性を確認した。 ・大型化対応試験 大型実証機は、さらなるコンパクト化を目指した設計データの取得を必要とするため、空塔速度増大試験、バーナ噴出速度変化試験、一体化粉体弁試験に取り組んだ。 <p>②支援・調査研究</p> <p>EAGLEパイロット試験設備の円滑な運転研究を支援することを目的に、石炭処理量1t/dの加圧ガス化試験炉によるガス化基礎試験、噴流床ガス化シミュレーションモデル解析を行い、EAGLEガス化炉の性能予測、パイロット試験の課題解決に取り組ん</p>		

	<p>だ。</p> <p>(2) STEP-2 (平成 19 年度～平成 21 年度) [ゼロエミッション化技術等] 社会情勢の変化に対応するため、新たに開発課題として高灰融点炭種対応試験、CO₂ 分離・回収技術の確立、微量物質の挙動調査を設定し、研究開発を実施した。</p> <p>①パイロット試験設備による研究</p> <p>(a) ガス化炉改造、CO₂ 分離・回収装置追設 (平成 19 年度～平成 20 年度上期) 高灰融点炭まで石炭ガス化適用範囲拡大を図るため、高耐熱仕様のガス化炉に改造した。 また、EAGLE 精製ガスの一部を分岐し、CO₂ 分離・回収試験を実施するための試験装置を追設した。</p> <p>(b) パイロット試験設備運転研究 (平成 19 年度～平成 21 年度)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 高灰融点炭種対応試験 高灰融点炭を用いた石炭ガス化運転で、運用性、ガス化特性等を把握した。 ・ CO₂ 分離回収試験 シフト反応を含め CO₂ 分離回収試験により、設備運用性・信頼性を把握した。 ・ 微量物質挙動調査 プラント系統内の微量物質マテリアルバランスを把握し、プラント信頼性向上および環境アセスメントに向けた基礎データ取得等、関連調査を行った。
<p>I. 事業の位置付け・必要性について</p>	<p>石炭は今後需要が増大することが予想されるものの、世界中に広く賦存し、埋蔵量が豊富であることから、将来に渡って安定供給が見込め、また、経済的にも優れていることから、重要なエネルギー資源として位置付けられている。</p> <p>一方で、石炭は単位発熱量当たりの CO₂ 発生量が他の化石燃料に比べて多く、燃焼時に煤塵、NO_x、SO_x を排出するため、環境に調和した利用を進めるには、高効率化およびクリーン化を図り、CO₂、NO_x、SO_x 等の発生量低減が可能な発電技術を開発することが必要となっている。</p> <p>本「多目的石炭ガス製造技術開発 (EAGLE)」は、高効率でクリーンな合成ガス (CO+H₂) を製造することができる最も先進的な酸素吹 1 室 2 段旋回流石炭ガス化技術を開発するもので、化学原料用、水素製造用、合成液体燃料用、電力用等幅広い用途への適用が可能なものである。特に電力用途に適用した場合は、ガスタービン、蒸気タービンおよび燃料電池を組み合わせた「石炭ガス化燃料電池複合発電 (IGFC ※1)」により、既設石炭火力発電と比較し約 30% の CO₂ 発生量低減が期待される送電端熱効率 55% 以上の高効率発電が可能となる。</p> <p>石炭ガス化技術の開発に関しては、総合科学技術会議の第 18 回基本政策専門調査会 (平成 18 年 3 月 15 日開催) の中で、様々な分野の研究課題から戦略重点科学技術 (62 科学技術) の一つとして選定されており、本件は、高効率でクリーンな合成ガス (CO+H₂) を製造する酸素吹石炭ガス化技術の開発であり、この趣旨に沿った技術開発案件と位置付けられる。</p> <p>酸素吹ガス化技術の開発は、実用化までに多くの時間と費用がかかること、および安価で安定供給可能な石炭の環境調和を図りつつ利用範囲を大きく拡大できる技術であり、エネルギーセキュリティの確保というエネルギー政策の観点からも、NEDO の関与が必要とされる事業である。また、あわせて、高度石炭利用技術開発における先導的な役割を果たすことができ、これまでに蓄積した石炭利用技術を活用するとともに、石炭火力関連の技術を結集し、IGFC の早期実用化を目指すことを官民あげて推進することは意義があることといえる。</p> <p>近年の地球温暖化問題に対する国内外意識の一層の高まりを受けて、従来の省エネルギー・高効率化等による CO₂ 排出量削減への取組みに加え、オプションとしての CO₂ 分離回収・貯留技術 (CCS ※2) への期待が高まっている。</p> <p>前述の第 18 回基本政策専門調査会 (平成 18 年 3 月 15 日開催) においても、CO₂ 回収・貯留技術は重要な研究開発課題として選定され、火力発電所等からの低コストでの CO₂ 分離・回収技術の開発は必要とされている。</p> <p>本開発技術である酸素吹石炭ガス化プロセスからの CO₂ 分離・回収は、合成ガス中の CO にシフト反応を施し CO₂+H₂ へ転換し、分離・回収することが可能であり、微粉</p>

炭火力の排ガスからのCO₂分離・回収に比べCO₂濃度が高い（処理ガス量が少ない）ということから経済的に有利と考えられ、平成18年度NEDOが実施した本技術事業検討会の審議を踏まえ、STEP-2の開発として、平成19年度から3カ年の工程で、高灰融点炭対応の試験研究とあわせてCO₂分離・回収試験研究を実施した。

CO₂の分離・回収技術の開発については、特に長期開発案件並びに国際的な取組み課題であり、民間主導の経済原則のみでの開発は進むものではなく、長期的視野に立ったNEDO等の関与が不可欠と考えられ、平成18年計画変更により新たにCO₂分離・回収試験研究を実施することとしたものである。

これらの取組みにより、国内のエネルギー安定供給や環境影響負荷低減に貢献でき、炭種制約を減らすこと等により、クリーン・コール・テクノロジーとしての石炭ガス化技術の展開の可能性を拡大するものであると共に、国内外の時代の要請に応える技術開発であるといえる。

〔※1 IGFC: Integrated Coal Gasification Fuel Cell Combined Cycle〕
〔※2 CCS: Carbon Capture and Storage〕

II. 研究開発マネジメントについて

【事業の目標】

<STEP-1（平成10年度～平成18年度）>

①石炭ガス化性能

- ・ガス発熱量 : 10,000kJ/m³N 以上
- ・カーボン転換率 : 98%以上
- ・冷ガス効率 : 78%以上
- ・ガス化圧力 : 2.5MPa

②ガス精製性能（精密脱硫器出口）

- ・硫黄化合物 : 1ppm 以下
- ・ハロゲン化合物 : 1ppm 以下
- ・アンモニア : 1ppm 以下
- ・ばいじん : 1mg/m³N 以下

③連続運転性能 : 1,000 時間以上

④多炭種対応 : 性状の異なる5種類以上の石炭についてガス化データを取得する。

⑤大型化対応 : 10倍程度のスケールアップを目指した大型化対応のためのデータを取得する。

<STEP-2（平成19年度～平成21年度）>

①高灰融点炭種対応 : 高灰融点炭に適用できる酸素吹石炭ガス化技術の確立を目標に、3炭種以上の性状の異なる高灰融点炭についてガス化並びに運用特性データを取得する。

②CO₂分離・回収 : 回収CO₂の純度99%以上。

【事業の計画内容】		主な実施事項	H10-14fy	H15fy	H16fy	H17fy	H18fy	H19fy	H20fy	H21fy	計
[STEP-1]											
	(1) 炉内試験設備建設		—								
	(2) 炉内試験設備運転研究			—	—	—	—				
	①石炭ガス化性能試験		—								
	②ガス精製性能試験		—								
	③連続運転性能試験				—		—				
	④多炭種対応試験										
	⑤大型化対応試験					—					
	(3) 支援・調査研究		—	—	—	—	—				

		H10-14	H15fy	H16fy	H17fy	H18fy	H19fy	H20fy	H21fy	計
【STEP-2】										
(1)ガス化炉改造及び設備建設										
(2)パイロット試験設備運転研究										
①高灰融点炭種対応試験										
②CO ₂ 分離・回収試験										
③微量物質挙動調査										
【開発予算】		H10-14 fy	H15fy	H16fy	H17fy	H18fy	H19fy	H20fy	H21fy	H10-21 fy 総額
特別会計 (高度化)	実績(パイロット)	7,792	1,694	2,141	2,105	1,678	1,798	2,065	1,816	21,089
	(支援調査)	153	20	20	20	8	-	-	-	221
実施者負担	実績(パイロット)	4,119	1,036	1,080	1,128	1,145	899	1,033	908	11,348
	(支援調査)	78	11	10	12	6	-	-	-	117
総事業費 実績		12142	2,761	3,251	3,265	2,837	2,697	3,098	2,724	32,775
【開発体制】	<p>経済産業省担当原課 運営機関 プロジェクトリーダー 委託先 (H10~14年度) 共同研究先(H15~18年度) 共同研究先 (H19年度~)</p>	<p>資源エネルギー庁 資源・燃料部 石炭課 新エネルギー・産業技術総合開発機構 電源開発株式会社 技術開発センター若松研究所長 後藤 秀樹 電源開発株式会社 技術開発センター若松研究所 財団法人 石炭利用総合センター 事業部 電源開発株式会社 技術開発センター若松研究所 パブコック日立株式会社 呉研究所 電源開発株式会社 技術開発センター若松研究所</p>								
【情勢変化への対応】	<p>多目的石炭ガス製造技術開発は、石炭ガス化複合発電システム(IGCC ※1)やさらに燃料電池と組み合わせた石炭ガス化燃料電池複合発電システム(IGFC)に適用できる石炭ガス化のコア技術の開発である。最終目標とするIGFCは送電端効率55%が期待できる究極の発電システムである。また、本技術の酸素吹石炭ガス化プロセスでは、生成ガス中COとH₂の比率が多いことから、COシフト反応(※2)により、COとH₂を調整し、発電分野以外に、水素や合成燃料(GTL ※3、DME ※4等)を効率的に製造することができることも大きな特徴であり、化学原料等への適用も視野に入れて研究開発を進めてきている。</p> <p>一方、今後の社会情勢を分析すると、国内の既設微粉炭火力の老朽化が2020~2030年にピークを迎える。本酸素吹石炭ガス化技術をコアとしたIGCC、IGFCをリプレースに適用するためには、微粉炭火力で調達経路のインフラが整備されている高灰融点炭までの石炭に対して適用できることが必要と考えられる。また、世界規模でCO₂排出抑制が急務となってきており、各国においてもCO₂削減技術のプロジェクト(米国: FutureGen 他)が計画されている。これらの計画はIGCC+CCSを組み合わせたもので、最も実用化の可能性が高い。本技術開発でもCCSのうちコストの大部分を占めるCO₂分離・回収技術について取組むことでCCSの実用化へ向けたブレークスルーを図るものである。</p> <p>上記の様に本事業は、これまでその時折の社会情勢を勘案し、開発目標を設定し取組んできた。STEP-1ではIGFCに適用できるガス化技術やガス精製技術の開発を実施し、所定の成果を得た。また、STEP-2では、社会情勢の変化に対応し、高灰融点炭種対応(炭種拡大)、CO₂分離・回収技術の確立等を開発目標に設定し、所期の目的を達成した。</p> <p>※1 IGCC: Integrated Coal Gasification Combined Cycle ※2 COシフト反応: CO + H₂O → H₂ + CO₂ ※3 GTL: Gas To Liquid ※4 DME: DiMethylEther</p>									

Ⅲ. 研究開発成果について

本研究開発は平成18年度までをSTEP-1、平成19年度～平成21年度(3カ年)をSTEP-2と位置付け、それぞれ開発目標を設定しパイロット試験運転を実施している。STEP-1の成果およびSTEP-2の取組みについて以下に示す。

(1) STEP-1の成果(平成10年度～平成18年度)

①パイロット試験設備による研究

計画通り石炭処理量150t/d規模のパイロット試験設備の建設を行い、各種ガス化特性試験、ガス精製試験を実施した。

・石炭ガス化性能試験

カーボン転換率、冷ガス効率等高いガス化性能を得ることを確認し、海外先行石炭ガス化プラントと比較して遜色のないレベルであった。

・ガス精製性能試験

石炭ガス化プラントのガス精製技術の確立を目指し、ガス精製性能試験に取り組んだ。硫黄化合物、ハロゲン化合物、アンモニア、ばいじん等いずれも高い除去性能が確認された。

・連続運転性能試験

プラント信頼性検証を目的に1,000時間以上の長期連続運転試験を実施し、1,015時間の連続ガス化運転を達成し、国内のガス化プラントの連続運転記録を更新した。

・多炭種対応試験

石炭ガス化性能に影響を与える灰分、燃料比、発熱量および灰融点をパラメータとして、特性の異なる5炭種のガス化試験を実施した。

・大型化対応試験

空塔速度増大、バーナ噴出速度変化、一体化粉体弁に関する各種確認試験を実施し、大型実証機設計のためのデータを取得した。

②支援・調査研究(平成10年度～平成18年度)

支援・調査研究は、平成18年度までパイロット試験設備による円滑な運転研究を支援することを目的に、石炭処理量1t/dの加圧ガス化試験炉によるガス化試験、噴流床ガス化シミュレーションモデルによるEAGLEガス化炉の性能の予測、基礎試験による課題解決に取り組んだ。

(a)適用炭種拡大

・候補炭事前評価

パイロット試験の候補となる18炭種について、塊炭の粉碎性、微粉炭の流動性を評価した。またチャー物性やスラグ安定流下について評価した。得られた成果をEAGLEの運転条件に反映し、安定運転に寄与した。

・性能予測

各候補炭のスラグ焼結防止炭素濃度、スラグ流下開始温度等の要素試験結果を用いて、噴流床ガス化シミュレーションモデルによる酸素吹ガス化炉の性能の予測と炭種ごとの適正運転条件を提案した。

(b)パイロット試験課題対応

ガス化生成ガス系統に塩化アンモニウム(NH_4Cl)の析出が観察されたことから、ガス化圧力と同じ2.5MPa下における NH_4Cl 析出に関する基礎試験を実施した。その結果を元に塩化アンモニウム(NH_4Cl)の析出条件を見極め、析出しない運転方法を提案した。

(2) STEP-2の成果(平成19年度～平成21年度)

高灰融点炭までの炭種拡大を目的にガス化炉を高耐熱仕様に改造し、高灰融点炭のガス化試験を実施した。また、 CO_2 分離・回収技術の確立に向けた装置追設および実証試験を実施した。さらに実証機建設を視野に入れたプラント信頼性向上や環境アセスメントに必要な環境影響微量物質について挙動調査を実施した。

・高灰融点炭種対応

ガス化炉を高耐熱仕様に改造し、3炭種の高灰融点炭(STEP-1より最大で灰溶流点 100°C 程度高い炭)のガス化性能、運用特性を把握した。

・ CO_2 分離回収

要素技術である「 CO シフト触媒」および「 CO_2 吸収液」の基本特性、石炭ガス化ガスへの適用性を確認した。また、開発目標である「回収 CO_2 純度99%以上」が可能な運転条件を検証した。更に、シフト蒸気低減試験、再生蒸気低減試験等を実施し、各運転条件におけるユーティリティ使用量を把握した。

	<p>・微量物質挙動調査 石炭中に含まれる各種微量金属類の系内挙動および系外排出状況を概ね把握した。本挙動調査を通じて、実証機排水処理装置設計のための緒元データを取得するとともに、腐食防止の観点からの機器材料選定のための指針を得た。</p>													
	論文投稿等 (H15以降)	<table border="0"> <tr> <td>論文投稿</td> <td>34件</td> <td>新聞等掲載</td> <td>63件</td> </tr> <tr> <td>研究発表</td> <td>46件</td> <td>展示会出展</td> <td>12件</td> </tr> <tr> <td>受賞実績</td> <td>2件</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	論文投稿	34件	新聞等掲載	63件	研究発表	46件	展示会出展	12件	受賞実績	2件		
論文投稿	34件	新聞等掲載	63件											
研究発表	46件	展示会出展	12件											
受賞実績	2件													
	特許 (H15以降)	出願 27件(内、登録1件)												
IV. 実用化、事業化の見通しについて	<p>EAGLEプロジェクトについては、高効率発電IGCC、IGFCのコア技術であるガス化炉、ガス精製の開発と地球温暖化対策を念頭においたCO₂分離回収技術の確立について所期の目的を達成した。</p> <p>実用化については、関連プロジェクトと連携を密にし、実現可能性の高いIGCCを先行して実施し、IGFCについてはFCの技術開発を注視し、適正な時期に導入を図る。</p> <p>実用化におけるスケールアップについては、EAGLE研究開発で得られたガス化炉設計データをベースにガス化炉設計のアルゴリズムを構築しており、先行プラントの実績を踏まえ、10倍以内で大型実証機プラント規模を決定する。また、商用機については、現状EAGLEで得られるガス化炉空塔速度を踏襲すると、圧力容器の製作限界から、大型実証機の2～3倍程度の規模が想定される。</p> <p>現在、電源開発(株)と中国電力(株)は17万KW級(石炭処理量1,100t/d級)酸素吹石炭ガス化複合発電(IGCC)実証試験の実施に合意し、大崎クールジェンを設立、平成29年3月試験開始を目指し、実用化に向けたプロジェクトを推進している。</p>													
V. 評価に関する事項	評価履歴	<table border="0"> <tr> <td>平成11年度</td> <td>技術評価検討会</td> </tr> <tr> <td>平成15年度</td> <td>中間評価</td> </tr> <tr> <td>平成18年度</td> <td>多目的石炭ガス製造技術開発事業検討委員会 (NEDO 自主)</td> </tr> <tr> <td>平成19年度</td> <td>中間評価</td> </tr> <tr> <td>平成21年度</td> <td>事後評価(前倒し)</td> </tr> </table>	平成11年度	技術評価検討会	平成15年度	中間評価	平成18年度	多目的石炭ガス製造技術開発事業検討委員会 (NEDO 自主)	平成19年度	中間評価	平成21年度	事後評価(前倒し)		
平成11年度	技術評価検討会													
平成15年度	中間評価													
平成18年度	多目的石炭ガス製造技術開発事業検討委員会 (NEDO 自主)													
平成19年度	中間評価													
平成21年度	事後評価(前倒し)													

<p>VI. 基本計画に関する事項</p>	<p>作成時期 変更履歴</p>	<p>(1) 平成 10 年 4 月制定</p> <p>(2) 平成 12 年 3 月、通商産業省と NEDO の役割分担の見直しを受けて、研究開発の目的、内容、目標等の改定。(ガス精製技術開発部分を削除)</p> <p>(3) 平成 14 年 3 月、省庁再編に伴う経済産業省と NEDO の役割分担の見直しを受けて、研究開発の目的、内容、目標を統一的に明記する等の改定。</p> <p>(4) 平成 15 年 1 月、平成 14 年度予算比大幅削減という状況を踏まえて、研究開発内容等の改定。</p> <p>(5) 平成 16 年 3 月、平成 15 年度中間評価結果反映により、目的(「燃料電池に利用可能な石炭ガス化技術の開発」を「化学原料用、水素製造用、合成液体燃料用、電力用等幅広い用途へ適用できる石炭ガス化技術の開発」へ)およびプロジェクト名(「燃料電池用石炭ガス製造技術開発」を「多目的石炭ガス製造技術開発(EAGLE)」へ)等の改定。 NEDO 独立行政法人化に伴うプロジェクト名、根拠法等の改定。</p> <p>(6) 平成 17 年 3 月、経済産業省と NEDO の役割分担の見直しを受けて、研究開発の目的、内容、目標等の改定(ガス精製技術開発部分を追加) 燃料プログラム策定に伴う表題記述の変更。</p> <p>(7) 平成 18 年 3 月、実施内容の実態に伴う支援・調査研究の研究内容および研究開発の実施期間に係る記述の変更。 新エネルギー技術開発プログラムに位置付けられたことによる表題の変更。</p> <p>(8) 平成 19 年 3 月、平成 19 年度以降の新たな研究項目実施に伴う研究開発の 1. 目的・目標・内容、2. 研究開発の実施方式、3. 研究開発の実施期間、4. 評価に関する事項の記載内容の変更および追記。 燃料技術開発プログラムに位置付けられたことによる表題の変更。</p> <p>(9) 平成 20 年 4 月、プログラム名称が燃料技術開発プログラムからエネルギーイノベーションプログラムへ変更となったことによる表題の変更。</p> <p>(10) 平成 21 年 8 月、組織改正に伴い、担当推進部が環境技術開発部からクリーンコール開発推進部へ変更となったことによる担当推進部室および担当者名の変更。</p>
-----------------------	----------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

(エネルギーイノベーションプログラム)

「多目的石炭ガス製造技術開発 (EAGLE)」基本計画

環境技術開発部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

我が国のエネルギー政策の中で、石炭は中核的な石油代替エネルギーとして位置付けられており、2002年6月に策定された1次エネルギー総供給見通しにおいても2000年度で17.9%、2010年度で目標ケース約19%（基準ケース約22%）を占め、引き続き重要な役割を担っている。（総合資源エネルギー調査会 第3回基本計画部会資料、平成15年6月11日開催）

石炭は世界中に広く賦存し、埋蔵量が多いことから、将来に亘って安定供給が見込める重要なエネルギー資源として位置付けられている。しかしながら、石炭は単位発熱量当たりのCO₂発生量が他の化石燃料に比べて多く、燃焼時にばいじん、NO_x、SO_xを排出することから、環境に調和した利用を進めるためには、高効率化及びクリーン化が要求されている。

さらに、1997年12月に開催された気候変動枠組条約第3回締約国会議（地球温暖化防止京都会議）では「京都議定書」が取りまとめられた。当議定書に定められた我が国の温室効果ガスの削減目標は「1990年の二酸化炭素等の排出量を基準とし、2008年から2012年までの5年間に6%削減」という大変厳しいものとなっている。こうした近年の地球環境問題（CO₂問題）の高まりを背景に、燃焼に伴う単位発熱量当たりのCO₂発生量が石油の1.25倍ある石炭については、石炭利用全般に亘ってその効率的利用と環境負荷の低減がますます強く求められてきている。その意味でクリーン・コール・テクノロジーの開発・実用化・移転、海外協力が官民を挙げて推進されているところである。

特に石炭ガス化技術は内閣府総合科学技術会議（平成18年3月22日）において国の戦略重点科学技術として位置づけられ、「石炭から効率的かつ経済的に合成ガスを製造する石炭ガス化技術について研究開発を行う」とされている。また、総合資源エネルギー調査会需給部会（平成17年3月）の「2030年のエネルギー需給展望」の中でも「2030年においても、化石燃料は引続き我が国の一次エネルギー総供給の相当部分を占めると見通されている」、「炭素隔離も石炭の利用などに当たって環境面の問題を克服し、エネルギー選択の幅を大きく広げる技術として重要であり、エネルギー供給面でもこうした技術による対応を思い切って進める必要がある」とされている。

更に独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO 技術開発機構」という。）環境技術開発部が独自に実施した、多目的石炭ガス製造技術開発事業検討委員会（平成18年7月4日）においても、「近年、原油価格高騰に伴い石炭が世界的に見直されており、石炭の高効率利用のための技術開発は急務になってきており、石炭は低廉かつ安定供給性に優れ、エネルギー戦略、またエネルギーセキュリティー確保面からも我が国独自の石炭の高効率利用（CO₂分離回収を含む）石炭ガス化技術の開発は、緊急かつ極めて重要な課題である。従って、これまでの成果を踏まえて、更なる技術開発は不可欠であり、次段階での技術開発を是非進めるべきである。」と評価されている。

当該多目的石炭ガス製造技術開発（EAGLE）は、環境負荷低減、特に地球温暖化ガス発生量の低減を図ることを目的に、高効率で合成ガス（CO+H₂）を製造することが出来る最も先進的な酸素吹1室2段旋回流ガス化炉を開発するものであり、併せて、得られた石炭ガス化ガスを高度に精製（除塵・脱H₂S・脱ハロゲン等）する技術を開発し、化学原料用、水素製造用、合成液体燃料用、電力用等幅広い用途への適応が可能な石炭ガス化技術およびガス精製技術の確立を目指すものである。本ガス化炉を適用し、ガスタービン、蒸気タービン及び燃料電池との組み合わせにより、既設石炭火力発電と比較し最大30%のCO₂発生量低減が期待される高効率発電も可能となる。

一方、今後の国内の石炭火力発電所の新設やリプレースに石炭ガス化プロセスの適用を考えた場合、既に調達経路の確立している石炭火力発電用の石炭性状まで石炭ガス化への適用炭種を拡大することを目的に多炭種試験を実施し、ガス化性能等の検証を行う。また、中長期的な石炭利用拡大に向けて課題となっている炭素隔離技術の実用化を念頭に、石炭ガス化プロセスから生成されるCO₂の分離回収技術の確立を目指す。

これにより、国内のエネルギー安定供給や環境影響負荷低減に貢献でき、炭種制約を減らすこと等によりクリーン・コール・テクノロジーとしての石炭ガス化技術の展開の可能性を拡大するものである。

なお、本技術開発はこれまで「燃料電池用石炭ガス製造技術開発」として石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC）の実用化を目指し、燃料電池に利用可能な石炭ガス製造技術の開発を目的としていたが、平成15年度に実施した中間評価において、『事業化までのシナリオとしては、コ・プロダクションなどのもっと多様でより近い将来に実用化を図ることができるシナリオもあるはずであり、燃料電池に限る場合だけに通用する技術とせずIGFC以外の分野への活用も検討すべきである。』との改善を要する指摘を受けた。このため、今後、燃料電池用石炭ガス製造に留まらず、化学原料用、水素製造用、合成液体燃料用等への適用も視野に入れた石炭ガス化技術およびガス精製技術の開発を目的とし、プロジェクト名も「燃料電池用石炭ガス製造技術開発」から「多目的石炭ガス製造技術開発（EAGLE）」と変更したものである。

(2) 研究開発の目標

[目標 (平成21年度)]

項目	開発目標
高灰融点炭種対応	高灰融点炭に適用できる酸素吹石炭ガス化技術の確立を目標に3炭種以上の性状の異なる高灰融点炭についてガス化並びに運用特性データを取得する。
CO ₂ 分離回収	回収 CO ₂ の純度99%以上。

[目標 (平成18年度)]

項目	開発目標
石炭ガス化性能	<ul style="list-style-type: none"> ・ ガス発熱量 10,000 kJ / m³N以上 ・ カーボン転換率 98%以上 ・ 冷ガス効率 78%以上 ・ ガス化圧力 2.5 MPa
ガス精製性能	<ul style="list-style-type: none"> ・ 硫黄化合物 1 ppm以下 ・ ハロゲン化合物 1 ppm以下 ・ アンモニア 1 ppm以下 ・ ばいじん 1 mg / m³N
連続運転性能	1,000時間以上
多炭種対応	性状の異なる5種類以上の石炭についてガス化およびガス精製特性データを取得する。
大型化対応	10倍程度のスケールアップを目指した大型化対応のためのデータを取得する。

[中間目標 (平成15年度)]

石炭ガス化性能	<ul style="list-style-type: none"> ・ ガス発熱量 8,000 kJ / m³N以上 ・ カーボン転換率 98%以上 ・ 冷ガス効率 78%以上 ・ ガス化圧力 2.5 MPa
---------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

(3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために、以下の研究開発項目について、別紙の研究開発計画に基づき研究開発を実施する。

- ①パイロット試験設備による研究およびゼロエミッション化技術に関する研究
 - a. パイロット試験設備の建設
 - b. パイロット試験設備運転研究
 - c. 酸素吹石炭ガス化システムの運転制御技術の確立
 - d. 酸素吹石炭ガス化システム高度化対応技術の開発
 - e. パイロット試験設備の改造
 - f. CO₂分離回収設備の建設

- ②支援・調査研究 (平成18年度終了)
 - a. 多炭種対応・ガス化効率向上のための要素試験
 - b. 社会適合性に関する調査研究
 - c. EAGLE炉ガス化シミュレーションプログラムの作成
 - d. EAGLE炉性能試算
 - e. 新たな課題への対応等の運転支援

2. 研究開発の実施方式

(1) 研究開発の実施体制

本研究開発は、N E D O 技術開発機構が、企業、民間研究機関、独立行政法人、大学等（委託先から再委託された研究開発実施者を含む）から、各研究について専門的知見を有する適切な研究開発実施予定者を選定後、共同研究契約を締結し実施する。平成19年度以降の研究開発については、NEDO技術開発機構が実施してきた150t/dのパイロット試験設備並びに成果、ノウハウ等を利活用して経済的かつ効率的に行うものであり、酸素吹石炭ガス化技術に関する深い経験と技術力を有し、かつ石炭ガス化設備にも熟知精通していることが絶対条件であることからこれまでの体制を継続し、引き続き委託先と共同研究契約を締結しパイロット試験設備の所在地において実施する。

(2) 研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有するN E D O 技術開発機構は、経済産業省及び研究開発責任者と密接な関係を維持しつつ、本研究開発の目的および目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じて、N E D O 技術開発機構に設置する委員会及び技術検討会等、外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、四半期に一回程度研究開発責任者等を通じてプロジェクトの進捗について報告を受けること等を行う。

3. 研究開発の実施期間

本研究開発の期間は、平成10年度から平成21年度までの12年間とする。

4. 評価に関する事項

N E D O 技術開発機構は技術評価実施規程に基づき、技術的および政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義ならびに将来の産業への波及効果等について、国又はN E D O 技術開発機構に設置する技術評価委員会等において外部有識者による研究開発の中間評価を平成11年度、15年度及び平成19年度に、事後評価を平成22年度に実施する。また、中間評価結果を踏まえ必要に応じプロジェクトの加速・縮小・中止等見直しを迅速に行う。なお、評価時期については当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の推進状況等に応じ、前倒しする等、適宜見直すものとする。

5. その他の重要事項

(1) 研究開発成果の取扱い

共同研究開発の成果に係る知的財産権については、「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条の規定等に基づき、原則として、すべて共同研究先に帰属させることとする。

(2) 基本計画の変更

N E D O 技術開発機構は、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、内外の研究開発動向、政策動向、第三者の視点からの評価結果、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標、実施期間及び研究開発体制等、基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

(3) 根拠法

本プロジェクトは、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第1号ロに基づき実施する。

6. 基本計画の改定履歴

- (1) 平成10年4月制定
- (2) 平成12年3月、通商産業省とNEDOの役割分担の見直しを受けて、研究開発の目的、内容、目標等の改定。(ガス精製技術開発部分を削除)
- (3) 平成14年3月、省庁再編に伴う経済産業省とNEDOの役割分担の見直しを受けて、研究開発の目的、内容、目標を統一的に明記する等の改定。
- (4) 平成15年1月、平成14年度予算比大幅削減という状況を踏まえて、研究開発内容等の改定。
- (5) 平成16年3月、平成15年度中間評価結果反映により、目的(「燃料電池に利用可能な石炭ガス化技術の開発」を「化学原料用、水素製造用、合成液体燃料用、電力用等幅広い用途へ適用できる石炭ガス化技術の開発」へ)及びプロジェクト名(「燃料電池用石炭ガス製造技術開発」を「多目的石炭ガス製造技術開発(EAGLE)」へ)等の改定。
NEDO独立行政法人化に伴うプロジェクト名、根拠法等の改定。
- (6) 平成17年3月、経済産業省とNEDO技術開発機構の役割分担の見直しを受けて、研究開発の目的、内容、目標等の改定(ガス精製技術開発部分を追加)
燃料プログラム策定に伴う表題記述の変更。
- (7) 平成18年3月、実施内容の実態に伴う支援・調査研究の研究内容及び研究開発の実施期間に係る記述の変更。
新エネルギー技術開発プログラムに位置づけられたことによる表題の変更。
- (8) 平成19年3月、平成19年度以降の新たな研究項目実施に伴う研究開発の1. 目的・目標・内容、2. 研究開発の実施方式、3. 研究開発の実施期間、4. 評価に関する事項の記載内容の変更及び追記。
燃料技術開発プログラムに位置づけられたことによる表題の変更。
- (9) 平成20年6月、イノベーションプログラム基本計画の制定により、「(1) 研究開発の目的」の記載を改訂。

(別紙) 研究開発計画

研究開発項目「多目的石炭ガス製造技術開発 (EAGLE)」

1. 研究開発の必要性

石炭は世界中に広く賦存し、埋蔵量が多いことから、将来に亘って安定供給が見込める重要なエネルギー資源として位置付けられている。しかしながら、石炭は単位発熱量当たりのCO₂発生量が他の化石燃料に比べて多く、燃焼時にばいじん、NO_x、SO_xを排出するため、環境に調和した利用を進めるためには、高効率化およびクリーン化が要求されている。

当該研究開発は、高効率で合成ガス (CO+H₂) を製造することができ、低灰融点炭から高灰融点炭までの多炭種に対応可能な酸素吹1室2段旋回流ガス化炉を開発し、化学原料用、水素製造用、合成液体燃料用、電力用等幅広い用途への適用が可能な石炭ガス化技術及び生成ガスからのCO₂分離回収技術の確立を目指すものである。

本技術を適用し、ガスタービン、蒸気タービン及び燃料電池との組み合わせにより、既設の石炭火力発電と比較し最大30%のCO₂発生量低減が期待される高効率発電が幅広い炭種において適応可能となり、エネルギーセキュリティー確保に貢献できる。さらに、CO₂分離回収技術を組み合わせることによりCO₂排出量をLNG火力発電並に低減することが可能であり、環境対策面においても重要かつ必要な研究開発である。

これにより、国内のエネルギー安定供給や環境影響負荷低減に貢献でき、炭種制約を減らすこと等によりクリーン・コール・テクノロジーとしての石炭ガス化技術の展開の可能性を拡大するものである。

2. 研究開発の具体的内容

(1) パイロット試験設備による研究およびゼロエミッション化技術に関する研究

① パイロット試験設備の建設

石炭使用量150 t/dの石炭ガス化炉 (一室二段旋回流型噴流床炉) およびガス精製装置を主体とするパイロット試験設備を建設する。

② パイロット試験設備運転研究

100%ロード時における操業安定性・ガス化性能・ガス精製性能等を確認するとともに、負荷変動試験・長時間連続運転試験・多炭種対応試験等の各種ガス化試験を実施する。併せて、更なるスケールアップを目指してガス化炉廻り物質収支・熱収支データ等のエンジニアリングデータを取得する。

また、ガス化への適用が困難とされた炭種 (高灰融点炭など) を適用した確認試験を実施し、運用性、環境特性及び燃料特性等を把握する。

③ 酸素吹き石炭ガス化炉システムの運転制御技術の確立

石炭ガス化炉・ガス精製装置・空気分離装置等が連携された酸素吹き石炭ガス化炉関連トータルシステムの運転制御技術の確立を目指す。

④ 酸素吹き石炭ガス化システム高度化対応技術の開発

酸素吹き石炭ガス化システムを更に効率化・コンパクト化するため、バーナ噴出速度増大試験、空塔速度増大試験等、高度化対応技術の開発を行う。

⑤ パイロット試験設備の改造

適用炭種拡大と信頼性向上のために、高灰融点炭までの運用が可能となるよう従来型ガス化炉設備の改造のための設計・製作を行い、改造型ガス化炉の据付を実施する。

⑥ CO₂分離回収設備の建設

酸素吹ガス化炉から生成される石炭ガスからのCO₂分離回収システムの確立を目的に、試験設備の設計・製作及び据付を実施する。

(2) 支援・調査研究（平成18年度終了）

上記（1）パイロット試験設備による研究を支援すること及び石炭ガス化技術の実用化の課題を明確化し、その解決方を検討するため、

- a.多炭種対応・ガス化効率向上のための要素試験
- b.社会適合性に関する調査研究
- c.EAGLE炉ガス化シミュレーションプログラムの作成
- d.EAGLE炉性能試算
- e.新たな課題への対応等の運転支援等を実施する。

(計画スケジュール)

項目	年度											
	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21
		▼ 中間評価				▼ 中間評価				▼ 中間評価		
1.パイロット試験設備による研究およびセグレミーション化技術に関する研究												
1)パイロット試験設備の建設	■■■■■											
2)パイロット試験設備運転研究					■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■
3)酸素吹き石炭ガス化炉システムの運転制御技術の確立					■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■			
4)酸素吹き石炭ガス化システム高度化対応技術の開発 (熱回収方式、石炭供給方式の改良等)					■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■			
5)パイロット試験設備の改造										■■■■■	■■■■■	
6)CO ₂ 分離回収設備の建設										■■■■■	■■■■■	
2.支援・調査研究												
1)多炭種対応・ガス化効率向上のための要素試験	■■■■■											
2)社会適合性に関する調査研究	■■■■■											
3)EAGLE炉ガス化シミュレーションプログラムの作成			■■■■■									
4)EAGLE炉性能試算					■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■		
5)新たな課題への対応等の運転支援						■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■			

3. 達成目標

基本計画本文に記載（1.研究開発の目的・目標・内容（2）研究開発の目標）

イノベーションプログラム 基本計画

平成21年4月
経済産業省

エネルギーイノベーションプログラム基本計画

1. 目的

資源に乏しい我が国が、将来にわたり持続的発展を達成するためには、革新的なエネルギー技術の開発、導入・普及によって、各国に先んじて次世代型のエネルギー利用社会の構築に取り組んでいくことが不可欠である。他方、エネルギー技術開発は、長期間を要するとともに大規模投資を伴う一方で将来の不確実性が大きいことから、民間企業が持続的な取組を行うことは必ずしも容易ではない。このため、政府が長期を見据えた将来の技術進展の方向性を示し、官民双方がこの方向性を共有することで、長期にわたり軸のぶれない取組の実施が可能となる。

エネルギー安全保障の確立や、世界全体の温室効果ガスを2050年までに半減するという長期目標を達成するため、以下に政策の柱毎に目的を示す。

1-I. 総合エネルギー効率の向上

1970年代以来、官民をあげて省エネルギーに取り組み、産業構造の転換や新たな製造技術の導入、民生機器の効率改善等により世界最高水準の省エネルギーを達成している。今後、「新・国家エネルギー戦略」に掲げる、2030年までにGDPあたりのエネルギー利用効率を約30%向上を実現していくためには、産業部門はもとより、全部門において、総合エネルギー効率の向上に資する技術開発とその成果の導入を促進する。

1-II. 運輸部門の燃料多様化

ほぼ100%を石油に依存する運輸部門は、我が国エネルギー需給構造上、最も脆弱性が高く、その需給構造の次世代化は、将来に向けた早急な対策が不可欠な課題となっている。

「新・国家エネルギー戦略」に掲げる目標（2030年に向け、運輸部門の石油依存度が80%程度となることを目指す）の実現のためにも、官民が中長期的な展望・方向性を共有しつつ、技術開発と関連施策を推進する。

1-III. 新エネルギー等の開発・導入促進

太陽光、風力、バイオマスなどの新エネルギーは、エネルギー源の多様化や地球温暖化対策の観点から重要である。しかし、現時点では経済性や出力安定性といった普及へ向けての課題が存在する。

そのため、これらの課題解決に向けた技術開発の推進及び新エネルギーの導入促進のための関連施策の実施により、更なる新エネルギーの普及を推進する。

1-IV. 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保

原子力発電は供給安定性に優れ、運用時にCO₂を排出しないクリーンなエネルギー源である。安全確保を大前提に核燃料サイクルを含む原子力発電を着実に推進する。

1-V. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

化石燃料資源の大宗を輸入に依存する我が国にとって、その安定供給の確保は国家安全保障に直結する課題である。このため、石油・天然ガス等の安定供給確保を目指し、我が国企業による資源国における資源開発等に対する支援等の施策を進めるとともに、その有効かつクリーンな利用を図る。

2. 政策的位置付け

- 低炭素社会づくり行動計画（2008年7月閣議決定）

2008年6月の福田総理（当時）のスピーチ「福田ビジョン」等を受け、我が国が低炭素社会へ移行していくための具体的な道筋を示すため、国全体を低炭素化へ動かす仕組みや革新的な技術開発、国民一人ひとりの行動を促すための取組について策定。

「環境エネルギー技術革新計画」や「Cool Earth－エネルギー革新技術計画」等に示された革新的技術の開発に5年間で300億ドル程度を投入するという具体的な目標が示された。
- 環境エネルギー技術革新計画（2008年5月）

温室効果ガスの大幅な削減を目指すだけでなく、エネルギー安全保障、環境と経済の両立、開発途上国への貢献等を考慮し、以下の戦略等を策定。

 1. 低炭素社会実現に向けた我が国の技術戦略
 2. 国際的な温室効果ガス削減策への貢献策
 3. 革新的環境エネルギー技術開発の推進方策
- Cool Earth－エネルギー革新技術計画（2008年3月）

2007年5月の総理イニシアティブ「クールアース50」を受け、世界全体の温室効果ガスの排出量を現状に比して2050年までに半減するという長期目標を達成するため、エネルギー分野における革新的な技術開発について検討をおこない、21の技術を選定。
- エネルギー基本計画（2007年3月閣議決定）

重点的に研究開発のための施策を講ずべきエネルギーに関する技術及びその施策として、

 1. 総合エネルギー効率の向上に資する技術
 2. 原子力利用の推進とその大前提となる安全の確保に資する技術
 3. 運輸部門のエネルギー多様化に資する技術
 4. 新エネルギーに関する技術
 5. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用に資する技術

以上が位置づけられている。
- 新・国家エネルギー戦略（2006年5月）

世界最先端のエネルギー需給構造の実現を図るため

 1. 省エネルギーフロントランナー計画
 2. 運輸エネルギーの次世代化計画
 3. 新エネルギーイノベーション計画
 4. 原子力立国計画

以上の計画が位置づけられている。また、資源外交、エネルギー環境協力の総合的な強化を図るため、「総合資源確保戦略」が位置づけられている。
- 第3期科学技術基本計画（2006年3月閣議決定）

国の存立にとって基盤的であり国として取り組むことが不可欠な研究開発課題を重視して研究開発を推進する「推進4分野」であるエネルギー分野、分野別推進戦略（2006年3月総合科学技術会議）における「推進4分野」であるエネルギー分野に位置づけられている。

- 経済成長戦略大綱（２００６年７月財政・経済一体改革会議）
資源・エネルギー政策の戦略的展開として
 - １．省エネルギーフロントランナー計画
 - ２．次世代自動車・燃料イニシアティブ等による運輸エネルギー一次世代化
 - ３．新エネルギーイノベーション計画
 - ４．原子力立国計画
 - ５．資源外交、環境・エネルギー協力等の総合的な強化以上が位置づけられている。

- 京都議定書目標達成計画（２００５年４月閣議決定）
「京都議定書の約束を達成するとともに、更に「脱温暖化社会」に向けて長期的・継続的な排出削減を進めるには、究極的には化石燃料への依存を減らすことが必要である。環境と経済の両立を図りつつ、これらの目標を達成するため、省エネルギー、未利用エネルギーの利用等の技術革新を加速し、効率的な機器や先進的なシステムの普及を図り、世界をリードする環境立国を目指す。」とされている。

3. 達成目標

3-I. 総合エネルギー効率の向上

転換部門における「エネルギー転換効率向上」、産業部門における「製造プロセス効率向上」、民生・運輸部門における「省エネルギー」などにより、GDP当たりのエネルギー消費指数を2030年度までに少なくとも30%改善することを目指す。

3-II. 運輸部門の燃料多様化

バイオマス由来燃料、GTL、BTL、CTLなどの新燃料、電気自動車や燃料電池自動車などの導入により、現在ほぼ100%の運輸部門の石油依存度を2030年までに80%程度とすることを目指す。

3-III. 新エネルギー等の開発・導入促進

太陽光、風力、バイオマスなどの新エネルギーの技術開発や燃料電池など革新的なエネルギー高度利用を促進することにより、新エネルギー等の自立的な普及を目指すことで、エネルギー源の多様化及び地球温暖化対策に貢献する。

3-IV. 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保

2030年以降においても、発電電力量に占める比率を30~40%程度以上とすることを目指すため、高速増殖炉サイクルの早期実用化、既設軽水炉代替へ対応する次世代軽水炉の開発、軽水炉技術を前提とした核燃料サイクルの確立、放射性廃棄物対策などの技術開発を推進する。

3-V. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

石油・天然ガスの化石燃料の安定供給確保を目指し、資源獲得能力の強化に資する先端的な技術開発を推進するとともに、環境負荷低減のために化石燃料の効率的かつクリーンな利用を促進するための技術開発・導入を目指す。

4. 研究開発内容

4-I. 総合エネルギー効率の向上

）

4-V. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

4-V-i. 石油・天然ガス・石炭の探鉱・開発・生産技術

）

4-V-iv. 石炭クリーン利用技術

(1) 革新的ゼロエミッション石炭火力発電プロジェクト

①概要

石炭の高効率な利用を図るために、

i. 酸素吹きによる石炭ガス化発電の開発実証及び化学吸収法によるCO₂の分離・回収技術の実証

ii. 石炭ガス化発電からCCSまで一貫したトータルシステムの設計等

iii. 次世代IGCC（石炭ガス化複合発電）など革新的な石炭ガス化技術にかかる先進基盤研究を行う。

②技術目標及び達成時期

2009年度までに、パイロットプラントにおいて、高圧の石炭ガスからCO₂の分離・回収技術の確立及びガス化炉の信頼性向上へ向けて、3炭種以上の適応炭種拡大試験を実施する。

③研究開発期間

2007年度～2012年度

）

5. 政策目標の実現に向けた環境整備（成果の実用化、導入普及に向けた取組）

5-I. 総合エネルギー効率の向上

- 事業者単位の規制体系の導入
- 住宅・建築物に係る省エネルギー対策の強化
- セクター別ベンチマークの導入と初期需要創出（高効率機器の導入補助等）
- トップランナー基準の対象機器の拡充等
- アジアにおける省エネルギー対策の推進を通じた我が国の国際競争力の向上
- 国民の省エネルギー意識の高まりに向けた取組

5-II. 運輸部門の燃料多様化

- 公共的車両への積極的導入
- 燃費基準の策定・改定
- アジアにおける新エネルギー協力
- 国際標準化による国際競争力向上

5-III. 新エネルギー等の開発・導入促進

- 補助金等による導入支援
- 新エネルギーベンチャービジネスに対する支援の拡大
- 新エネルギー産業構造の形成
- 電気事業制度・ガス事業制度の在り方の検討

5-IV. 原子力利用の推進とその大前提となる安全の確保

- 電力自由化環境下での原子力発電の新・増設の実現
- 資源確保戦略の展開
- 次世代を支える人材育成
- 中小型炉の海外市場への展開、我が国原子力産業の国際展開支援
- 原子力発電拡大と核不拡散の両立に向けた国際的枠組み作りへの積極的関与
- 国と地域の信頼強化

5-V. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

- 資源国等との総合的な関係強化（研究開発の推進・協力、人材育成・技術移転、経済関係強化など）
- 化石燃料のクリーンな利用の開拓

6. 研究開発の実施に当たっての留意事項

事業の全部又は一部について独立行政法人の運営費交付金による実施されるもの（事業名に（運営費交付金）と記載したもの）は、中期目標、中期計画等に基づき、運営費交付金の総額の範囲内で当該独立行政法人の裁量によって実施されるものである。

また、事業名に（採択テーマ）と記載された事業は、提案公募事業により採択されたテーマを記載したものであり、その採択や評価等は、提案公募事業の実施機関の責任の下、実施されるものである。

7. 改訂履歴

- (1) 平成16年7月7日付け、省エネルギー技術開発プログラム基本計画、新エネルギー技術開発プログラム基本計画、燃料技術開発プログラム基本計画、電力技術開発プログラム基本計画、原子力技術開発プログラム基本計画制定。固体高分子形燃料電池／水素エネルギー利用プログラム基本計画（平成16・02・03産局第6号）は、新エネルギー技術開発プログラム基本計画に統合することとし、廃止。
- (2) 平成17年3月31日付け制定。省エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成16・06・04産局第8号）、新エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成16・06・04産局第10号）、燃料技術開発プログラム基本計画（平成16・06・04産局第12号）、電力技術開発プログラム基本計画（平成16・06・04産局第11号）、原子力技術開発プログラム基本計画（平成16・06・04産局第13号）は、廃止。
- (3) 平成18年3月31日付け制定。省エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成17・03・25産局第14号）、新エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成17・03・25産局第9号）、燃料技術開発プログラム基本計画（平成17・03・25産局第17号）、電力技術開発プログラム基本計画（平成17・03・25産局第12号）、原子力技術開発プログラム基本計画（平成17・03・25産局第13号）は、廃止。また、次世代低公害車技術開発プログラム基本計画（平成17・03・29産局第2号）は、省エネルギー技術開発プログラム基本計画及び燃料技術開発プログラム基本計画に統合することとし、廃止。
- (4) 平成19年4月2日付け制定。省エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成17・03・31産局第19号）、新エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成18・03・31産局第15号）、燃料技術開発プログラム基本計画（平成18・03・31産局第18号）、電力技術開発プログラム基本計画（平成18・03・31産局第17号）、原子力技術開発プログラム基本計画（平成18・03・31産局第16号）は、廃止。
- (5) 平成20年4月1日付け、エネルギーイノベーションプログラム基本計画制定。省エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成19・03・26産局第1号）、新エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成19・03・20産局第4号）、燃料技術開発プログラム基本計画（平成19・03・19産局第7号）、電力技術開発プログラム基本計画（平成19・03・16産局第3号）、原子力技術開発プログラム基本計画（平成19・03・23産局第2号）は、本プログラム基本計画に統合することとし、廃止。
- (6) 平成21年4月1日付け制定。エネルギーイノベーションプログラム基本計画（平成20・03・25産局第5号）は廃止。

技術戦略マップ2009

平成21年4月
経済産業省 編

エネルギー分野

資源に乏しいわが国が、将来にわたり持続的発展を達成するためには、革新的なエネルギー技術の開発、導入・普及によって、各国に先んじて次世代型のエネルギー利用社会の構築に取り組んでいくことが不可欠である。他方、エネルギー技術開発は、長期間を要するとともに大規模投資を伴う一方で将来の不確実性が大きいことから、民間企業が持続的な取組を行うことは必ずしも容易ではない。このため、政府が長期を見据えた将来の技術進展の方向性を示し、官民双方がこの方向性を共有することで、将来の不確実性に対する懸念が緩和され、官民において長期にわたり軸のぶれない取組の実施が可能となる。

また、「新・国家エネルギー戦略」や「エネルギー基本計画」においても、エネルギー技術戦略策定の必要性が明記されており「新・国家エネルギー戦略」が想定する2030年という長期の時間設定の中、超長期エネルギー技術ビジョン（2005年10月策定）を参考にしつつ、2006年11月策定のエネルギー技術戦略マップ2006をベースにし、技術戦略マップ2007（エネルギー分野）を作成した。技術戦略マップ2008は2007年5月の総理イニシアティブ「クールアース50」を受けて策定された「Cool Earth-エネルギー革新技術計画」（2008年3月策定）をもとに、足下の2030年頃までの見通しに変更があったものについて修正を行ったものである。

技術戦略マップ2009の策定に当たっては主に下記の3項目の内容について見直しを実施し、改訂を行った。

- ・省エネルギー技術戦略との整合【参考資料：省エネルギー技術戦略2009】
- ・既存ロードマップに最新技術を反映
- ・個別技術の統廃合（235技術→178技術（新2技術））

エネルギー分野の技術戦略マップ

I. 検討の手順

技術戦略マップは、政策目標を実現するために必要な技術を要素技術を含めて抽出した技術マップ、技術開発の進展を時間軸に沿って示した技術ロードマップ、及び技術開発とそれ以外の関連施策を併せて示した導入シナリオから構成されている。

本技術戦略マップの作成にあたっては、2006年に策定した「新・国家エネルギー戦略」における政策の柱を踏まえ、①総合エネルギー効率の向上、②運輸部門の燃料多様化、③新エネルギーの開発・導入促進、④原子力の利用、そして、⑤化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーン利用、の5つの政策目標を設定した上で、これらに寄与する主なエネルギー分野の技術を抽出した。

①総合エネルギー効率の向上

②運輸部門の燃料多様化

③新エネルギーの開発・導入促進

④原子力利用の推進と
その大前提となる安全の確保

⑤化石燃料の安定供給確保と
有効かつクリーンな利用

次に、抽出した技術を時間軸展開することによりロードマップの作成を行い、技術開発及びその成果が導入されるにあたって必要となる関連施策を整理した導入シナリオの作成を行った。

II. 技術の特徴付けについて

エネルギー技術分野全体を俯瞰するため、有識者にアンケート調査を行い、5つの政策目標に対する寄与について定性的な評価を行った。

評価項目	内容
政策目標に関する指標	
①総合エネルギー効率の向上	転換部門における「エネルギー転換効率向上」、産業部門における「製造プロセス効率向上」、民生・運輸部門における「省エネルギー」など、GDPあたりの最終エネルギー消費指数を向上することに寄与する技術
②運輸部門の燃料多様化	バイオマス由来燃料、GTL (Gas to Liquid)、BTL (Biomass to Liquid)、CTL (Coal to Liquid) などの新燃料、EV (電気自動車) やFCV (燃料電池自動車) など、運輸部門の石油依存度を低減することに寄与する技術
③新エネルギーの開発・導入促進	太陽、風力、バイオマス等を起源とするエネルギーに関連する技術の開発・導入促進に寄与する技術。また、再生可能エネルギーの普及に資する新規技術、エネルギー効率の飛躍的向上に資する技術、エネルギー源の多様化に資する新規技術など「革新的なエネルギー高度利用技術」も含む。
④原子力利用の推進とその大前提となる安全の確保	2030年以降においても、発電電力量に占める原子力発電の比率を30～40%程度以上とすることに寄与する技術。負荷平準化等、原子力利用の推進に資する技術や安全確保に資する技術も含む。
⑤化石燃料の安定供給とクリーン・有効利用	化石資源の開発・有効利用技術、CCT (クリーン・コール・テクノロジー) などのクリーン利用や、資源確保に資する技術

III. エネルギー技術全体の俯瞰図について

評価結果を基に、5つの政策目標に対する寄与を示したエネルギー技術全体を俯瞰するマップを作成した。

V. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

(v-1) 目標と将来実現する社会像

化石燃料資源の大宗を輸入に依存するわが国にとって、その安定供給の確保は国家安全保障に直結する課題である。このため、石油・天然ガス等の安定供給確保を目指し、わが国企業による資源国における資源開発等に対する支援等の施策を進めることが重要である。

資源開発に関し、実績に優る欧米メジャーの優位性、中国、インド等新興エネルギー需要国の資源獲得に向けた積極的な動きの中、わが国が資源国に対する交渉上の優位性を獲得するためには、資源獲得能力の強化に資する先端的な技術開発を推進することが重要である。

(v-2) 研究開発の取組み

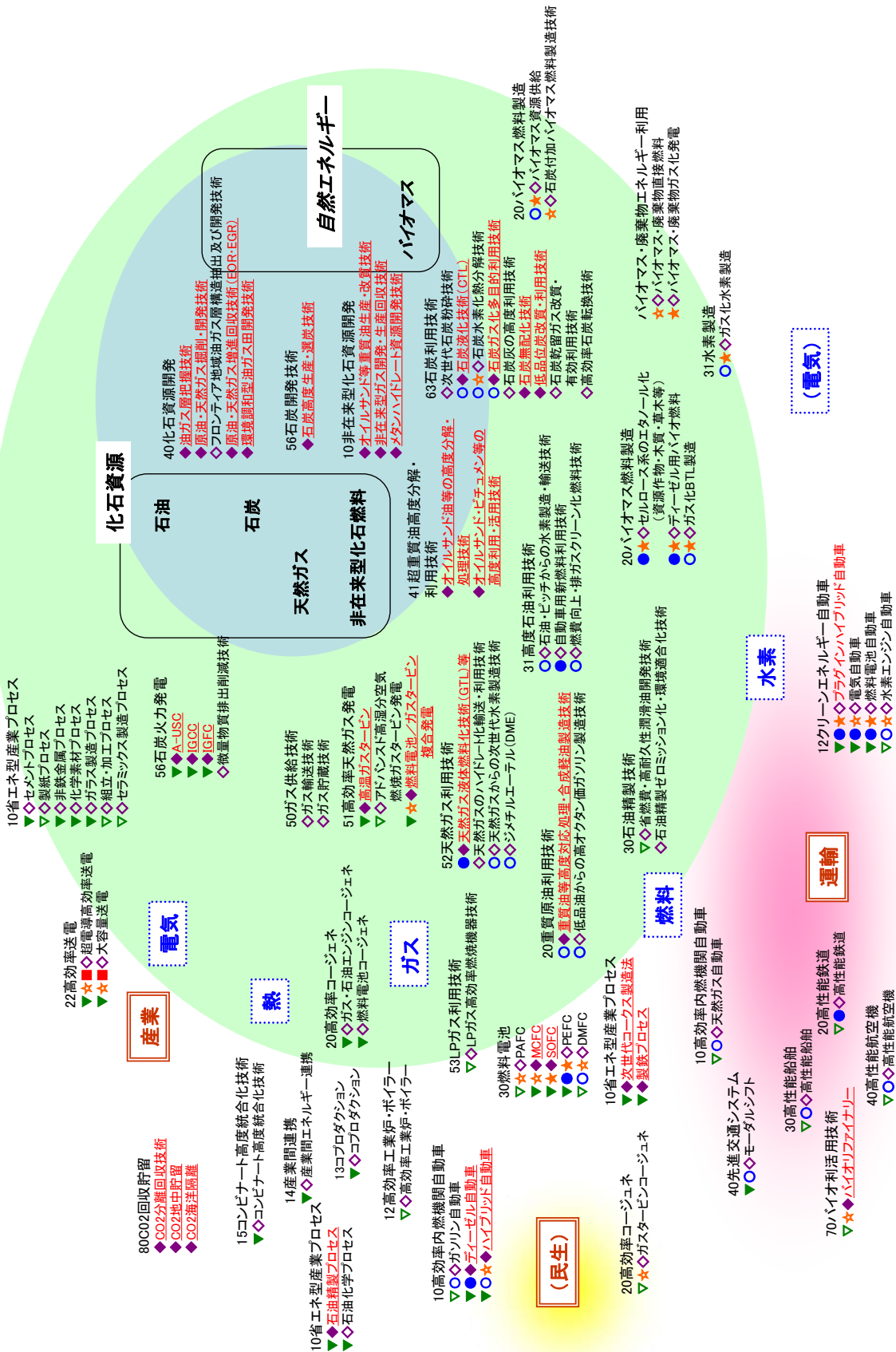
技術開発としては、石油製品等を効率的に製造するためのコンビナート高度統合技術等の石油有効利用技術、非在来型石油資源の精製技術、新たな天然ガス田の開発に資すると考えられるGTL(Gas To Liquid)製造技術等の天然ガス利用技術、EOR(Enhanced Oil Recovery:原油増進回収法)技術、メタンハイドレート生産技術等の石油・天然ガスの探鉱開発・生産技術、供給安定性に優れた石炭の高効率なガス化技術や新たな用途開拓につながる改質技術等の開発に重点的に取り組むとともに、これと併せて、資源国との関係強化に向けた取組や、新燃料等の供給インフラ整備の検討、実証事業等を推進することが必要である。

(v-3) 関連施策の取組み

- 資源国との総合的な関係強化(研究開発協力、人的交流の拡大、経済関係強化など)
- アジア諸国に対するエネルギー・環境分野における協力の積極的推進

(v-4)改訂の主たるポイント

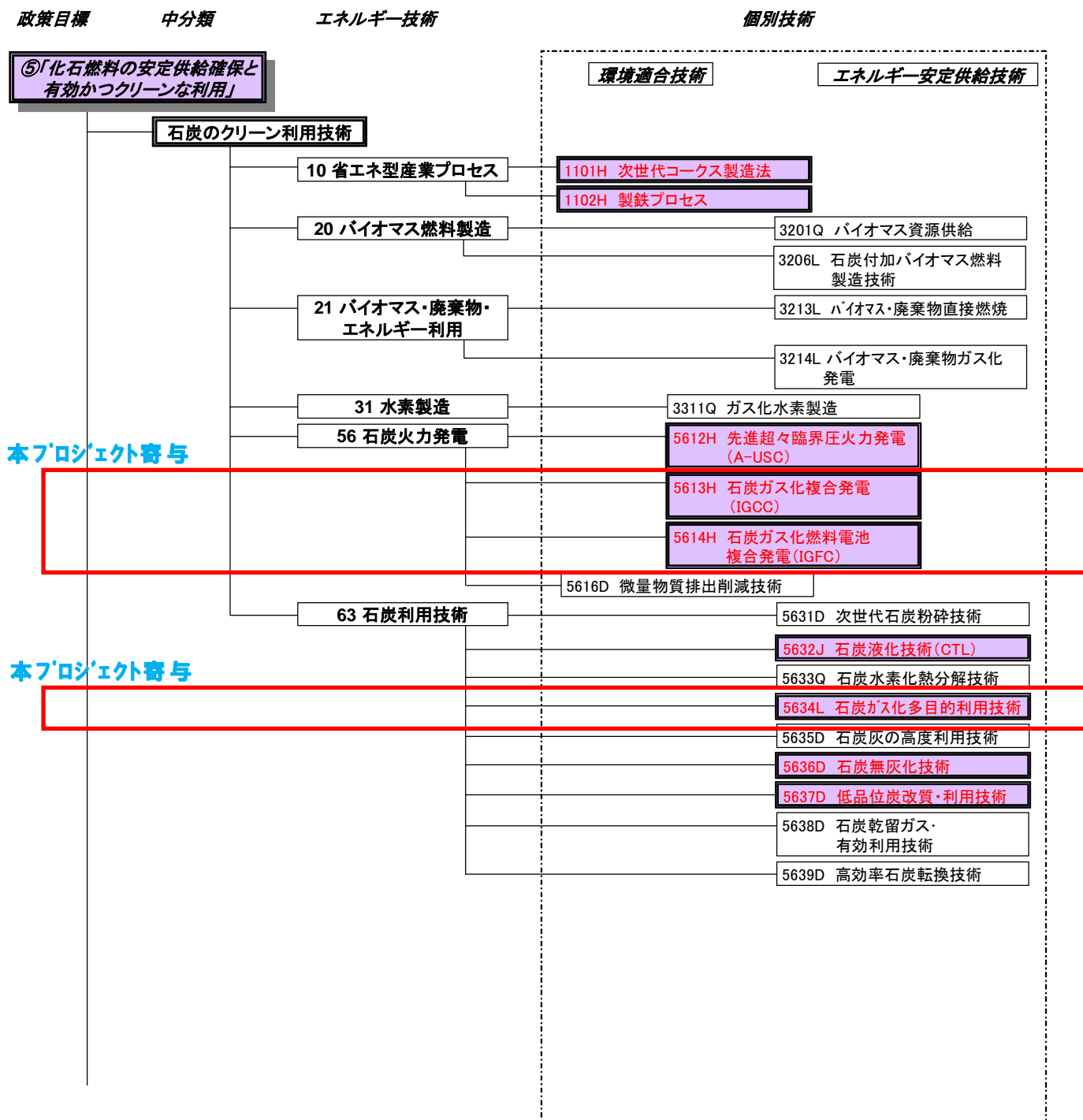
- 技術の目的、方向性が同一の技術であるものを統廃合し90の技術とした。
具体的には、
 - ・「石炭地下ガス化技術」は同じ石炭開発技術である5601D「石炭高度生産・選炭技術」に統廃合した。
 - ・「コールドベッドメタン増進回収技術(ECBM)」は同じ非在来型化石資源開発である5102D「非在来型ガス開発・生産回収技術」に統廃合した。
 - ・「高過酷度接触分解重質油等高度対応処理技術」、「重質油からの合成軽油製造技術(ATL)」は同じ重質油をクリーン燃料油に転換する技術であることから5201J「重質油等高度対応処理・合成軽油製造技術」に統合した。
 - ・「オイルサンド・ピチュレン等の超臨界水等熱分解技術」は、オイルサンド油、超重質油の高度分解・利用技術である5411D「オイルサンド油等の高度分解・処理技術」に統廃合した。
 - ・2030年以降の技術として期待されている「次世代高効率石炭ガス化発電(A-IGCC/A-IGFC)は同じ高効率石炭ガス化発電である5613H「石炭ガス化複合発電(IGCC)」、5614H「石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC)」に統廃合した。また、同様に「石炭ガス化高湿分空気燃焼ガスタービン発電(IGHAT)」も同じ高効率石炭ガス化発電であることから5613H「石炭ガス化複合発電(IGCC)」に統廃合した。
 - ・「低品位炭燃焼技術」「低品位炭改質技術」は今後、高品位炭に代わり利用が増加することが予想される低品位炭の利用技術であることから5637D「低品位炭改質・利用技術」に統合した。
 - ・「Cool Earth-エネルギー革新技術計画」で21技術の1つに挙げられ、今後温暖化対策のオプションと期待されるCCS(CO2回収・貯留技術)の中核技術である「CO2燃焼前回収」、「CO2燃焼後回収」、「酸素燃焼CO2回収」は、5801D「CO2分離回収技術」に統合した。
- 2008年策定の「バイオ燃料技術革新計画」にも記載され、植物性の材料を燃料や化学製品原料に変換する技術である5701P「バイオリファイナリー」を新たに追加した。
- 2008年策定の「Cool Earthエネルギー革新技術計画」でも要素技術として取り上げられ、中級機向けの技術として期待されている5512H「高湿分空気燃焼ガスタービン発電(AHAT)」の要素技術の充実を図った。



⑤「化石燃料の安定供給とクリーン・有効利用」に寄与する技術の技術マップ(整理図)

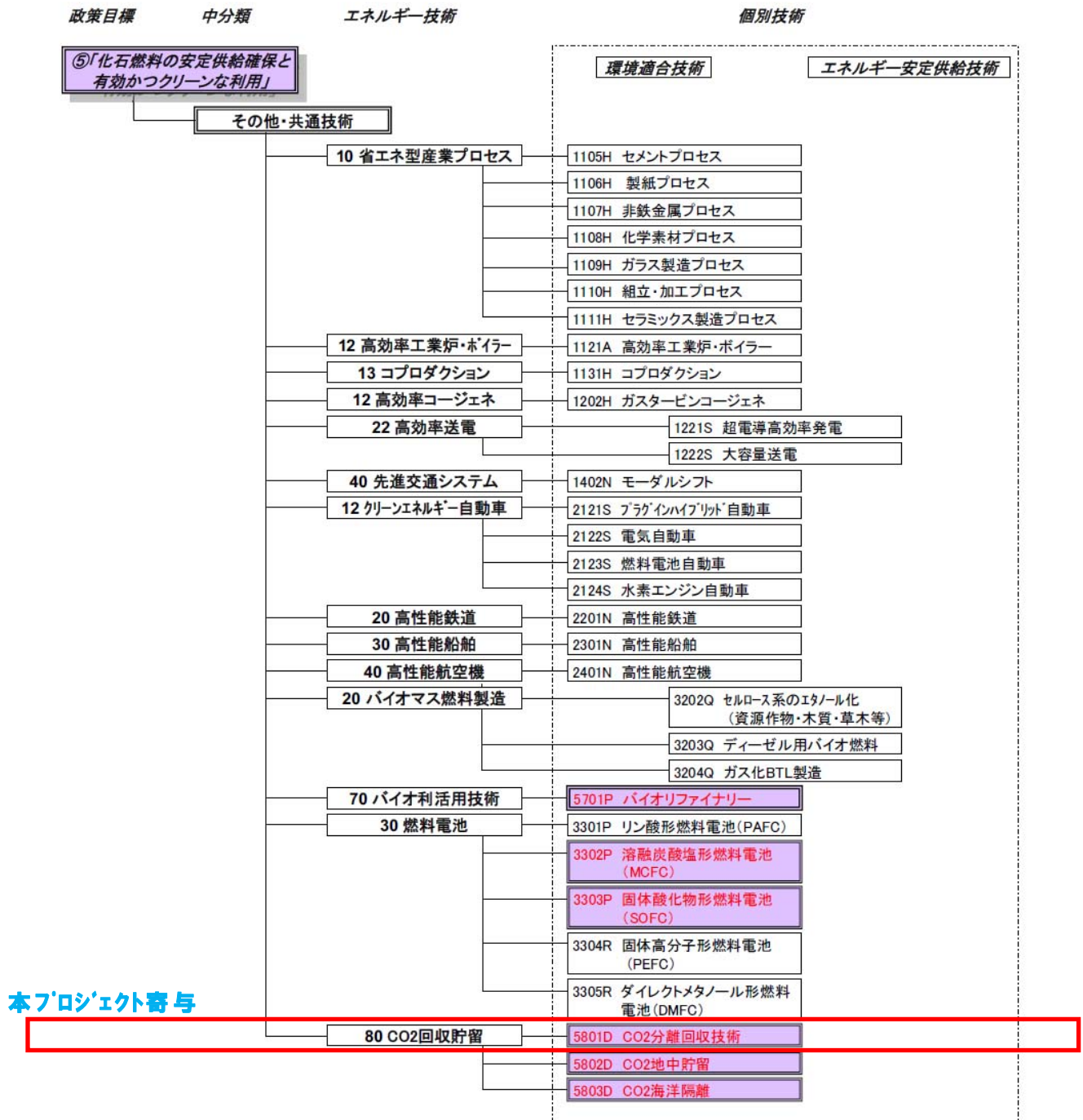
⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に寄与する技術の技術マップ(技術リスト)(3/4)

※それぞれの政策目標への寄与が大きいと思われる個別技術を **赤字** で示す。



⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に寄与する技術の技術マップ(技術リスト)(4/4)

※それぞれの政策目標への寄与が大きいと思われる個別技術を **赤字** で示す。



本プロジェクト寄与

⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に寄与する技術の技術ロードマップ(7/13)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
3213L	21 バイオマス・廃棄物 エネルギー利用 バイオマス・廃棄物 直接燃焼		大規模コージェネ	小規模ストーブ等の公共施設等での普及拡大	中小規模コージェネ	
			乾燥技術 高効率バーナ・ボイラ・ストーブ 自動運転化技術	設備コスト低減		
3214L	21 バイオマス・廃棄物 エネルギー利用 バイオマス・廃棄物 ガス化発電		実用規模実証			
			ガス化改質・高含水バイオマスのガス化効率向上 熱化学再生ガス化 低カロリー対応ガスエンジン技術 集塵・タール処理技術	燃料電池発電システム技術 セメント製造への原料・燃料利用		
3311Q	31 水素製造 ガス化水素製造		水素価格(水素製造全体) 150円/Nm ³ 80円/Nm ³ 5 t/d パイロットプラント	40円/Nm ³		
			ケミカルループ利用ガス化技術 吸収剤リサイクル技術	CO ₂ 回収技術		
			部分酸化改質 水蒸気改質 オートサーマル改質	石炭ガス化 バイオマスガス化 ガススクリーンアップ	水素分離膜技術	
5612H	61 石炭火力発電 先進超々臨界圧火力 発電(A-USC)		送電端効率 42%HHV(600℃級)	46%HHV(700℃級)	48%HHV(750℃級)	
				ボイラー・タービン新合金開発 高温弁開発 高温耐熱銅溶接技術		
5613H	61 石炭火力発電 石炭ガス化複合発電 (IGCC)		送電端効率 41%HHV(250 MW実証機) 46%HHV(1500℃級GT・湿式ガス精製) 48%HHV(1500℃級GT・乾式ガス精製)	57%HHV(A-IGCC) 50%HHV(1700℃級GT・乾式ガス精製)		
			空気吹き石炭ガス化技術 多炭種対応技術 高効率酸素製造技術	低温高効率石炭ガス化技術 IGHAT 高温ガスタービン技術(1700℃級)	乾式ガススクリーニング技術	
5614H	61 石炭火力発電 石炭ガス化燃料電池 複合発電(IGFC)		プラント規模/送電端効率 実証機(1000 t/d級)	商用機(600 MW級/送電端効率55%HHV)	65%HHV(A-IGFC)	
			多炭種対応技術	酸素吹き石炭ガス化技術 乾式ガススクリーニング技術 精密ガススクリーニング技術 高温ガスタービン技術 高効率酸素製造技術	大容量高温形燃料電池	
5616D	61 石炭火力発電 微量物質排出削減技術					
			微量物質挙動把握 微量物質計測技術	微量物質捕集技術		

本プロジェクト寄与

⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」
に寄与する技術の技術ロードマップ(8/13)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
5631D	63.石炭利用技術 次世代石炭粉砕技術					バイオマスとの共粉砕技術 粉砕動力低減技術開発 超微粉砕技術開発 難粉砕性、高水分対応粉砕技術
5632J	63.石炭利用技術 石炭液化技術(CTL)	設備規模(国内) 設備規模(中国) 1 t/d試験装置(PSU)(インドネシア)	3,000 t/d 3,000 t/d	6,000 t/d 6,000 t/d		アジア地域への普及のための研修 アップグレード技術 ガス化技術 FT合成技術 褐炭液化技術の適用検証 技術者・運転員研修 高圧装置設計建設
5633O	63.石炭利用技術 石炭水素化熱分解技術					実証試験 パイロット試験 多炭種対応技術 高稼働・信頼性確立 コプロダクション技術
5634L	63.石炭利用技術 石炭ガス化多目的 利用技術					多炭種対応技術 バイオマス等とのハイブリッドガス化技術 ガスクリーニング技術 代替天然ガス製造 石炭ガス化コプロダクション
5635D	63.石炭利用技術 石炭灰の高度利用技術					セメント製造技術 繊維化技術
5636D	63.石炭利用技術 石炭無灰化技術					ベンチ試験 パイロット試験 製造技術検討 製造技術確立 コークス利用技術 粘結材適用試験 GT利用技術 GT適用試験(加圧) GT適用試験(常圧)
5637D	63.石炭利用技術 低品位炭改質・ 利用技術					実証試験 パイロット試験 LBO改質コスト \$7/t以下 低燃料比炭燃焼技術(共粉砕、混焼、スラッジング対策) 高燃料比炭燃焼技術(バーナー開発、超微粉砕技術) 褐炭等脱水技術 油中褐炭改質技術(LBO) 全体システム・経済性確認 褐炭流体化技術 石炭水スラリー化技術

本プロジェクト寄与

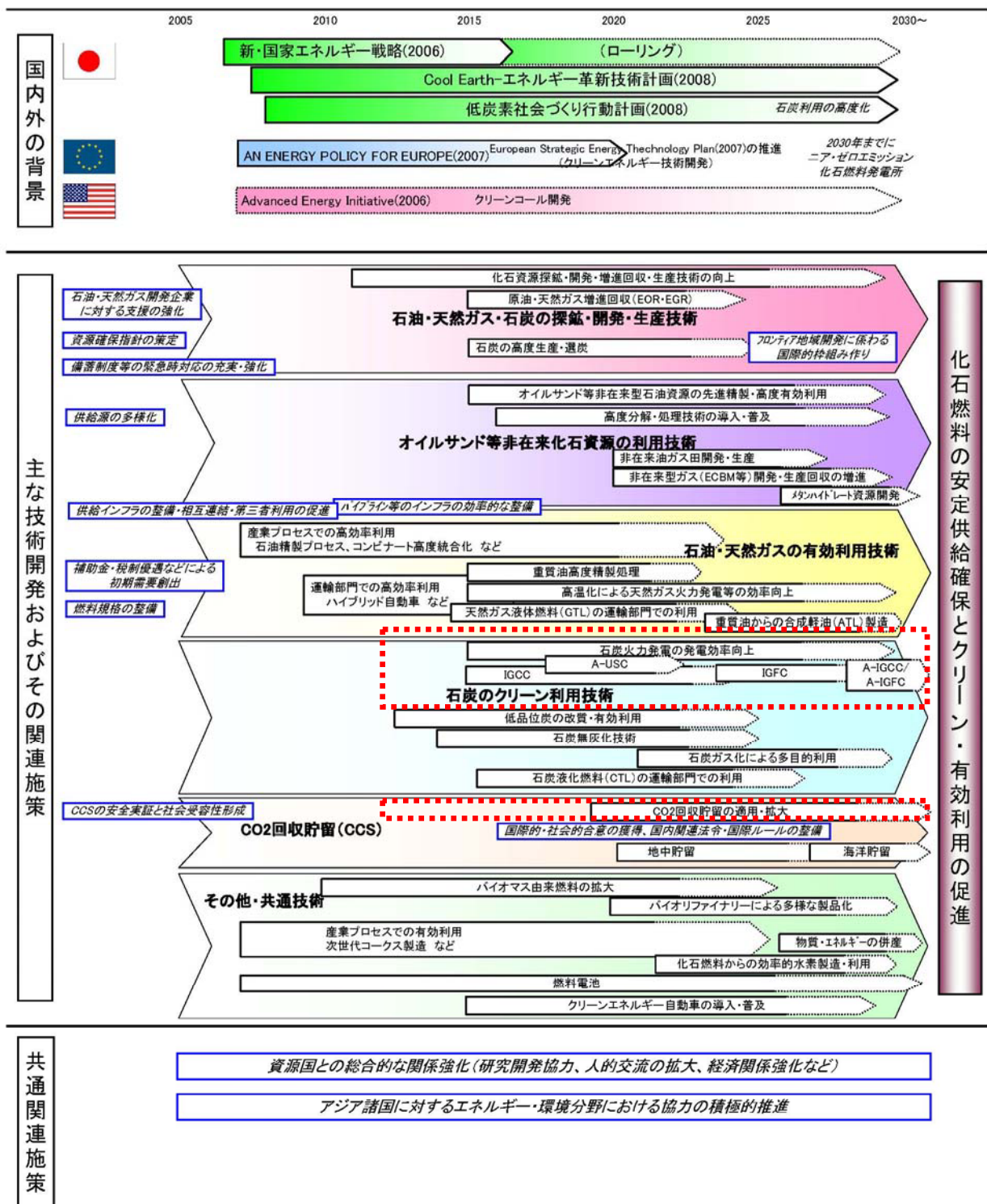
⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に寄与する技術の技術ロードマップ(13/13)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
3303P	30.燃料電池 固体酸化物形 燃料電池(SOFC)	発電効率(ηHV)、耐久性 家庭用(1kW級～数kW級) 業務用(数～数百kW級) 産業用(数百kW級～数MW級) 発電所用(数MW級～)	40%、4万時間 約50%、1～2万時間	40%、4万時間 >50%、4万時間	>40%、9万時間 >45%、9万時間 >55%、9万時間 >60%、9万時間	大容量コバルトシステム 大容量CO2分離・回収
3304R	30.燃料電池 固体高分子形 燃料電池(PEFC)	発電効率(ηHV) 耐久性	約32% 約4万時間	約34% 約4～9万時間	>36% 9万時間	大容量CO2分離・回収
3305R	30.燃料電池 ダイレクトメタノール形 燃料電池(DMFC)	FC・携帯用 (出力密度(W/kg)、 耐久性(時間)) 小型移動体用 (出力密度(W/kg)、 耐久性(時間))	>15 >1,500時間 >5千時間 >20(低速)、>52(中速・高速) >1,200時間	>20 >1,500時間 >5千時間 >30(低速)、>54(中速・高速) >1,500時間	>40 >1万時間 >2,500時間	大容量CO2分離・回収
5801D	80.CO2回収貯留 CO2分離回収技術	分離回収コスト 4,200円/ト-CO ₂	IGCCでの実証試験 2,000円/ト-CO ₂ (さらに分離後の費用化で1,500円/トに)		1,000円/ト-CO ₂	
5802D	80.CO2回収貯留 CO2地中貯留	実証試験	大規模実証試験			
5803D	80.CO2回収貯留 CO2海洋隔離	実証試験	大規模実証試験			

本プロジェクト寄与

⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に向けた導入シナリオ

石油・天然ガス等の化石燃料の安定供給確保を目指し、資源獲得能力の強化に資する先端的な技術開発の推進するとともに、環境負荷低減のために化石燃料の効率的かつクリーンな利用を促進するための技術開発・導入を目指す。



プロジェクト用語集

名 称	略 号	意 味
石炭ガス化複合発電 Integrated coal Gasification Combined Cycle	IGCC	石炭をガス化し得られた石炭ガス化ガスを燃料とし、ガスタービンと蒸気タービンによる複合サイクル火力発電。
石炭ガス化燃料電池複合発電 Integrated coal Gasification Fuel Cell combined cycle	IGFC	IGCC 同様石炭をガス化し得られた石炭ガス化ガスを燃料とし、ガスタービン、蒸気タービンに、さらに燃料電池発電を組み合わせた複合サイクル火力発電。
多目的石炭ガス製造技術開発 coal Energy Application for Gas, Liquid & Electricity	EAGLE	化学原料用、水素製造用、合成液体燃料用、電力用等幅広い用途への適用が可能な石炭ガス化技術及びガス精製技術の確立等を目的とする技術開発。
石炭利用水素製造技術 Hydrogen-from-coal process	HYCOL	石炭をガス化して水素を製造する技術。 高温・高圧下で微粉炭に酸素を反応させ、水素と一酸化炭素に富む中カロリーガスを得る噴流床ガス化を行わせ、シフト反応により一酸化炭素を二酸化炭素に転換し、二酸化炭素や酸性ガス等を分離除去して高純度の水素を得ることが出来る。
スラグ slag		熔融状態の石炭灰をいう。
スラッキング slagging		一般に、火炉内で熔融した石炭灰（スラグ）が火炉内の輻射伝熱面に付着し、冷却されて固化堆積する現象のこと。

<p>クエンチガス quench gas</p>		<p>ガス化炉絞り部のスラッシングを防止するために、石炭ガス化ガスの一部をガス化炉絞り部にリサイクルし、ガス化炉熱回収部水冷壁に沿って膜状に入れるガスをクエンチガスという。</p>
<p>チャー char</p>		<p>石炭粒子のガス化中間生成物。</p>
<p>シフト反応 water gas shift reaction</p>		<p>一酸化炭素と水蒸気から水素と二酸化炭素を生成する反応。 $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2 + \text{CO}_2$</p>
<p>カーボン転換率 carbon conversion rate</p>		<p>石炭中の C (カーボン) が CO, CO₂, CH₄ 等の気体の炭素化合物に転換した割合[%]。 石炭ガス化における石炭有効利用率を表す。</p>
<p>冷ガス効率</p>		<p>石炭が持つ発熱量が生成ガス発熱量に転換した割合[%]。 石炭ガス化におけるエネルギー転換効率を表す。</p>
<p>理論ガス化酸素量</p>		<p>石炭中のCが全てCOガスに転換するのに必要な酸素量をいい、理想的な石炭ガス化が行われる必要最小限の酸素量。 但し、本定義は一般的に定義されているものではなく、EAGLE 限定で使用している用語。</p>
<p>灰溶流点温度</p>		<p>石炭灰の熔融状態を示す温度で、「融点」よりも更に熔融した状態の温度を指す。</p>

I. 事業の位置付け・必要性について

1. NEDOの関与の必要性・制度への適合性

1.1 NEDOが関与することの意義

石炭は今後需要が増大することが予想されるものの、世界中に広く賦存し、埋蔵量が豊富であることから、将来に渡って安定供給が見込め、また、経済的にも優れていることから、重要なエネルギー資源として位置付けられている。

「低炭素社会づくり行動計画(2008年7月)」においては、温室効果ガスの削減目標を実現する上での革新的な技術開発の重要性が掲げられおり、その中で石炭利用の高度化が大きく取り上げられ、石炭のクリーン燃焼技術に関して、ガス化複合発電の発電効率の向上とCCS技術と併せたゼロ・エミッション石炭火力の実現を目指すこととしている。この「低炭素社会づくり行動計画」では、革新的技術開発のロードマップの着実な実行が提言されており、石炭利用の高度化については、以下のようなロードマップが明確に示されている。

○クリーン燃焼技術

- ーIGCC(石炭ガス化複合発電)発電効率:2015年頃48%、長期的に57%達成を目指す等必要な技術開発、実証試験等を進める。
- ーIGFC(石炭ガス化燃料電池複合発電)発電効率:2025年頃に55%、長期的に65%達成を目指す等必要な技術開発、実証試験等を進める。

○CCS

- ー分離・回収コストを2015年頃にトン当たり2,000円台、2020年代に1,000円台に低減することを目指して技術開発を進める。
- ー2009年度以降早期に大規模実証に着手、2020年までの実用化を目指す。
- ー環境影響評価及びモニタリングの高度化、法令等の整備、社会受容性の確保などの課題解決を図る。

○これらの技術を併せ、最終的には二酸化炭素の排出をほぼゼロにするために、石炭火力発電等からの二酸化炭素を分離し、回収し、輸送、貯留する一貫したシステムの本格実証実験を実施し、ゼロ・エミッション石炭火力発電の実現を目指す。

このような2050年に向けた削減目標に対して、政府において「Cool Earthーエネルギー革新技術計画(2008年3月)」が設定され、21の技術での目標達成を目指されているところであり、その中で、本技術開発の目的でもある「高効率石炭火力発電」と「二酸化炭素回収・貯留(CCS)」がクリーン石炭利用の具体的な技術開発目標として掲げられている状況である。(次頁 図 1-1)

本プロジェクト「多目的石炭ガス製造技術開発(EAGLE)」は、高効率でクリーンな合成ガス(CO+H₂)を製造することができる最も先進的な酸素吹1室2段旋回流石炭ガス化技術を開発するものであり、電力用途に適用した場合は、ガスタービン、蒸気タービンおよび燃料電池を組み合わせた「石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC)」により、既設石炭火力発電と比較し約30%のCO₂発生量低減が期待される送電端熱効率55%以上の高効率発電が可能となる技術である。平成19年度からはゼロエミッション化に向けた取り組みとしてSTEP2を開始し石炭ガスからCO₂分離回収技術等の研究開発を実施しており、上述のロードマップに合致するプロジェクトである。

エネルギー源毎に、供給側から需要側に至る流れを俯瞰しつつ、効率の向上と低炭素化の両面から、CO2大幅削減を可能とする「21」技術を選定。



*EMS: Energy Management System, HEMS: House Energy Management System, BEMS: Building Energy Management System
出典: 経済産業省「Cool Earth エネルギー核心計画 (H20.3.5)」

図1-1 重点的に取り組むべきエネルギー革新技術

本技術開発は、上述したとおり、高効率でクリーンな合成ガス(CO+H₂)を製造する酸素吹石炭ガス化技術の開発であり、IGCC、IGFC への適用による高効率発電のみならず、窒素分が少なく、CO、H₂分が比較的高いという特徴を活かし、水素や合成燃料(GTL、DME等)を効率よく製造することが可能な技術であり(図1-2参照)、様々な用途に適用できる技術である。

酸素吹ガス化技術の開発は、実用化までに多くの開発時間と開発費用がかかること、および安価で安定供給可能な石炭の環境調和を図りつつ利用範囲を大きく拡大できる技術であり、エネルギーセキュリティの確保というエネルギー政策の観点からも、NEDO の関与が必要とされる事業である。また、本事業は、高度石炭利用技術開発における先導的な役割を果たすものであり、これまでに蓄積した、石炭火力関連の技術を結集し、IGFC の早期実用化を目指すことを官民あげて推進することは大きな意味をもち、NEDO として関与すべき技術開発である。

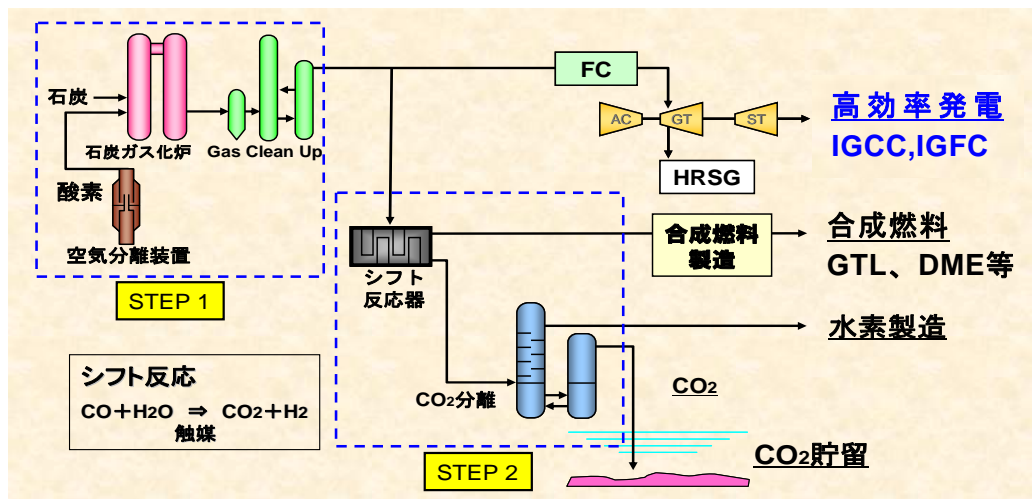


図1-2 酸素吹石炭ガス化技術の多様性(適用可能性)

1.2 実施の効果(費用対効果)

「多目的石炭ガス製造技術開発(EAGLE)」は、高効率でクリーンな合成ガス(CO+H₂)を製造することができる酸素吹石炭ガス化技術の開発であり、高効率な発電システムである IGFC(石炭ガス化燃料電池複合発電)への適用はもとより、化学原料他様々な用途への適用可能性があり、本研究開発の実施効果は大きいものである。

電力用途で考えた場合、現在の石炭火力発電は蒸気タービン発電の微粉炭火力が主体であり、最新鋭微粉炭火力(超々臨界圧:USC)でも送電端熱効率(HHV)が42%程度である。さらなる効率向上を図るには、図1-3の高効率発電技術の体系に示すように、蒸気タービンとガスタービン、燃料電池を組み合わせた複合発電が考えられる。開発中の酸素吹ガス化技術は、IGFCを最終目的としているが、IGCC(石炭ガス化複合発電)へも適用可能であり、IGCCの場合には送電端熱効率約48%、IGFCにおいては約55%が期待され、その効果は有限な化石燃料である石炭資源の枯渇延命化、CO₂排出量の削減等大きなものである。

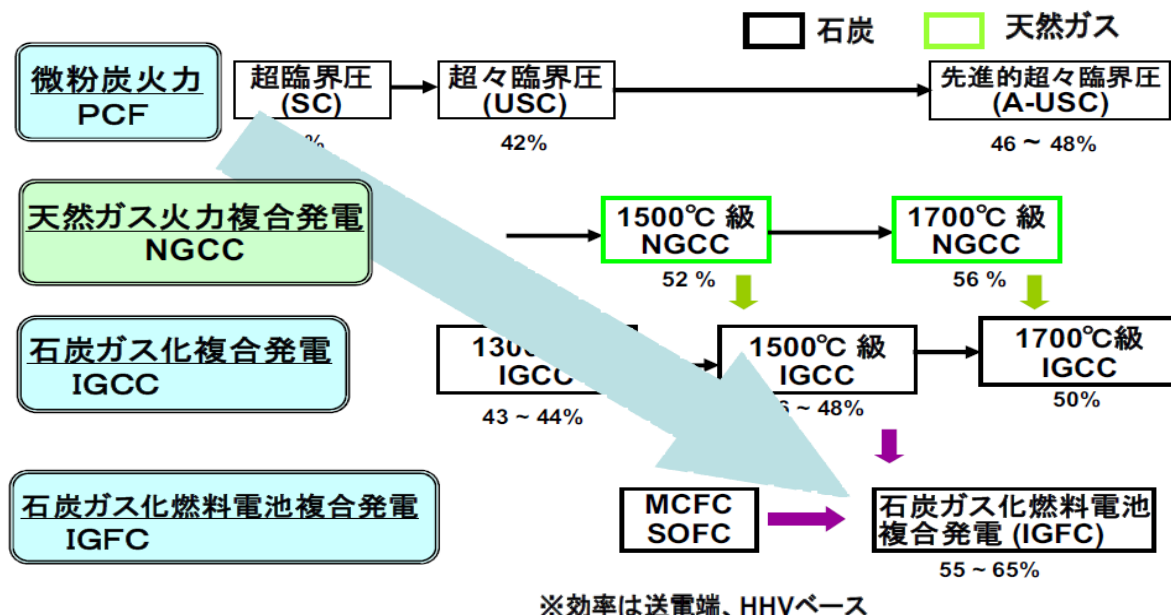


図1-3 高効率発電技術の体系

(出典: 鉱業分科会クリーンコール部会資料)

地球温暖化対策として Cool Earth 50(2050年までにCO₂排出量を半減)を実現するためには、上述の高効率化のみならず下記に示すCO₂分離回収貯留技術(CCS)(図1-4参照)が必要と考えられており、本研究開発はこの内、下図の石炭ガス化+分離・回収にあたるもので、CCSシステムの実現に大きく貢献するものである。

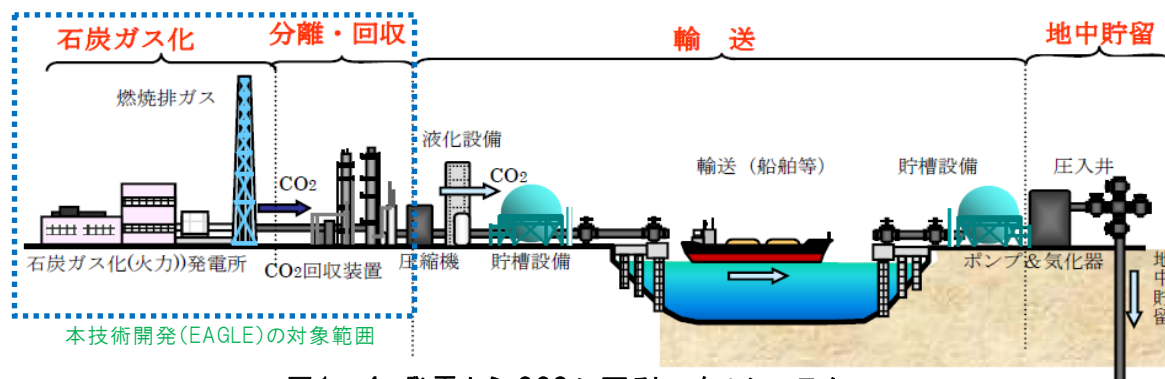


図1-4 発電からCCSに至るータルシステム

また石炭火力発電への展開を考えた場合、世界全体での石炭火力の発電電力量の割合は40%を上回っており、日本においても約28%に達しており、今後とも石炭の経済性、供給安定性等から重要な位置を占めるものである。

本技術の国内外への展開が期待されるところであり、国内においての火力発電所への展開としては、既設石炭火力の運転経過年数から将来における石炭ガス化プロセスへのリプレース適用が特に考えられる。既設火力のリプレースという観点から整理すると、2020年までに運転開始から35年(※)以上を迎える石炭火力発電所の発電出力としては、火力発電所全体の約5%(約5.7GW)、石油火力発電所を含めると約33%(約42GW)になる。さらに、2030年時点では火力発電所全体の約11%(約14GW)、石油火力発電所を含めて42%(約53GW)にのぼる。(図1-5、図1-6参照)

(※ここでは国税通達、減価償却資産の設備耐用年数の2倍以上経過の35年を区切りとおいた)

本技術開発の適用市場としては、2030年までには既設石炭・石油火力の約53GW分が運転開始後35年以上経過することとなり、市場として大きな規模が見込まれる。

ガス化炉適用のIGCC、IGFCは、既設石炭・石油火力(蒸気タービン利用)と比べ、高効率を期待されるものであり、リプレース適用により「石炭資源の枯渇延命化」、「CO₂排出量削減」への多大な貢献が期待されるものである。

現在国内のCO₂排出量は約13億t/y程度(火力発電所CO₂排出量は約3.7億t/y)であることを考慮すると、全ての石炭火力や重油火力が、IGCC、IGFCへのリプレースとなるわけではないが、対象となる発電所、そのCO₂排出量は相当なものであり、また、STEP-2においてはCCS適用技術であるCO₂分離回収技術を確認することができ、今後の展開を期待するところである。

(*環境省データ <http://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/index.html>; 13.55億t/y'04)

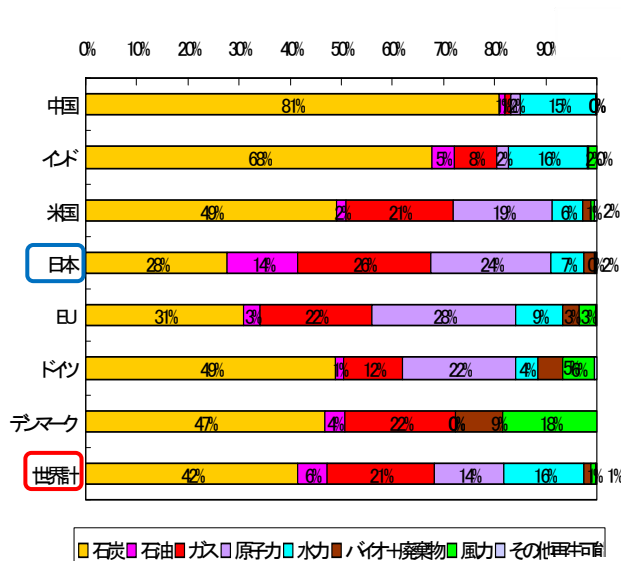


図1-5 主要国の発電電力量構成

出典:ドイツ、デンマークは「IEA Electricity Information 2008」、他は「IEA World Energy Outlook 2009」

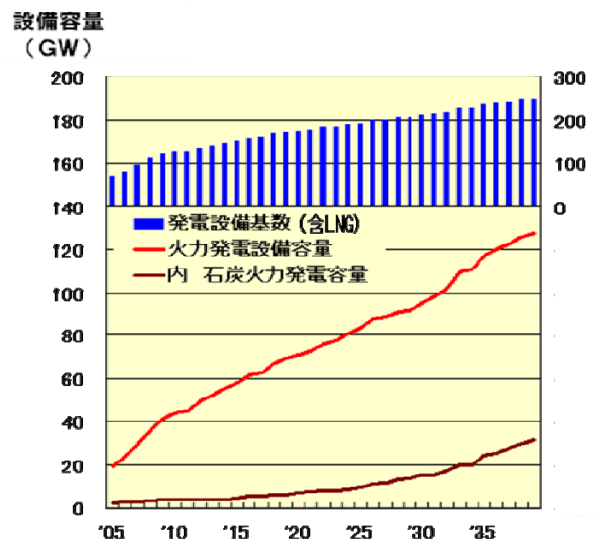


図1-6 運転後35年経過
国内火力発電所の推移

2. 事業の背景・目的・位置付け

2.1 事業の背景

我が国は、エネルギー資源に乏しく、エネルギー資源のほぼ100%を海外に依存し、国内で利用する化石燃料のほぼ全量を海外に依存している。その中で、石炭は、経済性、供給安定性に優れた燃料資源であり、石炭のクリーン化による利用拡大と、高効率化による利用効率向上が求められてきた。

そのような中、本多目的石炭ガス製造技術開発 (EAGLE) は、環境負荷低減、特に地球温暖化ガス発生量の低減を図ることを目的に、高効率でクリーンな合成ガス(CO+H₂)を製造することができる最も先進的な酸素吹1室2段旋回流石炭ガス化技術を開発するものとして、社会情勢に沿って推進しているものである。

また、石炭ガス化技術は、内閣府総合科学技術会議(平成 18 年 3 月 22 日)において国の戦略重点科学技術として位置付けられ、「石炭から効率的かつ経済的に合成ガスを製造する石炭ガス化技術について研究開発を行う」とされている。

近年においては地球環境問題、CO₂ 対策に対する要請が極めて高まっており、石炭は他の化石燃料に比べ、単位エネルギー当たりの CO₂ 発生量が多いということから、その対策が求められており、大規模発生源の火力発電においては、その高効率化と石炭火力発電所から発生する CO₂ 回収・貯留技術(CCS)の推進が期待されている。

そのような社会情勢の変化に対応して、STEP2 として平成 19 年度から新たに下記のとおり「高灰融点炭までの適用炭種の拡大」と「CO₂分離・回収技術」等に取組んだ。

○ CO₂分離・回収技術

地球温暖化対策における CO₂ 負荷の低減は国際的にも避けられない課題であり、低コストで分離・回収し、地中帯水層・炭層や海洋へ貯留・隔離する技術は、CO₂ の大気中への排出量を削減するための有力なオプションと考えられ、特に酸素吹石炭ガス化ガスからの分離・回収は、微粉炭火力等からの分離・回収よりも低コストと考えられ、CO₂ 分離回収・貯留によるニアゼロエミッションの実現に向けたブレークスルーとなるものである。

そのようなことから、CO₂ 分離回収・隔離コストの大半(約 70%といわれる)を占める分離・回収技術を確立し、実用化の見通しを得ることが重要として開発を実施した。

○ 適用炭種の拡大

電力用途としての導入を考慮した場合、高効率という観点から石炭ガス化プロセスの適用による老朽火力プラントのリプレース等が考えられるが、そのためには石炭ガス化プロセスにも既に調達経路の確立している微粉炭火力用石炭性状(瀝青炭:高灰融点炭)までの適用炭種拡大が必要であり、その開発を実施した。

これらの取組みにより、国内のエネルギー安定供給や環境影響負荷低減に貢献でき、炭種制約を減らすこと等により、クリーン・コール・テクノロジーとしての石炭ガス化技術の展開の可能性を拡大するものであると共に、国内外の時代の要請に応える技術開発といえる。

2.2 事業の目的

我が国では、従来から石炭のクリーン利用システムの構築に向けての研究開発が、資源の有効利用、地球環境問題の観点から社会的要求に応えるべく進められてきており、特に電気事業においては、石炭利用高効率発電技術の開発により、単位発電電力量(kWh)当たりのCO₂やSO_x等の発生低減に貢献している。

石炭火力発電技術は、現在も微粉炭火力が中心であり、超臨界圧火力(24.1MPa、538℃)の送電端熱効率(HHV)は約38%、また最新鋭微粉炭火力(超々臨界圧:USC)でも送電端熱効率(HHV)が42%程度であり、現在国内外では次世代型超々臨界圧火力[A-USC]の開発が進められている。

また、複合発電による高効率化も進められており、石炭ガス化とガスタービン・蒸気タービンを組み合わせた石炭ガス化複合発電システム(IGCC)がある。IGCCは、昭和61年から平成8年まで福島県勿来で200t/dのパイロット運転研究が行われ、空気吹石炭ガス化炉と乾式ガス精製を組み合わせたシステムの開発が完了した。想定送電端熱効率は、1,300℃級GTで43~44%であり、次世代の発電技術として期待され、現在、(株)クリーンコールパワー研究所(CCP)が主体となり、平成13年度から平成22年度までの計画で250MW級噴流床石炭ガス化発電プラント(IGCC)の実証が進められている。

一方、IGCCに燃料電池を組み合わせてさらなる効率向上を図った発電システムが石炭ガス化燃料電池複合発電システム(IGFC)で、55%以上(但し、燃料電池に固体酸化物形燃料電池を用いた場合)の送電端熱効率が期待されている。(図2-1参照)

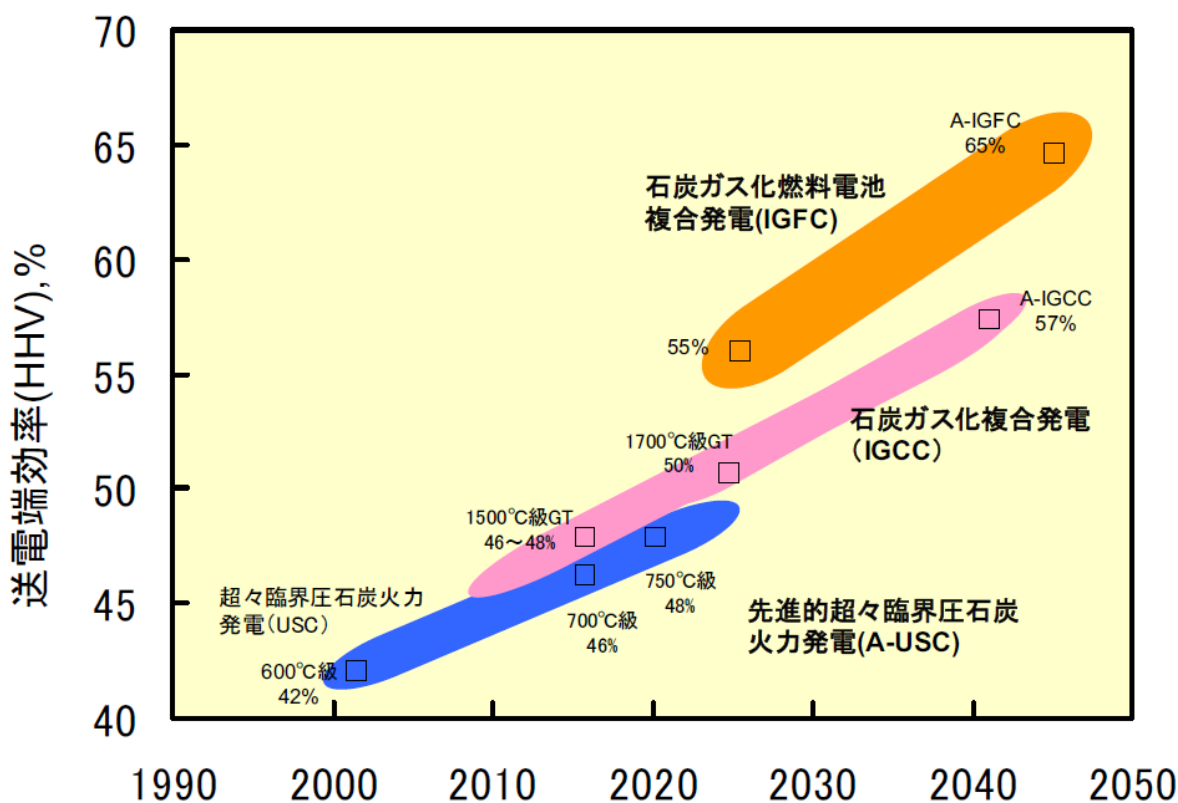


図2-1 石炭火力の発電効率向上

(出典: 鉱業分科会クリーンコール部会資料)

IGFC の主な特徴としては、以下のとおりである。

○高い発電効率(送電端熱効率)

- ・IGFC GT1,300℃級 55%以上(固体酸化物形燃料電池を用いた場合)

○優れた環境特性

- ・CO₂排出量は微粉炭火力発電に比べ約 30%削減できる。
- ・灰の性状は安定性の高いガラス状で、微粉炭火力に比べ灰の排出量は約 30%、体積で約 60%削減され、処理が容易となる。
- ・SO_x の発生量は微粉炭火力に比べ 30%以上削減可能である。
- ・さらに、CO₂分離回収・貯留技術(CCS)と組み合わせることで、究極的にはゼロエミッション実現のポテンシャルも有する。

2.3 事業の位置付け

本事業は、「クリーン・高効率で世界をリードする石炭ガス化技術」の一つとして位置付けられ、開発においては、IGFC の実用化並びに酸素吹石炭ガス化プロセスからのCO₂分離・回収技術の確立に向けて、基礎データの収集・分析、技術の実証のため、パイロット試験設備による研究開発を推進しているものであり、環境調和を図りつつ石炭の利用範囲の拡大を図る可能性のある技術といえるものである。

欧米では、5 つの IGCC 実証機プロジェクトが、1990 年代よりその開発を始めたものの、その内の一つのプロジェクトは 2002 年に所期の成果を得られぬまま終了した。それ以外のプロジェクトについても、実証機若しくは商用機として運転されていたが、設備の信頼性向上に継続して取り組んでいるところである。(図2-2 参照)

EAGLE	GE	E-Gas	Shell	PRENFLO	CCP
日本・北九州	米国・フロリダ	米国・インディアナ	オランダ・ブゲナム	スペイン・プエルトケロ	日本・勿来
NEDO, JP	TECO	Conocophilips	Nuon	Elcogas	CCP
日立グループ 酸素吹 石炭乾式供給	GE Energy 酸素吹 石炭スラリー供給	Conocophilips 酸素吹 石炭スラリー供給	Shell 酸素吹 石炭乾式供給	Shell/Krupp Uhde 酸素吹 石炭乾式供給	三菱グループ 空気吹 石炭乾式供給
150t/d 20MW(gross)相当 2003年運開 1,015時間連続	2,200t/d 313MW(gross) 1996年運開	2,500t/d 297MW(gross) 1995年運開	2,000t/d 283MW(gross) 1994年運開	2,600t/d 318MW(gross) 1997年運開	1,600t/d 250MW(gross) 2007年運開

図2-2 国内外ガス化プロセスの特徴

本プロジェクトで開発の酸素吹1室2段旋回流ガス化炉は、高効率で合成ガスを製造できる最も先進的な日本独自のガス化炉であり、我が国の高効率・信頼性への要求、環境への対応、また今後の改良、技術展開等を考慮すると、国産の本技術開発が必要である。

また、CCS に関しては 現在「革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト」として、発電からCCSまでのトータルシステムフィジビリティ・スタディー(FS)をNEDOにて実施中であり、今後、IGCC とCCSを組み合わせたトータル・システムとしての技術的なシステム検証や運用面での効率性の実証が必要とされている。

海外においては、下記に示すように、既の実証が行われている状況であり、さらには、米国において再構築 FutureGen プロジェクト、豪州では Zero Gen プロジェクト、中国では Green Gen プロジェクト等実証プロジェクトが進捗中であり、日本でも Cool Gen 計画として推進されることとなっている。

表2-1 海外における CCS 実証例

	ノルウェー Sleipner	カナダ Weyburn	アルジェリア In Salah	オーストラリア Gorgon
実施主体	Statoil	カナダ石油 技術センター (PTRC)	BP	Chevron Exxon Mobile Shell
場 所	ガス田上の帯水層 海域	油層 (EOR) 陸域	ガス田 陸域	帯水層 陸域/海域
開始時期	1996年10月	2000年9月	2004年7月	2008年予定
注入レート (国内総排出量比)	100万トン/年 (2.9%)	100万トン/年 (0.2%)	120万トン/年 (1.7%)	500万トン/年 (1.5%)
総 量	2000万トン	2000万トン	1700万トン	—
CO ₂ 源	天然ガス随伴	石炭ガス化炉	天然ガス随伴	天然ガス随伴

このように、本事業はエネルギーセキュリティーの確保、環境負荷低減に向けた石炭利用技術の開発、さらに温暖化ガス削減に向けた世界的な取組みに相応した事業であり、重点的かつ積極的に推進すべき技術開発である。

II. 研究開発マネジメントについて

1. 事業の目標

本事業は、石炭処理量 150t/d 規模のパイロット試験設備を建設後、平成 14 年度より試験運転を開始し、国産の酸素吹噴流床石炭ガス化技術の開発および燃料電池へ適用可能なガス精製技術の確立を目的に、石炭ガス化特性、ガス精製性能等の評価を着実に実施してきた。

事業計画としては、当初平成 18 年度までの計画であったが、社会情勢の変化により、平成 19 年度から 3 ヶ年の試験延長を決定し、新しい目標を追加設定した。従って、平成 18 年度までを STEP-1、平成 19 年度～平成 21 年度を STEP-2 として区分して実施した。

1.1 目標指標

< STEP-1 (平成 10 年度～平成 18 年度)>

- | | | |
|--------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| ① 石炭ガス化性能 | ・ガス発熱量 | 10,000kJ/m ³ N 以上 |
| | ・カーボン転換率 | 98%以上 |
| | ・冷ガス効率 | 78%以上 |
| | ・ガス化圧力 | 2.5MPa |
| ② ガス精製性能 (精密脱硫器出口) | ・硫黄化合物 | 1ppm 以下 |
| | ・ハロゲン化合物 | 1ppm 以下 |
| | ・アンモニア | 1ppm 以下 |
| | ・ばいじん | 1mg/m ³ N 以下 |
| ③ 連続運転性能 | 1,000 時間以上 | |
| ④ 多炭種対応 | 性状の異なる 5 種類以上の石炭についてガス化データを取得する。 | |
| ⑤ 大型化対応 | 10 倍程度のスケールアップを目指した大型化対応のためのデータ取得 | |

< STEP-2 (平成 19 年度～平成 21 年度)>

①高灰融点炭種対応

炭種拡大を図るため、高灰融点炭に適用できる酸素吹石炭ガス化技術の確立を目標に、3 炭種以上の性状の異なる高灰融点炭についてガス化試験を実施し、ガス化性能並びに運用特性データを取得した。

②CO₂分離・回収

環境影響を考慮し、回収 CO₂ 純度として 99%以上とした。

1.2 目標設定根拠

多目的石炭ガス製造技術開発 (EAGLE) は、石炭ガス化を中心にガスタービン、蒸気タービン、燃料電池のトリプルコンバインドサイクルである石炭ガス化燃料電池複合発電 (IGFC) を最終目標として、酸素吹噴流床石炭ガス化技術の開発および燃料電池へ適用可能なガス精製技術の確立を目指し (STEP1)、その後社会情勢の変化に応じ、新規目標を設定し CO₂ 分離回収技術、高灰融点对応技術の確立を目指した (STEP2)。

石炭ガス化炉には、酸素吹1室2段旋回流型噴流床炉を採用した。この炉型は、NEDOが昭和61年度から平成6年度にかけて実施した、「石炭利用水素製造技術開発」において開発した「HYCOL 炉(50t/d)」の技術成果を継承したものであり、ガス化炉各部の改良によって、より高効率な設備となっている。

ガス精製設備については、石油精製業界等において商用規模で稼動しているプロセスを中心に動向を調査することによって、コスト・性能面で最適な脱硫プロセスを選定した。IGFCを実現するに当たっては、石炭ガス化ガスを燃料電池へ適合させるため、先の脱硫プロセスに加え、燃料電池に対応可能な精密脱硫工程を付加してその性能を検証した。

平成18年度までのSTEP-1における石炭ガス化性能(カーボン転換率、冷ガス効率等)の目標値は、前述のHYCOLの技術成果並びに先行する海外のガス化炉の性能を基準として設定しており、石炭ガス化炉として最高水準の性能を目標としている。連続運転性能は、初期トラブルの克服が可能な時間として1,000時間以上を設定した。多炭種対応では、石炭ガス化に大きく影響する石炭性状(灰分、発熱量、燃料比、灰融点)をパラメータとして相対比較ができるよう5炭種以上とした。大型化対応では、大型ガス化炉設計の主要要素である空塔速度の増大試験およびバーナ噴出速度変化試験、並びにコスト低減を目的とした一体化粉体弁試験の実施により、スケールアップデータを取得することとした。これらの目標は、1,000t/d規模の石炭ガス化プラントを想定して設定したものである。

一方、ガス精製性能は、米国DOE「FuelCellハンドブック」に掲載されている燃料電池の被毒レベルに関する情報に基づき、硫黄化合物、ハロゲン、アンモニア、ばいじんの目標値を設定した。

平成21年度までのSTEP-2における目標である高灰融点(溶流点)炭種対応技術の確立では、既設老朽火力のリプレースを視野に入れ、現状微粉炭火力で大量に使用して流通経路が確立している高灰融点炭までの炭種拡大を図るため、3炭種以上の高灰融点炭を選定し、ガス化運転(ガス化特性、運用性の確認)を実施している。

CO₂分離・回収技術の確立では、CO₂分離方法として地中隔離、海洋隔離など様々な方式が検討されており、それぞれに要求されるCO₂分離条件(純度)は60~99%程度と様々である。コストパフォーマンスからも目標値設定は難しいが、日本国内におけるCO₂貯留ポテンシャルの制約や隔離地点周辺における環境リスクなど貯留環境を考慮すれば、可能な限り多くの貯留を可能とし、不純物を含まず環境影響の少ない高純度CO₂が分離・回収側で要求される。従って、将来の炭素隔離の実用化段階においても信頼性を持って貯留可能な「回収CO₂純度99%以上」を定量的な目標値として設定した。

2. 事業の計画内容

2.1 研究開発の内容

(1) 総括

本プロジェクトは、平成7年度～平成9年度までのF/S、要素試験、設備設計を踏まえ、平成10年度よりNEDO事業として、石炭処理量150t/d規模のパイロット試験設備を建設し、平成14年度より試験運転に入り、実証機設計に必要な基礎データを取得するため、石炭ガス化特性、ガス精製性能等の評価を着実に実施してきた。平成18年度までのSTEP-1の試験期間において設定した石炭ガス化技術の基本性能に係る開発目標は、計画通り全て達成することができた。

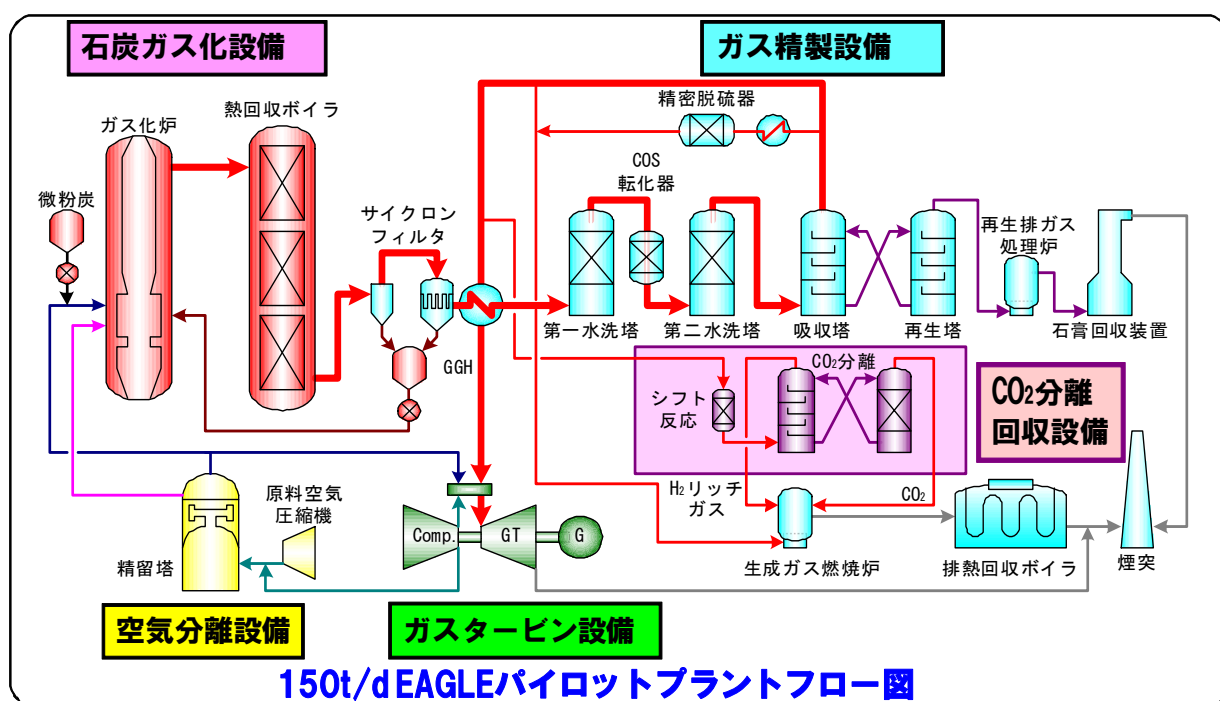
また、近年の社会情勢を勘案した場合、高効率発電が可能な石炭ガス化プロセスの既設老朽火力リプレースへの適用やさらにCO₂削減対策技術の導入が求められることから、平成19年度～平成21年度の3カ年をSTEP-2の試験期間として新たな開発目標を設定し取組んだ。

下記に本事業の全体開発計画概要と主要開発課題の実行計画を示す。

(2) 全体開発計画概要

表2-1に全体開発スケジュールを示す。EAGLEプロジェクトSTEP-1は、石炭をガス化しガスタービン、蒸気タービンおよび燃料電池を用いて高効率発電を行うIGFCを最終目標とし、国産の酸素吹噴流床石炭ガス化技術の開発と燃料電池へ適用可能なガス精製技術の確立を図るものである。

また、STEP-2では、実用化に向け既設老朽火力のリプレースを視野に入れ、現状微粉炭火力で大量に使用して流通経路が確立している高灰融点炭までの炭種拡大を図るための石炭ガス化技術の開発およびゼロエミッション化の実現に向けたCO₂分離・回収技術の確立並びに実証機導入に向けて必要となる環境アセスメント等を視野に入れた微量物質挙動調査を実施した。



-1 燃料電池用石炭ガス製造技術開発に関する研究 (平成7年度～平成9年度)

国の間接補助事業(電源開発(株)と(財)石炭利用総合センターとの共同研究)

①F/S、要素試験、パイロット試験設備設計

EAGLE プロジェクトの基本コンセプトを決定した。

また、要素試験の成果を活用してパイロット試験設備の基本設計・詳細設計を実施した。

-2 多目的石炭ガス製造技術開発 STEP-1 (平成10年度～平成18年度)

NEDO 事業(事業主体:電源開発(株) 支援・調査研究:バブコック日立(株))

石炭処理量 150t/d のパイロット試験設備を建設し、実証機設計データを取得するため、各種試験を実施した。

①石炭ガス化性能

高効率ガス化炉の開発を目的に、ガス発熱量、カーボン転換率、冷ガス効率、ガス化圧力について開発目標を設定し、試験研究に取り組んだ。

全ての開発目標を満足し、海外先行石炭ガス化プラントと比較して遜色のないレベルのガス化性能を達成した。

②ガス精製性能(精密脱硫器出口)

ガス化プラントから生成した石炭ガスのガス精製技術を確立するため、硫黄化合物、ハロゲン化合物、アンモニア、ばいじんについて目標除去性能を設定した。

全ての項目において十分なガス精製技術を確立した。

③連続運転性能試験

1,015 時間の長期連続運転による信頼性を確認し、国産石炭ガス化総合システムとして国内最長(当時)を記録した。

④多炭種対応試験

石炭ガス化性能に影響を与える灰分、燃料比、発熱量および灰融点をパラメータとして、性状の異なる5炭種のガス化試験を実施し、次期大型実証機設計データを取得した。

⑤大型化対応試験

空塔速度増大試験、バーナ噴出速度変化試験、一体化粉体弁試験を実施して、次期大型実証機ガス化炉のスケールアップデータを取得した。

⑥支援・調査研究

EAGLE 試験研究支援を目的に、試験候補炭の各種特性試験、噴流床ガス化シミュレーションモデルによるガス化炉性能予測を実施した。その他試験運転の課題について要素試験を実施し、EAGLE 安定運転に寄与した。

以上のように EAGLE STEP-1 については、テーマ毎に開発目標を設定し、全ての項目について目標を達成することができている。

-3 多目的石炭ガス製造技術開発 STEP-2

(平成19年度～平成21年度)

NEDO 事業(事業主体:電源開発(株))

① 高灰融点炭種対応試験(炭種拡大)

高灰融点炭に対応できるように、ガス化炉を高耐熱仕様に改造する。平成 19 年度は機器設計・製作を実施し、平成 20 年度上期に据付工事、その後平成 20 年度下期から平成 21 年度まで炭種拡大試験を実施した。

②CO₂分離・回収試験

酸素吹石炭ガス化プロセスから CO₂ 分離・回収する技術の確立を目指し、平成 19 年度は機器設計・製作を実施し、平成 20 年度上期に据付工事、その後平成 20 年度下期から平成 21 年度まで CO シフト触媒および CO₂ 吸収液の基本特性を確認するとともに、シフト蒸気低減試験、再生方式変化試験等を実施した。

③微量物質挙動調査

高温・高圧下あるいは還元雰囲気における微量物質については、サンプリング並びに測定が困難である。平成 19 年度は、サンプリング技術や測定技術の確立を目指し、試行的に微量物質挙動調査を実施し、平成 20 年度～平成 21 年度にプラント系内挙動の解明並びに環境アセスメント基礎資料とするための本格的な微量物質挙動調査を実施した。

以上のように EAGLE STEP-2 についても、全ての項目について目標を達成することができている。

下記に、STEP1と STEP2 をあわせた研究開発スケジュールと研究開発費を示す。開発費用は、NEDO と実施者との共同研究（一部補助事業）であり負担割合は、NEDO:事業者=2:1で NEDO 負担・補助金額 約 210 億円、総額 約 330 億円となっている。

本技術の開発においては、今後の展開を踏まえた適正規模での試験開発が必要であり、多額の開発費用を要するもので、民間と共同して NEDO が開発を進めてきたものである。

表2-1 開発スケジュール 及び 研究開発費

		(単位：百万円)								
項 目	年 度	H10-14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	計
		技術評価	中間評価	NEDO事業			中間評価	前倒し・後評価		
		<STEP-1>		▲事業検討			<STEP-2>			
1. STEP-1 [燃料電池用石炭ガス製造技術およびガス精製技術の開発]										
(1)パイロット試験設備の建設										
(2)パイロット試験設備による研究										
(3)支援・調査研究										
2. STEP-2 [パイロット試験設備による研究およびゼロエミッション化技術に関する研究]										
(1)ガス化炉改造・CO ₂ 分離回収装置建設										
(2)パイロット試験設備による研究										
特別会計	実績 (パイロット)	7,792	1,694	2,141	2,105	1,678	1,798	2,065	1,816	21,089
	(高度化) 実績 (支援調査)	153	20	20	20	8	-	-	-	221
実施者負担	実績 (パイロット)	4,119	1,036	1,080	1,128	1,145	899	1,033	908	11,348
	実績 (支援調査)	78	11	10	12	6	-	-	-	117
総事業費	実績	12,142	2,761	3,251	3,265	2,837	2,697	3,098	2,724	32,775

2.2 研究開発の実施体制

(1) 研究実施体制（図2-1～図2-2参照）

「多目的石炭ガス製造技術開発」は、NEDOが昭和61年度から平成6年度に実施した「石炭利用水素製造技術開発(HYCOL)」の成果を活用しつつ、高効率発電技術の重要要素である燃料電池用石炭ガス製造技術として酸素吹ガス化炉およびガス精製技術の確立を目指し、平成7年度国の補助を受けて開発に着手したもので、「燃料電池用石炭ガス製造技術開発」と「燃料電池用燃料ガス高度精製技術開発」とをあわせて、研究を進めてきたものである。

その後平成15年度実施の中間評価において、燃料電池用以外の用途として、水素製造、化学原料及びIGCC等への適用も視野に入れ、ガス化炉開発とガス精製技術開発を両者一体化して推進することが適当という提言がなされたことから、両者をNEDOプロジェクトとして一本化して、「多目的石炭ガス製造技術開発」として下記の体制で実施した。

本研究開発は、共同研究者である電源開発(株)の技術開発センター若松研究所にパイロット試験設備を設置し、若松研究所所長のリーダーシップの下にパイロット試験設備による研究を実施し、あわせて支援・調査研究をバブコック日立(株)が実施してきた。

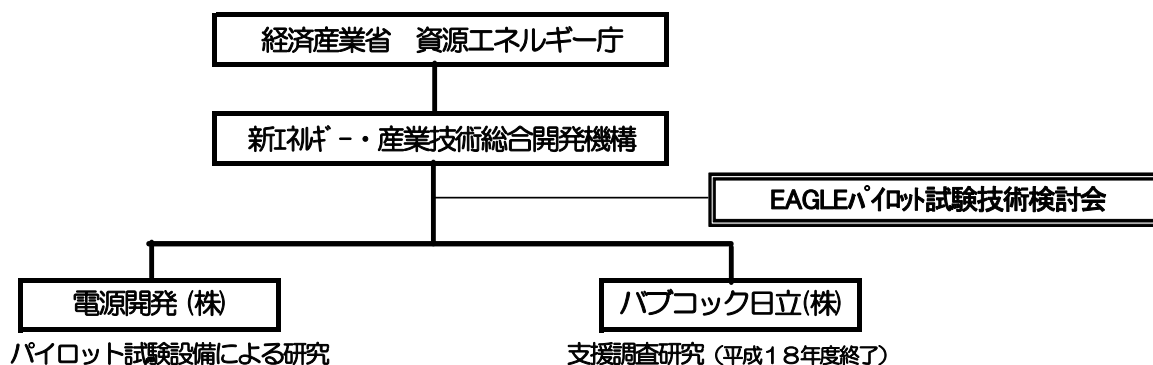


図 2-1 平成 16 年度以降の多目的石炭ガス製造技術開発体制

平成 19 年度に着手した STEP-2 [パイロット試験設備による研究およびゼロエミッション化技術に関する研究]についても、引き続きパイロット試験設備を用いて、試験設備の改造、CO₂ 分離・回収設備の追設等を行い進めるもので、下記体制で実施した。

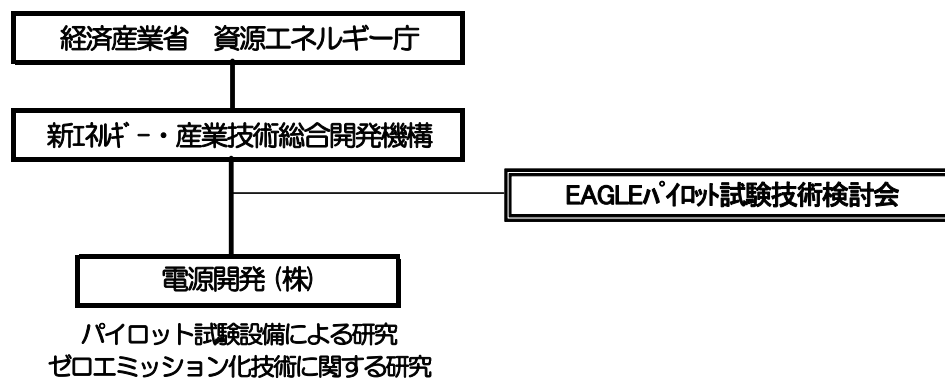


図 2-2 平成 19 年度以降の多目的石炭ガス製造技術開発体制

(2) 当該体制を取る必要性

NEDOは昭和61年度から平成6年度に実施した石炭利用水素製造技術開発(HYCOL)の成果であるパイロット試験設備の製作、建設、運転、ガス化条件等に関する多くの知見を有することから平成10年度以降参加し、研究を円滑に進めていく体制とした。

電源開発(株)は本技術開発で開発する石炭ガス化技術のベースとなるHYCOLにおいて、「石炭利用水素製造技術研究組合」の理事会社として主要な役割を果たし、HYCOL技術に関して十分な知見と開発実績を有している。また、微粉炭火力の操業実績に加え、石炭関連テストプラントの運転研究の実績が豊富で、燃料電池の自主開発も行っており、ユーザーの要求を技術開発に反映させる観点からも同社が参加することは適切である。

バブcock日立(株)はガス化炉製造メーカーとして本事業に深く係わりがあり、ユーザーの要求を支援・調査研究することで技術開発に反映させる観点から同社が参加することは適切である。

2.3 研究開発の運営管理

2.3.1 運 営

(1) 平成 15 年度以降の「燃料電池用石炭ガス製造技術開発」に係る研究開発業務

NEDOは、平成12年度に「石炭ガス化委員会」及びその下部組織である「燃料電池用石炭ガス化部会」を「燃料電池用石炭ガス製造技術開発技術検討会」に改組し、引き続き外部専門家による評価・助言を研究に反映してきた。

電源開発(株)は、「EAGLE 技術検討会」を「EAGLE パイロット試験技術検討会」と改め、引き続き外部専門家による評価・助言を研究に反映してきた。

バブコック日立(株)は、エネルギー事業部を中心として支援・調査研究を実施してきた。技術成果の評価を的確に行うため、NEDO における「燃料電池用石炭ガス製造技術開発技術検討会」の中で、外部専門家による評価・助言を受け、研究に反映してきた。

(2) 平成 16 年度以降の「多目的石炭ガス製造技術開発」に係る研究開発業務

平成 16 年度には NEDO の「EAGLE 技術検討会」と電源開発(株)の「EAGLE パイロット試験技術検討会」を統一し、共同開催とすることで融合を図った。

2.3.2 技術評価体制

平成 16 年度以降は、研究開発の方向性の確認や、評価・助言を得る組織として電源開発(株)並びに NEDO の諮問機関である EAGLE パイロット試験技術検討会(電源開発(株)、NEDO 共同にて2回/年 開催)を設置し、研究計画の変更及び修正を行っている。また、委員は各大学、及び研究機関等の外部研究者から7名程度選出した。

EAGLE 技術検討会 委員等	
STEP 1 (平成18年度迄)	STEP 2 (平成19年度以降)
【検討委員】 森 滋勝 名古屋大学先端技術共同研究センター 板谷 義紀 名古屋大学大学院工学研究科 白井 裕三 (財)電力中央研究所 宝田 恭之 群馬大学工学部 塚田 隆夫 大阪府立大学大学院 工学研究科 土屋 活美 同志社大学工学部 二宮 善彦 中部大学工学部 【プロジェクトリーダー】 木村 直和 電源開発(株)若松研究所	【検討委員】 宝田 恭之 群馬大学工学部 小野崎正樹 (財)エネルギー総合工学研究所 小野田正巳 (財)地球環境産業技術研究機構 (-H20) 白井 裕三 (財)電力中央研究所 関根 泰 早稲田大学理工学術院 鷹野 利公 (独)産業技術総合研究所 守富 寛 岐阜大学大学院工学研究科 藤岡 祐一 (財)地球環境産業技術研究機構 (H21-)
	【プロジェクトリーダー】 木村 直和 電源開発(株)若松研究所 (~H20.8) 後藤 秀樹 同 上 (H20.9~)

3. 情勢変化への対応

これまで発電効率の向上は、USC を主体とする材料開発で、蒸気条件の向上を達成してきたが、これ以上の蒸気条件の向上は材料開発やコストを考えると困難であり、さらなる発電効率の向上のためには、石炭ガス化プロセスの開発が望まれる。

EAGLE プロジェクトは、石炭をガス化し、合成ガス(CO,H₂)を生成し、ガスタービンで発電すると共に、ガスタービンの排熱から熱回収した蒸気で蒸気タービンを回転させ発電するシステムを組み合わせた石炭ガス化複合発電システム(IGCC)、さらには燃料電池を組み込んだトリプルコンバインドサイクルである石炭ガス化燃料電池複合発電システム(IGFC)に活用できる技術である。IGFC では、従来の微粉炭火力に比べて飛躍的な効率向上が見込まれ、その送電端効率は55%を超える究極の発電システムである。また、EAGLE から得られるような酸素吹石炭ガス化ガスは、CO と H₂ の比率が大きいことから、石炭ガス中の CO をシフト反応させることにより、CO と H₂ 比率を調整し、発電分野以外に、水素や合成燃料(GTL、DME 等)を効率よく製造することが可能である。

EAGLE プロジェクトは、発電分野以外にも適用拡大が図れるとし、多目的石炭ガス製造技術としてその開発が進められてきた。

国内の発電事情に目を向けると、既設微粉炭火力の老朽化に伴うリプレースが 2020 年度～2030 年度にかけてピークを迎える。微粉炭火力には灰の付着の関係から高灰融点炭が用いられているが、今後既設微粉炭火力発電所をリプレースする際には、石炭調達経路が確立されている当該炭種の活用がベースとなる。従って EAGLE をリプレース機として適用するためには、現状ガス化に向いている低灰融点炭から、高灰融点炭までの炭種拡大が求められる。

一方、世界規模で地球環境問題(CO₂ 排出抑制)がクローズアップされ、石炭利用に伴う最大の課題は地球温暖化問題への対応と考えられている。

2005 年 2 月に京都議定書が発効され CO₂ 削減義務が現実味を帯びるとともに、2007 年 2 月の「IPCC 第 4 次評価報告書」では、気候システムに温暖化が起こっていると断定し、その原因は人為起源の温室効果ガスの増加であることがほぼ確実としている。また、同報告書は、21 世紀末の平均気温は最大 6.4℃上昇するが、「環境の保全と経済の発展が両立する社会」では温度上昇は約 1.8℃(1.1～2.9℃)にとどまると予測し、クリーンで省資源の技術導入の重要性を示唆する内容となっている。

こうした社会背景から、米国の FutureGen、豪州の ZeroGen、中国の GreenGen などの IGCC と CO₂ 分離回収・貯留技術(CCS:Carbon Capture and Storage)を組み合わせた各種プロジェクトが計画されている。これは酸素吹石炭ガス化プロセスでは、生成ガス中 CO 濃度が高いことから、シフト反応後(CO+H₂O⇒CO₂+H₂)の CO₂ 濃度が高く、効率的に CO₂ を分離回収・固定できるためである。EAGLE プロジェクトでも将来の CCS を視野に入れ、CCS コストの大部分を占める CO₂ 分離・回収技術に取り組むことが肝要と思料される。

上記のように、EAGLE プロジェクトは、その時折の社会情勢を勘案し、開発目標を設定し取り組んできた。STEP-1 では、酸素吹噴流床型石炭ガス化技術やガス精製技術の確立を目指し所定の成果を上げた。STEP-2 では、高灰融点炭種対応(炭種拡大)、CO₂ 分離・回収技術の確立等を目標設定し、計画通り完遂した。

4. 中間評価結果への対応

4.1 中間評価結果概要

平成15年に実施された「燃料電池用石炭ガス製造技術開発」並びに「燃料電池用燃料ガス高度精製技術開発」の中間評価(分科会)において、本プロジェクトの開発技術が石炭を環境調和型で高効率利用できる将来技術であること、およびエネルギーセキュリティにとって極めて有望かつ有益なエネルギー基幹技術の一つとなるとの大きな期待が寄せられた。

一方、研究開発マネジメントのあり方、最終目的である石炭ガス化燃料電池複合発電技術の実証に至るまで、開発過程で得られる技術成果の利用拡大に向けた取り組み等の推進に関する提言を受けた。

また、平成19年に実施された「多目的石炭ガス製造技術開発(EAGLE)」の中間評価(分科会)において、本事業は、より多様な石炭の適用を可能にする等設定した技術的課題を着実かつ十分に解決し、高効率化の成果も上げている等、技術目標を達成しており、順調な進展が確信できるとの高い評価を受けた一方で、早期の実証機建設、プロジェクト意義のより一層の明確化、石炭基礎評価手法の確立等の推進に関する提言を受けた。

4.2 中間評価結果への対応

中間評価で受けた提言に対して、以下のフォローアップを行った。

(1)平成15年度 中間評価結果の反映

提 言	フォローアップ状況
(1)本プロジェクトがNEDOプロジェクトとMETIプロジェクトとに分かれていることから生じる不都合がないよう両プロジェクトを統合することについて検討されることを期待する。	(1)平成17年度より、本プロジェクトをNEDOプロジェクトに一本化し、燃料電池用石炭ガス製造技術開発および燃料電池用燃料ガス高度精製技術開発の両方をまたぐEAGLE技術検討会をNEDOに設置することにより、両技術開発を一括管理できる体制とした。
(2)現在までの研究体制は、ガス精製の基本的技術の確立を目指したものであり、今後は燃料電池へのガス供給に向けた実用的課題の解決のための研究体制にシフトする必要があるものと思われる。	(2)本プロジェクトとは別に、受託者の電源開発(株)において独自に固体酸化物形燃料電池(SOFC)に関するメーカーとの共同研究を実施しており、各プロジェクトを担当する部署は同じ技術開発センター内に所属していることから常に緊密に連携しながら開発を進めている。また、NEDOが実施している「固体酸化物形燃料電池(SOFC)システム技術開発(H16～19年度)」にもSOFCシステム技術委員会のオブザーバーとして参画し情報入手等を実施している。
(3)中温湿式ガス処理を選定していることに問題は無いが、他の可能性、例えば高温脱硫法なども平行して調査する必要がある。	(3)本プロジェクトとは別に、受託者の電源開発(株)において独自に高温乾式脱硫プロセスについて要素研究を名古屋大学と共同で実施した。

<p>(4) 特許については件数が少ないように思われる。IGFC は技術輸出等の面でも可能性が大きく、また、酸素吹ガス化石炭利用技術の拡大のため、積極的に国内外特許の取得を推進されたい。</p> <p>(5) 本ガス処理法は、IGFC 以外にも石炭の利用拡大を図る上で重要な技術であり、商用機建設までの開発すべき項目、建設費及び発電原価(産業用ガス化の場合は原料ガス製造費)の低減目標、普及に対する市場性等の幅広い観点からの検討を実施すべきである。</p>	<p>(4) 中間評価以降、ガス製造関係での特許出願は 9 件(平成 15 年度 1 件、平成 16 年度 1 件、平成 17 年度 3 件、平成 18 年度 2 件、平成 19 年度 2 件)、ガス精製関係での特許出願は 6 件(平成 15 年度 1 件、平成 16 年度 2 件、平成 17 年度 1 件、平成 19 年度 2 件)、合計 15 件行っている。</p> <p>(5) IGFC 以外にも、石炭ガス化ガスの用途として水素製造、化学原料および IGCC 等への適用も視野に入れ、NEDO 公募案件「平成 16 年度クリーン・コール・テクノロジー推進事業 石炭ガス化を核とするコプロダクションシステムに関する調査」、「平成 17 年度クリーン・コール・テクノロジー 産業間連携に係る石炭ガス化を核とする発電・水素・CO₂ 分離回収システムに関する調査」において検討を実施し、石炭ガス化技術、高度ガス精製技術の実用化に関わる市場の検討も、平成 17 年度 NEDO 公募案件「中国における石炭ガス化技術の導入可能性に関する調査」に参画し検討を行った。平成 18 年度については、本プロジェクトの中で、石炭ガス化ガスからの CO₂ 分離回収システム検証に向け、パイロット試験設備への適用および実証試験に関する調査を実施した。また、平成 16 年度より NEDO 内でのプロジェクト名称の変更を行った。(⇒多目的石炭ガス製造技術開発)</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

(2)平成 19 年度 中間評価結果の反映

提 言	フォローアップ状況
<p>(1) 今後、早期の実証規模の設備の建設とその長期操業による信頼性を確立していくために、競争力のある商業化に向けた加速を本事業内に計画する必要がある。この際、ガス化発電の実証機建設の探索と並んで、価格競争力がある化学原料やガス燃料としての供給も考慮に入れた商業規模の展開も考えるべきである。</p>	<p>(1) 実用化に向けては、本成果を反映する形で本事業者と中国電力(株)により大型実証試験を実施することとなった。NEDO としては、現プロジェクトの計画を着実に実施し、競争力のある商業化を促進する観点から、実証機設計等に有用な経済性その他評価のために必要な試験データ等を取得し、実証試験計画をサポートしている。また、現プロジェクトの円滑な実施が、今後の商業化および化学原料やガス燃料の供給等の展開につながるものであり、高効率石炭ガス化発電(IGCC)の実用化を最優先課題として、効率的かつ着実に本プロジェクトを推進する。</p>

<p>(2) CO₂ の捕捉・貯留を含む排出量の大幅削減の方向性を明確にしておくことも重要である。また、資源や海外展開まで視野に入れた立地、さらに、高効率発電及び CCS を取り込んだ最適立地や実機規模などの予備調査も実証機建設促進に併せて検討して欲しい。</p> <p>(3) プロジェクトの意義を明確にするために、単に石炭ガス化技術領域のみで比較するだけではなく、戦略的エネルギー政策の枠組みの中で将来展望を明確にすべきである。</p> <p>(4) 他プラントより優れている点を解り易い表現で成果発表をするなど、インパクトのある発信を工夫をして欲しい。また、取得した知財ならびにノウハウについては国益に沿った確保に遺漏のないように配慮をお願いしたい。</p> <p>(5) どのような石炭がプラントに適用できるか否かの基礎的評価が必要となるため、8 炭種についてその基礎評価手法を確立して欲しい。また、各炭種について調査・データベース化し、適合、不適合石炭のマップ作成を目指して欲しい。</p> <p>(6) 実証機へのスケールアップにおいては、本事業で得られたデータを用いてシミュレーションを行い、実証機の設計のスピードアップ、コスト削減、操業に際しての効率や信頼性の向上の指針を検討して欲しい。また、シミュレーションが活用できる範囲を明確にし、スケールアップの実現に貢献して欲しい。</p>	<p>(2) CO₂ の捕捉・貯留を含む排出量の大幅削減の方向性等については、別途実施中の「革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト」で検討中である。</p> <p>(3) 本事業で実施している石炭ガス化技術の開発については、国のエネルギー基本計画において明確に位置付けられており、このようなエネルギー政策全体の枠組の中で重要性を認識しつつ実施してきている。今後も社会情勢の変化等を加味しながら将来展望を見据えつつ、現プロジェクトを着実に実施する。</p> <p>(4) 優位点等を解り易く表現するなど工夫し、各種国際会議等において知財確保を図りながら成果発信を行っている。</p> <p>(5) STEP2 の試験炭である 3 炭種を含めた 8 炭種でその基礎評価手法を確立する。また、STEP2 で使用している炭種を含めて確認試験結果検討において、将来の適用、不適合石炭のマップ作成に資するべく、調査・データベース化およびガス化炉適用評価を行っている。</p> <p>(6) 実証機の設計における実証機設計のスピードアップ、コスト削減等に有効な手法として、実施者側に本事業で得られたデータを用いたシミュレーションの実施を促しており、本プロジェクトにおいては、シミュレーション等に貢献できるデータの提供およびデータ採取を着実に実施している。</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

5. 評価に関する事項

5.1 評価履歴

- | | | |
|-----------|-------------------------------|-----------------------------------|
| ○実施時期 | 平成 11 年度 | 技術評価検討会 |
| 評価項目・評価基準 | 研究開発プロジェクト評価に係る基本的な評価項目・評価基準 | |
| ○実施時期 | 平成 15 年度 | 中間評価 |
| 評価項目・評価基準 | 標準的評価項目・評価基準 | |
| ○実施時期 | 平成 18 年度 | 多目的石炭ガス製造技術開発事業検討委員会
(NEDO 自主) |
| 評価項目・評価基準 | 多目的石炭ガス製造技術開発平成 19 年度以降実施内容評価 | |
| ○実施時期 | 平成 19 年度 | 中間評価 |
| 評価項目・評価基準 | 標準的評価項目・評価基準 | |
| ○実施時期 | 平成 21 年度 | 事後評価(前倒し) |
| 評価項目・評価基準 | 標準的評価項目・評価基準 | |

Ⅲ. 研究開発成果について

1. 事業全体の成果

(1) パイロット試験設備運転研究

EAGLE パイロット試験運転は、平成 14 年 2 月に石炭ガス化炉に火入れを行い、翌 3 月から石炭ガス化試験を開始し、石炭ガス化性能、ガス精製性能等の評価を着実に実施してきた。本プロジェクトは当初、平成 18 年度までの計画であったが、社会情勢の変化に対応して平成 19 年度から 3 ヶ年試験期間を延長し、新しい目標を追加設定して研究開発に取り組んだ。平成 18 年度までを STEP-1、平成 19 年度～平成 21 年度を STEP-2 とし、STEP-1 では酸素吹石炭ガス化および燃料電池用ガス精製に関する基本性能を目標とし、STEP-2 では社会情勢の変化および EAGLE の実用化を主眼とした目標を設定して研究開発を実施した。表 3-1 に開発項目・目標および達成状況を示す。

表 3-1 本事業の開発項目・目標および達成状況

	開発目標項目	最終目標	達成状況
STEP-1 (H18 年度まで)	1. 石炭ガス化性能 ① カーボン転換率 ② 冷ガス効率 ③ 生成ガス発熱量 ④ ガス化圧力	98%以上 78%以上 10,000kJ/m ³ N 以上 2.5MPa	99%以上 82%以上 10,100kJ/m ³ N 以上 2.5MPa
	2. ガス精製性能 ① 硫黄化合物 ② ハロゲン化合物 ③ アンモニア ④ ばいじん	1 ppm 以下 1 ppm 以下 1 ppm 以下 1 mg/m ³ N 以下	1 ppm 未満 1 ppm 未満 1 ppm 未満 1 mg/m ³ N 未満
	3. 連続運転性能 (信頼性検証)	1,000 時間以上	1,015 時間
	4. 多炭種対応	5 炭種以上	5 炭種
	5. 大型化対応	10 倍程度のスケールアップを目指した大型化対応のためのデータ取得	ガス化炉大型化対応として、 ・空塔速度増大試験 ・バーナ噴出速度変化試験 ・一体化粉体弁試験 を実施し、スケールアップデータを取得
STEP-2 (H19～H21 年度)	6. 高灰融点炭種対応	高灰融点炭 3 炭種以上	主に微粉炭火力で用いられている高灰融点炭 3 炭種のガス化試験を行い、性能取得・特性把握を実施した
	7. CO ₂ 分離・回収	回収 CO ₂ 純度 99%以上	回収 CO ₂ 純度 99%以上達成 石炭ガス化プラント用に改良
	8. 微量物質挙動調査	微量物質マテリアルバランスおよび環境影響物質の挙動把握	微量物質の系内挙動解明 環境負荷量を把握

(2) 支援・調査研究

支援・調査研究は、EAGLE パイロット試験設備による円滑な運転研究を支援することを目的に、平成 10 年度から取組んできた。パイロット試験については平成 19 年度以降も STEP-2 として研究を継続したが、支援・調査研究については平成 18 年度をもって終了した。平成 18 年度までの成果を最終成果として表 3-2 のとおり取纏める。

表 3-2 支援・調査研究の成果

研究項目		研究成果
適用炭種拡大	候補炭事前評価	EAGLE パイロット試験の候補となる石炭 18 炭種を対象に評価試験を実施、各種特性を把握し、成果を EAGLE の運転条件に反映し、安定運転に寄与した。
	性能予測	候補炭の事前評価結果を基に、噴流床ガス化シミュレーションモデルによる EAGLE ガス化炉の性能予測と、適正運転条件を提案し、安定運転に寄与した。
パイロット試験課題対応		EAGLE パイロット試験で発生した課題について、基礎試験等による評価を実施した知見から、課題解決条件を運転に反映し、安定運転に寄与した。

2. 研究開発項目毎の成果

2.1 パイロット試験設備

多目的石炭ガス製造技術開発は、電源開発㈱の技術開発センター若松研究所に石炭処理量 150t/d のパイロット試験設備を設置して、多目的石炭ガス製造技術について研究開発を行った。パイロット試験設備の概略フローと外観写真を図 3-1 および図 3-2 に示す。

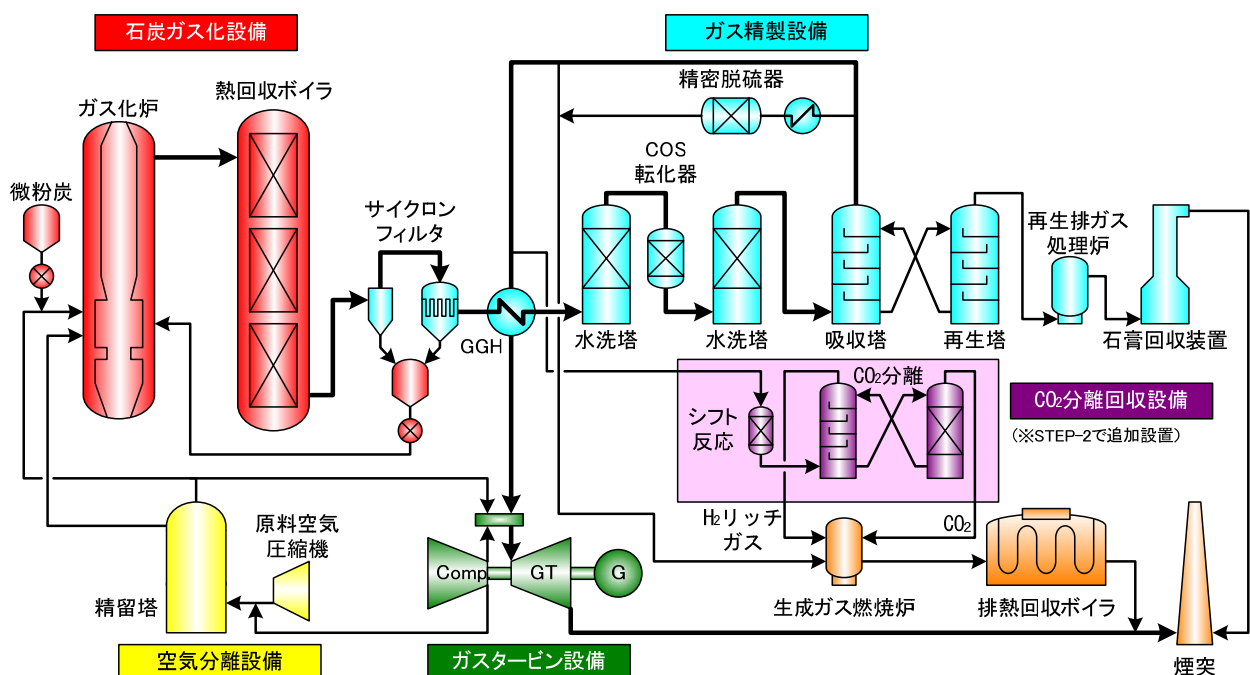


図 3-1 EAGLE パイロット試験設備概略フロー

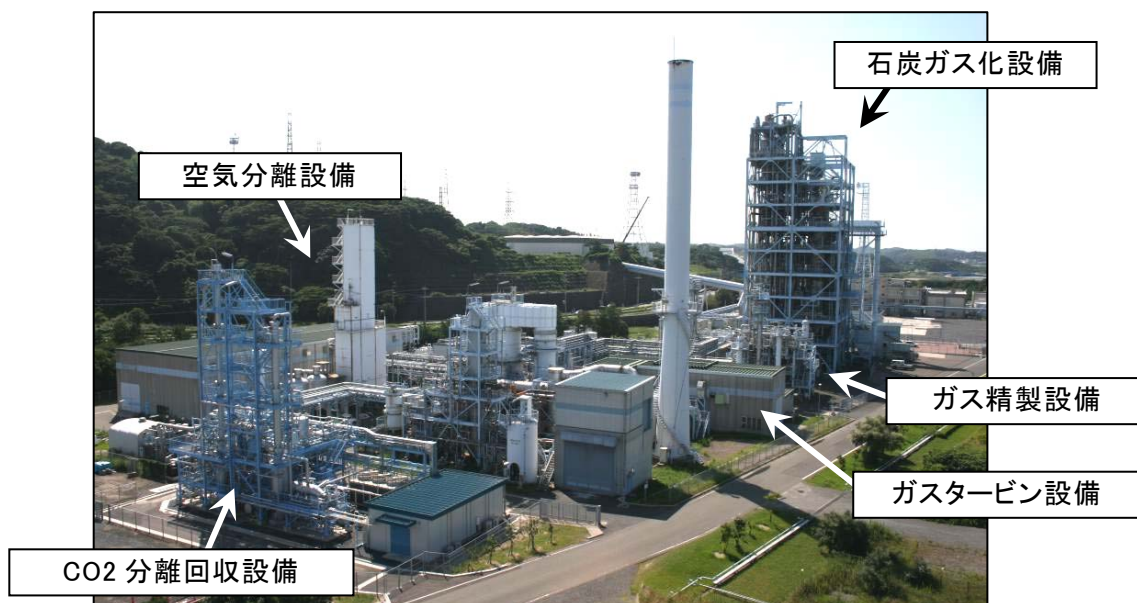


図3-2 EAGLE パイロット試験設備外観写真

EAGLE ガス化炉の構造を図3-3に、パイロット試験設備の主な仕様を表3-3に示す。なお表内数値は、プラント容量計画条件での状態値を示している。

(1) 石炭ガス化設備

石炭ガス化炉には様々な方式があるが、燃料電池用には生成ガス中の $\text{CO} \cdot \text{H}_2$ の含有量が多く、発熱量の高い方式が適することから、本プロジェクトではドライフィード酸素吹噴流床方式を採用している。石炭は窒素により上下段バーナから旋回流で炉内に吹き込まれ、各段にガス化剤である酸素が供給される。また、ガス化炉絞り部にはスラッシング防止のために、水洗塔出口より再循環された低温の生成ガス(リサイクルガス、クエンチガス)が供給される。生成ガスに含まれるばいじん(チャー)はサイクロンおよびチャーフィルタにより分離回収され、ガス化炉へとリサイクル供給されるため、系外へのばいじん排出は殆ど無い。

(2) ガス精製設備

一般的にガス精製方式は乾式と湿式に大別されるが、燃料電池の不純物許容値を満足させるために湿式ガス精製方式および精密脱硫器を採用している。約 400°C でチャーフィルタを出た生成ガスは、ガス/ガスヒーター (GGH) で熱交換した後、水洗塔でハロゲン・アンモニア等の水溶性不純物が除去され、さらに吸収塔で脱硫が行われる。ここでは、吸収液として MDEA (メチルジエタノールアミン) を採用している。MDEA は COS (硫化カルボニル) の吸収性が低いため、事前に COS 転化器で COS を H_2S に転化する。吸収塔を出た生成ガスは、精製処理後のガスという意味で「精製ガス」と呼ぶ。約 40°C の精製ガスは、蒸気加熱器および GGH により約 200°C まで加熱され、ガスタービンに供給される。また、精製ガスの一部は精密脱硫器に送られ、燃料電池の硫黄分許容値以下 (1ppm 以下) までさらに脱硫される。

(3) 空気分離設備

加圧深冷分離法により空気を分離し、酸素(純度 95%)と窒素(純度 99.5%)を製造する。酸素はガス化剤としてガス化炉へ供給され、窒素は微粉炭搬送などのユーティリティ用として使用されるほか、余剰分は NO_x 低減のためにガスタービンに供給される。

(4) ガスタービン設備

精製ガスを燃焼させてガスタービン・発電機を駆動し、パイロット試験設備の所内電力を供給する一方で、ガスタービンと同軸駆動する圧縮機から圧縮空気を抽気し、空気分離設備へと供給することで所内動力を低減する。なお、ガスタービンについては、本プロジェクトとは別に電源開発㈱が自社にて設置したもので、直接的な研究対象外の設備である。

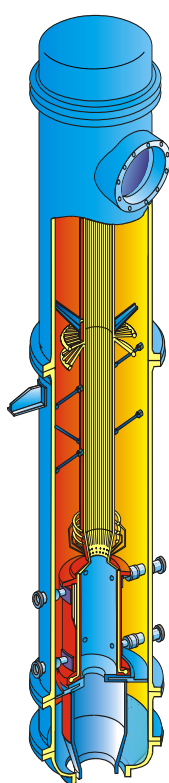


表3-3 EAGLEパイロット試験設備仕様

項目	仕様
石炭ガス化炉 石炭処理量 石炭ガス化炉圧力	酸素吹1室 2段噴流床式 150 t/d 2.5 MPa
ガス精製設備 吸収液 精製ガス流量(吸収塔出口) 精密脱硫器	湿式ガス精製方式 MDEA (メチルジエタノールアミン) 14,800 m ³ N/h 酸化亜鉛系触媒
空気分離設備 原料空気量 原料空気圧力 酸素製造量 製品酸素濃度	加圧深冷分離方式 27,500 m ³ N/h 1.1MPa 4,600 m ³ N/h 95.0 vol%
ガスタービン設備 発電機出力 回転数 圧縮機 燃焼器	単純サイクル開放型 8,000kW 9,710rpm 軸流 17段 缶型 6缶

図3-3 EAGLE ガス化炉

2.2 パイロット試験設備運転研究

パイロット試験設備によるガス化試験運転(RUN)を、平成21年度までに合計86回行った(※平成21年12月末までの実績)。運転実績と試験によって得られた成果を以下に記述する。

(1)-1 運転実績 (STEP-1/平成14年度～平成18年度 累計)

① ガス化運転時間	5,597 時間 52 分
② ガス精製通ガス時間	5,459 時間 36 分
③ 精密脱硫器通ガス時間	2,510 時間 41 分
④ 石炭使用量	28,568 t

(1)-2 運転実績 (STEP-2/平成 19 年度～平成 21 年度 累計) [※平成 21 年 12 月末現在]

① ガス化運転時間	2,345 時間 11 分
② ガス精製通ガス時間	2,195 時間 55 分
③ 石炭使用量	12,794t

(2) 各開発項目に対する研究成果

(2)-1 石炭ガス化性能 (STEP-1)

① カーボン転換率

カーボン転換率とは、ガス化炉に供給される石炭中の C(カーボン)が、CO・CO₂ や CH₄ 等の気体の炭素化合物に転換した割合であり、石炭ガス化における石炭有効利用率を表し、石炭ガス化炉の代表的な性能指標値である。EAGLE パイロット試験では、カーボン転換率の開発目標値として「98%以上」を設定した。

石炭に含まれた形でガス化炉へと供給されたカーボンは、ガス化反応によりガス状炭素化合物となり生成ガスへと転換されるが、一部のカーボンは固体のままばいじんに含まれた形で存在し、一部はガス化されることなく系外に排出されてカーボン転換率を低下させる。この未燃カーボンを含むばいじんを特に「チャー」と呼び、チャーの状態ですべて系外に排出されたカーボンを「カーボンロス」と称している。

ガス化炉に供給された全カーボンから「カーボンロス」を差し引いた残りは全てガス化されたものと考えられることができるため、高いカーボン転換率を得るためには、カーボンロスをできるだけ低く抑えることが条件となる。図3-4にシステムにおけるカーボンロスを、表3-4にカーボンロスの内訳を示す。

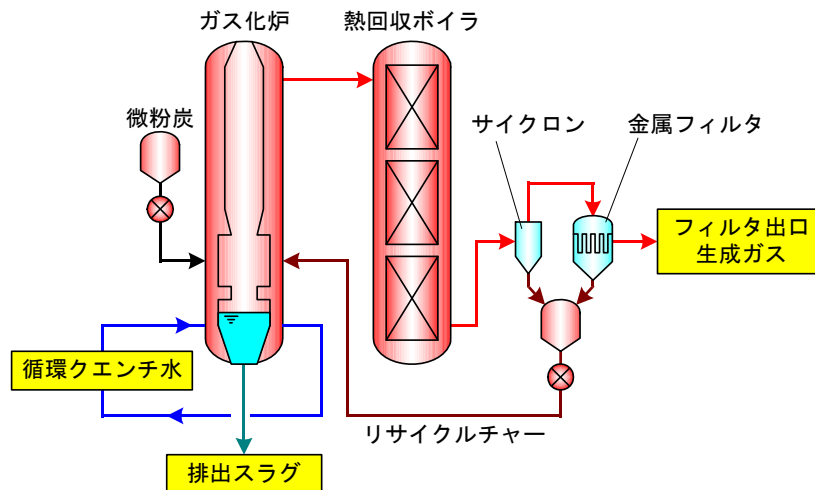


図3-4 システムにおけるカーボンロス

表3-4 カーボンロス内訳

カーボンロス項目		内 容
①	フィルタ出口生成ガス	フィルタ出口生成ガス中に含まれるチャーは、後段の水洗塔等でばいじんとして除去されるが、それはリサイクルされることなく系外へ排出され、カーボンロスとなる。サイクロンおよび金属フィルタによる精密脱塵により、後流へ漏れるチャーは微量である。
②	循環クエンチ水	ガス化部の下にはスラグ冷却のためのクエンチ水が張られており、水は循環している。この循環クエンチ水にガス化部から流入したチャーが含まれ、分離装置により除去され系外に排出される。
③	排出スラグ	ガス化炉から排出されるスラグは、クエンチ水で冷却された後に系外へ排出されるが、スラグにはチャーが混入しており、カーボンロスとなる。

EAGLE ガス化システムでは、表3-4に示すカーボンロスがあるものの、量的には少量であり、合計でも供給カーボンの1%に満たず、炭種や運転条件によっては0.1%未満まで低減することができた。表3-5に示す通り、EAGLE ガス化炉では開発目標を上回る99%以上のカーボン転換率を達成し、最高で99.9%以上の性能が得られ、高いガス化性能が確認された。

表3-5 石炭ガス化性能(カーボン転換率)

	A 炭	B 炭	C 炭	D 炭	E 炭
カーボン転換率	99.5%	99.6%	99.9%	99.7%	99.9%

② 冷ガス効率

冷ガス効率とは、ガス化炉に供給した石炭が持つ発熱量が生成ガスの発熱量に転換した割合を指し、ガス化におけるエネルギー転換効率を表す指標として用いられ、カーボン転換率と共に石炭ガス化性能を表す代表的な数値である。100%から冷ガス効率を差し引いた値は、顕熱として消費した熱量である。EAGLE パイロット試験では、冷ガス効率の開発目標値として「78%以上」を設定した。

石炭ガス化において高い冷ガス効率を達成する条件は、高いカーボン転換率の達成と、酸素供給量の抑制である。揮発分を除いた石炭中の可燃性物質は固定炭素(カーボン)であり、この固定炭素がCOへと転換(ガス化)することで生成ガス発熱量が向上し、高い冷ガス効率を得られることから、高いカーボン転換率が求められる。しかしガス化炉に供給する酸素が過剰な場合、余剰酸素が生成ガス中の可燃成分(CO・H₂など)と結合して不燃性ガス(CO₂・H₂O)へと転換(酸化・燃焼)すると、生成ガスの発熱量は下がり、冷ガス効率の低下を招く。従って、高い冷ガス効率を得るためには、高いカーボン転換率を維持しつつ、できるだけ酸素供給量を抑えることが求められる。一方、EAGLE のような噴流床型ガス化炉の運用上必要な条件は、石炭に含まれる灰分が溶融してスラグとして排出される高温場を作ることである。そのため、ガス化炉には大量の酸素を供給する必要があるが、上述したように酸素過剰供給は冷ガス効率の低下につながる。この相反する条件を両立させるため、EAGLE ガス化炉は、石炭と酸素の供給バーナを上下2段に分け、下段は酸素供給量を多くすることで石炭灰の溶融、ス

ラグの安定流下を維持し、上段は酸素供給量を少なくすることで全体酸素供給量をコントロールできる構造とした。

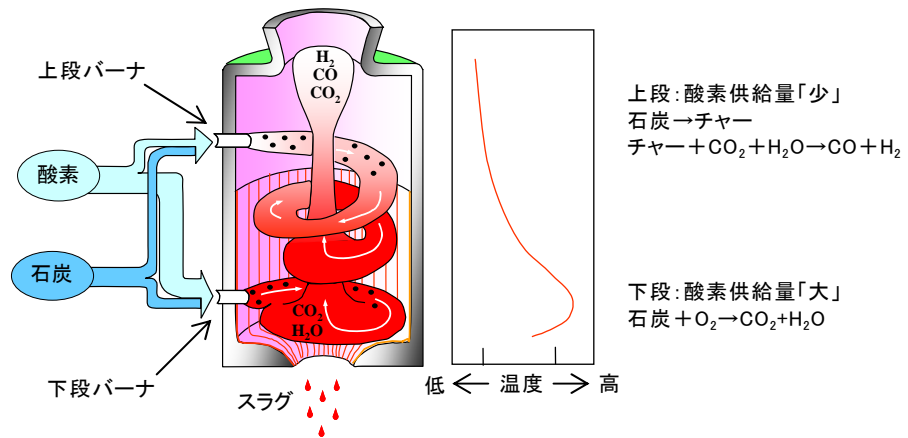
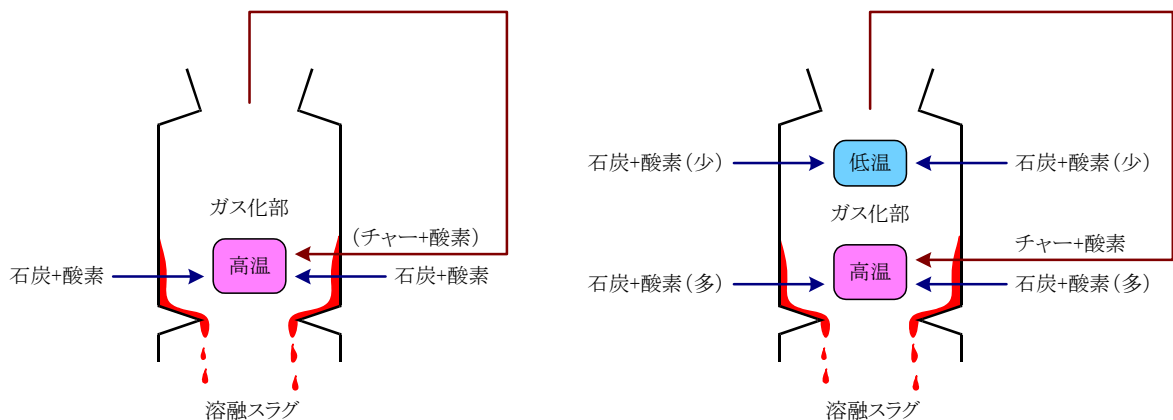


図3-5 1室2段旋回流型 EAGLE ガス化炉

ここで1段ガス化炉に対する2段ガス化炉の優位性について説明する。1段ガス化炉の場合、運転条件はスラグが安定して排出される温度が支配的となり、それに必要な酸素供給量が全体酸素量となることから炭種によっては冷ガス効率の低下を招き、高いガス化性能が得られない。これに対し、EAGLE のような 2 段ガス化炉の場合、前述したように下段は安定したスラグ排出を維持するのに必要な酸素を供給し、上段酸素供給量を抑えることで全体酸素量をコントロールすることができ、安定したスラグ排出を維持しつつ高い冷ガス効率を得ることができる。



全体酸素量 = 安定スラグ排出温度に必要な酸素量
<1 段ガス化炉>

全体酸素量 < 安定スラグ排出温度に必要な酸素量
<1 室 2 段ガス化炉 (EAGLE) >

図3-6 1室2段ガス化炉の優位性

EAGLE ではこの優位性を活かし、開発目標である 78%以上の冷ガス効率を達成し、最高で 82%以上の性能が得られ、高いガス化性能が確認された。しかし一方で高燃料比炭 (D 炭) はガス化に要する酸素量が多いため、結果として冷ガス効率が低くなる傾向にあることも確認された。

表3-6 石炭ガス化性能(冷ガス効率)

	A 炭	B 炭	C 炭	D 炭	E 炭
冷ガス効率	78.69%	81.67%	79.79%	76.44%	82.19%

③ 生成ガス発熱量

生成ガス発熱量については、EAGLE で開発する石炭ガス化技術のベースとなる HYCOL の実績を踏まえ、開発目標として「10,000kJ/m³N 以上」を設定して試験運転を実施し、高い冷ガス効率運転と、石炭搬送用窒素流量の最適化等により開発目標を達成し、最高で 10,100kJ/m³N 以上の生成ガス発熱量が得られることを確認した。一方で垂瀝青炭のような低発熱量炭や、高い冷ガス効率が得られない高燃料比炭では生成ガス発熱量も低くなる傾向が確認されたが、1,300℃クラスのカスタマーを組み込んだ IGFC には十分適用できる水準の発熱量が得られることを確認した。

④ ガス化圧力

EAGLE パイロット試験では、カスタマー入口圧力を考慮して「ガス化圧力 2.5MPa」を開発目標として設定し、試験運転を実施してきた。試験運転を通じて目標圧力におけるガス化反応特性、流速の影響等、各種特性を確認し、開発目標を上回るガス化性能が得られ、なおかつ機器の健全な運用を確認した。

(2) - 2 ガス精製性能 (精密脱硫器出口) (STEP-1)

① 硫黄化合物

生成ガス中には硫黄化合物として、H₂S および COS が含まれる。H₂S は吸収液[MDEA(メチルジエタノールアミン)]で効率良く除去されるが、COS は吸収液に吸収されにくい。そこで、吸収塔の前段で COS 転化触媒(TiO 系)を用い、COS+H₂O→H₂S+CO₂ の反応で生成ガス中の硫黄化合物の殆どを H₂S に転化する。その後、吸収液を用い、R₃N+H₂S⇌R₃NH⁺+HS⁻反応で吸収除去する。EAGLE では燃料電池用ということで、さらに S 分の低減が求められることから、精密脱硫触媒(ZnO 系)で、ZnO+H₂S→ZnS+H₂O、ZnO+COS→ZnS+CO₂ の反応で脱硫させる。

COS 転化触媒の性能は、炭種に係らず概ね 90~95%の転化効率であり、良好な試験結果であった。また、定期的に行っている触媒劣化調査では、COS 転化器上部(生成ガス入口)の触媒で性能低下が確認されたものの、上部から 500mm(充填高さ 1,570mm)の触媒性能は十分に維持されており、全体の触媒活性の継続使用は可能と判断できる。

なお、上層部の触媒性能低下は、細孔分布の測定で、孔容積の増加が確認されたことから、触媒反応に寄与する活性サイトの減少が要因と推定される。

吸収液は、一般的に酸性ガス(CO₂、H₂S)の吸収に広く用いられており、EAGLE では、特に H₂S を CO₂より選択的に吸収する MDEA を採用している。COS 転化触媒では、生成ガス中の COS は、H₂S に転化され、生成ガス中全 S の 99%程度が H₂S として存在する。MDEA での脱硫効率は、炭種の影響を受けるものの、5 炭種全てにおいて高い脱硫効率であり、吸収塔出口 H₂S 濃度を低く抑えることができた。

脱硫効率に与える炭種の影響は、生成ガス中 CO_2 濃度によって引き起こされる。吸収液は酸性ガス(CO_2 、 H_2S)を吸収することから、 CO_2 が多い場合、脱硫効率が低下する傾向にあった。EAGLE 試験運転では、 CO_2 が多い場合の吸収液運用特性について調査し、 CO_2 濃度が高い場合、吸収塔棚段数を低く(気液接触時間を短く)し、吸収液循環量を増加させた運用方法が、脱硫効率を高くすることが判明した。

精密脱硫装置については、酸化亜鉛触媒を用いて EAGLE パイロット試験を実施し、5 炭種全てにおいて精密脱硫器出口全 S 濃度 1ppm 未満を確認し、開発目標を達成することができた。

② ハロゲン化合物

ハロゲン化合物は、石炭中に Cl、F が含有されていることから、生成ガス中に HCl や HF 形態として存在する。ハロゲン化合物は水に対する溶解度が大きく、第 1 水洗塔で殆ど洗浄除去され、その後、COS ノックアウトドラムで凝縮され、さらに第 2 水洗塔で除去される。ガス分析の結果、精密脱硫器出口では、ハロゲン濃度(HCl+HF)が 1ppm 未満であり、開発目標を達成することができた。

また、Cl については機器腐食の観点から、その挙動調査を実施した。石炭からガス化炉に供給される Cl は、揮発して HCl になるが、チャーに付着することが確認されたため、サイクロン、フィルターで捕捉され炉内を循環すると考えられる。また一部スラグに取り込まれ系外に排出され、チャーへの付着が飽和した HCl が後段のガス精製設備へと運ばれ水洗塔で水洗除去される。

生成ガス中にはアンモニアが共存することから、Cl 濃度とガス温度に依存するが、 NH_4Cl が析出する可能性が示唆され、水洗塔前段機器の腐食対策に関する知見を得た。

③ アンモニア

生成ガス中のアンモニア濃度はガス化炉運転条件の影響を受けるが、アンモニアの水への溶解度は非常に大きい。EAGLE ガス精製系統の水洗除去は、第 1 水洗塔、COS ノックアウトドラムおよび第 2 水洗塔で構成されており、ガス分析結果から全ての炭種において、精密脱硫器出口アンモニア濃度 1ppm 未満を達成し、開発目標を達成することができた。

また EAGLE ガス精製運転条件は、圧力 2.5MPa、第 1 水洗塔出口ガス温度 120~130℃、COS ノックアウトドラムは 70~80℃、第 2 水洗塔では 40℃程度である。アンモニアの挙動について、洗浄水中のアンモニア濃度を調査した結果、COS ノックアウトドラムの凝縮水および第 2 水洗塔の洗浄水にアンモニアは溶解し除去されるが、第 1 水洗塔ではアンモニアは殆ど溶解せず、逆に気相に遊離している可能性が示唆された。これはアンモニア溶解度が温度に依存するものであり、アンモニア除去効率を視野に入れた水洗塔や COS ノックアウトドラムの最適な温度設定等、設計データに関する知見を得た。

④ ばいじん

生成ガス中のばいじんは、ガス化炉から飛散する未燃焼カーボン(チャー)であるが、EAGLE パイロット試験設備には、サイクロンおよび金属フィルタが設置されており、生成ガス中

のばいじんは概ね回収され、全量ガス化炉にリサイクルされる。計画ばいじん濃度は、フィルタ出口にて5mg/m₃N以下で設計されており、その後、第1水洗塔および第2水洗塔の水洗浄により除塵される。パイロット試験におけるばいじん測定の結果は、精密脱硫器出口でばいじん濃度1mg/m₃N未満であり、ばいじんについても開発目標を達成することができた。

以上のように、EAGLEガス精製設備では、燃料電池に影響を与える阻害物質を低濃度まで除去することが確認され、開発目標を達成することができた。

表3-7にEAGLEパイロット試験で実施した5炭種の生成ガス中各成分分析結果を示す。

表3-7 EAGLEパイロット試験で実施した5炭種の生成ガス中各成分分析結果

項目	単位	目標値	A炭	B炭	C炭	D炭	E炭
(1)硫黄化合物	ppm	≦1	<1	<1	<1	<1	<1
(2)ハロゲン化合物	ppm	≦1	<1	<1	<1	<1	<1
(3)アンモニア	ppm	≦1	<1	<1	<1	<1	<1
(4)ばいじん	mg/m ³ N	≦1	<1	<1	<1	<1	<1

(測定箇所：精密脱硫器出口)

(2)-3 連続運転性能（信頼性検証）（STEP-1）

EAGLEパイロット試験では、長時間連続運転を実施することで機器の信頼性を検証することを主目的とし、連続運転性能目標として「1,000時間以上」を設定した。平成17年1月18日から2月22日にかけて852時間20分の連続運転を達成し、当時の国内最長記録であった789時間を上回り、国産石炭ガス化総合プラント連続運転の日本新記録を樹立した。さらに平成19年3月21日から5月2日にかけて、1,015時間の連続運転を実施し、開発目標を達成すると共に自らが持つ連続運転日本記録を更新した。2度にわたる長時間連続運転の結果、主要設備の信頼性を確認すると共に主要開発課題の解決を実証し、石炭ガス化基本技術については実用化の目処が立ったものとする。

(2)-4 多炭種対応（STEP-1）

EAGLEパイロット試験では、石炭性状によるガス化性能を定量的に把握、評価することを目的に、燃料比、灰溶流点温度、発熱量および灰分に差異を付けた性状の異なる5炭種を用いてのガス化運転を実施した。試験を通じて石炭の各性状に対するガス化炉適合性、運用条件および制約を把握すると共に、ガス化性能データを取得した。その結果、EAGLEガス化炉の多炭種適合性を確認した。

(2)-5 大型化対応（STEP-1）

EAGLEパイロット試験では、ガス化システムのスケールアップデータの取得と、さらなる効率化・コンパクト化を目指した検討という将来の実用化を視野に入れた高度化試験運転として、①空塔速度増大試験および②バーナ噴出速度変化試験を実施した。また、粉体系システムのコンパクト化によるコスト削減を目的に一体化粉体弁を石炭供給システムに設置し、検証試験とし

て③一体化粉体弁試験を実施した。試験では大型機を想定した条件における実運転により各種特性把握、運用性評価を実施し、スケールアップデータを取得すると共に実施条件に問題がないことを確認し、大型化が可能であることを確認した。一方でプラントのコンパクト化を想定した試験により、設備サイズの縮小・建設費削減のための設計データを取得した。

(2) - 6 高灰融点炭種対応 (STEP-2)

海外からの石炭を大量に輸入して利用する我が国にとって、エネルギー安定供給の観点から多炭種対応は重要な条件であると言える。また、昨今の地球環境問題の高まりから、今後の微粉炭火力リプレース等において、より高効率発電が可能なIGCC, IGFCの導入が必要となり、現状、微粉炭火力で大量に使用している高灰融点炭を、ガス化においても使用していくことが求められる。よって、高灰融点炭の石炭ガス化運転を実施して、適用炭種拡大を図るものである。試験ではSTEP-1で把握したEAGLEガス化炉適合炭種よりも更に灰融点(溶流点)温度が高い炭種のガス化特性を確認する目的で、主に一般の微粉炭火力で使用されている3炭種以上を使用した試験運転を実施することを目標に設定した。高灰融点炭を使用するに当たっては、ガス化炉を高耐熱仕様に改造する必要があることから、平成18年度までにガス化炉改造方針概要を纏め、平成19年度から機器の設計製作を開始、現在は平成20年度上半期に改造工事を実施し、同年9月から高灰融点炭を用いたガス化試験を実施した。

① 高灰融点試験炭の選定

高灰融点炭については、一般の微粉炭火力で用いられているものから性状の異なる3炭種を選定した。選定炭の灰溶流点温度および燃料比の性状分布を図3-7に示す。

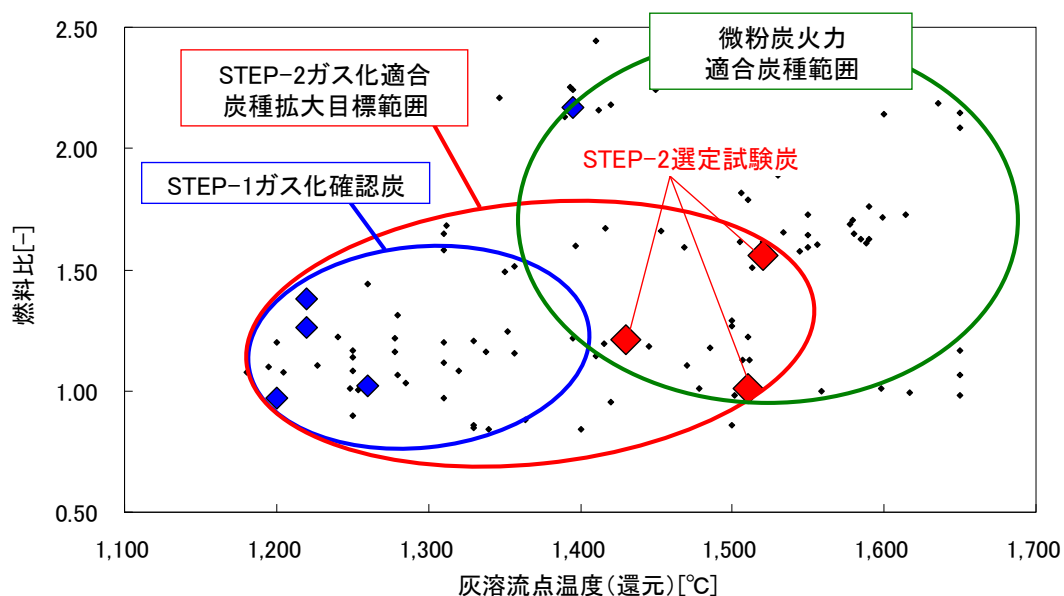


図3-7 EAGLE 試験炭性状分布図

② ガス化性能評価

選定した 3 炭種をそれぞれガス化して EAGLE ガス化炉における性能を評価した。STEP-1 の結果と合わせて表3-8に一覧を示す。高灰融点炭の C 転換率は 3 炭種とも 99.9%が得られ、極めて高い性能が得られた。一方、冷ガス効率については 73.5~76.5%と、やや低い性能値となった。

表3-8 高灰融点炭ガス化性能一覧

	炭種	C 転換率	冷ガス効率	冷ガス効率 理論値	冷ガス効率 成績率	酸素供給量 石炭重量比
STEP-1 試験炭 (低灰融点炭)	A 炭	99.5%	78.69%	81.75%	96.3%	0.895
	B 炭	99.6%	81.67%	82.17%	99.4%	0.808
	C 炭	99.9%	79.79%	83.97%	95.0%	0.670
	D 炭	99.7%	76.44%	79.42%	96.3%	0.853
	E 炭	99.9%	82.19%	83.89%	98.0%	0.667
STEP-2 試験炭 (高灰融点炭)	F 炭	99.9%	73.54%	82.41%	89.2%	0.801
	G 炭	99.9%	76.51%	84.36%	90.7%	0.734
	H 炭(※)	99.9%	76.17%	80.66%	94.4%	0.902

(※)H 炭は 21 年度末に最終の本試験を実施する計画であり、性能数値は暫定値

冷ガス効率については炭種毎に理論値が存在し、石炭性状によって値が異なるため一概に得られた数値のみで性能の良し悪しを評価することは必ずしも正確ではない。表3-8には冷ガス効率の理論値と、各炭種について冷ガス効率理論値の何%が得られたかを表す冷ガス効率成績率を合わせて示した。ガス化炉の性能と運転状態を評価するには、この成績率を用いた方が良い。またガス化剤に酸素のみを用い、完全ガス化を達成して冷ガス効率の理論値が得られる必要最小限の酸素量を、酸素供給量の理論値ということにする。冷ガス効率と酸素供給量の理論値に対して、実際の運転のそれらを相対値で表わしたグラフを図3-8に示す。のグラフは石炭ガス化運転状態が、理想状態に対してどの程度のものであったかを知るのに有用である。理想のガス化運転は縦軸・横軸共に 1.00 の状態であり、酸素供給量が過剰になると冷ガス効率性能が低下し、右下へと移動していく。

高灰融点炭の冷ガス効率成績率は 0.892~0.944 であり、STEP-1 の低灰融点炭と比較すると性能は劣る結果となった。冷ガス効率が劣る最大の要因は、灰融点が高い炭種であるがゆえにスラグ熔融・安定流下を得るための温度が高いことから、下段に多量の酸素を供給する必要が生じる一方、上段で低減できる酸素量に限界があったため、全体酸素量が過剰になりがちであったためと言える。しかし、そのような運用条件が求められる中で、1 室 2 段の EAGLE ガス化炉の特徴を活かして酸素供給量をなるべく理論値に近づける運転を行ったことから、酸素過剰率を 1.05~1.14 程度に抑え、高灰融点炭としては比較的高い冷ガス効率を得ることができたと考える。もし仮に EAGLE が下段のみの 1 段ガス化炉であったとすると、酸素過剰率は 1.18~1.30 程度になり、冷ガス効率の成績率は 0.797~0.871 程度になると推算されることから、STEP-2 で得られた性能数値は 1 室 2 段ガス化炉の特徴を活かした、高灰融点炭としては高い水準の性能が得られたものと言える。

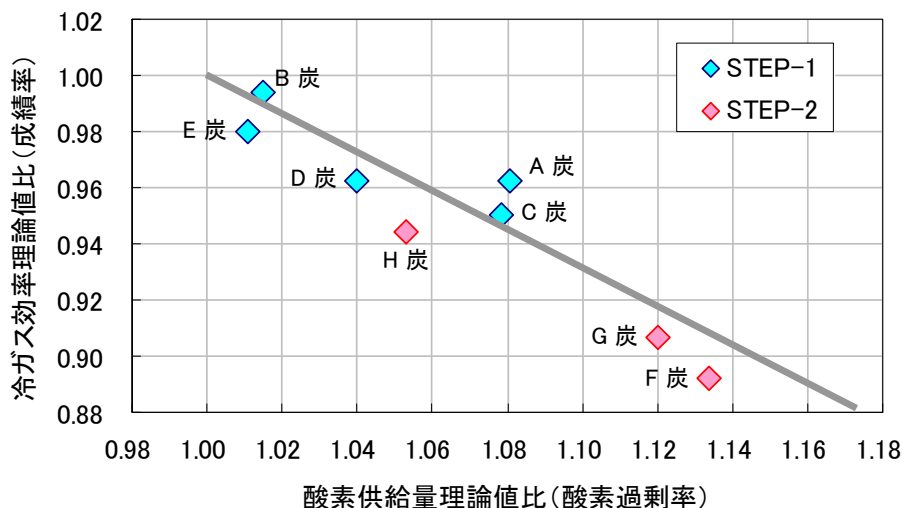


図3-8 ガス化性能図(酸素供給量および冷ガス効率の理論値比)

③ 特性確認

【スラグの流下排出】

ガス化部で熔融して生成したスラグは、スラグタップと呼ばれる排出口から流下して排出される。高灰融点炭はスラグの融点・溶流点が高いことから、スラグタップからの安定排出の難易度が高くなるが、ガス化部下段温度を灰・スラグの性状に応じて高温化することにより、安定的な排出を維持することができ、連続運転が可能であった。なお、高灰融点炭の特性として、図3-9に示すような糸状・棒状スラグが生成し易い性状であることが確認された。このような形状をしたスラグは、排出配管内等で引っ掛かり易く、最悪の場合は排出不良を引き起こす可能性があることが分かった。排出不良に陥らないためには、引っ掛かりの発生を未然に防止する必要があるため、配管の形状や排出システムの運用手法について対応を図ることで解消できるものと思料。試験運転を通じて、こうした対応知見を得ることができたことから、これも一つの成果と言える。

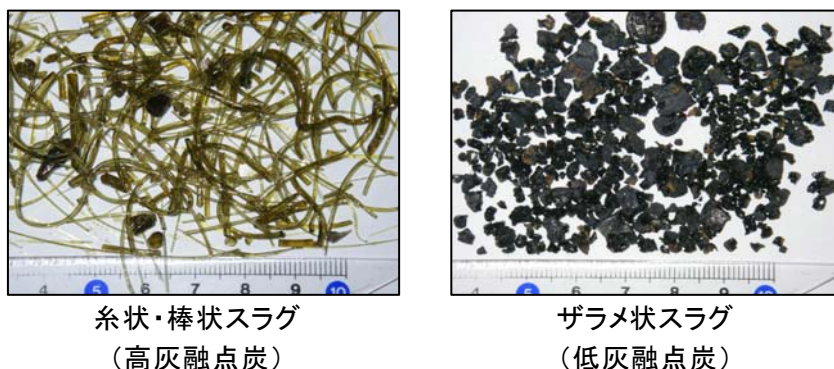


図3-9 EAGLE スラグの外観

【ガス化炉壁面スラグコーティング】

EAGLE ガス化炉のガス化部は、内面に耐火材が内張りされている水冷耐火壁構造であ

る。ガス化運転中は特にガス化部下段においてスラグが耐火材表面に付着して壁を流下していくが、このとき耐火材表面に付着したスラグが水冷壁で冷却されて凝固し、「スラグコーティング層」と呼ばれる層を形成する(図3-10)。スラグコーティング層は耐火材ならびに水冷壁を保護する役割を持つことからガス化炉を運転する上で、その形成が重要となる。高灰融点炭ではガス化部下段を高温度として運転するため、スラグコーティング層の形成が不安視される場所であるが、3炭種すべてにおいて層が形成され、問題なく適用できることを確認した。

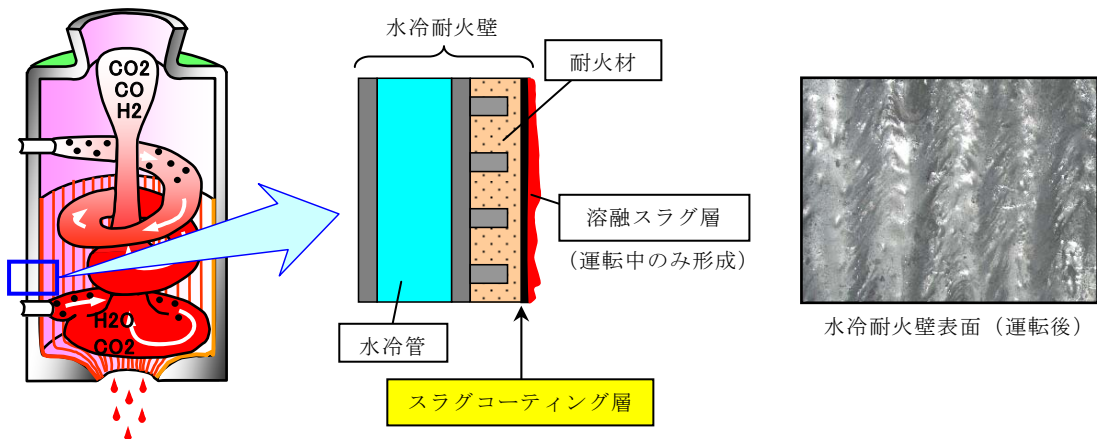


図3-10 EAGLE ガス化炉壁面のスラグコーティング

【スラッジングの防止】

ガス化炉を運転する際、ガス化部出口の絞り部と呼ばれる部位に、チャー粒子が付着・焼結して最悪の場合、生成ガスの流路を塞ぐ現象が発生することがある(この現象をスラッジングと呼ぶ)。EAGLE の場合、このスラッジングを防止するために絞り部を冷却するためのクエンチガス投入と、付着粒子を除去するためのスートブローガスの投入を行っている(図3-11)。高灰融点炭のガス化運転の場合、下段で生成するガス温度が高いことが絞り部におけるスラッジングリスクを上げることが懸念されたが、ガス温度が高いことに起因するスラッジングは発生せず、適切な運用管理によって問題なく運転できることを確認した。

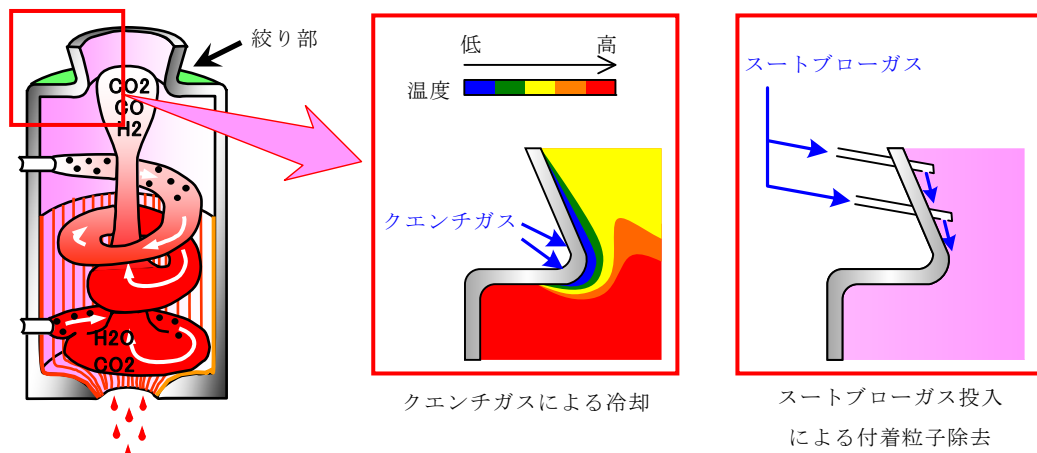


図3-11 スラッジング防止のための設備対応

④ 高灰融点炭種対応まとめ

STEP-2 でガス化炉を高耐熱仕様に改造し、目標とする 3 炭種の高灰融点炭を用いてのガス化試験運転を実施した。試験運転の中で高灰融点炭の性能取得・特性把握を行うと共に、EAGLE ガス化炉への適用性を確認し、適用炭種幅の拡大を果たした。この成果の普及により、石炭ガス化分野への幅広い炭種適用が可能となり、石炭有効利用の促進、燃料調達リスクの軽減が期待できると同時に、EAGLE ガス化炉の優位性を高めることができたと言える。

表3-9 STEP-2 高灰融点炭種対応まとめ

評価項目		評価内容	判定
目標	性状の異なる 3 炭種の高灰融点炭	主に一般の微粉炭火力で用いられている高灰融点炭 3 炭種について性能取得・特性把握を実施。	○
性能確認	カーボン転換率	極めて高い性能が得られた。	○
	冷ガス効率	数値は若干低いですが、1 室 2 段の EAGLE ガス化炉の特徴を活かし、高灰融点炭としては高い水準の性能が得られた。	○
特性確認	スラグ流下排出	温度の適正化により安定流下排出を達成。糸状・棒状スラグの生成に対する設備対応方針を得た。	○
	スラグコーティング	ガス化炉壁面への良好なスラグコーティングを確認。	○
	スラッキング	温度管理、クエンチガス冷却、スートブローガス投入を適切に行うことにより問題なく適用できると思料。	○
改造効果	高耐熱仕様に改造	ガス化部継ぎ目位置変更、炉壁冷却強化により、問題なく高灰融点炭をガス化できることを確認。	○

※H 炭本試験の実施を H22 年 2 月に控えた、H22 年 1 月 5 日時点での評価

(2) -7 CO2 分離・回収 (STEP-2)

STEP-2 にて新たに設置した CO2 分離回収装置の概略系統を図 3-12 に示す。システム構成としては、系統前段は生成ガス中の一酸化炭素に水蒸気を添加し、触媒反応により二酸化炭素 (CO2) に転化する CO シフト反応系統、後段は CO2 をアミン系吸収液により選択的に

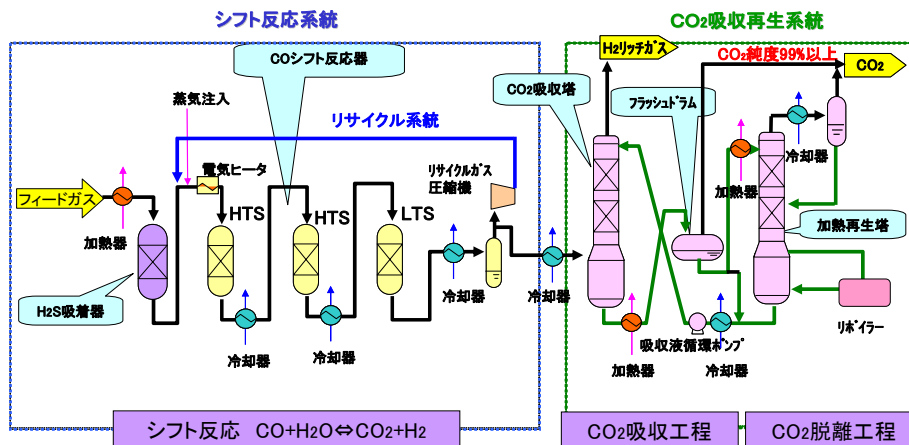


図3-12 CO2 分離回収設備概要

吸収し、CO₂ を吸収したアミン溶液を加熱あるいは脱圧により CO₂ 回収を行う CO₂ 吸収再生システムとなっている。各プロセスのコアとなる技術は「CO シフト触媒」、「CO₂ 吸収液」であるが、これらはそれぞれ他産業にて利用実績のあるものを石炭ガス向けに転用したものである。

シフト反応システムは高温シフト反応器(HTS: High Temperature Shift reactor) 2基と低温シフト反応器(LTS: Low Temperature Shift reactor) 1基の計 3基からなる。前段の HTS では約 300℃～450℃の高温で反応速度を上げ、反応物である CO の約 80～90%を CO₂ に転化する。一方、LTS は 200℃～280℃の中温で CO 転化率を 95%超まで進める。CO の水性ガスシフト反応は発熱反応であり、反応温度が低いほど CO の平衡転化率は高くなる。

HTS は鉄-クロム系触媒、LTS は銅-亜鉛系触媒を用いている。HTS の耐硫黄性は約 50ppm と言われており、脱硫吸収塔出口ガス性状 (H₂S<50ppm) にて通ガス可能であるが、LTS 触媒は耐硫黄性を有しておらず、硫黄濃度を 0.1ppm 以下に抑える必要がある。従って、シフト系前段に H₂S 吸着器を設置し、酸化亜鉛系吸着剤にて H₂S を 0.1ppm 未満に除去するシステムとしている。

吸収再生システムでは、CO₂ を吸収した吸収液(リッチ液)の再生を 3つのモードで実施できるシステム構成としている。1つ目はリッチ液を加熱せずにフラッシュドラムに導入し、フラッシング(脱圧)により CO₂ を脱離させる「(単純)フラッシュ再生モード」、2つ目はリッチ液を加熱し、60℃～80℃でフラッシングさせ脱離を促進する「加熱フラッシュモード」、3つ目はフラッシュドラムで脱圧した液を再生塔に導入し、100～110℃で CO₂ を脱離する「再生塔再生モード」である。各再生モードでの吸収液特性(循環量、フラッシュ温度)と CO₂ 回収率、純度の関係を確認することとしている。

これまでの累計運転時間は 1300 時間を超え、種々の運転モードでの試験運転を実施した。酸素吹き石炭ガス化ガスの特徴である高 CO 濃度条件において、CO シフトシステムにおける反応の温度特性、システム制御性等を確認し、触媒およびシステムが石炭ガスに適用可能であることを確認した。CO₂ 吸収再生システムについては、加熱フラッシュ再生モードにおいて開発目標の「回収 CO₂ 純度 99%」を達成し、それに必要な加熱温度と吸収液循環量を確認した。現在、異なる吸収液の基本特性を確認するとともに、各再生モード(加熱フラッシュ再生、再生塔再生)での必要循環量、CO₂ 純度、ユーティリティ(蒸気、電気)使用量等を確認するための試験を実施中である。

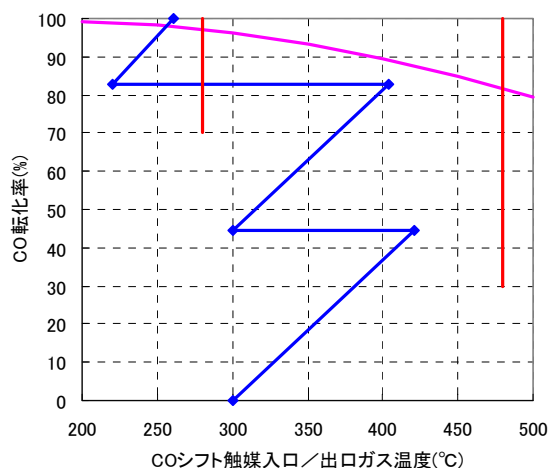


図3-13 シフト反応器反応特性の一例(各反応器における温度/CO 転化率の関係)

(2) - 8 微量物質挙動調査 (STEP-2)

石炭ガス化システムにおける微量成分の系内挙動については、通常の微粉炭燃焼発電プラントと異なり未だ解明されていない部分がある。プラント信頼性向上を図るため、プラント機器腐食対策や排水処理技術の確立が求められる微量物質については、系統内マテリアルバランス調査を実施した。また、将来の環境アセスメント実施を視野に入れ、環境影響微量物質についてその排出量を確認した。注目元素として、機器腐食防止の観点からハロゲン(塩素、フッ素)、排水処理負荷特定の観点から有害重金属類(ヒ素、セレン、水銀)を選定し、詳細な系内挙動調査を行った。

Step2 にて試験を実施した各炭種において、上記注目元素のプラント系内挙動を概ね把握した。ヒ素については、スラグに含有され、安定的に存在する(ほとんど溶出しない)ことを確認した。セレンについては 5~8 割程度がガス精製系統に移行し、残りがスラグとして排出されるが、ガス精製移行率はガス化炉温度に依存することを見出した。ハロゲンは大半がガス精製に移行し、温度の高いベンチュリースクラバーおよび第一水洗塔において洗浄除去されることを確認した。水銀については、全量がガス精製に移行し、洗浄水の温度が低下する第二水洗塔周辺にて堆積する状況を確認した。なお、堆積した水銀については、プラント起動停止時等の循環水温度が低い状況において、非定常的に排水処理系統に排出されることを確認した。

その他、揮発性の低い大半の重金属類については、略全量がスラグに移行し、水洗塔以降(排水処理系統、脱硫系統、煙突)ではほとんど検出されないことを確認した。

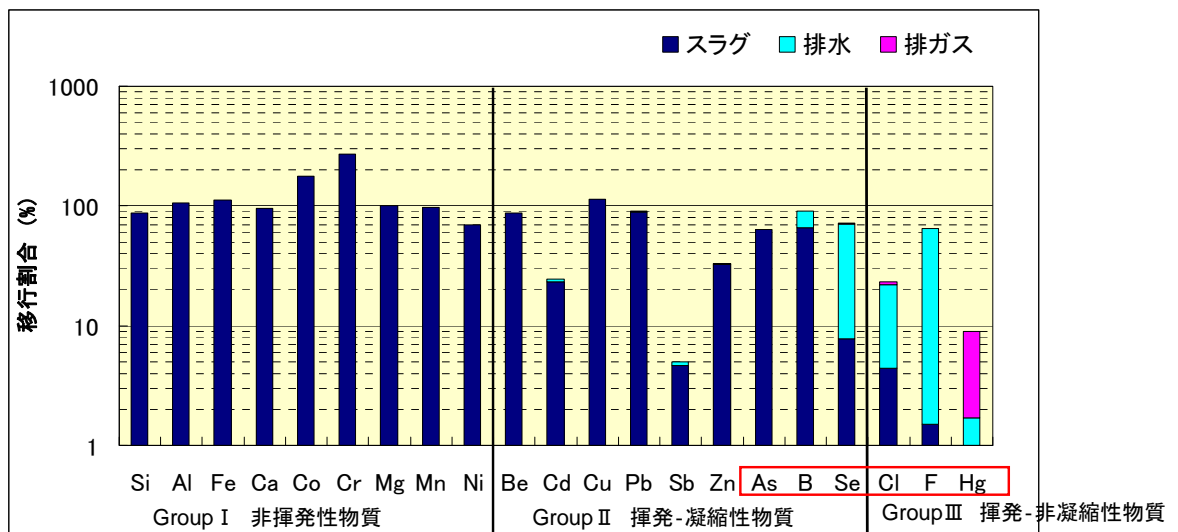


図3-14 微量金属成分のスラグ、排水、排ガスへの移行割合

2.3 支援・調査研究

(1) 適用炭種拡大

①候補炭事前評価

EAGLE パイロット試験設備では、ガス化への適用炭種を拡大するため、多くの候補炭の中から性状の異なる数炭種を選定してガス化試験を行った。石炭性状によって粉碎性、微粉炭の流動・搬送特性は大きく異なり、ガス化特性は、運転条件である酸素/石炭比にも影響され

る。そこで、平成 10 年度以降、石炭性状の中で燃料比、灰融点、水分および灰分に着目した EAGLE パイロット試験設備供試炭候補の合計 18 炭種の事前評価を実施した。事前評価では、塊炭の粉碎性、微粉炭の流動性、ガス化特性、チャー物性を評価した。生成ガス特性、ガス化効率等のガス化特性の評価には、石炭処理量が 1t/d の加圧ガス化試験炉を用いた。この試験では、EAGLE パイロット試験設備と同じ 2.5MPa の圧力下、酸素／石炭比条件を広範囲に変化させた。また、EAGLE パイロット試験設備で生成するチャーの流動性、かさ比重などの物性を事前評価するチャーを作製するため、EAGLE パイロット試験設備と同程度のカーボン転換率になるように、酸素／石炭比一定のガス化試験も実施した。この他に、ガス化炉の運転を制約する重要項目である溶融スラグの流下特性、スラグ粉の焼結特性などの要素試験も実施した。表3-10に得られた候補炭事前評価試験の成果を示す。

表3-10 候補炭事前評価試験の成果

項 目	成 果
塊炭の粉碎性	・粉碎性の評価指数である HGI(Hard Grove Index)は 45～60 と設計仕様内であり、粉碎に関して問題ないことを確認した。
微粉炭の流動・搬送特性	・粒径が小さく、粒径分布が狭い微粉炭ほど流動性は低い。 ・EAGLE パイロット試験設備のミルと事前検討で使用した小型のミルで粉碎した微粉炭の流動性指数は同様の傾向を示し、事前評価の有効性を確認した。 ・2.5MPa 加圧下における 1t/d ガス化試験において、微粉炭が安定に供給できることを確認した。
ガス化特性	・広範囲な酸素/石炭比条件のガス化特性データを取得した。 ・本ガス化データからチャーのガス化反応速度を評価した。
チャー物性	・チャーの真比重は炭種に関らずほぼ炭素濃度に支配される。 ・チャーロータリーバルブの容量試算に重要な各炭種のかさ比重のデータを取得した。かさ比重は炭種によって最大 2 倍異なる。
スラグ粉の焼結特性	・スラグ粉の焼結開始温度はスラグの溶融点と相関が強い。
溶融スラグ流下特性	・スラグタップにおけるスラグの安定流下判定に必要な溶融スラグ流下開始温度のデータを取得した。

②EAGLE パイロット試験設備の性能予測

EAGLE パイロット試験設備のガス化炉運転を制約する重要項目として、スラグ安定流下、チャーリサイクル量および絞り部のスラグによる閉塞防止があげられる。これらの項目に対し、それぞれ上述の候補炭事前評価で得たスラグ流下開始温度、チャーかさ比重、スラグ焼結防止炭素濃度などの要素試験結果を用いて EAGLE ガス化炉の性能予測および運転指針の提案を行った。本提案に際しては、噴流床ガス化シミュレーションモデルを用いた。表3-11に得られた成果を示す。

表3-11 性能予測の成果

項 目	成 果
EAGLE 性能の予測	・EAGLE ガス化炉適用炭の事前に提案した運転条件は、概ね実績値に近く、EAGLE ガス化炉の運転条件の選定およびガス化性能予測に有効であることを確認した。

(2) パイロット試験課題対応

EAGLE パイロット試験設備によるガス化試験あるいは本研究を実施する中で生じた新たな事象や課題について、その解明を行い、また対策を講じるための要素研究を行った。ガス化炉の生成ガスラインに塩化アンモニウム(NH₄Cl)の析出が確認されたことから、この塩化アンモニウム析出条件の解明を目的として、基礎試験を実施した。チャーは塩素(Cl)を吸着するため、ガス化炉にチャーをリサイクルすると生成ガスの塩素濃度は高くなる。そこで、対象となる炭種のチャーへの塩化水素(HCl)吸着特性の評価を、1t/d 加圧ガス化試験炉で作製したチャーを用いて事前に行い、EAGLE パイロット試験設備のガス化炉運転条件に反映した。表3-12に得られた成果を示す。

表3-12 パイロット試験課題対応の成果

項目	成果
塩化アンモニウム析出条件	・基礎試験装置を用いて EAGLE ガス化炉と同じ 2.5MPa の加圧下において、塩化水素とアンモニアによって塩化アンモニウムが析出する温度条件およびガス分圧の影響を把握した。
チャーへの塩化水素濃縮	・対象となる炭種の HCl 吸着特性を加圧ガス化試験炉のチャーに対して事前に評価した。 ・上記の結果を元に、生成ガス中の最高塩素濃度における塩化アンモニウム析出条件を推算し、EAGLE ガス化炉の運転条件に反映した。その結果、安定運転を達成した。

2.4 成果の意義

EAGLEプロジェクトでは、IGCCやIGFC(高効率発電)を念頭においた国産の酸素吹噴流床型石炭ガス化炉の開発、および近年の地球温暖化対策に配慮したCO₂分離回収技術の開発を実施した。

EAGLE炉は、酸素吹一室二段旋回流型噴流床炉であり、炉内の温度コントロールが可能で耐熱強化を図っていることから、海外先行プラントと比較して、高い冷ガス効率が得られ、適用炭種幅が広い。また、酸素吹石炭ガス化炉から得られる石炭ガス化ガスは、COとH₂以外の成分(N₂等)の比率が少ないという特長から、石炭火力発電の高効率化の他、合成燃料、化学原料、水素等の製造技術への汎用性が高い。資源が少なく一次エネルギーの大半を輸入に依存している我が国にとって、石炭ガス化技術を習得したことは、エネルギーセキュリティの観点から非常に意義があった。

一方、エネルギーおよび環境を巡る情勢に目を向けると、地球温暖化対策が急務となり、石炭のクリーンな利用技術の開発では、欧米を中心に「石炭ガス化」、「CCS」、「水素」をキーワードとしたプロジェクトが推進されている。EAGLEプロジェクトでは、世界に先駆け化学プラント用に開発されたCO₂分離・回収技術を石炭ガス化発電プロセスに適用できるように改良したことは、石炭のクリーン利用技術開発に大きく寄与することができたと言える。

2.5 特許・成果の普及（支援・調査研究含む）

学会等における研究発表、論文投稿を通じ、積極的に成果普及を図っている。また、パネル展示、新聞発表等を通じ、一般への広報活動も積極的に行っている。平成15年度以降の実績は表3-13のとおりで、各項目の詳細は別紙に示す。

表3-13 特許・成果普及状況

	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	合 計
特許出願	2件 (登録1)	3件	4件	2件	8件	4件	4件	27件
論文投稿	8件	5件	5件	3件	4件	8件	1件	34件
研究発表	11件	6件	6件	6件	5件	9件	3件	46件
受賞実績	0件	0件	0件	0件	2件	0件	0件	2件
新聞等掲載	3件	6件	15件	7件	13件	14件	5件	63件
展示会出展	2件	4件	2件	2件	0件	1件	1件	12件

※平成21年度に関しては11月30日現在の実績を記載

IV. 実用化、事業化の見通しについて

EAGLEパイロットプラントによる試験は、平成14年2月に石炭ガス化炉に火入れし、石炭ガス化試験運転が開始されて以降、今日に至るまで着実に試験を実施しており、平成21年12月末現在における累計ガス化運転時間は7,943時間、累計石炭使用量は41,362tonに達している。

この試験運転期間において、開発ステージを大きくSTEP-1とSTEP-2の2つに分け、ガス化炉等設備の開発課題に鋭意取組み計画通りの成果をあげてきた。

プロジェクトの開発成果については、STEP-1では、ガス化炉性能である炭素転換率は99%以上、冷ガス効率は82%以上を達成し、目標を上回る成果を得ており、先行する海外ガス化炉と比較して遜色のないレベルにある。石炭ガス中の不純物除去性能についても、硫黄化合物:1ppm未満、ハロゲン類:1ppm未満、アンモニア:1ppm未満、ばいじん濃度:1mg/m³N未満の実績を得ており、世界最高水準の性能を達成している。また、長期連続運転試験において1,015時間の連続運転に成功し、実用化を図る上で重要な信頼性および安定性を確認すると共に、大型化に関する検証試験においては、設計に必要なスケールアップデータや性状が異なる炭種特性データ等の取得を行い、将来大型石炭ガス化システムを構築するための必要なエンジニアリングデータを獲得した。

STEP-2は、本プロジェクトで開発された技術の価値をより高めるため社会情勢を勘案し、高灰融点炭種拡大、CO₂分離回収技術、微量物質挙動調査に取り組んだ。高灰融点炭種拡大では、STEP-1の試験炭に比べ約100℃程度灰融点が高い炭まで、ガス化適用炭種の拡大が図れ、海外先行プラントより炭種制約が少ない多炭種対応のガス化炉を構築することができた。CO₂分離回収技術については、各国でIGCCをベースにゼロエミッション化に向けたプロジェクトが推進される中、世界に先駆け着手し、化学プラント用に開発されたシステムを石炭ガス化発電用プロセス用に転用するための設計データを取得することができた。微量物質挙動調査については、実用化を念頭においた環境対策や機器信頼性向上を目的に、環境負荷状況の把握、規制物質の処理技術や腐食物質に対応できる材料選定に資するデータを取得した。

実用化については、石炭ガス化発電プラントとしては、まずは至近年で実現可能なIGCCを先行することとし、現在電源開発(株)と中国電力(株)が共同でEAGLEの次期大型実証試験を計画中であり、また、NEDOにおいては現在関連プロジェクトを実施及び計画[革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクトー発電からCO₂貯留までのトータルシステムFS(H20年度からの継続)、燃料電池対応型石炭ガス化複合発電最適化調査研究(H22年度新規予定)、革新的CO₂回収型石炭ガス化技術(H22年度新規予定)]であり、今後、これらとの協調を図りながら、次期大型実証試験、さらには最終的に商用機に繋げて行く計画である。(IGFCについては燃料電池側の開発動向を注視し、開発課題をクリアーにしながら適正な時期にステップを踏んで実用化を目指す。)

大型実証機については、EAGLEパイロット試験で検証された個別プロセスをスケールアップし、連係された発電システム(ガスタービン発電+蒸気タービン発電)としての実証が下記の内容にて計画されている。

①ガス化炉設備は、HYCOL 50t/日ガス化炉、EAGLE 150t/日のガス化炉の成果に基づき、ガス化

炉設計アルゴリズムと先行プラントスケールアップ実績を勘案して規模を決定する。

- ②ガス精製設備は、EAGLEパイロットプラントで得られた成果を踏まえ、化学プラントで培われた塔槽類のスケールアップ手法を踏襲する。
- ③複合発電設備は、既存複合発電技術をベースに、ガスタービン燃焼器に中カロリー石炭ガスとCCSを見据えた水素リッチガスに対応した燃焼器を適用する。
- ④全体システム制御は、EAGLEパイロット設備ではガス化設備とガスタービンとの連係制御システムを構築していることから、その制御システムに蒸気タービンを含めた複合発電プラント制御システムを検討する。

図4-1にガス化炉設計のアルゴリズムを示す。

ガス化炉設計には、ガス化炉上部絞り部のスラッキング防止、炉壁損傷防止、スラグ安定流下を考慮する必要がある。スケールアップする場合も同様で、石炭処理量を決めると搬送に必要な窒素量やガス化に求められる酸素量(ガス化剤:スラグ熔融温度を考慮して上下段酸素供給量)を決定することができる。ガス化炉に供給する燃料やガス化剤からガス化反応計算により生成ガス量が決まるが、スラッキング防止の観点から、スラグ飛散を抑制する必要がある、炉内空塔速度等のパラメータが検討され、炉径、絞り部、炉高、スラグタップが設計される。また、ガス化には粒子、ガス滞留時間(ガス化反応時間)を確保しなければならないが、粒子、ガス滞留は炉内の旋回状態に依存し、バーナから噴出させる旋回円形、流速が求められ、その場合炉壁損傷の観点から炉壁の熱負荷(旋回の強さ、バーナ火炎長や幅による煽り)を考慮する必要がある。

以上のような各種パラメータの検討には、EAGLEパイロット試験で得られた成果(設計をベースとした改良、改善点)を反映し最適ポイントでガス化炉形状を決定する。

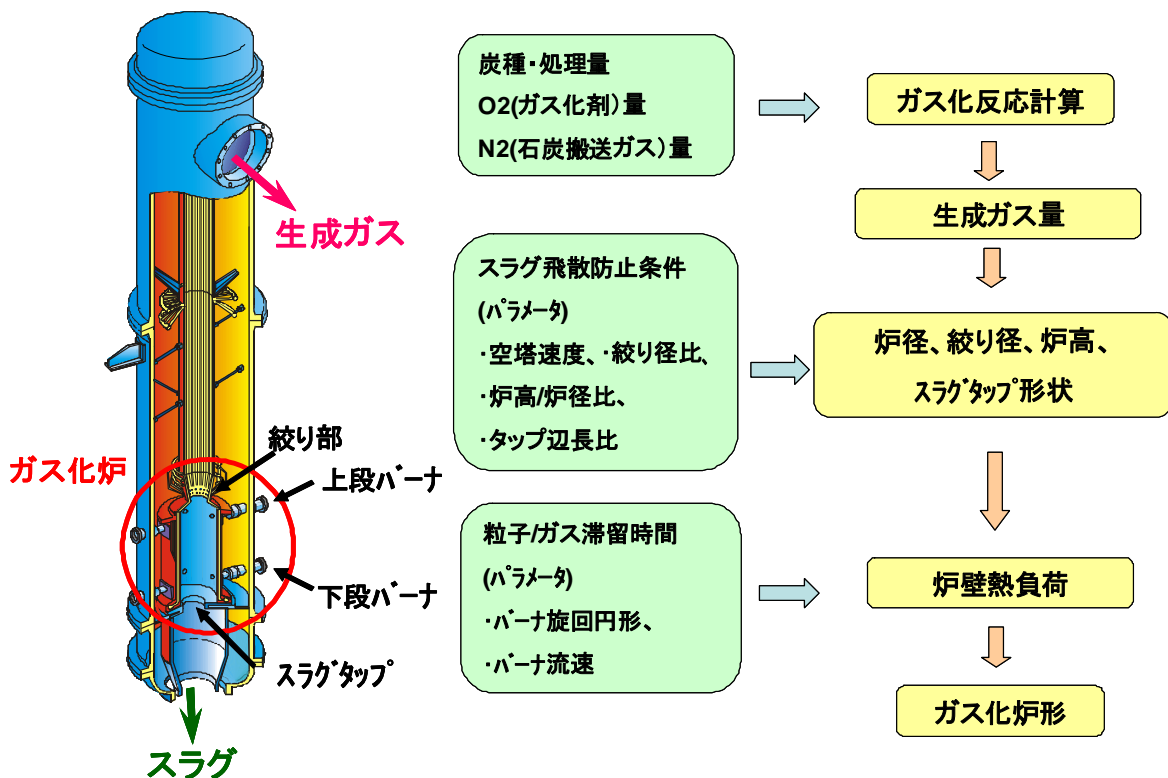


図4-1 ガス化炉設計のアルゴリズム

また、実用化までのスケールアップ率の考え方については、開発リスクの観点から先行プラントの実績を踏まえ、石炭処理量10倍以内が妥当と考えられる。

EAGLE炉(石炭処理量150t/日)をベースにした場合、実証機は石炭処理量1,500t/日級未満、商用機についてはEAGLEで構築したガス化炉設計アルゴリズムのガス化炉空塔速度をそのまま踏襲する場合、压力容器の製作限界があり、実証機の2～3倍程度の石炭処理量3,000t/日級程度が実現可能と思慮される。

大型実証機については、中国電力㈱と電源開発㈱の間で、大崎クールジェン㈱を設立し、17万KW級(石炭処理量1,100t/d級)酸素吹石炭ガス化複合発電(IGCC) 実証試験を実施することで合意し、平成29年3月試験開始を目指して環境アセスメント等プロジェクトが進められている。酸素吹IGCCの実証試験を3年程度実施した後、本実証試験では、CO₂分離回収技術の実証試験も検討されており、石炭火力発電のゼロエミッション化に向け大きく前進することが期待されている。

上記、大型実証試験が実用化に向けた最終段階であり、商用機は実証機の成果を反映した設計を行う。商用機実現の場合、酸素吹石炭ガス化技術は、石炭利用高効率発電の他に、生成されるCOとH₂から軽油やDMEなどの燃料を合成することが可能である。近年の原油価格の高止まり状況を勘案すれば、石炭からの代替燃料製造技術が油価高騰の抑止効果を持ちうる点にも注目する必要がある。また、ガス化から発生するH₂を用いてアンモニアを合成し、窒素肥料を製造することが可能である。日本でも石油化学普及以前はこの手法が取られていたが、発展途上国ではむしろこれが主流である場合も多く、日本で開発した高効率石炭ガス化炉を移転・普及させることも考えられる。更に、酸素吹IGCCとCO₂分離回収技術の組み合わせることにより、石炭ガス化発電プロセスのゼロエミッション化を図ると共に、CO₂を全量分離回収しゼロエミッション型の水素製造システムへの展開が可能である。

このように石炭ガス化は将来のエネルギー・環境問題への対応技術として多様な可能性を有しており、実用化に向け着実に実施することが重要である。

特許・成果の普及

(※ 平成15年度以降の成果は以下の通り)

1. 平成15年度

(1) 特許：2件

①「ガス化処理装置及び方法」

- ・電源開発(株)／バブコック日立(株) 共同出願 ・特願 2003-364639
- ・平成 15 年 10 月 24 日出願 ・平成 17 年 5 月 19 日出願公開 ・平成 21 年 9 月 11 日登録
- ・出願国: 日本

②「気体処理装置の液面調整制御方法」

- ・電源開発(株)／(株)日立製作所 共同出願 ・特願 2003-388009
- ・平成 15 年 11 月 18 日出願 ・平成 17 年 6 月 9 日出願公開 ・出願国: 日本

(2) 論文投稿：8件

①「ガス化複合発電」

- ・日本エネルギー学会誌(2003.7) ・犬丸 淳

②「石炭の高効率利用技術開発」

- ・月刊「地球環境」(2003.8) ・外岡 正夫

③「燃料電池用石炭ガス化製造パイロットプラントにおける空気分離制御システム」

- ・神戸製鋼技報(2003.10)

④「IGFC」

- ・火力原子力発電誌(2003.10) ・越智 敏夫

⑤「燃料電池用石炭ガス化技術開発の現況」

- ・工業調査会月刊誌(2003.11) ・江頭 信幸

⑥「The Development of EAGLE and application for co-production system」

- ・日本ガスタービン学会誌(2003.11) ・早川 宏

⑦「EAGLE(燃料電池用石炭ガス製造技術開発)」

- ・日本エネルギー学会誌(2003.11) ・外岡 正夫

⑧「Development of Technology for Manufacturing gasified Coal for Fuel Cells(EAGLE pilot plant)」・
CADDET INFOPOINT (2003.12)

(3) 研究発表：11件

①「燃料電池用石炭ガス製造技術開発(EAGLE)」

- ・第7回石炭利用国際会議(2003.9.4) ・平岡 靖幸

- ②「The Development of EAGLE Project」
 - ・第 20 回ピッツバーグ国際石炭会議(2003.9.18) ・山下 洋
- ③「燃料電池用石炭ガス製造技術開発」
 - ・クリーン・コール九州・韓国交流フォーラム 2003 (2003.9.24) ・越智 敏夫
- ④「Operational Experience on Sintered Metallic Filter for Coal Gasified Raw Syngas」
 - ・ICCCI 2003 (2003.9.24～27) ・寿原 潤一
- ⑤「Operation Experience at the 150t/d EAGLE Gasification Pilot Plant」
 - ・Gasification Technologies 2003 (2003.10.12～15) ・鈴木 英樹
- ⑥「EAGLE パイロットプラントの建設および試験運転状況」
 - ・平成 15 年度火力原子力発電大会(2003.10.15～17) ・宮本 克明、金星 春夫
- ⑦「The Development of EAGLE Project」
 - ・第 12 回国際石炭科学会議(ICCS) (2003.11.6) ・久保田 学
- ⑧「The Development of EAGLE」
 - ・ICOPE-03 (2003.11.9～13) ・小堀 敬一
- ⑨「Coal Gasification Development for IGFC(EAGLE Project)」
 - ・APEC Clean Fossil Energy テクニカルセミナー(2003.12.9～12) ・三樹 創
- ⑩「EAGLE Project」
 - ・APEC WORKSHOP(豪州) (2004.2.16) ・鈴木 英樹
- ⑪「燃料電池用石炭ガス製造技術開発(EAGLE)」
 - ・CCT 推進セミナー(中国) (2004.2.17～25) ・外岡 正夫

(4) 受賞実績：0 件

(5) 新聞等掲載：3 件

- ①「見直される石炭パワー」
 - ・日本工業新聞 ・平成 15 年 4 月 16 日掲載
- ②「J パワー燃料電池用石炭ガス製造試験プラント長期連続運転へ」
 - ・電気新聞 ・平成 15 年 10 月 9 日掲載
- ③「先端技術を拓く知の創造者たち」
 - ・日本工業新聞 ・平成 15 年 12 月 4 日掲載

(6) 展示会出展：2 件

- ①「北九州学術研究都市 第 3 回産学連携フェア」
 - ・北九州学術研究都市 会議場 ・平成 15 年 10 月 8 日～10 日
- ②「エコテクノ 2003 (地球環境・新エネルギー技術展)」
 - ・西日本総合展示場 ・平成 15 年 10 月 22 日～24 日

2. 平成16年度

(1) 特許：3件

①「電気透析装置を備えた脱硫装置」

- ・電源開発(株)／(株)日立製作所 共同出願 ・特願 2004-182230
- ・平成16年6月21日出願 ・平成18年1月5日出願公開 ・出願国:日本

②「固体燃料ガス化装置及びガス化方法」

- ・電源開発(株)／(株)日立製作所／バブコック日立(株) 共同出願 ・特願 2005-029131
- ・平成17年2月4日出願 ・平成18年8月17日出願公開 ・出願国:日本

③「石炭ガス化システムのガス精製方法」

- ・電源開発(株)／(株)日立製作所／バブコック日立(株) 共同出願 ・特願 2005-046659
- ・平成17年2月23日出願 ・平成18年9月7日出願公開 ・出願国:日本

(2) 論文投稿：5件

①「燃料電池用石炭ガス製造技術開発(EAGLE)の現状と今後の展開」

- ・月刊「電気現場技術」(2004.4) ・宮本 克明

②「IGFC技術」

- ・JSME P-SCD338 分科会 成果報告書(2004.6) ・江頭 信幸

③「A REPORT ON COAL GASIFICATION TECHNOLOGY THAT INCLUDED A SYNTHETIC CLEAN-UP SYSTEM」

- ・Ceramic Transactions(2004.7) ・寿原 潤一

④「燃料電池用石炭ガス製造技術開発－EAGLE－」

- ・日本エネルギー学会誌(2005.3) ・外岡 正夫

⑤「J-Power 若松研究所における研究開発」

- ・CCT Journal 第14号(2005.3) ・木村 直和

(3) 研究発表：6件

①「IGFC開発の現状と展開」

- ・日本学術振興会石炭利用技術148委員会(2004.5.11) ・外岡 正夫

②「燃料電池用石炭ガス製造技術開発(EAGLE)の現状と今後の展開」

- ・日本機械学会 2004年度年次大会(2004.9.7) ・外岡 正夫

③「Operational Experiences of EAGLE Coal Gasification System」

- ・第21回 国際ピッツバーグ石炭会議(2004.9.16) ・山下 洋

④「The Development of Coal Gasification in J-POWER」

- ・ICCR(2004.10.28) ・有森 映二

⑤「燃料電池用石炭ガス製造技術開発－EAGLE－」

- ・日本エネルギー学会三部会合同シンポジウム(2004.11.4) ・外岡 正夫

⑥「EAGLE Project」

- ・12th APEC テクニカルセミナー(2005.1.26) ・木村 直和

(4) 受賞実績：0件

(5) 新聞等掲載：6件

- ①「石炭ガス化燃料電池複合発電レポート」
・METI 若狭/FUTABA/すまいる ・平成16年4月15日掲載
- ②「石炭ガス化技術」
・日本経済新聞 ・平成16年5月28日掲載
- ③「技術革新による新ビジネス続々登場」
・日本経済新聞 ・平成16年6月4日掲載
- ④「石炭ガス化技術」
・日本経済新聞 ・平成16年6月30日掲載
- ⑤「水素は石炭から」
・電気新聞 ・平成17年1月27日掲載
- ⑥「Jパワーの技術開発を見る」
・エネルギーフォーラム ・平成17年2月掲載

(6) 展示会出展：4件

- ①「北九州学術研究都市 第4回産学連携フェア」
・学研都市体育館 ・平成16年10月6日～8日
- ②「CEPSI2004 in 上海」
・上海国際会議場 ・平成16年10月18日～22日
- ③「燃料電池・水素エネルギー技術展&セミナー in 九州」
・西日本総合展示場 ・平成16年10月27日～29日
- ④「第1回 国際燃料電池展」
・東京ビッグサイト東展示場 ・平成17年1月19日～21日

3. 平成17年度

(1) 特許：4件

- ①「粗粒分離機能付きチャー搬送装置および石炭ガス化システム」
・電源開発(株)/株日立製作所/バブコック日立(株) 共同出願 ・特願 2005-241296
・平成17年8月23日出願 ・平成19年3月8日出願公開 ・出願国:日本
- ②「加圧型ガス化装置、その運転方法およびガス化発電装置」
・電源開発(株)/株日立製作所/バブコック日立(株) 共同出願 ・特願 2005-246068
・平成17年8月26日出願 ・平成19年3月8日出願公開 ・出願国:日本
- ③「ガス精製システムおよびガス精製方法」
・電源開発(株)/株日立製作所 共同出願 ・特願 2006-000313
・平成18年1月5日出願 ・平成19年7月19日出願公開 ・出願国:日本

④「固体燃料ガス化装置およびガス化方法」

- ・電源開発(株)／(株)日立製作所／バブコック日立(株) 共同出願 ・PCT/JP2006/301618
- ・平成 18 年 2 月 1 日出願 ・出願国:PCT

(2) 論文投稿：5 件

①「多目的石炭ガス製造技術開発(EAGLE)の開発状況」

- ・月刊「電気評論」(2005.6) ・鈴木 伸行

②「Japan Researches Energy Future」

- ・WORLD COAL INSTITUTE NEWSLETTER “Ecoal”(2005.7) ・WORLD COAL INSTITUTE

③「多目的石炭ガス製造技術開発(EAGLE)の開発状況」

- ・(社)日本機械学会 2005 年度年次大会 講演論文集(2005.9) ・鈴木 伸行

④「燃料電池用石炭ガス製造技術開発(EAGLE)の試験状況」

- ・火力原子力発電誌(2005.10) ・外岡 正夫

⑤「燃料電池用石炭ガス製造技術(EAGLE)の開発状況」

- ・月刊「電気評論」(2006.1) ・山下 洋

(3) 研究発表：6 件

①「Multi-purpose Coal Gasification Technology Development(EAGLE)」

- ・日豪ワークショップ(2005.9.16) ・鈴木 英樹

②「多目的石炭ガス製造技術開発(EAGLE)の開発状況」

- ・(社)日本機械学会 2005 年度年次大会(2005.9.20～22) ・鈴木 伸行

③「Operational Experience of EAGLE Coal Gasification System」

- ・2005 ICCS&T Okinawa(2005.10.9～14) ・山下 洋

④「燃料電池用石炭ガス製造技術開発(EAGLE)の試験状況」

- ・平成 17 年度 火力原子力発電大会(2005.10.12～13) ・外岡 正夫

⑤「OPERATIONAL EXPERIENCE ON SINTERED METALLIC FILTER FOR COAL GASIFIED RAW SYNGAS IN EAGLE PILOT PLANT」

- ・第 6 回 高温ガス精製国際会議(2005.10.20～22) ・寿原 潤一

⑥「石炭ガス化技術について」

- ・DME フォーラム製造分科会(2006.1.12) ・栗原 利夫

(4) 受賞実績：0 件

(5) 新聞等掲載：15 件

①「燃料電池用石炭ガス製造試験プラント『852 時間連続運転に成功』」

- ・電気新聞 ・平成 17 年 3 月 31 日掲載

②「石炭燃料における高効率化技術」

- ・OHM ・平成 17 年 5 月掲載

③「企業広告(J-POWER)」

- ・日経新聞 ・平成 17 年 6 月 16 日掲載

- ④「企業広告(J-POWER)」
 - ・読売新聞、毎日新聞、産経新聞 ・平成 17 年 6 月 20 日掲載
- ⑤「21世紀を拓く 知の創造者たち」
 - ・フジサンケイビジネスアイ ・平成 17 年 9 月 8 日掲載
- ⑥「企業広告(J-POWER)」
 - ・東京新聞 ・平成 17 年 11 月 6 日掲載
- ⑦「求む、巨大燃料電池 石炭からエネルギーを60%引き出せる」
 - ・日経 ものづくり ・平成 17 年 12 月掲載
- ⑧「石炭ガス発電所建設 (J パワー、2012 年までに)」
 - ・日本経済新聞 ・平成 17 年 12 月 28 日掲載
- ⑨「石炭ガス化発電所建設 (電源開発検討 CO2 削減に効果)」
 - ・西日本新聞 ・平成 17 年 12 月 30 日掲載
- ⑩「企業広告(EAGLE)」
 - ・週刊新潮、週刊文春 ・平成 18 年 1 月 19 日掲載
- ⑪「石炭微粉ガス化発電で効率とCO2削減に対応」
 - ・週刊 東洋経済 ・平成 18 年 2 月 4 日掲載
- ⑫「世界規模で「石炭復権」」
 - ・産経新聞 ・平成 18 年 2 月 4 日掲載
- ⑬「求む、巨大燃料電池 石炭からエネルギーを60%引き出せる」
 - ・燃料電池 2006 ・平成 18 年 2 月 14 日掲載
- ⑭「企業広告(EAGLE)」
 - ・日経ビジネス ・平成 18 年 3 月 6 日掲載
- ⑮「企業広告(EAGLE)」
 - ・日本経済新聞、毎日新聞、産経新聞 ・平成 18 年 3 月 8 日掲載

(6) 展示会出展：2 件

- ①「北九州学術研究都市 第 5 回産学連携フェア」
 - ・北九州学術研究都市 会議場 ・平成 17 年 10 月 5 日～7 日
- ②「福岡水素エネルギー社会近未来展 2005」、「エコ・テクノ 2005」
 - ・西日本総合展示場 ・平成 17 年 10 月 19 日～21 日

4. 平成 18 年度

(1) 特 許：2 件

- ①「二段ガス化炉」
 - ・電源開発(株)／バブコック日立(株) 共同出願 ・特願 2007-074287
 - ・平成 19 年 3 月 22 日出願 ・平成 20 年 10 月 2 日出願公開 ・出願国: 日本

②「ガス化炉」

- ・電源開発(株)／バブコック日立(株) 共同出願 ・特願 2007-074288
- ・平成 19 年 3 月 22 日出願 ・平成 20 年 10 月 2 日出願公開 ・出願国:日本

(2) 論文投稿 : 3 件

①「石炭ガス化技術の推進」

- ・月刊「電気協会報」(2006.7) ・木村 直和

②「石炭熔融水砕スラグのコンクリート用細骨材への利用に関する研究」

- ・2006 年度日本建築学会大会(関東)講演論文集(2006.9) ・山下 洋

③「多目的石炭ガス化技術(EAGLE)の開発状況」

- ・火力原子力発電誌 H18 年度特集号(2006.10) ・鈴木 伸行

(3) 研究発表 : 6 件

①「EAGLEプロジェクトの進捗状況と今後の展開」

- ・CCT ワークショップ(2006.7.26) ・外岡 正夫

②「燃料電池用石炭ガス高度精製技術開発(EAGLE)」

- ・平成 17 年度科学技術連携施策群「水素利用／燃料電池」対象施策事業に係る成果報告会(2006.8.1) ・外岡 正夫

③「EAGLEプロジェクトの現況(the Status of the EAGLE Project)」

- ・CLEAN COAL DAY IN JAPAN 2006(2006.9.5) ・鈴木 英樹

④「石炭熔融水砕スラグのコンクリート用細骨材への利用に関する研究」

- ・2006 年度日本建築学会大会(関東)(2006.9.8) ・山下 洋

⑤「噴流床石炭ガス化技術の進歩と今後の課題」

- ・日本エネルギー学会三部会合同シンポジウム(2006.11.8) ・小山 俊太郎

⑥「Operation Experience of EAGLE Coal Gasification System」

- ・International Conference on Clean Coal Technology and Fuel Cells(2006.11.16) ・山下 洋

(4) 受賞実績 : 0 件

(5) 新聞等掲載 : 7 件

①「IGCC開発動向 J-POWERなどと質疑／自民・新エネ分科会」

- ・電気新聞 ・平成 18 年 4 月 27 日掲載

②「先端技術で効率世界一 省エネ日本が主導」

- ・読売新聞 ・平成 18 年 7 月 8 日掲載

③「企業広告(EAGLE)」

- ・AERA ・平成 18 年 7 月 17 日掲載

④「CO₂分離回収に着手」

- ・電気新聞 ・平成 18 年 8 月 22 日掲載

⑤「石炭ガス化CO₂なくせ」

- ・朝日新聞 ・平成 18 年 11 月 7 日掲載

⑥「温暖化・資源問題「解」探る」、「多彩な新技術芽吹く」

・日経産業新聞(第二部) ・平成 18 年 11 月 8 日掲載

⑦「石炭ガス化時のCO₂回収 北九州市で技術研究へ」

・西日本新聞 ・平成 19 年 1 月 10 日掲載

(6) 展示会出展：2 件

①「北九州学術研究都市 第 6 回産学連携フェア」

・北九州学術研究都市内 ・平成 18 年 10 月 18 日～20 日

②「福岡水素エネルギー社会近未来展 2006」、「エコ・テクノ 2006」

・西日本総合展示場 ・平成 18 年 11 月 20 日～23 日

5. 平成 19 年度

(1) 特 許：8 件

①「ガス化炉、ガス化発電プラント、ガス化装置及びガス化炉の運転方法」

・電源開発(株)／バブコック日立(株) 共同出願 ・特願 2007-114257

・平成 19 年 4 月 24 日出願 ・平成 20 年 11 月 6 日出願公開 ・出願国:日本

②「ガス化方法及び装置」

・電源開発(株)／バブコック日立(株) 共同出願 ・特願 2007-183189

・平成 19 年 7 月 12 日出願 ・平成 21 年 1 月 29 日出願公開 ・出願国:日本

③「再生式脱硫装置及び脱硫システム」

・電源開発(株)／(株)日立製作所 共同出願 ・特願 2007-183194

・平成 19 年 7 月 12 日出願 ・平成 21 年 1 月 29 日出願公開 ・出願国:日本

④「石炭ガス化排水の処理方法及び処理装置」

・電源開発(株)／栗田工業(株) 共同出願 ・特願 2007-188346

・平成 19 年 7 月 19 日出願 ・平成 21 年 2 月 5 日出願公開 ・出願国:日本

⑤「固体燃料ガス化装置及びガス化方法」

・電源開発(株)／(株)日立製作所／バブコック日立(株) 共同出願 ・11/883442(国内移行)

・平成 19 年 7 月 31 日出願 ・出願国:アメリカ合衆国

⑥「固体燃料ガス化装置及びガス化方法」

・電源開発(株)／(株)日立製作所／バブコック日立(株) 共同出願 ・2006211317(国内移行)

・平成 19 年 7 月 31 日出願 ・出願国:オーストラリア

⑦「固体燃料ガス化装置及びガス化方法」

・電源開発(株)／(株)日立製作所／バブコック日立(株) 共同出願 ・200680003973.4(国内移行)

・平成 19 年 8 月 3 日出願 ・出願国:中華人民共和国

⑧「反応炉装置および反応炉内ガス温度推定方法」

・電源開発(株) ・特願 2007-236658

・平成 19 年 9 月 12 日出願 ・平成 21 年 4 月 2 日出願公開 ・出願国:日本

(2) 論文投稿：4件

- ①「噴流層石炭ガス化技術の進歩と今後の課題」
・日本エネルギー学会誌(2007.4) ・小山 俊太郎
- ②「多目的石炭ガス製造技術開発(EAGLEプロジェクト)の現況」
・日本エネルギー学会誌(2007.5) ・中村 郷平
- ③「EAGLEプロジェクト(第V章 1-4.2)」
・火力原子力発電誌 H19 年度特集号(2007.10) ・山下 洋
- ④「多目的石炭ガス製造技術開発(EAGLE)」
・日本工業出版(株)「配管技術」12月号(2007.12) ・清水 正明

(3) 研究発表：5件

- ①「多目的石炭ガス製造技術開発(EAGLE)」
・平成 19 年度 第1回九州DME研究会(2007.5.18) ・外岡 正夫
- ②「EAGLE Project as Development of oxygen blown coal gasification technology」
・北京クリーンコールテクノロジーWS(2007.6.26) ・木村 直和
- ③「多目的石炭ガス製造技術開発(EAGLE)の開発状況」
・日本機械学会 2007 年次大会(2007.9.10~12) ・山下 洋
- ④「酸素吹EAGLE炉の開発状況」
・エコ・テクノ 2007 石炭等化石資源高度利用中核人材育成セミナー(2007.10.19) ・木村 直和
- ⑤「石炭の高効率利用 EAGLEプロジェクトにおけるCO₂削減」
・第 23 回日本エネルギー学会 関西支部セミナー(2007.11.7) ・有森 映二

(4) 受賞実績：2件

- ①「平成 19 年度 日本エネルギー学会 学会賞(技術部門)」
・平成 20 年 2 月 26 日受賞
- ②「第 17 回 地球環境大賞『地球環境会議が選ぶ優秀企業賞』」
・平成 20 年 2 月受賞

(5) 新聞等掲載：13件

- ①「石炭ガス化でエコ発電」
・朝日新聞 ・平成 19 年 4 月 13 日掲載
- ②「石炭ガス化発電プラント CO₂分離装置を設置」
・日経産業新聞 ・平成 19 年 4 月 23 日掲載
- ③「EAGLEパイロット機 1000 時間連続運転に成功」
・電気新聞 ・平成 19 年 5 月 8 日掲載
- ④「石炭ガス化発電実証プラント 1000 時間連続運転に成功」
・日刊工業新聞 ・平成 19 年 5 月 8 日掲載
- ⑤「石炭ガス化プラント 連続 1015 時間運転に成功」
・西日本新聞 ・平成 19 年 5 月 8 日掲載

- ⑥「第2ステップに入ったEAGLEプロジェクトを主導」
 - ・エネルギーフォーラム ・平成 19 年 6 月掲載
- ⑦「CO₂の分離・回収技術確立へ」
 - ・日刊工業新聞 ・平成 19 年 6 月 21 日掲載
- ⑧「石炭復権 エネルギー価格高騰で見直し進む」
 - ・産経新聞社書籍「資源小国ニッポンの挑戦」 ・平成 19 年 6 月掲載
- ⑨「エネルギーと環境の共生を全世界的に展開する」
 - ・エコノミスト ・平成 19 年 6 月 26 日掲載
- ⑩「先端走る石炭技術」
 - ・朝日新聞 ・平成 19 年 10 月 7 日掲載
- ⑪「省エネが地球救う 日本技術に熱視線 (CO₂分離・回収も)」
 - ・西日本新聞 ・平成 20 年 1 月 4 日掲載
- ⑫「第 17 回 地球環境大賞 『地球環境会議が選ぶ優秀企業賞』受賞」
 - ・フジサンケイ ビジネスアイ ・平成 20 年 2 月 20 日掲載
- ⑬「石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC)」
 - ・経済産業省 九州経済産業局広報誌 ・平成 20 年 1 月掲載

(6) 展示会出展

なし

6. 平成 20 年度

(1) 特 許 : 4 件

- ①「加圧粉体供給装置及びその運転方法」
 - ・電源開発(株)／バブコック日立(株) 共同出願 ・特願 2008-110404
 - ・平成 20 年 4 月 21 日出願 ・出願国:日本
- ②「固体燃料ガス化バーナ及び固体燃料ガス化バーナを備えたガス化炉」
 - ・電源開発(株)／バブコック日立(株) 共同出願 ・特願 2008-278963
 - ・平成 20 年 10 月 30 日出願 ・出願国:日本
- ③「気流搬送微粉体用の分配器及び分配方法」
 - ・電源開発(株)／バブコック日立(株) 共同出願 ・特願 2008-325706
 - ・平成 20 年 12 月 22 日出願 ・出願国:日本
- ④「気流層ガス化炉の運転方法」
 - ・電源開発(株)／バブコック日立(株) 共同出願 ・特願 2009-005176
 - ・平成 21 年 1 月 13 日出願 ・出願国:日本

(2) 論文投稿 : 8 件

- ①「平成 19 年度 日本エネルギー学会 学会賞(技術部門)『多目的石炭ガス製造技術開発(EAGLE)プロジェクト』」
 - ・日本エネルギー学会誌 第87巻 第4号2008年4月号(2008.4) ・木村 直和

- ②「多目的石炭ガス製造技術開発(EAGLE)の開発」
 - ・(株)電気評論社『電気評論』(月刊)平成20年7月号(2008.7)・歌野 雅一
- ③「巡回気流層石炭ガス化炉内でのスラグ飛散高さの推算」
 - ・(社)化学工学会 化学工学論文集 第34巻 第4号(2008.7)・三樹 創
- ④「多目的石炭ガス製造技術(EAGLE)開発の状況」
 - ・JCOAL Journal vol. 11 2008年8月 第11号(2008.8)・有森 映二
- ⑤「石炭ガス化スラグ発泡体を使用したコンクリートの中性化及び凍結融解抵抗性に関する検討、石炭ガス化スラグ発泡体を使用したモルタル及びコンクリートの強度特性に関する検討」
 - ・土木学会 平成20年度全国大会 第63回年次学術講演会(2008.9)・山下 洋
- ⑥「多目的石炭ガス製造技術(EAGLE)の開発」
 - ・日本機械学会 動力エネルギーシステム部門 第37号ニュースレター(2008.11)・有森 映二
- ⑦「多目的石炭ガス製造技術(EAGLE: coal Energy Application for Gas, Liquid and Electricity)」
 - ・(株)シーエムシー出版 書籍「石炭利用の最新技術と展望」(2009.1)・有森 映二
- ⑧「EAGLE(酸素吹き石炭ガス化炉)におけるCO₂分離回収試験の現状」
 - ・水素エネルギー協会会誌 第34巻、第1号(2009.3)・木村 直和

(3) 研究発表：9件

- ①「石炭高効率発電技術 酸素吹き石炭ガス化技術開発 EAGLE」
 - ・平成20年度 第1回「九州DME研究会」(2008.5.29)・歌野 雅一
- ②「多目的石炭ガス製造技術開発(EAGLE)の現状」
 - ・日本機械学会 第13回動力・エネルギー技術シンポジウム(2008.6.19～20)・清水 正明
- ③「地球環境問題と新技術開発」
 - ・北九州市民カレッジ「もっと知りたい温暖化シリーズ(企業の実践)」(2008.7.8)・木村 直和
- ④「多目的石炭ガス製造技術(EAGLE)の開発とCO₂分離回収」
 - ・2008クリーンコールデー国際会議(2008.9.4)・木村 直和
- ⑤「EAGLEプロジェクトの現状～CO₂分離回収試験を中心に～」
 - ・第45回石炭科学会議(2008.10.10)・中村 郷平
- ⑥「STATUS of the EAGLE project」
 - ・4th International Conference on Clean Coal Technology and Fuel Cells(2008.10.15)・中村 郷平
- ⑦「多目的石炭ガス製造技術(EAGLE)開発について」
 - ・第36回ガスタービン学会定期講演会(2008.10.16)・鴻上 享一
- ⑧「STATUS OF EAGLE PROJECT」
 - ・The 17th Conference of Electric Power Supply Industry [CEPSI 2008] (2008.10.27～31)
 - ・秦野 正司
- ⑨「EAGLE Step2 における CO₂分離回収試験について」
 - ・発電・CO₂分離回収技術WG [(財)地球環境産業技術研究機構] (2009.2.13)・中田 博之

(4) 受賞実績：0件

(5) 新聞等掲載：14件

- ①「J-POWER が取り組む 多目的石炭ガス製造技術開発「EAGLE」プロジェクト」
・NEDO定期広報誌 focus NEDO 2008春号 No.28 ・平成20年4月掲載
- ②「燃料電池発電へ向けた多目的石炭ガス製造技術開発・EAGLEの見学記」
・燃料電池 Vol.7 No.4 2008春号 ・平成20年4月掲載
- ③「発電・エネルギー分野におけるCO₂削減技術」
・(株)日立製作所 論文誌「日立評論」2008年5月号 ・平成20年5月掲載
- ④「研究グループ紹介『電源開発株式会社 技術開発センター』」
・日本エネルギー学会誌 2008年6月号 ・平成20年6月掲載

- ⑤「電源開発(株)社長インタビュー『技術革新と新たなプロジェクトの創造』」
・J-POWER 第56期 株主通信 ・平成20年7月掲載
- ⑥「明日への布石『石炭火力でゼロエミ』」
・フジサンケイビジネスアイ ・平成20年9月掲載
- ⑦「石炭火力の原点で進められる石炭ガス化による高効率発電」
・週刊エコノミスト ・平成20年9月掲載
- ⑧「エネルギー三国志-競い合う石炭・風力・原子力」
・日本経済新聞社 ・平成20年10月29日掲載
- ⑨「CO₂を分離回収 Jパワーが試験開始」
・日刊工業新聞 ・平成20年11月7日掲載
- ⑩「CO₂分離試験始まる JパワーEAGLE 回収性能など検証」
・電気新聞 ・平成20年11月7日掲載
- ⑪「Jパワー、CO₂分離回収試験」
・フジサンケイビジネスアイ ・平成20年11月7日掲載
- ⑫「石炭利用の最先端 EAGLE開発へ一丸」
・電気新聞 ・平成20年12月17日掲載
- ⑬「クリーンコール 石炭火力の発電効率向上進む」
・日本経済新聞 ・平成21年2月27日掲載
- ⑭「石炭火力に環境優位性 EAGLEでCO₂回収」
・日刊工業新聞 ・平成21年3月9日掲載

(6) 展示会出展：1件

- ①「エコ・テクノ2008」
・西日本総合展示場 ・平成20年10月22日～24日

7. 平成21年度（11月30日現在）

(1) 特許：4件

- ①「ロックホッパ装置及び石炭ガス化複合発電システム並びにそれらの運転方法」
 - ・電源開発(株)／バブコック日立(株) 共同出願 ・特願 2009-102678
 - ・平成 21 年 4 月 21 日出願 ・出願国:日本
- ②「気流層ガス化炉及びその運転方法」
 - ・電源開発(株)／バブコック日立(株) 共同出願 ・特願 2009- 102680
 - ・平成 21 年 4 月 21 日出願 ・出願国:日本
- ③「ガス化用バーナ、及びガス化用バーナの燃料供給方法」
 - ・電源開発(株)／バブコック日立(株) 共同出願 ・特願 2009- 104427
 - ・平成 21 年 4 月 22 日出願 ・出願国:日本
- ④「スラグ排出装置及びスラグ排出方法」
 - ・電源開発(株)／バブコック日立(株) 共同出願 ・特願 2009-118721
 - ・平成 21 年 5 月 15 日出願 ・出願国:日本

(2) 論文投稿：1件

- ①「石炭ガス化発電(IGCC/EAGLE)」
 - ・(社)火力原子力発電技術協会 会誌「火力原子力発電」2009年10月特集号(2009.10)
 - ・山下 洋

(3) 研究発表：3件

- ①「Status of the EAGLE project」
 - ・IERE バリ会議(2009.5.12) ・山下 洋
- ②「STATUS OF EAGLE PROJECT - Multi-purpose Coal Gasification Technology Development」
 - ・Clearwater Coal Conference(2009.5.31-6.4) ・清水 正明
- ③「多目的石炭ガス製造技術開発(EAGLE)の現状」
 - ・平成 21 年度火力原子力発電大会(関西大会)(2009.10.8) ・今村 秀樹

(4) 受賞実績：0件

(5) 新聞等掲載：5件

- ①「石炭ガス化技術」
 - ・フジサンケイビジネスアイ ・平成 21 年 6 月 1 日掲載
- ②「石炭を効果的・多目的に使い尽くすEAGLEプロジェクトが進行中」
 - ・投資経済2009年7月号 ・平成 21 年 7 月掲載
- ③「豊富な石炭からクリーン電力(石炭ガス化複合発電)」
 - ・日刊工業新聞 ・平成 21 年 8 月 27 日掲載
- ④「Jパワーの石炭ガス化技術EAGLE実用化に向け飛躍④」
 - ・日刊工業新聞 ・平成 21 年 9 月 28 日掲載

⑤「Jパワーの石炭ガス化技術EAGLE実用化に向け飛躍⑤」

・日刊工業新聞 ・平成 21 年 9 月 29 日掲載

(6) 展示会出展： 1 件

①「エコ・テクノ 2009」

・西日本総合展示場 ・平成 21 年 10 月 21 日～23 日

以 上

(エネルギーイノベーションプログラム)
多目的石炭ガス製造技術開発

EAGLEプロジェクト
Coal Energy Application for Gas, Liquid & Electricity

5. プロジェクトの全体概要について(公開)

平成22年1月5日(火)

(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構
電源開発(株)
バブコック日立(株)

1

1. 事業の位置付け・必要性

(1) NEDOの事業としての妥当性

【社会的背景】

温室効果ガスの削減目標を実現する革新的な技術開発が重要とされ、世界的に需要が拡大する石炭利用の高度化として、石炭ガス化複合発電の発電効率向上とCO₂分離・回収コストの低減を目指した技術開発を着実に実行することが求められている。(「低炭素社会づくり行動計画」等)



- クリーン燃焼技術(IGCC、IGFC)
- CCS(CO₂分離回収貯留技術)

【事業の目的】

本プロジェクトは「高効率でクリーンな合成ガス(CO+H₂)を製造する酸素吹石炭ガス化技術の開発」と「ガス精製技術(脱硫・脱CO₂)の開発」であり、その成果は電力用のみならず、化学原料用、水素製造用、合成液体燃料用等への適用も視野に入れた開発である。

1. 事業の位置付け・必要性

(1) NEDOの事業としての妥当性 (ロードマップ上の位置付)

公開

<技術戦略マップ2009／エネルギー分野>

⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」

【抜粋】

に寄与する技術の技術ロードマップ (7/13) (8/13) (13/13)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
5613H	石炭ガス化複合発電 (IGCC)	送電効率 41%HHV (250 MW実証機)	46%HHV (1500°C級GT・湿式ガス精製)	48%HHV (1500°C級GT・乾式ガス精製)	50%HHV (1700°C級GT・乾式ガス精製)	57%HHV (A-IGCC)
		空気吹き石炭ガス化技術 多炭種対応技術 高効率酸素製造技術	乾式ガススクリーニング技術	低温高効率石炭ガス化技術 高温ガスタービン技術(1700°C級)	IGHAT	
5614H	石炭ガス化燃料電池 複合発電(IGFC)	プラント規模/送電効率 実証機(1000 t/d級)	商用機(600 MW級/送電効率55%HHV)			65%HHV (A-IGFC)
		多炭種対応技術	酸素吹き石炭ガス化技術 乾式ガススクリーニング技術 精密ガススクリーニング技術 高温ガスタービン技術 高効率酸素製造技術	大容量高温燃料電池		
5634L	石炭ガス化多目的 利用技術					石炭ガス化コプロダクション
		多炭種対応技術	バイオマス等とのハイブリッドガス化技術 ガススクリーニング技術 代替天然ガス製造			
5801D	CO2分離回収技術	分離回収コスト 4,200円/t-CO ₂	2,000円/t-CO ₂	1,000円/t-CO ₂ (さらに分離膜の実用化で1,500円/台に)		
		IGCCでの実証試験				
		ガス化ガス・液質ガスからのCO2分離 【CO2回収技術】 膜分離技術 化学吸収法 物理吸収・吸着法	高効率酸素製造技術			

事業原簿 P33-35

3

1. 事業の位置付け・必要性

(1) NEDOの事業としての妥当性 (NEDOの関与)

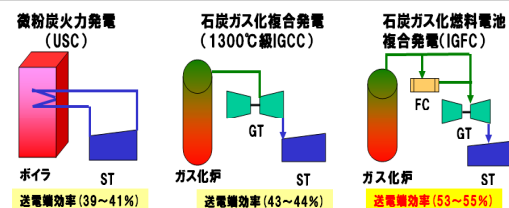


公開

[STEP1](H10~H18)

- ・高効率で合成ガス(CO+H₂)を製造できる最も先進的な酸素吹ガス化炉の開発。
- ・幅広い用途への適用が可能な石炭ガス高度精製技術の確立。

ST, GT, FC (燃料電池) との組合せにより、
既設石炭火力と比較し約30%のCO₂発生
量低減可能な高効率発電が期待できる技術



[STEP2](H19~H21)

- ・ゼロエミッション化への取り組みとして
CO₂分離回収貯留技術(CCS)への適用に向けた、石炭ガス化プロセスから
のCO₂の分離回収技術の確立
- ・幅広い石炭性状までの石炭ガス化への適用炭種拡大

- ・安価で安定供給可能な石炭の環境に調和した利用技術開発
- ・酸素吹IGCC、IGFC等高度石炭利用技術の根幹となる技術
- ・石炭からのCO₂排出量削減に大きく寄与することができる技術



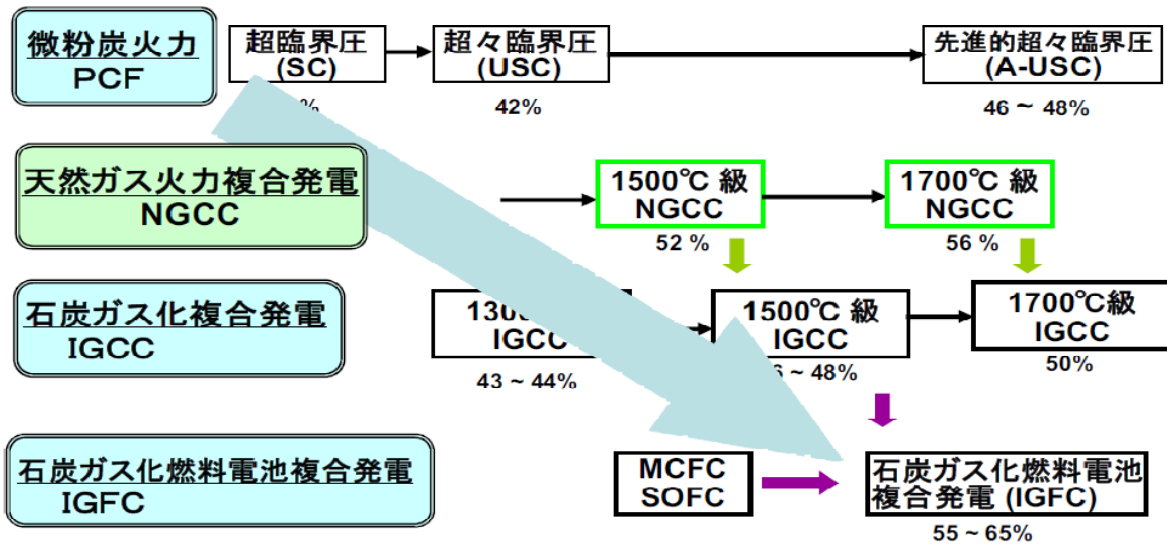
開発・実用化には大規模な試験開発が必要であり、多くの時間と費用を要し、リスクも大きいことから
NEDOがもつこれまでの知見・実績を活かして支援すべき事業で
2/3のNEDO負担(事業者負担1/3)は妥当である。

事業原簿 P45

4

1. 事業の位置付け・必要性

(1) NEDOの事業としての妥当性 (実施の効果)



高効率発電技術の体系

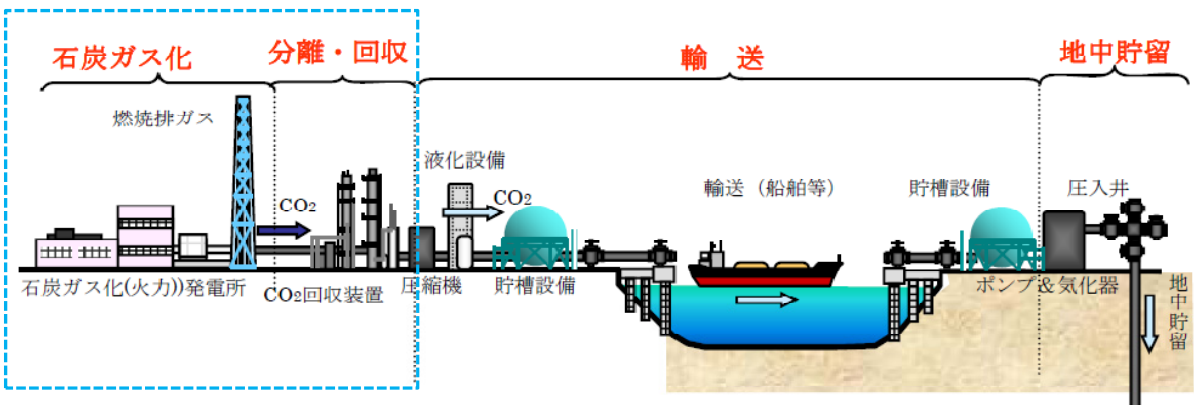
(出典: 鉱業分科会グリーンコール部会資料)

- ・本ガス化炉適用のIGFCは、最大30%の高効率(既設石炭火力(USC)比)が期待でき、石炭資源の枯渇延命化、CO₂排出量削減に大きく寄与できる。
- ・高効率とCCS技術とを組み合わせたゼロエミッション化も期待(STEP2)

1. 事業の位置付け・必要性

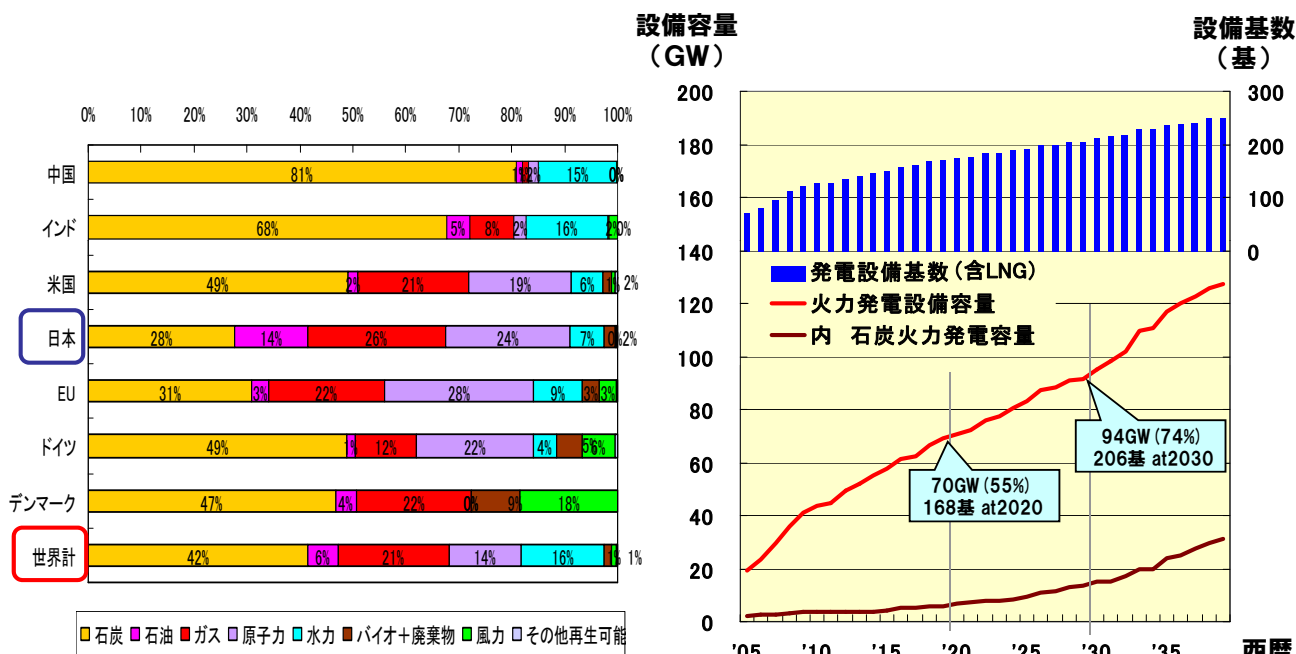
(1) NEDOの事業としての妥当性 (実施の効果)

本技術開発(EAGLE)の対象範囲



発電からCCSに至るトータルシステム

※現在NEDOでは「革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト」において、「我が国において石炭ガス化発電システムからCO₂を分離・回収し、CO₂を輸送・貯留するまでのトータルシステムの実施可能性に関する調査(FS)」を実施中である。



出典:ドイツ、デンマークは「IEA Electricity Information 2008」, 他は「IEA World Energy Outlook 2009」

リプレース対象火力発電所試算例

- 2020までに運開35年以上を経過する火力発電所
 - 石炭火力 5.7GW (石炭火力比19%、全火力比5%)
 - 石油火力 36.0GW (石油火力比93%、全火力比28%)
- 2030までに運開35年以上を経過する火力発電所
 - 石炭火力 14.4GW (石炭火力比48%、全火力比11%)
 - 石油火力 38.5GW (石油火力比99%、全火力比30%)
- 火力発電所からのCO₂排出量
 - 石炭火力:約2.1 億トン/年
 - 石油火力:約0.54億トン/年

➤ 本技術開発適用の市場規模としては、2030年までに運開35年経過の石炭、石油火力で約50GW、その2割としても、約10GWという大きな市場規模である。

・本ガス化炉適用のIGCC, IGFCは、既設石炭・石油火力(蒸気タービン利用)と比べ高効率であり、リプレース適用により石炭資源の枯渇延命化、CO₂排出量削減への多大な貢献が期待される。

(※ 火力発電設備容量出典：平成19年度電力需給の概要)

(※ CO₂排出量出典：IEA “CO₂ Emissions from Fuel Combustion” 2004edition)

1. 事業の位置付け・必要性

(1) NEDOの事業としての妥当性 (国内外の開発動向)

国内外ガス化プロセスの特徴

EAGLE	GE	E-Gas	Shell	PRENFLO	CCP
日本・北九州 NEDO, JP	米國・フロリダ	米國・インディアナ	オランダ・ブゲナム	スペイン・アェルトヤノ	日本・勿来
	TECO	Conocophilips	Nuon	Elcogas	CCP
日立グループ 酸素吹 石炭乾式供給	GE Energy 酸素吹 石炭スラリー供給	Conocophilips 酸素吹 石炭スラリー供給	Shell 酸素吹 石炭乾式供給	Shell/Krupp Uhde 酸素吹 石炭乾式供給	三菱グループ 空気吹 石炭乾式供給
150t/d 20MW (gross) 相当 2003年運開 1,015時間連続	2,200t/d 313MW (gross) 1996年運開	2,500t/d 297MW (gross) 1995年運開	2,000t/d 283MW (gross) 1994年運開	2,600t/d 318MW (gross) 1997年運開	1,600t/d 250MW (gross) 2007年運開

・ EAGLEは、酸素吹で多様性を持つガス化炉で、高効率ガス化を目標
国内の高効率・高信頼性への要求、国内向の改良・今後の技術展開等
から国産技術としての開発が必須である。

1. 事業の位置付け・必要性

(1) NEDOの事業としての妥当性 (国内外の開発動向)

海外におけるCCS実証例

	ノルウェー Sleipner	カナダ Weyburn	アルジェリア In Salah	オーストラリア Gorgon
実施主体	Statoil	カナダ石油 技術センター (PTRC)	BP	Chevron Exxon Mobile Shell
場 所	ガス田上の帯水層 海域	油層 (EOR) 陸域	ガス田 陸域	帯水層 陸域/海域
開始時期	1996年10月	2000年9月	2004年7月	2008年予定
注入レート (国内総排出量比)	100万トン/年 (2.9%)	100万トン/年 (0.2%)	120万トン/年 (1.7%)	500万トン/年 (1.5%)
総 量	2000万トン	2000万トン	1700万トン	—
CO ₂ 源	天然ガス随伴	石炭ガス化炉	天然ガス随伴	天然ガス随伴

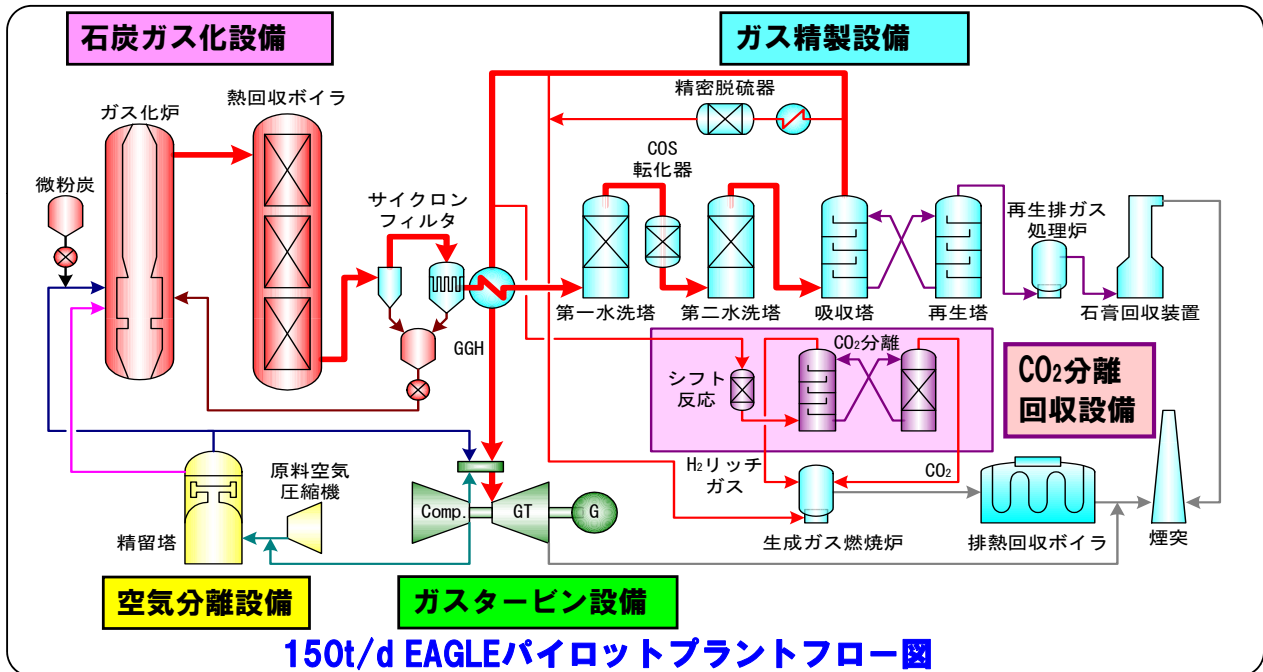
海外におけるIGCCとCCSを組み合わせた実証計画

米国:再構築FutureGenプロジェクト、
豪州:Zero Genプロジェクト、
中国:Green Genプロジェクト 等 多数計画されている

2. 研究開発マネジメント

(1) 研究開発目標の妥当性

EAGLEパイロット試験設備



※ S T系は既存技術として対象外とし、F C系に関してはF Cへの供給石炭燃料ガスの高度精製技術の開発までを本パイロットプラントの範囲とした。

2. 研究開発マネジメント

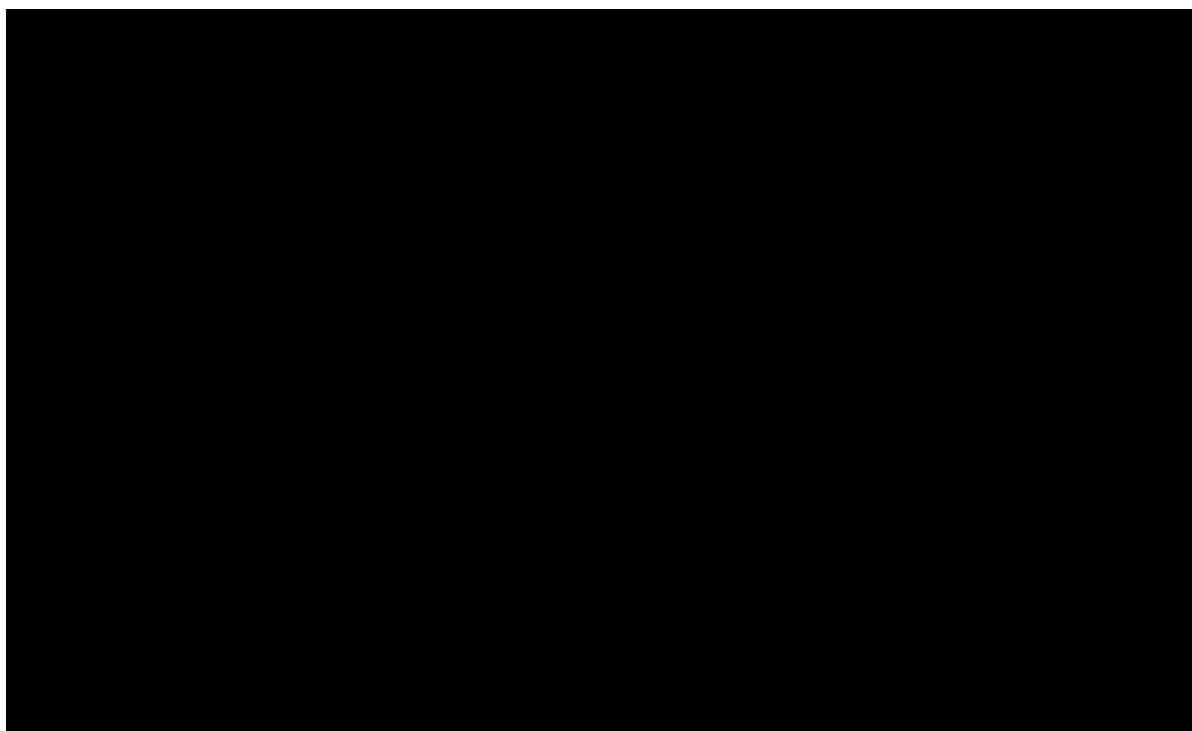
(1) 研究開発目標の妥当性

EAGLEパイロット試験設備



2. 研究開発マネジメント
 (2) 研究開発計画の妥当性

研究開発スケジュール



2. 研究開発マネジメント
 (1) 研究開発目標の妥当性

STEP1 (平成10~18年度)

項目	開発目標	目標設定根拠
1.石炭ガス化性能 (1) ガス発熱量 (2) カーボン転換率 (3) 冷ガス効率 (4) ガス化圧力	10,000kJ/m ³ N以上 98%以上 78%以上 2.5MPa	HYCOLの成果を踏まえ、世界トップクラスのガス化技術の確立を目指し設定。 ガスタービン入口圧力を考慮して設定。
2.ガス精製性能 (1) 硫黄化合物 (2) ハロゲン化合物 (3) アンモニア (4) ばいじん	(燃料電池入口) 1ppm以下 1ppm以下 1ppm以下 1mg/m ³ N以下	
3. 連続運転性能	1,000時間以上	初期トラブルを克服できると判断される時間
4. 多炭種対応	性状の異なる5炭種以上の石炭ガス化データ取得	多炭種特性(燃料比、灰溶流点、発熱量、灰分の特性)を把握し、ガス化炉設計データの精度向上を図るため、目標として設定。
5. 大型化対応	10倍程度のスケールアップデータを取得する	一般的にガス化炉を含む燃焼装置では、スケールアップは10倍程度が可能とされている。

2. 研究開発マネジメント
 (1) 研究開発目標の妥当性

STEP2 (平成19~21年度)

項目	開発目標	目標設定根拠
1.高灰融点炭対応	高灰融点炭3炭種以上	微粉炭火力で主として使用されている高灰融点炭を用いたガス化運転を行い、ガス化性能および各種特性を取得・把握する。
2.CO ₂ 分離・回収	回収CO ₂ 純度99%以上	将来的に地中貯留側から求められる可能性がある純度に対応可能なレベルとして、「回収CO ₂ 純度99%以上」を設定する。

石炭ガス化を中心に燃料電池、ガスタービン、蒸気タービンのトリプルコンバインドサイクルである石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC）を最終目標として、酸素吹噴流床石炭ガス化技術の開発および燃料電池へ適用可能なガス精製技術の確立を目指している。

2. 研究開発マネジメント
 (2) 研究開発計画の妥当性

STEP1 (平成10~18年度)

項目	研究開発内容
1.石炭ガス化性能	高効率ガス化炉の開発を目的に、ガス発熱量、カーボン転換率、冷ガス効率、ガス化圧力について開発目標を設定し、機器運転の最適化調整を行い、所期のガス化性能を取得する。
2.ガス精製性能	燃料電池へ適用可能なガスクリーンアップ技術の確立を目的に、硫黄化合物、ハロゲン化合物、アンモニア及びばいじんについて開発目標を設定し、機器運転の最適化調整を行い、所期のガス精製性能を取得する。
3. 連続運転性能	1,000時間以上の連続運転を実施し、機器の信頼性確認、初期トラブルの克服を図る。
4. 多炭種対応	性状の異なる5炭種を用いたガス化運転を行い、ガス化性能、ガス精製性能を取得すると共に、炭種特性を把握する。
5. 大型化対応	空塔速度増大試験、バーナ噴出速度変化試験及び一体化粉体弁試験を実施し、スケールアップデータを取得する。

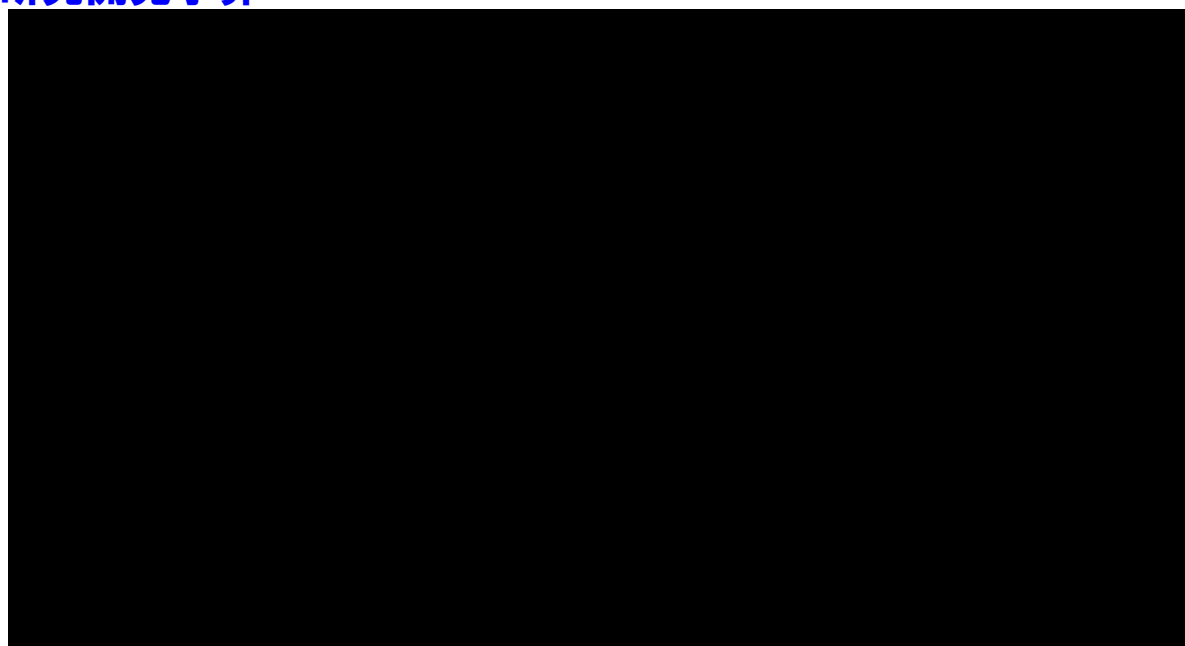
2. 研究開発マネジメント
(2) 研究開発計画の妥当性

STEP2 (平成19~21年度)

項目	研究開発内容
1.高灰融点炭種対応	微粉炭火力で主として使用されている高灰融点炭を用いたガス化運転を行い、ガス化性能、ガス精製性能を取得すると共に、炭種特性を把握する。ガス化炉の高耐熱仕様改造に向け、平成19年度に設計製作、平成20年度にガス化炉改造を実施する。
2.CO ₂ 分離・回収	精製後の石炭ガス化ガスを一部分岐し、回収純度99%以上を目標にCO ₂ を分離・回収する。試験実施に向け、平成19年度に機器設計製作、平成20年度に据付工事を行う。
3.微量物質挙動調査	高温・高圧・還元雰囲気における微量物質挙動調査を実施し、サンプリング技術や測定技術の確立を図り、平成20年度から環境アセスメント基礎資料とするための本格的な挙動調査を実施する。

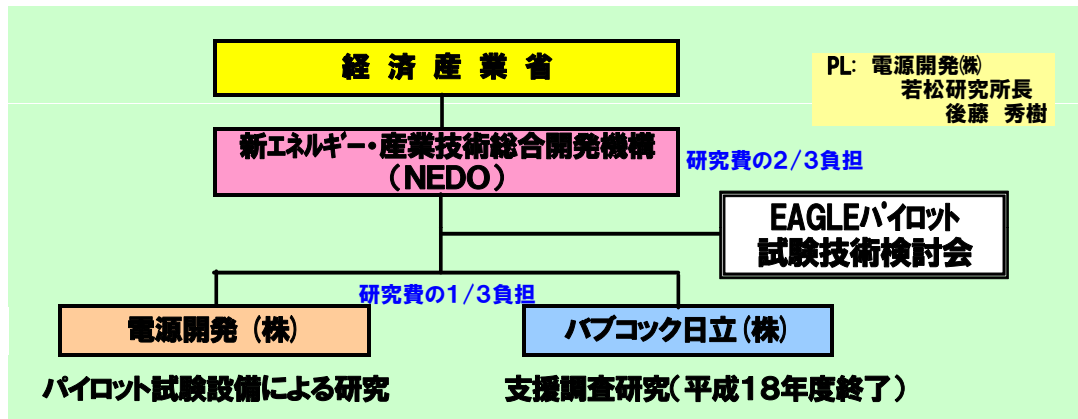
2. 研究開発マネジメント
(2) 研究開発計画の妥当性

研究開発予算



2. 研究開発マネジメント

(3) 研究開発実施の事業体制の妥当性



技術検討会

：(大学の研究者、国研の研究者、その他研究者)
外部専門家による技術評価・助言(2回/年程度開催)

NEDO

：(石炭利用水素製造技術開発[HYCOL]《今回知見活用》実施者)
研究開発全体調整・とりまとめ

電源開発

：(石炭火力関連各種技術開発の実績豊富、HYCOL参加企業)
若松研究所に150t/dのパイロット試験設備を設置、試験実施・評価

ハブコック日立

：(EAGLEガス化炉製造メーカー)
パイロット試験運転の円滑な実施のための各種調査・基礎試験実施

電源開発(株)若松研究所長をPLとし、そのリーダーシップの下に実施・推進している。

2. 研究開発マネジメント

(3) 研究開発実施の事業体制の妥当性 検討会・委員会等開催状況

開催年度	検討会・委員会等	回数	開催日
平成15年度	EAGLEパイロット試験技術検討会	2回	H15.09.02、H16.01.29
	中間評価分科会	2回	H15.07.01、H15.09.10
平成16年度	EAGLEパイロット試験技術検討会	2回	H16.10.04、H17.03.10
平成17年度	EAGLEパイロット試験技術検討会	2回	H17.09.28-29、H18.03.06-07
平成18年度	EAGLEパイロット試験技術検討会	2回	H18.09.28-29、H19.03.09
	EAGLE事業検討委員会 (STEP2 推進検討)	1回	H18.07.04
平成19年度	EAGLEパイロット試験技術検討会	1回	H19.11.29-30
	中間評価分科会	1回	H19.12.27
平成20年度	EAGLEパイロット試験技術検討会	2回	H20.07.03、H21.03.09
平成21年度	EAGLEパイロット試験技術検討会	1回	H21.10.27
	事後評価分科会	1回	H22.01.05

2. 研究開発マネジメント
(4) 情勢変化等への対応

EAGLEパイロット試験技術検討会のトピックス

開催年度(開催日)	トピックス	対応
平成19年度 第1回 (H19.11.29~30)	微量成分の系内挙動調査においては、系内循環濃縮の影響を排除したシンプルな系統で評価すべきとのアドバイスを受けた。	チャーリサイクルなし(ワンパス)条件での系内調査を行い、ハロゲン類の挙動解明に資するデータを取得した。
平成20年度 第2回 (H21.3.9)	炭種適合性の評価について、石炭ガス化技術にマッチした評価基準でまとめた資料を作成するよう指摘を受けた。	JIS法では定義されていない、EAGLE独自のスラグ流下性評価手法で得られたデータを蓄積し、石炭ガス化向けの炭種別適合性マップを作成した。
平成21年度 第1回 (H21.10.27)	CO2分離回収に伴う効率低下対策として、熱回収・利用の最適化が重要であるとの指摘を受けた。	回収したシフト反応熱について、熱利用システムの最適化検討を実施した。

2. 研究開発マネジメント
(4) 情勢変化等への対応

平成15年度中間評価結果への対応評価

提言	フォローアップ状況
●本プロジェクトがNEDO、METIプロジェクトに分かれていることから、不都合がないように統合すべき。	●平成17年度よりNEDOプロジェクトに一本化。 ●両事業にまたがるEAGLE技術検討会を設置し、技術開発を一括管理できる体制へ移行。
●今後は、燃料電池へのガス供給に向けた実質的課題解決のための研究体制へシフトすべき。	●燃料電池については、受託者の電源開発内で、メーカーとの共同研究を実施。EAGLE研究開発とは共通の部署であり、緊密に連携し開発を進めている。
●中温湿式ガス処理を選定しているが、高温脱硫法なども調査すべき。	●受託者の電源開発において、独自に高温乾式脱硫プロセスについての要素研究を実施。
●特許の出願件数が少ない。積極的に国内外特許の取得を推進すべき。	●平成15年度中間評価以降、特許出願件数15件(ガス製造関係9件/ガス精製関係6件)
●本ガス処理法は、IGFC以外にも石炭の利用拡大を図る上で重要な技術である。商用機建設までの開発すべき項目、建設費及び発電原価の低減目標、普及に対する市場性等を幅広く検討すべき。	●IGFC以外にも、石炭ガス化ガスの用途として水素製造、化学原料及びIGCCへの適用も視野に、平成16年度よりNEDO公募案件により実用化に関わる市場性等の検討を実施すると共に、平成18年度は、CO ₂ 分離回収システムの検証に向け調査・検討実施。

2. 研究開発マネジメント

(4) 情勢変化等への対応

平成19年度中間評価結果への主な対応

提 言	フォローアップ状況
<p>●今後、早期の実証規模の設備の建設とその長期操業による信頼性を確立していくために、競争力のある商業化に向けた加速を本事業内に計画する必要がある。</p>	<p>●実用化に向けては、本成果を反映する形で本事業者と中国電力（株）により大型実証試験を実施することとなった。NEDOとしては、競争力のある商業化を促進する観点から、実証試験計画をサポートする。</p>
<p>●プロジェクトの意義を明確にするために、単に石炭ガス化技術領域のみで比較するだけでなく、戦略的エネルギー政策の枠組みの中で将来展望を明確にすべきである。</p>	<p>●石炭ガス化技術の開発については、国のエネルギー基本計画において明確に位置付けられており、エネルギー政策全体の枠組の中で重要性を認識しつつ実施してきている。今後も社会情勢の変化等を加味しながら現プロジェクトを着実に実施する。</p>
<p>●どのような石炭がプラントに適用できるか否か、8炭種についてその基礎評価手法を確立して欲しい。また、適合、不適合石炭のマップ作成を目指して欲しい。</p>	<p>●STEP2の試験炭である3炭種を含めた8炭種でその基礎評価手法を確立する。また、将来の適用、不適合石炭のマップ作成に資するべく、調査・データベース化およびガス化炉適用評価を行う。</p>
<p>●実証機へのスケールアップにおいては、本事業で得られたデータを用いてシミュレーションを行い、実証機の設計のスピードアップ、コスト削減、操業に際しての効率や信頼性の向上の指針を検討して欲しい。</p>	<p>●実証機の設計における実証機設計のスピードアップ、コスト削減等に有効な手法として、実施者側に本事業で得られたデータを用いたシミュレーションの実施を促すこととし、シミュレーション等に貢献できるデータの提供およびデータ採取を着実に実施する。</p>

事業原簿 P57-58

3. 研究開発の成果について

(1) 目標の達成度

STEP1(平成10～18年度) (○:目標を上回る成果,○:目標通りの成果)

項 目	開発目標	達成状況	
1.石炭ガス化性能			
(1) ガス発熱量	10,000kJ/m ³ N以上	10,100kJ/m ³ N以上	目標達成 ○
(2) カーボン転換率	98%以上	99%以上	目標達成 ○
(3) 冷ガス効率	78%以上	82%以上	目標達成 ○
(4) ガス化圧力	2.5MPa	2.5MPa	目標達成 ○
2.ガス精製性能	(燃料電池入口)		
(1) 硫黄化合物	1ppm以下	1ppm未満	目標達成 ○
(2) ハロゲン化合物	1ppm以下	1ppm未満	目標達成 ○
(3) アンモニア	1ppm以下	1ppm未満	目標達成 ○
(4) ばいじん	1mg/m ³ N以下	1mg/m ³ N未満	目標達成 ○
3. 連続運転性能	1,000時間以上	1,015時間	目標達成 ○
4. 多炭種対応	性状の異なる5炭種以上の石炭ガス化データ取得	性状の異なる5炭種の石炭ガス化データ取得	目標達成 ○
5. 大型化対応	10倍程度のスケールアップデータを取得する	スケールアップデータの取得 ・空塔速度増大試験 ・バーナ噴出速度変化試験 ・一体化粉体弁試験	目標達成 ○

(1) 目標の達成度

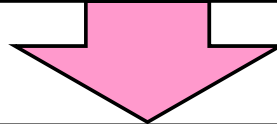
支援・調査研究 (実施者:バブコック日立(株))

ガス化適用炭種の事前評価

1. EAGLE候補となる18炭種の事前評価
塊炭の粉碎性, 微粉炭の流動性, ガス化特性, チャー物性, スラッグ粉焼結特性, 熔融スラッグ流下特性など
2. シミュレーションによるEAGLE運用条件提案

EAGLE課題への対応

1. 生成ガスラインにおける塩安析出条件の把握
2. チャーへの塩素濃縮



円滑なパイロットプラント運転研究の達成

(1) 目標の達成度

STEP2(平成19~21年度)

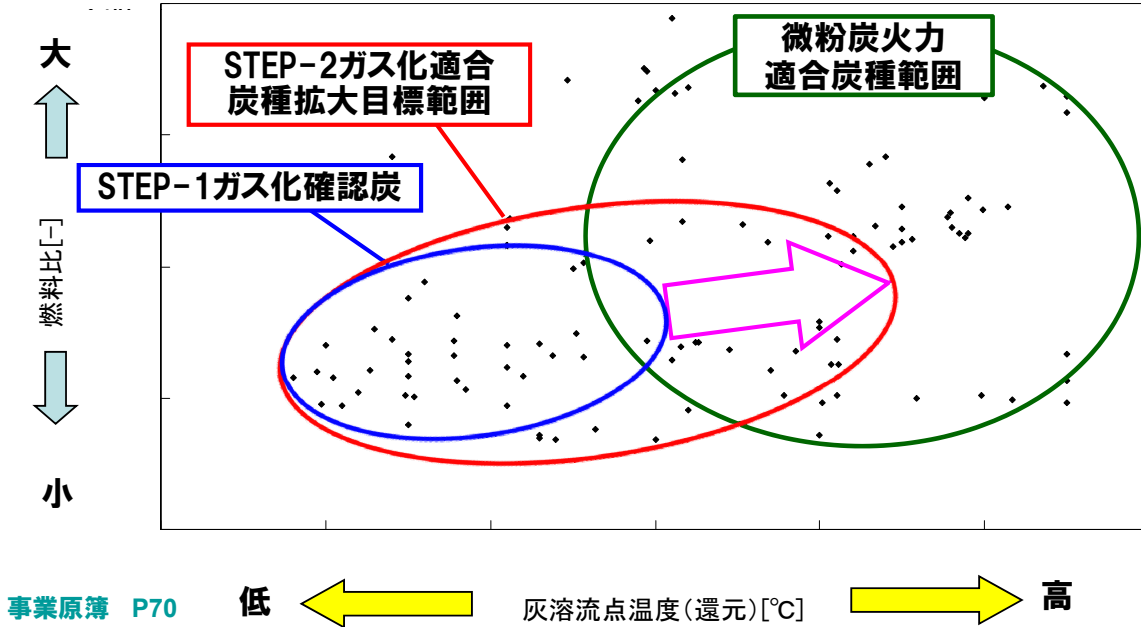
項目	開発目標	達成状況	
高灰融点炭種対応	高灰融点炭に適用できる酸素吹石炭ガス化技術の確立を目標に 3炭種以上 の性状の異なる高灰融点炭についてガス化並びに運用特性データを取得する。	STEP1より灰の融点が高い石炭について燃料比が異なる3炭種を選定し、2炭種についてガス化並びに運用特性データを取得した。 (STEP1に比べ、約100℃程度灰融点の高い炭種まで適用拡大を検証した。)	目標達成 ○ (見込み) 残り、1炭種については、H22年2月に実施予定
CO ₂ 分離回収	石炭ガス化発電システムへのCO ₂ 分離回収技術の適用性と運用性を検証する。 回収CO₂の純度99%以上。	石炭ガス化ガスに適用できるようCOシフト温度制御方法やCOシフト蒸気の低減量を見極めた。また、吸収液については、回収CO ₂ 純度に見合った吸収液再生方法を確認した。 回収CO₂の純度99%以上を達成。	目標達成 ○

(1) 目標の達成度

※国産酸素吹噴流床型石炭ガス化炉の開発

➢世界最高水準の**高い冷ガス効率**と**適用炭種の拡大(多炭種対応)**が図れた。

ガス化及び微粉炭火力適合炭種範囲図



事業原簿 P70

(1) 目標の達成度

STEP2(平成19~21年度)

※CO₂分離回収技術(化学吸収法)の石炭ガス化ガスへの適用性の検証

➢化学プラント用のシステム⇒**石炭ガス化発電システムへ改良**

[COシフト反応系統]

➢COシフト触媒の主な用途は「メタン改質による水素製造プロセス」で、取扱うガスの**CO濃度は20%前後**。これに対し、EAGLEガスの**CO濃度は約50%**と組成が大きく異なる。
⇒反応熱が大きく、触媒保護のためシフト反応器における温度制御方法を確認した。

➢COシフト蒸気量は、豊富な余剰蒸気がある化学プラントを想定。IGCCシステム用に改良するため、COシフト蒸気量を削減し**発電効率への影響**を把握した。

[CO₂分離回収系統]

➢CO₂吸収液の主な用途は「天然ガス製造プロセス」で、取扱うガスの**CO₂濃度は10%以下**。これに対し、シフト反応後のガスの**CO₂濃度は約40%**と組成が大きく異なる。

➢吸収液再生方式は、化学プラントでは「再生塔再生」が一般的であるが、IGCCシステムでは再生エネルギーを極力減らすために「加熱フラッシュ再生」を適用する。

⇒設計に必要な加熱温度、吸収液循環量に関するデータを取得した。

3. 研究開発の成果について

(2) 成果の意義

➢ “国産酸素吹噴流床型石炭ガス化炉の開発” および “CO₂分離回収技術の石炭ガス化発電プラントへの適用” は、従来から石炭のクリーン利用システムの構築に向けた“資源の有効利用”、“地球環境問題”の観点から社会的要求に応えた技術開発であり、得られた研究成果の意義は大きい。

⇒ 「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用拡大に貢献」

➢ 本研究開発で取り組んだ“酸素吹一室二段旋回流型噴流床炉”は、高効率発電の他、合成燃料、水素製造等、多目的に活用できるコア技術であり、海外先行プラント以上の高い冷ガス効率と適用炭種の幅が大きい。

⇒ 「高効率で世界をリードする石炭ガス化技術の開発」

➢ 世界各国でゼロエミッション化に向けたプロジェクトが推進される中、他に先駆けていち早く温暖化ガス削減に向け技術開発に着手、石炭ガス化発電システムへの適応性を検証した。

⇒ 「化石燃料のクリーン利用の開拓、革新的ゼロエミッション石炭火力発電技術の確立」

3. 研究開発の成果について

(3) 知財と標準化 及び (4) 成果の普及

	H15年度	H16年度	H17年度	H18年度	H19年度	H20年度	H21年度	合計
特許出願	2件 (登録1)	3件	4件	2件	8件	4件	4件	27件
論文投稿	8件	5件	5件	3件	4件	8件	1件	34件
研究発表	11件	6件	6件	6件	5件	9件	3件	46件
受賞実績	0件	0件	0件	0件	2件	0件	0件	2件
新聞等掲載	3件	6件	15件	7件	13件	14件	5件	63件
展示会出展	2件	4件	2件	2件	0件	1件	1件	12件

※平成21年度に関しては11月30日現在の実績を記載

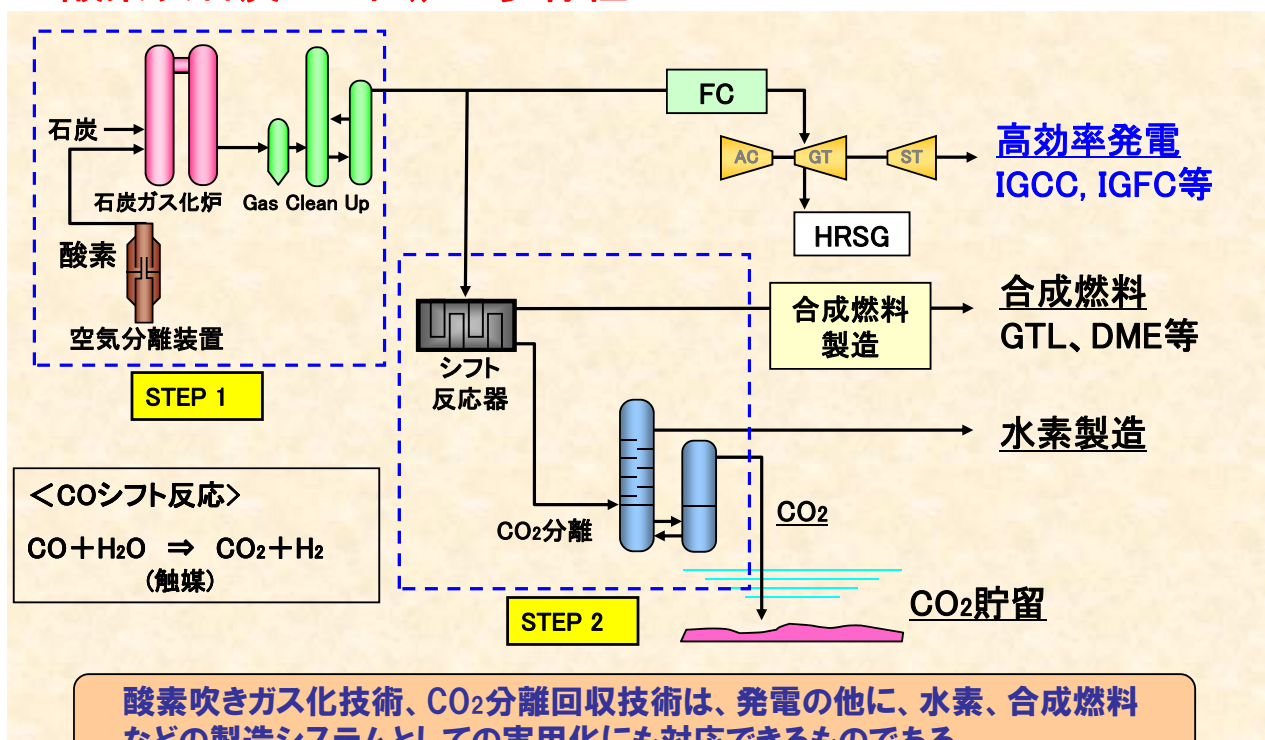
受賞実績

2008年2月

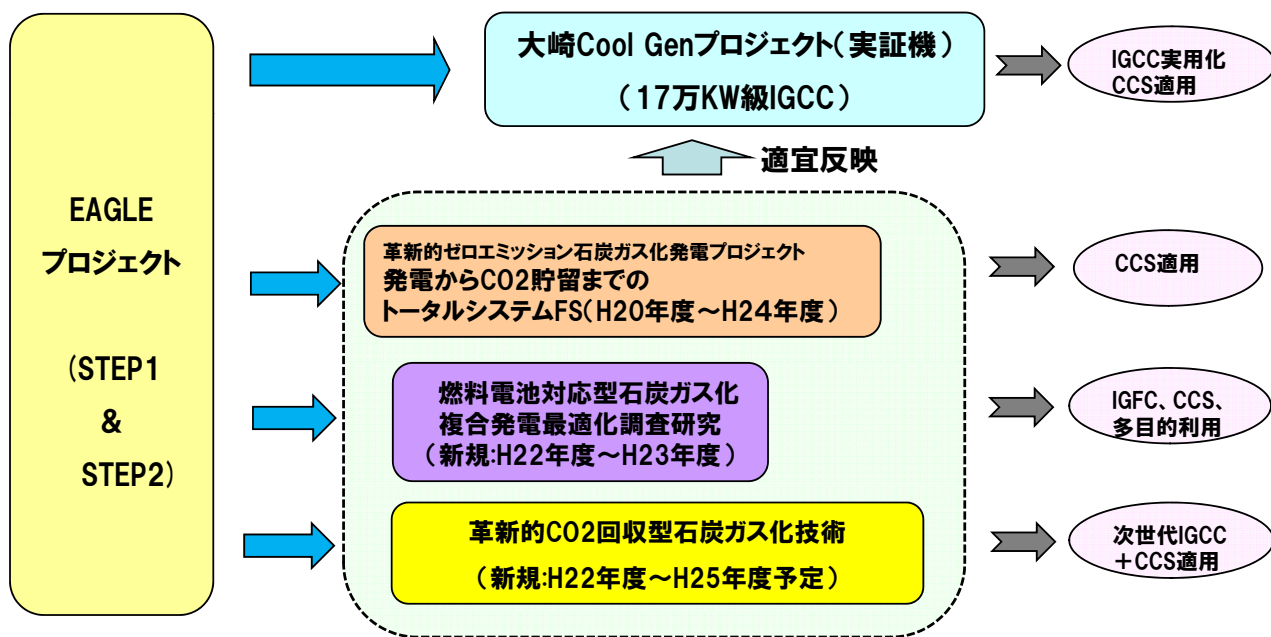
- 平成19年度 日本エネルギー学会「学会賞(技術部門)」受賞
 <多目的石炭ガス製造技術開発(EAGLE)>
- 第17回 地球環境大賞 「地球環境会議が選ぶ優秀企業賞」 受賞
 <電源開発株式会社(石炭利用と地球温暖化対策の両立を目指す)>



<酸素吹石炭ガス化炉の多様性>

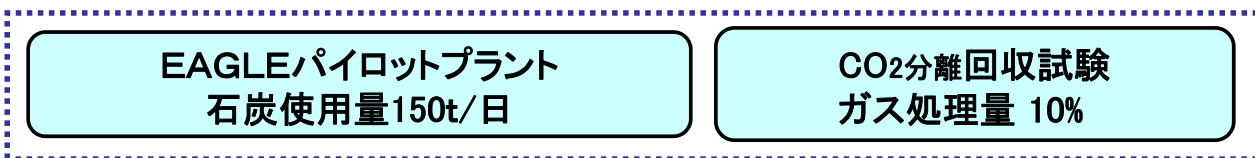


本技術の関連プロジェクト(実用化までのステップ)



事業原簿 P80

商用化に向けJパワーと中国電力共同でEAGLEの次期大型実証試験を計画
革新的ゼロエミッション型石炭火力発電技術の確立を目指す。



酸素吹石炭ガス化大型実証プロジェクト

規模 : 石炭量 1,100 t/日級(電気出力17万kW級)
 場所 : 中国電力(株)大崎発電所 (広島県大崎上島町)
 試験開始 : 2017年3月～2019年度予定(IGCC実証試験)
 試験内容 : 石炭ガス化複合発電システムのスケールアップ検証
 CO₂分離回収技術の検証('21～)

EAGLE商用プラント

事業原簿 P82

4. 実用化、事業化の見通しについて (1) 成果の実用化可能性

大崎クールジェン（OCG）：酸素吹石炭ガス化大型実証プロジェクト



4. 実用化、事業化の見通しについて (2) 実用化までのシナリオ

項目	2006	2007	2008	2009	2010～	2020～	2030～	
石炭ガス化技術 (ガス化炉、ガス精製)		中間評価 ▼ 酸素吹き噴流床 ガス化炉開発 改造 ガススクリーンアップ 技術確立		最終評価 ▼ 多炭種対応用 ガス化炉の開発	環境アセス 機器設計・製作	IGCC大崎 実証試験	IGCC商用化 IGFC実証試験 (燃料電池側の開発状況による。) IGFC商用化	
CO2分離回収技術		試験装置設計・製作		機器設計・製作 石炭ガス化発電システム への適用性確認		IGCC + CCS 大崎 実証試験	IGCC+CCS 商用化 IGFC+CCS 商用化	

4. 実用化、事業化の見通しについて

(3) 波及効果

項目	2010～	2020～	2030～
発電分野	⇒	実証試験	⇒ 実用化
化学分野 (合成燃料、肥料)	⇒	燃料転換による経済性評価 (IGCC実証試験の動向調査、 機器安全性、耐久性を検討)	⇒ 実用化 石炭価格の優位性
水素分野	⇒	水素社会到来に向け実用化検討 (IGCC実証試験の動向調査、 機器安全性、耐久性を検討)	⇒ 実用化 水素社会

6. プロジェクトの詳細説明（公開）

STEP-1研究開発成果

平成22年1月5日（火）

独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）
電源開発株式会社（J-POWER）

EAGLEプロジェクト開発スケジュール（STEP-1,2）

95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
FS	基本・詳細設計		建設			運転試験						評価		

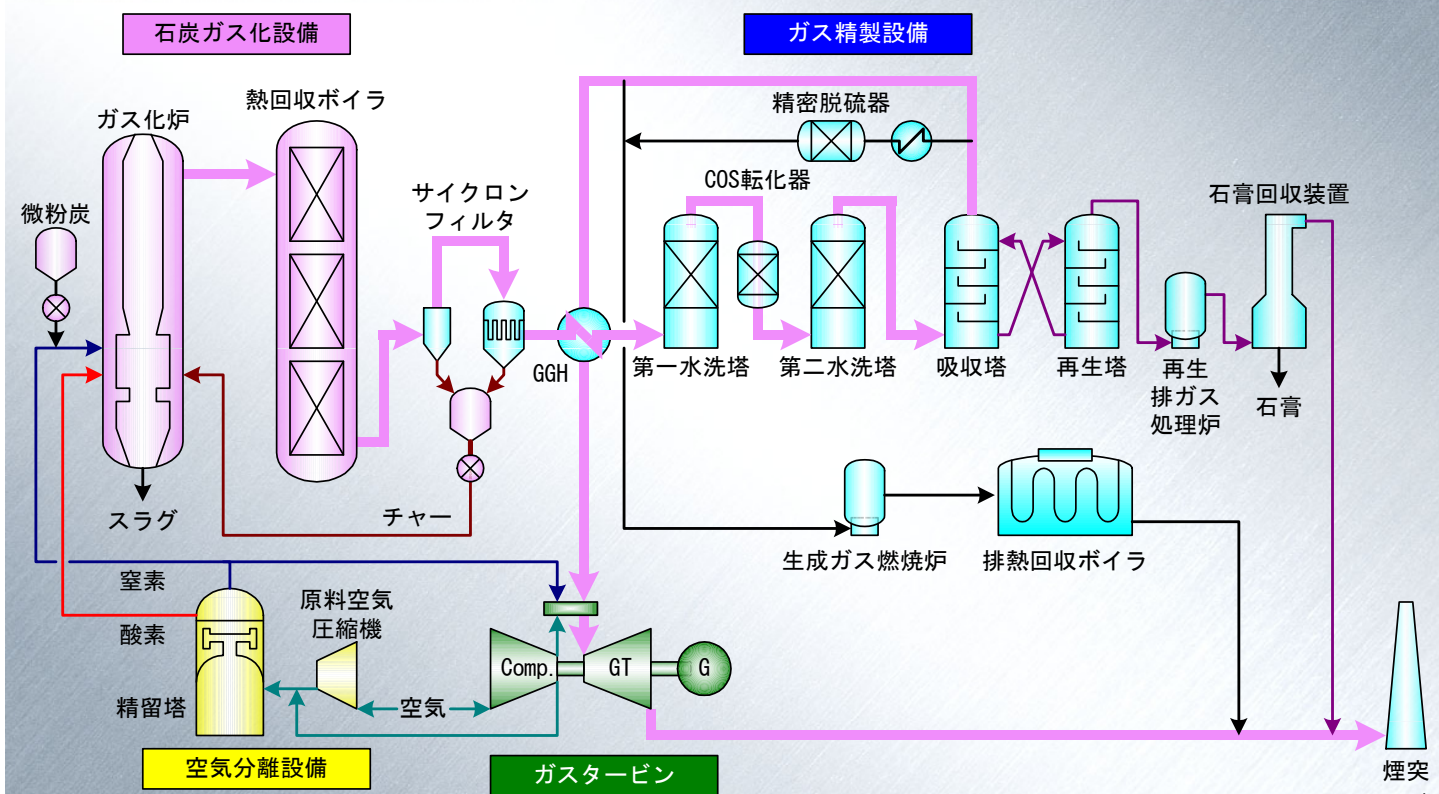
STEP-1					STEP-2		
2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
試運転			性能確認			ガス化炉改造・CO ₂ 分離設備設置	高灰融点炭種対応
			多炭種対応試験				CO ₂ 分離回収
		大型化試験		連続運転			微量物質挙動調査
		連続運転			微量物質等		

EAGLEプロジェクトは、**酸素吹石炭ガス化**を中心に石炭ガス化複合発電(IGCC)、石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC)や、合成燃料・化学原料、水素製造など多目的に利用できる石炭ガス化技術の開発を最終目標にしている。

EAGLE (Coal **E**nergy **A**pplication for **G**as, **L**iquid, and **E**lectricity)

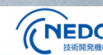
EAGLE STEP-1
燃料電池用石炭ガス製造技術開発

1. 国産酸素吹噴流床型石炭ガス化炉の開発
2. 燃料電池受入可能なクリーンアップ技術の確立



EAGLEパイロットプラント外観写真

公開

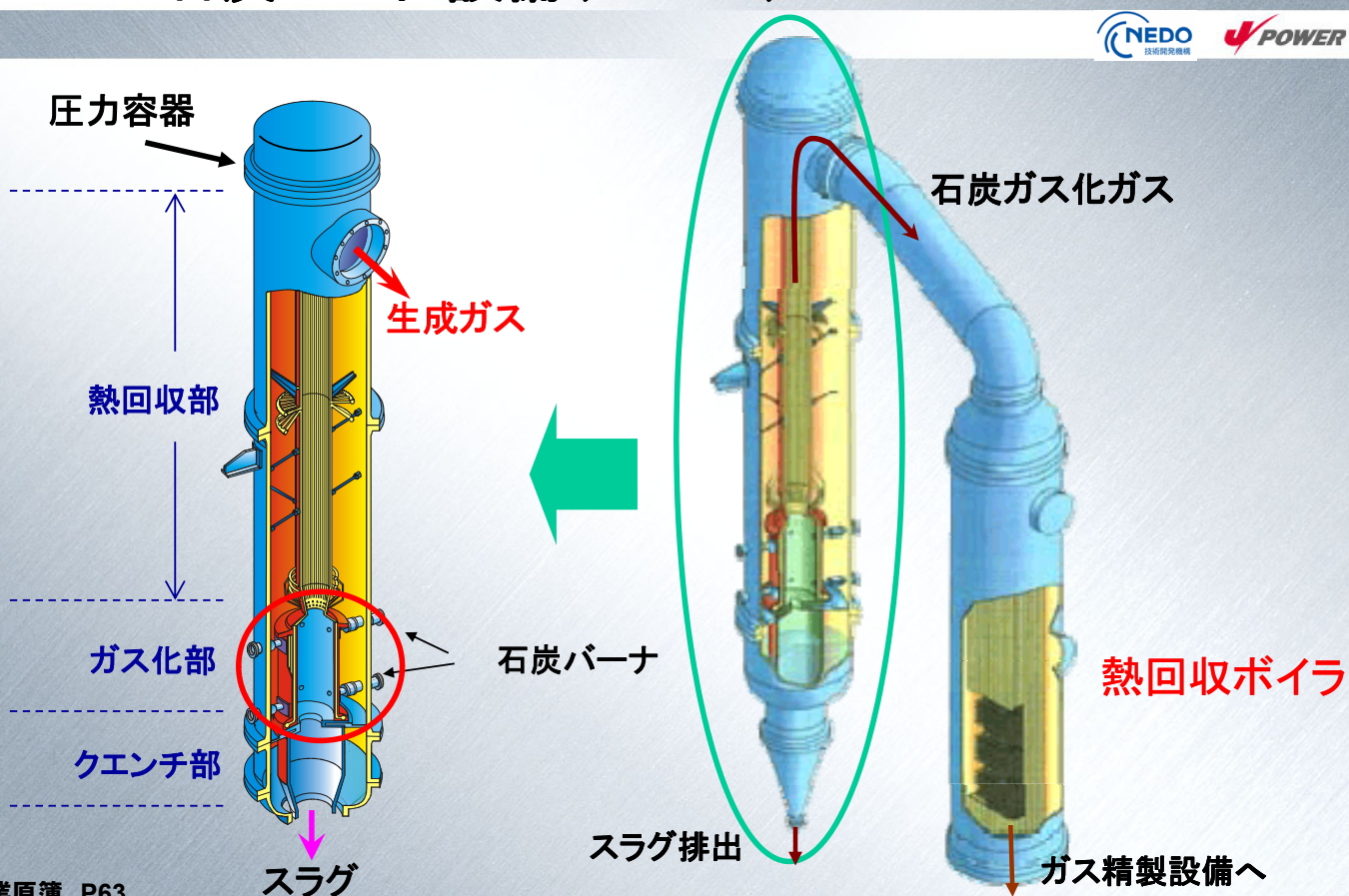
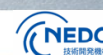


事業原簿 P62

5

EAGLE石炭ガス化設備(150t/d)

公開

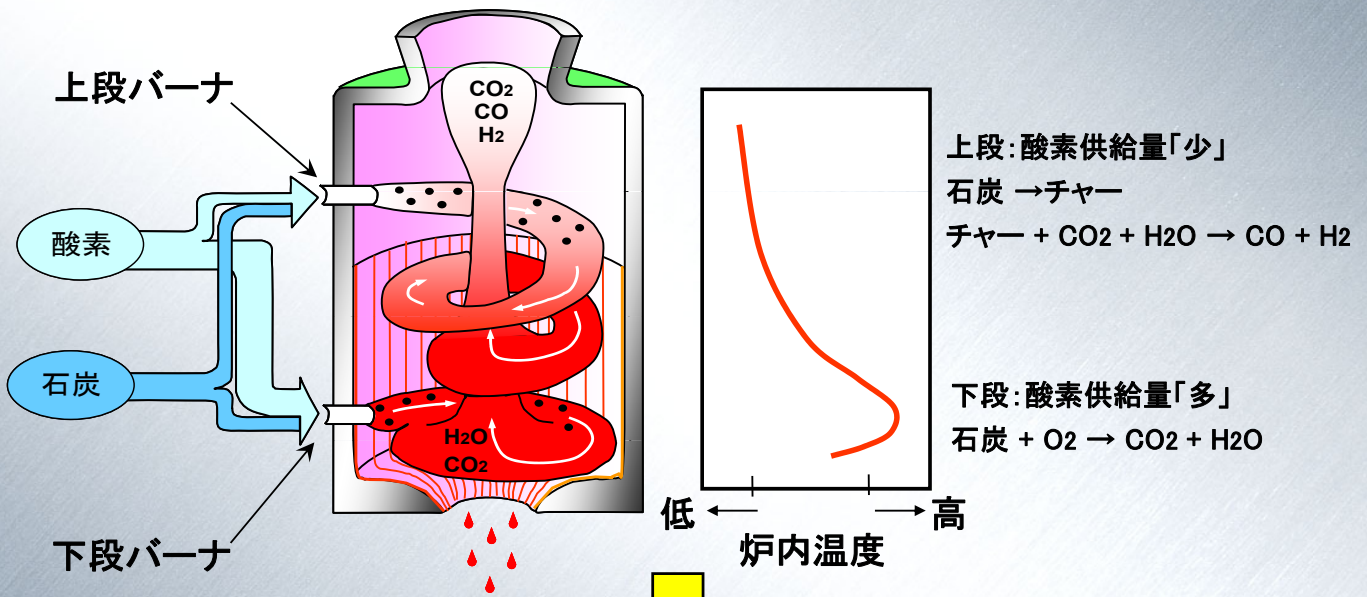


事業原簿 P63

6

EAGLEガス化炉概念図

公開



上下段の酸素比をコントロールすることで
高効率ガス化・スラグ安定流下排出を可能とする

開発目標と達成状況 (◎: 目標を上回る成果, ○: 目標通りの成果)

公開



項目	開発目標	達成状況		
1. 石炭ガス化性能				
(1) ガス発熱量	10,000kJ/m ³ N以上	10,100kJ/m ³ N以上	目標達成	◎
(2) カーボン転換率	98%以上	99%以上	目標達成	◎
(3) 冷ガス効率	78%以上	82%以上	目標達成	◎
(4) ガス化圧力	2.5MPa	2.5MPa	目標達成	○
2. ガス精製性能 (燃料電池入口)		(精密脱硫出口)		
(1) 硫黄化合物	1ppm以下	1ppm未満	目標達成	◎
(2) ハロゲン化合物	1ppm以下	1ppm未満	目標達成	◎
(3) アンモニア	1ppm以下	1ppm未満	目標達成	◎
(4) ばいじん	1mg/m ³ N以下	1mg/m ³ N未満	目標達成	◎
3. 連続運転性能	1,000時間以上	1,015時間	目標達成	◎
4. 多炭種対応	性状の異なる5炭種以上の石炭ガス化データ取得	性状の異なる5炭種の石炭ガス化データ取得	目標達成	○
5. 大型化対応	10倍程度のスケールアップデータを取得する	スケールアップデータの取得 ・空塔速度増大試験 ・バーナ噴出速度変化試験 ・一体化粉体弁試験	目標達成	○

- **全ての開発目標を達成**
- 長期連続運転による設備信頼性確認
⇒1,015時間連続運転による信頼性確認
- 燃料比、灰融点等性状の異なる**5炭種**でのガス化特性を把握
- 石炭ガス化設備の運転・運用・保守に係る技術の取得
- 次期大型機ガス化炉の**スケールアップデータ**を取得、設計に反映

累計運転時間	5,597 時間 (2002.3.14~2007.5.2)
石炭使用量	28,568 トン

6. プロジェクトの詳細説明（公開）

STEP-2 研究開発成果

平成22年1月5日(火)

独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)
電源開発株式会社(J-POWER)

<ご説明項目>

- ① 高灰融点炭種対応
- ② CO₂分離回収試験
- ③ 微量物質挙動調査

① 高灰融点炭種対応

(試験実施の背景と目標)

3

高灰融点炭種対応(試験実施の背景)

今後、老朽化した石炭火力発電所がリプレイスされるにあたり、CO₂排出量削減を目指して、更なる**高効率化**、**高環境性**が求められる。

IGCCや**IGFC**の高効率発電技術の適用



石炭ガス化においても、**高灰融点炭**を適用していく必要がある

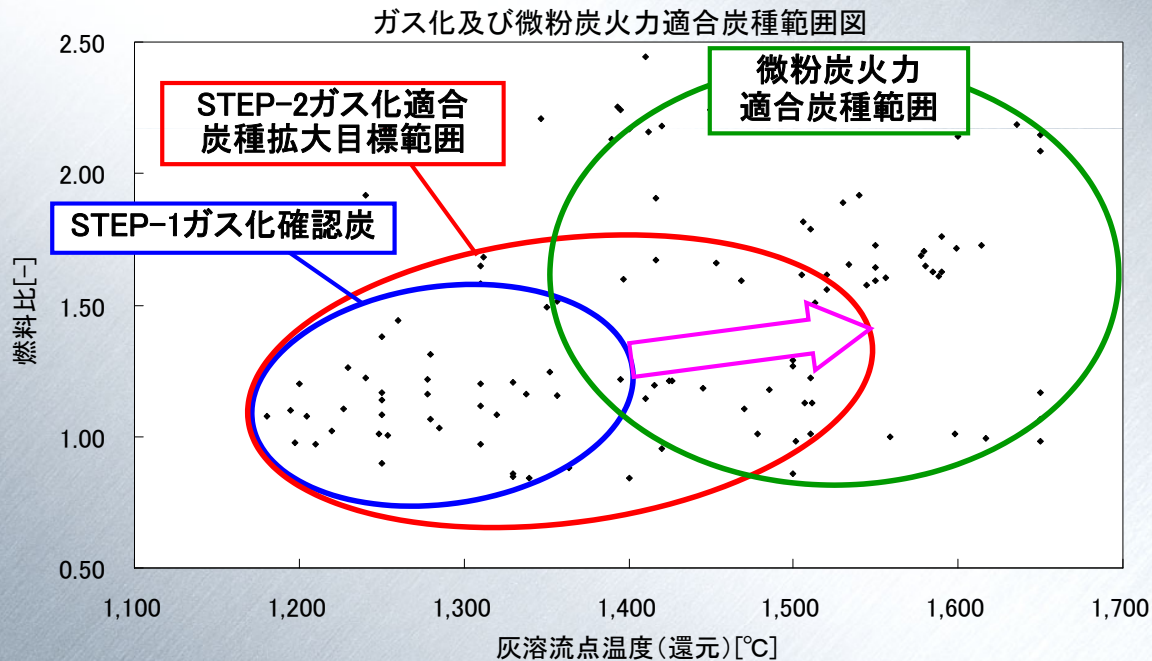
燃料調達コストの削減・安定化、調達難易度の低減のためにも、**幅広い炭種**に適合することが重要



低灰融点炭に限定せず、**高灰融点炭**も適用していく必要がある

4

【目標】主に一般の微粉炭火力で利用されている高灰融点炭3炭種以上を用いてEAGLEガス化炉への適合性を確認する

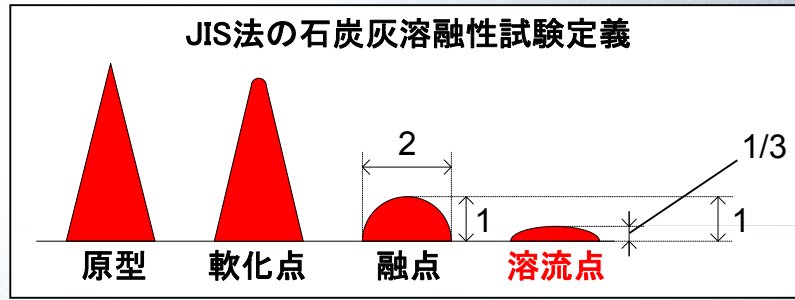


STEP1→STEP2の拡大によりJ-POWER調達石炭の約1/3→2/3に適用範囲が拡大

① 高灰融点炭種対応 (試験炭の選定)

高灰融点炭種対応(試験炭選定)

公開

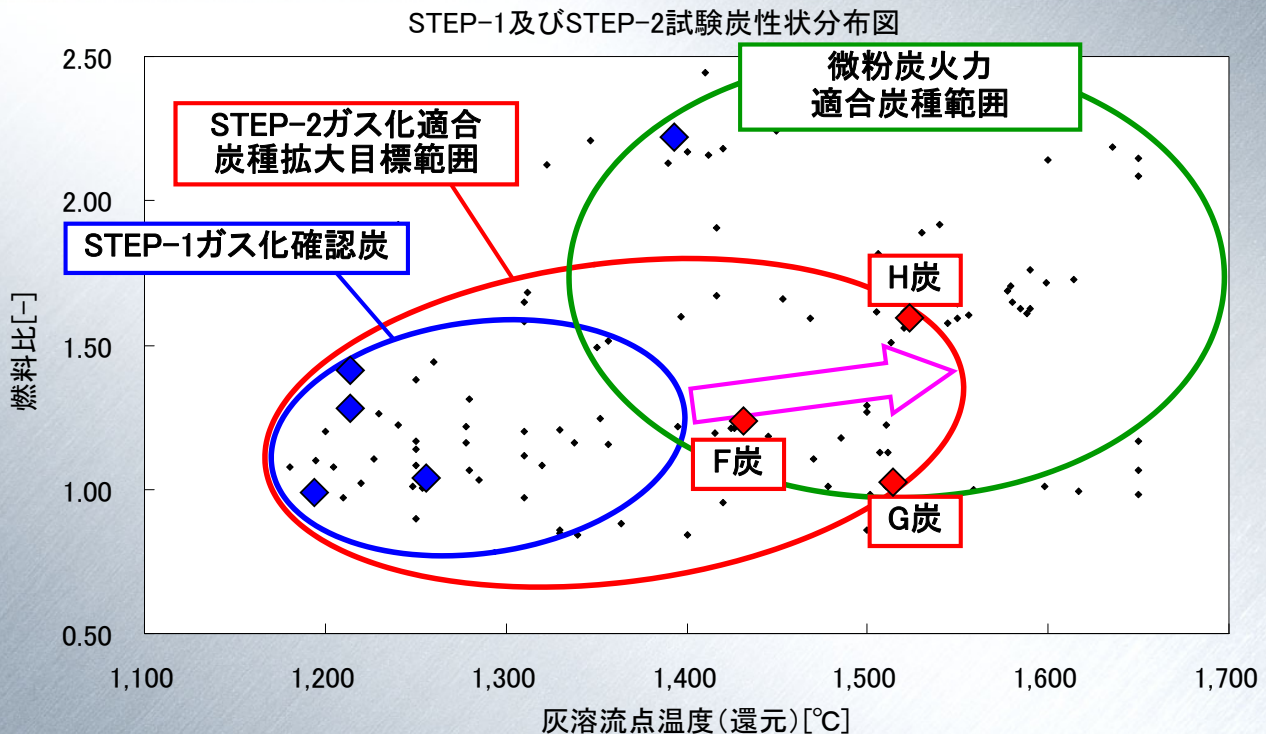


EAGLE試験炭の灰溶融性				
	炭種	軟化点	融点	溶流点
STEP-1 試験炭	A炭	1,170°C	1,195°C	1,220°C
	B炭	1,120°C	1,155°C	1,220°C
	C炭	1,180°C	1,190°C	1,200°C
	D炭	1,250°C	1,350°C	1,395°C
	E炭	1,145°C	1,200°C	1,260°C
STEP-2 試験炭 (高灰融点炭)	F炭	1,330°C	1,390°C	1,430°C
	G炭	1,450°C	1,460°C	1,510°C
	H炭	1,420°C	1,470°C	1,520°C

7

高灰融点炭種対応(試験炭選定)

公開



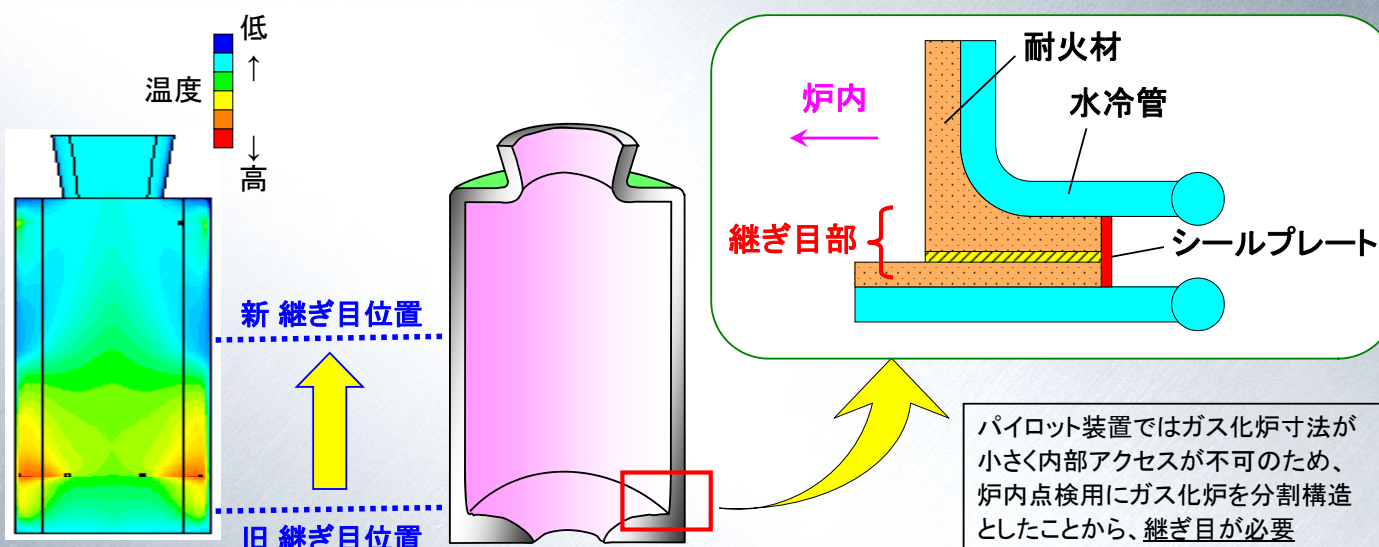
主に一般の微粉炭火力で利用されている高灰融点炭3炭種を選定

8

① 高灰融点炭種対応 (ガス化炉耐熱強化)

9

ガス化炉の改造(ガス化部継ぎ目位置変更)



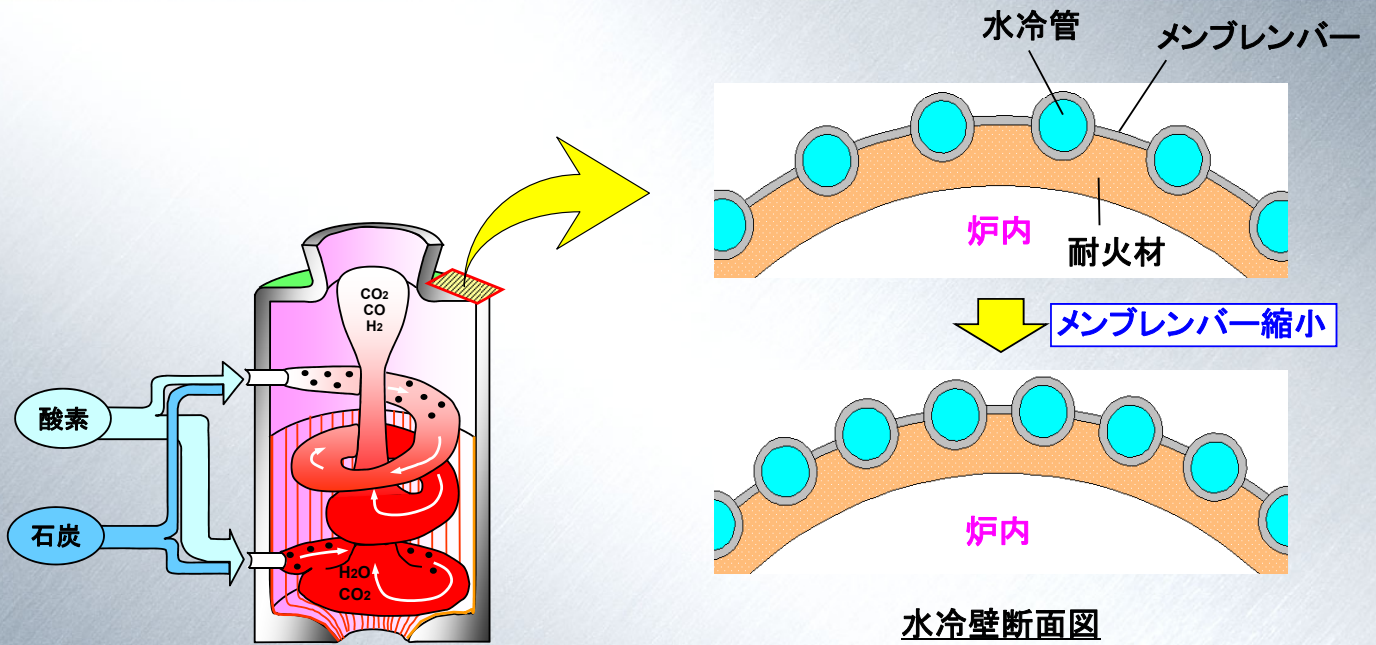
耐熱の弱いガス化部継ぎ目の位置変更により、
継ぎ目位置炉内温度を約250°C低減

※大型実証機ではガス化炉は水冷管一体構造とし、継ぎ目を無くす計画
(大型化により分割せずに炉内アクセスが可能となる)

10

ガス化炉の改造(水冷壁耐熱強化)

公開

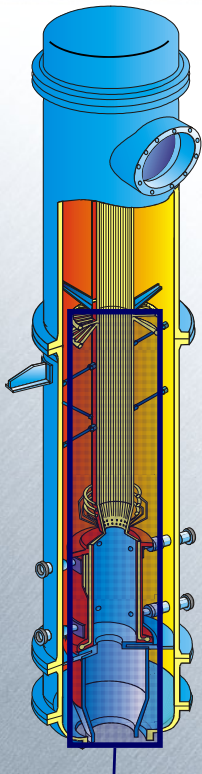


メンブレンバー縮小により炉壁冷却を強化し、
水冷壁耐熱が約160°C向上

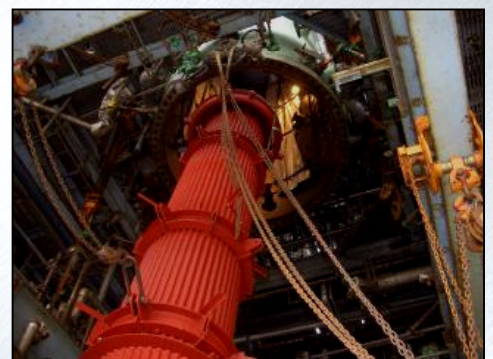
11

ガス化炉の改造(現地設置工事)

公開



高温部入換工事

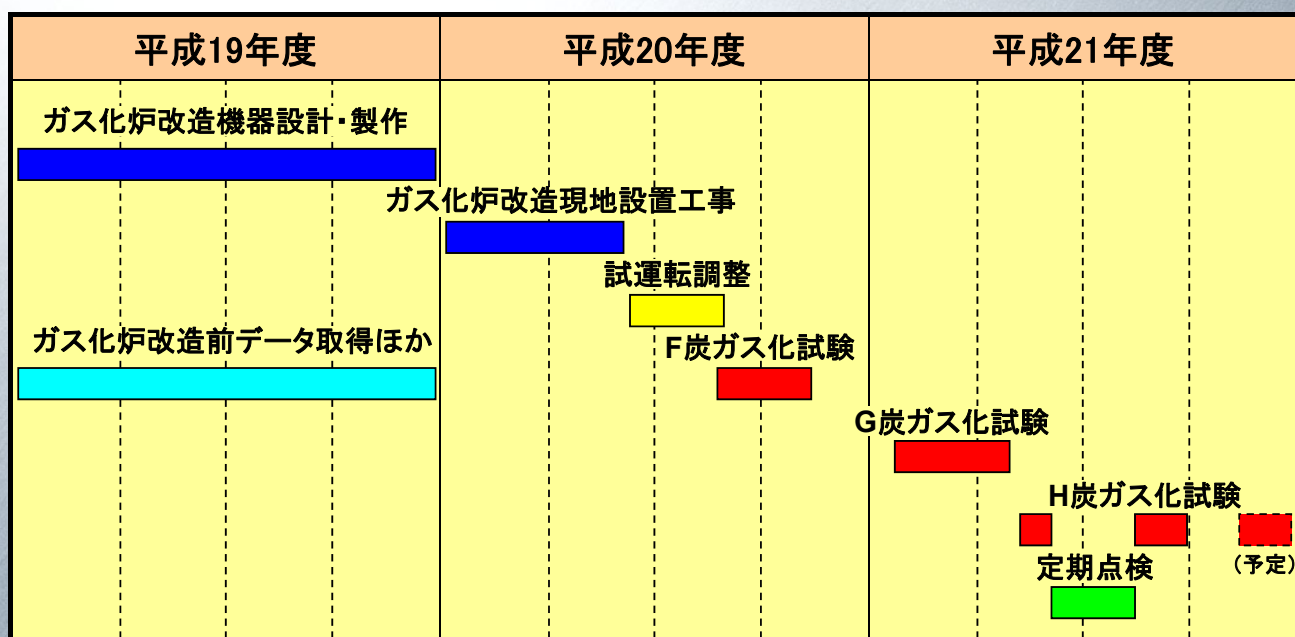


12

① 高灰融点炭種対応 (試験実績および結果)

高灰融点炭種対応(試験実績)

STEP-2工事及び試験実績(一部計画)



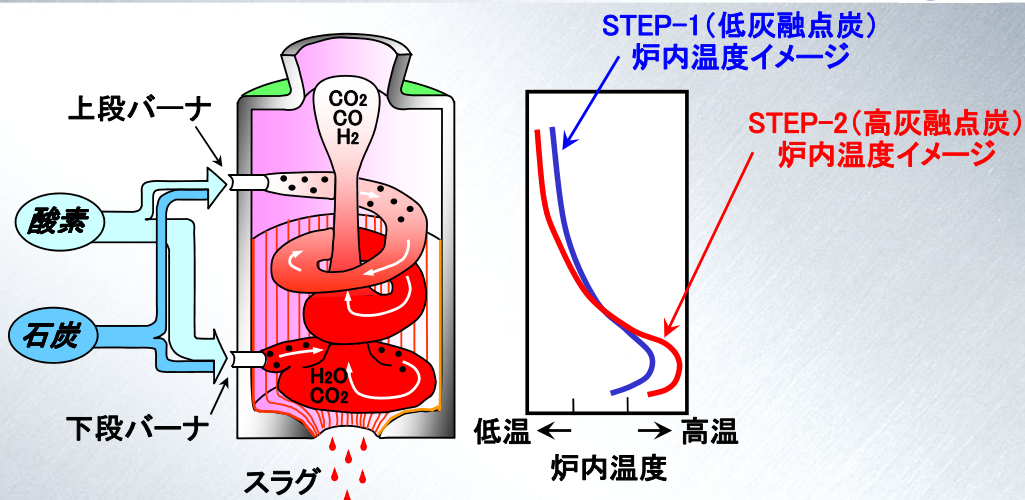
【性能確認】

- ・カーボン転換率[%] (石炭中の炭素量に対する生成ガス中の炭素量割合)
- ・冷ガス効率[%] (石炭の発熱量に対する生成ガスの発熱量の割合)

【特性確認】

- ・ガス化運転中のスラグの流下排出特性
- ・ガス化炉壁面へのスラグコーティング特性
- ・ガス化部出口(絞り部)におけるスラッキング特性, etc.

高灰融点炭種対応(1室2段ガス化炉運転の特徴)



高灰融点炭 → 高温化のため下段に比較的多量の酸素が必要

多量の酸素投入はガス化性能(冷ガス効率)の低下を招く

1室2段方式のEAGLEガス化炉では、上段の酸素量を低減することで、ガス化性能の低下を抑制することができる

高灰融点炭種対応(性能確認)

公開



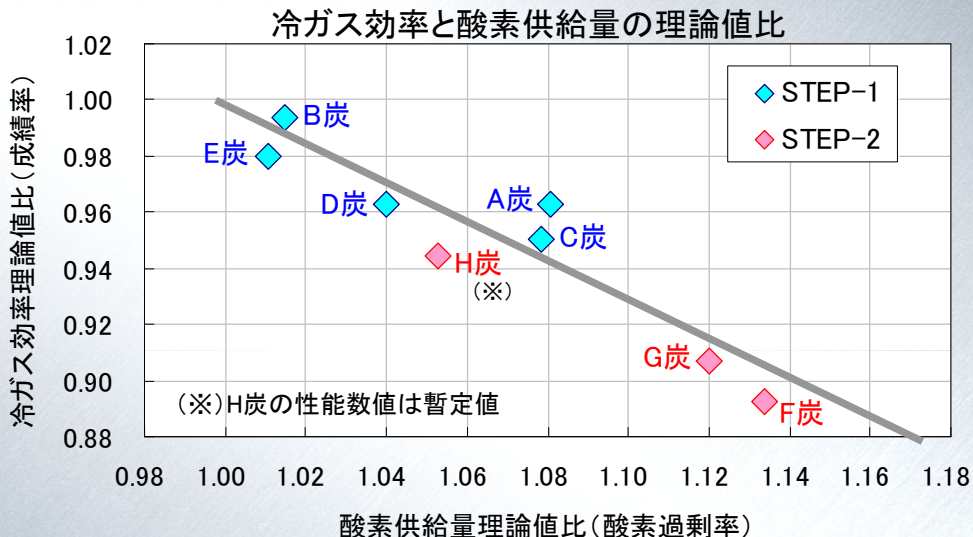
EAGLEガス化性能一覧						
	炭種	C転換率	冷ガス効率	冷ガス効率理論値	冷ガス効率成績率	酸素供給量石炭重量比
STEP-1 試験炭	A炭	99.5 %	78.69 %	81.75 %	96.3 %	0.895
	B炭	99.6 %	81.67 %	82.17 %	99.4 %	0.808
	C炭	99.9 %	79.79 %	83.97 %	95.0 %	0.670
	D炭	99.7 %	76.44 %	79.42 %	96.3 %	0.853
	E炭	99.9 %	82.19 %	83.89 %	98.0 %	0.667
STEP-2 試験炭 (高灰融点炭)	F炭	99.9 %	73.54 %	82.41 %	89.2 %	0.801
	G炭	99.9 %	76.51 %	84.36 %	90.7 %	0.734
	H炭(※)	99.9 %	76.17 %	80.66 %	94.4 %	0.902

(※)H炭は21年度末に最終の本試験を実施する計画であり、性能数値は暫定値

C転換率は極めて高い性能が得られた一方、冷ガス効率はやや低めの性能となった

高灰融点炭種対応(冷ガス効率の理論値比)

公開

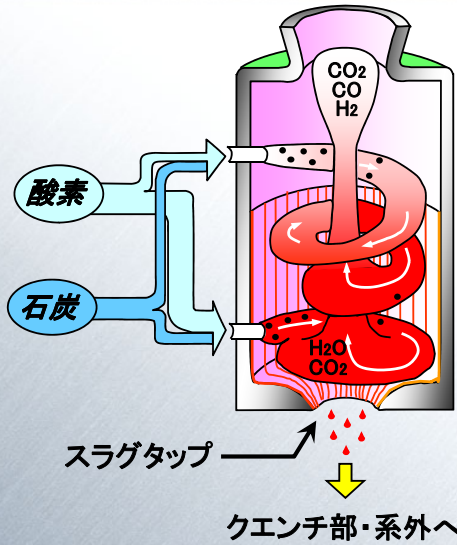


STEP-2高灰融点炭は、比較的酸素の過剰率が大きくなる傾向があるが、1室2段のEAGLEガス化炉の特徴を活かし、酸素過剰率を1.05~1.14程度に抑え、高灰融点炭としては高い性能が得られたものと思料

(※)1室1段ガス化方式では、酸素過剰率1.18~1.30程度、冷ガス効率成績率は0.797~0.871程度になる推算

高灰融点炭種対応(スラグの流下排出)

公開



クエンチ後スラグの写真



糸状・棒状スラグ
(高灰融点炭)



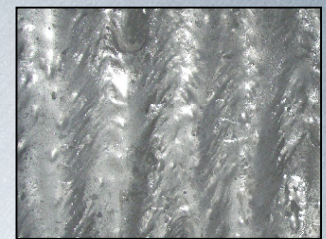
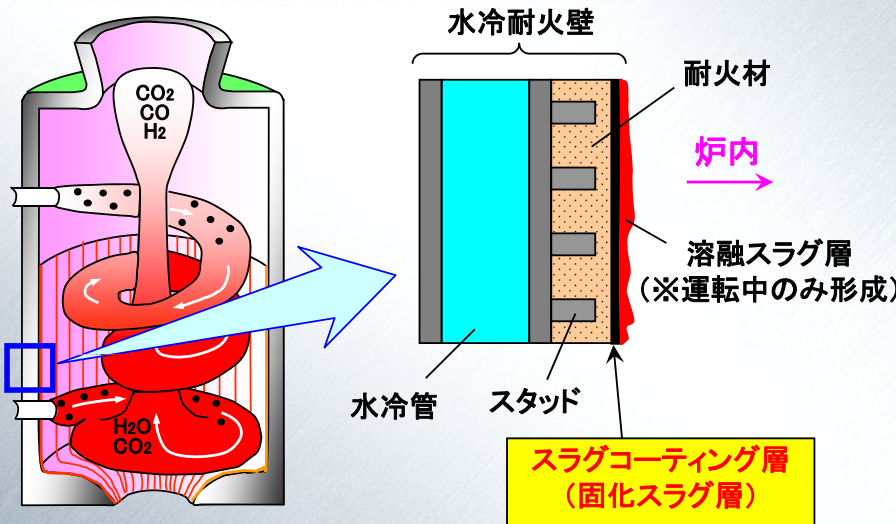
ザラメ状スラグ
(低灰融点炭)

高灰融点炭は糸状・棒状スラグを生成し易い特性である

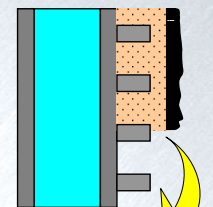
スラグタップからのスラグ流下排出	ガス化部下段温度の適正化により、高灰融点炭3炭種すべてにおいて、安定流下排出を達成。
クエンチ部から系外へのスラグ排出	糸状・棒状スラグの生成により、スラグ排出配管内にて排出不良(引っ掛かり)が生じ易いことを確認。設備の改善により対応可能と思料。

高灰融点炭種対応(ガス化炉壁面スラグコーティング)

公開



ガス化炉壁表面
(表面はスラグでコーティング)



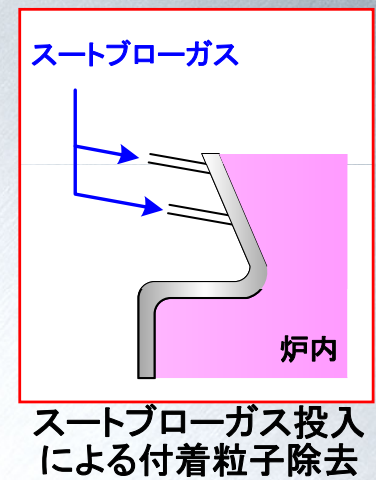
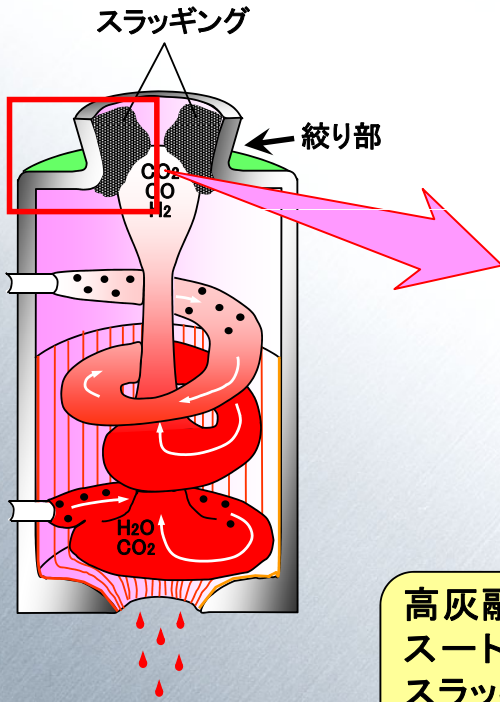
ガス化炉壁断面

F炭、G炭、H炭すべての高灰融点炭において、良好なスラグコーティング層が耐火材表面に形成

高温運転でもスラグコーティング層が形成し、ガス化炉水冷壁が保護されることを確認

高灰融点炭種対応(絞り部スラッキングの防止)

公開



高灰融点炭においても、温度管理、クエンチガス冷却、スートブローガス投入等を適切に行うことによって、スラッキングの発生を抑制し、問題なく運転できることを確認した。

高灰融点炭種対応(まとめ)

公開



評価項目		評価内容	判定
目標	性状の異なる3炭種の高灰融点炭	主に一般の微粉炭火力で用いられている高灰融点炭3炭種について性能取得・特性把握を実施。	○
性能確認	カーボン転換率	極めて高い性能が得られた。	○
	冷ガス効率	数値は若干低いですが、1室2段のEAGLEガス化炉の特徴を活かした性能水準が得られた。	○
特性確認	スラグ流下排出	温度の適正化により安定流下排出を達成。糸状・棒状スラグの生成に対する設備対応方針を得た。	○
	スラグコーティング	ガス化炉壁面への良好なスラグコーティングを確認。	○
	スラッキング	温度管理、クエンチガス冷却、スートブローガス投入を適切に行うことにより問題なく適用できると思料。	○
改造効果	高耐熱仕様に改造	ガス化部継ぎ目位置変更、炉壁冷却強化により、問題なく高灰融点炭をガス化できることを確認。	○

EAGLEガス化炉の高灰融点炭適合性を確認

石炭ガス化技術への高灰融点炭適用が可能であることを確認し、適合炭種拡大を達成すると共に、EAGLEガス化炉の優位性を高めた

② CO₂分離回収試験

(試験目的・工程・装置概要)

23

CO₂分離回収試験の目的

<研究目的>

- ▶ CO₂分離回収技術の石炭ガス化ガスへの適用性を確認すると共に実機適用に向けた開発課題を特定し、「IGCC+CCS」実用化への着実なステップとする
- ▶ システムの基本諸元(CO₂回収率、ユーティリティ使用量等)を把握し、CCSの経済性スタディのための基礎データを取得する

<開発目標>

- ▶ 回収CO₂純度 99%以上
※海底下地中貯留の濃度を定めた「海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律施行令」に準拠

全体工程(EAGLE Step2)

公開



試験スケジュール	H19年度				H20年度				H21年度			
	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
①装置の設計・製作	設計・製作											
②装置の据付・試運転					据付・試運転							
③試験運転研究									試験運転			
									★			

CO₂分離回収試験 試験工程および通ガス実績

公開



	2008年度					2009年度											
	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月			
RUN #	37	37-1	38			39	40	41	41-1	42	定期自主検査	43	43-1	44			
シフト系特性評価	■	■	■			■			■					■			
吸収/再生特性評価	■	■	■			■			■					■			
再生モード																	
加熱フラッシュ再生 再生塔再生	■	■	■			■			■					■ ■			
吸収液特性比較																	
脱圧による再生に適した吸収液(吸収液A)	■	■	■			■			■					■			
加熱による再生に適した吸収液(吸収液B)														■			

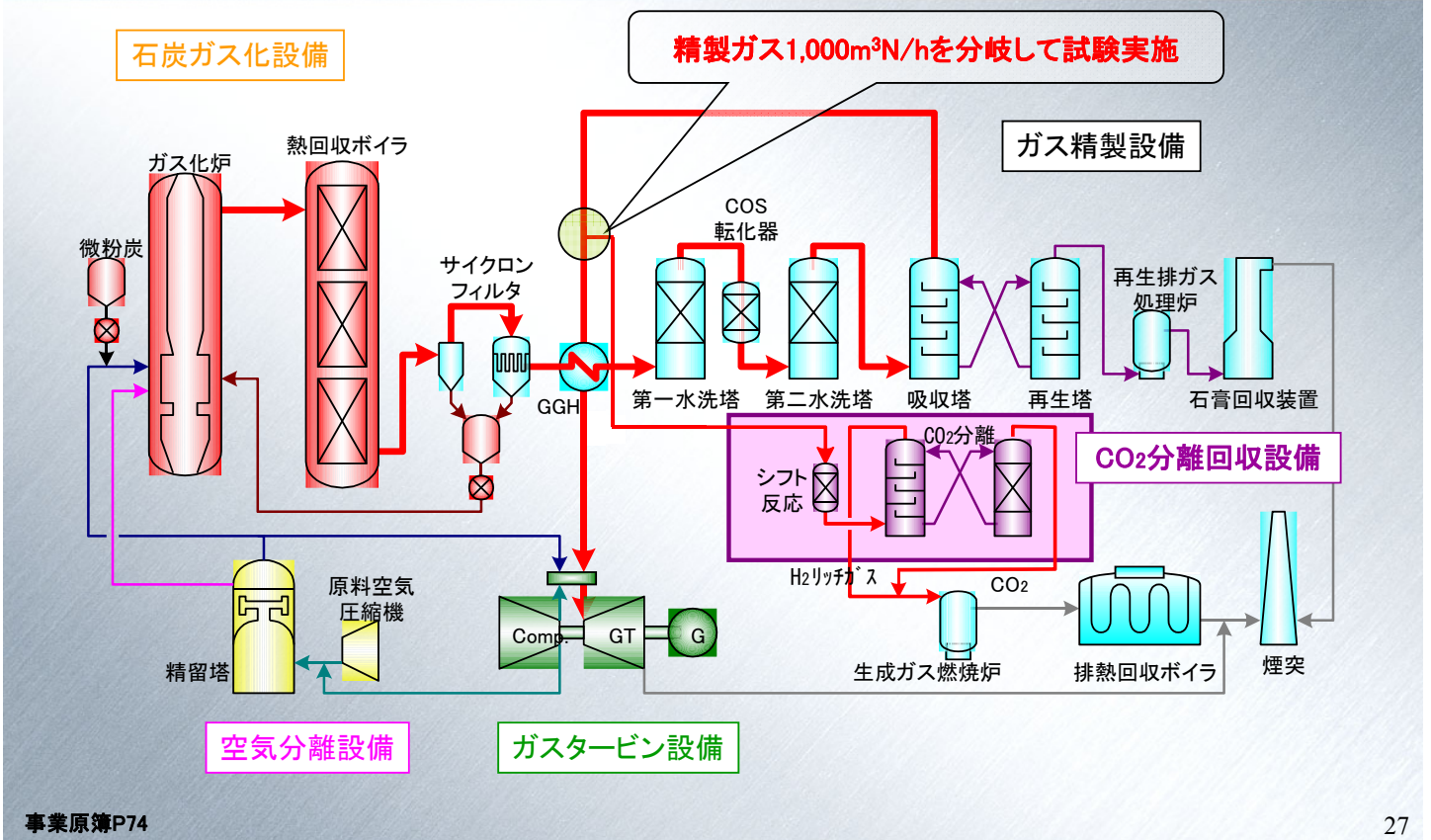
累計通ガス時間 : 1341時間15分(08年9月~09年12月末)

※試験運転時の通ガス時間を含む

(連続運転時間 : 272時間54分)

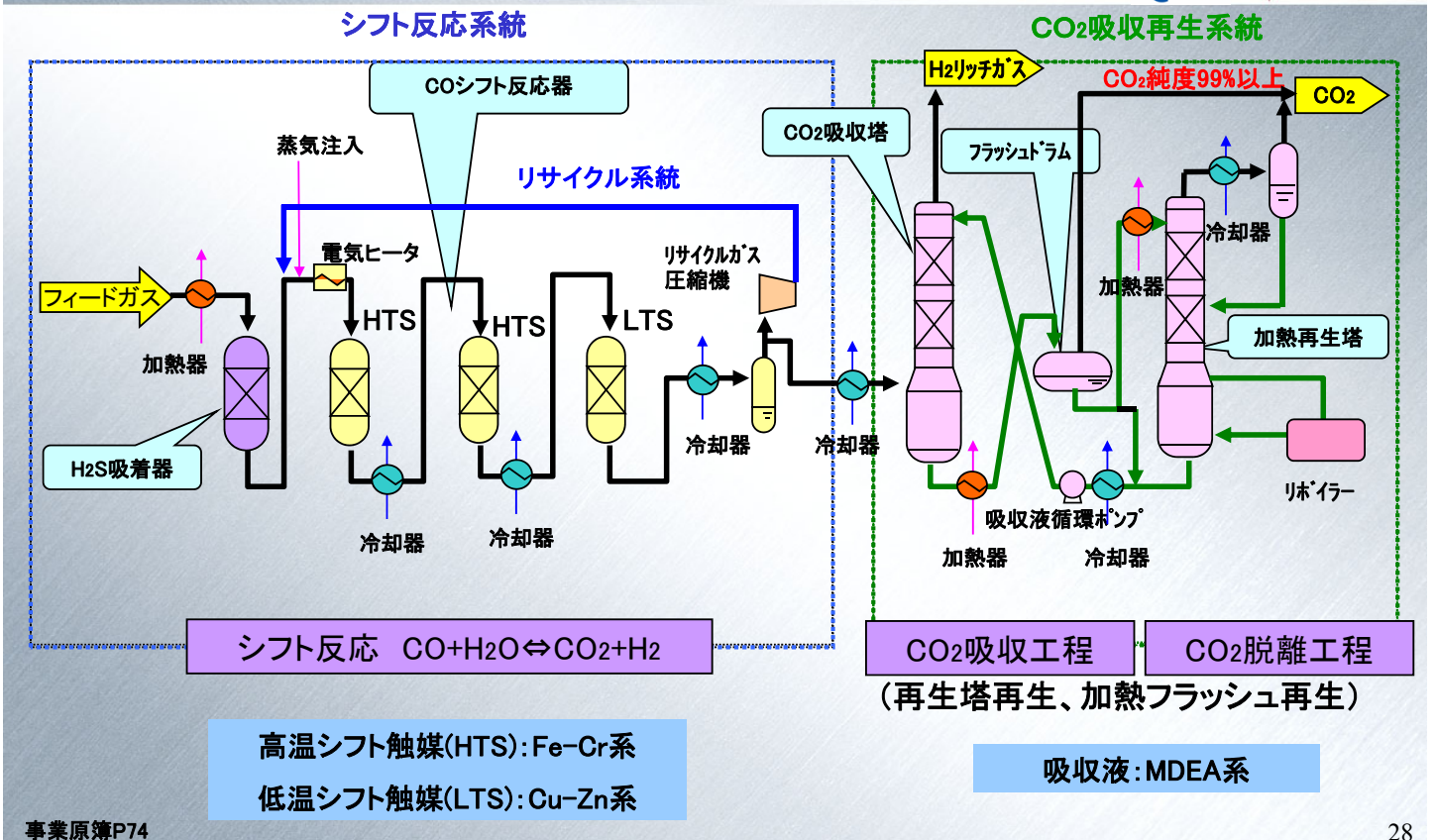
EAGLE-Step II 全体概略系統

公開



CO₂分離回収システム概要

公開



② CO₂分離回収試験

(シフト系試験概要と結果)

シフト反応系統 主要試験項目

主要試験項目設定の背景

○EAGLEで使用しているシフト触媒の主な用途は「メタン改質による水素製造プロセス」

▶対象となるガスのCO濃度は20%前後であり、石炭ガス化ガス(CO濃度約50%)と組成が大きく異なる(⇒石炭ガスは触媒上での炭素析出や副反応が起こりやすい条件)

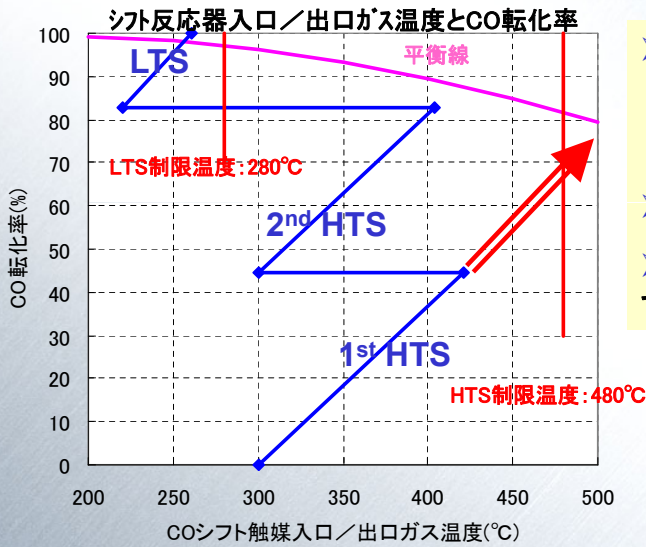
▶反応熱が大きく、触媒保護のため各シフト反応器における反応の転化率をコントロールする必要がある

▶処理ガス量に対する蒸気の比率の推奨値は、豊富な余剰蒸気がある化学プラントを想定している (⇒発電効率への影響をどこまで低減できるか確認する)

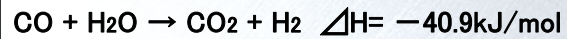
主要試験項目	確認・検証事項
(1)シフト反応特性評価	シフト反応系統の安定運転手法の確立 CO転化率の確認、副反応・炭素析出有無 シフト反応器出口温度、HTS: ≤480°C、LTS: ≤280°C
(2)シフト蒸気量低減試験	ユーティリティー量(シフト蒸気量) CO転化率の確認、副反応・炭素析出有無
(3)その他	シフト触媒許容S分:0.1ppm以下 触媒性能低下度合いの把握

シフト反応器の設計方針

公開



- 2段のHTSで約8割のCOをCO₂に反応させる
→ 平衡に達すると触媒制限温度を超えるため、HTSは非平衡反応器として設計
- LTSにて低温域で平衡付近まで反応を進める
- 3段のシフト反応器トータルで高CO濃度ガスに対して、触媒制限温度以下で高いCO転化率を確保



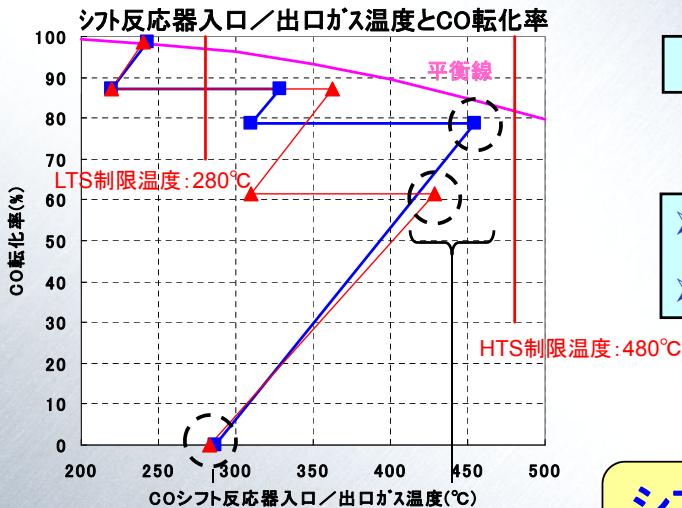
【非平衡反応器に起因する運転上の課題】 ※特にNo.1_HTS

1. CO濃度の変化により、反応器出口温度が鋭敏に反応
2. 反応器入口温度の変化により、反応器出口温度が鋭敏に反応
3. 触媒活性が計画よりも高く、触媒制限温度に近づき易い(対応操作は適宜実施中)

31

シフト反応系統 運転上の課題

公開



No.1_HTS入口温度 +3.3°C

➢ No.1_HTS出口温度 +26.6°C

➢ CO転化率 +17.1%

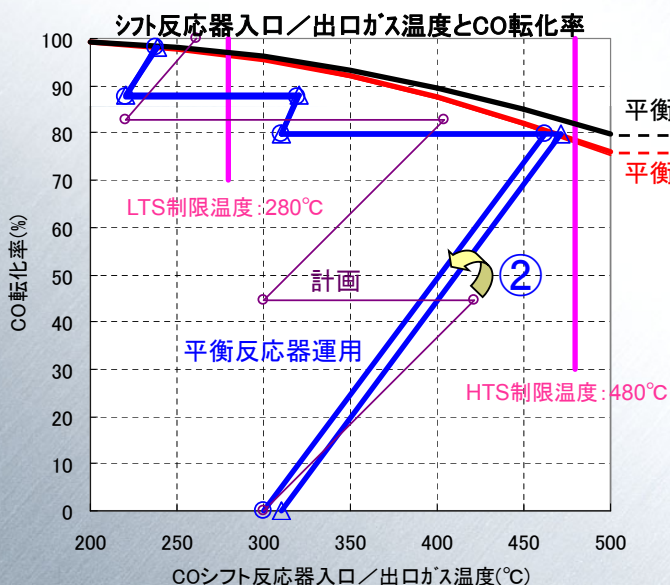
シフト反応器入口温度の微小変化により、シフト反応器出口温度が大幅に変化

	No.1_HTS 入口ガス温度	No.1_HTS 出口ガス温度
▲	283.1°C	428.2°C
■	286.4°C	454.8°C
差	3.3°C	26.6°C

32

No.1_HTSを平衡反応器として運用

公開



	フィードガス流量
計画	1,000m ³ N/h(原料ガス)
平衡反応器運用	800m ³ N/h(原料ガス) +200m ³ N/h(リサイクルガス)

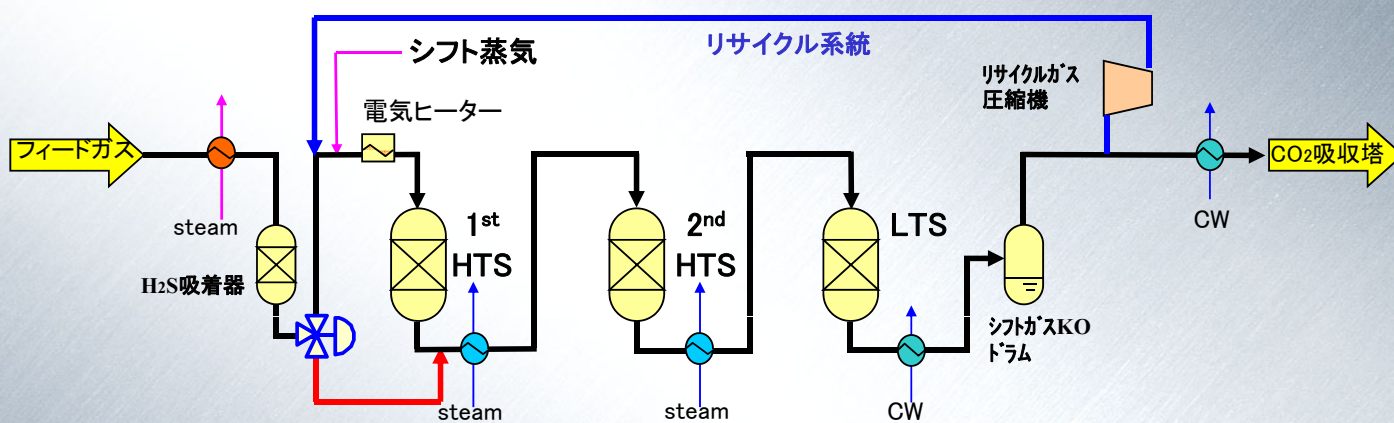
- ① シフト反応済みガスをリサイクルすることにより、平衡転化率を抑制
- ② リサイクルガスにより反応熱を希釈し、温度上昇の傾きを低下させる

フィードガス中CO濃度変化、シフト反応器入口温度変化等の運転状態の影響を受けず、シフト反応システムを安定運転でき、触媒活性の変化(SOR: Start of Run~EOR: End of Run)の影響も受けない運用が可能

33

シフト反応系統(改善案)

公開



- No.1_HTSは平衡反応器として利用する。
- No.1_HTS触媒温度見合いでNo.1_HTSへの導入ガス量(バイパスガス量)を調整する。
- シフト蒸気量は、全導入ガス量に見合った量を注入。No.1_HTSでの過剰蒸気は触媒温度過上昇抑制のためのクエンチガスの役割を果たす。

34

② CO₂分離回収試験(CO₂吸収再生系試験概要と結果)CO₂吸収再生系統 主要試験項目

主要試験項目設定の背景

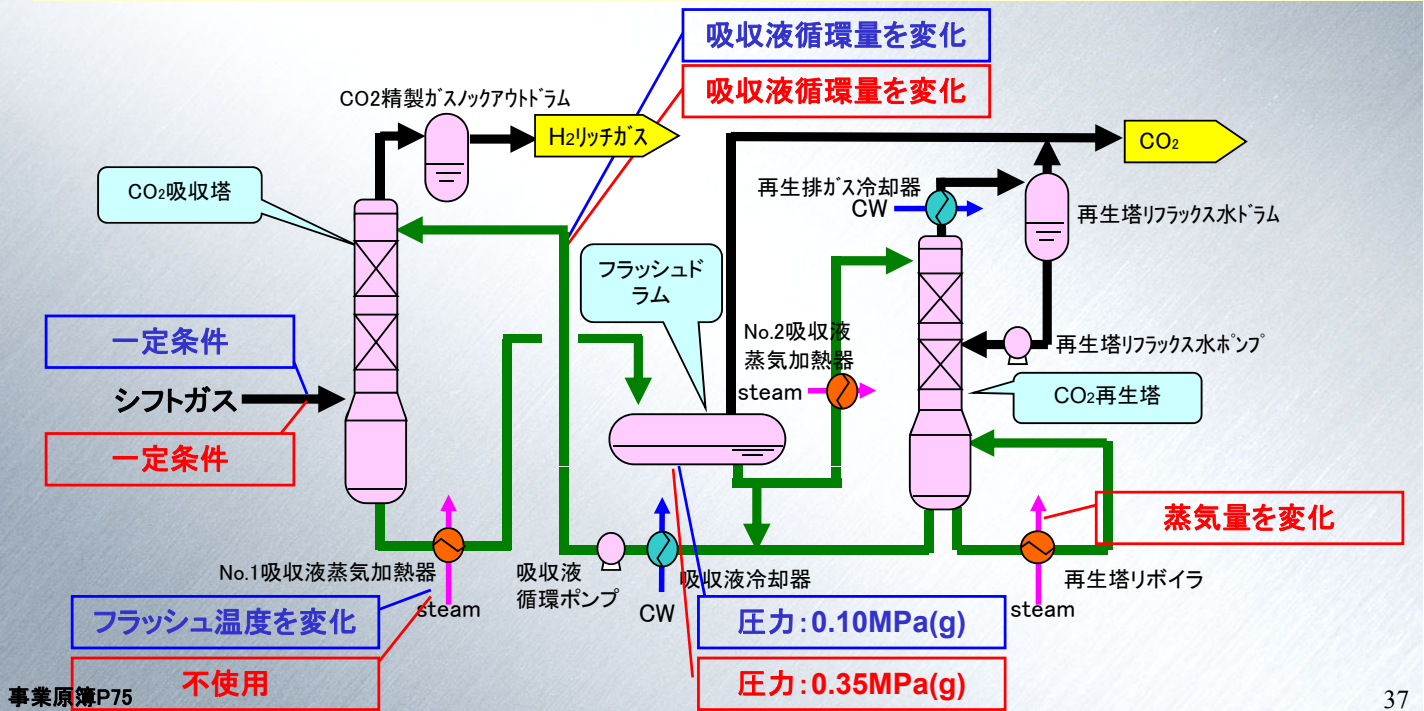
○EAGLEで使用しているCO₂吸収液の主な用途は「天然ガス製造プロセス」

- ▶対象となるガスのCO₂濃度は10%以下であり、シフト反応後の石炭ガス化ガス(CO₂濃度約40%)と組成が大きく異なる
- ▶吸収液メーカーの実験値や運用推奨値を用いて設計しており、石炭ガス化ガスでの特性を評価する必要がある
- ▶熱安定性塩等の不純物の蓄積度合いを確認し、吸収液性能に与える影響を評価することが重要

主要試験項目	確認・検証事項
(1)吸収塔L/G変化試験	CO ₂ 回収率、回収CO ₂ 純度 リーン・リッチローディング量
(2)再生モード変化試験 →加熱フラッシュ再生 →再生塔再生	同上 ユーティリティ把握
(3)複数吸収液による吸収再生特性比較	吸収液A:脱圧による再生に適した吸収液【加熱フラッシュ再生向き】 吸収液B:加熱による再生に適した吸収液【再生塔再生向き】
(4)その他	長時間運転による吸収液劣化度合い(不純物濃度)の把握

吸収液特性評価

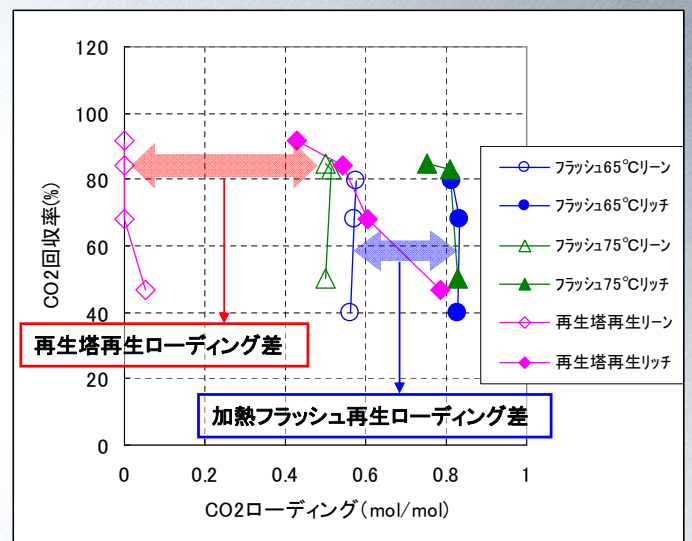
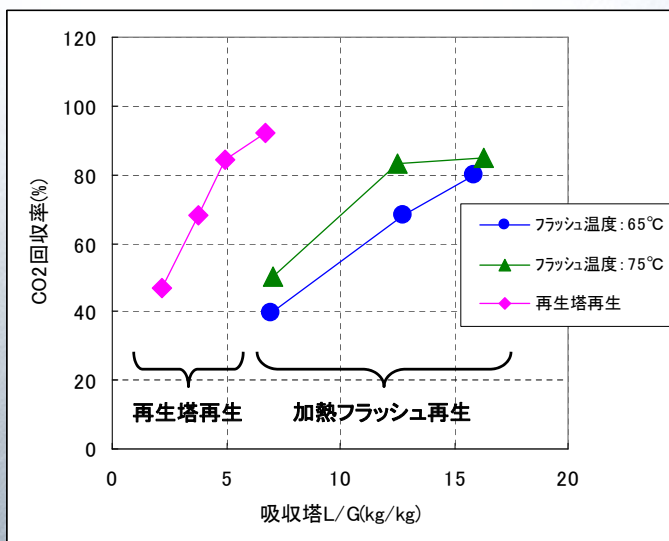
- ◆吸収液: 吸収液A(脱圧による再生に適した吸収液)、吸収液B(加熱による再生に適した吸収液)
- ◆再生モード: 加熱フラッシュ再生、再生塔再生



事業原簿P75

37

吸収塔L/GとCO2回収率



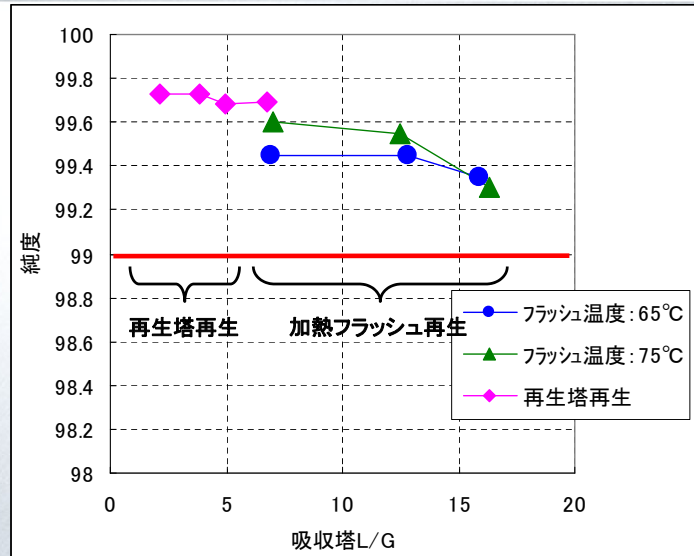
▶再生塔再生ではCO₂ローディング差を大きく取れる(リーンローディングCO₂がほぼゼロ)ことから、低い吸収塔L/Gでも高いCO₂回収率を達成。

▶加熱フラッシュ再生は吸収液循環量を増加するとローディング差が減少し、現状設備では回収率85%程度で頭打ちとなる。更なる回収率増のためには①吸収塔高さを高くする、②フラッシュ温度を上げる等の対応が必要。

事業原簿P75

$$\text{※吸収塔L/G(kg/kg)} = \text{吸収液循環量(kg/h)} / \text{吸収塔入口ガス量(kg/h)}$$

38



回収CO₂純度(%dry) = 100 - (H₂+N₂+O₂+CH₄+CO)濃度

※「特定二酸化炭素ガスに含まれる二酸化炭素の濃度の測定の方法を定める省令」による

➤ 両再生モードにおいて、回収CO₂純度99%超を確認。

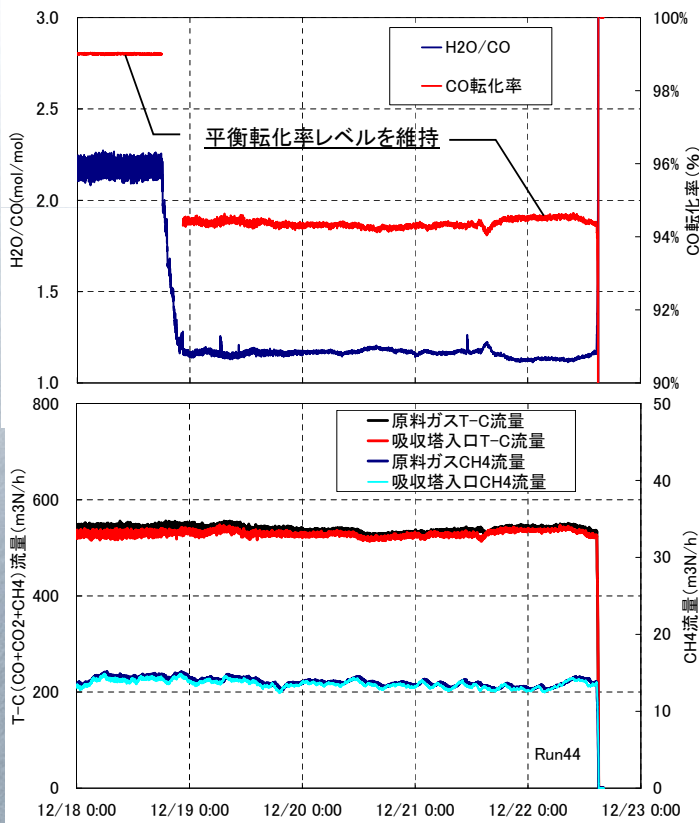
➤ 化学吸収されるCO₂に対して不純物(H₂,N₂主体)は物理吸的に溶解するため、加熱フラッシュ再生の領域では吸収液循環量増大に伴って純度が低下する。

② CO₂分離回収試験

(ユーティリティ削減試験)

シフト蒸気低減試験結果

公開



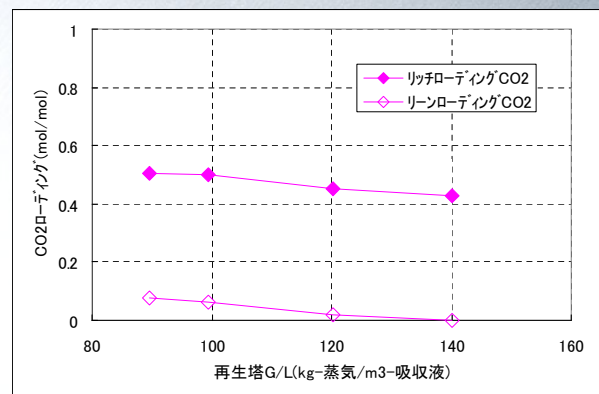
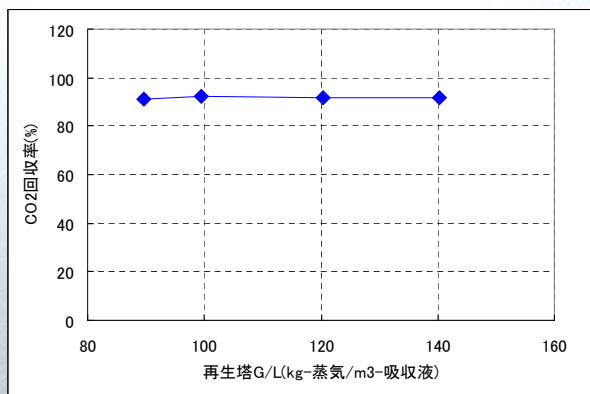
- ✓ H₂O/CO=1.2条件で約90時間の長時間運転を実施
- ✓ H₂O/CO=1.2に低減した後も、触媒入口/出口の全炭素流量やメタン流量はほぼ一致し、メタネーション反応の発生やタール等生成による炭素損失は認められない。
- ✓ 各シフト反応器の温度分布、差圧についても経時変化は認められない。
- ✓ 停止後の触媒分析において、LTS触媒の炭素含有量が若干増加した。

⇒今回の試験では、ガス分析結果からは触媒性能が維持されることを確認した。ただし、触媒活性の経時変化については継続的な確認検証が必要。

41

再生塔リボイラ蒸気低減試験

公開



$$\text{リボイラG/L (kg-蒸気/m}^3\text{-吸収液)} = \text{リボイラ蒸気流量 (kg/h)} / \text{吸収液循環流量 (m}^3\text{/h)}$$

▶再生塔リボイラ蒸気をG/L=90kg/m³まで低減しても、CO₂回収率およびリーン/リッチローディング差に変化はなく、運用可能との見通しを得た。

ユーティリティー量比較

公開

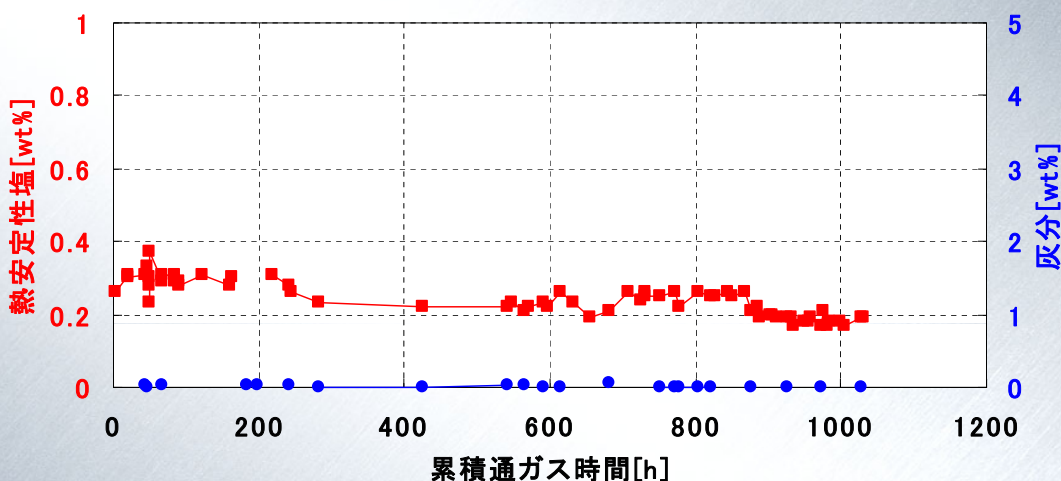


		設計ベース	EAGLE試験結果	備考
シフト系統	シフト蒸気	H ₂ O/CO=1.8	H ₂ O/CO=1.2	66.7%(対設計ベース比)
	CO転化率(H ₂ O/CO=1.8)	98.4% (平衡転化率)	99.0%	平衡に到達
	CO転化率(H ₂ O/CO=1.2)	93.3% (平衡転化率)	94.3%	平衡に到達
再生塔再生	吸収液循環量(L/G)	6.5kg/kg	6.8kg/kg	運転条件
	リボイラ蒸気量	G/L=141kg/m ³	G/L=90kg/m ³	63.8%(対設計ベース比)
	CO ₂ 回収率	95%	91.8%	96.6%(対設計ベース比)
	吸収液再生熱量	2.49GJ/t-CO ₂	1.93GJ/t-CO ₂	77.5%(対設計ベース比)
加熱フラッシュ再生	吸収液循環量(L/G)	12.1kg/kg	12.5kg/kg	運転条件
	フラッシュ温度	76.5°C	75°C	運転条件
	CO ₂ 回収率	90.0%	83.1%	92.3%(対設計ベース比)
	吸収液再生熱量	1.15GJ/t-CO ₂	1.23GJ/t-CO ₂	107%(対設計ベース比)

- ▶パイロット試験設備の運転を通じて、各運転条件における所要エネルギーを見極めることができた。
- ▶ベースとなる再生塔再生では、リボイラ蒸気の大幅な削減を達成。また、シフト蒸気低減運用を組み合わせることにより、更なるCO₂回収エネルギー原単位削減が可能との見通しを得た。
- ▶加熱フラッシュ再生は、CO₂回収率は低いものの吸収液再生エネルギーの面で優位であることが確認された。

吸収液劣化状況

公開



熱安定性塩／灰分とも低位で推移し、目立った吸収液劣化は認められない。

- ◆熱安定性塩管理値：1.0wt%以下(腐食防止)
- ◆灰分管理値：5.0wt%以下(吸収液粘度上昇による気液接触効率低下防止)

シフト反応系統

(1)シフト反応特性評価

➢No.1 HTSを平衡反応器として運用することで、シフト反応系統を安定運転できる見通しを得た。

(2)シフト蒸気量低減試験

➢H₂O/CO=1.8~1.2範囲で通ガス試験を行い、H₂O/CO=1.2条件において運用可能との見通しを得た。

➢蒸気低減後の触媒分析を実施し、LTS触媒の炭素含有量増加を確認した。

(3)その他

➢触媒性能の経時変化は継続監視する。

CO₂吸収再生系統

(1)(2)吸収液特性評価

➢再生塔再生モード、加熱フラッシュ再生モードでの吸収液特性を確認した。

➢両再生モードにおいて回収CO₂純度「99%以上」が可能であることを確認した。

(3)複数吸収液による特性確認

➢加熱フラッシュ再生に適した吸収液Aでは、CO₂回収率が計画値である90%未満となった。

➢再生塔再生に適した吸収液Bでは、再生に要する熱量が計画値より大幅に低減できる結果を得た。

(4)その他

➢現状吸収液劣化の兆候は見られていない。



要素技術である「COシフト触媒」、「CO₂吸収液」の基本特性を確認すると共に、分離回収システムの石炭ガスへの適用性、システムの基本諸元(ユーティリティ使用量等)を確認した。

③ 微量物質挙動調査

【目的】

- 環境影響評価のための基礎データ収集
- 設備の信頼性向上

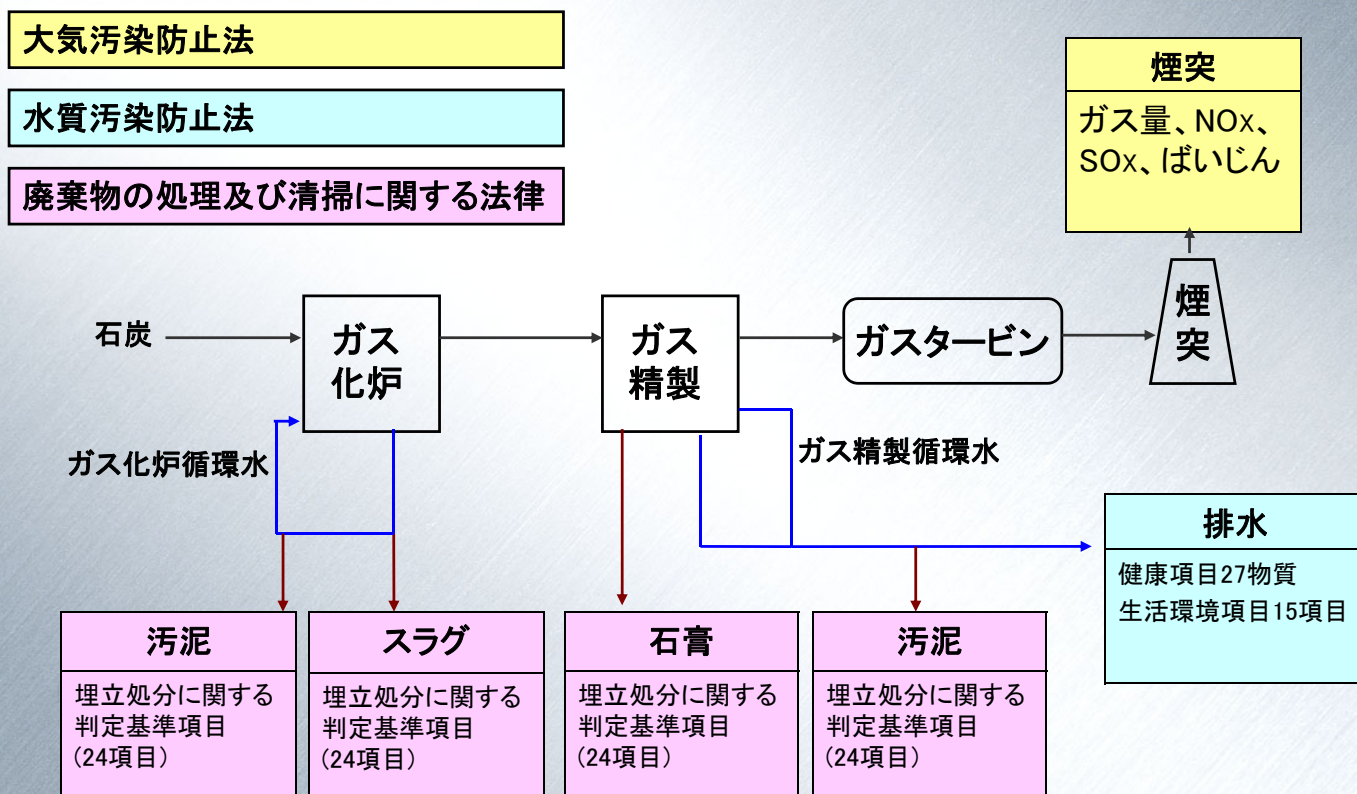
【調査対象物質】

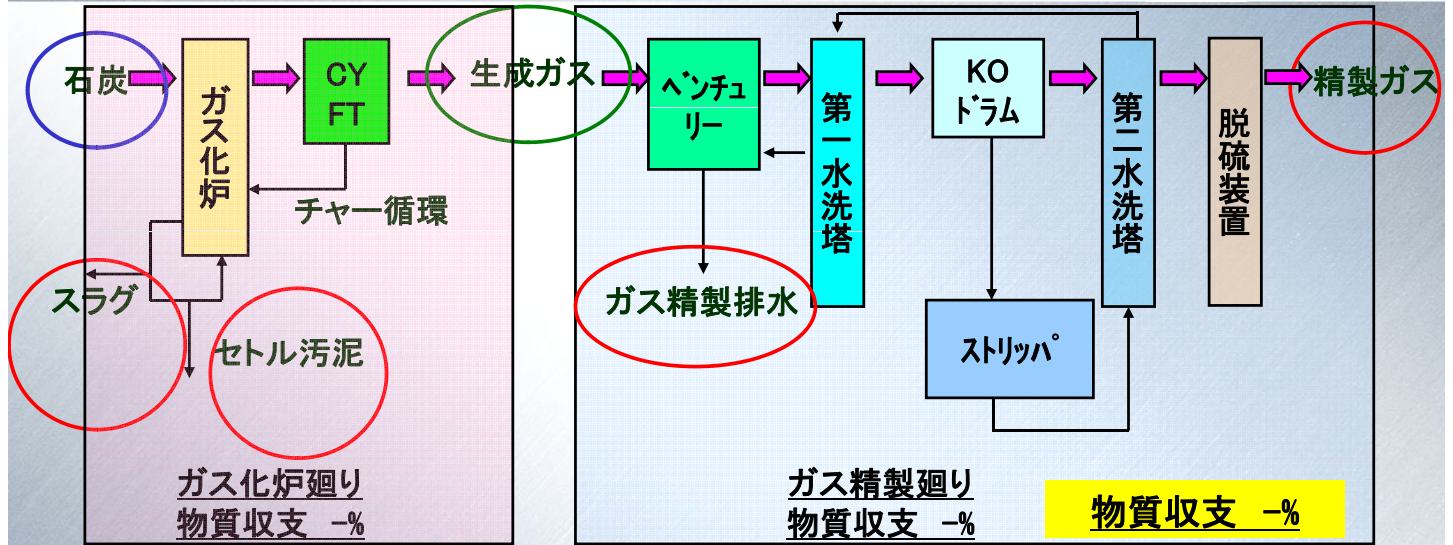
- 腐食性物質(塩素、フッ素)
 - ✓ 機器材料の選定への反映
 - ✓ 最適ブリード量の決定
- 有害重金属、排水規制物質(水銀、セレン、ヒ素、ホウ素)
 - ✓ 系内挙動・系外排出経路の把握
 - ✓ 排水処理スペックの決定

※その他元素についても、系外排出量、排出経路を把握する。

対象元素は、水質汚濁防止法、廃棄物処理法基準に準拠して定める。

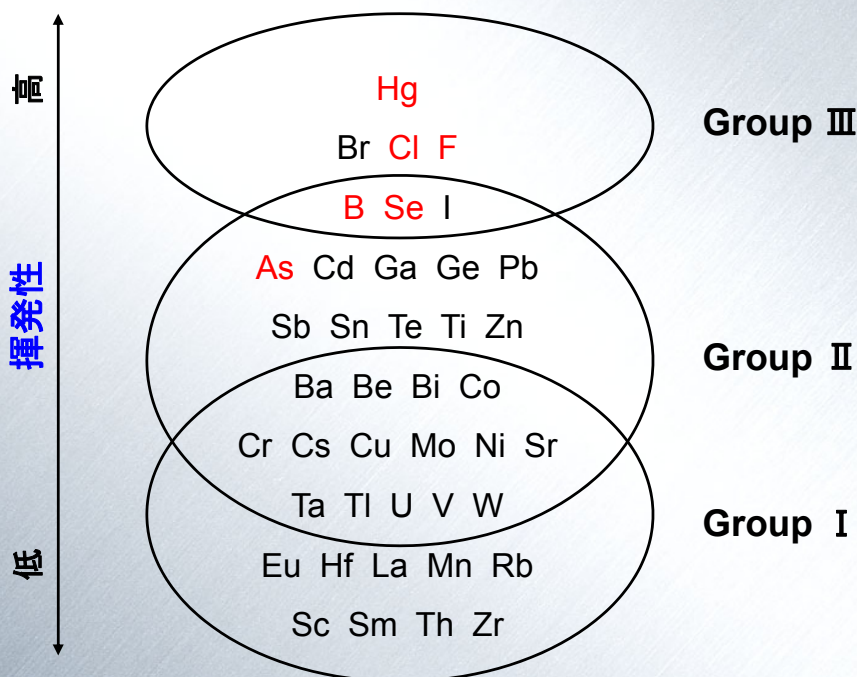
環境影響評価





- 物質収支は、静定状態における時間あたりの「系外排出量／供給量」で定義する。
- 物質収支：『スラグ＋セトル汚泥＋ガス精製排水＋精製ガス』合計の石炭に対する割合
- ガス化炉廻りの物質収支：『スラグ＋セトル汚泥＋生成ガス』合計の石炭に対する割合
- ガス精製廻りの物質収支：『ガス精製排水＋精製ガス』合計の生成ガス中含有量に対する割合

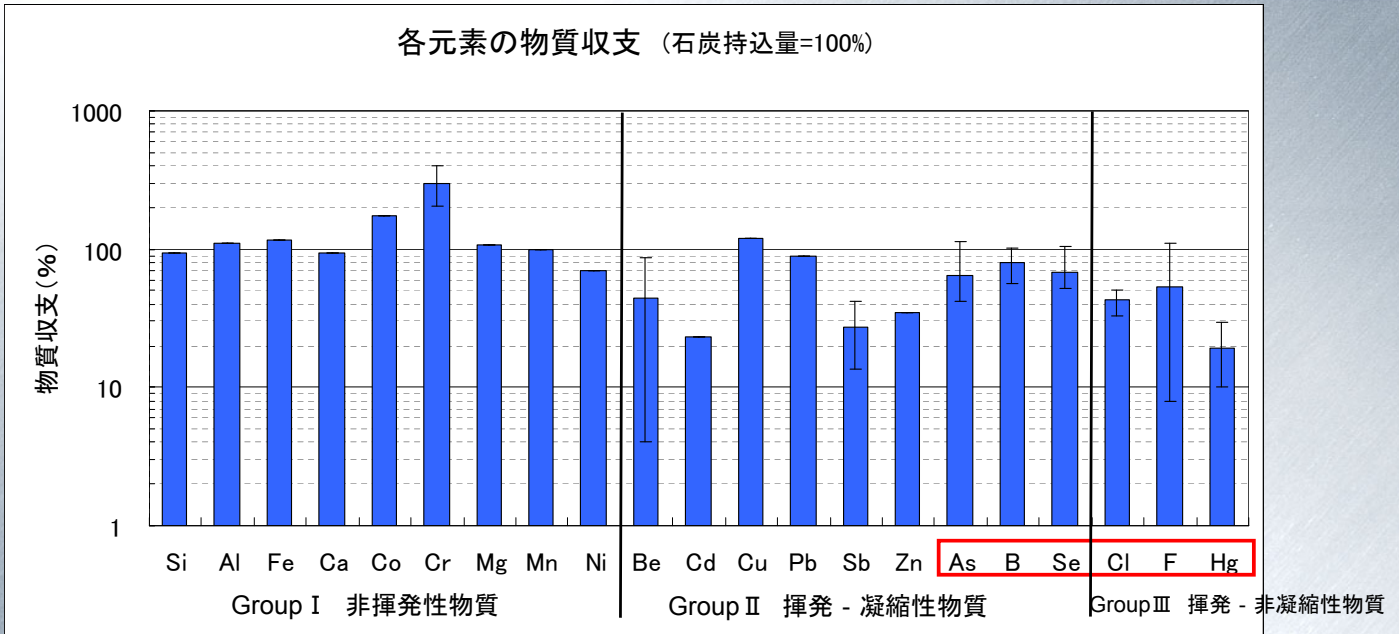
石炭中元素の揮発性による分類



➢ 出典) 電力中央研究所報告W02002(石炭火力発電所の微量物質排出実態調査)

微量物質の挙動調査結果

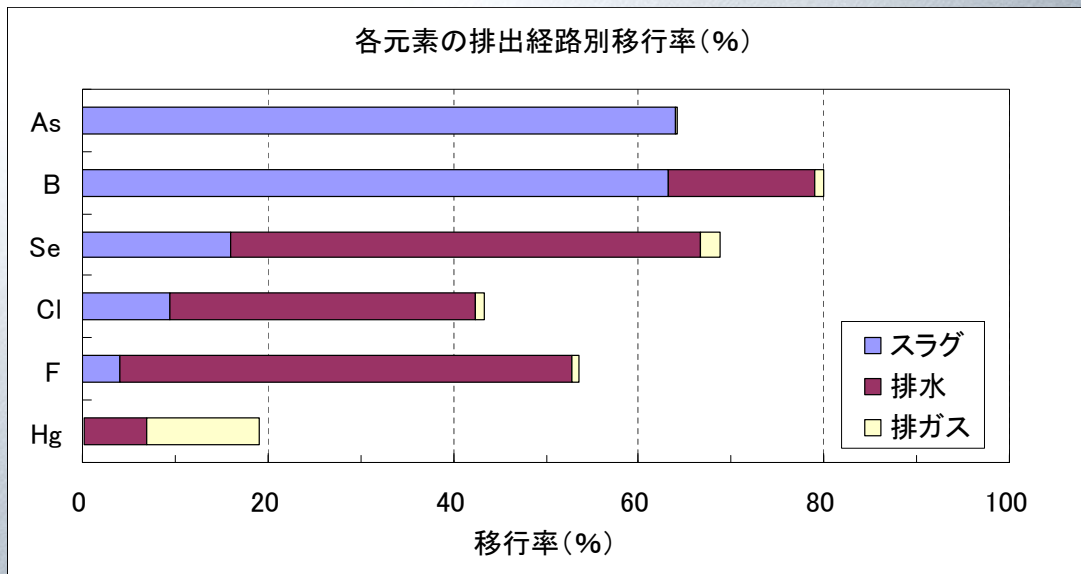
公開



- Group I の元素については、ほぼ全量スラグとして系外排出されることを確認。
- Group II → IIIに伴いガス精製系統への移行率が上昇する傾向。

微量物質の挙動調査結果

公開



※移行率は高灰融点炭～低灰融点炭を含む4炭種の平均値

- ヒ素は略全量がスラグに移行。ホウ素の一部およびセレンの大半はガス精製系統に移行するが、移行率はガス化炉温度条件に依存することを確認。
- ハロゲン類(塩素、フッ素)は大半がガス精製系統に移行し、水洗塔にてガス中より水洗除去される。
- 水銀は低収支にとどまるが、ガス精製系統の温度低下部で凝縮堆積している状況を確認した。

1. 重金属類

・揮発性の低い大半の重金属類は略全量がスラグに移行することを確認した。

2. ハロゲン類(塩素、フッ素)

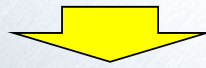
・大半がガス精製システムに移行し、ベンチュリー、第一水洗塔にて水洗除去される。

3. セレン、ホウ素

・ホウ素の一部とセレンの大半はガス精製システムに移行するが、移行率はガス化炉温度条件に依存する傾向を確認した。

4. 水銀

・水銀は低収支にとどまるが、ガス精製システムの温度低下部で凝縮堆積している状況を確認した。



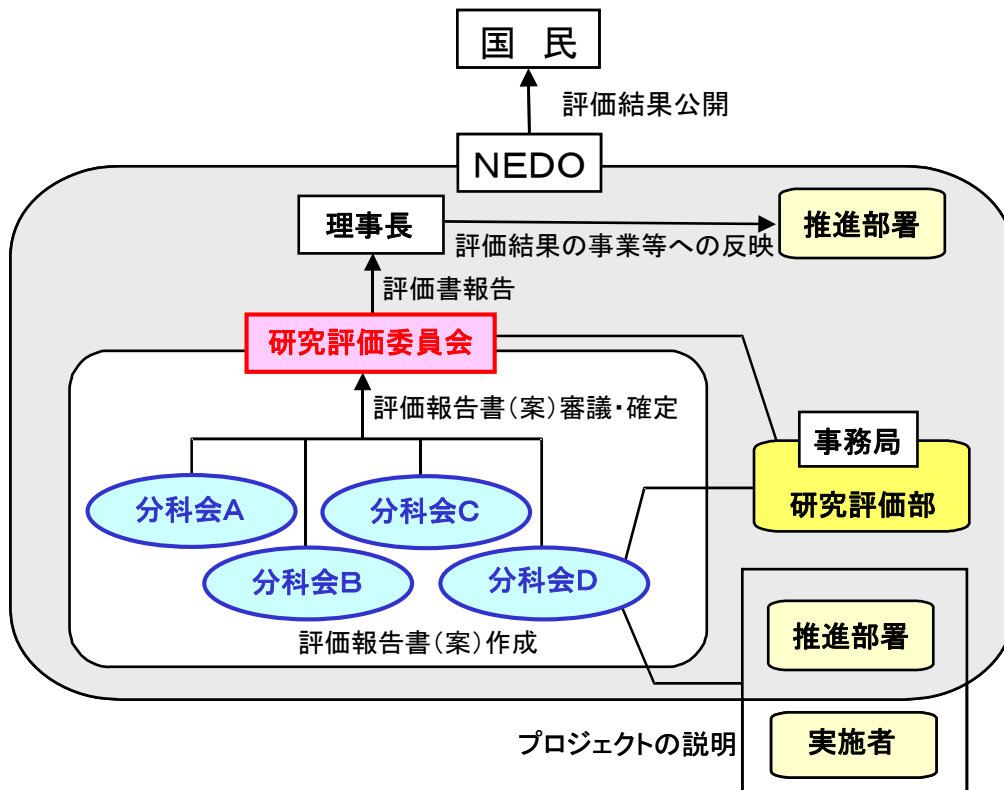
限られた試験期間、炭種での評価ではあるが、EAGLE試験炭における微量成分の系内挙動、系外排出経路を概ね確認し、所期の目的である「環境影響評価のための基礎データ収集」および「設備の信頼性向上のためのデータ取得」を達成した。

参考資料 1 評価の実施方法

本評価は、「技術評価実施規程」（平成 15 年 10 月制定）に基づいて研究評価を実施する。

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）における研究評価の手順は、以下のように被評価プロジェクトごとに分科会を設置し、同分科会にて研究評価を行い、評価報告書（案）を策定の上、研究評価委員会において確定している。

- 「NEDO 技術委員・技術委員会等規程」に基づき研究評価委員会を設置
- 研究評価委員会はその下に分科会を設置



1. 評価の目的

評価の目的は「技術評価実施規程」において。

- 業務の高度化等の自己改革を促進する
- 社会に対する説明責任を履行するとともに、
経済・社会ニーズを取り込む
- 評価結果を資源配分に反映させ、資源の重点化及び業務の効率化を
促進する

としている。

本評価においては、この趣旨を踏まえ、本事業の意義、研究開発目標・計画の妥当性、計画を比較した達成度、成果の意義、成果の実用化の可能性等について検討・評価した。

2. 評価者

技術評価実施規程に基づき、事業の目的や態様に即した外部の専門家、有識者からなる委員会方式により評価を行う。分科会委員選定に当たっては以下の事項に配慮して行う。

- 科学技術全般に知見のある専門家、有識者
- 当該研究開発の分野の知見を有する専門家
- 研究開発マネジメントの専門家、経済学、環境問題その他社会的ニーズ
関連の専門家、有識者
- 産業界の専門家、有識者

また、評価に対する中立性確保の観点から事業の推進側関係者を選任対象から除外し、また、事前評価の妥当性を判断するとの側面にかんがみ、事前評価に関与していない者を主体とする。

これらに基づき、分科会委員名簿にある7名を選任した。

なお、本分科会の事務局については、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構研究評価広報部が担当した。

3. 評価対象

平成10年度に開始された「多目的石炭ガス製造技術開発(EAGLE)」プロジェクトを評価対象とした。

なお、分科会においては、当該事業の推進部署から提出された事業原簿、プロジェクトの内容、成果に関する資料をもって評価した。

4. 評価方法

分科会においては、当該事業の推進部署及び研究実施者からのヒアリングと、それを踏まえた分科会委員による評価コメント作成、評点法による評価及び実施者側等との議論等により評価作業を進めた。

なお、評価の透明性確保の観点から、知的財産保護の上で支障が生じると認められる場合等を除き、原則として分科会は公開とし、研究実施者と意見を交換する形で審議を行うこととした。

5. 評価項目・評価基準

分科会においては、次に掲げる「評価項目・評価基準」で評価を行った。これは、研究評価委員会による『各分科会における評価項目・評価基準は、被評価プロジェクトの性格、中間・事後評価の別等に応じて、各分科会において判断すべき者である。』との考え方に従い、第1回分科会において、事務局が、研究評価委員会により示された「標準的評価項目・評価基準」（参考資料 1-7 頁参照）をもとに改定案を提示し、承認されたものである。

プロジェクト全体に係わる評価においては、主に事業の目的、計画、運営、達成度、成果の意義や実用化への見通し等について評価した。各個別テーマに係る評価については、主にその目標に対する達成度等について評価した。

評価項目・評価基準

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) NEDOの事業としての妥当性

- ・ エネルギーイノベーションプログラムの下で、当該施策・制度の目標達成のために寄与しているか。
- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること、又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされる効果が、投じた予算との比較において十分であるか。

(2) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術開発動向、国際競争力の状況、市場動向、政策動向、国際貢献の可能性等から見て、事業の目的は妥当か。

2. 研究開発マネジメントについて

(1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

(2) 研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマ毎の配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。

(3) 研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・ 適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。
- ・ 真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携が十分に行われ

る体制となっているか。

- ・ 実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。

(4)情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
- ・ 計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しを適切に実施しているか。

3. 研究開発成果について

(1)目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアする見通しであるか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

(2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながることを期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。

(3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。

(4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

4. 実用化、事業化の見通しについて

(1) 成果の実用化可能性

- ・ 産業技術としての見極め（適用可能性の明確化）ができているか。
- ・ 実用化に向けて課題が明確になっているか。課題解決の方針が明確になっているか。

(2) 事業化までのシナリオ

- ・ NEDO後継プロジェクト、NEDO実用化助成、企業内研究等、プロジェクト終了後の事業化までの道筋は明確か。
- ・ コストダウン、競合技術との比較、導入普及、事業化までの期間、事業化とそれに伴う経済効果等の見通しは立っているか。

(3) 波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

標準的評価項目・評価基準（事後評価）

2008. 3. 27

【事後評価 標準的評価項目・評価基準の位置付け（基本的考え方）】

標準的評価項目・評価基準は、第17回研究評価委員会（平成20年3月27日付）において以下のとおり定められている。（本文中の記載例による1・・・、2・・・、3・・・、4・・・が標準的評価項目、それぞれの項目中の(1)・・・、(2)・・・が標準的評価基準、それぞれの基準中の・・・が視点）

ただし、これらの標準的評価項目・評価基準は、研究開発プロジェクトの事後評価における標準的な評価の視点であり、各分科会における評価項目・評価基準は、被評価プロジェクトの性格等に応じて、各分科会において判断すべきものである。

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) NEDOの事業としての妥当性

- ・ 特定の施策（プログラム）、制度の下で実施する事業の場合、当該施策・制度の目標達成のために寄与しているか。
- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること、又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされる効果が、投じた予算との比較において十分であるか。

(2) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術開発動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献の可能性等から見て、事業の目的は妥当か。

2. 研究開発マネジメントについて

(1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

(2)研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマ毎の配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・ 継続プロジェクトや長期プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。

(3)研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・ 適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。
- ・ 真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
- ・ 研究管理法人を経由する場合、研究管理法人が真に必要な役割を担っているか。
- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携 and/or 競争が十分に行われる体制となっているか。
- ・ 実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。

(4)情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
- ・ 計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しを適切に実施しているか。

3. 研究開発成果について

(1)目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

(2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながる事が期待できるか。

- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。

(3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

(4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

4. 実用化、事業化の見通しについて

(1)成果の実用化可能性

- ・ 産業技術としての見極め（適用可能性の明確化）ができているか。
- ・ 実用化に向けて課題が明確になっているか。課題解決の方針が明確になっているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。

(2)事業化までのシナリオ

- ・ NEDO後継プロジェクト、NEDO実用化助成、企業内研究等、プロジェクト終了後の事業化までの道筋は明確か。
- ・ コストダウン、競合技術との比較、導入普及、事業化までの期間、事業化とそれに伴う経済効果等の見通しは立っているか。

(3)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

※基礎的・基盤的研究及び知的基盤・標準整備等の研究開発の場合は、以下の項目・基準による。

*基礎的・基盤的研究開発の場合

3. 研究開発成果について

(1)目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

(2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながることを期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。

(3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

(4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

4. 実用化の見通しについて

(1)成果の実用化可能性

- ・ 実用化イメージ・出口イメージが明確になっているか。

- ・ 実用化イメージ・出口イメージに基づき、開発の各段階でマイルストーンを明確にしているか。それを踏まえ、引き続き研究開発が行われる見通しは立っているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。

(2)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

* 知的基盤・標準整備等の研究開発の場合

3. 研究開発成果について

(1)目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

(2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながることを期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は公開性が確保されているか。

(3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 研究内容に新規性がある場合、知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

(4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

4. 実用化の見通しについて

(1)成果の実用化可能性

- ・ 整備した知的基盤についての利用は実際にあるか、その見通しが得られているか。
- ・ 公共財として知的基盤を供給、維持するための体制は整備されているか、その見込みはあるか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。
- ・ J I S化、標準整備に向けた見通しが得られているか。注) 国内標準に限る
- ・ 一般向け広報は積極的になされているか。

(2)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

参考資料 2 評価に係る被評価者意見

研究評価委員会（分科会）は、評価結果を確定するにあたり、あらかじめ当該実施者に対して評価結果を示し、その内容が、事実関係から正確性を欠くなどの意見がある場合に、補足説明、反論などの意見を求めた。研究評価委員会（分科会）では、意見があったものに対し、必要に応じて評価結果を修正の上、最終的な評価結果を確定した。

評価結果に対する被評価者意見は全て反映された。

本研究評価委員会報告は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO 技術開発機構）研究評価部が委員会の事務局として編集しています。

平成22年3月

NEDO 技術開発機構

研究評価部

統括主幹 竹下 満

主幹 寺門 守

担当 山田 武俊

* 研究評価委員会に関する情報は NEDO 技術開発機構のホームページに掲載しています。

(<http://www.nedo.go.jp/iinkai/kenkyuu/index.html>)

〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310番地

ミュージアム川崎セントラルタワー20F

TEL 044-520-5161 FAX 044-520-5162