

「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト  
／ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発  
／革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」  
中間評価報告書

平成22年11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11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	7
研究評価委員会委員名簿	8
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	1-21
2. 1 CO <sub>2</sub> 回収型次世代IGCC 技術開発	
2. 2 石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NO <sub>x</sub> 技術開発	
3. 評点結果	1-31
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

## 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、「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト／ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発／革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」の中間評価報告書であり、第25回研究評価委員会において設置された「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト／ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発／革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」(中間評価)研究評価分科会において評価報告書案を策定し、第26回研究評価委員会(平成22年11月11日)に諮り、確定されたものである。

平成22年11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

「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト  
 /ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発  
 /革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」

中間評価分科会委員名簿

(平成22年8月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	みうら たかとし 三浦 隆利	東北大学 大学院工学研究科 化学工学専攻 教授
分科会長 代理	もりとみ ひろし 守富 寛	岐阜大学 大学院工学研究科 環境エネルギーシステム 専攻 教授
委員	せきね やすし 関根 泰	早稲田大学 先進理工学部 応用化学科 准教授
	にのみや よしひこ 二宮 善彦	中部大学 工学部応用化学科 教授
	むらかみ きよあき 村上 清明	株式会社 三菱総合研究所 科学技術部門統括室 参与
	もうり くにひこ 毛利 邦彦	株式会社 エルパワーテクノロジー 取締役技術部長
	よしかわ のりひこ 吉川 典彦	名古屋大学 大学院工学研究科 教授

称略、五十音順

## 審議経過

### ● 第1回 分科会（平成22年8月19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. 評価の実施方法と評価報告書の構成について
4. プロジェクトの概要説明
5. プロジェクトの詳細説明

#### 非公開セッション

6. 全体を通しての質疑

#### 公開セッション

7. まとめ・講評
8. 今後の予定、その他、閉会

### ● 第26回研究評価委員会（平成22年11月11日）

## 評価概要

### 1. 総論

#### 1) 総合評価

環境やエネルギーに関する国際的な情勢は変化しているが、温暖化対策、エネルギーの安定確保の必要性は高まりつつあり、本研究事業の意義は失われていない。石炭利用は、ビジネスとしての側面もあるが、むしろエネルギーセキュリティ上の必要性が高い。そうした事業を民間で行うことはリスクが高く、市場に委ねるだけでは継続するのは難しく、国が支援する十分な理由がある。また、本プロジェクトは、中間評価段階として、目標を達成しつつあり、順調に進捗すれば、我が国の石炭高度利用技術の進展および海外への技術展開の鍵となりうる技術である。

しかし、肝心のガス化サイドが、基礎的知見の集合にとどまり、目標到達へのロードマップが明確ではない。発電効率の根拠となる CO<sub>2</sub> 酸化剤の役割（C バランス）や伝熱、リサイクル反応器としての特性などについても明確に言及すべきである。ガス化技術の研究では、論文の発表は活発だが、特許は 1 件しか出願されていない。産業競争力の点から知財戦略を強化すべきである。

さらに、海外の IGCC と連続稼働時間や性能・コストを比較し、目標とするガス化熱量・率および送電端効率を数値で提示し、CCS も含めた海外との性能比較を行い、世界に誇る性能と低コストでのシステムであることが重要である。また、それらの実現に対して問題点を示し、そのため開発体制期間を明瞭に提示すべきである。

#### 2) 今後に対する提言

本研究事業は、国の産業競争力だけでなく、エネルギーセキュリティに関わる研究であるため一刻も早い実用化が望まれる。それには、プロジェクトマネジメントの強化が必要である。さらに、国民に納得していただくためにも政財界を含めて、積極的な広報と産官学への働きかけ、石炭利用技術促進のための人材育成、サポーター育成を充実させ、プロジェクト全体の底上げできる仕組みを検討すべきである。

国際的視野で、市場調査を進め、石炭産出国を主なターゲットとして、事業展開の可能な地域と方式を早期に絞り込み、発電システムの運用も含めて、より具体的な事業展開を提案できる体制を確立することが望ましい。国外で最初に事業化することも考慮されるべきである。

## 2. 各論

### 1) 事業の位置付け・必要性について

石炭利用は、ビジネスとしての側面もあるが、むしろエネルギーセキュリティ上の必要性が高い。そうした事業で民間としてはリスクが高く、市場に委ねるだけでは継続するのは難しく、国が支援する十分な理由がある。

とくに、先行しているプロジェクトの知見を生かしながら、さらなる高効率・低エミッション発電への展開を図ることは重要で、各事業体の役割を明らかにしながらシナジー効果を発揮することにより、経済的コストに見合った CO<sub>2</sub> の分離回収の技術を開発することが重要である。なお、IGCC と CO<sub>2</sub> 貯留を計画しているドイツの RWE 社のシステムと比較検討することを望む。これにより技術・経済性の課題が明確になり、NEDO の事業として国民からも支持を得られよう。

また、EAGLE で不明だったことを基に技術ロードマップを作成することで開発目的・成果の重要性もレベル分けすることが必要である。石炭ガス化に関する研究は長期に及びその要素も多岐にわたるため、全体像や各要素の関係がわかり難い。研究の全体像をマップ化し、最終目標だけでなく、マイルストーンに対し、何が解決済で、何が未解決なのかを明確化されたい。

### 2) 研究開発マネジメントについて

実機 FS の結果を基に随時試験開発の方向性検討に反映し、詳細な課題や具体的な検討内容を情報連絡会議で年 2 回以上チェックし、適宜見直している点はある程度評価できる。また、中間目標の CO<sub>2</sub> 回収型で「送電端効率 42% の主要構成技術の目処を得る」ことおよび低 NO<sub>x</sub> バーナーで「10ppm 以下にするための技術の目処を得る」ことはこれまでにない新規技術開発であり妥当である。

しかしながら、CO<sub>2</sub> 回収型は実用化に向けての課題抽出ではあるが、開発計画であげた項目だけでよいのか不安が残る。「課題の全体像」と「解決の道順」、その「優先順位」を示してほしい。低 NO<sub>x</sub> バーナーは、実用化に向けての課題抽出が不十分である。さらに、技術的な目標設定だけでなく、国内外の将来市場を見て、実用化時期とコストの目標を明確に設定されたい。基礎研究とはいえ、メーカーやユーザーが参加せず、大学と研究機関だけで良いのか再考の余地がある。電力会社の意見を参考としながら進めることが必要である。

プロジェクトリーダーは設計チームの選任とその権力支援を整備すべきだ。本開発は IGCC と CCS であり、それら全てに知見のある人材が設計チームを率いて行く必要があり、少なくとも IGCC の設計に携わったことのある人材がリーダーとしてプロジェクトリーダーから権限を委譲されて行動すべきだ。



### 3) 研究開発成果について

全体として中間目標は概ねクリアしている。プラント全体のシステム性能評価を電中研で **Energy-Win** という解析ソフトを活用して実施している。必要となる生成ガス組成のシミュレーションソフトも活用している。またタービンの内部流動シミュレーションについては、熱流体解析ソフトを保有し活用している。

しかし、達成水準が数値化されていないため達成度が不明瞭なものが一部あり、中間目標の成果と最終目標との関係、残された課題、達成方法が説明不足である。

コストについては、従来 **IGCC+CCS** に比べてシステムの簡素化が期待できることから、できる限り低コスト化が図れるよう、試算中であるというが、この **FS** を先行して行い、コスト面で不明確な点を明らかにする検討が必要である。

### 4) 実用化の見通しについて

ガス化に於いては、要素技術に於いて実証化バリアとなるような点が散見しており、検討の必要がある。また、ガス化方式自体もまだ検討課題となっているので、事業者間で研究開発の方向性について、早急に意思統一をはかり、新しい計画案を提出すべきである。

低 **NO<sub>x</sub>** バーナーについては、モデリング・シミュレーションの改善と振動対策により、さらに実用化に向けたブラッシュアップが望まれる。

今後、コストの見通しや他の技術との優劣の評価は、社会・経済情勢の変動と共に大きく変化する可能性があるが、技術が実際に広く利用されるためには、低コスト・技術の優位性が必須である。国際市場で競合できるシステムの確立を目指してほしい。

## 研究評価委員会におけるコメント

第26回研究評価委員会（平成22年11月11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	オミクロンナノテクノロジージャパン株式会社 最高顧問
委員	安宅 龍明	オリンパスビジネスクリエイツ株式会社 事業企画本部 戦略探索部 探索2グループ シニアマネージャー
	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 相談役
	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	東北大学未来科学技術共同研究センター 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
	架谷 昌信	愛知工業大学 工学部機械学科 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。

## 【 I . 総論】

### I-1. 総合評価

#### 【評価委員コメント欄】

環境やエネルギーに関する国際的な情勢は変化しているが、温暖化対策、エネルギーの安定確保の必要性は高まりつつあり、本研究事業の意義は失われていない。石炭利用は、ビジネスとしての側面もあるが、むしろエネルギーセキュリティ上の必要性が高い。そうした事業を民間で行うことはリスクが高く、市場に委ねるだけでは継続するのは難しく、国が支援する十分な理由がある。また、本プロジェクトは、中間評価段階として、目標を達成しつつあり、順調に進捗すれば、我が国の石炭高度利用技術の進展および海外への技術展開の鍵となりうる技術である。

しかし、肝心のガス化サイドが、基礎的知見の集合にとどまり、目標到達へのロードマップが明確ではない。発電効率の根拠となる CO<sub>2</sub> 酸化剤の役割 (C バランス) や伝熱、リサイクル反応器としての特性などについても明確に言及すべきである。ガス化技術の研究では、論文の発表は活発だが、特許は 1 件しか出願されていない。産業競争力の点から知財戦略を強化すべきである。

さらに、海外の IGCC と連続稼働時間や性能・コストを比較し、目標とするガス化熱量・率および送電端効率を数値で提示し、CCS も含めた海外との性能比較を行い、世界に誇る性能と低コストでのシステムであることが重要である。また、それらの実現に対して問題点を示し、そのため開発体制期間を明瞭に提示すべきである。

#### <肯定的意見>

- CO<sub>2</sub>回収型石炭ガス化高効率発電システムは世界初の挑戦であり、次世代クリーンエネルギーシステムとして高く評価できる。
- CO<sub>2</sub>回収次世代 IGCC 技術開発」は、勿来の空気吹き IGCC をベースにした研究開発であり、CCS を含めたシステムとして極めて高い実現性を有している。  
「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NO<sub>x</sub> 技術開発」は、CCS システムを有した酸素吹き IGCC 用のガスタービン技術の開発であり、開発が急がれている技術である。
- 中間評価段階として、目標を達成しつつあるとの印象を受けた。
- ・環境やエネルギーに関する国際的な情勢は変化しているが、温暖化対策、エネルギーの安定確保の必要性は高まりつつあり、本研究事業の意義は失われていない。
  - ・石炭利用は、ビジネスとしての側面もあるが、むしろエネルギーセキュリティ上の必要性が高い。そうした事業で民間としてはリスクが高く、市場に委ねるだけでは継続するのは難しく、国が支援する十分な理由がある。
  - ・低 NO<sub>x</sub> 技術開発では 7 件の特許を出願中で評価できる。
  - ・人材育成では継続的な研究が必要であり、本研究の貢献度は大きい。
- 順調に進捗すれば、我が国の石炭高度利用技術の進展および海外への技術展開の鍵となりうる技術である。今後のさらなる展開が期待される。
- 1978 年のオイルショックから日本はエネルギーの多様化政策を取り、石炭火力の推進を行って来たが、最近の CO<sub>2</sub> (地球温暖化ガス) の排出が他のエネルギーに比べて多いとの理由から、その推進は後退している。このような環境下であ

るが、日本のエネルギーセキュリティの面から強く CO<sub>2</sub> 排出を低減して、安定したエネルギーとして CCS に対応した高効率のガス化複合発電 (IGCC) の早期実用化は不可欠な開発である。

特に、環境問題など否定的な見解より、エネルギーセキュリティを確保できない場合のリスクの大きさから見ると、日本は独自に本技術開発の積極的な推進は不可欠である。

- 石炭は安定的な資源であるが、CO<sub>2</sub> 排出量を抑制するため CO<sub>2</sub> 回収・貯留 (CCS) 技術を組み込んだゼロエミッション石炭火力を実現できる、高効率な石炭火力発電技術の開発及び CCS との最適化検討が重要である。しかしコスト的に評価できる CCS が未だに開発されていない。CCS 対応として高効率期待できる酸素吹石炭ガス化複合発電 (IGCC) からの分離回収技術確立を目指したパイロット試験と CCS を組み込み、経済的に成立する発電技術は資源のない我が国に不可欠である。

#### <問題点・改善すべき点>

- 肝心のガス化サイドが、基礎的知見の集合にとどまり、目標到達へのロードマップが明確ではない。電中研・九州大と連携先との緊密なシナジーが望まれる。低 NO<sub>x</sub> バーナーの方は、現状で中間目標を満たしており問題ない。
- 実験装置等のハードウェアの開発に注力されている点は理解できるが、現象を支配する主要なパラメーターの決定方法や定量評価法、実験結果を説明できる解析ツール等の基盤ソフトウェアの確立も重要であり、こうした点も考慮して欲しい。
- 海外の IGCC と連続稼働時間や性能・コスト(31 万円/kW)を比較し、目標とするガス化熱量・率および送電端効率(50%)を数値で提示すること。その際、CCS も含めた海外との性能比較を行い、世界に誇る性能と低コストでのシステムであることを提示すること。高性能でも高コストでは石炭等の化石燃料を使う国が少ないため。また CCS のみでも自立できる開発であることも示すこと。それらの実現に対して問題点を示し、そのための開発体制・期間を明瞭に提示すること。
- 勿来の空気吹き IGCC をベースにした研究開発であり、CCS を含めたシステムとして極めて高い実現性を有していると評価するが、質問票に対する回答で、「二室二段炉は、もともと空気吹きガス化においてコンバスタ温度の維持、灰付着トラブルの低減、高いガス化性能の獲得などを達成するために考案されたものです。したがって、O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub> ガス化に関しては、必ずしも二室二段炉が一室二段式よりも適しているとは考えておらず、この点について今後両者の比較検討を進める中で、O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub> ガス化に最適なガス化炉方式を明らかにしていく予定です。なお、実験を実施する上で、二室二段式の方が上下段に投入した CO<sub>2</sub> の影響を独立に評価できるというメリットがあります。」との記述がある。今後の2年間でガス化炉の基本設計思想まで踏み込んで再検討するのであれば、そのスケジュールと検討課題を具体的に明示されたい。また、「O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub> ガス化に関しては、必ずしも二室二段炉が一室二段式よりも適しているとは考えていない。」ことの根拠を示していただきたい。商用プラントや概略のレイアウトがあったとしても、今後の2年間で設計思想の異なる二つのガス化炉(方式)から検討を実施するのであれば、出口イメージがまだほど遠いと判断せざるを得ない。
- CO<sub>2</sub> 回収型高効率 IGCC を謳っているが、CO<sub>2</sub> 雰囲気ガス化・燃焼、灰溶融特性などの項目も重要であるが、効率の根拠となる CO<sub>2</sub> 酸化剤の役割 (C バラ

ンス)や伝熱、リサイクル反応器としての特性などについても言及すべきである。  
・目標がアラカルトであり、優先順位を付けた上で重みを付けて評価できるような報告にはなっていない。

- 実用化には、技術開発の段階を踏まえて実施すべきであるが、そのステップは評価するが、ベンチマークとしてのすべては KWh コストとして、集約してその評価を単純化すべき論点を明確にすべきである。

発電所の稼働率、建設コスト、CO<sub>2</sub> 排出原単位、などを総合的なインデックスにて評価を明示する努力が必要である。

また、燃料の輸送費、港湾インフラなどを CCS と IGCC の両立を考慮しながら開発地点を、数か所のエリアを特定しながら検討することも肝要と考えられる。

- ・ゼロエミッション石炭火力の実用化の見通しには、2020 年ー2030 年頃のパイロットプラントへの展開（事業原簿 p41）と記されているが、あまりに漠然としている。これでは技術は一流でも、ビジネスでは成功しない危険性が高い。アジアの高度経済成長が予測されるのは 2020 年、2030 年では遅い。2020 年での実用化のマイルストーンを設定するべきではないか。

・革新的ガス化技術の研究では、論文の発表は活発だが、特許は 1 件しか出願されていない。実施機関が研究機関だからかもしれないが、産業競争力の点から知財戦略を強化すべき。

#### <その他の意見>

- ・基本計画の変更の説明はあったが、「表看板の書き換え」だけなのか、プロジェクトの圧縮、組み替え、統合すべき項目があるのか。説明が不十分でよくわかりませんでした。
- ・基本計画の変更による更なる前進が確保されることを期待したい。
- ・これらを行うための企画委員会が必要で、その上で開発 project の妥当性をアピールする仕組みと開発項目の方向性を確認しながら、開発チームへの指示を行う仕組みが重要だ。情報連絡会が年 2 回以上開催されているというが、企画というのはそのような筋合いのものではない。開発停滞への注意、チームの再編成や課題解決手法の改正などを指示することが必要であり、その点で運営管理手法に問題点がないか、再点検すべき。特に年に二回というのは少なすぎる、大抵は月一度の成果報告に基づいて 3 ヶ月に一度の会合となるはず。運営する長にもっと権限を与えるべき。
- ・現在の開発組織体制については、この体制にて推進することで十分である。敢えて意見としては次の通り。  
より時代の変化に対応出来るためには、体制が十分である場合はその変化への対応が困難になる場合がある。その点、時代の変化に対してその変化状態を常に開発開始時点、中間段階などきめ細かな変化と対応方針について、小回りの利くマネジメントが可能な体制（組織、権限、予算、開催回数、情報収集）の検討を推奨する。
- ・石炭ガス化に関わる研究は長期に及びその要素も多岐にわたるため、全体像や各要素の関係がわかり難い。研究の全体像をマップ化し、最終目標だけでなく、マイルストーンに対し、何が解決済で、何が未解決なのかを明確化されたい。
- ・総体的に一般にも解りやすい説明をしていただきたい。今回の報告は、個々の実験結果や事象が主体で本質的な部分が見えにくい。重要なのは、目標、達成基準

(数値化されたもの)、達成度(できるだけ数値化)、未達成の内容と原因(科学的根拠で示す)、解決手段と見通し(根拠も合わせて)を明確に説明すべき。その中で必要があれば、実験の結果などを示せばよい。報告様式も検討されたい。



## I-2. 今後の提言

### 【評価委員コメント欄】

本研究事業は、国の産業競争力だけでなく、エネルギーセキュリティに関わる研究であるため一刻も早い実用化が望まれる。それには、プロジェクトマネジメントの強化が必要である。さらに、国民に納得していただくためにも政財界を含めて、積極的な広報と産官学への働きかけ、石炭利用技術促進のための人材育成、サポーター育成を充実させ、プロジェクト全体の底上げできる仕組みを検討すべきである。

国際的視野で、市場調査を進め、石炭産出国を主なターゲットとして、事業展開の可能な地域と方式を早期に絞り込み、発電システムの運用も含めて、より具体的な事業展開を提案できる体制を確立することが望ましい。国外で最初に事業化することも考慮されるべきである。

#### <今後に対する提言>

- ・我が国の国外への技術の売り込みは最近劣勢になっている。本開発に関しても、国際的視野で市場調査を進め、石炭産出国を主なターゲットとして、事業展開の可能な地域と方式を早期に絞り込み、発電システムの運用も含めて、より具体的な事業展開を提案できる体制を確立することが望ましい。国外で最初に事業化することも考慮されるべきである。又、規格の国際標準化は重要であり、開発国の中でイニシャチブが取れるように推進することが望まれる。
- ・RWE 社の IGCC では、褐炭使用で発電端 455MW、48.5%、所内電力 135MW(送電端は 34%)、CCS は北海の帯水層、CO<sub>2</sub> 排出原単位 107kg/kWh としている。具体的な数値を出して RWE 社の値と比較してみることだ。そのためには、褐炭の乾燥、微粉化、化学吸収法、CO<sub>2</sub> 加圧後パイプライン輸送等の設計計算を行うことだ。また、プレ、ポスト、オキシの 3 ケースのコンバッションについて検討しているが、本開発チームでも同様な検討が必要だ。
- ・本研究事業は、国の産業競争力だけでなく、エネルギーセキュリティに関わる研究である。両面において一刻も早い実用化が望まれる。それには、研究マネジメントの強化が必要。上述したように研究の全体像を明確にしたうえで、国内の研究リソースを効率よく投入し研究を加速すべきと考える。
- ・将来、国際展開を図るには、国際規格化・標準化を考慮しておく必要があるが、国際規格化には人脈形成を含め、多大な時間労力を要するため、受託者が行うのでは荷が重い。本件のような総合システム技術では、個々の技術の安全性や信頼性だけでなく、システム全体の信頼性を保障する必要がある。鉄道では、そうしたシステム・アシュアランスの規格 (RAMS) が国際標準化しているが、日本では対応する規格が無いいため、新幹線輸出の足枷になっている。日本の技術の国際競争力を維持強化するためにも、研究者や個別企業に任せるのではなく、国際規格センターのような組織を整備し戦略的に対応することが望まれる。
- ・勿来の空気吹き IGCC をベースにした研究開発であると理解していた。しかし、質問票に対する回答で、「二室二段炉は、もともと空気吹きガス化においてコンバスタ温度の維持、灰付着トラブルの低減、高いガス化性能の獲得などを達成するために考案されたものです。したがって、O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub> ガス化に関しては、必ずしも二室二段炉が一室二段式よりも適しているとは考えておらず、この点について今後両者の比較検討を進める中で、O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub> ガス化に最適なガス化炉方式を明ら

かにしていく予定です。なお、実験を実施する上で、二室二段式の方が上下段に投入した CO<sub>2</sub> の影響を独立に評価できるというメリットがあります。」との記述がある。ガス化炉の設計思想が全く異なる二つのガス化炉（方式）について今後の2年間で検討・再評価し、O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub> ガス化についての最適化方式を見いだすための試験を実施するのであれば、勿来空気吹き IGCC のノウハウに基づいた本事業の加速的な開発は期待できないと判断される。

- ・本プロジェクトにて実施している内容を確実に実施することが肝要であり、また委員会での意見については、その発言の背景を理解しながら、的を得た成果を出すことが必要である。

研究開発の技術開発は「個性」が出ることは避けられないが、「科学的」な真理の研究も複合しているので、科学・技術の両面からバランスを取りながら推進することを希望。

石炭ガス化の基礎知見などの科学的事項、ガスタービン開発などの技術的事項、全体システムの技術的事項などをより総合的なネットワークを構築して、可視出来る説明がし易い取りまとめが肝要。

- ・本事業は日本の将来を託す極めて重要なプロジェクトであり、国民に納得していただくためにも政財界を含めて、積極的な広報と産官学への働きかけ、石炭利用技術促進のための人材育成、サポーター育成のソフト予算を充実させ、プロジェクト全体の底上げできる仕組みを検討すべき。
- ・ガス化における多炭種対応について、USC や空気吹 IGCC とのすみ分け・絞り込みが必要ではないかと考える。USC に向けた炭、IGCC に向けた炭がはっきりしている現状では、多炭種対応をうたって多様な炭を検討してもしょうがない。灰融点や灰組成に注目してスラグ特性が異なる炭に特化して検討することが望ましい。EAGLE においても多炭種対応をうたいながら、最終的には微粉炭用の炭に寄っていった経緯がある。また、基礎研究で褐炭利用を視野に入れているが、目標値実現のために必要かどうか検討すべき。

#### <その他の意見>

- ・我が国の石炭技術開発を「ゼロエミッション石炭火力技術プロジェクト」として、一本化して推進することを高く評価する。
- ・FS の前提となる条件がよりクリアになることが重要と考える。要素技術における前提値がふらつくと最終的な FS に大きな影響を与えるため、「ここまでははっきりしている」、というベースをきちんと積み上げていくことが肝要と考える。
- ・石炭の高効率化では日本は USC 技術が進み、世界的に技術リードを果たしてきた。USC は日本による造語であり世界基準には、技術的なリードが必須であり、先進的な欧米よりむしろ、石炭火力の効率の低い中国、インドなどの国々への技術輸出を念頭に置いた開発も国際競争力の確保に重要であると考えられる。
- ・IGCC は既に Eagle で立証された技術であり、開発要素が少ないと位置付けられるが、さらに開発が必要な理由が、高灰融点炭への炭種拡大や微量物質挙動調査等では枝葉末節過ぎて、開発必要性は感じられない。それよりも CO<sub>2</sub> 分離・回収技術の内容とコストを提示すること、その研究チームが弱いなら世界から研究者を公募するなどしても良いと思う。また経済性について RWE 社では上記の開発では 125 ユーロ/MWh となる(市場価格は 70~80 ユーロ/MWh)ので、この差を検討しているが、本開発チームでは枝葉末節の研究よりも、この差の減少にどの

ような企画(計画)をたてているのか、示して欲しい。また RWE 社では 530km もの遠方に CO<sub>2</sub> を貯留する適否を検討しているが、本開発では具体性が少ないので、ここまで至っていないのが問題だ。

これらをクリアすれば海外での販売が可能となると考える。

- ゼロエミッション石炭火力は、長期にわたり大規模な総合システム技術である。こうした技術を実用化し、輸出産業化するには、個々の要素技術の研究者だけではなく、技術、市場の双方を理解し、システム全体をデザインできるシステムデザイナーの育成が必要と考える(大学の役割)。そうした分野であれば、若い優秀な人材をひきつけることができるのではないか。

## 【Ⅱ. 各論】

### Ⅱ-1.事業の位置付け・必要性について

#### 【評価委員コメント欄】

石炭利用は、ビジネスとしての側面もあるが、むしろエネルギーセキュリティ上の必要性が高い。そうした事業で民間としてはリスクが高く、市場に委ねるだけでは継続するのは難しく、国が支援する十分な理由がある。

とくに、先行しているプロジェクトの知見を生かしながら、さらなる高効率・低エミッション発電への展開を図ることは重要で、各事業体の役割を明らかにしながらシナジー効果を発揮することにより、経済的コストに見合った CO<sub>2</sub> の分離回収の技術を開発することが重要である。なお、IGCC と CO<sub>2</sub> 貯留を計画しているドイツの RWE 社のシステムと比較検討することを望む。これにより技術・経済性の課題が明確になり、NEDO の事業として国民からも支持を得られよう。

また、EAGLE で不明だったことを基に技術ロードマップを作成することで開発目的・成果の重要性もレベル分けすることが必要である。石炭ガス化に関わる研究は長期に及びその要素も多岐にわたるため、全体像や各要素の関係がわかり難い。研究の全体像をマップ化し、最終目標だけでなく、マイルストーンに対し、何が解決済で、何が未解決なのかを明確化されたい。

#### <肯定的意見>

○参加している企業は、その分野での実績を有しており、また開発の意義を十分に理解して推進しているなど、国のプロジェクトとして、適切であると考え。特に環境問題で不利とされる石炭エネルギーであるが、その意義づけには発電システムの比較評価でなく、各国のエネルギーセキュリティを分析して、より CCS・IGCC プロジェクトの重要性、緊急性を論じる必要がある。

この視点は民間レベルの事業性評価に依存する開発では、民間レベルでの市場性の確保にはリードタイムがあるので困難である。またその予算的措置についても環境とエネルギーセキュリティの重みづけから、努力が必要となるので、本開発の必要な予算を電力料金などに平準化して、国民に等しく負担する（電力料金に課金するなどの工夫も検討して、将来の日本のエネルギーセキュリティの確保を万全とすることがあり得るのではないかと考える。

予算と成果との費用対効果も研究開発を緊張して実施するには、重要であるが適正な管理のもとでは、近い将来を見据え、明確なエネルギーセキュリティが確保できる本事業に、過大な評価と拙速な評価を結論づける必要はないと考えている。この点、開発のベンチマークとしてイーグルとの連携、RWE の開発状況、および中国などの石炭利用の高い国へのアプローチが必要である。

そのためには、現在の予算では少なく、十分な調査及び検討、または開発が十分にできないのではないかと危惧している。

研究開発のベンチマークでガスタービンの複合発電は LHV ベースで 1500℃ 温度条件で 60% が実用化されている。独自の開発も重要であるが、ガス化、CCS、ガスタービン複合発電システムについて、多様性ある評価検討も今後必要ではないかと考えられる。

○環境やエネルギーに関する国際的な情勢は変化しているが、温暖化対策、エネルギーの安定確保の必要性は高まりつつあり、本研究事業の意義は失われていない。石炭利用は、ビジネスとしての側面もあるが、むしろエネルギーセキュリティ上

の必要性が高い。そうした事業で民間としてはリスクが高く、市場に委ねるだけでは継続するのは難しく、国が支援する十分な理由がある。

- 次世代石炭利用技術開発の一環として重要であり、高リスクの内容であることと、規格・技術の国際標準化の重要性を考えると、国家プロジェクトとして、産学官が連携して行うに相応しい事業と評価できる。
- エネルギー戦略に関わるものであり、大型予算が必要な技術結集型プロジェクトであることから、NEDOの事業として妥当である。
  - ・国策路線であり、事業目的は妥当である。ただ、国内石炭発電施設に CCS が普及できるかは疑問であるが、まずはモデル事業として確固たる技術を確立すべきであり、その技術で出口についてはさらなる検討が必要。
- 石炭火力発電は、将来的にも世界中で利用され続ける発電方法の一つである。大量に消費される石炭からの CO<sub>2</sub> の分離・回収、貯留の一貫システムが成立する場所が世界でも限られているため、環境影響を引き起こさない CCS 技術が広く実現可能な選択肢の一つであるか疑問は残るが、経済的コストに見合った CO<sub>2</sub> の分離回収の技術を開発すること自体は非常に重要なテーマであり、公共性が高く、NEDOの関与が必要とされる事業と評価する。

「CO<sub>2</sub>回収次世代 IGCC 技術開発」は、勿来の空気吹き IGCC をベースにした研究開発であり、CCSを含めたシステムとして極めて高い実現性を有している。

「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NO<sub>x</sub> 技術開発」は、CCS システムを有した酸素吹き IGCC 用のガスタービン技術の開発であり、開発が急がれている技術である。
- EAGLE の知見を生かしながら、さらなる高効率・低エミッション発電への展開を図ることは重要である。各事業体の役割を明らかにしながらシナジー効果を発揮することで、国際展開可能な重要な技術へとブラッシュアップされる。
- IGCC と CO<sub>2</sub> 貯留を計画している RWE 社はドイツだけではなく電力・ガス・水道会社の大型買収を進め、世界有数の公益事業会社である。同社は自治体や国からの出資を受けて半官半民の企業で、発電・配電のみならず電気鉄道にまで進出している。電力・ガス・水道・環境事業などの公益事業は半官半民で行わないと、規模が大きいため相当の経費が必要とするため、国の関与が必要である。

#### <問題点・改善すべき点>

- 目標達成に向けた予算配分において、費用対効果の点では心配が残る。電中研既設炉を利用した研究においては、現状の予算規模は妥当であろうか。
- 当事業の投資効果は、実用化されるかどうかにかかっている。実用化を決めるのは技術もさることながら、時期（時間）とコストである。

現在の目標は、世界最高水準の達成ありきで設定されているが、世界的な動向を見て、時間、コスト、達成する技術水準をバランスした目標設定をすべきである。
- 1973年・78年のオイルショック以降の30年近いガス化技術との相違点および発展させた点をもっと強調すべき。
  - ・10億近い税金を使う以上、これまでの投入された予算の意義とその延長線上にある技術および課題をわかりやすく説明すべきである。
- 我が国の中で国際的に評価できる CCS 技術を有する研究者を総集すること、EAGLE で不明だったことを基に技術ロードマップを作成すること。ロードマップでは開発目的・成果の重要性もレベル分けすること。

- ガス化技術には設計石炭の炭種を決定しなければならない。石炭の性状は同じ炭鉱であってもシームの生成時期においても大きく変動することがあるので、炭種での表現は今後実用化する時期での課題となり、評価が変動する。そのため、設計炭種については、明確な性状を付記することが重要であり、銘柄での炭種では、評価の相違も懸念されるので、その性状変化も研究の中に包含すべきと思われる。

<その他の意見>

- ・我が国の石炭技術開発を「ゼロエミッション石炭火力技術プロジェクト」として、一本化して推進することを高く評価する。
- ・RWE社との比較だけでも良い、その際、比較根拠も示すこと。これにより技術・経済性の課題が明確になり、NEDOの事業として国民からも支持を得られよう。
- ・NEDO「戦略的石炭ガス化・燃焼技術開発（STEP-CCT）」とは別物であることは理解しているつもりであるが、実施者はあるいは検討委員が重複しており、プロジェクトの馴れ合いや肥大化が懸念される。
- ・九大と電中研に集中せざるを得ない理由があるのであれば、石炭利用技術に関わる産官学+有識者に広報し、認知させることが望ましいのではないか。
- ・成果の是非もあるが、サポーターの育成も重要である（一極集中はとかく恨まれる）。
- ・実用化時期との関連性からも、立地地点については、日本だけでなく、海外を視野に入れた、または国際協働作業を期待したい。  
また固有情報、特許、などの知的財産権について、日本国、メーカーに温存するより、より広範囲な利用が可能な仕組みの構築により、日本の技術リードが目に見える形で具現できるのが効果的と考えられる。  
知的財産を持ち寄り、コンソーシアムを構成し、事業化により成果が出た場合には配分するような事例もあり、開発が長期に及ぶ場合、日本の利権を確保しながら市場を開発することも検討すべきではなからうか。
- ・石炭ガス化に関わる研究は長期に及びその要素も多岐にわたるため、全体像や各要素の関係がわかり難い。研究の全体像をマップ化し、最終目標だけでなく、マイルストーンに対し、何が解決済で、何が未解決なのかを明確化されたい。

## II-2.研究開発マネジメントについて

### 【評価委員コメント欄】

実機 FS の結果を基に随時試験開発の方向性検討に反映し、詳細な課題や具体的な検討内容を情報連絡会議で年 2 回以上チェックし、適宜見直している点はある程度評価できる。また、中間目標の CO<sub>2</sub>回収型で「送電端効率 42%の主要構成技術の目処を得る」ことおよび低 NO<sub>x</sub>バーナーで「10ppm 以下にするための技術の目処を得る」ことはこれまでにない新規技術開発であり妥当である。

しかしながら、CO<sub>2</sub>回収型は実用化に向けての課題抽出ではあるが、開発計画であげた項目だけでよいのか不安が残る。「課題の全体像」と「解決の道順」、その「優先順位」を示してほしい。低 NO<sub>x</sub>バーナーは、実用化に向けての課題抽出が不十分である。さらに、技術的な目標設定だけでなく、国内外の将来市場を見て、実用化時期とコストの目標を明確に設定されたい。基礎研究とはいえ、メーカーやユーザーが参加せず、大学と研究機関だけで良いのか再考の余地がある。電力会社の意見を参考としながら進める必要がある。

プロジェクトリーダーは設計チームの選任とその権力支援を整備すべきだ。本開発は IGCC と CCS であり、それら全てに知見のある人材が設計チームを率いて行く必要があり、少なくとも IGCC の設計に携わったことのある人材がリーダーとしてプロジェクトリーダーから権限を委譲されて行動すべきだ。

#### <肯定的意見>

- ・中間目標の CO<sub>2</sub>回収型で「送電端効率 42%の主要構成技術の目処を得る」と低 NO<sub>x</sub>バーナーで「10ppm 以下にするための技術の目処を得る」はこれまでにない新規技術開発であり、妥当である。
  - ・低 NO<sub>x</sub>バーナーの開発計画の説明はわかりやすかったが、中間評価以降の実寸サイズへのスケールアップ展開への手法、繋がりが見えず。
  - ・CO<sub>2</sub>回収型の事業体制、マネジメント、実施体制もこの段階では特段の問題がなく、これでよいが、最終成果に向けては関係各機関から意見徴収し、充実したデータベースの構築と技術成果を期待したい。
- 世界最高水準という挑戦的な目標を設定し、中間目標の達成に向け、適切に進捗管理が行われている。

石炭ガス化発電用低 NO<sub>x</sub>技術開発は、数値目標が設定され達成度が明瞭である。
- 比較的少数の研究グループで構成されており、全体として連携は良いと評価できる。
- 実機 FS の結果を基に随時試験開発の方向性検討に反映し、詳細な課題や具体的な検討内容を情報連絡会議で年 2 回以上チェックし、適宜見直している点はある程度評価できる。
- 国内外の研究開発動向から考えて、戦略的には重要な位置づけにある。
- 産学官の連携による本プロジェクトの開発マネジメントは評価できる。今後も開発の意義、体制について、国の効果的なマネジメントの実施を期待している。

特に、九州大学、電中研、日立など石炭技術には実績もある企業による開発はこの分野のリードが期待される。

上記の評価コメントについては、本中間段階では大きく離反しているとは思わず、今後も計画に沿って研究開発を推進すべきと考えられる。
- 「CO<sub>2</sub>回収次世代 IGCC 技術開発」および「石炭ガス化発電用高水素濃度対応

低 NO<sub>x</sub> 技術開発」では、具体的かつ明確な開発目標を定量的に設定されている。また、研究開発計画や実施の事業体制は、大筋では妥当であると評価される。「CO<sub>2</sub>回収次世代 IGCC 技術開発」は、勿来の空気吹き IGCC をベースにした研究開発とすると、CCS を含めたシステムとして極めて高い実現性を有している。

#### <問題点・改善すべき点>

- 技術的な目標設定だけでなく、国内外の将来市場を見て、実用化時期とコストの目標を明確に設定されたい。
  - ・ 目標の達成基準の数値化し、達成度を明確にされたい（革新的ガス化技術）
  - ・ 基盤研究とはいえ、メーカーやユーザーが参加せず、大学と研究機関だけでよいのか再考の余地がある。

- 吸着技術工業株式会社と九大とが特開 2010-12367 で酸素製造電力原単位として 0.15 と 0.26kWh/m<sup>3</sup>N-O<sub>2</sub>(0.11、0.20kWh/kg-O<sub>2</sub>)なる値を提案している。本開発では 0.33kWh/kg-O<sub>2</sub> であるが、FS で全日本の頭脳の結果を行っていないのではないか、ガスタービンでは燃焼器に蒸気冷却技術・タービン部のクリアランス制御、改良翼、排気ディフューザ、排熱回収ボイラ、反動翼、低圧タービン翼、低圧タービン中空静翼、排熱回収ボイラへの再熱自然循環などの採用により空力損失を低減や高温蒸気条件などの工夫を行わずに開発の成果を挙げようとしているが、各技術要素に対して頭脳結集ということでないとならぬと成果としてのシステムが色褪せる。このためまず具体的かつ明確な開発目標(例えばプラント熱効率 55.0%HHV、冷ガス効率 85%、酸素吹きと空気吹きガス化の建設費比較、バイオマス発電 13.86、石炭火力発電 8.05 円/kWh との比較など)を示し、何が課題かを明確にして、運転開始年度を設定し、開発を早急に行う必要があることと、それに対して必要な要素技術であり、効果的な開発実施計画と成果であることを示すべきだ。この研究が太陽光電池などのエネルギー資源にもならない技術に比べたら、その重要性は緊急性を帯びている。明確な目標設定を RWE 社のシステムよりも高いことを示せば、予算は増額するのは至当だ。

研究開発実施の事業体制で重要なのは各開発チームに妥協しないで運転開始までの期間を短縮することだ。それには設計チームが効率とコストを重視した技術要素を組み合わせ、不明点や新規開発要素技術を各チームに指示し、主導することだ。統括プロジェクトリーダーは設計チームの選任とその権力支援を整備すべきだ。本開発は IGCC と CCS であり、それら全てに知見のある人材が設計チームを率いて行く必要があり、少なくとも IGCC の設計に携わったことのある人材がリーダーとしてプロジェクトリーダーから権限を委譲されて行動すべきだ。開発成果の実用化のために、電力企業にアンケートを採れば分かると思うが、CCS を義務づけた発電設備という規制でもない限り、日本の電力企業は本システムを導入する余裕はないだろう、そこで海外で販売することを目標にした時に、コストとなる。是非とも現行の火力発電コストと同程度まで下げるために何が必要なのかを検討して欲しい。

- 中間目標は妥当ではあるが、スケジュールにおける開発項目の優先順位とタイムスパンが不明確であり、これまでの技術開発経緯やメーカーやユーザーの意見は取り入れるべきではないのか、今後を期待したい。
  - ・ 電中研・九大と委託先の群大+京大の役割分担と成果の説明がなく、不明確な



印象を受けた。

・CO<sub>2</sub>回収型は実用化に向けての課題抽出ではあるが、開発計画であげた項目だけでよいのか不安が残る。「課題の全体像」と「解決の道順」、その「優先順位」を示してほしい。

・低NO<sub>x</sub>バーナは、実用化に向けての課題抽出が不十分である。

- 事業化の時期を本格的に考える時期には、電力会社の強力な指導が必要であり、電力会社の意見を参考としながら進める必要がある。その場合、多様性あるCCS、IGCC技術開発でなく、焦点を絞りながら進めていくマネジメントが重要となる。

中間段階での方向性が見えてきた現段階に、新たに事業化への方向性を強く持つリーダーによるマネジメントが重要となる。

事業化に向けては、大学、研究機関、メーカーより、電力会社またはそれに相当する事業主体者の参加を得て本プロジェクトを推進する必要がある。

- ゴールに向けた段階的な目標設定とその実現について、NEDOともども頻繁に情報を共有して、適宜方向修正などを行うべきと考える。

- (1) 勿来の空気吹きIGCCをベースにした研究開発であると理解していた。しかし、質問票に対する回答で、「二室二段炉は、もともと空気吹きガス化においてコンバスタ温度の維持、灰付着トラブルの低減、高いガス化性能の獲得などを達成するために考案されたものです。したがって、O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>ガス化に関しては、必ずしも二室二段炉が一室二段式よりも適しているとは考えておらず、この点について今後両者の比較検討を進める中で、O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>ガス化に最適なガス化炉方式を明らかにしていく予定です。なお、実験を実施する上で、二室二段式の方が上下段に投入したCO<sub>2</sub>の影響を独立に評価できるというメリットがあります。」との記述がある。ガス化炉の設計思想が全く異なる二つのガス化炉(方式)について今後の2年間で検討・再評価し、O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>ガス化についての最適化方式を見いだすための試験を本格的に実施するのであれば、研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切とは判断できない。

(2) 反応、流動、伝熱、石炭の気流搬送、排ガス処理(脱硫を含む)に分けて考えると、CO<sub>2</sub>に切り替わることによる石炭の熱分解過程やガス化反応速度など、単にCO<sub>2</sub>に切り替わることによる反応の基礎研究に注視されすぎているように感じる。実証機に繋がるスケールアップ課題を抽出するのであれば、炉内の流動、伝熱、粒子循環および灰付着について、パイロットプラントである電中研炉をもとにした試験や、試験データに裏付けられた精度の高い予測モデルの開発にシフトすべきである。このためにも、電中研炉の試験をもっと加速してほしい。

(3) 「アジア地域の多様な石炭への適用基盤技術開発」は必要なテーマと考える。しかし、プロジェクトで実施する以上は、石炭の種類や数、地域の特性など、炭種の選定や測定数などの数値目標を示すべきである。褐炭についても、豪州、インドネシア以外のアジア地域の褐炭(たとえば、中国)も検討すべきと考える。

#### <その他の意見>

- 予算規模では電中研分は追設と改造分はともかく、九大予算の7億円の内訳は何か。分析装置代の占める割合はどの程度か。依頼やレンタルではなく、買い取りとした理由は何か。共同研究先の電中研にもなかったのか。

- 将来、フェーズが進んだとして、灰やチャーの分析等は九州大学所有の分析装置で受託するのかなどの将来構想も合わせて示すとよい。
- 微量酸素の除去は、電中研が実施したメーカーFSの指摘事項を九州大学が基礎検討の一つとして取り上げて対応することとなった一つの事例というが、電中研で指摘した点を九大でどのように取り上げるのか？指摘事項の重要度をどのように共通認識するのか？重要度の判断が誤謬した場合のチェックの仕方は？など問題があるように思える。
- マネジメントは常にインターフェースが課題となり、これを言い出すと切がなく、改善すべき点が出る。そのため、このような大プロジェクトは必ずインターフェースの問題があるとの認識で、全体を把握できる強力なリーダーが求めら、またそのリーダーシップが発揮できる権限、小組織、ネットワークなどの構築が必要と考える。
- 本研究は国のエネルギーセキュリティに関わる重要な研究である。研究の全体像を示し、国内の研究者の総力を上げて取り組むべき。

## II-3.研究開発成果について

### 【評価委員コメント欄】

全体として中間目標は概ねクリアしている。プラント全体のシステム性能評価を電中研で **Energy-Win** という解析ソフトを活用して実施している。必要となる生成ガス組成のシミュレーションソフトも活用している。またタービンの内部流動シミュレーションについては、熱流体解析ソフトを保有し活用している。

しかし、達成水準が数値化されていないため達成度が不明瞭なものが一部あり、中間目標の成果と最終目標との関係、残された課題、達成方法が説明不足である。コストについては、従来 **IGCC+CCS** に比べてシステムの簡素化が期待できることから、できる限り低コスト化が図れるよう、試算中であるというが、この **FS** を先行して行い、コスト面で不明確な点を明らかにする検討が必要である。

<肯定的意見>

○中間目標は概ね達成している。

低 **NOx** 技術開発では 7 件の特許を出願中で評価できる。

○全体として、中間目標に関連する技術的な課題の多くは解決されていると評価できる。

○・九州大学および連携大学における基礎的研究は、十分な経験に裏打ちされたものであり、成果もあがっている。

・電中研の研究開発成果は、今後の展開に必要なデータが十分に得られているとは言い難く、連携企業を取り込んでのさらなる精力的な展開により、より有用なものとなると考えられる。

・日立によるバーナー開発研究は、多方面への応用が期待でき、今後が楽しみである。

○中間段階の評価としては、上記の項目について十分とは言えないが、着実な成果を上げていると評価できる。

中間評価に示された試験結果と評価など、多岐にわたるエリアを専門性の高い内容で整理されている。

今後とも、この計画に沿い直実に成果を上げることが期待できるが、より高度の目標を新たに設定して、現状の評価に留まることなく、研究開発の高度化技術の創意工夫を期待する。

○プラント全体のシステム性能評価を電中研で **Energy-Win** という解析ソフトを活用して実施している。必要となる生成ガス組成のシミュレーションソフトも活用している。またタービンの内部流動シミュレーションについては、熱流体解析ソフトを保有し活用している。

○・成果は目標値をクリアしていると評価される。

・投入された予算に見合った成果が得られていると評価される。

・知的財産権等の取得及び標準化の取組は、適切に行われていると評価される。

・成果の最終目標の達成可能性は、十分に高いと評価される。

<問題点・改善すべき点>

- 平成 23、24 年度には、装置の大型化や高圧化が予定されているが、その設計については、必要なデータの蓄積と十分な検討が必要である。
- 論文の発表件数が多いが、本プロジェクトから得られた成果が見えてこない。成果の整理の仕方を工夫してほしい。
- 排熱回収ボイラ、蒸気タービンについては排ガス組成の違いによる酸露点対策、給水・蒸気条件の最適化などが今後の課題として残っている。ガスタービンも同様で燃焼器や翼の最適化が不足している。EAGLE のプラント起動回数累計 90 回、ガス化運転時間累計 8,200 時間から判断すると、連続操業時間は平均 90h となる。何が問題だったのか？それを基礎にした開発でなければならない。また CCS の実証実験結果が提示されていない。

コストについては、従来 IGCC+CCS に比べてシステムの簡素化が期待できることから、できる限り低コスト化が図れるよう、試算中であるというが、この FS を先行して行い、コスト面で不明確な点を明らかにする検討が必要である。また CCS のみで自立できる開発のために何が必要かを FS で検討した結果を示すべきだ。

- 知的財産については、国際競争力、または眠っている固有情報など幅広い活用が実用化に寄与するが、知的財産の保護も重要であるが、より活用を幅広く出来る仕組みの構築も検討すべきである。

これは国際市場を視野に入れた場合にも必要であると考える。

- 乾式ガス精製をうたっているが、スケールアップが可能なのか詳細が不明。ハニカム式脱硫剤のコスト・寿命・必要スケールなどは、大型化に於いて現実的なものなのか。水銀やアンチモン/セレンはどうなるのか。
- 達成水準が数値化されていないため達成度が不明瞭なものが一部ある。
  - ・革新的ガス化技術の研究では、論文の発表は活発だが、特許は 1 件しか出願されていない。これでは中国等に対して知的財産が守られない。実施主体が企業ではなく、大学と研究機関であることも影響しているのではないか。
  - ・中間目標の成果と最終目標との関係、残された課題、達成方法が説明不足。

<その他の意見>

- ・全体的に個々の実験結果や事象を中心とした説明になっているが、学会の発表ではないのだから、目標、数値による達成基準、達成度、残された課題と未達成の原因、達成手段という流れで説明すべき。その中で必要があれば、実験の結果などを示せばよい。
- ・事業化への道のりは「魔の川」「死の谷」「ダーウィンの海」とそれぞれの断面での課題を持続的解決しなければならない。複合するシステム、要素には、その段階が時系列、開発の難易度、市場性の評価など評価基準が相違する。このような観点からのマネジメントについても、今後は具体的に議論、評価が必要となる。

そのため、中立的な専門家によるプロジェクトマネジメントの導入の検討、米  
国空軍の研究マネジメントなどの海外の手法についても検討すべきと考える。

- ・成果は①送電端効率と②CCS を考慮したコストに掛かっている。これが世界一であれば市場の拡大・創造は間違いない。新たな技術領域開拓や汎用性もその値

に掛かっている。予算不足なら重点的に投資しないと CO<sub>2</sub> を低下した法律の施行でもなされようなら今後の電力供給に支障を来す。したがって①と②さえ実現可能であれば知的財産権等の取得及び標準化、成果の普及など不要と思う。①と②の実現のためには IGCC は良いとして、CCS コストが問題だと考えている。

## II-4.実用化の見通しについて

ガス化に於いては、要素技術に於いて実証化バリアとなるような点が散見しており、検討の必要がある。また、ガス化方式自体もまだ検討課題となっているので、事業者間で研究開発の方向性について、早急に意思統一をはかり、新しい計画案を提出すべきである。

低 NO<sub>x</sub> バーナーについては、モデリング・シミュレーションの改善と振動対策により、さらに実用化に向けたブラッシュアップが望まれる。

今後、コストの見通しや他の技術との優劣の評価は、社会・経済情勢の変動と共に大きく変化する可能性があるが、技術が実際に広く利用されるためには、低コスト・技術の優位性が必須である。国際市場で競合できるシステムの確立を目指してほしい。

### <肯定的意見>

- ・実用化に向けて、稼働時間が評価には達成していないと考える。連続稼働時間（長期連続試験）への取り組みにより、その評価が可能であり、チャンピオンデータでの事業化評価は次の段階である。
  - ・取り組みとして、長期連続運転実績を積み重ねる努力は認められ、その成果も国際学会などに発表しているため、今後も継続して事業の実施を期待する。
- 開発の各段階でマイルストーンを明確にされており、引き続き研究開発が行われる見通しは立っている。
- 実用化されると我が国として海外展開の強力なツールとなりうる。また、より高効率で低コストな発電技術となると、実用化に向けた波及効果も大きい。是非精力的・緊密連携による研究によって、最終目標到達に向けて研究開発を進めていただきたい。
- ・人材育成では継続的な研究が必要であり、本研究の貢献度は大きい。
  - ・低 NO<sub>x</sub> 技術開発は、広く展開可能な燃焼基盤であり、ゼロエミッション石炭火力の完成を待たず、実用化が見込める。
- Eagle である程度実証された技術であるのと、1500℃級ガスタービンも実証されているため、双方に関してはシミュレーションソフトが開発され適用されているので、IGCC とガスタービン技術は実用化されよう。この点での波及効果は安定的なガス化技術によるガスの化学原料として大いに貢献できる。

### <問題点・改善すべき点>

- ・ガス化に於いては、要素技術に於いて実証化バリアとなるような点が散見しており、検討の必要を感じる。電中研がこれら要素を早急に明らかにし、基礎的研究を大学に依頼することで早期の問題解決が可能となると考えられる。
  - ・低 NO<sub>x</sub> バーナーについては、モデリング・シミュレーションの改善と振動対策により、さらに実用化に向けたブラッシュアップが望まれる。
- 関連技術への転換は研究開発の実施には不可欠であるが、要素技術、IGCC、ガスタービンの波及効果は現時点では評価しにくい。

ガスタービン技術は最近市場性が少なく、その開発についてもメーカーの意欲が減じられている。大型、高効率で温度条件が低くても、建設コストに効果的な設計は、IGCC だけでなく、一般的発電システムへの流用を検討すべきである。特にインレットクライテリアとエグジットクライテリアに対する説明が不足していると思われる。また研究開発の方向性についてのかじ取りは大プロジェクト

であるが故に困難であるが、柔軟性を持って実施して行く必要がある。

石炭に対する、国民の理解、および本プロジェクトのマスコミ等への取り上げ方が少ないのは時代背景であるが、よりアピールする努力が必要と思われる。

過去、コールクリーニング技術開発、石炭の石油化技術など日本はオイルショック後に多様な研究開発が実施され、その成果が活用されないでいる。この技術成果を本事業への再評価を行うことも検討の余地がある。

- ゼロエミッション石炭火力の実用化の見通しには、2020年ー2030年頃のパイロットプラントへの展開と記されているが、あまりに漠然としている。これでは技術は一流でも、ビジネスでは成功しない危険性が高い。アジアの高度経済成長が予測されるのは2020年まで、2030年では遅い。2020年での実用化のマイルストーンを設定するべきではないか。
- コストの見通しや、他の技術との優劣の評価は、社会・経済情勢の変動と共に大きく変化する可能性があるが、技術が実際に広く利用されるためには、低コスト・技術の優位性が必須である。国際市場で競合できるシステムの確立を目指してほしい。
- (1) 勿来の空気吹き IGCC をベースにした研究開発であると理解していたが、「O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub> ガス化に関しては、必ずしも二室二段炉が一室二段式よりも適しているとは考えておらず、この点について今後両者の比較検討を進める中で、O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub> ガス化に最適なガス化炉方式を明らかにしていく予定です。」との回答があり、ガス化方式自体もまだ検討課題となっているとは驚きである。事業者間で研究開発の方向性について、早急に意思統一をはかり、新しい計画案を提出されたい。  
(2) 知的所有権の点から、「一室二段式」ガス化炉を検討するとき、最新情報を入手できるのか疑問が残る。
- 開発の各段階が各チームで温度差があるので、マイルストーンを明確にし、それに従って進行しているか、目標を間違えて進んでいないか、研究者の交代・予算の打ち切りなどのリーダーシップを発揮できる人材を得て、開発を実施しないと、目標達成には至らない。またロードマップに基づいた分野設定が必要で、目標達成のために必要は人材確保が重要で、人材育成は付随して生じる。

#### <その他の意見>

- 本技術の実現可能性が高まった時点で、現状の Oxy fuel と同様に、酸素-CO<sub>2</sub> ガス化に関する基礎研究が各国で幅広く行われるように、世界に情報を発信されることを希望する。
- 大学での石炭技術の養成が、時代を反映して興味ある学生が少なくなっているが、大学への本技術などのエネルギー講座としての教科書作成を期待したい。
- Eagle の実証プロジェクトとしては大崎クールジェンプロジェクト(1,100t/日級 170MW、H29 年実証試験開始、中国電力/J-POWER) が進められ、EAGLE 試験設備の活用として、革新的 CO<sub>2</sub> 回収型石炭ガス化技術開発を実施し、高効率で最適な CCS システムとの組合せを目指した次世代 IGCC (1,500℃級ガスタービン導入) に最適な CO<sub>2</sub> 分離回収技術の開発と新規 CO<sub>2</sub> 分離回収技術等調査を実施する予定されており、その際、希望者には同業他社も含めて海外からも希望者を募り、見学させては如何かと思う。
- ゼロエミッション石炭火力は、長期にわたり大規模な総合システム技術である。こうした技術を実用化、産業化するには、個々の要素技術の研究者だけではなく、

技術、市場の双方を理解し、システム全体をデザインできるシステムデザイナーの育成が必要と考える。石炭技術という若い技術者にはアピールしないが、システムデザイナーであれば優秀な人材をひきつけることができるのではないか。



(個別テーマに関するコメント票)

1. 革新的ガス化技術に関する基盤研究事業

CO<sub>2</sub>回収次世代IGCC技術開発

1. 1 研究開発成果についての評価

【評価委員コメント欄】

O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>ガス化シミュレーションについては、電中研と九州大で開発を進め、3t/日、200t/日、1700t/日ガス化炉のシミュレーションツールの開発が完成し、O<sub>2</sub>とCO<sub>2</sub>のガス化炉内の混合割合については、従来のN<sub>2</sub>に比べCO<sub>2</sub>の比重や比熱等の物性が異なり、CO<sub>2</sub>供給割合がガス化炉温度や炭素転換率等の性能に大きく影響を与えることが明らかとなるなどIGCC関連の技術は着実に蓄積している。

しかしながら目標達成の基準が明確ではない。何をやったかではなく明確な達成基準に対してどこまで達成できたかを示すべきである。例えば、数値シミュレーションモデルを開発したというだけでは不十分。実用に耐えるにはどの程度の精度が必要でそれを実現できたのかが重要である。また、ガスタービン本体の最適化およびガスタービンの性能比較に基づく目標設定が不足している。マネジメントを強化し、明確な目標設定と達成基準それを達成する最適なプロセスを設定して戦略的に進めてもらいたい。さらに、実用機とパイロット試験結果、シミュレーション結果などは離反しているのをどのような考え方で整理するかについての評価手法について検討を深化すべきではないか。

<肯定的意見>

- CO<sub>2</sub>回収を含めた高効率石炭ガス化システム開発に挑戦し、成果を挙げている点は評価できる。
- (1) 高濃度CO<sub>2</sub>条件における石炭・チャーの反応性が明らかになり、CO<sub>2</sub>回収ガス化条件において、空気吹きガス化条件と比較して、石炭熱分解・ガス化・燃焼性がほとんど変わらないことを明らかにしたことは、本事業を進める上で、大きな前進と評価する。  
(2) 高CO濃度条件での乾式ガス精製システムに関して、実用化への目処が明らかにしたことは、本事業を進める上で、大きな前進と評価する。
- シミュレーション技術による設計ポイントの効果的な進展は評価できる。今後、よりシミュレーションの精度を向上させ、パイロット開発などの現場での試験への展開、事業化への精度のあるシステム開発が期待できる。
- 二室二段炉の設計に関わるO<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>ガス化の要素研究については、データが出始めた段階であり、目標値なるものは数値シミュレータへの適用と検証、あるいは装置設計パラメータの見直しはこれからと判断した。
  - ・O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>ガス化の「操作改善の方向」は示されて結構なのだが、要素研究および数値シミュレータ、実証基で得られるデータとの整合性と達成度が見えず、最終評価には定量的な表現で記述してほしい。
  - ・要するにガス化炉を安全・安定に動かすための「最適ポイント」と「幅」を数値で示すことができればわかりやすい。
  - ・乾式ガス生成については「炭素析出(すす生成)」は貴重なデータであり、ハニカム脱硫剤試験の性能が確認されているなど着実な成果と判断している。最適

化に向けて更なる成果を期待したい。

・炭種の選定とガス化炉内の灰の溶融挙動についても、データは出始めているので、今後を期待したい。

・CO<sub>2</sub>回収型 IGCC について成果発表は多数出されているが、このプロジェクト開始後の成果なのか、以前の蓄積なのかを区分けしてほしい。

○大学サイドは基礎的な研究をしっかりと行っており、今後重要な知見が得られることを期待する。

○O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>ガス化シミュレーションについては、電中研と九州大で開発を進め、3t/日、200t/日、1700t/日ガス化炉のシミュレーションツールの開発が完成している。O<sub>2</sub>とCO<sub>2</sub>のガス化炉内の混合割合については、従来のN<sub>2</sub>に比べCO<sub>2</sub>の比重や比熱等の物性が異なり、CO<sub>2</sub>供給割合がガス化炉温度や炭素転換率等の性能に大きく影響を与えることが明らかとなるなど IGCC 関連の技術は着実に蓄積している。

○世界最高水準の目標に対し、中間目標は、概ね達成されている。

・環境やエネルギーに関する国際的な情勢は変化しているが、エネルギーの安定確保の必要性は高まりつつあり、本研究事業の意義は失われていない。

#### <問題点・改善すべき点>

●多様な石炭に対応できる技術開発が必要であり、より普遍的なパラメータ（例えば、石炭の元素・揮発分・固定炭素の割合等）とガス化の関連を定量的に評価できる汎用性の高い実験方法や解析方法を確立する必要がある。

●（1）ガス化炉における灰の物性・挙動の解明に関して種々な装置を導入されているものの、それに見合う顕著な成果が記載されていない。この分野の研究は世界各国で既に多くの研究が報告されているので、これらの研究を凌ぐ成果を挙げるように最終目標に向かって邁進していただきたい。特に、高濃度CO<sub>2</sub>による灰物性・付着・溶融挙動の変化が生じるか否かは、本ガス化炉のスケールアップにおいて重要な鍵となるので、卓越した成果をあげられるように期待する。

（2）電中研炉の試験で採取されたサンプルの分析・解析が両者で緊密に行われ、灰・スラグ試験の基礎試験に反映されるようにしていただきたい。また、必要があれば、関係機関や外部機関にも依頼し、特に、高濃度CO<sub>2</sub>による灰物性・付着・溶融挙動の変化が生じるか否かを明らかにするように努めていただきたい。

（3）勿来の空気吹き IGCC をベースにした研究開発と理解していた。しかし、質問票に対する回答で、「二室二段炉は、もともと空気吹きガス化においてコンバスタ温度の維持、灰付着トラブルの低減、高いガス化性能の獲得などを達成するために考案されたものです。したがって、O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>ガス化に関しては、必ずしも二室二段炉が一室二段式よりも適しているとは考えておらず、この点について今後両者の比較検討を進める中で、O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>ガス化に最適なガス化炉方式を明らかにしていく予定です。なお、実験を実施する上で、二室二段式の方が上下段に投入したCO<sub>2</sub>の影響を独立に評価できるというメリットがあります。」との記述がある。発表会場において説明がなかったと思うが、「O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>ガス化に関しては、必ずしも二室二段炉が一室二段式よりも適しているとは考えていない。」ことの根拠を示していただきたい。また、今後の2年間でガス化炉の基本設計思想まで踏み込んで再検討する計画内容や、そのスケジュールを明示されたい。

（4）シミュレーションで実施するのであれば、「なお、実験を実施する上で、

二室二段式の方が上下段に投入した CO<sub>2</sub> の影響を独立に評価できるというメリットがあります。」の意義は理解できる。しかし、電中研炉の試験結果から最適なガス化炉方式を明らかにしていくことができるのか疑問が残る。

- 過去の関連研究も含めた研究の全体像と目標達成のための戦略が見えにくい。個々のテーマの寄せ集めの印象がある。
  - ・目標達成の基準が明確ではない。何をやったかではなく明確な達成基準に対してどこまで達成できたかを示すべき。例えば、数値シミュレーションモデルを開発したというだけでは不十分。実用に耐えるにはどの程度の精度が必要でそれを実現できたのかが重要。
  - ・世界最高水準の研究に対して、特許出願が1件というものはもの足りない。知財戦略や研究マネジメントの問題ではないか。
- ガスタービン本体の最適化およびガスタービンの性能比較に基づく目標設定が不足している。炭種毎に最適な操作条件というのがあるはずであり、この炭種なら冷ガス効率を最高にするには、どのようにしたら良いのかというのが欠けている。
- CO<sub>2</sub>回収型では、ガスタービンと微量酸素除去については当初の中間目標が不明確であり、「実証・検証した」とあるが、開発要素が何か不明確。
  - ・ガスタービン性能で効率が決まるので、新たなタービンの開発が必要であれば、目標値を示すことが重要と思われる。「1500℃級がありき」の説明ではなく、設計と運転条件を示してほしい。
  - ・シミュレータ開発で新たに導入したあるいは開発したポイント、これまでのシミュレータとの違い、特に O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub> ガス化での適用条件とスラグ流についての改善点と課題を明確にする。微量成分関連の組み込みはどうするのかの記述がほしい。
  - ・最終目標に向けた課題抽出はある程度できているが、プロセス全体から見たとき、シミュレータで期待できる設計・運転パラメータとデモ機で検証すべきパラメータを明確にしてほしい。
  - ・ガスタービンの効率向上目標と蒸気タービンの目標値およびそのためのガス組成のカロリー範囲や実証レベルでの不純物除去目標を示す。
- 実用機とパイロット試験結果、シミュレーション結果などは離反しているのをどのような考え方で整理するかについての評価手法について検討を深化すべきではないか。

今後の課題でもあるが、シミュレーションを行いつつパイロット試験を行うことのない信頼性ある手法を提示してもらいたい。
- 電中研既設炉を利用して何をどこまで明らかにできるのかが不明。200 t および 1700 t FS に対して 3 t の成果が線形性があるとは思えない。従来の EAGLE・勿来などでのスケールアップに際するトラブル対応が参考にならないだろうか（特にバーナーへのスラグ付着・先端熔融や上部へのファウリング）。

#### <その他の意見>

- ・小型ガス化炉による基本性能実証で得られた成果は事前予測された範囲であり、ガス化炉試験が順調に進んでいることを示すデータである。小型ガス化炉レベルでチャンピオンデータを得る必要は何もなく、最終目標である実証ガス化炉 FS のためのスケールアップデータや高濃度 CO<sub>2</sub> 存在下でのシミュレーションモデ

ル構築のための裏付けデータを取得する方向にベクトルを向け、実験を粛々と進めていただきたい。最終目標に向かって、空気吹きガス化炉開発で得られたノウハウが、 $O_2$ - $CO_2$  ガス化炉の開発において適用でき、加速的に本ガス化炉が開発できるのか否かを明らかにされることを強く希望する。

- プロジェクトマネジメントを強化する必要があるのではないか。
- 明確な目標設定と達成基準それを達成する最適なプロセスを設定して戦略的に進めてもらいたい。
- 要素研究結果やデモ機での実証結果が「確実」であれば、成果は市場の拡大および市場の創造に繋がるが、現時点では「送電端効率 42%の主要構成技術の目処を得る」であり、「世界一」か、否かの評価をする段階ではない。
- 大学での研究が趣味的な研究にとどまらず、実用的な観点で電中研をサポートするものとなることを期待する。気相反応とスラグ特性の研究にもっと力を入れてはどうか。
- **EAGLE** のと共通項目についての知見の共有を模索すべきで、議論の場を提唱したい。
- プラント全体の容量、形状、寸法については、計画中の商用機との相对比较を行い、 $CO_2$  循環式のガス化炉・ガスタービン・熱交換器などの複合システムを検討しているが、最適化のために如何なる因子が必要かが不明である。

## 1. 2 実用化の見通しについての評価及び今後の提言

### 【評価委員コメント欄】

設備投資能力の不足から各電力企業や化学企業は、このまま推移すると部分的な技術要素の採用となる。首尾一貫した完成システムとしての低コスト・高効率システムとして全体をアピールすることが重要である。

運転条件設定や計測の面で小回りの利く、既設電中研ガス化炉を活用するようであるが、実機化までのスケールアップ手法が不明である。二室炉での実験検討となっているが、実験は最低限で良く、シミュレーション結果の確認程度が良い、また実機化のためにも一室と二室の得失を検討すべきだ。

世界最高水準の実用化を握る鍵は、時期とコストである。国内外の市場を見て、いつ、どこに、どの程度のコストで、どのようなプラントを供給するかを設定し、戦略的に進める必要がある。

#### <肯定的意見>

- 事業化に着実に進展している。時間は掛かるが不可欠な技術開発であり、国の政策としてプロジェクトが持続する計画が明確になっている。  
更に新たな研究開発課題などへの事業化に向けた提案に柔軟に対応する体制を期待したい。
- 商用プラントやレイアウトなど、実用化イメージ・出口イメージ作成の努力は評価できる。
- 「成果の実用化可能性」については、実用化イメージ・出口イメージは明確であるが、実用化可能性については探っている段階であり、この段階での評価は難しいのではないかと。
- $\text{O}_2\text{-CO}_2$ ガス化の研究開発は世界をリードする研究であり、成果は期待したい。
- 本システム採用による  $\text{CO}_2$  削減効果は、従来検討されている IGCC(CCS なし) に比べ、484 万  $\text{t-CO}_2$ /年の削減（出力 100 万 kW、利用率 70%）と試算している。また、他産業への波及効果については、本システム採用により石炭燃料が大幅に削減でき（約 35 億円/年の削減）発電単価の引き下げを通じて、日本の国内産業全般へ還元されるなど実用化イメージや出口イメージは明確である。
- 技術力の維持向上、人材の育成という面での貢献度は大きい。
- 本フェーズ残り半分の期間で、より実用につながる研究・開発へとつながることを期待する。

#### <問題点・改善すべき点>

- 「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。」で言えば、実施者の中では議論されていると思われるが、中間評価用の資料からは具体的な「見通し」は必ずしも明確とは言えない。
- 大学サイドの基礎研究と、電中研の小規模実証試験との連携関係が不明。電中研小型炉で起こっている問題を大学にフィードバックし、大学がそれに応える体制を構築してはどうか。年に 2 回以上の連携会議、とあるが、これくらいの予算規模の他の NEDO-PJ においては、毎月連携会議を行っているものもある。少なくとも九州大と電中研の 2 者間（および NEDO）では、相互に緊密な連携をとる必要がある。
- 実用化の見通しには、2020 年～2030 年頃のパイロットプラントへの展開と記さ

れているが、あまりに漠然としている。これでは技術は一流でも、ビジネスでは成功しない危険性が高い。アジアの高度経済成長が予測されるのは 2020 年、2030 年では遅い。2020 年での実用化のマイルストーンを設定するべきではないか。

- 勿来の空気吹き IGCC をベースにした研究開発であると理解していたが、「 $O_2$ - $CO_2$  ガス化に関しては、必ずしも二室二段炉が一室二段式よりも適しているとは考えておらず、この点について今後両者の比較検討を進める中で、 $O_2$ - $CO_2$  ガス化に最適なガス化炉方式を明らかにしていく予定です。」との回答があり、ガス化方式自体もまだ決まっていなかったとは驚きである。事業者間で研究開発の方向性について、早急に意思統一をはかっていただきたい。
  - ・ガス化炉の設計思想が全く異なる二つのガス化炉（方式）について今後の 2 年間で検討・再評価し、 $O_2$ - $CO_2$  ガス化についての最適化方式を見いだすための試験を電中研ガス化炉で実施するのであれば、開発の各段階でマイルストーンが明確になっているとは評価できない。
- 石炭エネルギーに対する理解の深化が必要であり、IGCC、CCS だけの議論ではなく、総合的な  $CO_2$  削減として、 $CO_2$  の削減に石炭エネルギーと再生可能エネルギーとのバブルコンセプト（平均）を導入してその立地の促進のシナリオの検討をすべき。また欧米が  $CO_2$  削減を目標としているにも関わらず、ベース電源としての石炭エネルギーの推進が背景にあることを調査すべき。
- 設備投資能力の不足から各電力企業や化学企業は、このまま推移すると部分的な技術要素の採用となる。首尾一貫した完成システムとしての低コスト・高効率システムとして全体をアピールすることが重要である。運転条件設定や計測の面で小回りの利く、既設電中研ガス化炉を活用するようであるが、実機化までのスケールアップ手法が不明である。二室炉での実験検討となっているが、実験は最低限で良く、シミュレーション結果の確認程度で良い、また実機化のためにも一室と二室の得失を検討すべきだ。

#### <その他の意見>

- ・世界最高水準の技術を目指すのは良いが、実用化の鍵を握るのは、時期とコストである。国内外の市場を見て、いつ、どこに、どの程度のコストで、どのようなプラントを供給するかを設定し、戦略的に進める必要がある。
- ・EAGLE も独自のプロジェクトを推進中で利用できないというのは残念であり、是非ともスケールアップの中の実証試験として検討すべきだと考えています。EAGLE は湿式ガス精製で、本システムは乾式ガス精製とのことだが、両者の得失をコストと効率的な面から比較して欲しい。
- ・二次的な課題、灰有効利用、ガス化の規模についての考え方を、今後は立地点を考慮して検討すべき。
- ・「波及効果」（技術的・経済的・社会的）は二室二段の  $O_2$ - $CO_2$  ガス化炉が動いた段階であり、開発段階での内部での波及効果はあるが、外部には及ばないのではないか。
- ・石炭研究者人口は先細っており、プロジェクトでの人材育成は期待したいし、NEDO の支援が必要である、NEDO の役割ではないか。

## 2. 革新的ガス化技術に関する基盤研究事業

### 石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NO<sub>x</sub>技術開発

#### 2. 1 研究開発成果についての評価

##### 【評価委員コメント欄】

希薄燃焼によって低NO<sub>x</sub>化を図る予混合燃焼的な方策が最も確実な方法という知見を得たことで希薄均一条件での燃焼を実現することを主眼にする方式を採用した。内部EGR的な方策を採用し、安定燃焼と低NO<sub>x</sub>化のため循環ガス量をどの程度にするかを主に空気孔の旋回角などのパラメータで制御可能とした。それにより、高水素濃度対応ドライ低NO<sub>x</sub>燃焼技術に世界で初めて挑戦し、世界初の10ppm以下の目標に到達しており評価したい。

なお、バーナーの燃焼振動については、起こってしまっただけでは実用にならないため、より具体的な原因解明と対策が必要である。

##### <肯定的意見>

- 開発は順調に進んでおり、中間目標をクリアしている。
- ・目標達成基準が数値化されており達成度が明確である。
  - ・特許を7件出願している点も産業競争力の点で評価できる。
- 高水素濃度対応ドライ低NO<sub>x</sub>燃焼技術に世界で初めて挑戦して、成果を挙げている点は高く評価できる。
- ガスタービン燃焼器でリッチ・リーン燃焼などの効果を検証する上でシミュレーションは有効であり、燃料の混合分率0~1の範囲の燃焼速度を別途計算して5000点程度の燃焼速度データベースを構築してシミュレーションに供し、リッチ・リーンないし二段燃焼などにも対応した、拡散燃焼から予混合燃焼までを計算できる。また、希薄燃焼によって低NO<sub>x</sub>化を図る予混合燃焼的な方策が最も確実な方法という知見を得て、希薄均一条件での燃焼を実現することを主眼にする方式を採用した。内部EGR的な方策を採用し、安定燃焼と低NO<sub>x</sub>化のため循環ガス量をどの程度にするかを主に空気孔の旋回角などのパラメータで制御可能とした。
- 水素は次世代エネルギーとして、日本では数多くの蓄積がありWE-NETにより人材も多くいるなどその活用は大きく、発電用への利用は期待される。特にガスタービンの低NO<sub>x</sub>化技術は環境改善の基本であり、着実に成果が見られる。
- ・「高水素濃度対応ドライ低NO<sub>x</sub>燃焼技術」は改良を進め、世界初の10ppm以下の目標に到達しており、評価したい。
  - ・クラスバーナも着想としては興味深く、成果の意義は大きい。今後の更なる成果を期待したい。
- 難しいテーマに対して、良い成果を上げており、今後の進捗が楽しみである。

##### <問題点・改善すべき点>

- ・ガスタービンシステムとバーナーの開発目標とCFDシミュレーションおよびプロセスシミュレーションの「想定目標」を定量的に示し、目標値に向けた開発要素を明示すべきではないか。
  - ・中間評価段階の1本クラスターバーナーおよびマルチクラスターバーナーまでの開発は高く評価できるが、これまでの成果を実寸サイズ燃焼器へどのように結

びつけるのが不明。スケールアップパラメータは何かの課題抽出をピックアップすることも重要な目標と思われるが、説明がない。

- 成果の説明では、中間目標を達成したという結果を示すだけでなく、科学的、技術的根拠を説明すべき。それがないと、中間目標の達成が、最終目標の達成に結びつくのがわからない。
  - ・成果の普及では、本報告も含め、一般に対してもわかり易い説明をしてもらいたい。
- 燃焼試験では、大量の CO が貯蔵できないために、メタンを用いているが、この影響が定量的に評価されていない。小型の装置を用いて、両者を比較して、化学反応数値解析法を併用して、大型装置での定量評価の基礎を確立しておく必要がある。

燃焼振動等の不安定現象を完全に抑制して、装置の信頼性を高める必要がある。NO<sub>x</sub> 排出濃度の計測結果を説明できるような数値解析ツールが必要である。
- シミュレーションでは乱流モデルは k-ε モデル、化学反応に関して総括反応をベースとするモデルに修正を加えて計算を実施しているが、シミュレーション結果のみでバーナー形状を決定できるほどの信頼性を確立していないが、計算のプロを導入し、シミュレーションのみでバーナーの最適化を行うようにすること。そのために何が不足しているのかを明示すること。
- 水素は限定的な供給とコストの問題があり、建設費、安全性、コストを総合的に必要で、国際市場を視野に入れると水素の入手が困難な国には不適合になる。水素による効果的な条件と同時にリスクを検討すべき。
- シミュレーションを行っているが、実機とのマッチング調整によるさらなる修正が必要ではないか。振動については、起こってしまったのは実用にならないため、より具体的な原因説明と対策が必要ではないか。

#### <その他の意見>

- CO<sub>2</sub> 回収型高効率 IGCC のシステムにおける「高水素濃度対応ガスタ・ビン開発」が「クローズド・ガスタ・ビン」であることはわかるが、システム開発では 1300、1500、1700℃級ガスタ・ビンの開発が 2015 年以降であり、まずは高水素濃度対応低 NO<sub>x</sub> バーナーの開発とする説明は違和感があった。
- ガスタービン技術開発が限られている中、ガスタービン技術開発は人材の育成にも貢献する。

目標に向かっての研究により企業としての取り組みを期待。
- 燃焼用空気の予熱は燃焼速度に大きな影響があり、安定燃焼範囲や燃焼効率に重要な因子であり、ガスタービン燃焼器の定格負荷条件に縛られているので、熱効率向上などの点で制約を受けている。ガスタービンを自社の中で最高の性能を示すものを使用しないと本開発システムが霞んでしまうので、全力投球する上でも最高性能を出すことを検討すべきある。



## 2. 2 実用化の見通しについての評価及び今後の提言

### 【評価委員コメント欄】

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が明確になっており、目標への着実な進展は評価できる。また、マルチクラスターバーナーの構造はかなり複雑になっており、製作やメンテナンスのコストを考えると、より単純な構造が望ましい。燃焼振動特性の改善に対しては、基本に立ち返り、最高性能を示させるために総力を結集されることを強く要望する。

#### <肯定的意見>

- 装置開発の技術的課題は概ね解決されていると評価できる。
- 広く展開可能な燃焼基盤であり、ゼロエミッション石炭火力の完成を待たず、実用化の可能性が高い。早ければ、2020年目標の300MW級酸素吹き商用機での実用化が見込まれている。
- 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が明確にされており、本事業が終了した時点で、ガスタービンの水素燃焼に技術に必要な基礎データの取得がなされると高く評価できる。
- クラスターバーナーの乱流解析へ実測との整合性の説明は不足していたが、傾向をよく説明できている。しかしながら、どのパラメータが重要なかが不明確。
- クラスターバーナーによる分散燃焼で低NO<sub>x</sub>と耐逆火性を両立させたことは評価できるが、バーナーの場合には燃焼室熱負荷にも左右されるが、実機での熱負荷と比べた場合にも達成できることを確認することが必要である。
- 難しい課題に先進的手法で取り組んでおり、モデリングとの対応を進めることによりさらなる展開が期待できる。
- 目標への着実な進展は評価できる。

#### <問題点・改善すべき点>

- 幅広い分野への展開を図り早期に実用化することを期待する。
- マルチクラスターバーナーの構造はかなり複雑になっており、製作やメンテナンスのコストを考えると、より単純な構造が望ましい。可能なら検討して欲しい。
- 上記の振動対策、モデリング・シミュレーションの改良が望まれる。
- 市場性など開発費の回収には不可欠な条件があるので、この市場についての、具体的な方向性が必要。またより高温化しかつ低NO<sub>x</sub>可能な技術として既存技術との競合力の評価が必要。
- シミュレーションしてみると理解できると思うが、燃焼がうまく行かない時には、シミュレーション結果も可笑しくなる。LESにしなくても標準型の $k-\epsilon$  2方程式モデルであってもであることはもちろんである。また燃焼の振動は高周波の揺らぎは再現していると思うが、燃焼振動は低周波であり、燃焼振動が発生するような燃焼器を使わざるを得ないのは基本的に頭脳の結果とは思えない。基本に立ち返り、最高性能を示させるために自社の総力を結集されることを強く要望する。三菱重工が、日本や米国に先行して、中国で次世代の石炭火力発電設備(IGCC)の事業化を目指す事を表明し、IGCCで中国に進出ということもあり、必要ならば三菱重工をも開発に加えては如何か？

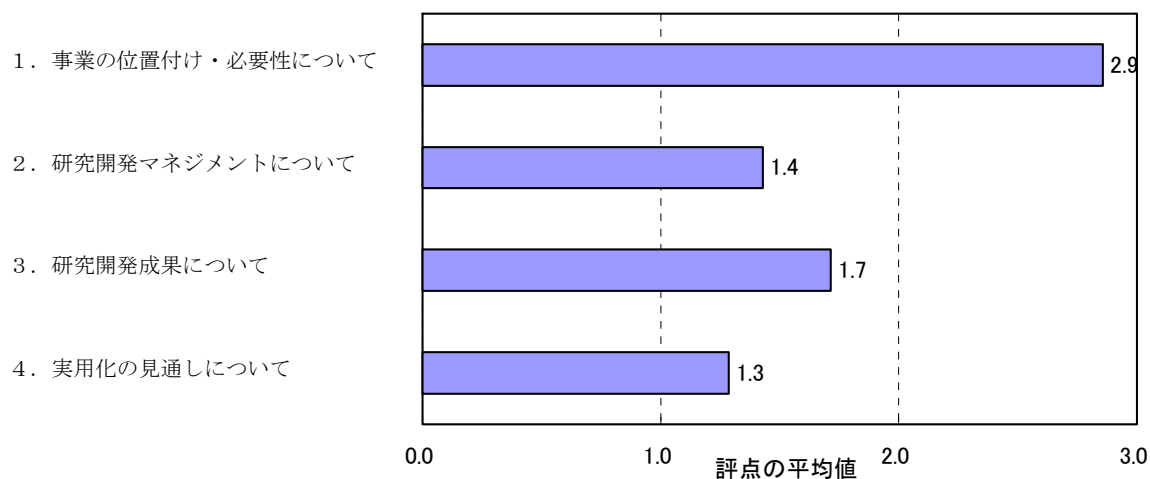
#### <その他の意見>

- ・CO<sub>2</sub>回収率が最大何%まで安定燃焼可能かを評価できると良い。

- 本技術の論文発表、国際的な評価についてのより積極的な展開が必要。
- AHAT サイクル(Advanced Humidified Air Turbine)では 650℃程度までの空気予熱の経験もあり、ガスタービンのヒートマスマテリアルバランスが大きく変わり開発要素が大きくなるというが、この位は容易にクリアしないと実機化は難しいと考える。そのため必要なら、三菱重工と共同で IGCC 用のガスタービンを導入することが必要。もし日立に適切なガスタービンがないなら他社のを購入し、日本最高の技術を追求して欲しい。
- 着実に成果を出しており、実用化もある程度見えている。本研究事業後は民間での推進可能ではない

### 3. 採点結果

#### (1) プロジェクトに全体に対する評価



評価項目	平均値	素 点 (注1)						
		A	B	A	A	A	A	A
1. 事業の位置付け・必要性	2.9	A	B	A	A	A	A	A
2. 研究開発マネジメント	1.4	B	C	B	C	B	B	D
3. 研究開発成果	1.7	B	C	B	B	C	B	B
4. 実用化の見通し	1.3	B	C	C	C	C	B	C

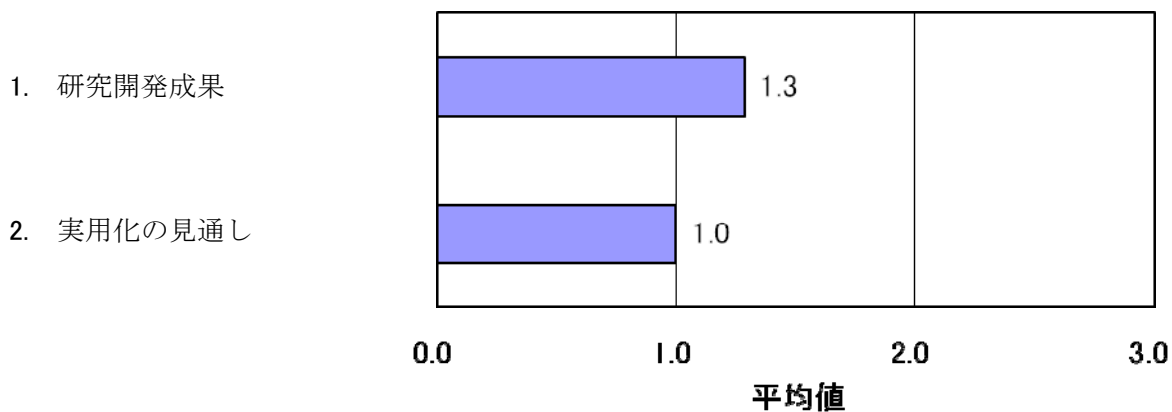
(注) A=3, B=2, C=1, D=0として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

#### <判定基準>

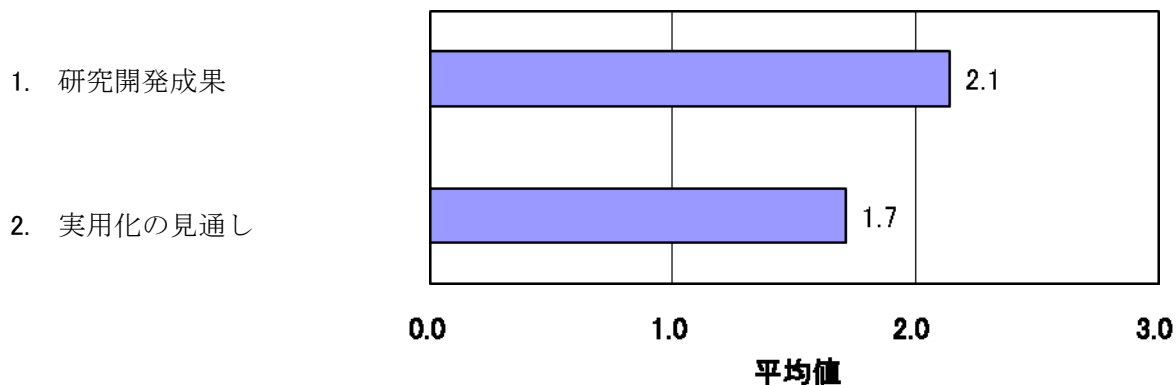
- |                    |                 |
|--------------------|-----------------|
| (1)事業の位置づけ・必要性について | (3)研究開発成果について   |
| ・非常に重要 →A          | ・非常によい →A       |
| ・重要 →B             | ・よい →B          |
| ・概ね妥当 →C           | ・概ね妥当 →C        |
| ・妥当性がない又は失われた →D   | ・妥当とはいえない →D    |
| (2)研究開発マネジメントについて  | (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           | ・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      |

(2) 個別テーマに対する評価

①CO<sub>2</sub>回収型次世代 IGCC 技術開発



②石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NO<sub>x</sub> 技術開発



個別テーマ	平均値	素点(注)							
①CO <sub>2</sub> 回収型次世代 IGCC 技術開発									
1. 研究開発成果	1.3	B	C	B	C	C	B	D	
2. 実用化の見通し	1.0	B	C	C	C	C	C	D	
②石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NO <sub>x</sub> 技術開発									
1. 研究開発成果	2.1	B	A	B	A	C	B	B	
2. 実用化の見通し	1.7	B	B	B	B	D	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)研究開発成果について

- ・ 非常によい
- ・ よい
- ・ 概ね妥当
- ・ 妥当とはいえない

- A
- B
- C
- D

(2)実用化の見通しについて

- ・ 明確
- ・ 妥当
- ・ 妥当であるが、課題あり
- ・ 見通しが不明

- A
- B
- C

## 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。

「ゼロエミッション石炭火力技術開発プログラム  
／ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発  
／革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」  
(中間評価)第1回分科会  
資料5

(エネルギーイノベーションプログラム)  
「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト  
／ゼロエミッション石炭火力基盤技術  
／革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」

事業原簿【公開】

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 環境部
-----	--------------------------------



## —目次—

概要	i
プロジェクト用語集	v
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
1.1 NEDOが関与することの意義	1
1.2 実施の効果(費用対効果)	1
2. 事業の背景・目的・位置付け	1
II. 研究開発マネジメントについて	
1. 事業の目標	3
2. 事業の計画内容	3
2.1 研究開発の内容	3
2.2 研究開発の実施体制	6
2.3 研究の運営管理	7
2.4 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性	7
3. 情勢変化への対応	9
4. 評価に関する事項	9
III. 研究開発成果について	
III-1. CO <sub>2</sub> 回収型次世代IGCC技術開発	
1. 事業全体の成果	10
2. 各研究開発項目の成果	11
III-2. 石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NO <sub>x</sub> 技術開発	
1. 事業全体の成果	22
2. 各研究開発項目の成果	22
IV. 実用化の見通しについて	
IV-1. CO <sub>2</sub> 回収型次世代IGCC技術開発	
1. 実用化の見通しについて	41
IV-2. 石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NO <sub>x</sub> 技術開発	
1. 実用化の見通しについて	42
【添付資料】	
添付資料 1: イノベーションプログラム基本計画(抜粋)	添付 1-1
添付資料 2: 「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」基本計画(抜粋)	添付 2-1
添付資料 3: 技術戦略ロードマップ 2010 エネルギー分野(抜粋)	添付 3-1
添付資料 4: 事前評価関連資料(NEDOPOST2、事前評価書案(平成19年12月12日作成)、NEDOPOST2 投稿ログ、NEDOPOST3、事前評価書案(平成20年2月13日作成)、基本計画(案))	添付 4-1
添付資料 5: 特許・論文リスト	添付 5-1

# 概要

最終更新日

平成 22 年 8 月 9 日

プログラム (又は施策) 名	エネルギーイノベーションプログラム		
プロジェクト 名	ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト ゼロエミッション石炭火力基盤技術 革新的ガス化技術に関する基盤研究事業	プロジェクト番号	P08020
担当推進部/ 担当者	環境部/矢内俊一、横塚正俊、平田学、河田和久		
0. 事業の 概要	<p>エネルギーイノベーションプログラムにおいて、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 年までに半減する長期目標を達成するための政策の柱の 1 つとして、化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用を図るとしており、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・導入を目指すことを達成目標としている。また、国が策定したエネルギー分野別の技術戦略マップ 2009 の化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用に関する技術ロードマップや Cool Earth エネルギー革新技術開発ロードマップに沿った技術開発の推進と、総合資源エネルギー調査会鉱業分科会クリーンコール部会で示された CoolGen 計画（世界的に需要が拡大する石炭のクリーン利用に関する技術開発を協力的に推進）の着実な進展を図ることが必要となっており、「新成長戦略」（平成 21 年 12 月閣議決定）においても、火力発電の効率化等の開発の前倒しが指摘されている。</p> <p>石炭は、石炭火力発電を中心に、今後とも世界的需要が拡大し、3E（供給安定性、経済性、環境適合性）の同時達成が可能となる革新的な技術開発が求められており、その中でも、CO<sub>2</sub> 回収・貯留（CCS）技術を組み込んだゼロエミッション石炭火力を実現できる高効率な石炭火力発電技術の開発及び CCS との最適化が有効である。</p> <p>本事業は、「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」として、発電から CO<sub>2</sub> 貯留までのトータルシステムに関する実施可能性調査や究極の石炭ガス化燃料電池複合発電からの CCS を目指した最適モデルの検討、CO<sub>2</sub> 分離回収型の早期実用化に向けた酸素吹石炭ガス化複合発電実証の最適化検討等を行う各種プロジェクトの中で、「ゼロエミッション石炭火力基盤研究」とした基盤研究事業の位置付けで、CCS を組み込んだ後でも、現行の最高効率を維持できる次世代向けの石炭ガス化基礎技術開発を行うものである。</p>		
I. 事業の 位置付け・ 必要性に ついて	<p>石炭火力から発生する CO<sub>2</sub> を分離・回収・貯留する CCS を含めたゼロエミッション型のガス化発電技術を火力発電に適用する場合、多量の付加的なエネルギーが必要となり、貴重な炭化水素資源の有効活用の観点から、石炭ガス化システムや CO<sub>2</sub> 分離・回収技術の更なる高効率化が求められる。そこで、ゼロエミッション石炭ガス化発電システムの効率を大幅に向上させるための基盤研究を実施する必要がある。</p> <p>本事業では、発電技術と組み合わせると発電効率を大きく低下させる性質をもつ CCS 技術について可能な限り発電効率を高く維持するため、ガス化の効率向上に資する基盤的な技術開発として、「CO<sub>2</sub> 回収型次世代 IGCC 技術開発」及び「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NO<sub>x</sub> 技術開発」を実施する。</p>		
II. 研究開発マネジメントについて	<p>研究開発項目(1)「革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」 ア)「CO<sub>2</sub> 回収型次世代 IGCC 技術開発」（課題設定：委託事業） [中間目標（平成 22 年度）] ・目標値：送電端効率（42%：HHV 基準、CO<sub>2</sub> 回収後）のための主要構成技術の目処を得る。 [最終目標（平成 24 年度）] ・目標値：性状の異なる環太平洋地域の 3 種類以上の石炭を用い、CO<sub>2</sub> 回収後において送電端効率 42%（HHV 基準）を実現させる基盤技術の確立。 ・設定根拠：既存技術では 1300℃級ガスタービンをを用いた IGCC で、CO<sub>2</sub> 回収前の送電端効率が 43%程度であり、CO<sub>2</sub> 回収ロスを高効率化技術で補完するため。</p> <p>イ)「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NO<sub>x</sub> 技術開発」（提案公募：平成 20、21 年度は委託事業、平成 22 年度から共同研究（NEDO 負担 2/3）） [中間目標（平成 22 年度）] ・目標値：高水素濃度燃料に対応する燃焼技術として、NO<sub>x</sub> 濃度 10ppm（16%酸素濃度換算）以下とする燃焼技術の目処を得る。 （前提条件）燃焼器出口ガス温度 1300℃、中圧条件等にて実証。 [最終目標（平成 24 年度）] ・目標値：高水素濃度燃料に対応する燃焼技術として、NO<sub>x</sub> 濃度 10ppm（16%酸素濃度換算）以下とする燃焼技術の確立。 （前提条件）燃焼器出口ガス温度 1300℃、実圧条件等にて実証。 ・設定根拠：燃焼器性能の代表的評価指針である NO<sub>x</sub> 濃度を世界最高レベル値とした。</p>		

事業の計画内容	実施事項	H20 年度	H21 年度	H22 年度		総額	
	C02 回収型次世代 IGCC 技術開発	140+840(補正)	300	232		1,512	
	石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発	93	138	87		318	
開発予算 (会計・勘定別に事業費の実績額を記載) (単位：百万円)	会計・勘定	H20 年度	H21 年度	H22 年度		総額	
	一般会計	0	0	0		0	
	特別会計(需給)	233	438	319		990	
	補正予算	840	—	—		840	
	総予算額	1,073	438	319		1,830	
	契約種類： ・委託(○) ・助成(—) ・共同研究(○負担率(2/3))	(委託)	1,073	438	232		1,743
	(助成) ：助成率	—	—	—			
(共同研究) ：負担率 2/3	—	—	87		87		
開発体制	経産省担当原課	資源エネルギー庁 資源・燃料部 石炭課					
	プロジェクトリーダー	[プロジェクトリーダー] 九州大学 炭素資源国際教育研究センター 特任教授 持田 勲 [サブプロジェクトリーダー] (独) 産業技術総合研究所 エネルギー技術研究部門 主幹研究員 赤井 誠					
	委託先(* 委託先が管理法人の場合は参加企業数および参加企業名も記載)	研究開発項目(1)「革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」 ア)「CO2 回収型次世代 IGCC 技術開発」(課題設定：委託事業) 委託先：(財)電力中央研究所、九州大学 再委託先：群馬大学、京都大学(H20 年度のみ北海道大学を含む) イ)「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発」(提案公募：平成 20、21 年度は委託事業、平成 22 年度から共同研究(NEDO 負担 2/3)) 委託先：(株)日立製作所					
情勢変化への対応	<p>①基本計画の変更 ゼロエミッション石炭火力に関する技術開発テーマを効率的かつ効果的に推進することを目的として、平成 21 年度まで基本計画及び実施計画を定めていた以下のテーマを統合し、平成 22 年度から「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」のテーマとして実施する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト (発電から CO2 貯留までのトータルシステムのフィージビリティ・スタディ、革新的ガス化技術に関する基盤研究事業)</li> <li>戦略的炭素ガス化・燃焼技術開発 (STEP CCT)</li> <li>クリーン・コール・テクノロジー推進事業</li> </ul> <p>さらに、その中で、平成 21 年度まで実施していた、革新的ガス化技術に関する基盤研究事業及び戦略的炭素ガス化・燃焼技術開発 (STEP CCT) のテーマを、「ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発」のテーマとして統合した。</p> <p>②委託事業から共同研究への移行 「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発」については、平成 20~21 年度の研究成果で中間目標へ目処が得られており、平成 22 年度からは一部得られる知見の効果を自主的に実証試験等でも検証していくことから、実用化へ向けて前倒しで取り組んでいくために、事業 3 年目である平成 22 年度から共同研究(NEDO 費用負担 2/3)へ移行する。</p>						
評価に関する事項	事前評価	平成 19 年度実施 担当部 環境技術開発部					
	中間評価	平成 22 年度 中間評価実施					
	事後評価	平成 25 年度 事後評価実施予定					

研究開発項目(1)「革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」

ア)「CO<sub>2</sub>回収型次世代IGCC技術開発」(電力中央研究所、九州大学)

CO<sub>2</sub>の削減が求められる火力発電分野では、CO<sub>2</sub>の分離回収・貯留(CCS)が必要とされているが、CCSには多量のエネルギーを要するため、発電効率を可能な限り高く維持しながら、さらにCO<sub>2</sub>回収コストを大幅削減することが求められている。

本事業では、石炭ガス化システムから回収したCO<sub>2</sub>を酸化剤の一部として用いることにより、CO<sub>2</sub>回収コストを大幅に削減し、かつ石炭ガス化システムの効率を大幅に向上可能なCO<sub>2</sub>回収型次世代IGCCシステムの実用基盤技術を開発することを目的として、CO<sub>2</sub>回収後においても最新鋭微粉炭火力並みの送電端効率42%を目指す。

中間目標としては、送電端効率(42%:HHV基準、CO<sub>2</sub>回収後)のための主要構成技術の目処を得ることとし、基本ガス化反応の解析・評価やガス化炉最適化検討等を実施することにより、アジア炭に対するO<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>ガス化反応機構の解明と反応モデルの開発、実機ガス化炉シミュレータの開発、実規模プラントのフィージビリティ・スタディ(FS)を行って、以下の成果が得られた。

なお、電力中央研究所はCO<sub>2</sub>回収型IGCCシステム基盤技術の開発、九州大学はO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>石炭ガス化反応機構の解明とアジア地域の多様な石炭への適用検討を主な役割分担とし、基板研究を効率的かつ加速的に遂行するため、電力中央研究所と九州大学は密接な相互協力の下、研究推進を図った。

①酸素-CO<sub>2</sub>ガス化技術の開発

酸素-CO<sub>2</sub>吹きガス化炉を考慮した条件でのガス化反応性を解明するため、中国炭、インドネシア炭の2炭種の反応速度データを取得し、酸素とCO<sub>2</sub>が共存する雰囲気下でのチャーガス化特性、熱分解、気相反応挙動、炭種の影響および灰分の熔融流動性を解明した。また、実機ガス化炉シミュレータ開発に向けて、熱分解モデル、チャーガス化反応モデル、気相反応モデルからなる石炭ガス化反応基本モデルを組み込み、3トン小型炉から200トン/日、1700トン/日の実機へ適用可能なシミュレータの開発を完了しており、最適CO<sub>2</sub>濃度等の実機性能予測を年度内に完成見込みである。

さらに、小型ガス化炉を用いたCO<sub>2</sub>投入ガス化試験を行い、操作性および運転条件等の最適化実験を可能にしたことから、基本性能に及ぼすCO<sub>2</sub>濃度の影響などを解明すると共に、技術課題を抽出した。

②高CO条件での乾式ガス化精製の最適化

実機適用に向けた乾式脱硫等の性能評価とシステム最適化、課題の抽出、実ガスによる基本性能実証を目的として、温度と水蒸気濃度に着目し、脱硫性能と炭素析出抑制を両立させる運転条件を解明した。

③実機フィージビリティ・スタディ(FS)

主要機器の実機適用性を考慮し、システム効率、プラントレイアウト、概略コスト評価を行い、目標である送電端効率42%達成へ向けて、ガスタービン燃焼器の燃焼方式等の各要素技術に対して、技術課題を抽出した。また、コスト検討のデータベースとして類似プラントのコストデータを調査するとともに、プランとレイアウトを検討し、概略プラントレイアウト図を作成した。

④アジア地域の多様な石炭への適用

アルカリ水熱処理と酸洗浄を組み合わせた溶剤による褐炭の灰や硫黄分の低減前処理技術、高灰分高融点炭の脱灰の効果を見出した。

Ⅲ. 研究開発成果について

イ)「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NO<sub>x</sub>技術開発」(日立製作所)

送電端効率42%(HHV)を実現するCO<sub>2</sub>分離回収型石炭ガス化発電システムの発電効率向上にはタービンの入口温度の高温化が必須であり、特に燃焼前回収方式によって、CO<sub>2</sub>を回収するシステムではCO<sub>2</sub>回収率の増加に伴い、水素含有率の高い燃料がガスタービンに供給され、それによって石炭ガス化ガスは発火しやすく燃焼速度が速くなるため、従来の予混合燃焼方式による低NO<sub>x</sub>燃焼は困難となり、効率低下を招く恐れがある。そこで本研究では、高度燃焼技術として、幅広い水素含有率の変化に対応した信頼性の高いドライ低NO<sub>x</sub>燃焼技術を研究開発することとし、バーナ構造の開発を目的としている。

平成20年度から第1次検討として、バーナ構造の概念設計・詳細設計を実施して要素試験用バーナを製作し、大気圧要素燃焼試験で妥当性を検証することとしている。また、実用化を考慮したマルチクラスタバーナ形式での低NO<sub>x</sub>燃焼器の概念設計・詳細設計し、CO<sub>2</sub>分離回収率90%を想定した試験用模擬燃料での試験設備を製作して、燃焼試験で検証することとしている。

中間目標は、「高水素濃度燃料に対応する燃焼技術として、NO<sub>x</sub>濃度10ppm(16%酸素濃度換算)以下とする燃焼技術の目処を得る。」ことであり、以下の研究開発成果が得られた。

①バーナ基本構造の検討

燃料ノズルと空気孔を同軸に配置した構造をもち、燃料と空気同軸噴流によって短い距離で急速に混合できるクラスタバーナについて、高水素濃度燃料に対応する基本構造を検討した結果、大気圧条件下においてCO<sub>2</sub>回収率に応じて水素濃度が幅広く変化する燃料に対して、同一バーナ構造でNO<sub>x</sub>排出濃度が10ppm以下となるバーナ構成を見出した。

	<p>②マルチクラスタバーナ形式低 NOx 燃焼器の中圧試験</p> <p>①のバーナ構成をもつクラスタバーナを備えたマルチクラスタバーナ形式燃焼器を設計・製作し、定格負荷条件における中圧燃焼試験で、NOx 排出濃度の最小値は CO2 回収率 0%で 5.4ppm、30%で 5.8ppm、50%で 6.5ppm、90%で 9.2ppm となり、目標値 10ppm 以下の結果が得られた。</p> <p>③マルチクラスタバーナ形式低 NOx 燃焼器の燃焼性能の検討</p> <p>クラスタバーナの基本構造を検討した結果、平板型空気孔プレートの NOx 排出濃度が 7ppm に対して、凸型では 3ppm で低くなり、NOx 排出濃度の低減に有効である。また、半径方向に変化する空気孔径プレートでは最大外周燃料比率が 90%と安定燃焼範囲が広く有効となった。</p> <p>④クラスタバーナの乱流燃焼解析</p> <p>乱流燃焼解析ツールを開発し、予混合燃焼と拡散燃焼が混在した燃焼モデルで、浮上火炎の形成を定性的に再現した結果が得られた。</p>	
	投稿論文	「査読付き」16 件、「その他」8 件
	特 許	「出願済」8 件
	その他の外部発表 (プレス発表等)	「学会発表等」41 件
IV. 実用化の見通しについて	<p>研究開発項目(1)「革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」</p> <p>ア)「CO2 回収型次世代 IGCC 技術開発」(電力中央研究所、九州大学)</p> <p>本ガス化技術は、現在我が国で開発が進められている IGCC 実証機(勿来の空気吹きガス化技術)及び EAGLE プラント(酸素吹きガス化技術)で培った技術を有効に活用し、水素利用国際クリーンエネルギーシステム技術(WE-NET)やアドバンスト高湿分空気利用ガスタービン(AHAT)での知見も踏まえて、効率的で着実な研究開発を推進している。本事業終了段階では、数 MW 級のベンチプラントの概要が明らかになり、実用化に向けたファースト・ステップが完了できる。</p> <p>イ)「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発」(日立製作所)</p> <p>本事業は高水素濃度燃料に対する低 NOx 濃度の燃焼技術を確立する基盤研究ではあるが、中間・最終目標である、高水素濃度燃料に対応する NOx 濃度 10ppm(16%酸素濃度換算)以下とする燃焼技術に対して、バーナ基本構造で達成の目処が立ち始めており、実用化へ向けて前倒しで取り組んでいくことから、平成 22 年度からバーナ構造の最適化で一部得られる知見の効果を自主的に実証試験等でも検証していくとした。そのため、事業 3 年目である平成 22 年度から共同研究(NEDO 負担 2/3)へ移行している。</p>	
V. 基本計画に関する事項	作成時期	平成 19 年 3 月 作成
	変更履歴	平成 22 年 3 月 改訂 (ゼロエミッション石炭火力に関する技術開発テーマを効率的かつ効果的に推進することを目的として、関連テーマを「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」として統合)

## 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て、高効率のガスタービン複合発電システムに供試する高効率発電システム。
石炭ガス化 Coal gasification		固体である石炭を熱分解反応やガス化剤との反応により、気体に転換すること。高温による熱分解反応やガス化剤との化学反応の複合反応として進行する。
ガス化剤 Gasification reagent		石炭などをガス化する際に石炭の炭素分と反応させてガス化するために用いるものをさす。 通常用いられるガス化剤には、空気、酸素、水蒸気、水素およびこれらの混合物がある。
スラグ Slag		金属酸化物や金属塩の熔融混合物をいう。IGCCにおいては、熔融状態の石炭灰を指し、炉底で水冷固化したガラス状粒子（水砕スラグ）を含めた呼称として使われている。IGCCで得られる水砕スラグは、フライアッシュと異なり、金属成分の溶出がないため、土木工事用資材など砂代替として有効利用できるものと期待されている。
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などに付着し、冷却されて固化堆積する現象のこと。
チャー char		石炭粒子が熱分解したときにできる固体生成物。炭素が主成分。ガス化反応過程における中間生成物。石炭中の揮発分が熱分解などで放出されたもので、石炭粒子と比べると、一般に粒径がやや小さく、固定炭素分および灰分の含有量が相対的に増加している。
シフト反応 water gas shift reaction		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。 $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2 + \text{CO}_2$
炭素転換率 Carbon conversion rate		生成ガス中炭素分の、投入石炭中の炭素量に対する割合。
冷ガス効率 Cold gas efficiency		生成ガス発熱量の、ガス化炉に投入した石炭の発熱量に対する割合。
発電効率 Thermal efficiency		発電電力量と発電のために投入した燃料の送熱量の比。発電機で発生した電力量を基準とする発電端効率と発電所内で消費される所内動力を差し引いた送電端効率の2つがある。
石炭 Coal		化石燃料の一つ。土砂に埋没した植物が長時間たかい地圧と地熱などによる加圧、乾留などの作用を受けて変質した可燃性固体。 火力発電などに用いられる石炭は製鉄業でコークス用に用いられる原料炭と区別して一般炭と呼ばれる。 一般に、発熱量4,000kcal/kg以下、湿分と水分の合計が30%以上、灰分40%以上の、揮発分10%以下のものは低品位炭と呼ばれる（火力原子力発電技術協会 纂：火力発電用語辞典より）。
二酸化炭素分離・貯留 Carbon Dioxide Capture and Storage (Sequestration)	CCS	発電所や天然ガス鉱山など大規模な排出源で発生するCO <sub>2</sub> を、他のガスから分離・回収し、安定した地層に貯留したり、海洋に隔離することにより、CO <sub>2</sub> を大気から長期間隔離する技術

名称	略号	意味
褐炭 Lignite		石炭化度が低く、水分などの多い低品位な石炭。官能基が多く、自然発火しやすいため、保管・輸送に適さず、採掘地付近の火力発電所で使われることが多い。世界の石炭埋蔵量の半分を褐炭が占めることから、褐炭から水分を取り除くなど、輸送・燃焼の効率を上げる改良技術も研究されている
石炭前処理 Coal pre-treatment		石炭に含まれる灰分や水分を除去すること。灰分の多い石炭では石炭中の鉱物質を比重分離などにより取り除くことが多く、水分の多い褐炭では、事前に乾燥する技術が豪州などで開発されている。
空気分離装置 Air Separation Unit	ASU	プラントに必要な酸素を製造する設備。発電所などの大型設備においては、深冷分離法を用いて空気から酸素を分離製造することが多いが、プラント規模、必要とされる酸素純度によって他の方式が用いられることもある。

# 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

エネルギーイノベーションプログラムにおいて、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 年までに半減する長期目標を達成するための政策の柱の 1 つとして、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・導入を目指すことを達成目標としている。国が策定したエネルギー分野別の技術戦略マップでの「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」に関する技術ロードマップや Cool Earth エネルギー革新技术開発ロードマップに沿った技術開発の推進と、総合資源エネルギー調査会鉱業分科会クリーンコール部会で示された CoolGen 計画（世界的に需要が拡大する石炭のクリーン利用に関する技術開発を協力を推進）の着実な進展を図ることが必要となっており、「新成長戦略」（平成 21 年 12 月閣議決定）においても、火力発電の効率化等の開発の前倒しが指摘されている。

石炭は、石炭火力発電を中心に、今後とも世界的需要が拡大し、3E（供給安定性、経済性、環境適合性）の同時達成が可能となる革新的な技術開発が求められており、その中でも、CO<sub>2</sub> 回収・貯留（CCS）技術を組み込んだゼロエミッション石炭火力を実現できる高効率な石炭火力発電技術の開発及び CCS との最適化が有効である。

本事業は、「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」として、発電から CO<sub>2</sub> 貯留までのトータルシステムに関する実施可能性調査や究極の石炭ガス化燃料電池複合発電からの CCS を目指した最適モデルの検討、CO<sub>2</sub> 分離回収型の早期実用化に向けた酸素吹石炭ガス化複合発電実証の最適化検討等を行う各種プロジェクトの中で、「ゼロエミッション石炭火力基盤研究」とした基盤研究事業の位置付けで、CCS を組み込んだ後でも、現行の最高効率を維持できる次世代向けの石炭ガス化基礎技術開発を行うものである。

### 1.2 実施の効果（費用対効果）

本事業は、ゼロエミッション石炭火力の実現のため、IGCC の送電端効率を 2015 年までに 48%、2025 年までに 57%、IGFC の送電端効率について 2025 年頃に 55%、長期的には 65%の達成を目指し、これに必要な技術開発、実証試験等を進めるとともに、CO<sub>2</sub> 分離回収コストを 2015 年までに 2,000 円台/t-CO<sub>2</sub>、2020 年には 1,000 円台/t-CO<sub>2</sub> として実用化の目途を付けることを目指すことを位置付けた技術ロードマップに、将来的に寄与させることを狙いとした技術開発としており、CO<sub>2</sub> 削減による地球温暖化防止に貢献することができる。

## 2. 事業の背景・目的・位置付け

我が国として、世界全体での 2050 年までの CO<sub>2</sub> 大幅削減に積極的に貢献していくことが必要であるという認識の下、エネルギー分野の技術戦略マップ等に沿った技術開発の推進と、総合資源エネルギー調査会鉱業分科会クリーンコール部会で示された Cool Gen 計画（世界的に需要が拡大する石炭のクリーン利用に関する技術開発を強力に推進）の着実な進展を図ることが必要となっている。また、「平成 22 年度の科学技術に関する予算等の資源配分の方針」において、「温室効果ガス 25%削減に向けた革新的技術、新産業の創出」として、CO<sub>2</sub> 回収・貯留（CCS）等の革新的技術の更なる加速が必要と位置付け、「新成長戦略」（平成 21 年 12 月閣議決定）においても、火力発電所の効率化等の開発の前倒しが指摘されている。

石炭は、石炭火力発電を中心に、今後とも世界的に需要が拡大し、世界の一次エネルギーに占める割合が高くなると見込まれているが、一方、その単位エネルギー当たりの二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）排出量が他の化石燃料よりも高いことから、我が国が経済成長を図りつつ 2050 年に向けた CO<sub>2</sub> の大幅削減目標を実現するためには、3E（供給安定性、経済性、環境適合性）の同時達成が可能となる革新的な技術開発が求められている。その中でも、CO<sub>2</sub> 回収・貯留（CCS）技術を組み込んだゼロエミッション石炭火力を実現できる、高効率な石炭火力発電技術の開発及び CCS との最適化検討が有効である。CCS については、そのエネルギー消費とコストの大半を占める分離回収技術の高効率化・コスト低減が重要



となっている。

地球温暖化問題との関連で CO2 排出量の削減が強く求められている中で、米国や欧州においても国家レベルで基礎研究から技術開発、実証研究の取り組みが行われている。例えば、米国エネルギー省の炭素隔離プログラムにおける FutureGen プロジェクトでは、ゼロエミッション型石炭火力発電所の実現を目指し、CO2 分離システム及び CO2 地中貯留の実証を中核とする多国間協力事業として行っている。また、欧州では 2020 年までのゼロエミッション発電所実現を目指し、エネルギー業界、研究機関、非政府組織、加盟各国及び欧州委員会から構成される欧州技術プラットフォームが発足している。

海外での石炭火力のガス化技術は、塊炭を空気や酸素でガス化する固定床方式や粉炭・粒炭をガス化する流動床方式から、ガス化効率の高い微粉炭をガス化する噴流床方式へ移行しており、米国やオランダ、スペインで実証試験を行っている。一方、日本では、石炭ガス化複合発電 (IGCC) のプロジェクトとして、EAGLE 及び勿来で実証試験されており、2050 年の将来に向けた次世代 IGCC のプロジェクトを NEDO で推進している。

大規模な CO2 発生源である石炭火力発電所においては、革新的なゼロエミッション石炭火力発電への対応として、高効率化発電の実現、CCS によるゼロエミッション化が期待されている。IGCC と CCS の組み合わせた技術の開発が、豪州の Zero Gen 社や中国の Green Gen 社等の世界各地で進められており、高効率発電かつ中長期的には CCS の活用も視野に入れた対応が必要となっていることから、NEDO はゼロエミッション石炭火力実現に向けて、革新的な研究開発事業を推進すべきである。

現在、「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」として、発電から CO2 貯留までの CCS トータルシステムに関するフィジビリティ・スタディー (FS) を実施し、実施可能性を評価するとともに、CCS 対応技術を含めたクリーンコール技術全般について最新技術調査を行っている。さらに、究極の高効率石炭火力発電技術である石炭ガス化燃料電池複合発電 (IGFC) からの CCS を目指した酸素吹石炭ガス化発電技術と高効率 CO2 回収技術の最適モデルを検討評価するとともに、CO2 分離回収型石炭ガス化複合発電の早期実用化に向けた酸素吹石炭ガス化複合発電実証の最適化検討、CCS 対応として高効率が期待できる酸素吹石炭ガス化複合発電 (IGCC) からの分離回収技術確立を目指したパイロット試験を行うこととしている。CCS を組み込んだゼロエミッション型石炭ガス化発電には、多量の付加的なエネルギーが必要となる問題があり、本事業では CCS を組み込んだ後でも、現行の最高効率を維持できる次世代向けの石炭ガス化基礎技術開発を行うこととしている。

## II. 研究開発マネジメントについて

### 1. 事業の目標

ア) 「CO<sub>2</sub>回収型次世代 IGCC 技術開発」(課題設定)

<中間目標(平成22年度)>

- ・目標値 : 送電端効率向上(42%:HHV基準、CO<sub>2</sub>回収後)のための主要構成技術の目途を得る。

<最終目標(平成24年度)>

- ・目標値 : 性状の異なる環太平洋地域の3種類以上の石炭を用い、CO<sub>2</sub>回収後において送電端効率42%(HHV基準)を実現させる基盤技術の確立。
- ・設定根拠 : 既存技術では1300℃級ガスタービンを用いたIGCCで、CO<sub>2</sub>回収前の送電端効率が43%程度であり、CO<sub>2</sub>回収ロスを高効率化技術で補完するため。

イ) 「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NO<sub>x</sub>技術開発」(提案公募)

<中間目標(平成22年度)>

- ・目標値 : 高水素濃度燃料に対応する燃焼技術として、NO<sub>x</sub>濃度10ppm(16%酸素濃度換算)以下とする燃焼技術の目途を得る。  
(前提条件)燃焼器出口ガス温度1300℃、中圧条件等にて実証。

<最終目標(平成24年度)>

- ・目標値 : 高水素濃度燃料に対応する燃焼技術として、NO<sub>x</sub>濃度10ppm(16%酸素濃度換算)以下とする燃焼技術の確立  
(前提条件)燃焼器出口ガス温度1300℃、実圧条件等にて実証。
- ・設定根拠 : 燃焼器性能の代表的な評価指標であるNO<sub>x</sub>濃度につき、世界最高レベルの目標設定とした。

### 2. 事業の計画内容

#### 2.1 研究開発の内容

##### 2.1.1 研究の内容

石炭火力から発生するCO<sub>2</sub>を分離・回収・貯留するCCSを含めたゼロエミッション型の石炭ガス化発電技術を火力発電に適用する場合、多量の付加的なエネルギーが必要となるため、貴重な炭化水素資源の有効活用の観点から、石炭ガス化システムやCO<sub>2</sub>分離・回収技術の更なる高効率化が求められる。そこで、ゼロエミッション石炭ガス化発電システムの効率を大幅に向上させるための基盤研究を行う必要がある。

本事業では、発電技術と組み合わせると発電効率を大きく低下させる性質をもつCCS技術について、可能な限り発電効率を高く維持するため、次の効率向上に資する基盤研究事業を実施する。

ア) 「CO<sub>2</sub>回収型次世代 IGCC 技術開発」(課題設定)

既存の発電システムはCO<sub>2</sub>回収により発電効率が2割以上低下し、世界最高効率を目指す我が国のIGCC(1500℃級GT)でも約48%→約37%(送電端HHV)となり、CCSは我が国が高効率化技術開発を進める上で大きな課題となっている。「CCSを行っても高効率を維持できる革新的システムの開発」を行うことは、当該分野で世界をリードできる将来技術であり、意義は大きい。

本システムは、CO<sub>2</sub>を酸化剤の一部として用いることにより、CO<sub>2</sub>回収型石炭ガス化システムの効率を大幅に向上することのできる次世代IGCCシステムであり、「O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>吹きガス化」と「O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>ガス燃焼クローズドGT」を採用した世界でも例のない独自のCCSシステムである。さらに、「1500℃級IGCC+CCS」を5ポイント上回る約42%(送電端HHV)を達成できる可能性がある。

本事業では、CO<sub>2</sub>回収型石炭ガス化システムに関する基盤技術の開発を行う。また、環太平洋地域に賦存する多様な石炭に対する適応性の検討も実施する。

イ) 「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NO<sub>x</sub>技術開発」(提案公募)

IGCCの発電効率を大幅に改善させる、革新的なガス化技術や要素技術の発掘を目的として、2015~2030年頃の実用化を目指した先導的な研究開発及び将来の革新的なブレークスルーにつながる基盤研究としてテーマを公募した結果、本テーマを選定した。小型装置でCO<sub>2</sub>回収効率が高

い酸素吹き IGCC 用ガスタービンで、燃焼前回収方式での高水素濃度燃料に対応する低 NOx 濃度の燃焼技術を確認する基盤研究を実施する。

### 2. 1. 2 スケジュール及び役割分担

「CO<sub>2</sub>回収型次世代 IGCC 技術開発」における項目別スケジュールを表 II-2-1、電力中央研究所と九州大学の役割分担を図 II-2-1、「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発」における項目別スケジュールを表 II-2-2 に示す。

ア) 「CO<sub>2</sub>回収型次世代 IGCC 技術開発」

表 II-2-1 スケジュール

	2008	2009	2010	2011～ 2012
1. 酸素-CO <sub>2</sub> ガス化技術の開発 ・基本ガス化反応の解析・評価 ・数値解析によるガス化炉最適化検討 ・小型ガス化炉による基本性能実証	▼ 中間評価			
2. 高CO条件での乾式ガス精製の最適化				
3. 実機フィージビリティ・スタディ(FS)				
4. アジア地域の多様な石炭への適用基盤技術開発				
5. ベンチプラント基本設計				

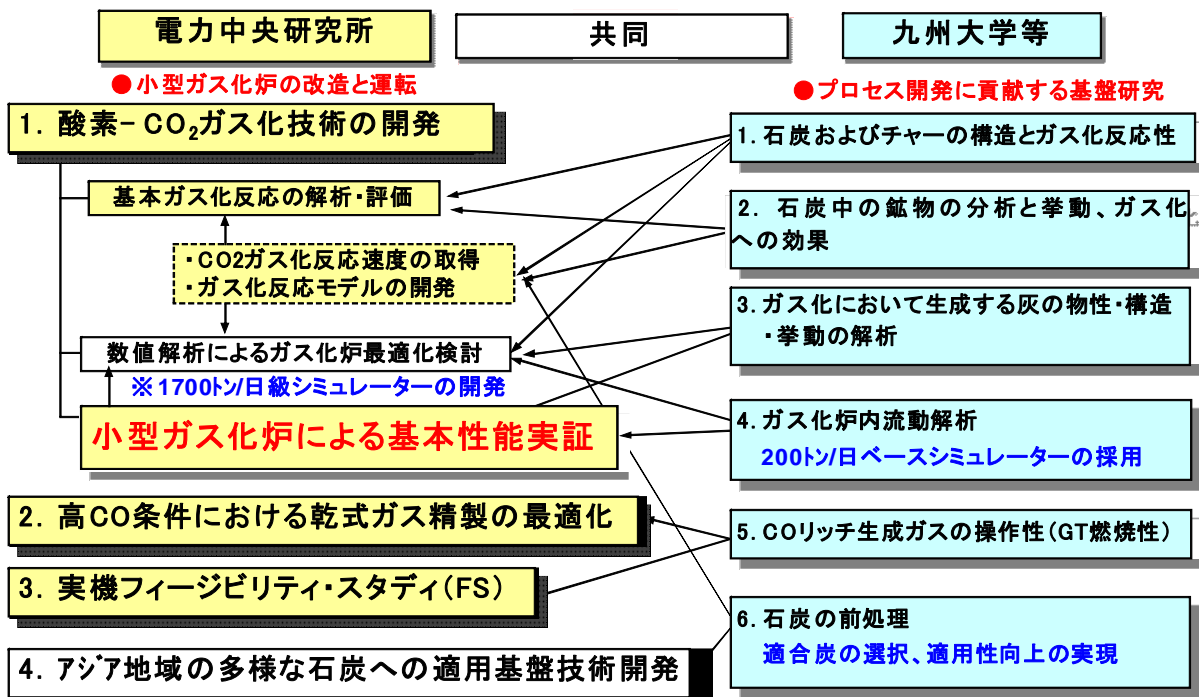


図 II-2-1 役割分担

イ) 「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発」

表 II-2-2 スケジュール

	FY2008 (H20)	FY2009 (H21)	FY2010 (H22)	FY2010 (H22)	FY2012 (H24)
クラスタバーナー 構造の最適化 (大気圧燃焼試験)	予備 検討	バーナー基本 構造の検討	バーナー基本 構造の最適化	中間評価 ★ 火炎内部 詳細計測	バーナー基本 構造の最適化②
マルチクラスタバーナー の検討 (中圧燃焼試験)	マルチクラスタバーナー 形式低NOx燃焼器 の設計・製作・試験準備		燃焼試験装置 改修・試運転 ↓ 燃焼試験 ↓ 縮小サイズ 燃焼器の 設計・製作	実寸サイズ燃焼器 中圧燃焼試験 ↓ 縮小サイズ燃焼器 中圧燃焼試験	実寸サイズ燃焼器 高圧燃焼試験 (定格負荷 特性の検討)
乱流燃焼解析	基礎的の火炎による モデル検証・予備検討	クラスタバーナーの 乱流燃焼解析	★ マルチクラスタバーナー の乱流燃焼解析①		
数値目標	大気圧燃焼試験 NOx < 10ppm (@16%O <sub>2</sub> )		中圧燃焼試験 NOx < 10ppm (@16%O <sub>2</sub> )		実圧・実寸 NOx < 10ppm (@定格負荷) 燃焼効率 η a) > 99% (@運用負荷) b) η > 99.9% (@定格負荷)

2. 1. 3 予算の推移

「CO<sub>2</sub>回収型次世代IGCC技術開発」及び「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発」の予算の推移を表 II-2-3 に示す。

表 II-2-3 予算の推移

(単位:百万円)

		H20年度	H21年度	H22年度	総額
CO <sub>2</sub> 回収型次世代IGCC 技術開発	電力中央研究所	101 + 350(補正)	200	166	817
	九州大学	39 + 490(補正)	100	66	695
	合計	140 + 840(補正)	300	232	1,512
石炭ガス化発電用高水素 濃度対応低NOx技術開発	日立製作所	93	138	87	318

平成 20 年度は「CO<sub>2</sub>回収型次世代IGCC技術開発」の委託先である電力中央研究所に 350 百万円、九州大学に 490 百万円の補正予算となっている。

電力中央研究所は、図 II-2-1 のとおり、酸素-CO<sub>2</sub> ガス化技術の開発を推進する役割であり、酸素-CO<sub>2</sub> ガス化試験を可能とするために、電力中央研究所所有の既設ガス化研究炉への CO<sub>2</sub> 供給設備の追設と改造、また、高分圧の CO 条件下での乾式ガス精製システムの最適化を目指した脱硫剤等の除去特性・炭素析出及び共存物質の影響の評価装置、ダスト除去や圧力調整を行うガス化炉抽気ラインの設備費用である。

また、九州大学は、酸素-CO<sub>2</sub> 石炭ガス化反応機構の解明とアジア地域の多様な石炭への適応を検討する役割であり、石炭の有機分・無機分、石炭から誘導されるチャーにおける炭素・無機分の構造及び分布等についての詳細な解析を行い、新しい構造や反応性の相関を追究するための NMR 装置、さらには石炭灰の流下や灰の炉壁への堆積等を抑制・防止する上で、高温における熔融灰の軟化溶解性を知ることが不可欠であることから、石炭灰を製造し、結晶性・凝集性、溶解性等を測定できる石炭灰

化装置の費用である。

「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発」については、平成 20～21 年度の研究成果で中間目標である「高水素濃度燃料に対応する燃焼技術として、NOx 濃度 10ppm (16%酸素濃度換算) 以下とする燃焼技術の目途を得る」ことへの目処が得られており、平成 22 年度からは一部得られる知見の効果を自主的に実証試験等でも検証していくことから、実用化へ向けて前倒しで取り組んでいくために、事業 3 年目である平成 22 年度から共同研究 (NEDO 費用負担 2/3) へ移行させた。

## 2.2 研究開発の実施体制

本事業は、NEDO が単独ないし複数の企業、大学等の研究機関 (原則、国内に研究開発拠点を有していること。ただし、国外企業の特別の研究開発能力、研究施設等の活用あるいは国際標準獲得の観点から国外企業との連携が必要な部分はこの限りではない) から、公募によって事業実施者を選定し実施した。事業実施にあたり、「CO2 回収型次世代 IGCC 技術開発」のテーマは実用化まで長時間を要するハイリスクな「基盤的技術」に対して、産学官の複数事業者が互いにノウハウを持ちより協調して実施する事業であり、委託事業として実施する。(ただし、「石炭ガス化発電用高水素濃度低 NOx 技術開発」については、平成 22 年度から共同研究 (NEDO 負担 2/3) として実施)

本事業では、事業に参加する各事業グループの有する研究開発ポテンシャルを検討し、これを最大限活用することにより効率的かつ効果的な研究開発の推進を図る観点から、研究開発責任者 (プロジェクトリーダー) として九州大学持田教授を指名し、サブプロジェクトリーダーとして (独) 産業技術総合研究所赤井主幹研究員を指名して、その下で運営管理を実施する。

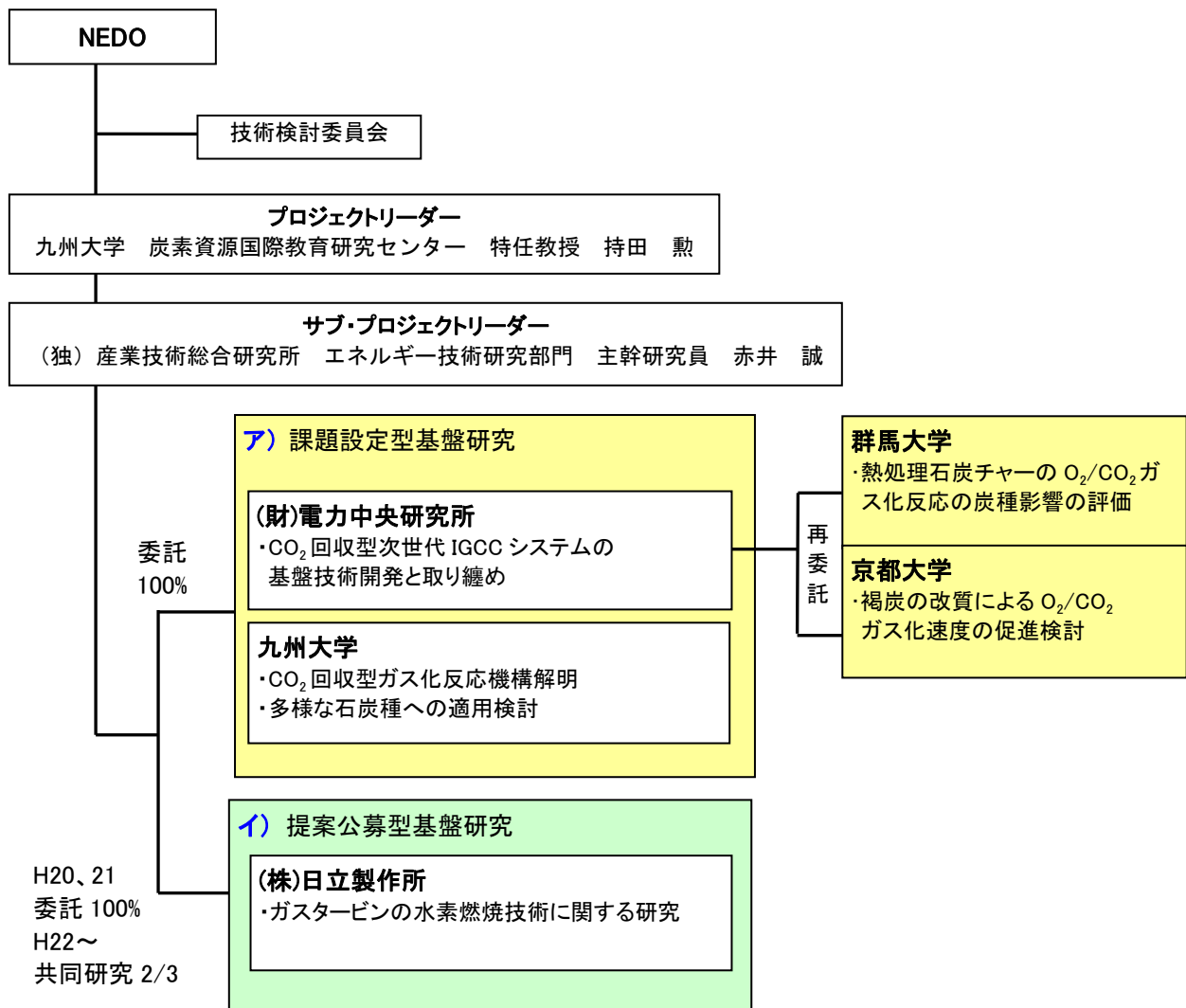


図 II-2-2 実施体制図

## 2.3 研究開発の運営管理

事業全体の管理・執行に責任を有する NEDO は、経済産業省及び事業実施者と密接な関係を維持しつつ、本事業の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。

本事業では、外部有識者からなる技術検討委員会を NEDO で設置し、委員会を年 2 回開催することで運営管理を行ってきた。

表 II-2-4 技術検討委員会の委員リスト

	氏名	役職	所属	
委員長	小島紀徳	教授	成蹊大学	理工学部物質生命理工学科
委員長代理	堤敦司	教授	東京大学	エネルギー工学連携研究センター
委員	佐藤光三	教授	東京大学	大学院工学系研究科
委員	平井秀一郎	教授	東京工業大学	炭素循環エネルギー研究センター
委員	田中雅	研究主幹	中部電力	電力技術研究所
委員	実原幾雄	部長	新日本製鐵	技術開発本部 技術開発企画部
委員	遠藤元治	室長付	出光興産	新規事業推進室
委員	佐川篤男	研究主幹	日本エネルギー経済研究所	新エネルギー技術・石炭グループ
委員	巽 孝夫	部長	株式会社 KRI	環境・エネルギー技術コンサルティング部

さらに、「CO<sub>2</sub>回収型次世代 IGCC 技術開発」については、CO<sub>2</sub>回収型次世代 IGCC 技術開発連絡会を定期的に開催し、電力中央研究所と九州大学、群馬大学等の再委託先、NEDO も出席することで、研究進捗状況の確認と今後の進め方の協議を行い、電力中央研究所と九州大学の密接な連携を推進させた。

## 2.4 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性

### 2.4.1 実用化につなげる戦略

「CO<sub>2</sub>回収型次世代 IGCC 技術開発」における実用化に向けた戦略を図 II-2-3 に示す。

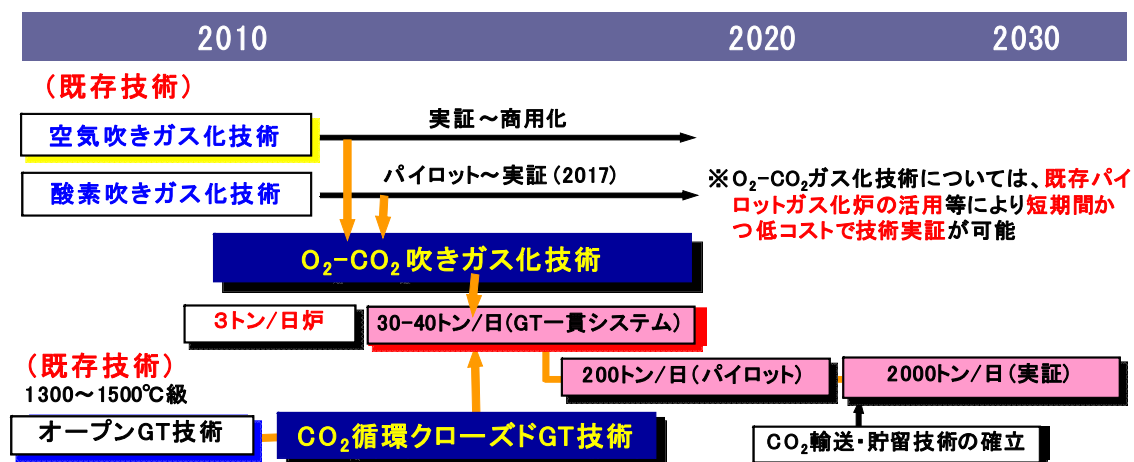


図 II-2-3 「CO<sub>2</sub>回収型次世代 IGCC 技術開発」の実用化につなげる戦略

酸素-CO2 ガス化技術は、将来的に既存パイロットガス化炉の活用等により、短期間かつ低コストで技術実証が可能であり、3 トン/日炉、ベンチプラント（GT 一貫システム）による成立性の確認、さらにシミュレーション技術の活用により、2020-30 年頃の実用化に向けたスムーズな展開が可能となる。また、CO2 循環クローズド GT 技術や再生熱交換器の開発は、WENET や AHAT、1700℃級 GT 開発での知見を有効活用することにより、効率的な開発ができ、電力中央研究所と大学の一体化による体制により、高度な基盤技術に裏付けられた確度の高い着実な研究開発が可能となる。

「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発」における実用化に向けた戦略を図 II-2-4 に示す。

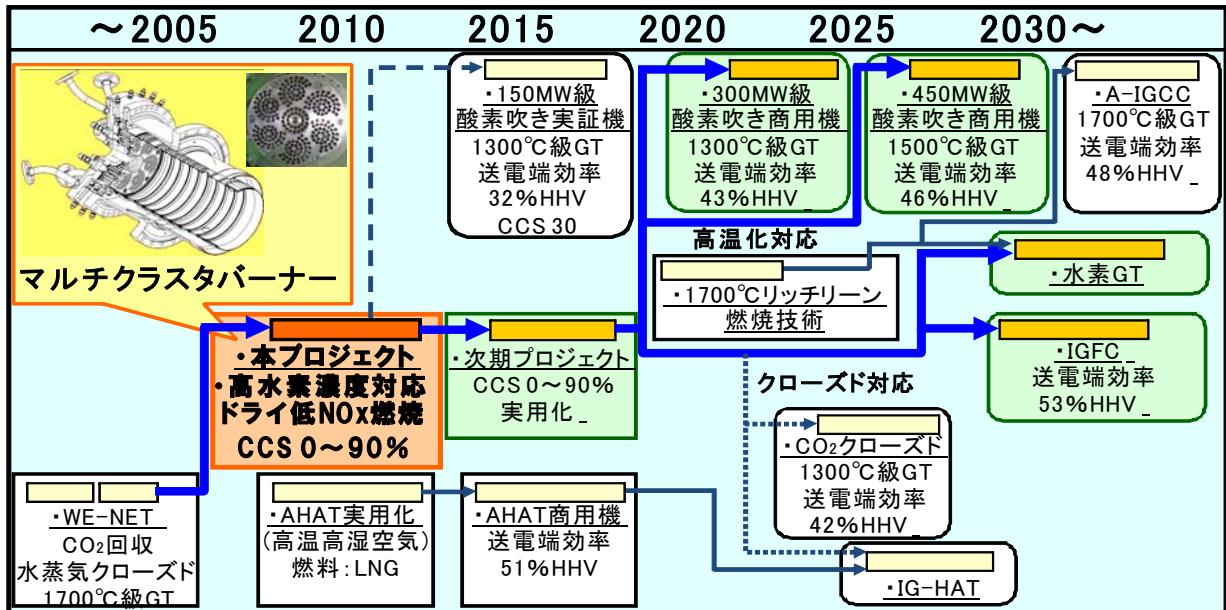


図 II-2-4 「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発」の実用化につなげる戦略

本事業はマルチクラスタバーナーを用いた高水素濃度・低 NOx 技術に対応した基盤研究であるが、早期実証につなげることにより、将来的には 1300℃、1500℃と高温化した商用機への対応や CO2 クローズド化したガスタービン等への展開が可能となって波及効果も期待できる。

## 2.4.2 知財マネジメント

「CO2 回収型次世代 IGCC 技術開発」及び「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発」における特許出願・論文投稿件数を、それぞれ表 II-2-5、II-2-6 に示す。

表 II-2-5 「CO2 回収型次世代 IGCC 技術開発」の特許出願、論文投稿件数

	H20年度	H21年度	H22年度	合計
特許	-	1件	-	1件
研究発表	0件	35件	4件	39件
論文投稿	0件	21件	0件	21件
研究報告書等	0件	2件	0件	2件

表Ⅱ-2-6 「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発」の特許出願、論文投稿件数

	H20年度	H21年度	H22年度	合計
<b>特許</b>	<b>3件</b>	<b>4件</b>	<b>0件</b>	<b>7件</b>
<b>研究発表</b>	<b>0件</b>	<b>0件</b>	<b>0件</b>	<b>0件</b>
<b>論文投稿</b>	<b>0件</b>	<b>2件</b>	<b>1件</b>	<b>3件</b>
<b>研究報告書等</b>	<b>0件</b>	<b>0件</b>	<b>0件</b>	<b>0件</b>

「CO<sub>2</sub>回収型次世代IGCC技術開発」については、酸素-CO<sub>2</sub>ガス化技術の開発として、まずは基本ガス反応機構の解明と小型ガス化炉による検証、高CO条件における乾式ガス精製の最適化を推進することが必要であるため、大学と連携して評価・解析に注力し、その結果を発表や論文投稿等を行うことにより、成果を対外的に公表すると共に学会等で有識者の認知を得ることで基盤を固めた。

一方、「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NO<sub>x</sub>技術開発」では、高水素濃度・低NO<sub>x</sub>技術に対応したバーナー構造の開発には知財権の確保が必須であり、特許出願を進めた。

### 3. 情勢変化への対応

#### (1)基本計画の変更

ゼロエミッション石炭火力に関する技術開発テーマを効率的かつ効果的に推進することを目的として、平成21年度まで基本計画及び実施計画を定めていた以下のテーマを統合し、平成22年度から「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」のテーマとして実施した。

- ・革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト  
(発電からCO<sub>2</sub>貯留までのトータルシステムのフェージビリティ・スタディ、革新的ガス化技術に関する基盤研究事業)
- ・戦略的炭ガス化・燃焼技術開発 (STEP CCT)
- ・クリーン・コール・テクノロジー推進事業

さらに、その中で、平成21年度まで実施していた、革新的ガス化技術に関する基盤研究事業及び戦略的炭ガス化・燃焼技術開発 (STEP CCT) のテーマを、「ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発」のテーマとして統合した。

#### (2)委託事業から共同研究への移行

「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NO<sub>x</sub>技術開発」については、平成20～21年度の研究成果で中間目標である「高水素濃度燃料に対応する燃焼技術として、NO<sub>x</sub>濃度10ppm(16%酸素濃度換算)以下とする燃焼技術の目途を得る」ことへの目処が得られており、平成22年度からは一部得られる知見の効果を自主的に実証試験等でも検証していくことから、実用化へ向けて前倒しで取り組んでいくために、事業3年目である平成22年度から共同研究(NEDO費用負担2/3)へ移行させた。

### 4. 評価に関する事項

本事業を「革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト」として開始するにあたって、事前評価書、基本計画(案)を作成し、NEDOのホームページから、NEDOPOST2、NEDOPOST3として、パブリックコメントを求めた。

NEDOPOST2では、基盤研究についての目標が「CO<sub>2</sub>回収後の送電端効率向上」としていたことに対して、送電端効率のみならず、CCSを含めた要素技術が総合的に燃料効率の改善にどの程度貢献するか見据えた上での取り組みが必要とのコメントがあり、提案型公募を実施した。



### Ⅲ. 研究開発成果について

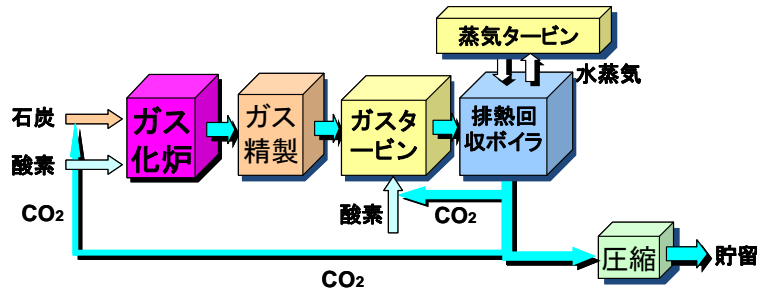
#### Ⅲ-1. CO<sub>2</sub> 回収型次世代 IGCC 技術開発

##### 1. 事業全体の成果

電力中央研究所および九州大学は、事業目標「石炭ガス化システムから回収した CO<sub>2</sub> を酸化剤の一部として用いることにより、石炭ガス化システムの効率を大幅に向上することのできる CO<sub>2</sub> 回収型高効率 IGCC システム(図Ⅲ1-1-1)に関し、CO<sub>2</sub> 回収後に送電端効率 42% (HHV 基準) を実現させる基盤技術の確立」の達成に向け、アジア炭に対する O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub> ガス化反応機構の解明と反応モデルの開発、実機ガス化炉シミュレータの開発、実用規模プラントの FS などを実施してきた。表Ⅲ1-1-1 に開発目標項目および達成状況を示す。今回の中間評価対象である Phase 1 の開発目標項目、すなわち中間目標については今年度末までに達成できる見込みである。なお、基盤研究開発を効率的にかつ加速的に遂行するため、電力中央研究所と九州大学は密接な相互協力の下、研究推進を図った。

表Ⅲ1-1-1 本事業の開発項目・目標および達成状況

	開発項目	中間目標	達成状況
	事業全体	送電端効率向上(42%: HHV 基準、CO <sub>2</sub> 回収後) 技術の目途を得る	送電端効率 42%を達成するための技術課題を明らかにし、概ね目標を達成
Phase 1 (平成 20~22 年度)	1. 酸素- CO <sub>2</sub> ガス化技術の開発 ・基本ガス化反応の解析・評価	高温加圧下での高濃度 CO <sub>2</sub> に対するガス化反応速度の解明と基準炭(中国炭等)の反応速度取得	中国炭、インドネシア炭の2炭種の反応速度データを取得。酸素と CO <sub>2</sub> が共存する雰囲気下でのチャーガス化特性、熱分解、気相反応挙動、炭種の影響および灰分の熔融流動性を解明
	・数値解析によるガス化炉最適化検討	高精度実機ガス化炉シミュレータの開発、実機ガス化性能の予測・評価	3トン小型炉から200トン/日、1700トン/日の実機へ適用可能なシミュレータの開発を完了。最適 CO <sub>2</sub> 濃度等の実機性能予測を年度内に完成見込み
	・小型ガス化炉による基本性能実証	小型ガス化炉による基本性能実証と課題抽出	小型ガス化炉を用いた CO <sub>2</sub> 投入ガス化試験を行い、操作性および運転条件等の最適化実験が可能になった。基本性能に及ぼす CO <sub>2</sub> 濃度の影響などを解明すると共に、技術課題を抽出
	2. 高 CO 濃度条件での乾式ガス精製システムの最適化	実機適用に向けた乾式脱硫等の性能評価とシステム最適化、課題の抽出、実ガスによる基本性能実証	温度と水蒸気濃度に着目し、脱硫性能と炭素析出抑制を両立させる運転条件を解明。実ガス試験で脱硫性能を実証、長期寿命を目指す
	3. 実機フィージビリティ・スタディ(FS)	実機メーカーFS によるプラント性能、諸効率、概略コストの評価および技術課題の抽出	主要機器の実機適用性を考慮し、システム効率、プラントレイアウト、概略コスト評価を行い、42%達成への技術課題を抽出
	4. アジア地域の多様な石炭への適用基盤技術開発	アジア地域の低品位炭に対する利用技術の開発と課題抽出	溶剤による褐炭の前処理技術、高灰分高融点炭の脱灰の効果を確認、経済性の評価を行う



図Ⅲ1-1-1 新しいCO<sub>2</sub>回収型高効率IGCCシステムの概念

## 2. 各研究開発項目の成果

### 2. 1 酸素-CO<sub>2</sub>ガス化技術の開発

#### 2. 1. 1 基本ガス化反応の解析・評価

酸素-CO<sub>2</sub>吹きガス化炉は、従来の酸素吹きガス化炉や空気吹きガス化炉よりも炉内のCO<sub>2</sub>分圧（濃度）が高いことが大きな特徴である。CO<sub>2</sub>は高温ではガス化剤として作用するため、従来型ガス化炉よりもチャーのガス化反応の向上が期待される。また、平衡ガス組成は水性ガスシフト反応の影響でH<sub>2</sub>OとCOの濃度が上昇し、さらに窒素をほとんど含まない分、H<sub>2</sub>も含めて全ての反応生成物の濃度が高くなると予想されるため、それらによるガス化反応促進、ガス化反応阻害の影響を把握する必要がある。また、CO<sub>2</sub>はN<sub>2</sub>よりもモル比熱が大きいいため、炉内の熱バランスが変化する。従って、これらの影響を評価するため、本章では特に酸素-CO<sub>2</sub>吹きガス化炉内における反応性に注目して以下の検討を行った。

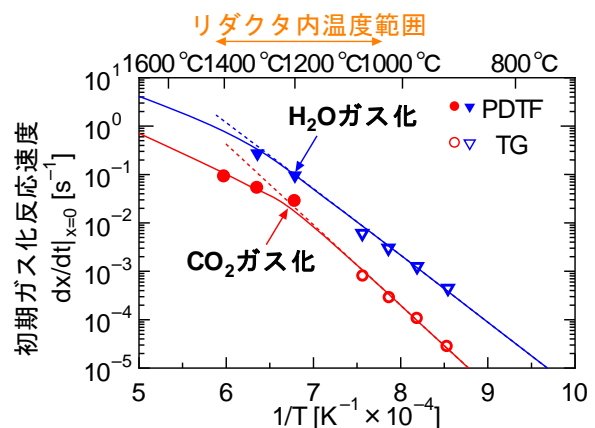
噴流床ガス化炉内における主要な反応は、急速一次熱分解（石炭→チャー+揮発分）、二次気相分解（揮発分の熱分解）、チャーの高温ガス化反応である。速度論的には最も反応速度の遅いチャーのガス化反応が重要であり、チャーの高温加圧ガス化反応速度を測定し、数値解析に用いることのできるチャーガス化反応速度モデルを構築する必要がある。また、酸素とCO<sub>2</sub>が共存する雰囲気下でのチャーガス化特性や気相反応挙動、炭種の影響は明らかにされていない。さらに、スラグ溶融排出性や灰付着性はガス化炉の安定運転に関わる重要な要素であり、高濃度CO<sub>2</sub>の影響を把握する必要がある。そこで、電力中央研究所と九州大学（再委託：北海道大学、群馬大学）が連携してこれらを検討した。以下にこれまでの成果を示す。

#### (1) ガス化反応速度モデルの開発

各研究機関の連携を高めるため、2炭種の基準炭を決定し、共通の石炭を用いて検討を進めた。基準炭は、中国の大同炭、インドネシアのマリナウ炭とした。一括して調達し、各機関に配布した。さらに、Drop Tube Furnace (DTF) を用いて基準炭微粉炭を1400℃で高温急速熱分解し、調整したチャーを基準炭チャーとして配布した。

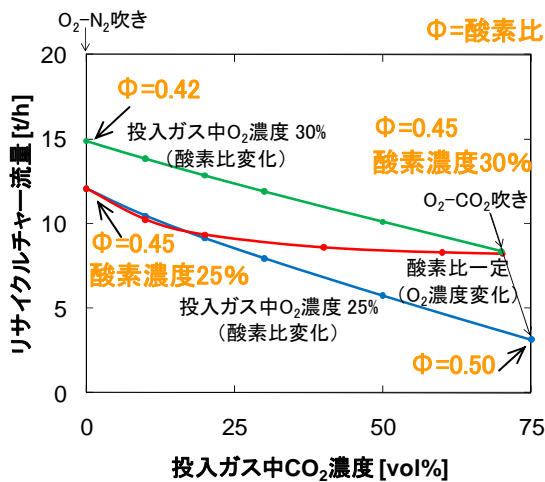
加圧型DTFを用いて基準炭チャーの高温加圧ガス化実験を行った。二酸化炭素ガス化反応 ( $C + CO_2 \rightarrow 2CO$ ) と水蒸気ガス化反

応 ( $C + H_2O \rightarrow CO + H_2$ ) を対象として実施し、高温ガス化におけるCO<sub>2</sub>および水蒸気によるガス化反応速度定数、COおよびH<sub>2</sub>による阻害反応速度定数を解析した(図Ⅲ1-2-1)。以上の結果、大同炭とマリナウ炭のガス化反応性を把握するとともに、高濃度CO<sub>2</sub>によるガス化反応速度式と反応速度パラメータを決定した。

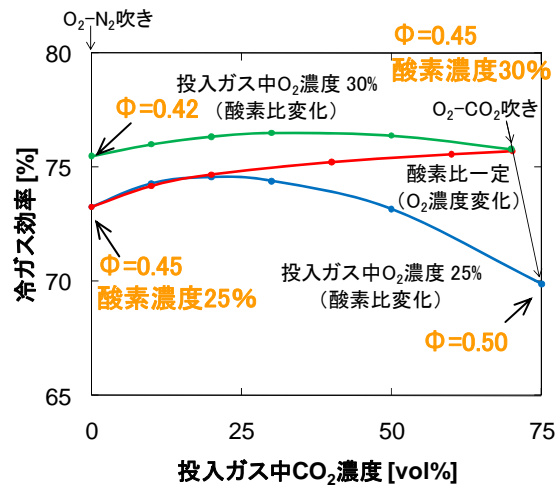


図Ⅲ1-2-1 大同炭チャーのガス化反応速度  
( $P_{CO_2} = 0.2 \text{ MPa}$ ,  $P_{H_2O} = 0.2 \text{ MPa}$ 換算バランス:N<sub>2</sub>)

ここで構築された反応モデルは、後述のガス化炉数値解析技術に導入した。さらに、本モデルを用いてガス化炉性能の一次元解析を行い、酸素-CO<sub>2</sub> ガス化性能における CO<sub>2</sub> の影響を評価し、酸素比等の最適化により、投入ガス中 CO<sub>2</sub> 濃度の増加とともにガス化炉性能が向上することを明らかにした(図Ⅲ1-2-2、図Ⅲ1-2-3)。



図Ⅲ1-2-2 リサイクルチャー流量とCO<sub>2</sub>濃度の関係



図Ⅲ1-2-3 冷ガス効率とCO<sub>2</sub>濃度の関係

## (2) 各種ガス化剤の相互作用の解明

O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> 雰囲気下における石炭の熱分解挙動およびチャーのガス化挙動について熱天秤を用いて昇温測定法で測定したところ、実験条件では酸素による燃焼反応が支配的となり、同伴する窒素および二酸化炭素の影響は大きくないことが分かった。

一方、定温測定法でチャーのガス化挙動を測定したところ、600℃の O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> 雰囲気におけるガス化反応定数は O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> 雰囲気よりも速いことが明らかになった。さらに、チャーを 300℃で酸素と接触させたときに化学吸着した酸素量から活性表面積を測定し、ガス化反応定数と比較したところ、明らかな相関がみられた。

次に、同位体をステップ応答法によりガス化反応メカニズムを検討した。600℃で CO<sub>2</sub> を流してチャーをガス化し、四重極質量分析計により生成ガスを分析した。そこへ酸素同位体 <sup>18</sup>O<sub>2</sub> の投入を開始したところ、CO<sub>2</sub>(44)濃度が減少し、CO(28)濃度が増加することが分かった。つまり、本実験条件 600℃において O<sub>2</sub> ガス化反応は CO<sub>2</sub> ガス化反応を促進する可能性を見出した。

## (3) 石炭構造や灰分が反応性へ及ぼす影響の解明

SEM・TEM 観察、<sup>13</sup>C-固体 NMR および窒素吸着測定により、各種石炭およびチャーの構造を把握した。例えば、大同炭は酸素の含有量（特に芳香族酸素含有量）やアルキルが少ないこと、黒鉛化性と積層性が高いことが分かった。また、大同チャーとマリノウチャーは細孔性を示さず、アダロチャーはメソ細孔性を示すことが分かった。

TGA を用いてガス組成や昇温速度を変化させた条件において石炭およびチャーの熱分解およびガス化反応性を解析した。以上の結果、石炭構造と反応性の相関が示され、今後の炭種選定に有用な知見が得られた。

さらに、石炭中に含まれる無機成分の影響を明らかにするため、XRD で無機成分の定性・定量分析を行うとともに、TG-DTA を用いて無機成分がガス化燃焼挙動に及ぼす影響を評価し、大同炭への K、Ca 添加により石炭燃焼温度が低下することなどを見出した。

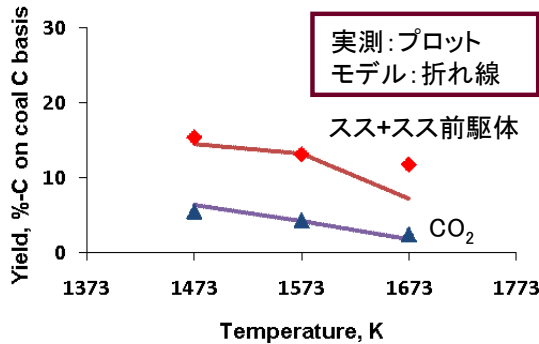
## (4) リダクタにおける揮発分の改質特性の解明

揮発分の気相反応挙動を解明するためのドロップチューブ・管型二段反応器 (DT-TR) を設計・製作し、生成物分析手法を確立した。熱分解、部分酸化、O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> の 3 条件で大同炭熱分解生成物の気相反応特性を明らかにした。

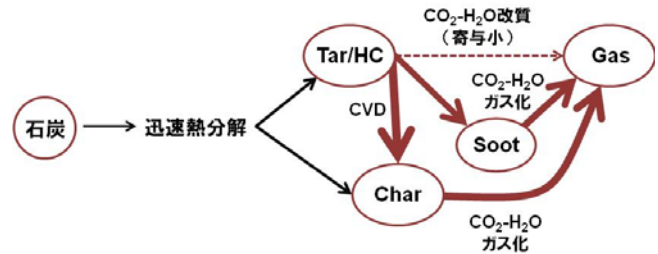
次に、素反応群から構成される詳細化学反応モデルを用いて DT-TR における気相改質反応実験をシミュレーションし、各反応条件における生成物分布予測が実測値と定性的に一致することを示した。

(図Ⅲ1-2-4)。さらに、素反応による詳細化学反応速度モデルを改良し、DT-TR 試験のシミュレーションから速度モデルの妥当性を評価した。

リダクタでの反応(図Ⅲ1-2-5)をシミュレーションし、タールのかかなりの割合は気相あるいはチャー表面においてススに転化すると予想されたため、スス生成モデルの検討を進めている。



図Ⅲ1-2-4 VM-N<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>系における実験値とモデルによる予測値の比較



図Ⅲ1-2-5 気相熱分解・改質反応経路の概念

#### (5) ガス化炉における灰の物性・挙動の解明

大同炭とマリノウ炭の基準炭の灰化灰を異なるガス雰囲気や灰化温度にて調製し、SEM、SEM-EDX、XRF、XRD、<sup>27</sup>Al および <sup>29</sup>Si 固体 NMR を用いて無機物の分析を行い、灰化雰囲気の影響が明らかになった。また、スラグの粘度を測定し、CaO 含有量が少なく粘度が高い大同炭灰に CaO 10 wt%を添加・混合すると、粘度の低下に効果的であることを確認した。XRD、固体 NMR により加熱温度による構造変化を調べ、Mullite 等の高融点鉱物が高温粘度に及ぼす影響を検討した。さらに、800 MHz 固体 NMR、高温 Raman、高温 DSC、高温 XRD 等を導入したので、今後、これらを総合的に駆使し、灰物性・構造と高温粘度の相関を明らかにする。

また、炉壁への灰付着挙動を定量評価するための装置を完成した。理論的・実験的研究を今後実施する。

### 2. 1. 2 数値解析によるガス化炉最適化検討

実機規模の O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub> 吹きガス化炉の炉形状やバーナ配置を設計するためには、ガス化特性などの事前評価が重要である。そこで平成 20 年度に実機規模の O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub> 吹きガス化炉のガス化特性を評価可能なガス化炉数値シミュレーションプログラムを開発し、平成 21 年度は、小型ガス化炉データにより当該プログラムの検証を行うと共に、前節で述べた PDTF 等により取得したガス化反応モデルをシミュレーションプログラムに導入した。さらに、実機規模のガス化炉を対象に数値解析を実施し、基本ガス化性能の予測を行った。

#### (1) 大規模計算用ガス化炉シミュレータの開発

本研究において開発したガス化炉シミュレータは、大規模並列計算を可能にすることにより、実機規模のガス化炉も解析可能であり、かつ非構造格子に対応可能であることから、バーナのような複雑な形状の装置に対しても解析が可能である。

石炭ガス化反応モデルは、大きく熱分解モデル、気相反応モデル、チャーガス化反応モデルから成る。特に、チャーガス化反応モデルに関しては、当所のガス化反応性に関する研究より得られた、O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> 吹き環境下での反応モデルを導入することにより、高度化を図った。

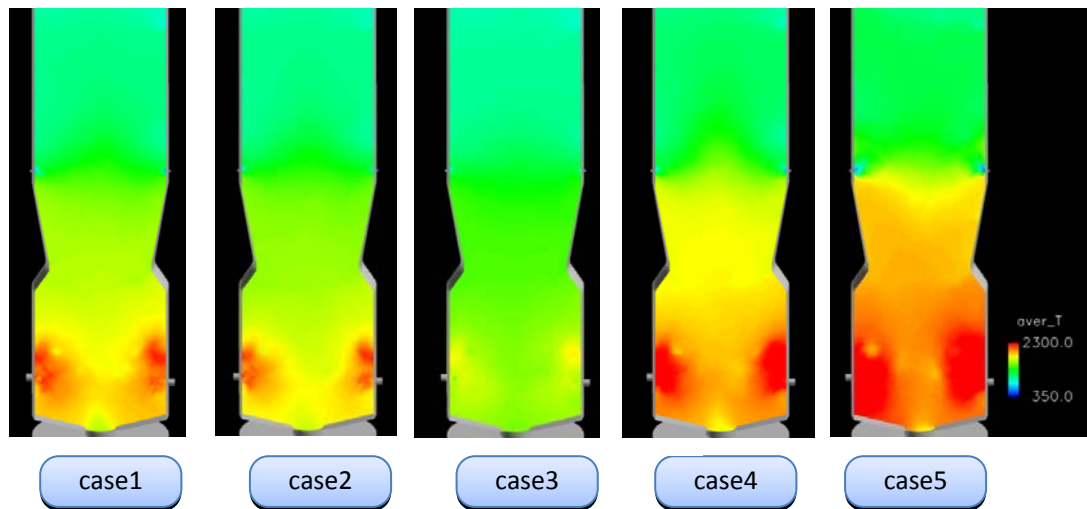
本シミュレータの開発により、実機規模の石炭ガス化炉への数値解析の適用が可能となった。また、当所の保有する石炭ガス化研究炉を対象に数値解析を実施し、実験値と比較することにより、基本的な計算精度は確認済みである。

#### (2) 運転条件がガス化炉基本性能に及ぼす影響の評価

前項において開発したガス化炉シミュレータを用い、実機規模の石炭ガス化炉を対象に数値解析を実施した。解析条件を表 2-1 に示す。本解析では、酸素比を一定（酸素投入量=一定）とし、空気

吹きガス化条件(case1)に対して、CO<sub>2</sub> 投入量を変化させた。

ガス化炉内の流動状況を比較した結果、相対的に投入ガス流量の少ない case4、5 では、コンバスタ部からリダクタ部にかけて、旋回流、および再循環流が弱くなる傾向が確認された。コンバスタガス温度は、CO<sub>2</sub> の投入量により大きく変化し、O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> 比の大きい case4、5 では、case1 に比べかなり高くなることがわかった（図Ⅲ1-2-6）。また、ガス化炉内炭素転換率（石炭量およびチャー量を考慮したガス化炉ワンスルーの炭素転換率）は、酸素比一定の場合は投入ガス中の CO<sub>2</sub> 濃度の増加に伴い減少する傾向が見られ、ガス化性能を向上させるためには、2.1.1 で示したようなガス化炉運転条件の最適化が必要であることがわかった。



図Ⅲ1-2-6 ガス化炉内温度分布解析例

### (3) まとめと今後の予定

ガス化炉温度の適正化、ガス化性能の向上に向けて、酸素比などのガス化炉運転条件を変えて解析を行い、最適な運転条件について検討を進める。

表Ⅲ1-2-1 解析条件(圧力:3MPa、石炭投入量:70t/h)

項目	単位	case1	case2	case3	case4	case5
酸素比	-	0.45				
給炭量比(R/T)	-	0.50				
搬送ガス量	t/h	11.2				
CO <sub>2</sub> 濃度	vol%	0.0	100.0	100.0	100.0	100.0
N <sub>2</sub> 濃度	vol%	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
全投入ガス流量	t/h	281.7	281.7	398.4	208.4	165.2
O <sub>2</sub> 濃度	vol%	25.0	34.4	25.0	45.0	55.0
CO <sub>2</sub> 濃度	vol%	0.0	65.6	75.0	55.0	45.0
N <sub>2</sub> 濃度	vol%	75.0	0.0	0.0	0.0	0.0
備考		空気吹き (ベース)	Case1 の N <sub>2</sub> →CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> 一定 CO <sub>2</sub> 増	O <sub>2</sub> 一定 CO <sub>2</sub> 減	O <sub>2</sub> 一定 CO <sub>2</sub> 減

### 2. 1. 3 小型ガス化炉による基本性能実証

酸素-CO<sub>2</sub>吹きガス化の基本性能実証のため、既設3トン/日石炭ガス化研究炉（3トン/日研究炉）によりガス化剤中CO<sub>2</sub>濃度を変化させたガス化試験を行い、酸素比、CO<sub>2</sub>濃度などガス化炉運転条件がガス化性能に及ぼす影響を評価する。

#### (1) 実施概要

3トン/日研究炉において、ガス化炉へCO<sub>2</sub>供給可能とするため、CO<sub>2</sub>製造設備及びCO<sub>2</sub>供給系統の追設と運転制御データ収録装置の改造を行った。

#### (2) CO<sub>2</sub>供給特性の確認

コールドでの設備調整後、ガス化運転時にチャー搬送ガスの窒素からCO<sub>2</sub>への切り替えを行い、各部状態量の確認を行った。CO<sub>2</sub>投入開始時に、CO<sub>2</sub>蒸発器出口圧力やCO<sub>2</sub>供給圧力がやや変動したものの、ガス化炉圧力は安定しており、切り替え操作には特に支障は無かった。切り替え終了後は、CO<sub>2</sub>量変化時も含め、各部圧力は安定しており、問題なくCO<sub>2</sub>を供給可能であることを確認した。

#### (3) ガス化試験結果

燃料比が1.15、灰流動点が1,300°C(ASTM法)のマリノウ炭を用いた。炉内圧力は1.9MPa、全石炭流量は100kg/h(コンバスタ/リダクタ=40/60)一定とした。ガス化剤酸素濃度を25%一定とし、CO<sub>2</sub>濃度を0、15、25%と変化させた。なお、CO<sub>2</sub>はチャー搬送ガスおよびコンバスタ石炭搬送ガスとして、全てコンバスタ部に投入している。

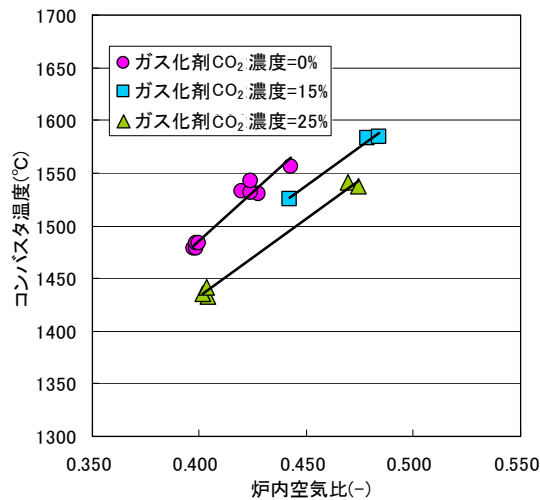
図Ⅲ1-2-7に、炉内空気比とコンバスタ温度の関係を示すが、CO<sub>2</sub>濃度を増加させると、コンバスタ温度が低下する傾向が認められる。これは、窒素とCO<sub>2</sub>の比熱の違い（CO<sub>2</sub>の比熱は窒素の約1.6倍）などによるものと考えられる。

ワンスルーの炭素転換率である炉内炭素転換率を図Ⅲ1-2-8に示すが、炉内炭素転換率に対するCO<sub>2</sub>濃度の影響は、明確には認められない。CO<sub>2</sub>濃度を増加させると、CO<sub>2</sub>分圧上昇による固定炭素のガス化反応(C+CO<sub>2</sub>→2CO)促進効果があると考えられる。一方、前記のとおり、CO<sub>2</sub>濃度の増加により炉内温度が低下しており、これは、反応速度を低下させる方向に作用する。両者の効果が打ち消しあった結果、炉内炭素転換率へのCO<sub>2</sub>濃度の影響が明確に現れていない可能性がある。

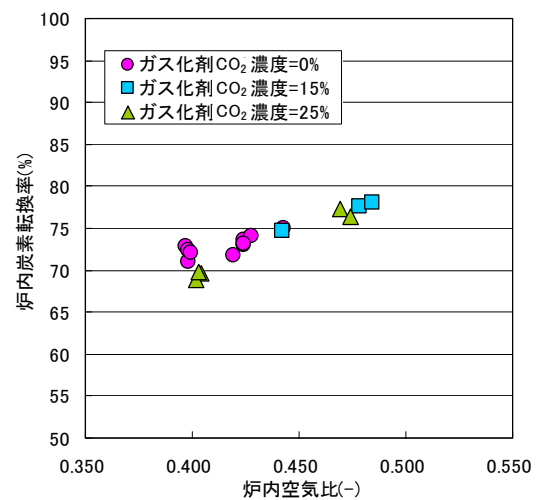
#### (4) まとめ

3トン/日研究炉のガス化試験により、以下を明らかとした。

- ・ガス化剤酸素濃度一定で、CO<sub>2</sub>濃度を増加させると、窒素とCO<sub>2</sub>の比熱の違いなどにより炉内温度が低下する。
- ・炉内炭素転換率へのCO<sub>2</sub>濃度の影響は明確に現れておらず、CO<sub>2</sub>濃度増加によるガス化反応促進効果と炉内温度低下の影響が打ち消しあっている可能性がある。
- ・これまでの実験では、酸素濃度＝一定としていたため、炉内温度が低下したが、ガス化剤酸素濃度の増加や給炭量比変化などパラメータ変化試験を行い、最適運転条件の検討および、CO<sub>2</sub>供給によるガス化性能向上効果の確認を進める予定である。



図Ⅲ1-2-7 炉内空気比とコンバスタ温度の関係



図Ⅲ1-2-8 炉内空気比と炉内炭素転換率の関係

## 2. 2 高 CO 濃度条件での乾式ガス精製システムの最適化

高分圧 CO 条件における乾式ガス精製システムの最適化を目指し、基礎実験装置による高分圧の CO 条件下での脱硫性能の評価を行い、適切な反応条件を設定する。さらに、実ガスによる基本性能実証のため、小型ガス化炉から発生する実ガスを用いて、ガス精製装置の基本性能を実証する。

- ・高 CO 濃度における亜鉛フェライト脱硫剤の性能評価 (H20-H21)
- ・実ガスによる亜鉛フェライトハニカム脱硫剤の基本性能実証 (H22)
- ・高分圧 CO 条件におけるシステムの最適化 (H22)

### (1) 実施概要と成果

高 CO 濃度条件脱硫剤評価装置 (最高圧力 0.98MPa) 等を用い、高 CO 濃度条件での乾式脱硫プロセスにおける炭素析出の可能性について実験的な把握を進めた。

#### 1) 実ガス相当条件での脱硫性能評価と炭素析出条件把握

高 CO 濃度条件における亜鉛フェライト系脱硫剤性能と炭素析出の関係を調べたところ、炭素析出が無い場合には高 CO 濃度条件において脱硫剤の性能は、低 CO 濃度 (たとえば空気吹きガス) と比べて大幅に向上し、炭素析出が起きる場合には硫化反応速度を低下させることが明らかとなった。石炭ガス化ガスからの炭素析出は Boudouard 反応が主反応と考えられるが、その反応条件が把握されていなかった。そこで、CO と CO<sub>2</sub> の分圧比  $K_B$  \*1 を実ガス相当の条件となるように調整して、実験の圧力 0.98 MPa<sub>abs.</sub> で炭素析出量を評価した。その結果プロセスの運転温度である 400~450°C では  $K_B$  がおよそ 0.01 以下で炭素析出が顕著となることが分かった。

\*1 Boudouard 反応 ( $2CO \rightarrow C + CO_2$ ) の進行は、CO と CO<sub>2</sub> の分圧比 ( $K_B = P_{CO_2} / P_{CO}^2$ ) が影響し、圧力が高いほど促進されると考えられる。

#### 2) 脱硫性能から見た適切な運転条件

脱硫性能と炭素析出抑制を両立させる運転条件を見出すため、温度および水蒸気濃度が脱硫剤の反応速度に及ぼす影響を調べた。水蒸気濃度を 5vol%以上にして  $K_B$  を 0.015 以上とすることで炭素析出が抑制された。ただし水蒸気 10vol%以上にする場合に、反応速度を 450°C、水蒸気 5vol%の基準条件と同等以上に維持するために乾式脱硫プロセスの運転温度を 500°C以上とする必要がある (図Ⅲ1-2-9)。

以上の結果から  $K_B$  を炭素析出が回避できる 0.015 程度まで増大させ、脱硫性能との両立を図れる炭素析出抑制の運転条件を見出すことができた。水蒸気添加量に応じて反応温度を向上させれば脱硫性能は改善されるため、水蒸気添加や乾式脱硫プロセスの運転温度変更に伴うシステム全体の効率を検討すれば炭素析出抑制策としての効果が期待できることが分かった。

### 3) 石炭ガス化ガス実ガスにおけるハニカム脱硫剤の脱硫性能

乾式ガス精製システムの脱硫装置の設計基礎データを得るため、石炭ガス化ガスの実ガスを用いて亜鉛フェライトハニカム脱硫剤の性能を評価した。H<sub>2</sub>S と COS を合わせた入口の硫黄化合物濃度が 700 ppm 程度の場合に、脱硫初期にはハニカム脱硫剤出口で 1 ppm 以下を達成することができた (図 III 1-2-10)。引き続き供試脱硫剤内の硫黄化合物分布を測定して、その結果と合わせて設計基礎データを得る。

#### (2) 今後の計画

KB を増大させる方法として CO<sub>2</sub> 濃度を添加する方法についても評価を進めると共に、発電システム全体の効率を考慮して乾式脱硫プロセスの最適化を進める予定である。

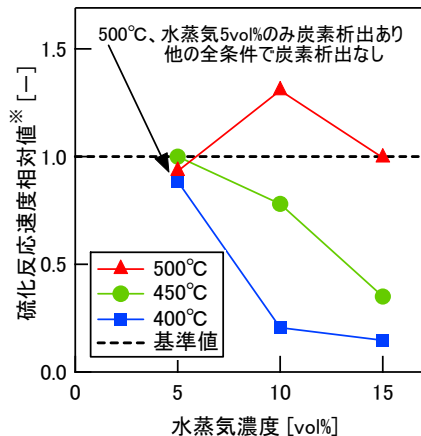


図 III 1-2-9 水蒸気添加による脱硫反応速度の変化  
(※: 0.98MPa abs., 450°C、水蒸気 5vol%を基準とする相対値)

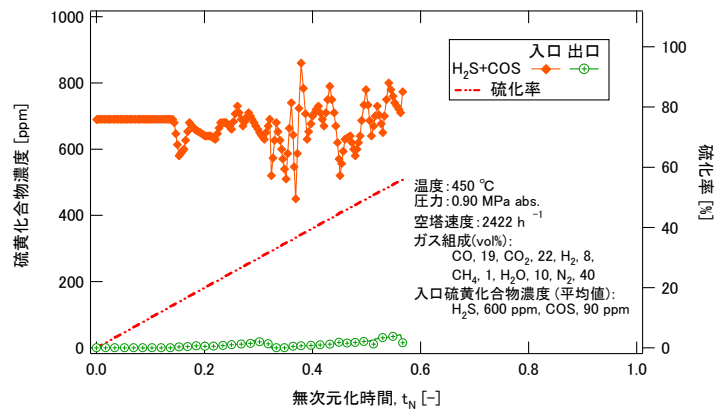


図 III 1-2-10 石炭ガス化ガス実ガスにおける  
亜鉛フェライトハニカム脱硫剤の性能

## 2. 3 実機フィージビリティ・スタディ (FS)

電力中央研究所は、メーカーの協力を得て実機を想定したフィージビリティ・スタディ (FS) を実施しており、プラント効率・敷地規模などを試算するとともに、開発課題の具体化・明確化を進めている。システムの詳細な検討、実現性の評価を行うため、プラントメーカーによる実用規模プラントの検討を実施し、プラント性能、運用性、経済性、現状での技術レベル等について、総合的に従来システムとの比較評価を行う。

### (1) 従来の CO<sub>2</sub> 分離回収技術を用いた IGCC に関する検討

空気吹き IGCC(湿式脱硫、1,500°C級 GT)を対象に、CO<sub>2</sub> 回収無し、CO<sub>2</sub> 回収率=約 90%(物理吸収方式)の 2 ケースのプラント性能について検討を行った。送電端効率は、CO<sub>2</sub> 回収無しの場合は約 46%であったのに対し、CO<sub>2</sub> 回収率 90%の場合は約 36%になることがわかった。

### (2) CO<sub>2</sub> 回収型高効率 IGCC システムに関する検討

#### 1) ガスタービンに関する検討

燃焼器に関する検討の結果、石炭ガス化ガスの特性から、酸素直接燃焼方式燃焼器とし、NO<sub>x</sub> 抑制、燃焼障害 (逆火、振動燃焼)、運用性 (部分負荷、燃料性状) の観点から、拡散炎方式が好ましいと考えられた。1,300°C級では、燃焼器への循環ガスを、①燃焼領域への循環ガス、②希釈循環ガス、③内筒及び尾筒冷却循環ガス、に適切に分配することにより、内筒及び尾筒壁面温度を許容メタル温度以下に抑えることが可能と考えられた。また、安定燃焼の確保のためには、残存酸素濃度が 2%程度となるように燃焼器での酸素過剰率を設定する必要があることなどがわかった。

#### 2) 主要構成機器の技術開発状況(表 1-2-2)

基本システム検討では考慮していなかったが、①石炭粉砕・乾燥用熱源、②石炭ガス化炉用 CO<sub>2</sub> か



らの残存酸素の除去、③GT 排ガスの酸露点（約 85～110℃）の考慮、④再生熱交換器と HRSG の組み合わせ／配置、などについて検討が必要であることがわかった。

空気分離設備(ASU)については、設備の簡素化、低コスト化、効率向上の観点から、特に重要と考えられるため、より詳細な調査・検討を行った。IGCC 用 ASU に関する従来技術の調査を実施し、それに基づき、検討を行った結果、本システムでは、低圧型／液体酸素圧縮方式の酸素製造動力原単位がやや小さくなる傾向にあることがわかった。

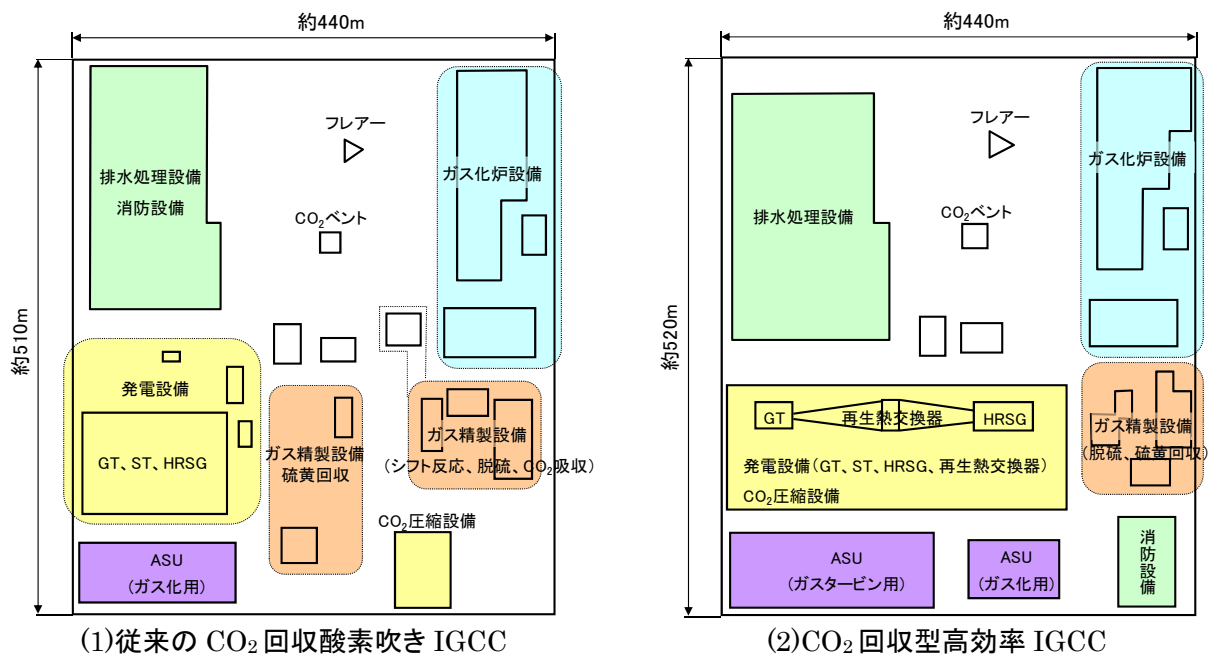
表Ⅲ1-2-2 主要構成機器の技術開発状況

機器	開発状況	備考
O <sub>2</sub> -CO <sub>2</sub> 吹きガス化炉	PDU(3トン/日ガス化炉)	酸素吹きガス化炉は実証・商用段階
Syngas利用石炭粉碎・乾燥	商用段階	環境対策設備の検討
乾式脱硫	基礎研究段階(Zn-Fe系)	Fe系は20トン/日の実績有り
GT	机上検討	燃焼方式、循環ガス量、残存O <sub>2</sub> の検討
再生熱交換器	小型実証段階	大型化、HRSGとの組み合わせ/配置の検討
ST	商用段階	主蒸気温度/再熱蒸気温度の検討
HRSG	商用段階	酸露点の管理、構成の検討
給水加熱器(酸露点対策)	テフロンコーティング伝熱管等	調査・検討が必要
排ガス水洗塔	商用段階	所要冷却水量の検討
CO <sub>2</sub> 圧縮機	商用段階	
空気分離設備(ASU)	商用段階	所要動力、信頼度の検討
ガス化炉用CO <sub>2</sub> からの脱O <sub>2</sub>	机上検討	類似技術として、H <sub>2</sub> を燃料とする触媒燃焼システムの実績有り

: 設備簡素化、低コスト化、効率向上の観点から、特に重要  
 : 研究開発課題

3) プラントレイアウトの検討

米国で環境アセス用に公開された従来の CO<sub>2</sub> 回収酸素吹き IGCC(HECA プロジェクト:Hydrogen Energy California)を参考プラントとし、機器容量に応じた設備所要面積を概算し配置検討を行った。図Ⅲ1-2-11 に HECA プロジェクトに基づく、従来の CO<sub>2</sub> 回収酸素吹き IGCC 及び CO<sub>2</sub> 回収型次世代 IGCC システムの配置を示す。CO<sub>2</sub> 回収型次世代 IGCC システムでは、再生熱交換器が設置されるため Power Block の設置面積が、必要酸素量が多くなるため ASU の設置面積が、大きくなる。一方、CO<sub>2</sub> 分離回収設備が不要となるため、ガス精製設備は縮小することが可能である。CO<sub>2</sub> 回収型次世代 IGCC の主要設備の所要面積は、従来の CO<sub>2</sub> 回収酸素吹き IGCC の約 1.5 倍であるが、送電端当りの主要設備面積は、従来の CO<sub>2</sub> 回収酸素吹き IGCC とほぼ同等となることがわかった。

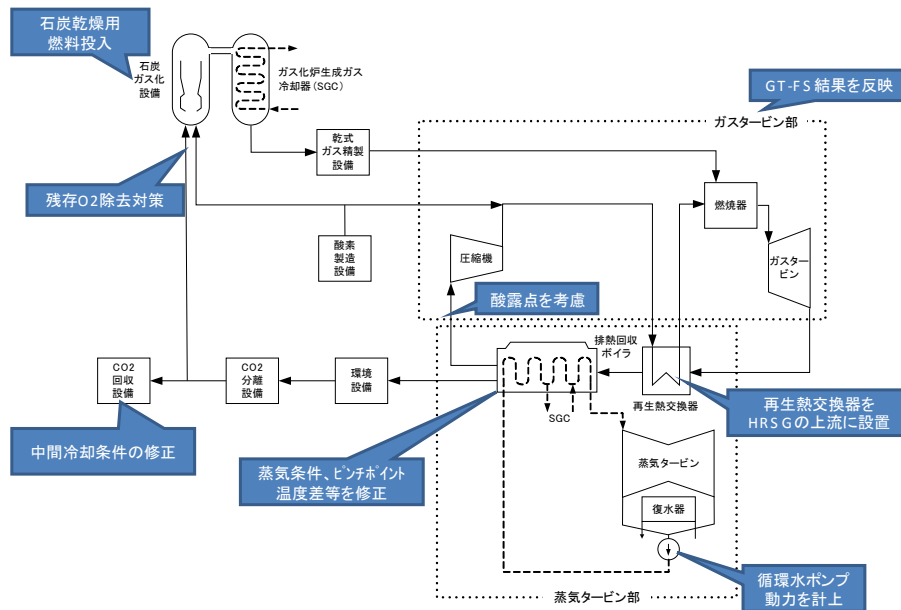


図Ⅲ1-2-11 概略プラントレイアウト

#### 4) 全体システム解析

プラントメーカーによるガスタービンの概略検討結果などを踏まえ、電力中央研究所が図Ⅲ1-2-12に示すように実機を想定した全体システムを検討したところ、1,350℃級ガスタービンを採用した場合で、送電端効率 38.6%HHV が得られた。

送電端効率が初期検討システムと比較して約 6pt%（絶対値）低下したが、これは、燃焼器における O<sub>2</sub> 濃度や、ガスタービン出口温度、圧力比などに関する検討結果を反映させたことにより、ガスタービン出力が大幅に低下したことに起因する。



図Ⅲ1-2-12 FS結果の反映によるシステムの見直し

表Ⅲ1-2-3 FS結果の反映によるプラント効率への影響

検討条件	送電端効率 (HHV)	備考
1. 主要機器の実機適用性を考慮した実現可能なシステム (FS結果の反映後)	約39%	1300℃級GT+再生熱交換器採用による効果; 約4.4pt%、乾式ガス精製採用による効果; 約0.5pt%を含む
2. 上記に加え、1,500℃級GTを採用したシステム	約40%	
3. さらにASU最適化技術 <sup>(1)</sup> の進展を考慮したシステム	約42%	酸素製造動力原単位が 0.40→0.33 kWh/kg-O <sub>2</sub> に改善

(1)NEDO「二酸化炭素回収対応クローズド型ガスタービン技術-第I期研究開発-」(H12年度)

そこで、高効率 IGCC システムの効率向上策を検討したところ、1,500℃級ガスタービンシステムを採用することで、1,300℃級の場合と比較して送電端効率が 1.4pt%向上し、約 40%HHV を達成することが分かった。また、今後の技術開発により、酸素製造動力原単位が 0.33 kWh/kg-O<sub>2</sub> まで低減できた場合には、1,500℃級ガスタービンシステムを採用した高効率 IGCC システムの送電端効率は 42%HHV まで到達する可能性がある(表Ⅲ1-2-3)。さらに、表 1-2-4 に示したように、ガス化炉冷ガス効率の向上や回転機器の断熱効率、回収 CO<sub>2</sub> 圧力など、今後の各技術の進展によって、目標送電端効率 42%HHV は充分達成可能であると考えられる。

表Ⅲ1-2-4 効率向上にむけた将来課題と効果

効率向上に向けた課題	送電端熱効率向上 予想値 (絶対値、39%基準)
ガス化炉冷ガス効率を1pt%向上 (現状: 78-80%)	0.6-0.7pt%
高圧蒸気タービン断熱効率を1pt%向上	0.03pt%
低圧蒸気タービン断熱効率を1pt%向上	0.19pt%
HRSG熱交換器性能の向上 (左図参照) (ピンチポイント温度差15°C→5°C)	0.5pt%
GT圧縮機断熱効率を1pt%向上	0.14pt%
回収CO <sub>2</sub> 圧力を10MPa→3.6MPa <sup>(注)</sup>	0.75pt%

(注) 輸送方式により異なるが、パイプラインの場合は設計要件「0°CでCO<sub>2</sub>が液化しない圧力」として3.6MPaが採用される場合がある

## 5) まとめ

- ・当初の基本システムに対し、FS結果の反映による見直しの結果、主要機器の実機適用性を考慮した実現可能なシステムの送電端効率（HHV）は約39%となった。
- ・上記システムに関し、ガス化炉冷ガス効率向上、1500°C級GTの採用、およびASU最適化による酸素製造動力原単位の改善などにより、送電端効率約42%は達成可能と考えられる。
- ・今後、ガス化炉運転条件の最適化による冷ガス効率の向上など、効率向上方策の検討とプラント全体効率への効果をさらに詳細に検討し、目標達成を確実なものとする。
- ・本システムの実現に向けては、設備簡素化、低コスト化、効率向上の観点から、特に再生熱交換器と空気分離装置(ASU)が重要である
- ・再生熱交換器については、現時点では大型プラントへの適用実績がなく、小型ブロックを集積せざるを得ないため、コストおよびプラント面積の面で課題がある。今後はブロックの大型化、集積方法の最適化を進め、コストおよび敷地面積の低減方策の検討を進める
- ・本システムでは、従来型IGCCに比べ多くの酸素を使用するため、空気分離装置(ASU)の性能改善およびコスト低減が極めて効果的である。

## 2. 4 アジア地域の多様な石炭への適用基盤技術開発

中国、インドなどの急速な発展や各国のエネルギー政策動向により、将来はエネルギー争奪戦が起こるものと予想され、長期的なエネルギー需給を考えれば、今後我が国は、高品位な瀝青炭だけでなく、亜瀝青炭はもとより褐炭までを視野に入れたより低品位な石炭を発電用燃料として利用することが求められる。そこで本受託研究では、電力中央研究所と九州大学（再委託：京都大学）が連携し、従来技術では発電用燃料として利用することが困難な、褐炭の高品位燃料化に向けた基盤技術の開発などに取り組んだ。

褐炭の高品位化方策としては、350°C以下の低温で溶剤により褐炭を処理する穏和な溶剤処理法に注目し、O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>ガス化速度を大幅に促進できる褐炭改質法を開発した。本提案法による褐炭改質により、褐炭のガス化反応性をさらに大幅に向上できること（9種の試験炭中7種で反応性が向上し最大2.4倍となる）ことが明らかとなった。また本法においては、褐炭を改質するだけでなく、同時に大量の低分子量成分を抽出・回収できる見通しが得られ、波及効果も期待できる。

## 2. 5 成果の意義

- ・石炭火力発電のCO<sub>2</sub>排出抑制は、電気事業の喫緊の経営課題である。欧米では CCS Ready の義務化も視野に、CCS 実証計画が具体化している。我が国でも、エネルギー基本計画の見直しが進む中で、2020 年頃の商用化を目指して国プロを中心に研究開発が進められている。
- ・しかしながら、現状の CO<sub>2</sub>回収型火力発電には「高コスト」、「送電端効率の低下」などの課題が山積しており、これを解決する革新技術の開発が望まれている。
- ・本提案システムは、「O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>吹きガス化」と「O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>ガス燃焼クローズド・ガスタービン」の採用により、発電端効率の大幅な向上が期待できる、世界でも例のない独自のシステムである。CO<sub>2</sub>回収後に送電端効率 42%(HHV)を達成できれば、地球環境問題の解決に向けた画期的な将来オプションの一つを提供できる可能性があり、次世代の革新的 IGCC として、アジア地域への展開を含め、大きな技術的・経済的インパクトを与えるものである。
- ・これまでに、従来にない「O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>吹きガス化技術」に関し、ガス化反応特性の解明とモデル化、数値シミュレータの開発、小型ガス化炉実験によるガス化特性の把握と課題抽出、乾式ガス精製装置の性能実証など、目標達成に向けた基盤技術の開発を着実に進めることができた。
- ・メーカーの協力を得た実機 FS においては、主要機器の実機適用性を考慮した実現可能なシステムを明らかにし、ガス化炉冷ガス効率向上、1500℃級 GT の採用、および ASU 最適化による酸素製造動力原単位の改善などにより、将来送電端効率約 42%が達成できる見通しを得ると共に、2020 年頃の実用化に向けた技術課題を抽出した。これらの成果は、電中研と大学が一体となって得られたものであり、次ステップであるベンチプラントの開発に向けて、大きな意義を持つものである。

## 2. 6 特許・成果の普及

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。これまでの実績は表Ⅲ1-2-5 の通りである。

表Ⅲ1-2-5 特許・成果普及状況

	H20 年度	H21 年度	H22 年度	合計
特許	-	1 件(出願済)	-	1 件
研究発表	0 件	35 件	4 件	39 件
論文投稿	0 件	21 件	0 件	21 件
研究報告書等	0 件	2 件	0 件	2 件

[目標の達成可能性]

最終目標：石炭ガス化システムから回収した CO<sub>2</sub>を酸化剤の一部として用いることにより、システム効率を大幅に向上できる CO<sub>2</sub>回収型高効率 IGCC システムに関し、CO<sub>2</sub>回収後に送電端効率 42% (HHV 基準)を実現させる基盤技術を確立する。また、アジア地域の多様な石炭への適用基盤技術を開発する。

- ・将来の実用化を見据え、次期ステップである数十トン/日級ガス化炉とクローズド GT 一貫システムの開発に向け、その中核となる O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>ガス化技術について、ガス化反応性評価技術の確立、小型ガス化炉の実験による実証および数値シミュレータ技術の開発に引き続き取り組み、予定通り H24 年度までに目標を達成できる見込みである。
- ・特に、ガス化炉最適化による冷ガス効率向上、ガスタービンシステムの最適化によるさらなる性能向上、再生熱交換器および ASU の技術調査・最適化検討を進めることで、目標効率の達成を確実なものにできる見込みである。
- ・ガス化炉チャー系や再生熱交換器などの簡素化検討を進め、低コスト化に向けた検討を着実に進め、課題を明らかにする。
- ・アジア地域の低品位な石炭の O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>ガス化効率の大幅な向上技術の開発を着実に進める。

## Ⅲ-2. 石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発

### 1. 事業全体の成果

表Ⅲ2-1-1 本事業の開発目標・成果・達成度

目 標	研究開発成果	達成度
ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発  (1)「革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」(出典:「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」基本計画 p 9) イ)「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発」 NOx 濃度 10ppm 以下(16%酸素濃度換算)	(1)「革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」(出典:「ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発」事業原簿 pⅢ-2-x) イ)「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発」 ・CO <sub>2</sub> 回収率 0%~50%燃料で安定燃焼を確認 ・NOx 排出濃度は ①CO <sub>2</sub> 回収率 0%燃料:5.4ppm ②CO <sub>2</sub> 回収率 30%燃料:5.8ppm ③CO <sub>2</sub> 回収率 50%燃料:6.5ppm ④CO <sub>2</sub> 回収率 90%燃料:9.2ppm を確認	(1)「革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」 イ)「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発」 <b>達成</b>

## 2. 各研究項目の成果

### 2.1 研究開発の概要及び成果等

石炭は世界に広く分布し埋蔵量も豊富なことから、次世代の石油代替燃料として期待されている。しかし、単位エネルギーあたりの二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)排出量が他の燃料より高いため、2050年までにCO<sub>2</sub>排出量を大幅に削減するためには、CO<sub>2</sub>回収・貯留技術(CCS)を組み込んだゼロエミッション石炭火力発電を早期に実現できる高効率な石炭火力発電技術が必要である。このためには、石炭ガス化複合発電(IGCC)とCCSを組み合わせることが有効と考えられており、欧州、米国、豪州などでは大規模な実証プロジェクトが計画されている。

IGCCにおいては、取り扱うガス中にCO<sub>2</sub>以外の不活性ガスが少なく、一酸化炭素(CO)シフト反応後のCO<sub>2</sub>濃度を高めた回収が可能で、ベースとなる火力発電の効率も高い酸素吹きIGCCに燃焼前回収法を組み合わせた方式が、高効率ゼロエミッション石炭火力発電として有望である。上記のプラントでは、CO<sub>2</sub>回収率に応じて水素濃度が幅広く変化する高水素濃度燃料がガスタービンに供給される。

水素は発火しやすく燃焼速度が速いため、予混合燃焼方式の燃焼器で高水素濃度燃料を燃焼させた場合、燃焼室内にある火炎が予混合器流路内に逆流したり、予混合器内で自発火する可能性が高くなったりするため、燃焼器の信頼性が低下する恐れがある。また、火炎の逆流や自発火は燃料の燃焼速度や着火性に依存するため、CO<sub>2</sub>回収率の変化によって燃料の水素濃度が変化する場合には、これらの現象を防止する条件も変化するようになる。

一方、拡散燃焼方式の燃焼器では、高水素濃度燃料の安定燃焼は可能であるが、燃焼室内で最も燃焼しやすい混合気が形成された位置で燃焼反応が起きるため、局所の火炎温度が高くなり窒素酸化物(NOx)の排出濃度が増加する。このため、環境規制を満足するには窒素、あるいは水や蒸気を燃焼器に噴射して局所の火炎温度を低下させ、NOx排出濃度を低減する必要がある。そのため、拡散燃焼方式では、不活性媒体の噴射に伴う発電効率の低下や、噴射設備の初期コストおよびプラントランニングコストの上昇という課題が生じる。したがってCCS-IGCCプラントでは、燃料中の水素濃度の幅広い変化に対応でき、窒素、あるいは水や蒸気などの噴射が不要で、かつNOx排出濃度が低いドライ低NOx燃焼器が必要となる。

そこで本研究では、幅広い水素濃度の変化に対して、同一バーナー構造で燃焼可能なドライ低NOx燃焼技術の開発を目的とする。その手段として、燃料ノズルと空気孔を同軸に配置した構造をもち、燃料と空気同軸噴流によって短い距離で急速に混合できる多孔同軸噴流バーナー(クラスタバー

ナー)を用い、その基本的な最適形状を大気圧燃焼試験で検討する。また、その結果得られた低 NOx 燃焼に適した形状のクラスタバーナーを複数個備え、実機ガスタービンに適用可能な形状を持つマルチクラスタバーナー形式低 NOx 燃焼器を製作して中圧燃焼試験を行い、燃焼安定性および低 NOx 燃焼性能について検討する。

平成 20 年度は、平板型の部材に多数の空気噴孔を設けた平板型空気孔旋回プレートを用いたクラスタバーナーについて、高水素濃度燃料に対応する基本構造を検討した。その結果、大気圧条件下において、CO<sub>2</sub> 回収率に応じて水素濃度が幅広く変化する燃料に対し、平板型空気孔旋回プレートと燃料噴出流速を高めた燃料ノズルを用いて、同一バーナー構造で NOx 排出濃度が 10ppm 以下となるバーナー構成を見出した。

さらに、平成 21 年度には、空気孔プレート中央部を凸型に燃焼室に向けて突出させることにより排出 NOx 排出濃度を低減できること、および空気孔径をバーナー中央部から外周に向けて順次拡大するような分布を持たせることで、安定燃焼範囲が拡大することを見出した。

また、上記の多孔同軸噴流構成をもつクラスタバーナーを複数個備えたマルチクラスタバーナー形式低 NOx 燃焼器を設計・製作し、平成 21 年度から中圧燃焼試験装置において単圧燃焼試験に着手した。

平成 21 年度には、平板型の空気孔旋回プレートを備えたマルチクラスタバーナー形式低 NOx 燃焼器において、CO<sub>2</sub> 回収率 0%に相当する燃料を用いて部分負荷燃焼特性を把握し、想定される全運転範囲で安定燃焼が可能であることを確認した。また、全てのクラスタバーナーに着火するガスタービン負荷 50%以上の運転条件では、酸素濃度 16%換算の NOx 排出濃度は 10ppm 以下の低 NOx 燃焼が可能であることを確認した。さらに、CO<sub>2</sub> 回収率 0%、30%、50%に相当する燃料を用いて定格負荷条件の燃焼特性を把握し、CO<sub>2</sub> 回収率 0%に相当する燃料で酸素濃度 16%換算の NOx 排出濃度が 6ppm、CO<sub>2</sub> 回収率 30%に相当する燃料で 8ppm と、中間評価目標である 10ppm 以下を達成した。一方、CO<sub>2</sub> 回収率 50%に相当する燃料では、NOx 排出濃度が 12ppm であり、平板型空気孔旋回プレートを備えたマルチクラスタバーナー形式低 NOx 燃焼器では、さらなる低 NOx 化が必要であることがわかった。

平成 22 年度からは、大気圧燃焼試験結果を反映し、各々のクラスタバーナーの中央部を凸型に燃焼室に向けて突出させた凸型空気孔旋回プレートを備えたマルチクラスタバーナー形式低 NOx 燃焼器の中圧燃焼試験に着手した。これまでに CO<sub>2</sub> 回収率 0%、30%、50%に相当する燃料を用いて定格負荷条件の燃焼特性を把握し、CO<sub>2</sub> 回収率 0%に相当する燃料では、酸素濃度 16%換算の NOx 排出濃度が 5.4ppm、CO<sub>2</sub> 回収率 30%に相当する燃料で 5.8ppm、CO<sub>2</sub> 回収率 50%に相当する燃料で 6.5ppm、CO<sub>2</sub> 回収率 90%に相当する燃料で 9.2ppm と中間評価目標である 10ppm 以下を達成した。

また、大気圧および中圧燃焼試験では、火炎内部の状況把握が困難であることから、開発を加速するため、水素を含む多成分燃料に対応した乱流燃焼解析ツールを開発し、乱流燃焼解析を実施した。クラスタバーナーの燃焼形態には、予混合燃焼と拡散燃焼が混在するため、その解析には両方の燃焼形態に燃焼モデルの切り替えなく適用できる燃焼モデルが必要である。本研究で対象としている燃料は、水素を主成分とする多成分燃料であり、複数の可燃成分が複雑な経路で酸化反応に関与する。特に、水素に関しては、高温の火炎が未燃混合気側に侵入する箇所に、水素が選択的に拡散し燃焼反応が進行する選択拡散と呼ばれる現象が起きるため、従来の乱流燃焼解析では取り扱うことが極めて困難であった。そのため、本研究では、上記のように水素を主成分とする多成分燃料について、予混合燃焼と拡散燃焼が混在する燃焼形態の火炎に適用可能な乱流燃焼モデルを開発した。本解析では、火炎帯の反応進行度分布を双曲正接関数で表現した予混合燃焼モデルを拡散燃焼に拡張することで、予混合燃焼から拡散燃焼に燃焼モデルの切り替えなく適用できる統一的燃焼モデルを適用した。平成 20 年度には、水素を含む多成分燃料について基礎的な火炎に適用してモデルの妥当性を検討し、平成 21 年度からクラスタバーナーの大気圧要素試験と同様の体系における乱流燃焼解析に着手した。その結果、円錐状の火炎の形成される様子や燃料の違いによる火炎形状の変化など、実験結果の定性的な傾向を再現できることを確認した。

### (1) マルチクラスタバーナー形式低 NO<sub>x</sub> 燃焼器の中圧試験

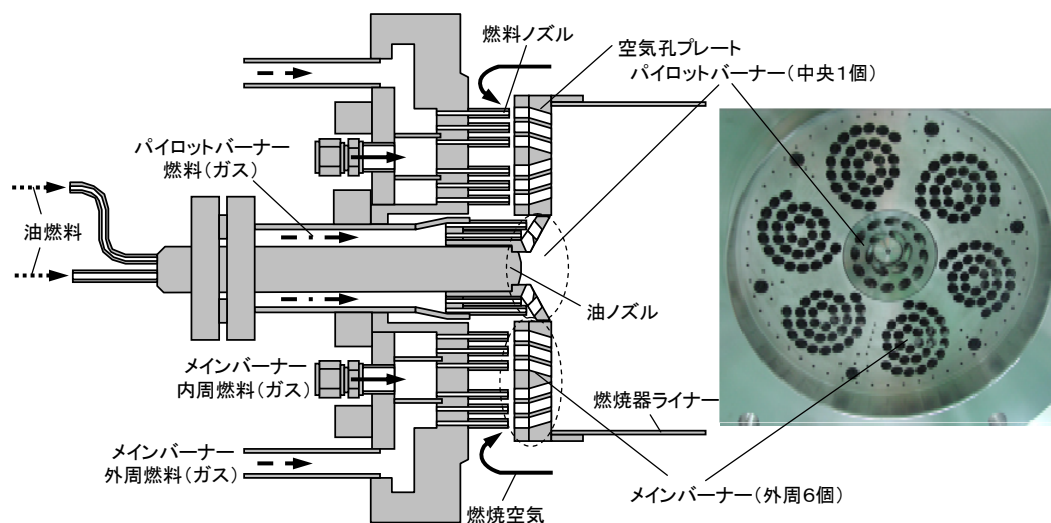
マルチクラスタバーナー形式低 NO<sub>x</sub> 燃焼器の燃焼性能を、単缶の中圧燃焼試験で検討した。図Ⅲ2-2-1 に、平板型空気孔旋回プレートを備えたマルチクラスタバーナー形式低 NO<sub>x</sub> 燃焼器構造を示す。燃焼器の中央には、ガスタービンの起動から部分負荷の運用とメインバーナーの保炎強化に用いるパイロットバーナーを備え、その外周に低 NO<sub>x</sub> 燃焼用のメインバーナーを6個配置した。

実際の CCS-IGCC プラントは、先ず油燃料などの起動用燃料でガスタービンを起動し、その発電出力やガスタービン排ガスを利用して石炭ガス化炉を起動させ、起動完了後にガス化炉の運用を開始し、ガス精製設備および CO<sub>2</sub> 回収貯留設備を経て、燃焼器に水素含有燃料が供給されるシステムが想定される。このため、ガスタービンは軽油などの起動用燃料焚き運転条件の部分負荷で待機する必要がある。そこでパイロットバーナーの中央には、起動から部分負荷までの運用を可能とする油ノズルを備え、その外周には空気孔と燃料ノズルが一對となった同軸噴流バーナーを2列配置し、油専焼、油/ガスの混焼、ガス専焼を可能にするとともに、ガス焚きでの低 NO<sub>x</sub> 燃焼が可能な構造とした。

一方、メインバーナーは同心円状に3列の同軸噴流バーナーで構成し、メインバーナーの保炎用である最内周（第1列）と低 NO<sub>x</sub> 燃焼用の外周側（第2，3列）の同軸噴流バーナーで構成した。試験では、最内周と外周側の同軸噴流バーナーに供給する燃料流量を変化させて燃焼特性を確認した。なお、本研究では、燃焼器に供給する全燃料流量に対し、パイロットバーナーに供給する燃料流量の比率をパイロットバーナー燃料比率と定義した。また、メインバーナーに供給する全燃料流量に対し、外周側（第2，3列）に供給する燃料流量の比率をメインバーナー外周燃料比率と定義した。

表Ⅲ2-2-1 に試験条件を示す。試験用燃料は水素(H<sub>2</sub>)、メタン(CH<sub>4</sub>)、窒素(N<sub>2</sub>)の3成分で調整し、CO<sub>2</sub> 回収率 (CCS) 0%、30%、50%条件における組成を想定して成分を調整した。CCS の条件が0%から90%まで変化すると、燃料中の水素濃度は40%から84%まで変化する。また、燃焼器入口における空気圧力は0.6 MPaである。

図Ⅲ2-2-2 に、平板型空気孔旋回プレートを備えた燃焼器を用い CCS 0%燃料を燃焼した場合の部分負荷条件における NO<sub>x</sub> 排出特性（酸素濃度16%換算）を示す。想定される IGCC プラントのガスタービンの運転を模擬して、起動から定格負荷条件までを以下の方法で運転した。先ずパイロットバーナーにおいて、起動用燃料である油燃料にて着火し、25%負荷条件まで負荷上昇した。25%負荷条件では、パイロットバーナーにおいて油燃焼からガス燃焼へと燃焼モードを切り替え、さらに外周に設けたメインバーナー3個にガス燃料を供給し、パイロットバーナーとメインバーナー3個の燃焼モードに切り替えた。同様の燃焼モードで燃料流量を増加させ、50%負荷条件まで負荷を上昇させた。50%負荷条件において、残り3個のメインバーナーに燃料を供給し、全バーナーによる燃焼モードで定格負荷条件まで負荷上昇した。



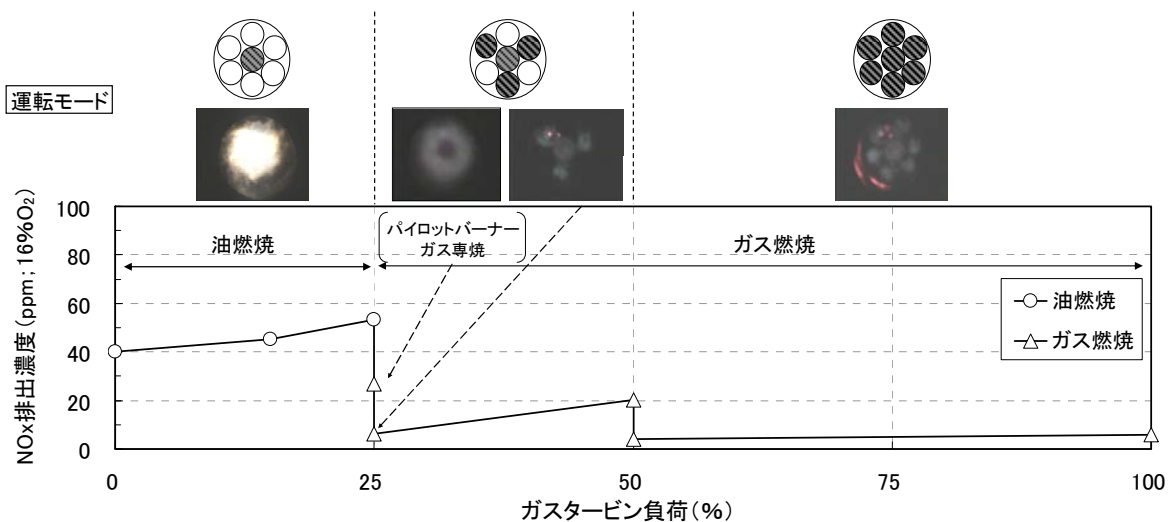
図Ⅲ2-2-1 マルチクラスタバーナー形式低 NO<sub>x</sub> 燃焼器の構造(平板型空気孔プレート)

表Ⅲ2-2-1 中圧試験条件

項目	単位	試験用燃料				
		CCS 0%	CCS30%	CCS50%	CCS90%	
ガスタービン負荷	%	100				
空気流量	Kg/s	2.9				
空気温度	℃	387				
空気圧力(燃焼器入口)	MPa	0.6				
燃料性状	水素 (H <sub>2</sub> )	vol. %	40	55	65	84
	メタン(CH <sub>4</sub> )	vol. %	18	16	6	2
	窒素 (N <sub>2</sub> )	vol. %	42	29	29	14
	低位発熱量	MJ/m <sup>3</sup> N	11	12	9	10

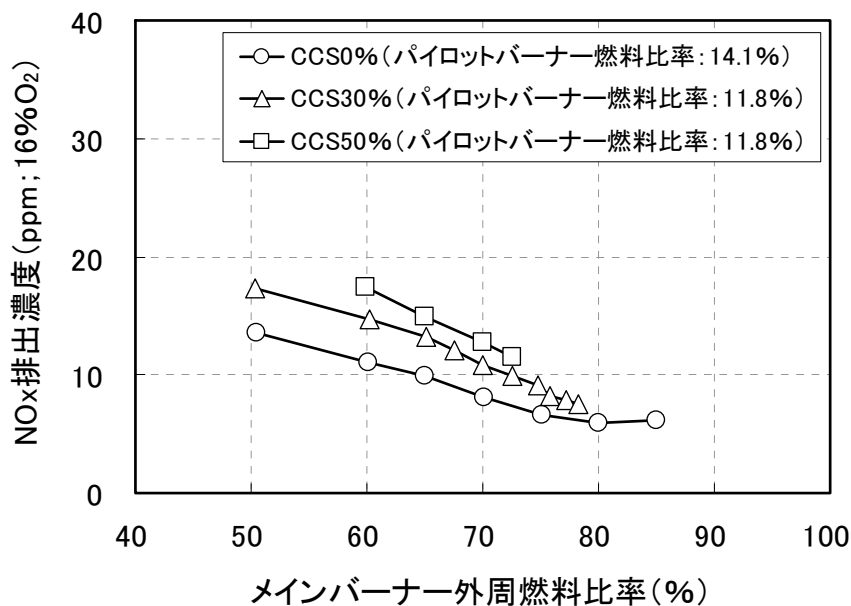
油焚きの NOx 排出濃度は、0%負荷条件で 40ppm、25%負荷条件で 54ppm に増加する。25%負荷条件でパイロットバーナーの燃焼モードを油燃焼からガス燃焼へ切り替えると、クラスタバーナーによる低 NOx 燃焼により NOx 排出濃度は 27ppm まで減少し、さらに外周のメインバーナー 3 個を燃焼させることで NOx 排出濃度は 6ppm まで減少する。その後、負荷上昇により 50%負荷条件での NOx 排出濃度は増加するが、50%負荷条件で残り 3 個のメインバーナーも燃焼させることで NOx 排出濃度はさらに減少し、全バーナー燃焼による 50%負荷以上の範囲で、10ppm 以下の低 NOx 燃焼が可能なことを確認した。

次に、平板型空気孔旋回プレートを備えた燃焼器の定格負荷条件の試験結果を説明する。図Ⅲ2-2-3 に、メインバーナー外周燃料比率に対する NOx 排出濃度と燃焼効率を示す。図示した最大外周燃料比率 (CCS 0% : 85%, CCS30% : 78%, CCS50% : 73%) は、安定燃焼が可能な最大の燃料比率を表す。いずれの CCS 条件の燃料においても、外周燃料比率の増加に伴い NOx 排出濃度は低下する傾向を示す。CCS 0% の NOx 排出濃度は、外周燃料比率が 60% で 11ppm、70% で 8ppm、80% で 6ppm となり、外周燃料比率 80% で最も低い値を示す。また、中圧条件ではあるが、外周燃料比率が 65% 以上で NOx 排出濃度が 10ppm 以下となる結果が得られた。CCS30% の NOx 排出濃度は、外周燃料比率 78% で 8ppm と最も低くなり、外周燃料比率が 73% 以上の条件で NOx 排出濃度が 10ppm 以下となることを確認した。しかし、CCS50% においては、外周燃料比率が 73% の条件で NOx 排出濃度は 12ppm であり、低 NOx 化に対しさらなる工夫が必要である。また、CCS の条件が大きくなると最大外周燃料比率は減少し、同一外周燃料比率、およびそれぞれの最大外周燃料比率における NOx 排出濃度は増加する傾向にあることを確認した。一方、燃焼効率はいずれの CCS 条件の燃料でも 99.9% 以上あり、燃焼安定性は良好であることを確認した。

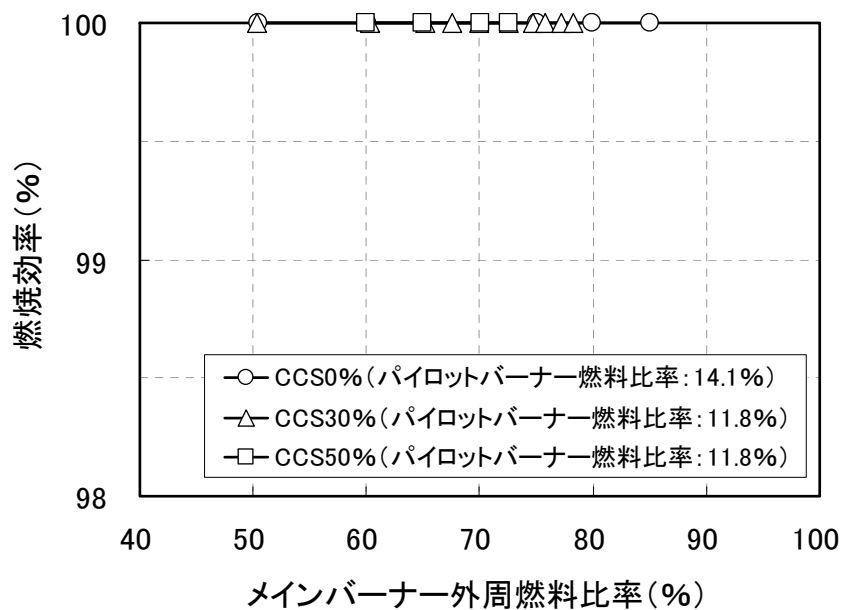


図Ⅲ2-2-2 部分負荷条件の NOx 排出特性 (CCS 0%, 中圧条件)





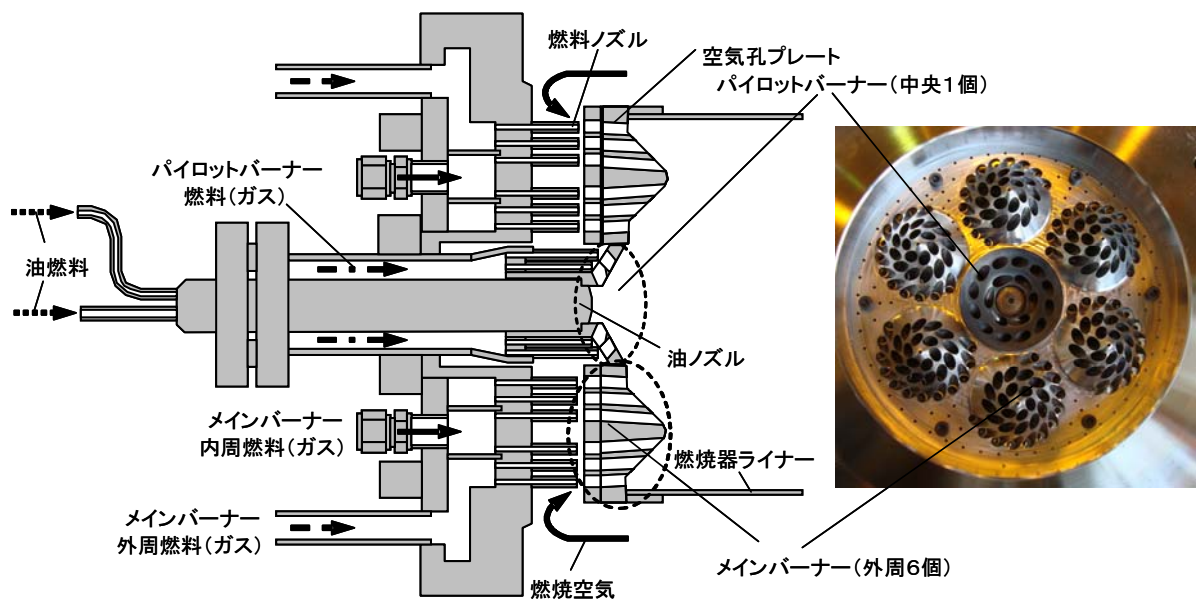
(a) NO<sub>x</sub> 排出濃度



(b) 燃焼効率

図Ⅲ2-2-3 定格負荷条件の燃焼特性(中圧条件)

図Ⅲ2-2-4 に、クラスタバーナー中央部を凸型に燃焼室に向けて突出させた構造の凸型空気孔旋回プレートを備えたマルチクラスタバーナー形式低 NO<sub>x</sub> 燃焼器構造を示す。凸型空気孔旋回プレートは、大気圧燃焼試験で NO<sub>x</sub> 排出濃度を低下させる効果が確認されたものである。燃焼器の中央に配置したパイロットバーナーは、平板型空気孔旋回プレートを備えたマルチクラスタバーナー形式低 NO<sub>x</sub> 燃焼器と同一であり、その外周に低 NO<sub>x</sub> 燃焼用の凸型メインバーナーを 6 個配置した。凸型メインバーナーは、平板型空気孔旋回プレートに設けたメインバーナーと同様に同心円状に 3 列の同軸噴流バーナーで構成し、メインバーナーの保炎用である最内周 (第 1 列) と低 NO<sub>x</sub> 燃焼用の外周側 (第 2, 3 列) の同軸噴流バーナーで構成した。試験では、最内周と外周側の同軸噴流バーナーに供給する燃料流量を変化させて燃焼特性を確認した。燃焼試験におけるパラメータは、パイロットバーナー燃料比率およびメインバーナー外周燃料比率である。



図Ⅲ2-2-4 マルチクラスターバーナー形式低 NOx 燃焼器の構造(凸型空気孔プレート)

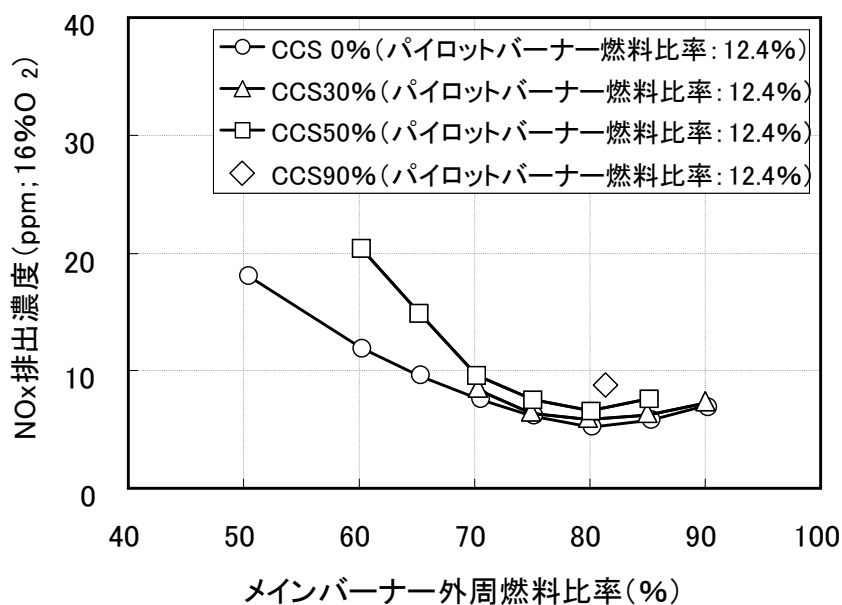
図Ⅲ2-2-5 に、凸型空気孔旋回プレートを備えた燃焼器の定格負荷条件の試験結果について、メインバーナー外周燃料比率に対する NOx 排出濃度と燃焼効率を示す。図示した最大外周燃料比率 (CCS 0% : 90%, CCS30% : 90%, CCS50% : 85%, CCS90% : 81%) は、安定燃焼が可能な最大の燃料比率を表す。いずれの CCS 条件の燃料においても、外周燃料比率の増加に伴い NOx 排出濃度は低下する傾向を示す。CCS 0% の NOx 排出濃度は、外周燃料比率が 60% で 11ppm, 70% で 8ppm, 80% で 5.4ppm となり、外周燃料比率 80% で最も低い値を示す。また、中圧条件ではあるが、外周燃料比率が 65% 以上で NOx 排出濃度が 10ppm 以下となる結果が得られた。さらに、最も低い NOx 排出濃度は、平板型空気孔旋回プレートを備えたマルチクラスターバーナー形式低 NOx 燃焼器よりも減少しており、大気圧燃焼試験において見出した凸型形状空気孔プレートによる NOx 低減効果が確認された。

CCS30% の NOx 排出濃度は、外周燃料比率 80% で 5.8ppm と最も低くなり、外周燃料比率が 70% 以上の条件で NOx 排出濃度が 10ppm 以下となることを確認した。平板型空気孔旋回プレートを備えたマルチクラスターバーナー形式低 NOx 燃焼器では、最大外周燃料比率は 78% までであったが、凸型空気孔旋回プレートを採用することで、安定燃焼範囲が拡大し外周燃料比率を 90% まで設定可能であり、その結果、NOx 排出濃度の最低値は 8ppm から 5.8ppm まで低減している。また、CCS 条件の違いによる NOx 排出濃度の差も縮小しており、混合度の高い希薄燃焼が実現できていると考えられる。

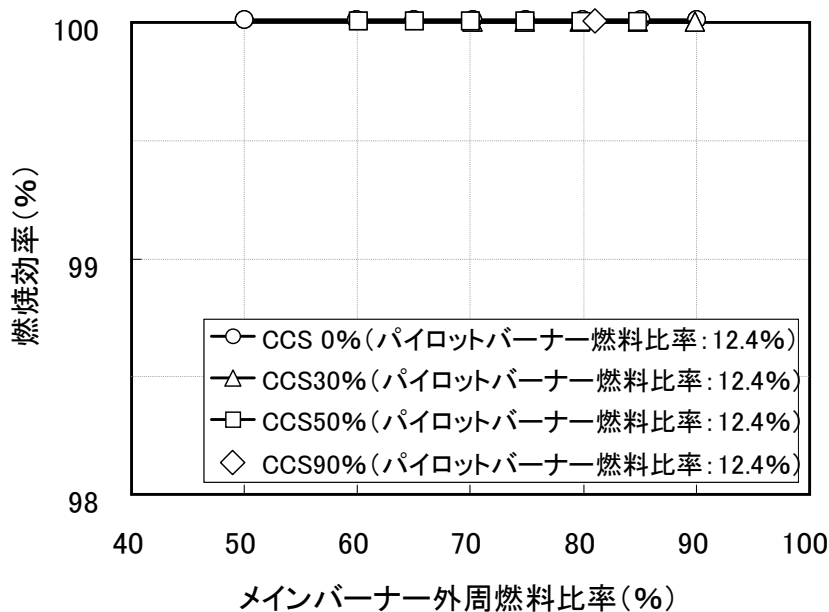
さらに、CCS50% においても外周燃料比率が 80% の条件で NOx 排出濃度は 6.5ppm まで低下し、中間評価目標値である 10ppm 以下を達成した。

CCS90% については旋回プレートの壁温が管理値を超えて上昇し、信頼性上の理由から 1 点のみの試験結果に留まっているが、外周燃料比率 81% において NOx 排出濃度は 9.2ppm であり中間評価目標値である 10ppm 以下を達成した。

凸型空気孔旋回プレートを備えた燃焼器では、安定燃焼範囲が広がり設定可能な最大外周燃料比率が拡大し、NOx 排出濃度が極小となる外周燃料比率 80% 以上の条件での安定燃焼を実現している。また、極小 NOx 排出濃度となる外周燃料比率 80% 近傍の NOx 排出濃度は、CCS 条件の変化に対して殆ど変化せず、混合度の高い希薄燃焼が実現しているものとする。一方、燃焼効率はいずれの CCS 条件の燃料でも 99.9% 以上あり、燃焼安定性は良好であることを確認した。



(a) NOx 排出濃度



(b) 燃焼効率

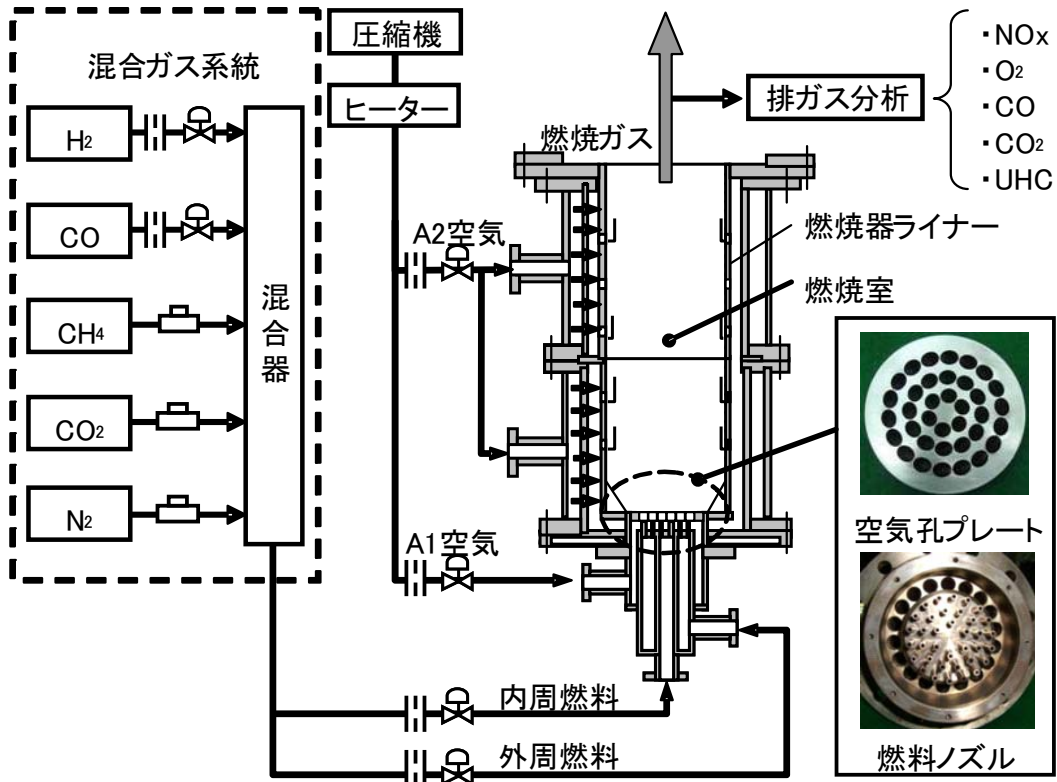
図Ⅲ2-2-5 定格負荷条件の燃焼特性(中圧条件)

## (2) クラスタバーナーの構造検討(大気圧要素試験)

研究成果の概要の章で述べたように、高効率ゼロエミッション石炭火力発電として有望な酸素吹き IGCC に燃焼前回収法を組み合わせた方式の CCS-IGCC プラントでは、CO<sub>2</sub> の回収率に応じて水素濃度が幅広く変化する高水素濃度燃料がガスタービンに供給される。本研究では、前述のように幅広い水素濃度の変化に対して、同一バーナー構造で燃焼可能なドライ低 NO<sub>x</sub> 燃焼技術の開発を目的とする。ドライ低 NO<sub>x</sub> 燃焼を実現する手段としては、燃料ノズルと空気孔を同軸に配置した構造をもち、燃料と空気の高軸噴流によって短い距離で急速に混合できる多孔同軸噴流バーナー(クラスタバーナー)を用い、その基本的な最適形状を大気圧燃焼試験で検討する。

図Ⅲ2-2-6 に、本試験で使用した大気圧要素試験装置を示す。試験装置には燃料となる水素、

一酸化炭素，メタン，二酸化炭素，および窒素を供給でき，各々のガス系統に備えた流量調整弁で各成分の流量を調整することで燃料組成の調整が可能である。混合器の下流には，オリフイス流量計と流量調節弁を2系統備えており，各々の流量を調整することで，バーナーの第1列空気孔に供給する燃料（内周燃料），および第2，3列空気孔へ供給する燃料（外周燃料）の流量配分を調整できる。燃焼に必要な空気は圧縮機より供給され，供給配管の途中に設けたヒーターによって空気を加熱できる。バーナーへ供給する空気はA1系統より，また，燃焼器ライナーの冷却空気はA2系統より供給した。排ガス分析については，燃焼室の下流位置で燃焼ガスを採取し，NO<sub>x</sub>，酸素(O<sub>2</sub>)，一酸化炭素(CO)，二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)，未燃炭化水素(Unburned Hydrocarbon, UHC)を計測した。



図Ⅲ2-2-6 大気圧燃焼試験装置(平成20年度)

図Ⅲ2-2-7に，試験で使用したクラスタバーナーの構造を示す。クラスタバーナーは空気を燃焼室に供給するための空気孔プレートと，空気孔プレート上流に同軸に配置した複数の燃料ノズルで構成される。このような同軸噴流構造を持つクラスタバーナーでは，空気孔プレート入口での縮流や燃料ノズルの後流などにより，空気孔プレートに流入する空気流れに微小な乱流渦が生成され，空気孔内部でも予備的な混合が行われる。また，空気孔プレートから同軸噴流が噴出した際の急拡大を契機として，上記の微小な空気渦が崩壊することで急速に燃料と空気の混合が進行する。この効果により短い混合距離でも均一に近い混合気が形成できる。さらに，クラスタバーナーでは，燃料と空気の混合過程は主に空気孔プレートから同軸噴流が噴出した後に進行するため，バーナー構造物内に燃料と空気が混在して可燃範囲になる領域がほとんどないことが特徴である。

クラスタバーナーは上記のような特徴を持つため，水素のような発火しやすく燃焼速度が速い化学種を主成分とする燃料に対しても，バーナー構造物内に火炎が逆流したり，構造物内で自発火したりする可能性は低い。また，同軸噴流が燃焼室内に噴出した後に急速に混合が進行するため，火炎の位置をバーナー構造物から適切な距離に制御できれば，十分に均一化された

希薄混合気を燃焼させることができ、予混合燃焼バーナーと同等の低 NOx 燃焼性能が実現できる。したがって、CCS-IGCC プラントにおける幅広い水素濃度の変化に対して、同一バーナー構造で燃焼可能なドライ低 NOx 燃焼バーナーとして、最も実現性が高い構造である。

本研究では、クラスタバーナーにおいて、予混合燃焼バーナーと同等の低 NOx 燃焼性能を発揮する火炎を形成させるため、クラスタバーナーの各構成について検討した。

平成 20 年度は、平板型の空気孔プレートを用い、空気孔に与える旋回角をパラメータとしてクラスタバーナー形状の最適化を図った。また、上記のような旋回角分布により実現される火炎に対して、供給される燃料と空気の混合度を変化させる目的で、燃料ノズルの噴孔径を変化させ大気圧燃焼試験を実施した。

図 III 2-2-7 に、平成 20 年度に実施した大気圧燃焼試験に用いたクラスタバーナーの試験品および形状のパラメータを示す。図中の  $\theta_i$  ( $i=1, 2, 3$ ) は、バーナー中心から数えて  $i$  列目の空気孔旋回角を表す。Case 1~Case 3 では、空気孔プレートの旋回角を変化させてパラメータとし、燃料ノズルは噴孔径  $\phi 3.0$  のノズルを使用した。また、Case 4 は Case 2 と同じ空気孔プレートを使用し、燃料ノズルは噴孔径  $\phi 1.5$  のノズルを使用した。本試験では、1 列目の空気孔に噴射する燃料を内周燃料、2 列目、3 列目の空気孔に噴射する燃料を外周燃料とし、全燃料流量に対する外周燃料流量の比を外周比率と呼ぶ。

表 III 2-2-2 に試験条件を示す。本試験では、空気流量を一定条件のもと燃料流量を変化させ、バーナー出口温度を変化させた。燃焼器内圧は大気圧である。試験に用いる試験燃料は、中圧燃焼試験との整合を取るため水素 ( $H_2$ )、メタン ( $CH_4$ )、窒素 ( $N_2$ ) の 3 成分により、 $CO_2$  分離回収率 (CCS : Carbon dioxide Capture Storage) 0%, 50%, 90% の実機の組成条件を想定して調整した。また、参考のため実機で想定される燃料組成例を表 III 2-2-3 に示す (出典 : NEDO ほか : 「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」 調査報告書 : (2005.3) )。

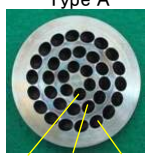


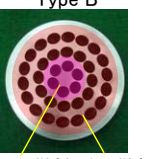
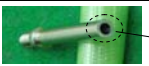
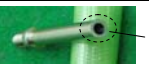
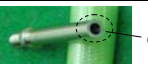

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
空気孔プレート	Type A  $\phi 8.0$ $\theta_1: 22.5^\circ$ $\theta_2: 30.4^\circ$ $\theta_3: 35.5^\circ$ 1列目 2列目 3列目	Type B  $\phi 8.0$ $\theta_1: 26.0^\circ$ $\theta_2: 33.5^\circ$ $\theta_3: 37.1^\circ$	Type C  $\phi 8.0$ $\theta_1: 20.5^\circ$ $\theta_2: 27.9^\circ$ $\theta_3: 34.1^\circ$	Type B  $\phi 8.0$ $\theta_1: 26.0^\circ$ $\theta_2: 33.5^\circ$ $\theta_3: 37.1^\circ$ 内周燃料 外周燃料
燃料ノズル	 $\phi 3.0$ 単一孔	 $\phi 3.0$ 単一孔	 $\phi 3.0$ 単一孔	 $\phi 1.5$ 単一孔

図 III 2-2-7 平成 20 年度大気圧燃焼試験クラスタバーナー試験品

表 III 2-2-2 大気圧試験条件

CCS		0%	50%	90%
燃焼器内圧	MPa	0.1013		
空気流量	$m^3N/h$	157		
空気温度	$^\circ C$	350		
空気流速	m/s	55		
$H_2$	Vol. %	40	65	84
$CH_4$	Vol. %	18	6	2
$N_2$	Vol. %	42	29	14
LHV	$MJ/m^3N$	13	11	11
バーナー出口温度	$^\circ C$	~1500 (1600)		

表Ⅲ2-2-3 実機想定燃料組成

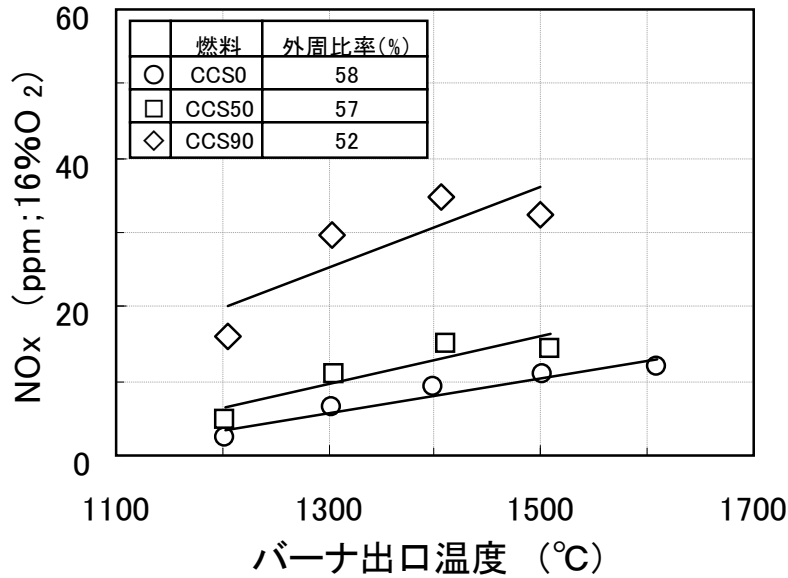
CCS		0%	50%	90%
H <sub>2</sub>	Vol. %	27	58	84
CO	Vol. %	60	31	5
CH <sub>4</sub>	Vol. %	1	1	1
不活性ガス	Vol. %	13	11	11
LHV	MJ/m <sup>3</sup> N	11	11	10

Case 1～Case 4におけるNOx排出特性と燃焼効率の試験結果を図Ⅲ2-2-8～図Ⅲ2-2-11に示す。図中に示す外周比率は、それぞれの燃料に対して、燃焼騒音の発生などがなく安定に燃焼した最大の外周燃料比率を示す。大気圧燃焼試験では、バーナー出口温度 1500℃の条件で燃焼騒音の発生などがなく安定に燃焼した最大の外周燃料比率を調べ、その外周燃料比率を保ってバーナー出口温度を変化させた。

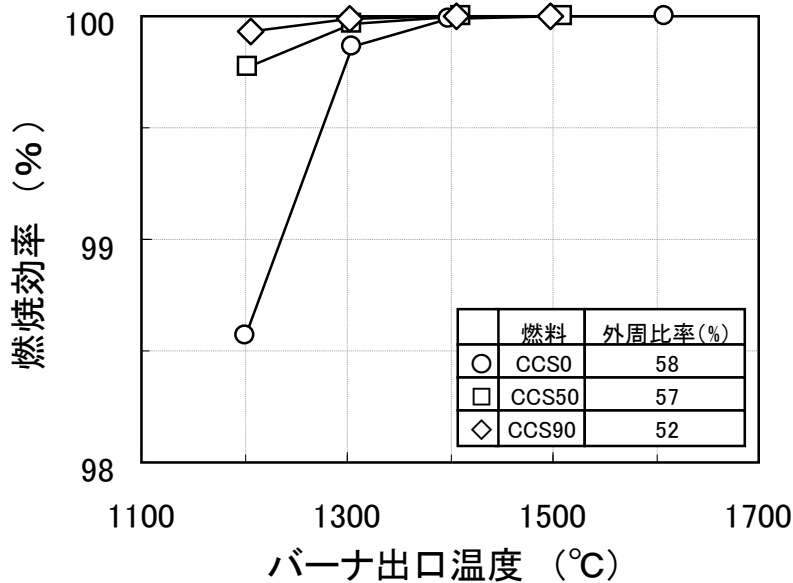
#### 1) 試験結果(Case 1)

図Ⅲ2-2-8に、空気孔プレート Type A と噴孔径φ3.0の燃料ノズルを組み合わせた Case 1のバーナーのNOx排出特性と燃焼効率を示す。Case 1のバーナーにおいては、燃焼騒音の発生などがなく安定に燃焼した最大の外周燃料比率は、CCS 0%で58%、50%で57%、90%で52%であった。まず、図Ⅲ2-2-8(a)のNOx排出特性について説明する。図中の縦軸は計測したNOx排出濃度を酸素濃度16%に換算した値である。CCS 0%、50%、90%のいずれの燃料も、バーナー出口温度が高くなるにつれてNOx排出濃度は増加する傾向を示す。CO<sub>2</sub>分離回収率の違いによるNOx排出濃度を比較すると、バーナー出口温度1500℃の条件において、CCS 0%で11ppm、30%で16ppm、90%で32ppmとなり、CO<sub>2</sub>分離回収率の増加、すなわち水素濃度の増加によって、NOx排出濃度が増加することを確認した。また、CO<sub>2</sub>分離回収率0%～90%の燃料を同一のバーナー構造で安定燃焼が可能であることを確認した。

次に、図Ⅲ2-2-8(b)に Case 1のバーナーの燃焼効率を示す。燃焼効率とは、燃焼器に供給した入熱量に対する、実際に燃焼に使われた有効熱量の割合である。いずれの燃料もバーナー出口温度の低下に伴い、燃焼効率は低下する傾向を示す。また、燃料中の水素濃度の低下に伴い燃焼効率は低下する傾向を示すが、試験に供した最も低いバーナー出口温度1200℃の条件においても燃焼効率は98.5%以上であり、火炎の吹き消えや圧力変動などの現象は発生せず安定に燃焼した。



(a) NO<sub>x</sub> 排出特性



(b) 燃焼効率

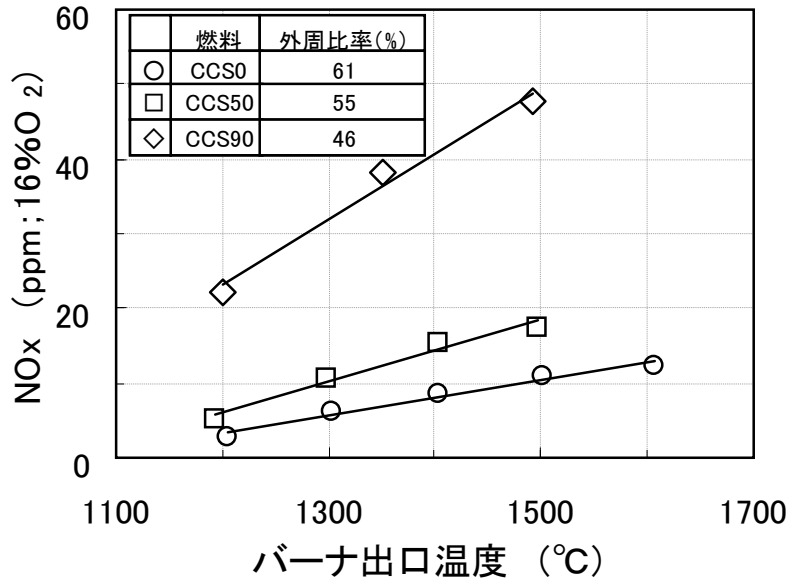
図Ⅲ2-2-8 大気圧燃焼試験結果 (Case 1)

## 2) 試験結果 (Case 2)

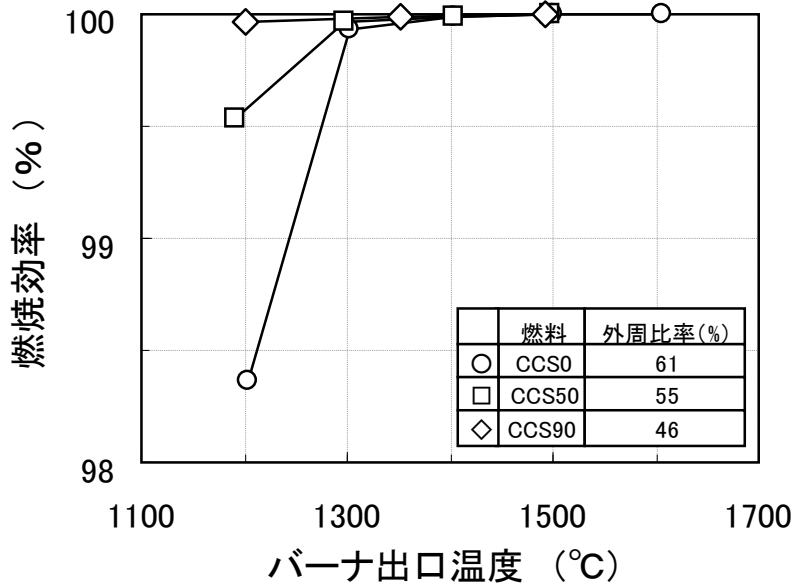
図Ⅲ2-2-9 に、空気孔プレート Type B と噴孔径  $\phi 3.0$  の燃料ノズルを組み合わせた Case 2 のバーナーの NO<sub>x</sub> 排出特性と燃焼効率を示す。Case 2 のバーナーにおいては、安定に燃焼した最大の外周燃料比率は、CCS 0%で 61%、50%で 55%、90%で 46%であった。

図Ⅲ2-2-9(a)の NO<sub>x</sub> 排出特性より、Case 2 の場合も Case 1 と同様にバーナー出口温度が高くなるにつれて NO<sub>x</sub> 排出濃度は増加する傾向を示す。特に、水素濃度の高い CCS90%での NO<sub>x</sub> 排出濃度の増加が顕著である。

次に、Case 2 のバーナーの燃焼効率を図Ⅲ2-2-9(b)に示す。いずれの燃料もバーナー出口温度の低下に伴い燃焼効率は低下する傾向を示す。試験に供した最も低いバーナー出口温度 1200°Cの条件で、特に CCS 0%において燃焼効率が 98.4%と低下するが、火炎の吹き消えや圧力変動などの現象は発生せず安定に燃焼した。



(a) NOx 排出特性



(b) 燃焼効率

図Ⅲ2-2-9 大気圧燃焼試験結果 (Case 2)

### 3) 試験結果 (Case 3)

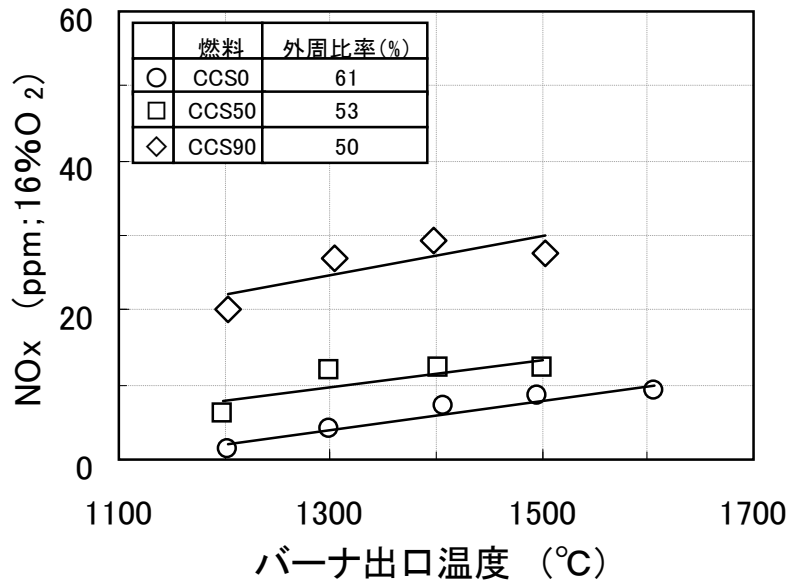
図Ⅲ2-2-10 に空気孔プレート Type C と噴孔径  $\phi 3.0$  の燃料ノズルを組み合わせさせた Case 3 のバーナーの NOx 排出特性と燃焼効率を示す。Case 3 のバーナーにおいては、安定に燃焼した最大の外周燃料比率は、CCS 0%で 61%、50%で 53%、90%で 50%であった。

図Ⅲ2-2-10(a)の NOx 排出特性より、いずれの燃料もバーナー出口温度の増加に伴い、NOx 排出濃度は増加する傾向を示す。Case 1, 2 と比べて空気孔旋回角が小さい Case 3 のバーナーは NOx 排出濃度が低くなる傾向にある。特に、CCS90%でのバーナー出口温度 1500°Cの NOx 排出濃度は 28ppm であり、Case 2 の 48ppm (図Ⅲ-2.9(a)) や、Case 1 の 32ppm (図Ⅲ-2.8(a)) に比べ低くなり、水素濃度の高い CCS90%でその影響は顕著である。

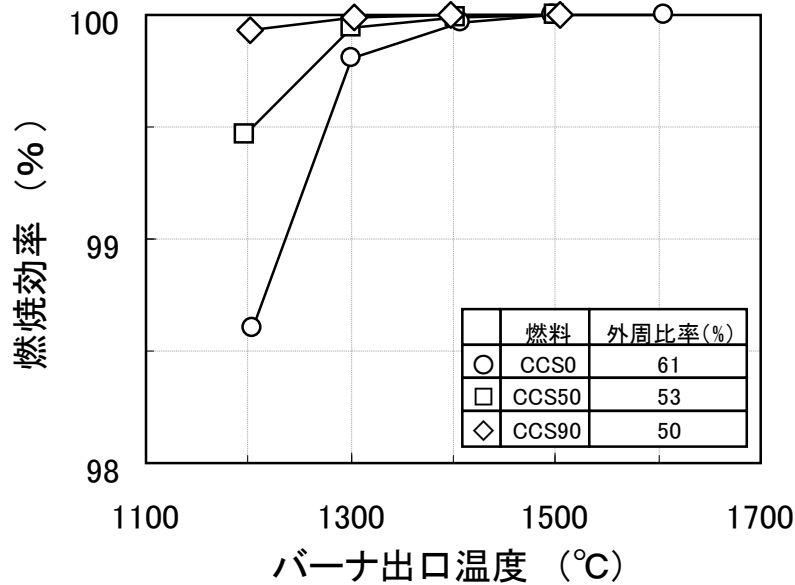
次に、Case 3 のバーナーの燃焼効率を図Ⅲ2-2-10(b)に示す。いずれの燃料もバーナー出口温度の低下に伴い、燃焼効率は低下する傾向を示す。試験に供した最も低いバーナー出口温度 1200°C条件では、燃料中の水素濃度が低い CCS 0%での燃焼効率が 98.6%と低下したが、いず



れの条件でも火炎の吹き消えや圧力変動などの現象は発生せずでも安定に燃焼した。



(a) NOx 排出特性



(b) 燃焼効率

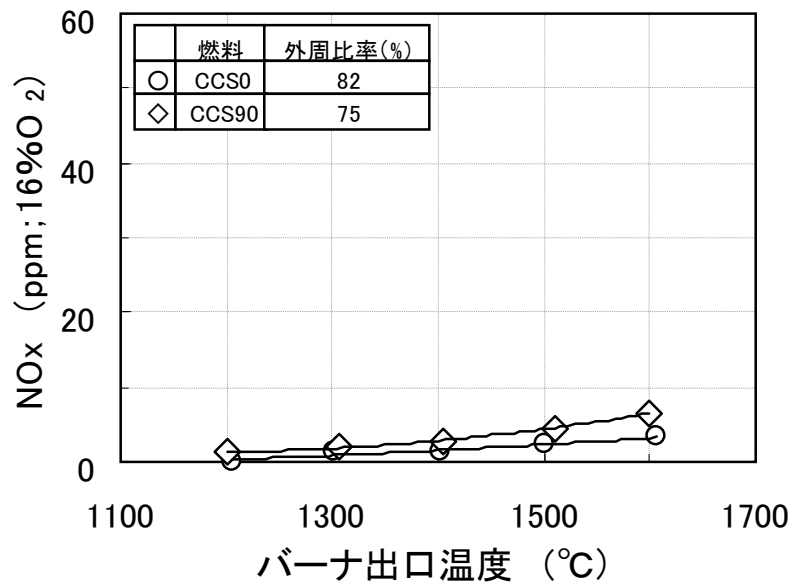
図Ⅲ2-2-10 大気圧燃焼試験結果(Case 3)

#### 4) 試験結果(Case 4)

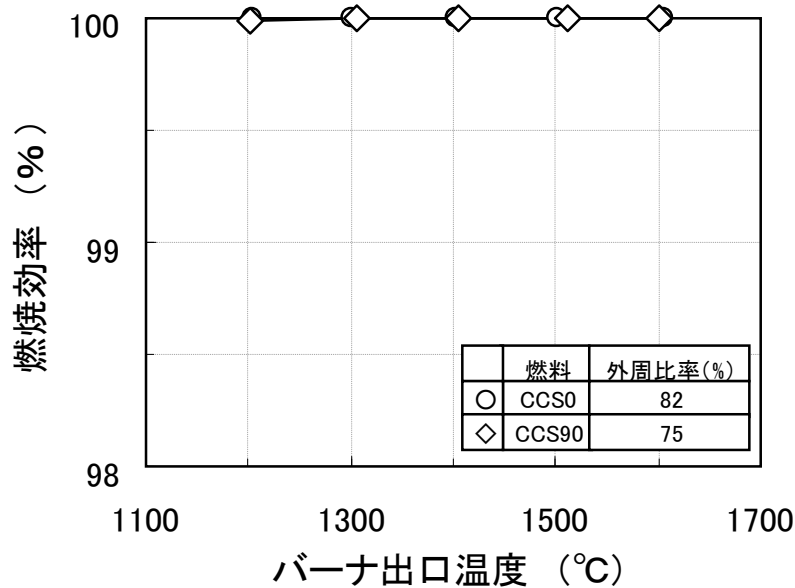
図Ⅲ2-2-11 に、空気孔プレート Type B と噴孔径  $\phi 1.5$  の燃料ノズルを組み合わせた Case 4 のバーナーの NOx 排出特性と燃焼効率を示す。Case 4 のバーナーは燃料ノズルの噴孔径を  $\phi 3.0$  から  $\phi 1.5$  に変更したもので、燃料噴出流速を増加させたときの燃焼特性について検討した。Case 4 のバーナーにおいては、安定に燃焼した最大の外周燃料比率は、CCS 0%で 82%、90%で 75%であった。図Ⅲ2-2-11(a)に示すように、実施した試験範囲内において、Case 4 の NOx 排出濃度は Case 1~3 に比べて低下し、CCS 0%および 90%においても NOx 排出濃度が 10ppm 以下となることを確認した。

一方、燃焼効率は図Ⅲ2-2-11(b)に示すように、バーナー出口温度 1200°Cから 1600°Cの範囲において、ほぼ 100%の結果が得られた。

燃料噴孔径をφ3.0からφ1.5に変更することで、広範囲な条件での低NO<sub>x</sub>化と安定燃焼が達成できることを確認した。



(a) NO<sub>x</sub> 排出特性



(b) 燃焼効率

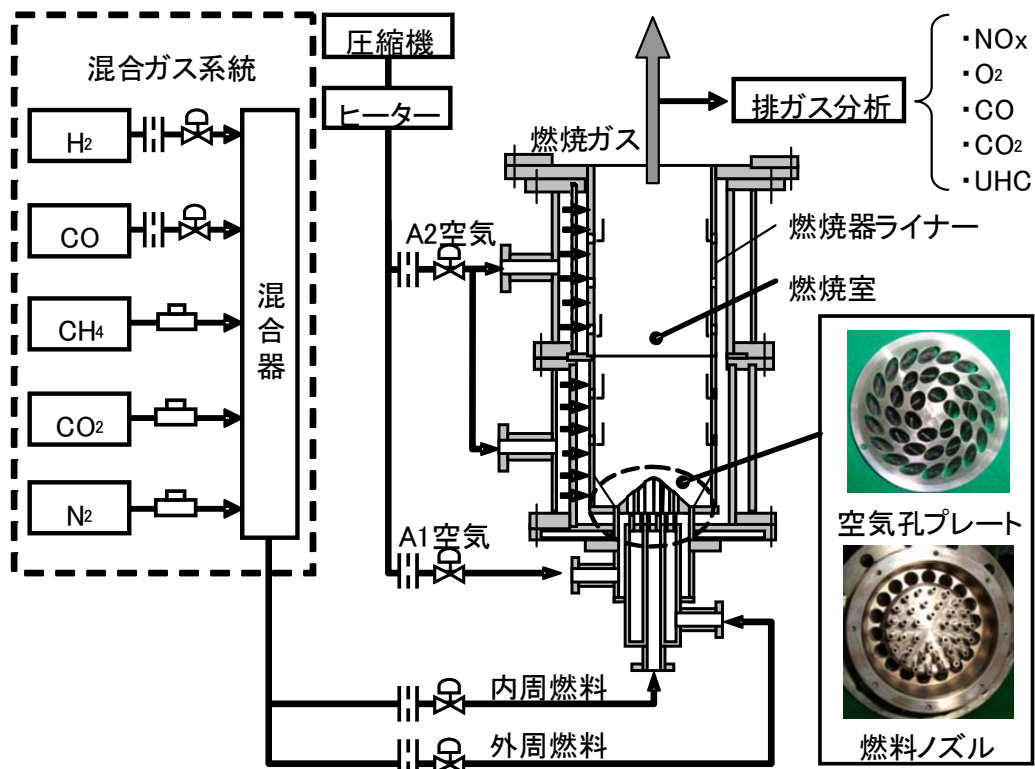
図Ⅲ2-2-11 大気圧燃焼試験結果 (Case 4)

以上、平成20年度に実施した大気圧燃焼試験結果より、以下の成果を得た。

- 1) CCS 0%~90%範囲の燃料(水素濃度 27%~84%)に対し、火炎がバーナー構造物に接近することなく、低NO<sub>x</sub>で安定燃焼するバーナー構造を見出した。
- 2) 燃焼安定性は燃料噴出流速にも依存し、高流速のφ1.5の燃料ノズルを用いると、広範囲な条件で安定燃焼が可能となり、NO<sub>x</sub>排出濃度が10ppm以下となることを確認した。
- 3) バーナー出口温度1200°C条件において、98.4%以上の燃焼効率を確保できることを確認した。また、いずれのバーナーもバーナー出口温度1200°Cの条件で火炎の吹き消えや燃焼騒音の発生などの不安定燃焼は発生せず、安定燃焼することを確認した。

平成 20 年度の成果を踏まえ、平成 21 年度にはさらに安定燃焼範囲を拡大することや、より NO<sub>x</sub> 排出濃度の低減を可能とする構造を見出すことを目的に、クラスタバーナーの空気孔プレートの形状や、半径方向の空気孔径変化の影響について検討した。具体的には、燃焼騒音の発生などがなく、安定に燃焼する最大外周燃料比率をより拡大することを指標とし、クラスタバーナーの中央部を、凸型に燃焼室に向けて突出させた形状について検討した。また、同形状を持つクラスタバーナーの空気孔径を、半径方向に変化させ、燃焼特性を検討した。

図Ⅲ2-2-12 に、本試験で使用した大気圧要素試験装置を示す。本試験装置は図Ⅲ2-2-6 に示す平成 20 年度に使用した試験装置とほぼ同一であり、クラスタバーナーの形状のみが異なるものである。試験装置には燃料となる水素、一酸化炭素、メタン、二酸化炭素、および窒素を供給でき、各々のガス系統に備えた流量調整弁で各成分の流量を調整することで燃料組成の調整が可能である。混合器の下流には、オリフィス流量計と流量調節弁を 2 系統備えており、各々の流量を調整することで、バーナーの第 1 列空気孔に供給する燃料（内周燃料）、および第 2、3 列空気孔へ供給する燃料（外周燃料）の流量配分を調整できる。燃焼に必要な空気は圧縮機より供給され、供給配管の途中に設けたヒーターによって空気を加熱できる。バーナーへ供給する空気は A1 系統より、また燃焼器ライナーの冷却空気は A2 系統より供給した。排ガス分析については、燃焼室の下流位置で燃焼ガスを採取し、NO<sub>x</sub>、酸素(O<sub>2</sub>)、一酸化炭素(CO)、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)、未燃炭化水素(Unburned Hydrocarbon, UHC)を計測した。



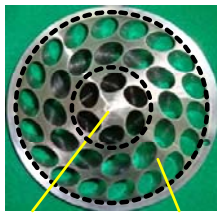



図Ⅲ2-2-12 大気圧燃焼試験装置(平成 21 年度)

図Ⅲ2-2-13 に、平成 21 年度に実施した大気圧燃焼試験に用いたクラスタバーナーの試験品形状および特徴を示す。空気孔プレート Type-A は、平成 20 年度に使用したものと同一形状の平板型であり、空気孔径はすべて同一である。空気孔プレート Type-0 は、中央部を燃焼室側に突出させた凸型形状であり、空気孔径は Type-A と同じである。一方、空気孔プレート Type-P は、空気孔形状が Type-0 と同じ凸型であるが、半径方向に対して空気孔径を変化させている。燃料ノズルは、いずれのケースも噴孔径 3.0mm のものを使用した。

表Ⅲ2-2-4 に、平成 21 年度に実施した大気圧燃焼試験の試験条件を示す。燃焼器内圧は大気

圧であり、バーナー出口温度は 1500℃である。燃料は CCS 0%の試験用燃料を使用した。平成 21 年度は特に外周燃料比率について、より詳細に検討するため、バーナー出口温度を固定して外周燃料比率を変化させ、安定燃焼が可能な最大外周燃料比率の特定と、その際の NOx 排出濃度の評価に注力した。

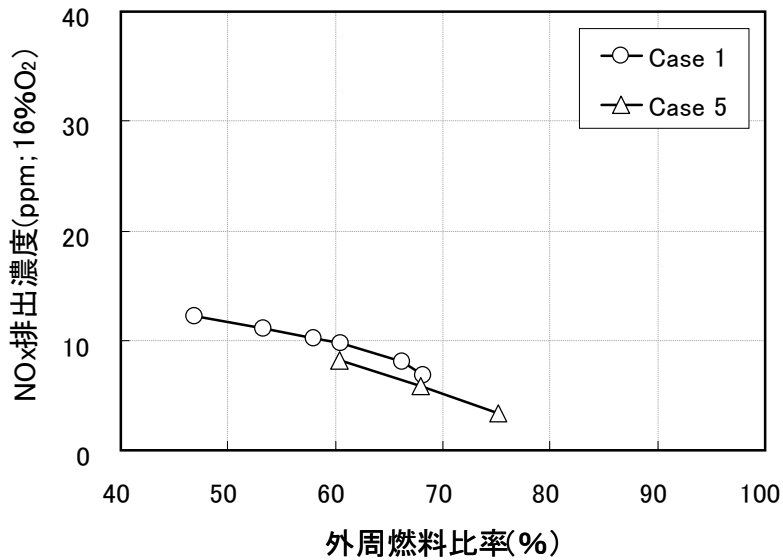
	Case 1	Case 5	Case 6
空気孔プレート	<p>Type-A</p>  <p>第1列 第2列 第3列</p> <p>【特徴】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・空気孔プレート形状: 平板型</li> <li>・空気孔径: 同一</li> </ul>	<p>Type-O</p>  <p>【特徴】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・空気孔プレート形状: 凸型</li> <li>・空気孔径: 同一</li> </ul>	<p>Type-P</p>  <p>内周燃料 外周燃料</p> <p>【特徴】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・空気孔プレート形状: 凸型</li> <li>・空気孔径: 半径方向に変化</li> </ul>
燃料ノズル	 <p>噴孔径φ3.0</p>		

図Ⅲ2-2-13 平成 21 年度大気圧燃焼試験クラスタバーナー試験品

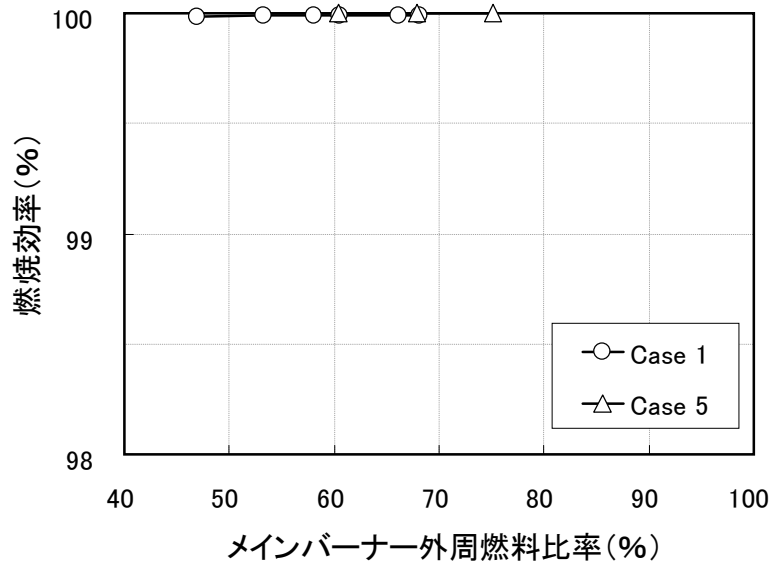
表Ⅲ2-2-4 大気圧要素試験条件

項目	単位	CCS 0%	
空気流量	Nm <sup>3</sup> /h	157 (Case 7 : 170)	
空気温度	℃	350	
燃焼器内圧	MPa	0.1013	
バーナー出口温度	℃	1500	
燃料性状	水素 (H <sub>2</sub> )	vol. %	40
	メタン (CH <sub>4</sub> )	vol. %	18
	窒素 (N <sub>2</sub> )	vol. %	42
	低位発熱量	MJ/Nm <sup>3</sup>	11

まず、NOx 排出濃度の低減に対する空気孔プレート形状の効果を検討する。図Ⅲ2-2-14 に、空気孔プレート Type-A と噴孔径φ3.0の燃料ノズルを組み合わせた Case 1 のバーナーと、空気孔プレート Type-O と噴孔径φ3.0の燃料ノズルを組み合わせた Case 5 のバーナーについて、NOx 排出濃度と燃焼効率を示す。安定燃焼が可能な最大外周燃料比率は、Case 1 のバーナーで 68%、Case 5 のバーナーで 75%であり、空気孔プレートの中央部を燃焼室側に突出させた形状の Case 5 のバーナーの方が、最大外周燃料比率が高くなる。最大外周燃料比率における NOx 排出濃度は、Case 1 が 7ppm、Case 5 が 3ppm となり、Case 5 の方が、NOx 排出濃度が低くなる。また、同一の外周燃料比率で比較した場合でも、Case 5 のバーナーの NOx 排出濃度は、Case 1 のバーナーの NOx 排出濃度を下回っている。したがって、空気孔プレート形状を凸型にすることは、NOx 排出濃度の低減に有効である。燃焼効率はどちらの空気孔プレートも 99.9%以上あり、燃焼安定性は良好である。



(a) NO<sub>x</sub> 排出特性

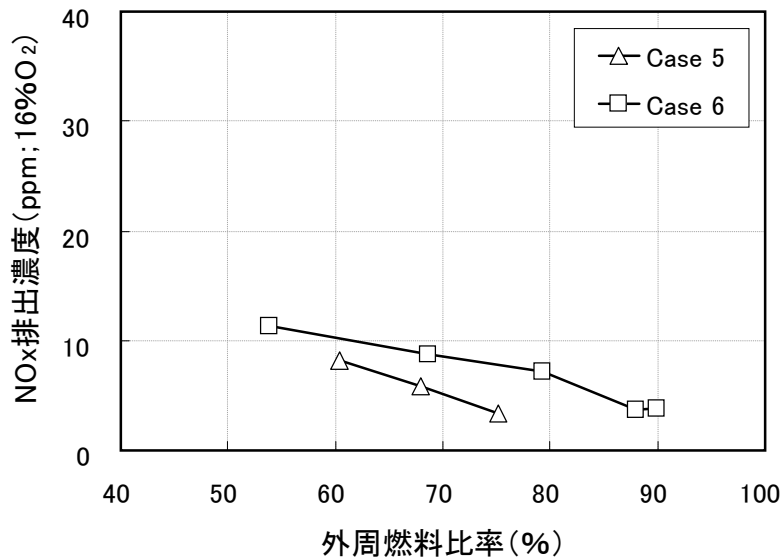


(b) 燃焼効率

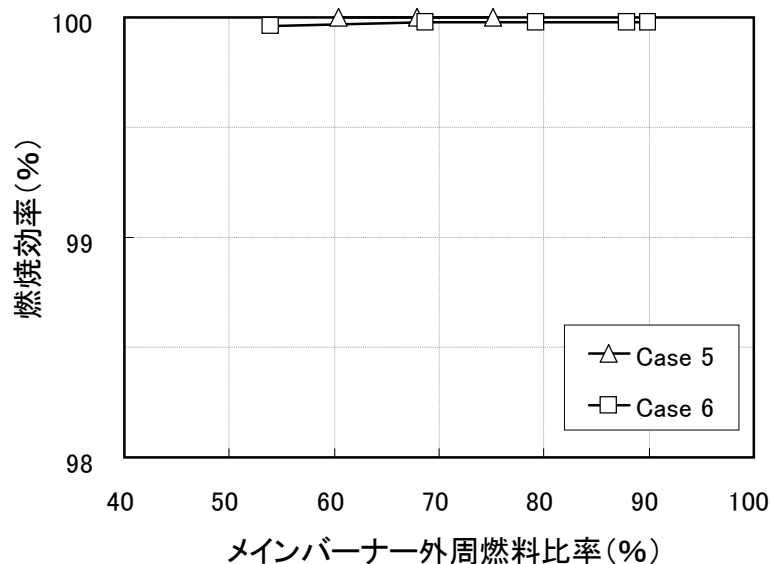
図Ⅲ2-2-14 大気圧燃焼試験結果 (Case 1,5 比較)

次に、バーナーの半径方向に対して空気孔径を変化させた効果を検討する。図Ⅲ2-2-15 に空気孔プレート Type-0 と噴孔径  $\phi 3.0$  の燃料ノズルを組み合わせた Case 5 のバーナーと、空気孔プレート Type-P と噴孔径  $\phi 3.0$  の燃料ノズルを組み合わせた Case 6 のバーナーについて、NO<sub>x</sub> 排出濃度と燃焼効率を示す。安定燃焼が可能な最大外周燃料比率は、Case 5 のバーナーで 75%、Case 6 のバーナーで 90% であり、空気孔径を変化させた Case 6 のバーナーの方が最大外周燃料比率が高くなる。最大外周燃料比率における NO<sub>x</sub> 排出濃度は、Case 5 が 3ppm、Case 6 が 4ppm となり、空気孔径を変化させた Case 6 の方が NO<sub>x</sub> 排出濃度が高く、同一の外周燃料比率で比較した場合でも Case 6 の方が NO<sub>x</sub> 排出濃度が高い。これは Case 6 のバーナーのように空気孔径を変化させた場合には、バーナーの火炎位置において得られる混合気の均一度が低下し、NO<sub>x</sub> 排出濃度が増加したものと考えられる。但し、安定燃焼範囲の拡大効果は顕著であり、最大外周燃料比率が 68% に留まる Case 1 のバーナーと比較すると NO<sub>x</sub> 排出濃度は低い。また、空気孔径を変化させた Case 6 のバーナーにおいても、燃焼効率は 99.9% 以上を保っており、燃焼安定性は良好である。したがって、空気孔径を半径方向に変化させることは、安定燃焼範囲の拡大に有効である。今後は、低 NO<sub>x</sub> 燃焼性能を損なわない範囲で安定燃焼範囲を拡大できるよう

最適化を図り，さらなる低 NO<sub>x</sub> 化と安定燃焼範囲の拡大に努める。



(a) NO<sub>x</sub> 排出特性



(b) 燃焼効率

図 III 2-2-15 大気圧燃焼試験結果 (Case 5,6 比較)

### (3) クラスタバーナーの乱流燃焼解析

大気圧および中圧燃焼試験では，火炎内部の状況の把握が困難であることから，開発を加速するために水素を含む多成分燃料に対応した乱流燃焼解析ツールを開発し，乱流燃焼解析を実施した。乱流燃焼解析により得られる燃焼場の情報は，クラスタバーナーの構造検討にとって有用である。しかし，クラスタバーナーの燃焼形態には，予混合燃焼と拡散燃焼が混在するため，その解析には両方の燃焼形態に燃焼モデルの切り替えなく適用できる燃焼モデルが必要である。

また，本研究で対象としている燃料は，水素を主成分とする多成分燃料であり，複数の可燃成分が複雑な経路で酸化反応に関与する。特に，水素に関しては，高温の火炎が未燃混合気側に侵入する箇所に水素が選択的に拡散し，燃焼反応が進行する選択拡散と呼ばれる現象が起きるため，従来の乱流燃焼解析では取り扱うことが極めて困難であった。そのため，本研究では，上記のように水素を主成分とする多成分燃料について，予混合燃焼と拡散燃焼が混在する燃焼形態の火炎に適用可能な乱流燃焼モデルを開発した。

本解析では、火炎帯の反応進行度分布を双曲正接関数で表現した予混合燃焼モデルを拡散燃焼に拡張することで、予混合燃焼から拡散燃焼に燃焼モデルの切り替えなく適用できる統一的燃焼モデルを開発した。このモデルでは、反応経路に関しては詳細な計算を行わず、火炎帯の反応進行度分布を双曲正接関数で表現している。このため、多成分燃料に対しても多成分燃料が全体として形成する火炎帯の厚みと、多成分燃料全体の燃焼速度を求めれば、多成分燃料に拡張することができる。また、水素の選択拡散効果に関しては、火炎形状の変化を考慮し、水素が選択的に拡散することで加速する分の反応進行度を近似することで、上記のモデルに選択拡散効果を導入することが可能となる。

平成 20 年度には、水素を含む多成分燃料について基礎的な火炎に適用してモデルの妥当性を検討し、平成 21 年度からクラスタバーナーの大気圧要素試験と同様の体系における乱流燃焼解析に着手した。解析対象は、平板型空気孔プレート Type-A と噴孔径  $\phi 1.5$  の燃料ノズルを組み合わせた Case 4、および凸型空気孔プレート Type-0 と噴孔径  $\phi 3.0$  の燃料ノズルを組み合わせた Case 5 のクラスタバーナーであり、両者の比較により空気孔プレート形状の影響を調べた。解析条件は、CCS30%に対応する燃料を使用し、バーナー出口ガス温度が  $1500^{\circ}\text{C}$ 、メインバーナー外周燃料比率が 83.3%である。その結果、円錐状の火炎の形成される様子や燃料の違いによる火炎形状の変化など、実験結果の定性的な傾向を再現できることを確認した。

図 III 2-2-16 に Case 4 と Case 5 の燃焼ガス温度分布を示す。本解析結果より、どちらのバーナーにおいても円錐状の火炎が形成されており、定性的な傾向は再現できている。また、両者を比べると Case 4 に比べて Case 5 の方が、バーナー外周部の高温ガス領域が縮小している。これは凸型形状によりバーナー外周部の流動が変化したことによるものであり、高温ガス領域が縮小することで  $\text{NO}_x$  排出濃度は低減すると考える。今後は、解析結果を実験結果と比較し、ツールの妥当性をさらに検討し改良を加える。

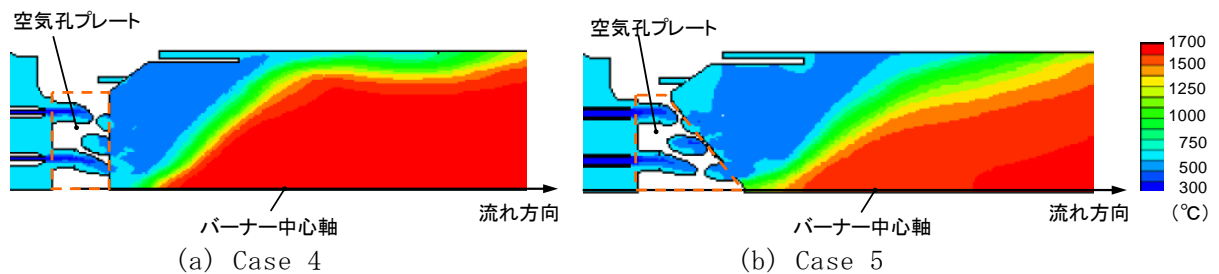


図 III 2-2-16 燃焼ガス温度分布  
(燃料: CCS30%, バーナー出口ガス温度:  $1500^{\circ}\text{C}$ , メインバーナー外周燃料比率: 83.3%)

## IV. 実用化の見通しについて

### IV-1. CO<sub>2</sub>回収型次世代IGCC技術開発

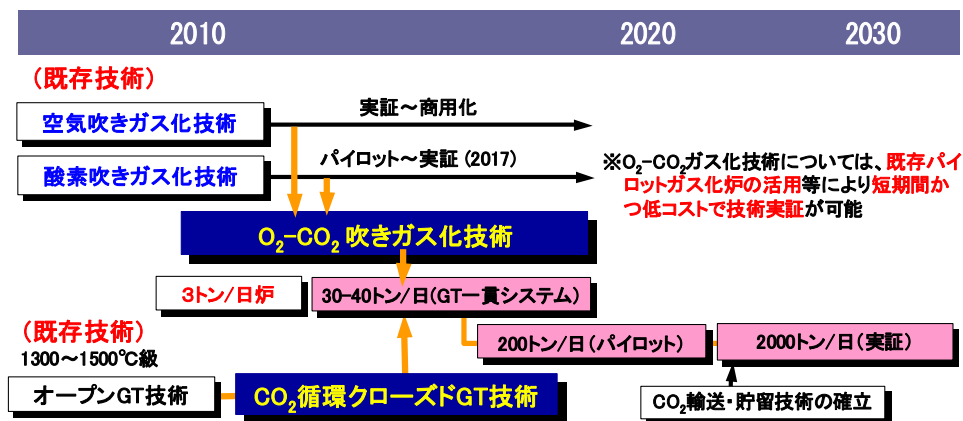
#### 1. 成果実用化の見通し

本提案システムの実用化に向けた開発ステップを図IV1-1-1に示す。本システムは、「O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>ガ吹きガス化技術」および「CO<sub>2</sub>循環クローズドGT技術」の二つの中核技術から成る。これらの技術は、下記に示すように一から開発が必要な新技術ではなく、これまでの知見を活用できるため、効率的開発ならびに研究の加速化が可能である。

- ・ O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>ガス化技術については、我が国の空気吹きガス化炉および酸素吹きガス化炉開発で培った技術の活用が可能である。特に、既存パイロットガス化炉の活用等により短期間かつ低コストで技術実証が可能と考えられる。
- ・ CO<sub>2</sub>循環クローズドGT技術や再生熱交換器の開発は、既往のWENETやAHAT、1700℃級GT開発における知見を有効活用することにより、効率的な開発が可能となる。
- ・ さらに、数十トン級ガス化炉とクローズドGT一貫システムによるベンチプラントで成立性の確認、技術課題の抽出を行うことで、2020-2030年頃のパイロットプラントおよび実証プラント開発へのスムーズな展開が可能になるものと考えられる。
- ・ なお、本技術の開発に当たっては、従前より電中研と大学が一体化した開発体制により推進しており、これにより高度な基盤技術に裏付けられた確度の高い着実な研究開発が可能と考えられる。

波及効果としては、現状のCO<sub>2</sub>回収型火力発電における「高コスト」、「送電端効率の低下」などの課題を解決できれば、CO<sub>2</sub>を大幅に低減する画期的な将来オプションの一つを提供できる可能性があり、次世代の革新的IGCCとして、アジア地域への展開を含め、大きな技術的・経済的インパクトを与えると考えられる。具体的な効果例を以下に示す。

- ・ 本システム採用による石炭燃料の削減効果：  
従来検討されているIGCC+CO<sub>2</sub>回収方式と比べ、石炭量24%の削減、約35億円/年の削減（出力100万kW、石炭価格6100円/トン、利用率70%）
- ・ 本システム採用によるCO<sub>2</sub>削減効果：  
従来検討されているIGCC（回収無し）に比べ、484万t-CO<sub>2</sub>/年の削減（出力100万kW、利用率70%）



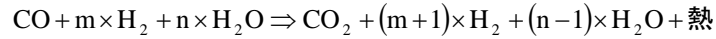
図IV1-1-1 実用化に向けた開発ステップ



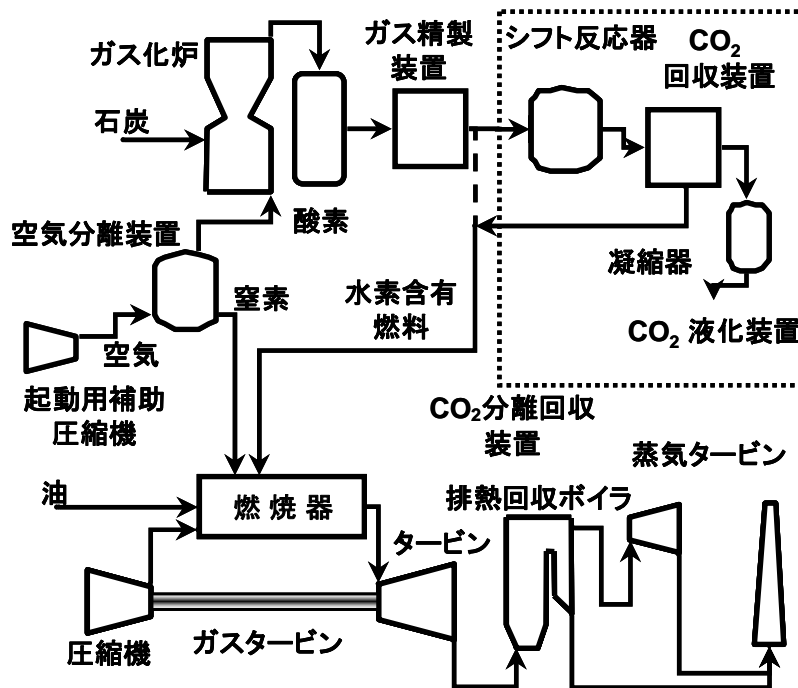
## IV-2. 石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発

### 1. 実用化の見通し

高効率ゼロエミッション石炭火力発電として有望な酸素吹き IGCC に燃焼前回収法を組み合わせた方式の CCS-IGCC プラントの概略構成を図IV2-1-1 に示す。一般に、石炭ガス化ガスは、水素(H<sub>2</sub>)と一酸化炭素(CO)を主成分とするガスであり、ゼロエミッション石炭火力発電を実現するため石炭ガスから炭素分を除去するには、石炭ガス化ガスに水蒸気を添加し触媒などを用いて下記の化学式に示すシフト反応を行わせ、CO を H<sub>2</sub> と CO<sub>2</sub> に転換した後に CO<sub>2</sub> を回収・貯留する。



石炭ガス化ガスからの CO<sub>2</sub> 回収・貯留は、圧力が高く体積流量が少ない状態で、かつ燃焼に關与する空気中の窒素などが混在しない炭素分濃度が高い状態で炭素分を回収・貯留する燃焼前回収方式が、設備がコンパクトになり所要エネルギーおよび補機類も少なくできるため、CO<sub>2</sub> 回収・貯留に伴う送電端効率の低下を小さくできる利点がある。さらに、燃焼前回収方式であってもガス化炉に用いる酸化剤が空気である場合には、ガス化の過程で空気中の窒素(N<sub>2</sub>)が大量に石炭ガス化ガス中に含まれることになり、CO<sub>2</sub> を回収・貯留する対象の石炭ガス化ガス中の CO<sub>2</sub> 濃度が低くなるため、CO<sub>2</sub> 回収効率が低下する懸念がある。したがって、高効率ゼロエミッション石炭火力発電プラントとしては、酸素吹きガス化炉と燃焼前回収方式を組み合わせた方式の CCS-IGCC プラントが有望と考えられている。このような CCS-IGCC プラントでは CO<sub>2</sub> 回収率に応じて水素濃度が幅広く変化する高水素濃度燃料がガスタービンに供給される。



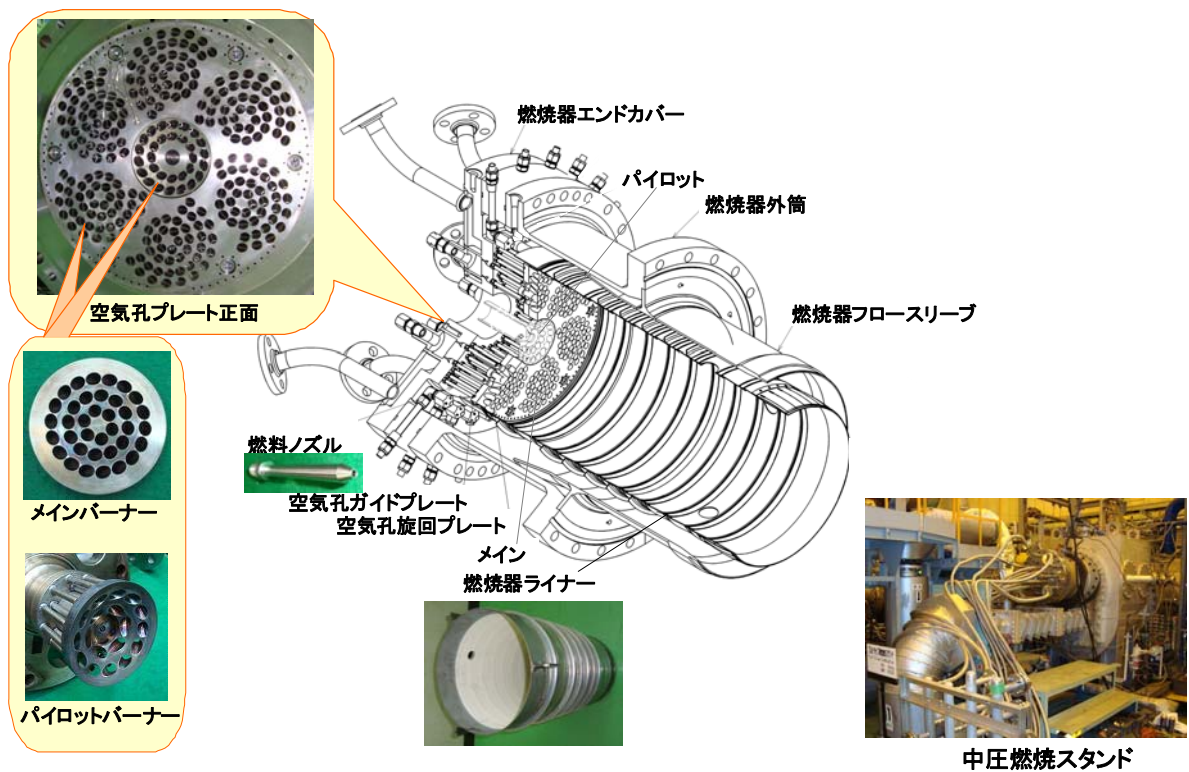
図IV2-1-1 燃焼前 CO<sub>2</sub> 分離・回収付き酸素吹き IGCC プラントの概要

水素は発火しやすく燃焼速度が速いため、予混合燃焼方式の燃焼器で高水素濃度燃料を燃焼させた場合、燃焼室内にある火炎が予混合器流路内に逆流したり、予混合器内で自発火する可能性が高くなったりするため、燃焼器の信頼性が低下する恐れがある。また、火炎の逆流や自発火は燃料の燃焼速度や着火性に依存するため、CO<sub>2</sub>回収率の変化に対応して燃料の水素濃度が変化するとこれらの現象を防止できる条件が変化する。

一方、拡散燃焼方式の燃焼器では、高水素濃度燃料の安定燃焼は可能であるが、燃焼室内で最も燃焼しやすい混合気が形成された位置で燃焼反応が起きるため、局所の火炎温度が高くなり窒素酸化物（NO<sub>x</sub>）の排出濃度が増加する。このため、環境規制を満足するには窒素、あるいは水や蒸気を燃焼器に噴射して局所の火炎温度を低下させ、NO<sub>x</sub> 排出濃度を低減する必要がある。そのため、拡散燃焼方式では、不活性媒体の噴射に伴う発電効率の低下や噴射設備の初期コストおよびプラントランニングコストの上昇という課題が生じる。

したがって、高効率ゼロエミッション石炭火力発電として CCS-IGCC プラントを実現するには、プラントのキー構成要素であるガスタービンの安定した高効率稼動を保証するため、本研究で開発する低 NO<sub>x</sub> 燃焼技術が必要となる。

図IV2-1-2に本研究で開発する低 NO<sub>x</sub> 燃焼技術を適用し、実際のガスタービンに搭載する CCS-IGCC 用ドライ低 NO<sub>x</sub> 燃焼器の構造を示す。図IV2-1-2に示すドライ低 NO<sub>x</sub> 燃焼器は、現在中圧燃焼試験に供している縮小サイズマルチクラスターバーナー形式低 NO<sub>x</sub> 燃焼器とともに並行し中圧試験を進め、低 NO<sub>x</sub> 燃焼性能の実証に供していく予定である。



図IV2-1-2 CCS-IGCC 用ドライ低 NO<sub>x</sub> 燃焼器構造図

表IV2-1-1 に、本研究の大工程および各年度における目標を示す。技術開発に着手した平成 20 年度には、目標である大気圧要素試験における NOx 排出濃度 10ppm 以下を達成し、現在(平成 22 年度 6 月)中間目標である中圧実寸条件における NOx 排出濃度 10ppm 以下達成に向け中圧燃焼試験に注力している。

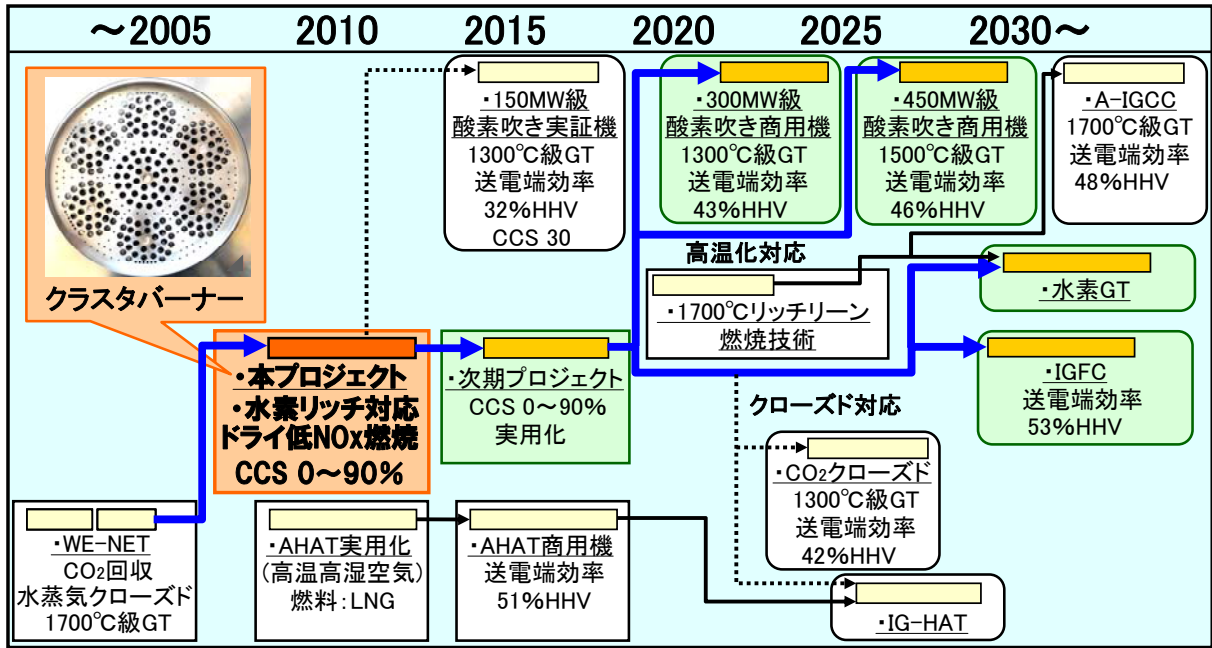
図IV2-1-3 に、本技術開発『石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発』のロードマップを示す。本技術開発の核をなす多孔同軸噴流バーナー(クラスタバーナー)は、大型プロジェクト『水素利用国際クリーンエネルギーシステム技術(WE-NET)』計画と、その後継プロジェクトである『二酸化炭素回収対応クローズド型高効率ガスタービン技術』の下で、酸素を酸化剤とする高温燃焼用バーナーとして開発された技術を、ガス燃料焚きガスタービン用低 NOx 燃焼器用バーナーに展開したものである。このため、将来型の高効率ゼロエミッション石炭火力発電として期待される CO<sub>2</sub> クローズド型ガスタービンなどとの親和性も高く、広く展開可能な基盤技術となりうる。本研究を確実に遂行し、さらにより実用化に焦点を置く次期プロジェクトを通して高水素濃度対応低 NOx 技術を完成させることで、CO<sub>2</sub> 回収により高水素濃度となる燃料に対してもガスタービンの安定な高効率稼働を実現し、早期に高効率ゼロエミッション石炭火力発電としての大規模 CCS-IGCC が実現できる。

図IV2-1-4 に、本開発技術の対象 CO<sub>2</sub> 回収率および水素濃度を、海外の同様な CCS-IGCC プロジェクトにおける対象 CO<sub>2</sub> 回収率および水素濃度と比較して示す。本開発技術は、世界最高水準の CO<sub>2</sub> 回収率および水素濃度に対応しており、発火しやすく燃焼速度が速い燃料である水素が高濃度で含有される燃料に対し、液化天然ガス(LNG)焚きガスタービンと同等の低 NOx 燃焼を目標とする本開発は意義が大きい。また、CO<sub>2</sub> 回収率の変化に対応して大きく燃料の水素濃度が変化しても同一の構造で対応できるドライ低 NOx 燃焼器は類例がなく、研究開発の意義が大きいものとする。

図IV1-1-5 に、燃料中の水素濃度と質量当たり低位発熱量で各種の水素含有燃料を整理して示す。本開発技術の対象とする燃料は、製油所などの化学プラントで発生する副生ガスや製鉄所で発生するコークス炉ガス(COG)などと同等の水素濃度と質量当たり発熱量を有している。本開発技術をこれらの燃料に対して展開することで、従来は必ずしも有効に活用されていなかった副生ガスや COG などの水素含有燃料に対して、不活性媒体を噴射せずに高効率に活用することができ未利用資源の有効活用が期待できる。また、これらの単位エネルギー当たりの CO<sub>2</sub> 発生量が少ない水素含有燃料を積極的に利用できることで、来るべき低炭素社会の早期実現に寄与できる。

表IV2-1-1 『石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発』工程および目標

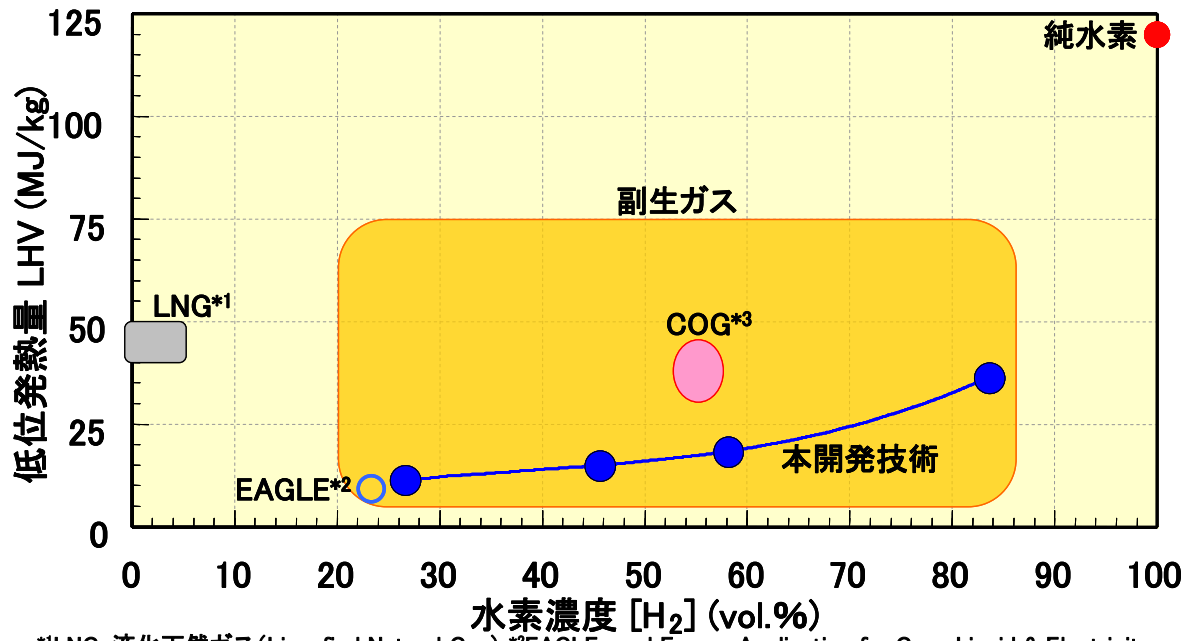
研究開発項目	08 (H20)	09 (H21)	10 (H22)	11 (H23)	12 (H24)
1.燃焼器の開発	バーナー基本構造の検討完了				
1-1.クラスタバーナー構造の最適化	NOx10ppm以下の見通し (中圧試験)			部分負荷運用性の検討	
1-2. マルチクラスタバーナーの検討					
2.燃焼試験設備の製作・改造					
3.乱流燃焼解析及びシステム評価					
4. 総合評価	NOx10ppm以下の実証			部分負荷～定格の総合評価	
4-1.燃焼性能(定格負荷)					
4-2.燃焼特性(部分負荷)					
数値目標	大気圧要素 NOx<10ppm (@16%O <sub>2</sub> )		中圧・実寸 NOx<10ppm (@16%O <sub>2</sub> )		実圧・実寸 ・NOx<10ppm (@定格負荷) ・燃焼効率 η a) η > 99% (@運用負荷) b) η > 99.9% (@定格負荷)



図IV2-1-3 『石炭ガス化発電用高水素濃度対応低 NOx 技術開発』のロードマップ

酸素吹き CCS-IGCC (本研究)	CO <sub>2</sub> 回収率 (%)	0	30	50	90
	H <sub>2</sub> 濃度 (vol.%)	27	45	58	84
Energy Policy for Europe (欧州)	CO <sub>2</sub> 回収率 (%)	0			90
	H <sub>2</sub> 濃度 (vol.%)	27			84
Future Gen (米国)	CO <sub>2</sub> 回収率 (%)	0		60	
	H <sub>2</sub> 濃度 (vol.%)	27		57	

図IV2-1-4 本開発技術の対象 CO<sub>2</sub> 回収率・水素濃度と海外 CCS-IGCC プロジェクトの比較



\*1LNG: 液化天然ガス(Liquefied Natural Gas) \*2EAGLE: coal Energy Application for Gas , Liquid & Electricity  
 \*3COG: コークス炉ガス(Coke Oven Gas)

図IV1-1-5 本開発技術の水素濃度・低位発熱量と各種水素含有燃料の比較

抜粋

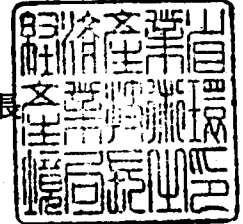
# イノベーションプログラム 基本計画

平成21年4月  
経 済 産 業 省

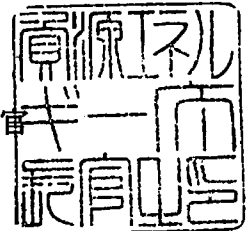
経済産業省

平成21・03・26産局第1号  
平成21年4月1日

経済産業省産業技術環境局長



経済産業省資源エネルギー庁長官



エネルギーイノベーションプログラム基本計画の制定について

上記の件について、イノベーションプログラム実施要領（平成16・07・27産局第1号）第4条第1項の規定に基づき、別添のとおり制定する。

## 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。

#### 1-1. 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。

#### 1-2. 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。

#### 1-3. 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。

#### 1-4. 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 CO<sub>2</sub> 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。

#### 1-5. 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付けられている。

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

#### ３－１．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。

#### ３－２．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。

#### ３－３．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。

#### ３－４．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。

#### ３－５．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 - . 総合エネルギー効率の向上

##### 4 - - . 共通

###### (1) 省エネルギー革新技术開発事業(運営費交付金)

###### 概要

テーマ公募型事業として、「Cool Earth-エネルギー革新技术計画」に基づき、「先導研究」、「実用化開発」及び「実証研究」の3つの技術開発フェーズに加え、「挑戦研究」フェーズを追加し、革新的な省エネルギー技術の開発を行う。

###### 技術目標及び達成時期

世界全体の温室効果ガス排出量を現状に比べて2050年までに半減するという長期目標を実現するための「Cool Earth-エネルギー革新技术計画」の主旨に基づき、大幅な省エネルギー効果を発揮する革新的なエネルギー使用合理化技術について研究開発・実用化を推進する。

###### 研究開発時期

2003年度～2013年度

###### (2) エネルギー使用合理化産業技術研究助成事業(運営費交付金)

###### 概要

産業界や社会のニーズに応える省エネルギー技術のシーズの発掘とその育成、並びに、省エネルギー技術に関する次世代の研究リーダーの育成を図る。この目的のため、産業界からの期待が高い技術領域・課題を提示した上で、大学や独立行政法人の研究者等から研究開発テーマを募集する。厳正な外部評価によって省エネルギー効果があり且つ独創的・革新的なテーマを選定し、研究者代表者個人を特定して助成金を交付する。

###### 技術的目標及び達成時期

独創性のある研究者等を助成すると共に、中間評価ゲート方式が醸成する競争的環境の下で企業との連携を強化させることにより、10～15年後の実用化が有望な革新的省エネルギー技術の研究開発を促進する。本事業では革新的省エネルギー技術の実用化への第1歩となる特許について、助成期間終了後の出願比率を100%とすることを目標とするとともに、省エネルギー技術に関する次世代の研究リーダーの育成を図る。

###### 研究開発期間

2000年度～

###### (3) 新エネルギー技術実用化補助事業(運営費交付金)(4 - - 参照)

###### (4) 非化石エネルギー産業技術研究助成事業(運営費交付金)(4 - - 参照)

ラントの各種機器に適用でき、本材料の持つ優れた特性を長期に亘って発揮できることを確認する。

研究開発期間

2005年度～2009年度

#### 4 - . 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

##### 4 - - . 石油・天然ガス・石炭の探鉱・開発・生産技術

###### (1) 石油・天然ガス開発・利用促進型大型/特別研究(運営費交付金)

概要

石油及び可燃性天然ガス資源の開発に係る技術の振興を図る観点から、大水深、複雑な地層といった悪条件化が進む石油・天然ガスの探鉱・開発技術、利用拡大が見込まれる天然ガス田の開発促進に資する天然ガス有効利用技術等について、短期間で実用化が期待され、民間ニーズに直結した研究開発を提案公募により実施する。

技術目標及び達成時期

2012年度までに、我が国の石油・天然ガスの探鉱・開発技術力の向上、及び天然ガスの利用の促進に向けた天然ガスの有効利用技術の開発を行う。

研究開発期間

2001年度～2012年度

###### (2) 石炭生産技術開発

概要

石油代替エネルギーである石炭の安定供給を図るため、発熱量が低いものの低灰分、低硫黄といった特徴を有する低品位炭の有効利用を目的として、低品位炭の発熱量を高め、自然発火性を抑制する低品位炭改質技術を開発する。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、3500～5000kcal/kgの発熱量の低品位炭を瀝青炭並みの6000kcal/kg以上に改質する低品位炭改質技術を開発し、600t/d大型実証プラントでの製造技術を確立する。

研究開発期間

2006年度～2009年度

###### (3) 石油精製物質等簡易有害性評価手法開発(運営費交付金)

概要

石油の生産及び流通の合理化を図る観点から、石油製品等に含まれる化学物質によるリスクを把握し、必要な対策を適切に行うことを可能とするため、*in vitro*培養系技術等の活用により遺伝子組換え細胞等を用いた*in vitro*系簡易有害性予測手法、また、トキシコゲノミクスを活用した短期動物試験結果と相関する遺伝子発現データセットを開発する。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、遺伝子導入技術、幹細胞分化誘導技術、生物発光技術等

#### 4 - - .メタンハイドレート等非在来化石資源の利用技術

##### (1)メタンハイドレート開発促進委託費

###### 概要

日本周辺海域に相当量の賦存が見込まれ、国産のクリーンなエネルギー資源として有望なメタンハイドレートを利用可能とするため、資源量評価手法、生産手法及び環境影響評価手法等の確立のための技術開発を行う。

###### 技術目標及び達成時期

2016年度までに、商業的産出のための技術を整備することを目指し、日本周辺海域におけるメタンハイドレートの賦存状況と特性の明確化、有望賦存海域からのメタンハイドレート資源フィールドの選択及び現場産出試験等による生産手法の確立等を推進する。

###### 研究開発期間

2001年度～2016年度

##### (2)革新的次世代石油精製等技術開発(4 - - 参照)

#### 4 - - .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

###### 概要

石炭の高効率な利用を図るために、

- ・ 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CO<sub>2</sub>の分離・回収技術の実証
- ・ 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
- ・ 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。

###### 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CO<sub>2</sub>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。

###### 研究開発期間

2007年度～2012年度

##### (2)国際革新的ゼロエミッション石炭火力発電プロジェクト補助金

###### 概要

石炭火力発電から排出されるCO<sub>2</sub>の削減技術について諸外国との実証事業等を実施し、当該技術の普及基盤を整備することにより、エネルギー供給に対する環境上の制約を取り除き、もって我が国エネルギー需給構造の安定化を図る。

###### 技術目標及び達成時期

石炭ガス化技術等実証普及事業では、海外において取り組みが進められているゼロエミッション型石炭火力発電の石炭ガス化・発電技術、CO<sub>2</sub>分離回収技術、

CO<sub>2</sub>輸送貯留技術等に関する情報収集や関連する技術調査の実施等により、我が国におけるゼロエミッション型石炭火力発電の実用化開発に資する技術・知見を得る。

酸素燃焼国際共同実証事業では、既存の微粉炭火力発電の改造による酸素燃焼方式のゼロエミッション型石炭火力発電プラントの実用化を目標とするものであり、既存のプラントの改造により対応可能であること、酸素燃焼を行うことにより、燃焼ガスからCO<sub>2</sub>を分離する装置が不要であることから、比較的低コストで極めて大きなCO<sub>2</sub>削減効果が期待できる。

石炭火力発電原油増進回収国際共同事業では、2008年5月の日中首脳会談で合意された「日中間でのCCS-EOR（二酸化炭素の回収・貯留、石油増進回収法）協力」に係る日中共同事業として、中国における石炭火力発電CCS-EOR事業の事前調査としてCCS-EORの有効性確認、CCS-EORの経済性・事業実現性等を検討する。これらにより、多量のCO<sub>2</sub>排出削減を実現するモデルの構築、世界のCO<sub>2</sub>排出削減への貢献が期待出来る。

研究開発期間

2007年度～2016年度

### (3) 先進超々臨界圧火力発電実用化要素技術開発費補助金

概要

従来の超々臨界圧火力発電（USC）は、蒸気温度の最高温度は630程度が限界で、送電端熱効率も42～43%が原理的限界といわれてきた。しかしながら、近年の材料技術の進歩により、700以上の蒸気温度を達成できる可能性が見えてきたことから、これらの材料を活用した先進超々臨界圧火力発電技術（A-USC）の開発を行うものである。A-USCは、蒸気温度700級で46%、750級で48%の高い送電端熱効率の達成が可能な技術であり、2020年以降増大する経年石炭火力発電のリプレース需要に対応するため、早急に技術開発を進める必要がある。そのため、ボイラーメーカー、タービンメーカー及び材料メーカーが共同でA-USCの技術開発に取り組む。

技術目標及び達成時期

平成22年度までにシステム基本設計を完了し、シミュレーションにより送電端熱効率46%～48%の達成が可能なことを確認する。平成24年度までにボイラー、タービン部材等が700以上の蒸気温度に耐えられるかどうかを試作、評価し、経済性を含めたシステム成立性への見通しを得る。平成27年～平成28年度に実缶試験、回転試験を実施し、蒸気温度700以上の条件下でボイラー、タービンの信頼性を確認する。また、ボイラー、タービン部材について3万～7万時間の長期信頼性試験を実施し材料特性を検証する。

研究開発期間

2008年度～2016年度

(4) 石炭利用技術開発(一部、運営費交付金)

概要

環境適合的な石炭利用の拡大を図るため、石炭利用プロセスにおける環境影響を低減させる手法の開発等、クリーン・コール・テクノロジーの開発を行う。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、

- ・ 化学原料等に利用可能な合成用ガスを石炭乾留ガスから無触媒で製造する技術をパイロットプラントで確立する(無触媒石炭乾留ガス改質技術開発)。

2011年度までに、

- ・ 石炭利用プロセスにおいて、環境分析技術の高精度化、環境影響成分の挙動解析のためのモデルの構築等により、環境への影響低減手法を開発する(戦略的炭化ガス化・燃焼技術開発)。

研究開発期間

1995年度～2011年度

- ・ 戦略的炭化ガス化・燃焼技術開発 2007年度～2011年度
- ・ 無触媒石炭乾留ガス改質技術開発 2006年度～2009年度

(5) 噴流床石炭ガス化発電プラント開発費補助金

概要

供給安定性に優れた石炭の高効率かつ低環境負荷での利用を図るため、石炭をガス化して燃料とし、コンバインドサイクル(ガスタービンと蒸気タービンの組合せ)を駆動する高効率発電技術(石炭ガス化複合発電技術(IGCC: Integrated coal Gasification Combined Cycle)の実証試験を行う。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、25万kWの実証機を用いた実証試験により、熱効率40.5%(送電端、高位発熱量ベース)を目指す。この目標は50万kWの商用機における熱効率46～48%に相当する。本技術は実証試験終了後の2010年度より商用化が可能である。

研究開発期間

1999年度～2009年度

(6) 資源対応力強化のための革新的製鉄プロセス技術開発(運営費交付金)(4 - 参照)

## 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 - ．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 - ．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 - ．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 - ．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 - ．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。



## 抜粋

(エネルギーイノベーションプログラム)

「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」基本計画

クリーンコール開発推進部

## 1. 事業の目的・目標・内容

## (1) 事業の目的

## ① 政策的な重要性

我が国として、世界全体での2050年までのCO2大幅削減に積極的に貢献していくことが必要であるという認識の下、エネルギー分野の技術戦略マップ2009等に沿った技術開発の推進と、総合資源エネルギー調査会鉱業分科会クリーンコール部会で示されたCool Gen計画（世界的に需要が拡大する石炭のクリーン利用に関する技術開発を強力に推進）の着実な進展を図ることが必要となっている。また、「平成22年度の科学技術に関する予算等の資源配分の方針」において、「温室効果ガス25%削減に向けた革新的技術、新産業の創出」として、CO2回収・貯留（CCS）等の革新的技術の更なる加速が必要と位置付け、「新成長戦略」（平成21年12月閣議決定）においても、火力発電所の効率化等の開発の前倒しが指摘されている。

## ② 我が国の状況

石炭は、石炭火力発電を中心に、今後とも世界的に需要が拡大し、世界の一次エネルギーに占める割合が高くなると見込まれているが、一方、その単位エネルギー当たりの二酸化炭素（CO2）排出量が他の化石燃料よりも高いことから、我が国が経済成長を図りつつ2050年に向けたCO2の大幅削減目標を実現するためには、3E（供給安定性、経済性、環境適合性）の同時達成が可能となる革新的な技術開発が求められている。その中でも、CO2回収・貯留（CCS）技術を組み込んだゼロエミッション石炭火力を実現できる、高効率な石炭火力発電技術の開発及びCCSとの最適化検討が有効である。CCSについては、そのエネルギー消費とコストの大半を占める分離回収技術の高効率化・コスト低減が重要となっている。

## ③ 世界の取り組み状況

地球温暖化問題との関連でCO2排出量の削減が強く求められている中で、米国や欧州においても国家レベルで基礎研究から技術開発、実証研究の取り組みが行われている。例えば、米国エネルギー省の炭素隔離プログラムにおけるFutureGenプロジェクトでは、ゼロエミッション型石炭火力発電所の実現を目指し、CO2分離システム及びCO2地中貯留の実証を中核とする多国間協力事業として行っている。また、欧州では2020年までのゼロエミッション発電所実現を目指し、エネルギー業界、研究機関、非政府組織、加盟各国及び欧州委員会から構成される欧州技術プラットフォームが発足している。

## ④ 本事業のねらい

本事業では、発電からCO<sub>2</sub>貯留までのCCSトータルシステムに関するフィジビリティ・スタディー（FS）を実施し、実施可能性を評価するとともに、CCS対応技術を含めたクリーンコール技術全般について最新技術調査を行う。さらに、究極の高効率石炭火力発電技術である石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC）からのCCSを目指した酸素吹石炭ガス化発電技術と高効率CO<sub>2</sub>回収技術の最適モデルを検討評価するとともに、CO<sub>2</sub>分離回収型石炭ガス化複合発電の早期実用化に向けた酸素吹石炭ガス化複合発電実証の最適化検討を行う。そのため、CCS対応として高効率が期待できる酸素吹石炭ガス化複合発電（IGCC）からの分離回収技術確立を目指したパイロット試験と、CCSを組み込んだ後でも、現行の最高効率を維持できる次世代向けの石炭ガス化基礎技術開発を行う。

## (2) 事業の目標

### ① 過去の取り組みとその評価

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」という。）では、環境負荷低減、特に地球温暖化ガス発生量低減を目的に「多目的石炭ガス製造技術開発（EAGLE）」（H10～H21）を実施した。当該事業の前倒し事後評価では、世界最高水準の石炭ガス化性能を得るとともに、高灰融点炭への炭種拡大、CO<sub>2</sub>分離・回収や微量物質挙動調査など世界に先駆けて取り組む等、石油代替エネルギーとしての確立を目指した技術革新として、高く評価されている。一方で、当該事業の成果については、早期の実用化・事業化への取り組みを一層進めるよう指摘されており、本事業の新規事業項目等に反映させるとともに、本事業に統合した既存事業とも連携をはかり、ゼロエミッション石炭火力の早期実現に向けて、成果の活用を図ることとする。

### ② 本事業の目標

ゼロエミッション石炭火力の実現のため、我が国のクリーンコール技術の国際競争力強化のための技術開発・調査研究を実施し、環境への対応、効率向上、エネルギー・セキュリティに寄与することを目標とする。

### ③ 本事業以外に必要とされる取り組み

ゼロエミッション石炭火力の早期実現のためには、石炭火力を発生源とする日本型CCSの早期確立が必要であるため、我が国が得意とする高効率石炭ガス化・燃焼技術や分離・回収技術等と欧米等先進国のCCS技術等との共同研究、あるいは我が国のクリーンコール技術と併用したCCSへの我が国の関与、協力を期待している中国におけるCCSの技術検討等を行う「国際連携クリーンコール技術開発プロジェクト」を平成22年度から実施する予定であり、本事業との相乗効果が期待される。

### ④ 全体としてのアウトカム目標

ゼロエミッション石炭火力の実現のため、IGCCの送電端効率を2015年までに48%、2025年までに57%、IGFCの送電端効率について2025年頃に55%、長期的には65%の達成を目指し、これに必要な技術開発、実証試験等を進めるとともに、CO<sub>2</sub>分離回収コストを2015年までに2,000円台/t-CO<sub>2</sub>、2020年には1,000円台/t-CO<sub>2</sub>として実用化の目途を付けることを目指す。

なお、事業項目ごとに事業目標を設定し、別紙に記載する。

## (3) 事業の内容

上述の目標を達成するために、以下の事業項目について、別紙事業計画に基づき実施する。

- ① ゼロエミッション石炭火力トータルシステム調査研究 (P08020)
  - ※「革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト」のうち「発電からCO<sub>2</sub>貯留までのトータルシステムのフィジビリティ・スタディー」を改称。
- ② ゼロエミッション石炭火力基盤技術
  - ※「戦略的炭ガス化・燃焼技術開発 (STEP CCT)」と「革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト」のうち「革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」を統合。
 

研究開発項目(1)「革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」 (P08020)
 
    - ア)「CO<sub>2</sub>回収型次世代IGCC技術開発」
    - イ)「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NO<sub>x</sub>技術開発」
  - 研究開発項目(2)「次世代高効率石炭ガス化技術開発」 (P07021)
  - 研究開発項目(3)「石炭利用プロセスにおける微量成分の環境への影響低減手法の開発」 (P07021)
- ③ クリーン・コール・テクノロジー推進事業 (P92003)
- ④ 燃料電池対応型石炭ガス化複合発電最適化調査研究 (新規) (P10016)
- ⑤ 革新的CO<sub>2</sub>回収型石炭ガス化技術開発 (新規) (P10016)

## 2. 事業の実施方式

### (1) 事業の実施体制

本事業は、NEDOが単独ないし複数の企業、大学等の研究機関（原則、国内に研究開発拠点を有していること。ただし、国外企業の特別の研究開発能力、研究施設等の活用あるいは国際標準獲得の観点から国外企業との連携が必要な部分はこの限りではない。）から、公募によって事業実施者を選定し実施する。事業実施にあたり、事業項目②の研究開発項目(1)ア)、研究開発項目(2)及び(3)は実用化まで長時間を要するハイリスクな「基盤的技術」に対して、産学官の複数事業者が互いにノウハウを持ちより協調して実施する事業であり、委託事業として実施する。また事業項目①、③についても委託により実施する。事業項目②の研究開発項目(1)イ)、事業項目④及び⑤については、NEDOが実施先と共同研究契約を締結し、共同研究（NEDO負担2/3）により実施する。

NEDOは、事業に参加する各事業グループの有する研究開発ポテンシャルを検討し、これを最大限活用することにより効率的かつ効果的な研究開発の推進を図る観点から、各事業の実施先決定後に必要に応じて研究開発責任者（プロジェクトリーダー）を指名し、その下で運営管理を実施する。

### (2) 事業の運営管理

事業全体の管理・執行に責任を有するNEDOは、経済産業省及び事業実施者と密接な関係を維持しつつ、本事業の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。また、必要に応じて、NEDOに設置する委員会、技術検討会等で、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、プロジェクトの進捗について事業実施者から報告を受ける等の運営管理を行う。

## 3. 事業の実施期間

本事業の実施期間は、事業項目ごとに以下のとおりとする。

- ① ゼロエミッション石炭火力トータルシステム調査研究  
本事業の実施期間は、平成20年度（継続）から平成24年度までの5年間とする。
- ② ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発  
研究開発項目(1)「革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」  
本事業の実施期間は、平成20年度（継続）から平成24年度までの5年間とする。  
研究開発項目(2)「次世代高効率石炭ガス化技術開発」  
本事業の実施期間は、平成19年度（継続）から平成23年度までの5年間とする。  
研究開発項目(3)「石炭利用プロセスにおける微量成分の環境への影響低減手法の開発」  
本事業の実施期間は、平成19年度（継続）から平成22年度までの4年間とする。
- ③ クリーン・コール・テクノロジー推進事業  
本事業の実施期間は、平成4年度から平成26年度までの23年間とする。
- ④ 燃料電池対応型石炭ガス化複合発電最適化調査研究  
本事業の実施期間は、平成22年度から平成23年度までの2年間とする。
- ⑤ 革新的CO2回収型石炭ガス化技術開発  
本事業の実施期間は、平成22年度から平成25年度までの4年間とする。

#### 4. 評価に関する事項

NEDOは、技術的及び政策的観点から、事業の意義、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、外部有識者による事業の中間評価及び事後評価を実施する。

評価については、調査研究事業（①、④）及び調査事業（③）は、業務方法書第39条及び事業評価実施規定に基づき毎年度事業評価を実施するとともに、適切な時期に外部有識者による評価を実施する。（平成22年度①の中間評価を予定）また、研究開発事業（②、⑤）のうち、ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発研究開発項目(1)「革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」は、平成22年度に中間評価、25年度に事後評価を、ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発 研究開発項目(2) 研究開発項目(3)「石炭利用プロセスにおける微量成分の環境への影響低減手法の開発」は、平成21年度に中間評価、24年度に事後評価を、「革新的CO2回収型石炭ガス化技術開発」については、平成26年度に事後評価を実施する。

なお、評価の時期については、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進捗状況等に応じて、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

###### ① 成果の普及

得られた事業成果については、NEDO、実施者とも普及に努める。

###### ② 知的基盤整備事業及び標準化等との連携

得られた事業成果については、知的基盤整備、標準化等との連携を図るため、データベースへのデータの提供、標準情報(TR)制度への提案等を積極的に行う。

###### ③ 知的財産権の帰属

委託事業、共同研究開発事業の成果に関わ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、すべて委託先、共同研究先に帰属させることとする。

## (2) 基本計画の変更

NEDOは、事業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、産業技術政策動向、第三者の視点からの評価結果、研究開発費の確保状況、当該事業の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標や研究開発体制等、基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

## (3) 根拠法

本事業の根拠法は、事業項目ごとに以下のとおりである。

- ① ゼロエミッション石炭火力トータルシステム調査研究  
独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第十五条第1項第九号及び第十号
- ② ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発  
独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第十五条第1項第一号イ、ロ
- ③ クリーン・コール・テクノロジー推進事業  
独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第十五条第1項第九号及び第十号
- ④ 燃料電池対応型石炭ガス化複合発電最適化調査研究  
独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第十五条第1項第一号イ、第九号及び第十号
- ⑤ 革新的CO<sub>2</sub>回収型石炭ガス化技術開発  
独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第十五条第1項第一号イ、ロ

## (4) その他

平成22年度以降の技術動向や政策上の必要性に鑑み、必要に応じた研究開発項目の追加や見直しを行うことがある。

本事業は、平成21年度まで以下の基本計画もしくは実施方針を定めて実施していたテーマを統合して実施する。

- ・革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト
- ・戦略的石炭ガス化・燃焼技術開発 (STEP CCT)
- ・クリーン・コール・テクノロジー推進事業

## 6. 基本計画の改訂履歴

- (1) 平成22年3月、基本計画制定。
- (2) 平成22年5月、事業項目②ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発 研究開発項目(2)「次世代高効率石炭ガス化技術開発」について、2. 事業の具体的内容に(5)を追加。また、3. 達成目標の表現を一部変更。

## 事業項目② ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発

(旧「革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト」に係る部分)

### 研究開発項目(1)「革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」(P08020)

#### 1. 事業の必要性

石炭火力から発生するCO<sub>2</sub>を分離・回収・貯留するCCSを含めたゼロエミッション型の石炭ガス化発電技術を火力発電に適用する場合、多量の付加的なエネルギーが必要となるため、貴重な炭化水素資源の有効活用の観点から、石炭ガス化システムやCO<sub>2</sub>分離・回収技術の更なる高効率化が求められる。そこで、ゼロエミッション石炭ガス化発電システムの効率を大幅に向上させるための基盤研究を実施する必要がある。

#### 2. 事業の具体的内容

発電技術と組み合わせると発電効率を大きく低下させる性質をもつCCS技術について、可能な限り発電効率を高く維持するため、次の効率向上に資する基盤研究事業を実施する。

##### ア) 「CO<sub>2</sub>回収型次世代IGCC技術開発」

CO<sub>2</sub>を酸化剤の一部として用いることにより、CO<sub>2</sub>回収型石炭ガス化システムの効率を大幅に向上することのできる次世代IGCCシステムの基盤技術の開発を行う。また、このシステムについて、環太平洋地域に賦存する多様な石炭に対する適応性の検討を実施する。

##### イ) 「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NO<sub>x</sub>技術開発」(提案公募)

IGCCの発電効率を大幅に改善させる、革新的なガス化技術や要素技術の発掘を目的として、2015～2030年頃の実用化を目指した先導的な研究開発及び将来の革新的なブレークスルーにつながる基盤研究としてテーマを公募した結果、本テーマを選定した。高水素濃度燃料に対応する低NO<sub>x</sub>濃度の燃焼技術を確立する基盤研究を実施する。

#### 3. 達成目標

ア) の事業目標を次のように設定する。

[中間目標(平成22年度)]

- ・送電端効率向上(42%:HHV基準、CO<sub>2</sub>回収後)技術の目途を得る。

[最終目標(平成24年度)]

- ・目標値 : 性状の異なる環太平洋地域の3種類以上の石炭を用い、CO<sub>2</sub>回収後において、送電端効率42%(HHV基準)を実現させる基盤技術の確立。
- ・設定根拠: 既存技術では1300℃級ガスタービンを用いたIGCCで、CO<sub>2</sub>回収前の送電端効率が43%程度であり、CO<sub>2</sub>回収ロスを高効率化技術で補完するため。

イ) の事業目標を次のように設定する。

[中間目標(平成22年度)]

- ・目標値 : 高水素濃度燃料に対応する燃焼技術として、NO<sub>x</sub>濃度10ppm(16%酸素濃度換算)以下とする燃焼技術の目途を得る。  
(前提条件) 燃焼器出口ガス温度1300℃、中圧条件等にて実証。

[最終目標(平成24年度)]

- ・ 目標値 : 高水素濃度燃料に対応する燃焼技術として、NO<sub>x</sub>濃度10ppm（16%酸素濃度換算）以下とする燃焼技術の確立。  
（前提条件）燃焼器出口ガス温度1300℃、実圧条件等にて実証。
- ・ 設定根拠：燃焼器性能の代表的評価指標であるNO<sub>x</sub>濃度を世界最高レベル値とした。

## 抜粋

## 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では、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。

技術戦略マップ2009の策定に当たっては、省エネルギー技術戦略との整合、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））の3項目の内容について見直しを行った。

技術戦略マップ2010の策定に当たっては、研究開発の最新動向を踏まえ、技術ロードマップの見直しを行った。また、研究者・技術者のみならず国民全般が内外のエネルギー技術に係る課題や研究開発の取組に対する理解を深める1つの試みとして、エネルギー分野の技術ロードマップの中から18の技術分野を抽出し、「技術ロードマップ解説書」を取りまとめた。



## 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、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、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及び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

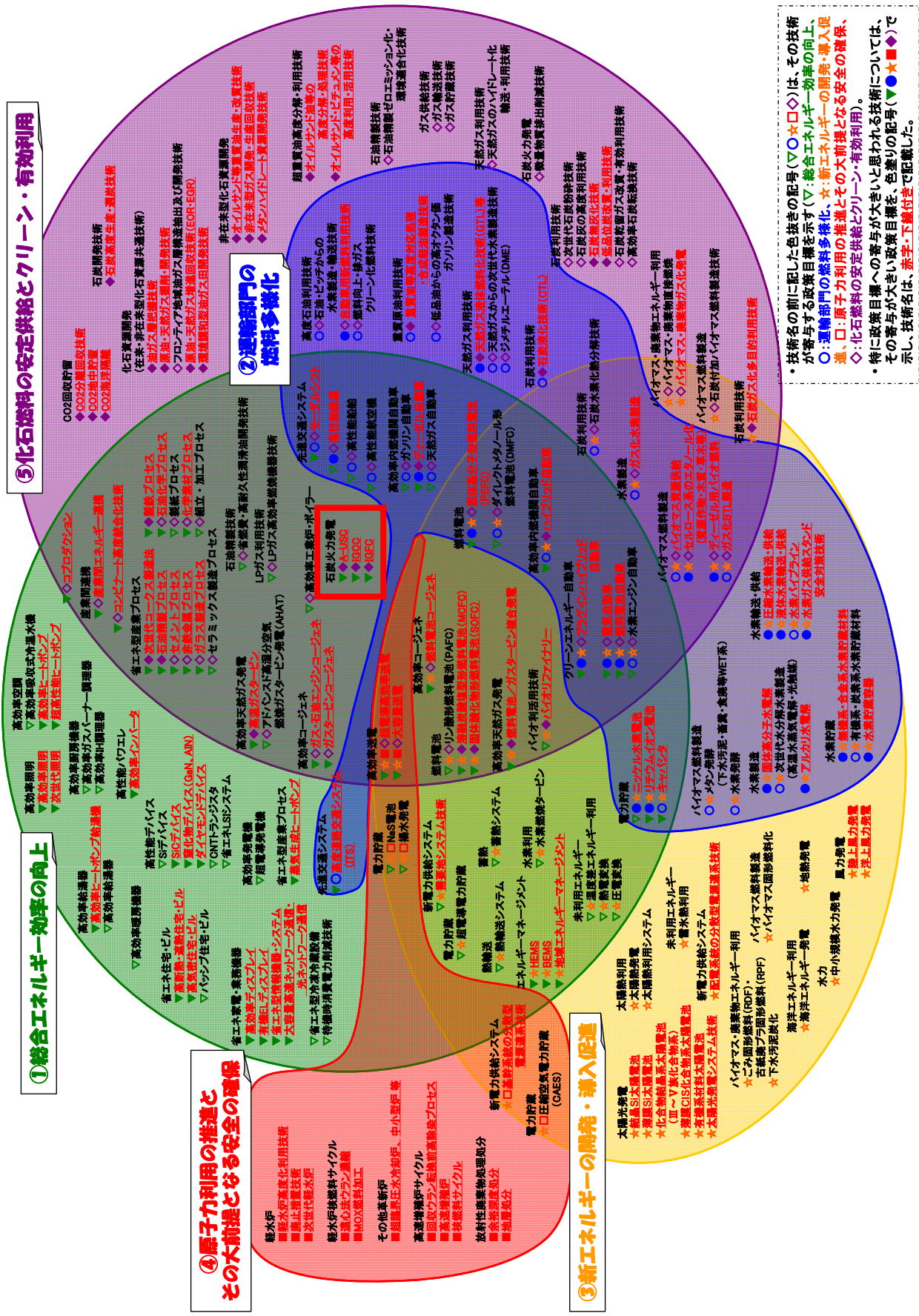
エネルギー技術分野全体を俯瞰するため、有識者にアンケート調査を行い、5つの政策目標に対する寄与について定性的な評価を行った。

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。

# エネルギー技術 - 俯瞰図 -



・技術名の前に記した色抜きの記号(▽○△◇)は、その技術が寄与する政策目標を示す(▽:総合エネルギー効率の向上、△:運輸部門の燃料多様化、◇:新エネルギーの開発・導入促進、○:原子力利用の推進とその大前提となる安全の確保、◇:化石燃料の安定供給とクリーン・有効利用)。  
 ・特に政策目標への寄与が大きいと思われる技術については、その寄与が大きい政策目標を、色差りの記号(▽●△◇)で示し、技術名は、赤字・下線付きで記載した。

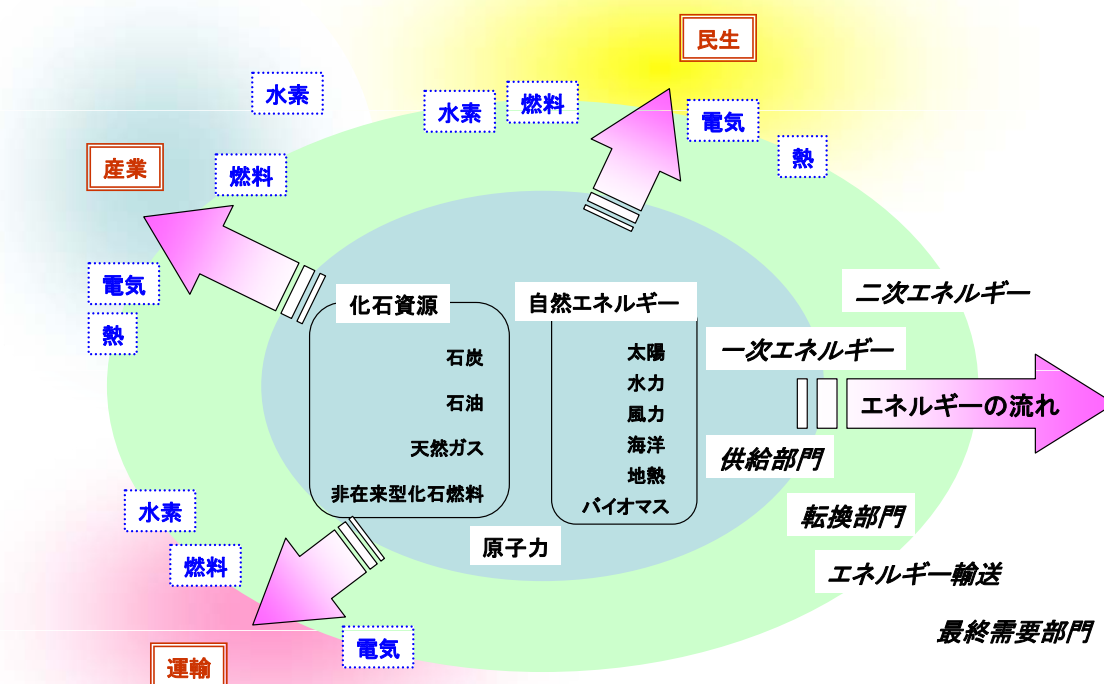
#### IV 導入シナリオ・技術マップ・技術ロードマップの見方

##### ○導入シナリオ

5つの政策目標毎に、国内外の背景、エネルギー政策の動向、主な技術開発及び関連施策、その政策目標を達成するための共通関連施策について整理した。

##### ○技術マップ

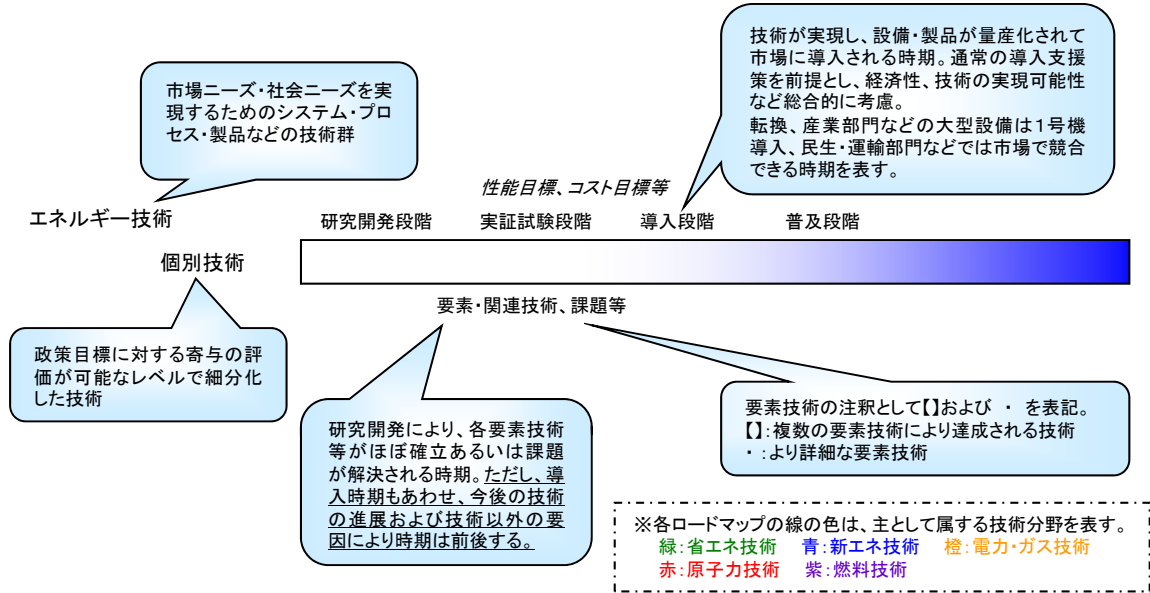
エネルギー分野全体から2030年頃までに実用化され、5つの政策目標に寄与すると思われる178個の技術を洗い出し、それぞれの政策目標の達成に寄与する技術別に、分類・整理してリストとして示すとともに、下図のように一次エネルギー／二次エネルギー／最終エネルギー消費のエネルギーの流れ、電気／熱／燃料等のエネルギーの形態、産業／民生／運輸の需要部門別に整理を行い図示した。



## ○技術ロードマップ

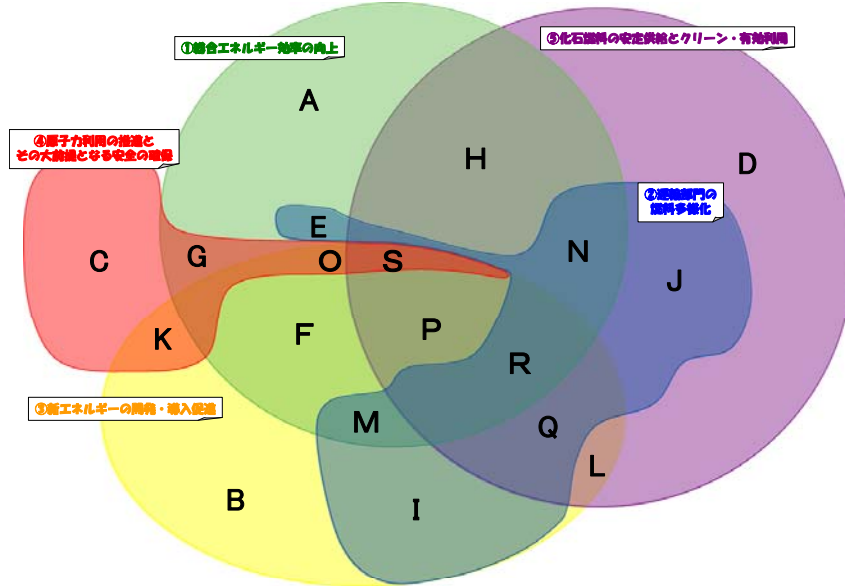
それぞれの政策目標達成に寄与する技術について、技術開発を推進する上で必要な要素技術・課題、求められる機能等の向上、技術開発フェーズの進展等を時間軸上にマイルストーンとして展開した

また、技術スペックの記載にあたっては、分野別推進戦略や他分野のロードマップを参考とした。



個別技術No. は次の考え方で区分した。

- 1桁目 : 「新・国家エネルギー戦略」における5つの政策目標のうち一番関連が強い政策目標を表す。
- 2, 3桁目 : エネルギー技術を指す。
- (4桁目 : 個別の番号)
- 5桁目 : 俯瞰図における位置を指す。



## V. 改定のポイント

- 既存ロードマップに最新技術を反映
- 「技術ロードマップ解説書」を作成

## VI 政策目標に寄与する技術の

### 「導入シナリオ」・「技術マップ」・「技術ロードマップ」

#### i. 総合エネルギー効率の向上

##### (i-1) 目標と将来実現する社会像

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相当程度の成功を収めてきた。今後約30年においても、「新・国家エネルギー戦略」に掲げるこれまでと同程度の成果（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ことが不可欠である。

##### (i-2) 研究開発の取組

関連技術を5つ分類した。

- 燃料を省く、または効率的に利用することによる製造プロセスの抜本的な効率化を図るための「超燃焼システム技術」
- 余剰エネルギーを時間的・空間的な制約を超えて利用し、エネルギー需給のミスマッチを解消するための「時空を超えたエネルギー利用技術」
- 生活スタイルの変化に伴う民生部門でのエネルギー消費量の増加に対応し、高効率機器とITとの融合により省エネルギーを図るための「省エネ型情報生活空間創生技術」
- 運輸部門のエネルギー消費量の削減に向け、輸送機器の効率化とモーダルシフト等利用形態の高度化により省エネルギーを図るための「先進交通社会確立技術」
- 幅広い分野で使用される半導体等のデバイスの高性能化により省エネルギーを図るための「次世代省エネデバイス技術」

また、電力貯蔵技術等の電力安定供給に資する技術、送電ロスを大幅に低減する技術等は、「時空を超えたエネルギー利用技術」に分類した。

##### (i-3) 関連施策の取組

- 事業者支援補助金による初期需要創出（高効率機器の補助導入など）
- セクター別ベンチマークの導入によるエネルギー消費原単位改善
- 省エネ評価制度の国際的整備
- 国際標準化・規格化による国際競争力の向上
- 国民の省エネルギー意識の高まりに向けた取組

#### (i-4) 改訂のポイント

- 燃料電池関連技術については、本年策定中の二次電池分野のロードマップの検討結果に合わせて見直し・修正を行った。具体的には燃料電池コジェネ(1203P)、固体酸化物燃料電池SOFC(3303P)、固体高分子型燃料電池(PEFC)(3304R)、燃料電池自動車(2123S)について、時期の見直し並びに一部字句の修正を行った。
- 電力システムシステム(需要システム技術)(3501F)について、近年の状況を踏まえ、時期の見直し並びに一部技術の追加・削除を行った。
- 電力貯蔵のうち、NaS電池(35410)、キャパシタ(3545M)、超電導電力貯蔵(3547F)について、近年の状況を踏まえ、時期の見直し並びに一部技術の追加・削除を行った。
- クリーンエネルギー自動車のうち、プラグインハイブリッド自動車(2121S)、電気自動車(2122S)について、近年の状況を踏まえ、時期の見直し並びに一部技術の追加・削除を行った。
- その他、バイオリファイナリー(5701P)、温度差エネルギー利用(3252F)、地域エネルギーマネージメント(1213F)、先進交通システム(ITS)(1401E)について見直した。
- 解説書の作成  
超燃焼システム技術、時空を超えたエネルギー利用技術、省エネ型情報生活空間創生技術、先進交通社会確立技術、次世代省エネデバイス技術の5技術に関し、解説書を作成した。

## 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

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

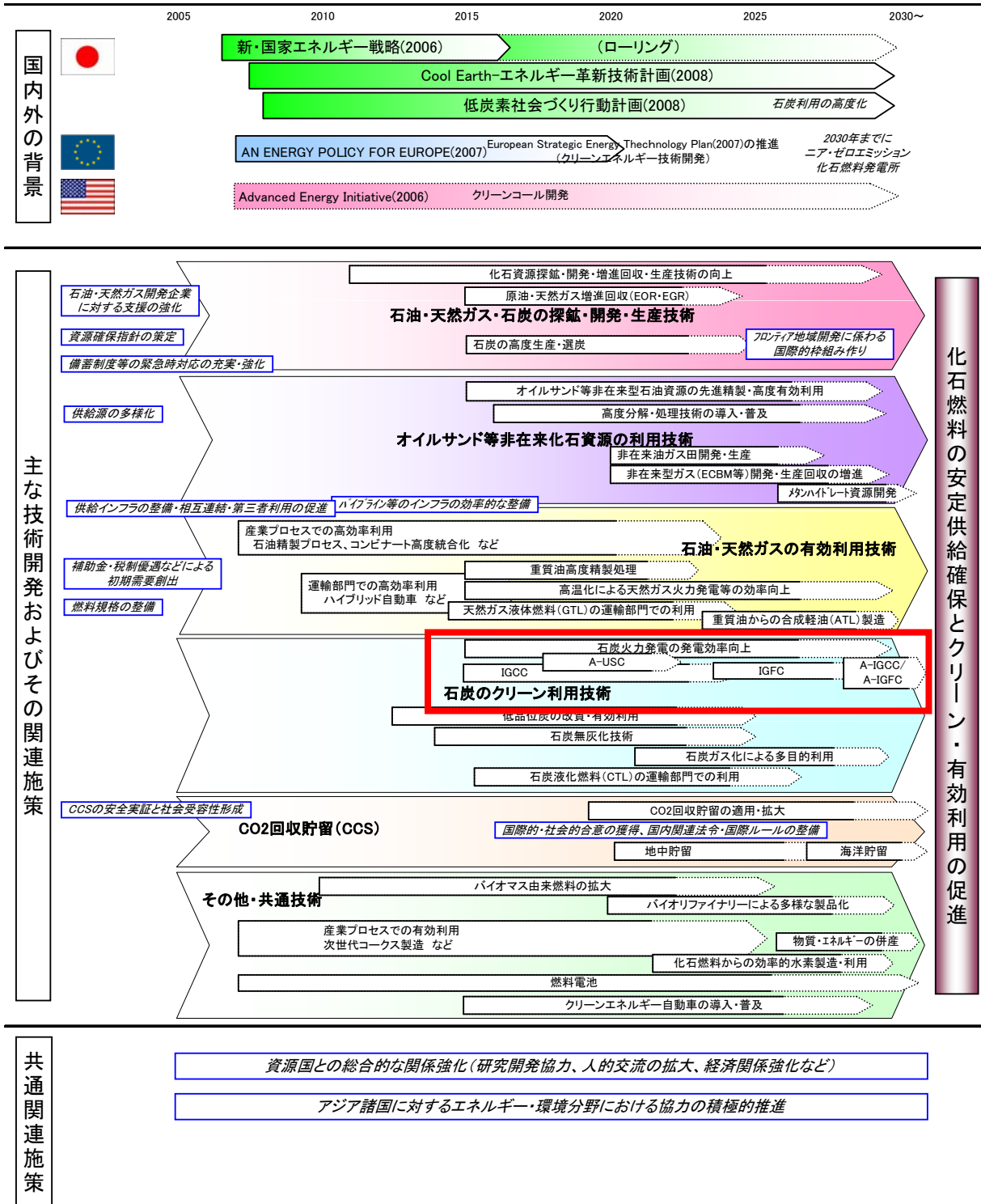
- 資源国との総合的な関係強化（研究開発協力、人的交流の拡大、経済関係強化など）
- アジア諸国に対するエネルギー・環境分野における協力の積極的推進

### (v-4) 改訂のポイント

- 高効率コージェネのうち、燃料電池コージェネ(1203P)については今年度策定中のロードマップを基に修正した。
- エネルギーマネージメントのうち地域エネルギー（1213F）について、字句等の一部削除を行った。
- バイオマス燃料製造のうち、バイオマス資源供給（3201Q）、セルロース等のエタノール化(3202Q)、ディーゼル用バイオ燃料(3203Q)、BTL製造(化学合成バイオ燃料製造)(3204Q)、メタン醗酵(3205I)、水素醗酵等(3207I)について、技術の進展状況を踏まえ、実現時期の見直し、一部技術項目の追加・削除を行った。
- CO2回収貯留のうち、CO2分離回収技術(5801D)、CO2地中貯留(5802D)、CO2海洋隔離(5803D)について、時期の見直し並びに一部の技術項目の見直しを行った。
- 石炭の高度生産・クリーン利用技術並びにCCS技術について、解説書を作成した。

## 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。

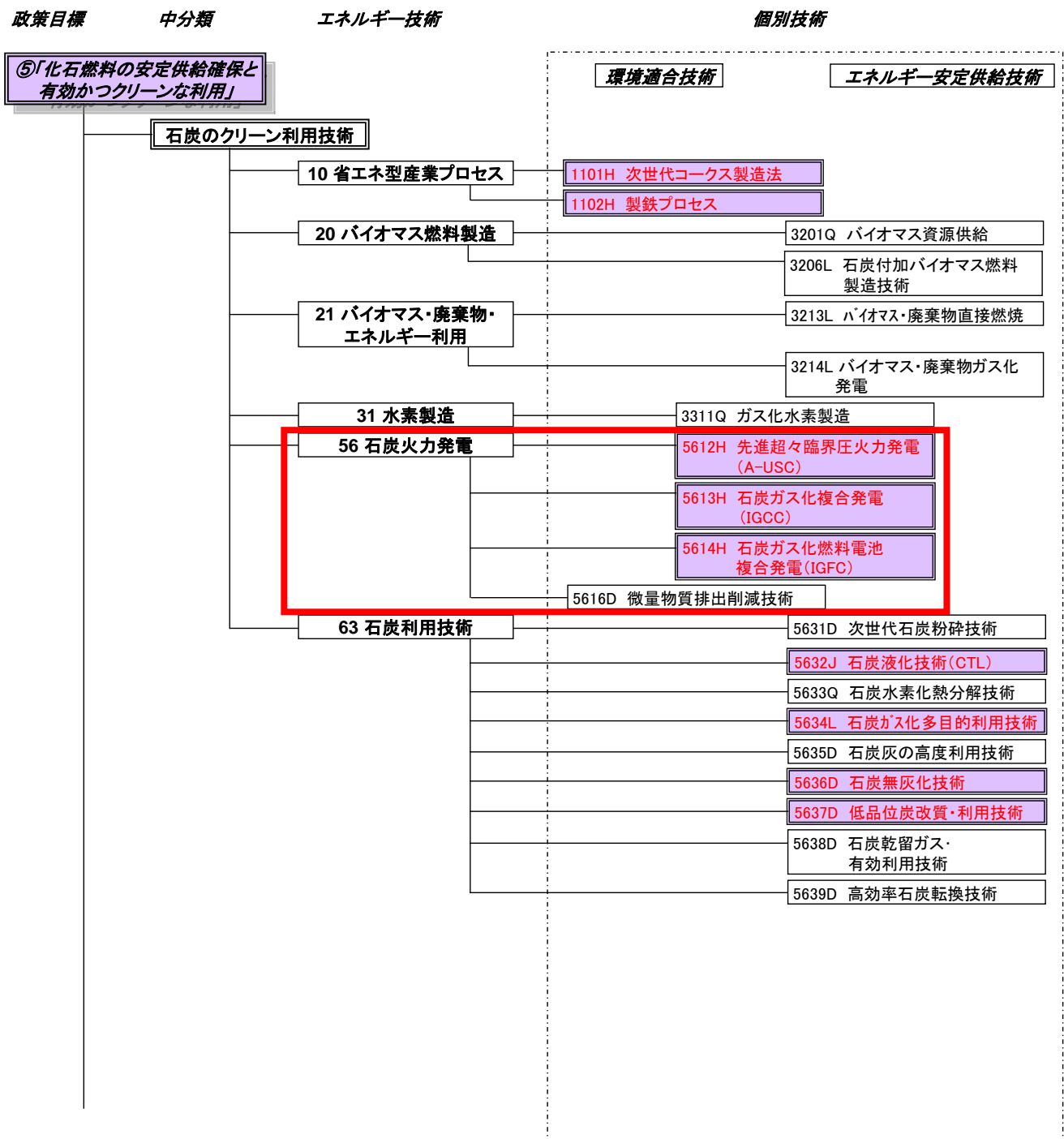






## ⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に寄与する技術の技術マップ(技術リスト)(3/4)

※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。



## プロジェクトテーマ名: 革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト

2007年12月26日版

### 研究目的

#### 背景、目的、必要性

- ① **背景:** 地球温暖化問題との関連で、石炭火力発電からのCO2排出量の削減が強く求められている。しかし、Cool Earth 50が目指すCO2削減目標を達成するためには、発電効率の向上のみでは達成できず、今後はCO2の分離・回収・貯留(CCS)も視野に入れた革新的な技術開発が必要とされている。また、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)でも、CCSが重要な技術であるとの認識が高まりつつある。
- ② **市場ニーズ(目的):**
  - ・石炭火力発電からのCO2分離・回収に最も効率的と考えられる石炭ガス化発電システムからのCO2排出をニアゼロエミッション化するための可能性調査。
  - ・石炭ガス化発電システムの効率を大幅に向上するための技術の確立。
- ③ **技術ニーズ:**
  - ・CCSの有効性確認のための実施可能性調査(フィジビリティ・スタディー)
  - ・CO2を回収しながら高効率発電が可能な革新的なガス化基盤技術の確立

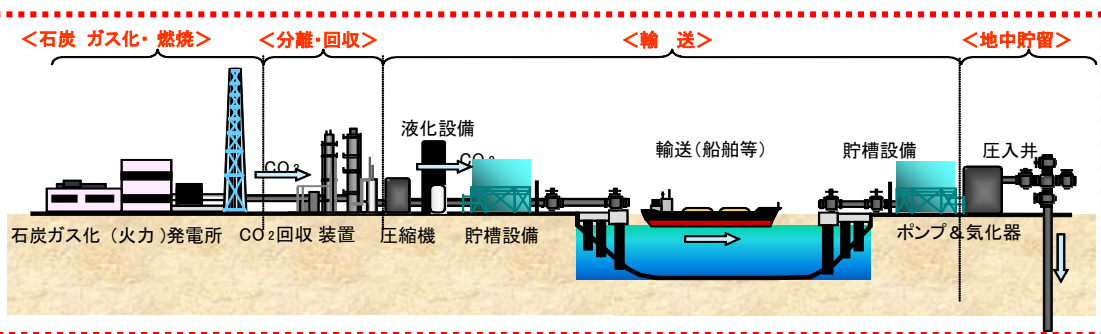
### プロジェクトの規模

#### 事業費と研究開発期間(目安として)

- ① 事業費 平成20年度 9.3億円
- ② プロジェクト期間 5年

### その他関連図表

← フィジビリティ・スタディー(発電からCCSまでのトータルシステムについて) →



#### 基盤技術

- ・CO2回収型次世代IGCC技術開発
- ・炭種適用拡大技術開発等

### 研究内容

#### ○プロジェクトの課題

- (i) **フィジビリティ・スタディー(発電からCCSまでのトータルシステムについて)**  
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を行う。本調査には、石炭ガス化発電システムの概念設計、CO2輸送システムの概念設計、CO2の貯留ポテンシャル、コスト等の評価を含む。
- (ii) **基盤研究**  
CO2回収後において、既存の石炭ガス化複合発電(IGCC)並みの発電効率を達成する革新的なガス化技術の可能性を探索するための基盤研究等の実施。

#### ○キーテクノロジー、ブレークスルーのポイント、オリジナリティ

- (i) **フィジビリティ・スタディー(発電からCCSまでのトータルシステムについて)**
  - ・我が国において、石炭ガス化発電システムからCO2の分離・回収・輸送・貯留に至る一貫したトータルシステムについて、総合的に詳細に調査した事例はない。
  - ・CO2の発生源と貯留サイトのマッチングを考慮し、複数の候補サイトでの実施可能性を詳細に検討する必要がある。
  - ・検討の精度を高めるため、経済性評価モデルの構築や国際標準化検討(ポテンシャル評価、リスク評価等)も重要な検討事項。
- (ii) **基盤研究**
  - ・CO2回収型次世代IGCC技術開発 : CO2回収後において既存IGCC並みの発電効率の達成とCO2回収コスト削減を図る。
  - ・炭種適用拡大技術開発等 : アジアに賦存する多様な石炭資源の適用拡大と革新的な高効率ガス化技術の適用可能性検討等を実施する。

#### ○目標値とその条件および設定理由

- (i) **フィジビリティ・スタディー(発電からCCSまでのトータルシステムについて)**
  - ・我が国における発電とCCSに関する実施可能性調査を実施する。
- (ii) **基盤研究**
  - ・**目標値:** 送電端効率向上(42%: HHV基準、CO2回収後)の技術的目途を得る。
  - ・**設定根拠:** 既存技術では1300℃級ガスタービンを用いたIGCCで、CO2回収前の送電端効率が43%程度であり、CO2回収ロスを高効率化技術で補完するため。

### 技術戦略マップ上の位置付け

重要技術ロードマップの「⑤化石燃料の安定供給確保とクリーン・有効利用」のクリーンコールテクノロジー(石炭ガス化複合発電、石炭ガス化多目的利用技術等)に位置付けられている。

添付資料4

## 事前評価書（案）

	作成日	平成 19 年 12 月 12 日
1. 事業名称 (コード番号)	革新的ゼロエミッション石炭火力発電プロジェクト	
2. 推進部署名	環境技術開発部	
3. 事業概要	<p>(1) 概要：地球温暖化問題との関連で CO2 排出量の削減が強く求められている中で、Cool Earth 50 が目指す CO2 削減目標である「世界全体の温室効果ガス排出量を現状と比較して 2050 年までに半減する」などの CO2 削減目標を達成するためには、省エネルギーや CO2 負荷の小さいエネルギーへの転換、再生可能エネルギーの導入、原子力発電の導入等を行っても限界があり、今後は CO2 の分離・回収・貯留（Carbon dioxide capture and storage, CCS）も視野に入れた革新的な技術開発が必要とされている。また、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）でも、CCS が重要な技術であるとの認識を強めている。</p> <p>このような状況の中、火力発電分野でも CO2 の削減が強く求められており、今後は石炭火力から発生する CO2 を分離・回収・貯留する CCS を含めたゼロエミッション型の石炭ガス化発電技術の実施可能性を検討することが必要となってきた。そこで、我が国における実施可能性を詳細に評価するために、本プロジェクトでは（i）発電から CO2 貯留までのトータルシステムに関するフィジビリティ・スタディー（FS）を実施する。また、CCS には多くのエネルギーを必要とすることから、更なる発電効率の改善も重要であり、（ii）ゼロエミッション石炭ガス化発電システムの効率を大幅に向上させるための基盤研究等も併せて実施する。（i）には、石炭ガス化発電システムの概念設計、CO2 輸送システムの概念設計、CO2 の貯留ポテンシャル評価、発電から CO2 に至るトータルシステムのコスト評価等を含む。（ii）については、CO2 回収後に於いても、既存 IGCC 並の発電効率を達成する、革新的なガス化技術発掘のための基盤研究等を行う。</p> <p>(2) 事業費 平成 20 年度 9.3 億円</p> <p>(3) 事業期間：平成 20 年度～24 年度（5 年間）</p>	

#### 4. 評価の検討状況

##### (1) 事業の位置付け・必要性

石炭ガス化発電と CO2 回収・貯留 (CCS) を組み合わせたゼロエミッション石炭ガス化発電技術は、省エネ等では限界のある温室効果ガス (CO2) の削減を行うための究極的かつ革新的な対策技術として期待されている。2007 年 5 月に内閣総理大臣が世界に提唱した「世界の二酸化炭素排出量を現状から 2050 年迄に半減」の中でも、革新的技術確立の最重要事項のひとつとして位置付けられている。また、IPCC (気候変動に関する政府間パネル) の中でも、CCS 技術が中長期的には CO2 削減のための重要技術として位置づけられてきている。

このような状況の中で、発電から CO2 貯留までのトータルシステムに係る FS を実施して、我が国におけるゼロエミッション石炭ガス化発電技術の実施可能性を評価することは極めて重要で時宜を得たものあり、今後、我が国が地球温暖化問題への対応について検討していく上で、重要な情報となる。

また、CCS 技術 (CO2 の分離・回収・貯留) は多くのエネルギーを消費し、発電技術と組み合わせると発電効率を大きく低下させることから、発電効率向上のための技術開発を並行して実施することが重要であり、CO2 回収後において既存の IGCC 並の発電効率の達成に関する目処を得る為の基盤研究等を実施する。

##### (2) 研究開発目標の妥当性

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は、(i) フィジビリティ・スタディー (FS) と (ii) 基盤研究事業を実施する。

###### (i) フィジビリティ・スタディー (発電から CCS までのトータルシステムの FS)

我が国において、石炭ガス化発電システムから CO2 の分離・回収・輸送・貯留に至る一貫したトータルシステムについて詳細に評価した例はなく、本プロジェクトで総合的な評価を実施する。この際には、CO2 の発生源と貯留サイトのマッチングを考慮し、複数の候補サイトでの実施可能性を詳細に検討する必要がある。検討の精度を向上させるため、経済性評価モデルの構築や国際標準化検討 (ポテンシャル評価、リスク評価等) も併せて実施する。フィジビリティ・スタディーを実施するという目標は、今後、我が国がゼロエミッション石炭ガス化発電技術の実施可能性を評価する上で貴重な情報を得ることになり、極めて妥当である。

###### (ii) 基盤研究事業

CCS 技術 (CO2 の分離・回収・貯留) は多くのエネルギーを消費し、発電技術と組み合わせると発電効率を大きく低下させることから、発電効率向上のための技術開発を並行して実施する必要がある。CO2 回収後においても既存 IGCC 並の発電効率を達成する革新的なガス化技術を開発すること等を目的として基盤研究事業を実施する。例えば、CO2 回収型次世代 IGCC 技術開発として、CO2 回収後に於いても、既存 IGCC 並の発電効率を達成するガス化技術を開発し、効率の向上と CO2 回収エネルギー及びコスト削減を図ることも重要であり、また、アジアに賦存する多様な石炭資源の適用拡大も資源制約の観点から検討が必要である。

CO2 回収型次世代 IGCC 技術開発について、送電端効率向上 (42%:HHV 基準、CO2 回収後) の目処を得ることを目標としているが、既存技術では 1300°C 級ガスタービンをを用いた IGCC で、CO2 回収前の送電端効率が 42% 程度であり、CO2 回収による送電端効率のロスを高効率化技術で補完するという目標は、極めて妥当である。

### (3) 研究開発マネジメント

公募を行い、適切な研究開発体制を構築する。本プロジェクトの推進にあたってはフィジビリティ・スタディーと基盤研究事業のそれぞれにプロジェクトリーダーを委嘱又は指名し、プロジェクトリーダーと協議してプロジェクト進捗管理を行う。

フィジビリティ・スタディーについては、プロジェクト開始3年目に中間評価（事業評価）を行い、その結果を踏まえて事業全体について見直しを行う。また、プロジェクトの終了の翌年に事後評価（事業評価）を行う。

基盤研究事業については、プロジェクト開始3年目に中間評価（技術評価）を行い、その結果を踏まえて事業全体について見直しを行う。また、プロジェクトの終了の翌年に事後評価（技術評価）を行う。

### (4) 研究開発成果

ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクトでは、発電からCCSまでのトータルシステムの評価を行うフィジビリティ・スタディー、及び発電効率向上のための革新的なガス化技術の発掘を目的とした基盤研究事業を実施し、下記の成果が見込まれる。

#### (i) フィジビリティ・スタディー（発電からCCSまでのトータルシステムのFS）

我が国を対象に、石炭ガス化発電システムからCO<sub>2</sub>の分離・回収・輸送・貯留に至る一貫したトータルシステムについて、総合的に詳細に評価することにより、今後、我が国が地球温暖化問題への対応方法を検討していく上で、重要な情報を得ることができる。

#### (ii) 基盤研究事業

新たな概念によるCO<sub>2</sub>回収型次世代IGCCシステムの実現可能性を検討することによって、CO<sub>2</sub>を回収しながら極めて高い送電端効率（42%：HHV基準）の達成が期待できる技術的シーズを発掘し、CCSに係る効率低下や高コストなど従来の課題を克服する画期的将来オプションが提供できると期待される。またアジアの多様な炭種に対する研究により、各種石炭への適応拡大も期待できる。

### (5) 実用化・事業化の見通し

#### (i) フィジビリティ・スタディー（発電からCCSまでのトータルシステムのFS）

地球環境問題に対する関心も益々高まる状況にあり、国際的にも我が国に対するCO<sub>2</sub>の削減要求が強まる中で、2015年頃からCCSの本格的な運用が計画されている（産構審地球環境小委員会資料（平成18年5月17日））。このような状況の中で、我が国において、石炭火力発電システムからのCCS可能性を詳細に検討することは極めて重要である。

実用化・事業化については、本プロジェクトで実施するCCSの可能性の評価結果、あるいは他のプロジェクトで実施されているCO<sub>2</sub>分離・回収技術の進歩、事業化検討時点におけるCCSの必要性等を総合的に見極めて決定される。

#### (ii) 基盤研究事業

新たな概念によるCO<sub>2</sub>回収型次世代IGCCシステムが構築できれば、CCSに伴う発電効率の低下を補償できる可能性があり、CCSの導入を円滑にできる可能性を有する。本プロジェクトで実施する基盤研究事業の成果は、ゼロエミッション石炭ガス化発電システムの高度化のための技術開発につなげていく。

### (6) その他特記事項

基盤研究事業については、平成20年度以降に必要な応じて新規テーマを追加することもある。

#### 5. 総合評価

本プロジェクトは国の環境政策やエネルギー政策に沿った技術開発である。また、我が国のエネルギー供給を支える石炭の利用に際し、できる限り環境負荷を低減して効率的に利用する技術を開発するためのプロジェクトであり、NEDO事業として推進すべき重要事項である。

**<革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト>**

投稿No.6

2008/01/24 (木) 18:15

**1. 本FSの成果とそのスピード感について**

このコンセプトの本格商用実現は2025年頃には望まれる(と推察)、とすれば、その前の実証の運転開始は2015年頃。このFSが実証実現に資するものとなること、即ち、本FSで実証の実施場所の最適サイトの選択検討を行うこと―これが本FSの達成目標、成果となることを期待します。単なる机上のモデル開発やその比較検討では5年後(2012年度)の最終成果としては不十分と思います。世界最高効率クラスでの実証ができる適地サイトの複数箇所の選択およびそれぞれの特質比較検討を行える定量的なFSを期待します。

**2. FSの全体体制について**

上記業界も含め参画意欲と遂行責任のある企業・機関等に門戸広げ、産・学・官の合同プロジェクトとして、その成果を各業界にて早期に共有化・実現化できる体制が良いと思います。今、重要なのは、将来どういう事業体であれば、このコンセプトが実現できるのかであり、その実現検討に資する様なFSとなることを望みます。

**3. 貯留ポテンシャル、コスト調査について**

望ましくはCO<sub>2</sub>の発生、分離・濃縮、(ここまでが上流)、輸送、貯留(下流)を同一サイトで行えるワールドのポテンシャルを選定・吟味し、諸外国に遅れを取らずに効果的な規模でのCCSを実証・事業化することが最終目的であると思います。しかし、上流と下流が同一サイトでない方が現実的かもしれません。実現に向け、国内外の具体的なサイト、関連事業者を切り口としたアプローチを是非行っていただきたいと考えます。

**4. 多目的石炭ガス化製造技術、CO<sub>2</sub>の分離・濃縮プログラムについて**

酸素吹きIGCCからのCO<sub>2</sub>が発生源モデルとなっておりますが、元々噴流床酸素吹きガス化炉はマルチフィード(石炭、残渣湯、バイオマス等)、マルチプロダクト(電力、燃料、水素、ケミカル、SNG、酸窒素)が特徴ですから、今後このガス化は石炭C1ケミストリーとして各分野への応用が期待されています。関連業界は大きな関心を持っております。発電プロジェクトとして狭義とすることなくコンビナートでの適用や企業間連携による実現を踏まえ、参加者の公募を検討いただきたい。

投稿No.5

2008/01/23 (水) 21:13

二酸化炭素の大幅な削減と資源安定供給を同時に達成するには、石炭を有効に利用していくことが必須である。天然ガスへの転換や省エネだけでは削減量に限界があるばかりでなく、安定した原料の調達が困難な事態になりかねない。このような観点から、本プロジェクトが遂行されることを大いに期待する。

個別の要素技術については、技術開発が進められているものの、全体のシステムとして十分に把握されていないことを危惧している。今回のプロジェクトでは、特に、トータルシステムでのFSに主眼が置





かれていることから、我が国の技術力を高めるのに十分に寄与すると考える。中長期のエネルギー技術戦略に則り、定量的な検討がなされることを期待したい。

投稿No.4

2008/01/23 (水) 20:27

二酸化炭素の大幅削減と資源安定供給を両立させるには、石炭を高効率で利用し、かつ発生する二酸化炭素を貯留隔離する必要がある。天然ガスへの転換や省エネなどで二酸化炭素の排出量の削減は可能であるが、Cool Earth 50 に示される大幅な削減には対応しきれない。資源安定供給を考えるならば、石炭の利用は避けて通れない。

本プロジェクトは、上記の考え方から、まさに王道を行くものであり、積極的な推進が期待される。

現在、個々の要素技術は技術開発が進んでいるものの、トータルシステムとして効率を上げるために、総合的な見地からFSが求められていると考える。

投稿No.3

2008/01/23 (水) 11:33

石炭火力から発生するCO<sub>2</sub>の本質的削減として、発生CO<sub>2</sub>を適地まで海上輸送し、CCSを行う本研究プロジェクトの意義は大きく、波及効果も期待される。

1点、CO<sub>2</sub>を液化して輸送する場合、低温高圧状態となるため、貯槽・輸送船コストが高価となることが予想される。これを解決するalternativeとして、CO<sub>2</sub>ガスハイドレートの自己保存性を活用した場合の可能性を検討することが求められる。

投稿No.2

2008/01/23 (水) 10:18

CO<sub>2</sub> 排出量の大幅な削減につながる具体策が強く求められるなか、「発電から CO<sub>2</sub> 貯留までのトータルシステムに関するフィージビリティ」を明確にすることが極めて重要であり、わが国の特殊性も加味して次のような検討を行うべきであると考え。

1. 総合FSの実施内容については、まず、

(1) ゼロエミッション化の目指すべき目標・意義の明確化を行う必要がある。

ここでは、始めに、Cool Earth 50 目標達成における石炭火力ゼロエミッション化の位置付け明確化に取り組み、世界を対象とするとともにわが国における位置付けを明確化すること、変化に対応した再検討が容易となる分析手法の確立に努める必要がある。

また、今回の分析においては、特に「石炭ガス化発電+CCS」に力点を置いて、その姿を明確にしつつ、位置付けを検討すること、さらに、石炭ガス化発電によって質の悪い石炭を利用できる利点やエネルギーセキュリティの視点も含めた検討が重要である。

加えて、Cool Earth 50 で例示されている水素還元鉄(+CCS)との相乗効果などを経済評価モデルによって評価することも面白い視点になり得るのではないかと。

次いで、このFSで得るべき成果として、目標達成への道筋の提示が是非必要で、

(2) ゼロエミッション化計画の提言・課題実現のための方策作成が課題である。

ここでは、以下の、IGCC+CCSシステムの詳細な分析と貯留層とのマッチング評価を踏まえて、

関係有識者による総合的な検討作業を継続的に実施する必要がある。

なお、検討は主に、IGCC+CCS システムを念頭に行うべきだが、必要に応じ、既存発電システム+CCSについての検討結果を加味する必要がある。

- ① IGCC+CCS トータルシステムの評価と分析
  - ①-1 ガス化発電技術 ①-2 分離回収技術 ①-3 CO<sub>2</sub> 輸送の選択肢
- ② 排出源と貯留層の相互関係と評価
- ③ IGCC+CCS に関わるリスク評価とガイドラインの検討および理解促進のため課題の整理

なお、繰り返しになるが、検討が多岐にわたり、かつ完成までに長期間を必要とするため、NEDO の PJ リーダを中心とし、関係者を糾合した継続的な総合検討体制が必要である。

2. 基盤研究についての目標は、「CO<sub>2</sub>回収後の送電端効率向上」とされているが、送電端効率の検討ばかりでなく、CCSを含めた要素技術の改善が総合燃料効率の改善にどの程度貢献するか見据えた上での取り組みが必要であると考え。

諸外国での開発状況も参考にして、輸送・圧入を加えたシステム全体(下記)を検討し、取り組むべき課題を明確化していくことが必要なのではないか。

- ① ガス化技術:ガス化技術とともに、酸素分離技術も重要
- ② 回収技術:新しい分離回収材料(有機・無機)や回収システムについても研究
- ③ 輸送・貯留技術:昇圧時のエネルギーロスの低減が必要
- ④ その他

投稿No.1

2008/01/20 (日) 0:13

昨今の原油高騰により、全世界的にエネルギー価格が高騰している。一方、CO<sub>2</sub> 等によると思われる地球温暖化も徐々に影響が出始めている。このような環境下で、原油は、70-80 年、天然ガスもほぼ同様であるが、石炭は 130-150 年以上あるといわれている。この石炭を利活用することは必須と思われるが、依然 CO<sub>2</sub> 問題を今後、より具体的に、削減する必要がある。

NEDO 殿は、従来から、石炭も着目されて、CCT を始めとする技術開発を取り進めてきたが、その大部分を単一技術に注力していた。しかし、今回は、CCT と CCS を核としたシステム全体を対象としている点に幅が広くなり、評価される。一方、更に高効率化を図るため、基盤研究も平行して、研究するパッケージとなっている。是非、このようなパッケージとして、全体システムの R&D を推進していただけるようお願いしたい。但し、システム研究であり、従来型のメーカ中心で無く、国系研究所や技術/経営と人文科学系要素も加味した世界でも例の無いような革新的な長期研究体制を構築していただくことも加味いただければ、幸いです。

### プロジェクトテーマ名: 革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト

2008年2月13日版

#### 研究目的

##### ○背景、目的、必要性

①背景: 地球温暖化問題との関連で、石炭火力発電からのCO<sub>2</sub>排出量の削減が強く求められている。しかし、Cool Earth 50が提唱するCO<sub>2</sub>削減目標を達成するためには、発電効率の向上のみでは達成できず、今後はCO<sub>2</sub>の分離・回収・貯留(CCS)も視野に入れた革新的な技術開発が必要とされている。また、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)等でも、CCSが重要な技術であるとの認識が高まりつつある。

##### ②市場ニーズ(目的):

- ・石炭火力発電からのCO<sub>2</sub>分離・回収に、最も効率的と考えられる石炭ガス化発電システムからのCO<sub>2</sub>排出を、ニアゼロエミッション化する可能性調査。
- ・石炭ガス化発電システムの効率やコストを大幅に向上するための技術の確立。

##### ③技術ニーズ:

- ・CCSの有効性確認のための実施可能性調査(フィジビリティ・スタディー)
- ・CO<sub>2</sub>を回収しながら高効率発電が可能な革新的なガス化基盤技術の確立。

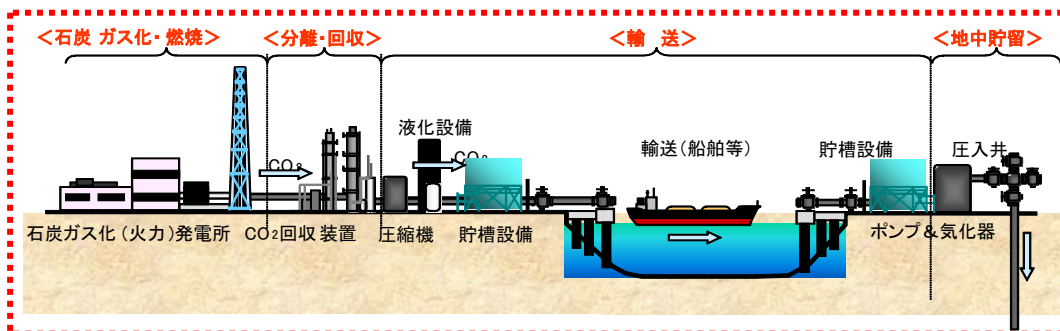
#### プロジェクトの規模

##### ○事業費と研究開発期間(目安として)

- ①事業費 平成20年度 9.3億円(予定)
- ②プロジェクト期間 5年

#### その他関連図表

フィジビリティ・スタディー(発電からCCSまでのトータルシステムについて)



基盤技術

- ・CO<sub>2</sub>回収型次世代IGCC技術開発
- ・炭種適用拡大技術開発等

#### 研究内容

##### ○プロジェクトの課題

###### (i) 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)

我が国において石炭ガス化発電システムからCO<sub>2</sub>を分離・回収し、CO<sub>2</sub>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を行う。本調査には、石炭ガス化発電システムの概念設計、CO<sub>2</sub>輸送システムの概念設計、CO<sub>2</sub>の貯留ポテンシャル、コスト等の評価を含む。

###### (ii) 革新的ガス化技術に関する基盤研究

- ①CO<sub>2</sub>回収後において、既存の石炭ガス化複合発電(IGCC)並みの発電効率を達成する革新的なガス化技術の可能性を探索するための基盤研究等の実施。
- ②石炭ガス化システムの効率を飛躍的に向上させる提案公募型基盤研究の実施。

##### ○キーテクノロジー、ブレイクスルーのポイント、オリジナリティ

###### (i) 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)

- ・我が国において、石炭ガス化発電システムからCO<sub>2</sub>の分離・回収・輸送・貯留に至る一貫したトータルシステムについて、総合的に詳細に調査した事例はない。
- ・CO<sub>2</sub>の発生源と貯留サイトのマッチングを考慮し、複数の候補サイトでの実施可能性を詳細に検討する必要がある。
- ・検討の精度を高めるため、経済性評価モデルの構築や国際標準化検討(ポテンシャル評価、リスク評価等)も重要な検討事項。

###### (ii) 革新的ガス化技術に関する基盤研究

- ・CO<sub>2</sub>回収型次世代IGCC技術開発: 回収したCO<sub>2</sub>を酸化剤の一部に用いる事で大幅な効率向上を図る実用基盤技術の開発と、アジアに賦存する多様な石炭に対する、適応の可能性検討を実施する。
- ・発電効率を大幅に改善させる革新的技術の発掘を目的とした、公募型基盤研究。

##### ○目標値とその条件および設定理由

###### (i) 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)

- ・我が国における発電とCCSに関する実施可能性調査を実施する。

###### (ii) 革新的ガス化技術に関する基盤研究

- ・目標値: 送電端効率向上(42%:HHV基準、CO<sub>2</sub>回収後)の技術的目途を得る。
- ・設定根拠: 既存技術では1300℃級ガスタービンを用いたIGCCで、CO<sub>2</sub>回収前の送電端効率が43%程度であり、CO<sub>2</sub>回収ロスを高効率化技術で補完するため。

#### 技術戦略マップ上の位置付け

重要技術ロードマップの「⑤化石燃料の安定供給確保とクリーン・有効利用」のCCT技術(石炭ガス化複合発電、石炭ガス化多目的利用技術等)に位置付けられている。

## 事前評価書(案)

作成日

平成 20 年 2 月 13 日

1. 事業名称 (コード番号)	革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト
2. 推進部署名	環境技術開発部
3. 事業概要	<p>(1) 概要：地球温暖化問題との関連で CO2 排出量の削減が強く求められている中で、Cool Earth 50 が提唱する「世界全体の温室効果ガス排出量を現状と比較して 2050 年までに半減する」などの CO2 削減目標を達成するためには、省エネルギーや CO2 負荷の小さいエネルギーへの転換、再生可能エネルギーの導入、原子力発電の導入等を行っても限界があり、今後は CO2 の分離・回収・貯留 (Carbon dioxide capture and storage, CCS) も視野に入れた革新的な技術開発が必要とされている。また、国内のみならず、気候変動に関する政府間パネル (IPCC) や G 8、或いは EU や米国でも、CCS が重要な技術であるとの認識を強めている。</p> <p>このような状況の中、火力発電分野でも CO2 の削減が強く求められており、今後は石炭火力から発生する CO2 を分離・回収・貯留する CCS を含めたゼロエミッション型の石炭ガス化発電技術の実施可能性を検討することが必要となってきた。そこで、我が国における実施可能性を詳細に評価するために、本プロジェクトでは (i) 発電から CO2 貯留までのトータルシステムに関するフィジビリティ・スタディー (FS) を実施する。本 FS は、今後、我が国の高度なクリーン・コール・テクノロジーを海外へ展開する際にも重要な情報となる。また、CCS には多量の付加的なエネルギーが必要となることから、発電効率を可能な限り高く維持するためには、更なる効率改善も重要であり、(ii) ゼロエミッション石炭ガス化発電システムの効率を大幅に向上させるための基盤研究等も併せて実施する。(i) には、石炭ガス化発電システムの概念設計、CO2 輸送システムの概念設計、CO2 の貯留ポテンシャル評価、発電から CO2 に至るトータルシステムのコスト評価等を含む。(ii) については、CO2 回収後においても、既存 IGCC 並の発電効率を達成する革新的なガス化技術発掘のための基盤研究を実施する。</p> <p>(2) 事業費           平成 20 年度   9. 3 億円</p> <p>(3) 事業期間：   平成 20 年度～平成 24 年度 (5 年間)</p>

#### 4. 評価の検討状況

##### (1) 事業の位置付け・必要性

石炭ガス化発電と CO2 回収・貯留 (CCS) を組み合わせたゼロエミッション石炭ガス化発電技術は、省エネ等では限界のある温室効果ガス (CO2) の削減を行うための究極的かつ革新的な対策技術として期待されている。2007 年 5 月に内閣総理大臣が世界に提唱した「世界の二酸化炭素排出量を現状から 2050 年迄に半減」の中でも、革新的技術確立の最重要事項のひとつとして位置付けられている。また、IPCC (気候変動に関する政府間パネル) の中でも、CCS 技術が中長期的には CO2 削減のための重要技術として位置づけられてきている。

このような状況の中で、発電から CO2 貯留までのトータルシステムに係る FS を実施して、我が国におけるゼロエミッション石炭ガス化発電技術の実施可能性を評価することは極めて重要で時宜を得たものあり、今後、我が国が地球温暖化問題への対応について検討していく上で、重要な情報となる。

また、CCS 技術 (CO2 の分離・回収・貯留) は多くのエネルギーを消費し、発電技術と組み合わせると発電効率を大きく低下させることから、発電効率向上のための技術開発を並行して実施することが重要であり、CO2 回収後において既存の IGCC 並の発電効率の達成に関する目処を得る為の基盤研究等を実施する。

## (2) 研究開発目標の妥当性

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は、(i) 発電から CCS までのトータルシステムのフィジビリティ・スタディー (FS) と(ii) 革新的ガス化技術に関する基盤研究事業を実施する。

### (i) 発電から CCS までのトータルシステムのフィジビリティ・スタディー (FS)

我が国において、石炭ガス化発電システムから CO<sub>2</sub> の分離・回収・輸送・貯留に至る一貫したトータルシステムの詳細設計に基づいて評価した例はなく、本プロジェクトで総合的な評価を実施する。この際には、CO<sub>2</sub> の発生源と貯留サイトのマッチングを考慮し、複数の候補サイトでの実施可能性を詳細に検討する必要がある。検討の精度を向上させるため、経済性評価モデルの構築や国際標準化検討（ポテンシャル評価、リスク評価等）も併せて実施する。フィジビリティ・スタディーを実施するという目標は、今後、我が国がゼロエミッション石炭ガス化発電技術の実施可能性を評価する上で貴重な情報を得ることになり、極めて妥当である。

### (ii) 革新的ガス化技術に関する基盤研究事業

CCS 技術（CO<sub>2</sub> の分離・回収・貯留）は多くのエネルギーを消費し、発電技術と組み合わせると発電効率を大きく低下させることから、発電効率向上のための技術開発を並行して実施する必要がある。そこで、下記のように、効率向上に資するテーマ設定型、およびテーマ提案公募型の基盤研究事業を実施する。

#### ①テーマ設定型基盤研究事業（CO<sub>2</sub> 回収型次世代 IGCC 技術開発）

石炭ガス化システムから回収した CO<sub>2</sub> を酸化剤の一部として用いることにより、石炭ガス化システムの効率を大幅に向上することのできる CO<sub>2</sub> 回収型次世代 IGCC システムの実用基盤技術の開発を行う。また、このシステムについて、アジアの多様な石炭に対する適応性の検討も実施する。

#### ②テーマ提案公募型基盤研究事業

IGCC の発電効率を大幅に改善させる革新的なガス化技術の発掘を目的として、2015～2030 年頃の実用化を目指した先導的な研究開発及び、さらに革新的なブレークスルーに繋がる基盤研究テーマを公募する。

CO<sub>2</sub> 回収型次世代 IGCC 技術開発について、送電端効率向上（42%:HHV 基準、CO<sub>2</sub> 回収後）の目処を得ることを目標としているが、既存技術では 1300℃級ガスタービンを用いた IGCC で、CO<sub>2</sub> 回収前の送電端効率が 43%程度であり、CO<sub>2</sub> 回収による送電端効率のロスを高効率化技術で補完するという目標は、極めて妥当である。

### (3) 研究開発マネジメント

公募を行い、適切な研究開発体制を構築する。本プロジェクトの推進にあたってはフィジビリティ・スタディーと基盤研究事業のそれぞれにプロジェクトリーダーを委嘱又は指名し、プロジェクトリーダーと協議してプロジェクト進捗管理を行う。

フィジビリティ・スタディーについては、毎年事業評価を行い、実施期間終了後に、FS 結果や報告書の内容等により評価した後、必要に応じて外部有識者による評価を受けるものとする。基盤研究事業については、プロジェクト開始 3 年目に中間評価（技術評価）を行い、その結果を踏まえて事業全体について見直しを行う。また、プロジェクトの終了の翌年に事後評価（技術評価）を行う。

### (4) 研究開発成果

ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクトでは、発電から CCS までのトータルシステムの評価を行うフィジビリティ・スタディー、及び発電効率向上のための革新的なガス化技術の発掘を目的とした基盤研究事業を実施し、下記の成果が見込まれる。

#### (i) 発電から CCS までのトータルシステムのフィジビリティ・スタディー (FS)

我が国を対象に、石炭ガス化発電システムから CO<sub>2</sub> の分離・回収・輸送・貯留に至る一貫したトータルシステムについて、総合的に詳細に評価することにより、今後、我が国が地球温暖化問題への対応方法を検討していく上で、重要な情報を得ることができる。

#### (ii) 革新的ガス化技術に関する基盤研究事業

新たな概念による CO<sub>2</sub> 回収型次世代 IGCC システムの実現可能性を検討することによって、CO<sub>2</sub> を回収しながら極めて高い送電端効率（42%：HHV 基準）の達成が期待できる技術的シーズを発掘し、CCS に係る効率低下や高コストなど従来の課題を克服する画期的将来オプションが提供できると期待される。またアジアの多様な炭種に対する研究により、各種石炭への適応拡大も期待できる。

更に、テーマ提案公募型基盤研究事業により、大幅な効率改善が期待できる革新的なガス化技術の発掘も、期待される。

### (5) 実用化・事業化の見通し

#### (i) 発電から CCS までのトータルシステムのフィジビリティ・スタディー (FS)

地球環境問題に対する関心も益々高まる状況にあり、国際的にも我が国に対する CO<sub>2</sub> の削減要求が強まる中で、2015 年頃から CCS の本格的な運用が計画されている（産構審地球環境小委員会資料（平成 18 年 5 月 17 日））。このような状況の中で、我が国において、石炭火力発電システムからの CCS 可能性を詳細に検討することは極めて重要である。

実用化・事業化については、本プロジェクトで実施する CCS の可能性の評価結果、あるいは他のプロジェクトで実施されている CO<sub>2</sub> 分離・回収技術の進歩、事業化検討時点における CCS の必要性等を総合的に見極めて決定される。

#### (ii) 革新的ガス化技術に関する基盤研究事業

新たな概念による CO<sub>2</sub> 回収型次世代 IGCC システムが構築できれば、CCS に伴う発電効率の低下を補償できる可能性があり、CCS の導入を円滑にできる可能性を有する。本プロジェクトで実施する基盤研究事業の成果は、ゼロエミッション石炭ガス化発電システムの高度化のための技術開発につなげていく。

(6) その他特記事項

基盤研究事業については、平成 20 年度以降に必要な応じて新規テーマを追加することもある。

5. 総合評価

本プロジェクトは国の環境政策やエネルギー政策に沿った技術開発である。また、我が国のエネルギー供給を支える石炭の利用に際し、できる限り環境負荷を低減して効率的に利用する技術を開発するためのプロジェクトであり、NEDO事業として推進すべき重要事項である。



(燃料技術開発プログラム)  
「革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト」  
基本計画（案）

環境技術開発部

1. プロジェクトの目的・目標・内容

(1) プロジェクトの目的

地球温暖化問題との関連でCO<sub>2</sub>排出量の削減が強く求められている中で、Cool Earth 50が提唱する「世界全体の温室効果ガス排出量を現状と比較して2050年までに半減する」などのCO<sub>2</sub>削減目標を達成するためには、省エネルギーやCO<sub>2</sub>負荷の小さいエネルギーへの転換、再生可能エネルギーの導入、原子力発電の導入等だけでは限界があり、今後はCO<sub>2</sub>の分離・回収・貯留（Carbon dioxide capture and storage, CCS）も視野に入れた革新的な技術開発が必要とされている。また、国内のみならず気候変動に関する政府間パネル（IPCC）やG 8、或いはEUや米国でも、CCSが重要な技術であるとの認識を強めている。

このような状況の中、火力発電分野でもCO<sub>2</sub>の削減が強く求められており、今後は石炭火力から発生するCO<sub>2</sub>を分離・回収・貯留するCCSを含めたゼロエミッション型の石炭ガス化発電技術の実施可能性を検討することが必要となって来た。そこで、我が国における実施可能性を詳細に評価するために、本プロジェクトでは（i）発電からCO<sub>2</sub>貯留までのトータルシステムに関するフィジビリティ・スタディー（FS）を実施する。本FSは、今後、我が国の高度なクリーン・コール・テクノロジーを海外へ展開する際にも重要な情報となる。また、CCSには多量の付加的なエネルギーが必要となることから、発電効率を可能な限り高く維持するためには、更なる効率改善も重要であり、（ii）ゼロエミッション石炭ガス化発電システムの効率を大幅に向上させるための基盤研究等も併せて実施する。（i）には、石炭ガス化発電システムの概念設計、CO<sub>2</sub>輸送システムの概念設計、CO<sub>2</sub>の貯留ポテンシャル評価、発電からCO<sub>2</sub>に至るトータルシステムのコスト評価等を含む。（ii）については、CO<sub>2</sub>回収後においても、既存IGCC並の発電効率を達成する革新的なガス化技術発掘のための基盤研究を実施する。

(2) プロジェクトの目標

本事業は、環境問題への対応を目的として、石炭火力から発生するCO<sub>2</sub>を分離・回収・貯留（CCS）するゼロエミッション型の石炭ガス化発電技術の可能性を評価するためのFSを実施する。また、CCSは発電効率の大幅な低下をきたすため、その効率低下を補完するための基盤技術開発を、併せて実施することを目標とする。

なお、別紙にプロジェクト項目毎の目標を設定する。

(3) プロジェクトの内容

上記の目標を達成するために、以下のプロジェクト項目について、別紙のプロジェクト

ト計画に基づきプロジェクトを推進する。

[委託事業]

- ①発電からCO2貯留までのトータルシステムのフィジビリティ・スタディー (FS)
- ②革新的ガス化技術に関する基盤研究事業

## 2. プロジェクトの実施方式

### (1) プロジェクトの実施体制

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（以下「NEDO技術開発機構」という）が単独ないし複数の原則本邦の企業、研究組合、公益法人等の研究機関（原則、国内に研究開発拠点を有していること。ただし、国外企業の特別の研究開発能力、研究施設等の活用あるいは国際標準獲得の観点から国外企業との連携が必要な部分はこの限りではない。）から、公募によってプロジェクト実施者を選定し、委託により実施する。

共同で参加する各グループの有する技術ポテンシャルを最大限に活用して効率的なプロジェクトの推進を図る観点から、NEDO技術開発機構が委託先決定後に指名するプロジェクト責任者（プロジェクトリーダー）をプロジェクト項目毎に置き、その下に研究者を可能な限り結集して効果的なプロジェクトを実施する。

### (2) プロジェクトの運営管理

プロジェクト全体の管理・執行に責任を有するNEDO技術開発機構は、経済産業省及びプロジェクトリーダーと密接な関係を維持しつつ、本プロジェクトの目的及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、NEDO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. プロジェクトの実施期間

プロジェクトの実施期間は、平成20年度から平成24年度までの5年間とする。ただし、各プロジェクト項目のプロジェクト期間はプロジェクト項目毎に設定する。

## 4. 評価に関する事項

NEDO技術開発機構は、技術的および政策的観点から、プロジェクトの意義、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、評価を実施する。評価方法については、以下に示すように、本プロジェクトの内容①、②について分けて行う。

- (1) ①については、業務方法書第40条及び事業評価実施規程に基づき、事業評価を実施する。
- (2) ②については、事業外部有識者によるプロジェクトの中間評価及び事後評価を実施する。

なお、個々の実施時期や方法は、プロジェクト項目毎に別紙プロジェクト計画に記載する。

## 5. その他の重要事項

### (1) プロジェクト成果の取扱い

#### ① 成果の普及

得られたプロジェクト成果については、NEDO技術開発機構、実施者とも普及に努めるものとする。

#### ② 知的基盤整備事業及び標準化等との連携

得られたプロジェクトの成果については、知的基盤整備または標準化等との連携を図るため、データベースへのデータの提供、標準情報(TR)制度への提案等を積極的に行う。

#### ③ 知的財産権の帰属

委託研究開発の成果に関わ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26条の規定等に基づき、原則として、すべて委託先に帰属させることとする。

### (2) 基本計画の変更

NEDO技術開発機構は、プロジェクト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、産業技術政策動向、第三者の視点から評価結果、プロジェクト費の確保状況、当該プロジェクトの進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標やプロジェクト体制等、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十五条第1項第一号イに基づき実施する。

### (4) その他

②については、技術動向調査などの結果に基づき、平成21年度以降に必要な応じて新規技術開発テーマを追加することもある。

## 6. 基本計画の改訂履歴

(1) 平成20年3月、基本計画制定。

(別紙) プロジェクト計画

プロジェクト項目①

「発電からCCSまでのトータルシステムのフィジビリティ・スタディー (FS)」

## 1. プロジェクトの必要性

地球温暖化問題との関連で、CO<sub>2</sub>排出量の削減が強く求められている中で、Cool Earth 50が提唱する「世界全体の温室効果ガス排出量を現状と比較して2050年までに半減する」などのCO<sub>2</sub>削減目標を達成するためには、省エネルギーやCO<sub>2</sub>負荷の小さいエネルギーへの転換、再生可能エネルギーの導入、原子力発電の導入等だけでは限界があり、今後はCO<sub>2</sub>の分離・回収・貯留 (Carbon dioxide capture and storage, CCS) も視野に入れた革新的な技術開発が必要とされている。また、国内のみならず気候変動に関する政府間パネル (IPCC) やG 8、或いはEUや米国でもでも、CCSが重要な技術であるとの認識を強めている。

このような状況の中、火力発電分野でもCO<sub>2</sub>の削減が強く求められており、今後は石炭火力から発生するCO<sub>2</sub>を分離・回収・貯留するCCSを含めたゼロエミッション型の石炭ガス化発電技術の実施可能性を検討することが必要となって来た。そこで、我が国における実施可能性を詳細に評価するために、本プロジェクト項目 ①では、発電からCO<sub>2</sub>貯留までのトータルシステムに関するフィジビリティ・スタディー (FS) を実施する。この中には、石炭ガス化発電とCO<sub>2</sub>分離・回収システムの概念設計、CO<sub>2</sub>輸送システムの概念設計、CO<sub>2</sub>の貯留システムの概念設計と貯留ポテンシャル評価、発電からCO<sub>2</sub>貯留に至るトータルシステムの評価等が含まれる。

## 2. プロジェクトの具体的内容

我が国において、石炭ガス化発電システムからCO<sub>2</sub>の分離・回収・輸送・貯留に至る一貫したトータルシステムについて、システムの詳細設計に基づいて評価した例はなく、本プロジェクトでフィジビリティ・スタディー (発電からCCSまでのトータルシステムのFS) を行い、総合的な評価を実施する。この際には、CO<sub>2</sub>の発生源と貯留サイトのマッチングを考慮し、複数の候補サイトでの実施可能性を詳細に検討する必要がある。検討の精度を向上させるため、各要素技術の概念設計、経済性評価モデルの構築や国際標準化検討 (ポテンシャル評価、リスク評価等) も併せて実施する。

### (1) 石炭ガス化発電とCO<sub>2</sub>分離・回収システムの概念設計

CO<sub>2</sub>発生源である石炭ガス化発電とそれにCO<sub>2</sub>分離・回収設備を付加したシステムの概念設計を行い、それらを組み合わせた最適システムの検討を行う。石炭ガス化技術として、CO<sub>2</sub>の分離・回収が比較的容易である酸素吹きガス化法 (酸素吹き石炭ガス化複合発電) を対象とし、実証規模設備と商用規模設備について概念設計を実施する。

### (2) CO<sub>2</sub>輸送システムの概念設計

石炭ガス化発電所から距離が離れた滞水層にCO<sub>2</sub>を貯留する際には、船舶やパイプラインによるCO<sub>2</sub>の輸送が必要となる。そこで、地質構造が小さく複雑なためにCO<sub>2</sub>の発生源近傍における貯留ポテンシャルに多くを期待できず、また、CO<sub>2</sub>の発生源と貯留候補地が離れ、地形が急峻で人口密度が高く、地質構造が複雑であり、地震の多発国

でもであるという我が国の地理的・地質的特性に適したCO<sub>2</sub>輸送システムの検討が必要であり、これらを考慮した設備及び輸送システム全体の概念設計を行う。

### (3) CO<sub>2</sub>の貯留システムの概念設計と貯留ポテンシャル評価

回収されたCO<sub>2</sub>は、長期に亘って安全に地下に貯留する必要がある。このため、貯留候補地と考えられるサイトについて、貯留ポテンシャル調査を行い、貯留の可能性を明確化するとともに、貯留システムの概念設計や貯留システムの経済性評価等の調査を行う。

### (4) 全体システム評価（発電からCO<sub>2</sub>貯留に至るトータルシステムの評価）

我が国の石炭火力発電所は全国に広く分散しており、今後それらの発電所が老朽化した際には、最新の石炭ガス化発電設備が導入されていく可能性は高い。また、CO<sub>2</sub>の貯留候補地も全国に分散しており、CO<sub>2</sub>発生源と貯留地を連関させて系統的な検討を行う必要がある。また、それらの結果に基づきエネルギー需給への影響を評価することも重要となる。さらに、上記の検討を実施する際には、地中貯留ポテンシャル評価方法の標準化検討等も重要であることから、以下の検討を進める。

#### ① 経済性評価モデルの構築と評価

CO<sub>2</sub>を分離・回収し、CO<sub>2</sub>を輸送・貯留・モニタリングするまでのトータルシステムの経済性評価のためのモデルを構築すると共に、そのモデルを使って発電からCO<sub>2</sub>貯留に至るトータルシステムの実施可能性に関する評価を行う。

#### ② エネルギー需給影響評価モデルの構築と評価

①の結果を踏まえ、革新的ゼロエミッション石炭火力発電システムの導入・普及が、我が国のエネルギー需給構造に及ぼす影響を分析するためのモデルやCO<sub>2</sub>排出削減への貢献を分析するためのモデルを構築し、そのモデルを使った影響評価を行う。

#### ③国際標準化の検討

革新的ゼロエミッション石炭火力発電システムを普及させるためには、地中貯留ポテンシャルや地中貯留に係るリスクを正しく評価する指標が必要となる。そこで、これらの国際標準化に資する可能性を有する事項について、国際標準化の可能性検討を行う。

### 3. 達成目標

プロジェクト目標を下記のように設定する。

最終目標：平成24年度

目標値：発電からCCSに至るトータルシステムの実施可能性を評価する

### 4. 評価に関する事項

NEDO技術開発機構は、業務方法書第40条及び事業評価実施規程に基づき、事業評価を毎年実施すると共に、実施期間終了後に技術的および政策的観点から、プロジェクトの意義、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、FS結果や報告書の内容等により評価した後、必要に応じて外部有識者による評価を受けるものとする。

以上

## プロジェクト項目②「革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」

### 1. プロジェクトの必要性

地球温暖化問題との関連で、CO<sub>2</sub>排出量の削減が強く求められている中で、Cool Earth 50が提唱する「世界全体の温室効果ガス排出量を現状と比較して2050年までに半減する」などのCO<sub>2</sub>削減目標を達成するためには、省エネルギーやCO<sub>2</sub>負荷の小さいエネルギーへの転換、再生可能エネルギーの導入、原子力発電の導入等だけでは限界があり、今後はCO<sub>2</sub>の分離・回収・貯留（Carbon dioxide capture and storage, CCS）も視野に入れた革新的な技術開発が必要とされている。また、国内のみならず気候変動に関する政府間パネル（IPCC）やG 8、或いはEUや米国でも、CCSが重要な技術であるとの認識を強めている。

このような状況の中、火力発電分野でもCO<sub>2</sub>の削減が強く求められており、今後は石炭火力から発生するCO<sub>2</sub>を分離・回収・貯留するCCSを含めたゼロエミッション型の石炭ガス化発電技術の実施可能性を検討することが必要となって来た。しかし、火力発電にCCS技術を適用すると多量の付加的なエネルギーが必要となることから、貴重な炭化水素資源を有効に活用する観点から、石炭ガス化システムやCO<sub>2</sub>分離・回収技術の更なる高効率化が必要である。そこで、本プロジェクト項目②として、ゼロエミッション石炭ガス化発電システムの効率を大幅に向上させるための基盤研究を実施する。

### 2. プロジェクトの具体的内容

CCS技術（CO<sub>2</sub>の分離・回収・貯留）は多量の付加的なエネルギーを消費し、発電技術と組み合わせると発電効率を大きく低下させることから、可能な限り発電効率を高く維持するための技術開発を推進する必要がある。そこで、下記のように、効率向上に資するテーマ設定型、およびテーマ提案公募型の基盤研究事業を実施する。

#### ①テーマ設定型基盤研究事業（CO<sub>2</sub>回収型次世代IGCC技術開発）

石炭ガス化システムから回収したCO<sub>2</sub>を酸化剤の一部として用いることにより、石炭ガス化システムの効率を大幅に向上することのできるCO<sub>2</sub>回収型次世代IGCCシステムの実用基盤技術の開発を行う。また、このシステムについて、アジアの多様な石炭に対する適応性の検討も実施する。

#### ②テーマ提案公募型基盤研究事業

IGCCの発電効率を大幅に改善させる革新的なガス化技術の発掘を目的として、2015～2030年頃の実用化を目指した先導的な研究開発及び、さらに革新的なブレークスルーに繋がる基盤研究テーマを公募する。

### 3. 達成目標

①のプロジェクト目標は、下記のように設定する。

[最終目標（平成24年度）]

- ・目標値：性状の異なるアジアの3種類以上の石炭を用い、CO<sub>2</sub>回収後において、送電端効率42%（HHV基準）を実現させる基盤技術の確立。

- ・ 設定根拠： 既存技術では1300℃級ガスタービンを用いたIGCCで、CO2回収前の送電端効率が43%程度であり、CO2回収ロスを高効率化技術で補完するため。

[中間目標（平成22年度）]

送電端効率向上（42%:HHV基準、CO2回収後）のための主要構成技術の目処を得る。

- ②のテーマ提案公募型基盤研究事業のプロジェクト目標、実施内容の詳細については、採択テーマ決定後にNEDO技術開発機構と委託者の間で協議の上、別途「研究開発テーマ一覧」に定めることとする。

#### 4. 評価に関する事項

NEDO技術開発機構は、技術的および政策的観点から、プロジェクトの意義、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、外部有識者によるプロジェクトの中間評価及び事後評価を実施する。なお、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・中止等の見直しを迅速に行う。評価の時期については、当該プロジェクトに係る技術動向、政策動向や当該プロジェクトの進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

以上

<特許・論文リスト>

【特許】

■CO2回収型次世代IGCC技術開発

No.	出願人	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名称	発明者
1	電力中央研究所	特願2009-180154	国内	2009/7/31	出願	反応検証装置及び反応検証方法	小林誠

■石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NOx技術開発

No.	出願人	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名称	発明者
1	日立製作所	特願2008-231618	国内	2008/9/10	出願	ガスタービンの燃料供給方法	小泉 浩美, 他5名
2	日立製作所	特願2008-234169	国内	2008/9/12	出願	燃焼器, 燃焼器の燃料供給方法及び燃焼器の改造方法	百々 聡, 他2名
3	日立製作所	特願2008-310376	国内	2008/12/5	出願	ガスタービンの運転方法及びガスタービン燃焼器	浅井 智広, 他3名
4	日立製作所	特願2009-225896	国内	2009/9/30	出願	水素含有燃料対応燃焼器および, その低NOx運転方法	小泉 浩美, 他5名
5	日立製作所	特願2009-227542	国内	2009/9/30	出願	ガスタービン燃焼器の制御装置およびガスタービン燃焼器の制御方法	百々 聡, 他3名
6	日立製作所	特願2009-269542	国内	2009/11/27	出願	ガスタービン燃焼器	浅井 智広, 他4名
7	日立製作所	特願2010-004697	国内	2010/1/13	出願	ガスタービン燃焼器	百々 聡, 他4名



【論文】

■CO2回収型次世代IGCC技術開発

No.	発表者	所属	タイトル	発表媒体	発表誌名、ページ番号、会議名等	査読	発表年月日
1	中尾 吉伸	電力中央研究所	PROPOSAL FOR NEW CO2 CAPTURE IGCC SYSTEM	発表	2009 CLEARWATER COAL CONFERENCE	無	2009/6/3
2	中尾 吉伸	電力中央研究所	CO2回収型高効率IGCCシステムの開発	発表	日本機械学会 第14回動力・エネルギー技術シンポジウム講演会	無	2009/6/30
3	中尾 吉伸	電力中央研究所	CO2回収型高効率IGCCシステムにおけるガスタービンシステムの検討	発表	日本ガスタービン学会 第37回ガスタービン学会定期講演会	無	2009/10/22
4	H.Watanabe,S.Umemoto,S.Kajitani, S.Hara, H.Makino	電力中央研究所	CO <sub>2</sub> gasification rate analysis and modeling under high CO <sub>2</sub> partial pressure conditions	発表	American Chemical Society ACS 239th National Meeting	無	2010/3/22-25
5	沖 裕壮	電力中央研究所	Development of oxy-fuel gasification IGCC system with CO2 recirculation for pre-combustion CO2 capture	発表	the 10th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies (GHGT-10,Poster)	無	2010/9/19
6	小林 誠、布川 信	電力中央研究所	CO2回収型高効率IGCCシステム用乾式脱硫プロセスの最適化 一分圧調整法による炭素析出現象の把握-(M09015)	論文	電力中央研究所報告	有	2010/3/31
7	電力中央研究所	電力中央研究所	CO2回収型火力システム	論文	電力中央研究所 研究年報 2009年度版	有	2010/6/24
8	角 邦洋, 中原崇志, 竹尾友宏, 北川敏明	九州大学	石炭ガス化ガス層流および乱流火炎への二酸化炭素希釈の影響	発表	第14回動力エネルギー技術シンポジウム	無	2009/6/30
9	角 邦洋, 中原崇志, 竹尾友宏, 北川敏明	九州大学	二酸化炭素希釈が水素層流および乱流火炎に及ぼす影響	発表	第18回日本エネルギー学会年次大会	無	2009/7/30
10	北川敏明	九州大学	水素を含むSyngasの燃焼特性	発表	水素エネルギー先端技術展2209	無	2009/10/21-23
11	角 邦洋, 中原崇志, 竹尾友宏, 北川敏明	九州大学	COMBUSTION PROPERTIES OF COAL GASIFICATION GAS FOR IGCC POWER GENERATION SYSTEM WITH CO2 CAPTURE	発表	International Conference on Power Engineering, ICOPE-09	無	2009/11/16-18
12	角 邦洋, 中原崇志, 竹尾友宏, 北川敏明	九州大学	Fundamental Combustion Properties of Coal Gasification Gas for IGCC Power Generation System with CO2 Capture	発表	The Third International Symposium on Novel Carbon Resource Sciences	無	2009/11/2-3
13	竹尾友宏, 角 邦洋, 権 大城, 永野幸秀, 北川敏明	九州大学	断熱燃焼温度一定条件下における水素/酸素/不活性ガス予混合気の乱流燃焼特性	発表	日本機械学会九州支部 第63期総会講演会	無	2010/3/15
14	Li Zhigang, 佐々木久郎, 菅井裕一, Zhang Xiaoming, Wang Jiren (遼寧工程技術大学)	九州大学	Preliminary Measurements of Combustion and Gasification of Coal for Rapid Heating	発表	平成22年度 資源・素材学会春季大会	無	2010/3/30
15	Agung Tri Wijayanta, Alam Md. Saiful, Koichi Nakaso, Jun Fukai	九州大学	Soot Formation on Primary Reactions of Coal Volatiles in a Plug Flow Reactor(栓流反応器内における石炭揮発分主要反応のすす形成)	発表	第4回新炭素資源学に関する国際シンポジウム: 環境科学及び技術	無	2009/12/13-14
16	Alam Md. Saiful, Agung Tri Wijayanta, Koichi Nakaso, Jun Fukai, Koyo Norinaga and Jun-ichiro Hayashi	九州大学	Sensitivity Analysis of Primary Reactions of Coal Volatiles in a Plug Flow Reactor(栓流反応器内における石炭揮発分主要反応の感度解析)	発表	第3回新炭素資源学に関する国際シンポジウム; 炭酸ガス削減のための先端材料, プロセスおよびシステム	無	2009/11/2-3
No.	発表者	所属	タイトル	発表媒体	発表誌名、ページ番号、会議名等	査読	発表年月日

17	Alam Md. Saiful, Agung Tri Wijayanta, Koichi Nakaso, Jun Fukai,	九州大学	EFFECT OF CO2 ATMOSPHERE ON SOOT FORMATION DURING COAL VOLATILES COMBUSTION (石炭揮発分燃焼時のすす形 成に及ぼすCO2の影響)	発表	化学工学会 第75年会	無	2010/3/18-20
18	前田裕二,松隈洋介, 井上元,峯元雅樹	九州大学	IGCCにおけるCO2 除去・回収 およびガス化炉内の灰の挙動 の数値的検討	発表	第46回化学関連支部合同九州大 会	無	2009/7/11
19	前田 裕二	九州大学	IGCCにおけるCO2 除去・回収 およびガス化炉内の灰の挙動 の数値的検討	発表	第20回九州地区若手ケミカルエン 지니어討論会	無	2009/7/24
20	野中 壯泰、平島 剛、笹木 圭子	九州大学	水熱処理による低品位炭とバ イオマスの高品質化	発表	資源・素材2009(札幌)	無	2009/9/8-10
21	Anggoro Tri Mursito, Tsuyoshi Hirajima and Keiko Sasaki	九州大学	Solid product characterization of tropical and cold climate peat produced by hydrothermal treatment	発表	資源・素材2009(札幌)	無	2009/9/8-10
22	野中 壯泰、平島 剛、笹木 圭子	九州大学	低品質炭素資源の前処理とガ ス化性	発表	平成22年度)資源・素材学会春季 大会	無	2010/3/3/30- 4/1
23	M.F. Irfan and K. Kusakabe	九州大学	Pulverized Coal Pyrolysis and Gasification in N2/O2/CO2/ Mixtures by Thermogravimetric Analysis	発表	3rd International Symposium on Novel Carbon Resources	無	2009/11/2-3
24	M.F. Irfan and K. Kusakabe	九州大学	Reaction Kinetics of Coal Gasification with the N2/O2/CO2 Mixture	発表	2009 AIChE Annual Meeting	無	2009/11/8-13
25	M.F. Irfan and K. Kusakabe	九州大学	Thermogravimetric Characterization of Datong Coal for O2/CO2 Gasification	発表	第46回石炭科学会議	無	2009/11/26-27
26	Toru Matsuhara, Sou Hosokai, Koyo Norinaga, Koich Matsuoka, Chun-Zhu Li and Jun-ichiro Hayashi	九州大学	In-situ decomposition of tar from rapid pyrolysis of coal in a sequence of coking over char and coke gasification with steam	発表	10th Japan-China Symposium on Coal and C1 Chemistry, Tsukuba (2009)	無	2009/7/26
27	Koyo Norinaga, Naomichi Saegusa, Olaf Deutschmann and Junichiro Hayashi	九州大学	A precise chemical kinetic model for thermal reactions of lower hydrocarbons	発表	10th Japan-China Symposium on Coal and C1 Chemistry, Tsukuba (2009)	無	2009/7/26
28	Jun-ichiro Hayashi	九州大学	Next Generation Coal Gasification: A Consideration from a Thermochemical Point of View	発表	日本学術振興会・中国科学院30周 年記念シンポジウム, 東京 (2009)	無	2009/9/16
29	細貝 総, 畠山 朋, 則 永 行庸, 林 潤一郎	九州大学	石炭迅速熱分解生成物の気相 部分酸化およびCO2改質反応 特性	発表	化学工学会第41秋季大会, 広島 (2009)	無	2009/9/17
30	林雄超 持田勲 伊聖 昊 宮脇仁 Hao Lifang	九州大学	Viscosity Assessments of Ashes and Slags of Various Coals	発表	日本エネルギー学会	無	2009/11/26-27
31	Masek Ondrei, 細貝 総, 則永 行庸, Chunzhu Li, 林 潤一 郎	九州大学	NaおよびCaをイオン交換担持 した褐炭の水蒸気存在下にお ける迅速熱分解特性	発表	化学工学会第41秋季大会, 広島 (2009)	無	2009/9/17
32	竹尾友宏, 角 邦洋, 權 大城, 永野 幸秀, 北 川敏明	九州大学	断熱燃焼温度一定条件下にお いて希釈ガスが石炭ガス化ガス の燃焼に及ぼす影響	発表	日本エネルギー学会年次大会	無	2010/8/3
33	竹尾友宏, 角 邦洋, 權 大城, 永野 幸秀, 北 川敏明	九州大学	断熱燃焼温度一定条件下にお ける石炭ガス化ガスの燃焼特性 に及ぼす希釈ガスの影響	発表	第15回動力エネルギー技術シンポ ジウム	無	2010/6/21
34	上田康・武部博倫(愛 媛大学大学院理工学 研究科)	九州大学	石炭ガス化発電スラグの熔融挙 動の検討	発表	資材学会秋季大会	無	2010/9/15
No.	発表者	所属	タイトル	発表媒体	発表誌名、ページ番号、会議名等	査読	発表年月日

35	Li Zhigang, 佐々木久郎, 菅井裕一, Zhang Xiaoming, Wang Jiren (遼寧工程技術大学)	九州大学	Experimental Study on Combustion, Gasification and Adsorption of Coal in CO <sub>2</sub> Rich Atmosphere	論文	International Symposium on Earth Science and Technology 2009	有	2009/12/8
36	安並哲, 佐々木久郎, 菅井裕一	九州大学	CO <sub>2</sub> Temperature Prediction in Injection Tubing Considering Supercritical Condition at Yubari ECBM Pilot Test	論文	JCPT ジャーナル(SPE発行)平成22年 4月号 (Vol.45-4) に掲載予定	有	2010/3
37	Alam Md. Saiful, Agung Tri Wijayanta, Koichi Nakaso, Jun Fukai, Koyo Norinaga and Jun-ichiro Hayashi	九州大学	A Reduced Mechanism for Primary Reactions of Coal Volatiles in a Plug Flow Reactor (栓流反応器内での石炭揮発分初期反応に対する簡略化反応機構)	論文	Combustion Theory and Modelling (Taylor & Francis)	有	2010/2
38	Agung Tri Wijayanta, Alam Md. Saiful, Koichi Nakaso, Jun Fukai	九州大学	Soot Formation on Primary Reactions of Coal Volatiles in a Plug Flow Reactor (栓流反応器内における石炭揮発分主要反応のすす形成)	論文	第4回新炭素資源学に関する国際シンポジウム: 環境科学及び技術	無	2009/12/12-13
39	Alam Md. Saiful, Agung Tri Wijayanta, Koichi Nakaso, Jun Fukai, Koyo Norinaga and Jun-ichiro Hayashi	九州大学	Sensitivity Analysis of Primary Reactions of Coal Volatiles in a Plug Flow Reactor (栓流反応器内における石炭揮発分主要反応の感度解析)	論文	第3回新炭素資源学に関する国際シンポジウム: 炭酸ガス削減のための先端材料, プロセスおよびシステム	無	2009/11/2-3
40	Moriyasu Nonaka, Tsuyoshi Hirajima and Keiko Sasaki	九州大学	Washability study and gasification reactivity of coal	論文	International Symposium on Earth Science and Technology	有	2009/12
41	Moriyasu Nonaka, Tsuyoshi Hirajima and Keiko Sasaki	九州大学	Upgrading and gasification of low rank coal and woody biomass	論文	3rd International symposium of novel carbon resources science	無	2009/11/2-3
42	Tsuyoshi Hirajima	九州大学	De-ashing and upgrading low-grade coal to reduce the environmental load	論文	Newsletter, Novel carbon resource sciences, G-COE program Kyushu University	無	2009
43	Anggoro Tri Mursito, Tsuyoshi Hirajima and Keiko Sasaki	九州大学	Characteristics of hydrothermally-upgraded peat and its application for fuel based combustion	論文	The 10th International Symposium on East Asian Resources Recycling Technology	有	2009/11/2-6
44	Anggoro Tri Mursito, Tsuyoshi Hirajima, Keiko Sasaki and Satoshi Kumagai	九州大学	The effect of hydrothermal dewatering of Pontianak tropical peat on organics in wastewater and gaseous products	論文	Fuel	有	2009
45	Anggoro Tri Mursito, Tsuyoshi Hirajima and Keiko Sasaki	九州大学	Alkaline hydrothermal de-ashing and desulfurization of low quality coal and its application to hydrogen-ric as generation	論文	Energy conversion and management	有	2009
46	M.F. Irfan and K. Kusakabe	九州大学	熱重量分析によるN <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> 混合気中の微粉炭熱分解・ガス化	論文	NEW CARBON RESOURCES SCIENCE NEWSLETTER	無	2010/2
47	Ondrej Mašek, Sou Hosokai, Koyo Norinaga, Chun-Zhu Li, Jun-ichiro Hayashi	九州大学	Rapid Gasification of Nascent Char in Steam Atmosphere during the Pyrolysis of Na- and Ca-Ion-Exchanged Brown Coals in a Drop-Tube Reactor	論文	Energy and Fuels, 23, 4496-4501 (2009)	有	2009/9
48	Tokuji Kimura, Masaki Nakano, Sou Hosokai, Koyo Norinaga, Chun-Zhu Li, Jun-ichiro Hayashi	九州大学	Steam reforming of biomass tar over charcoal in a coke-deposition/steam-gasification sequence	論文	Proceedings of Chemeca 2009, CD-ROM Edition (2009)	有	2009/10
49	Makiko Kajita, Tokuji Kimura, Koyo Norinaga, Chun-Zhu Li, Jun-ichiro Hayashi	九州大学	Catalytic and Noncatalytic Mechanisms in Steam Gasification of Char from the Pyrolysis of Biomass	論文	Energy and Fuels, 24(1), 108-116 (2010)	有	2010/1
50	Toru Matsuhara, Sou Hosokai, Koyo Norinaga, Koichi Matsuoka, Chun-Zhu Li, Jun-ichiro Hayashi	九州大学	In-Situ Reforming of Tar from the Rapid Pyrolysis of a Brown Coal over Char	論文	Energy and Fuels, 24(1), 76-83 (2010)	有	2010/1

No.	発表者	所属	タイトル	発表媒体	発表誌名、ページ番号、会議名等	査読	発表年月日
51	Fujun Tian, Shu Zhang, Jun-ichiro Hayashi, Chun-Zhu Li	九州大学	Formation of NO <sub>x</sub> precursors during the pyrolysis of coal and biomass. Part X. Effects of volatile-char interactions on the conversion of coal-N during the gasification of a Victorian brown coal in O <sub>2</sub> and steam at 800° C	論文	Fuel, in press (2010)	有	2010/3
52	佐々木久郎, 菅井裕一, Li Zhigang, Zhang Xiaoming, Wang Jiren	九州大学	CO <sub>2</sub> による石炭ガス化挙動と発熱特性	論文	平成21年度資源素材学会	無	2009/9/10
53	武部博倫(愛媛大学大学院理工学研究科)	九州大学	静滴法による酸化物系融体の表面張力測定	論文	MPEL Letter Vol.1 July 2010(愛媛大学材料プロセス工学研究室ニュースレター)	無	2010/7/26
54	Md. Saiful Alam, Agung Tri Wijayanta, Koichi Nakaso, Jun Fukai	九州大学	Predictions of O <sub>2</sub> /N <sub>2</sub> and O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> Mixture Effects during Coal Combustion using Probability Density Function	論文	Journal of Novel Carbon Resource Sciences	有	2010/9
55	Agung Tri Wijayanta, Md. Saiful Alam, Koichi Nakaso, Jun Fukai	九州大学	Detailed Reaction Mechanisms of Coal Volatile Combustion: Comparison between Without Soot and Soot Models	論文	Journal of Novel Carbon Resource Sciences	有	2010/9
56	K. Miura, R. Ashida, M. Makino, A. Nishida	京都大学	Enhancement of Gasification Reactivity of Low Rank Coal without Using Catalyst	発表	10th Japan-China Symposium on Coal and C1 Chemistry, Tsukuba (2009)	無	2009/7/27
57	蘆田隆一, 西田篤志, 牧野三則, 三浦孝一	京都大学	ガス化反応性向上のための低品位炭の改質	発表	第18回日本エネルギー学会年次大会, 札幌 (2009)	無	2009/7/31
58	蘆田隆一, 西田篤志, 牧野三則, 三浦孝一	京都大学	穏和な溶剤処理による石炭のガス化反応性の向上	発表	化学工学会第41回秋季大会, 広島 (2009)	無	2009/9/16
59	K. Miura, R. Ashida, M. Makino, A. Nishida	京都大学	Upgrading of Low Rank Coal for Enhancing Its Gasification Reactivity	発表	26th Annual International Pittsburgh Coal Conference, Pittsburgh (2009)	無	2009/9/23
60	K. Miura, R. Ashida, M. Makino, A. Nishida	京都大学	Enhancement of Gasification Reactivity of Coal without Using Catalyst	発表	International Conference on Coal Science & Technology (ICCS&T), Cape Town (2009)	無	2009/10/27
61	牧野三則, 蘆田隆一, 三浦孝一	京都大学	直接通電小型ガス化反応装置による改質褐炭のガス化特性	発表	第46回石炭科学会議, 鹿児島 (2009)	無	2009/11/27
62	M. Makino, R. Ashida, and K. Miura	京都大学	Measurement of CO <sub>2</sub> Gasification Rate of Upgraded Coal Char Using a Mini Direct Heating Reactor at High Pressure and High Temperature	発表	239th ACS National Meeting, San Francisco (2009)	無	2010/3/25

### ■石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NO<sub>x</sub>技術開発

1	小泉浩美, 他5名	日立製作所	水素リッチ燃料焼き低NO <sub>x</sub> 燃焼器の開発	論文	火力原子力発電 第60巻第10号 (pp80-85)	無	2009/10/15
2	百々聡, 他5名	日立製作所	水素リッチ燃料焼き多孔同軸噴流バーナの大気圧燃焼特性	発表	第37回ガスタービン定期講演論文集 (pp.31-36), 講演	無	2009/10/21
3	浅井智広	日立製作所	Applicability of a Multiple-Injection Burner to Dry Low-NO <sub>x</sub> Combustion of Hydrogen-Rich Fuels	発表	ASME Turbo Expo 2010 GT2010-22286	無	2010/6/16

## 2. 分科会における説明資料

次ページより、プロジェクト推進・実施者が、分科会においてプロジェクトを説明する際に使用した資料を示す。

＜エネルギーイノベーションプログラム＞  
「ゼロエミッション石炭火力技術開発プログラム  
／ゼロエミッション石炭火力基盤技開発  
／革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」  
(中間評価)

(2008年度～2012年度 5年間)

プロジェクトの概要(公開)

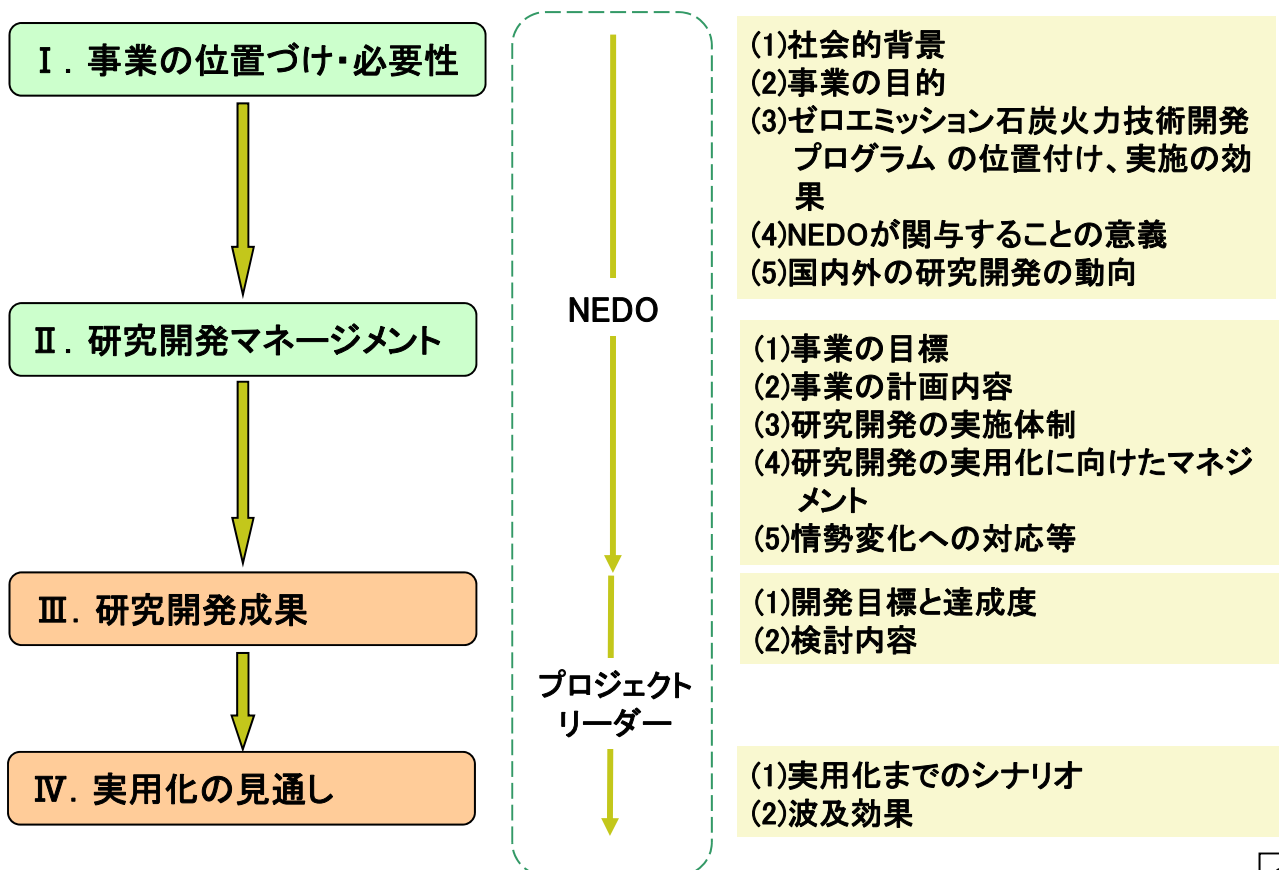
(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構  
環境部

2010年 8月19日

1/25

公開

発表内容



2/25

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

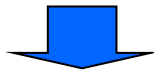
<社会的背景>

地球温暖化問題による2050年までのCO2大幅削減

エネルギー分野では石炭火力発電を中心にした石炭の3E(供給安定性、経済性、環境適合性)の達成が可能となる革新的な技術開発の必要性

<事業の目的>

石炭火力から発生するCO2を分離回収貯留(CCS)するCCSを含めたゼロエミッション型石炭ガス化発電



多量の付加的なエネルギーの問題

石炭ガス化システムやCO2回収・分離技術の更なる高効率化

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

<技術戦略マップ2009/エネルギー分野>

「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」のロードマップ

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030~
5613H	61.石炭火力発電	送電効率率 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)	50%HHV(1700℃級GT・乾式ガス精製)	57%HHV(A-IGCC)
	石炭ガス化複合発電(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 高効率酸素製造技術	IGMHT 高温ガスタービン技術(1700℃級)	
5614H	61.石炭火力発電	プラント規模/送電効率率 実証機(1000 t/d級)			商用機(600 MW級/送電効率率55%HHV)	65%HHV(A-IGFC)
	石炭ガス化燃料電池複合発電(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	高効率酸素製造技術	大容量高温形燃料電池	
5801D	80.CO2回収貯留	分離回収コスト 4,200円/t-CO <sub>2</sub>	2,000円/t-CO <sub>2</sub>	1,000円/t-CO <sub>2</sub>		
	CO2分離回収技術	IGCCでの実証試験				
		ガス化ガス・改質ガスからの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	排熱有効利用		

# 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

## <実施の効果>

- ・ IGCCの送電端効率を2015年までに48%、  
2025年までに50%、
- ・ IGFCの送電端効率を2025年頃に55%、  
長期的には65%

の達成を目指し、これに**必要な技術開発**、実証試験等を進めるとともに、

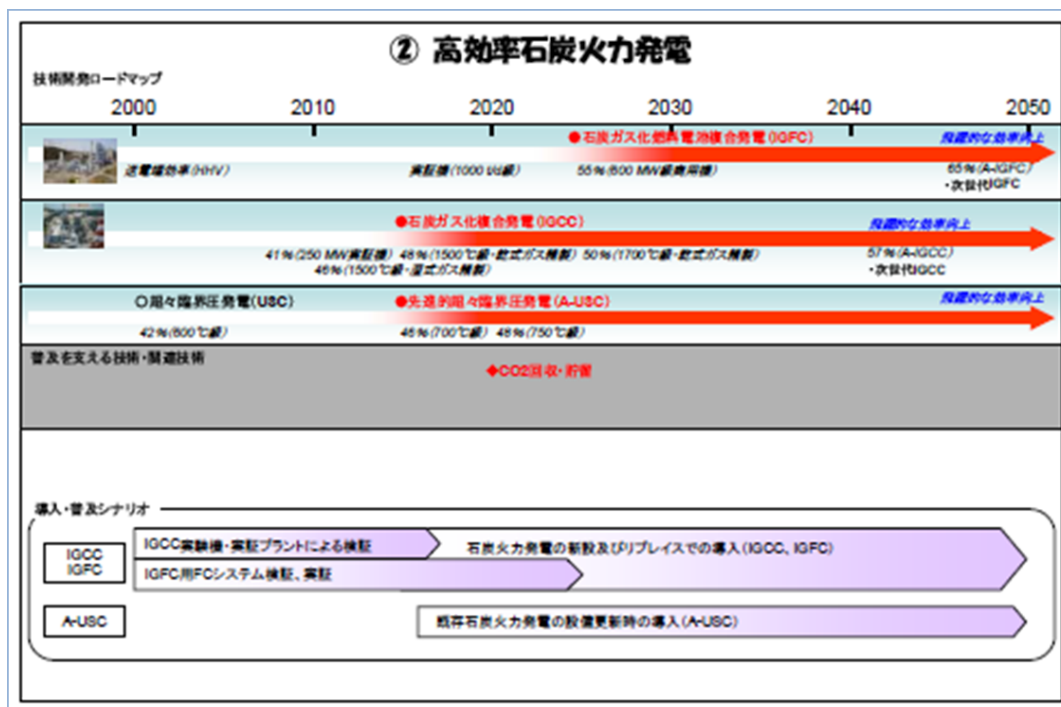
- ・ CO2分離回収コストを2015年までに2,000円台/t-CO2、  
2020年には1,000円台/t-CO2

として実用化の目途を付けることを目指して、将来的に寄与させることを狙いとした**技術開発**を行うことで、**ゼロエミッション石炭火力を実現させ、CO2削減による地球温暖化防止に貢献**

# 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

## <Cool Earthエネルギー革新技術開発(2009年3月)>

### 「高効率石炭火力発電」に関する技術開発ロードマップ





# 1. 事業の位置付け・必要性について

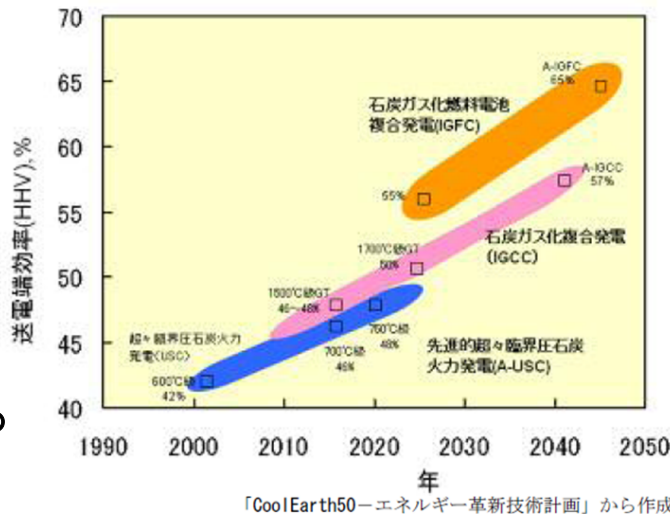
## (1) NEDOの事業としての妥当性

### <総合資源エネルギー調査会(2009年6月)>

#### 4-1 Cool Gen 計画の推進 ~IGCC と CCS によるゼロエミッション石炭火力発電の実現~

- 国内の石炭火力の基盤を維持しつつ、当面はバイオマス混焼等を推進しつつ、将来のリプレイス時により高効率な石炭火力を逐次実用化し、石炭火力の低炭素化を実現。
- さらに、将来に向け、IGCC、究極の発電効率を目指す IGFC と CCS を組み合わせた「ゼロエミッション石炭火力発電」の実現を目指した実証研究(Cool Gen 計画)を官民協力で推進。
- 米国では再構築 Future Gen、豪州では Zero Gen、中国では Green Gen などの IGCC と CCS を組み合わせた実証プロジェクトが進捗中。
- 2050年 CO2 半減目標達成のためにも継続的な効率向上の取り組みが必要。

石炭火力発電の効率向上



クリーンコール部会  
我が国クリーンコール政策の  
新たな展開2009

# 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

### <新成長戦略(基本方針:2009年12月)>

#### 強みを活かす成長分野

##### (1) グリーン・イノベーションによる環境・エネルギー大国戦略

###### 【2020年までの目標】

『50兆円超の環境関連新規市場』、『140万人の環境分野の新規雇用』、『日本の民間ベースの技術を活かした世界の温室効果ガス削減量を13億トン以上とすること(日本全体の総排出量に相当)を目標とする』

###### 【主な施策】

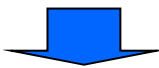
- 電力の固定価格買取制度の拡充等による再生可能エネルギーの普及
- エコ住宅、ヒートポンプ等の普及による住宅・オフィス等のゼロエミッション化
- 蓄電池や次世代自動車、**火力発電所の効率化など、革新的技術開発の前倒し**
- 規制改革、税制のグリーン化を含めた総合的な政策パッケージを活用した低炭素社会実現に向けての集中投資事業の実施

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

<NEDOが関与することの意義>

環境負荷低減のための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・導入は、

- ・技術ロードマップやCool Earthエネルギー革新技術開発ロードマップの推進に貢献
- ・総合資源エネルギー調査会Cool Gen計画の着実な進展
- ・新成長戦略における火力発電の効率化の開発に貢献



NEDOはゼロエミッション石炭火力実現に向けて、「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」として革新的な研究開発事業を実施すべき。

ゼロエミッション石炭火力実現に向けたNEDOでのクリーンコール技術開発

[現状技術・成果]

- (1) 石炭ガス化
  - ・高効率石炭ガス化技術確立
  - ・ガス精製技術の確立 (EAGLE)
  - ⇒1,300℃級IGCC技術確立 大崎実証試験に反映
- (2) CO<sub>2</sub>分離回収
  - ・化学吸収法によるCO<sub>2</sub>分離回収技術の確立 (EAGLE)
  - ・1,300℃級IGCC +CCSシステム検討 ⇒大崎実証試験に反映
- (3) CO<sub>2</sub>貯留
  - ・日本でのガス化～貯留 トータルシステムF/S
  - ⇒勿来地区でのガス化～貯留のF/S
  - ⇒その他候補地のガス化～貯留のF/S (ゼロミッション石炭火力トータルシステム調査研究)

[課題]

高効率化  
経済性  
社会受容性  
海外展開

エネルギー安定供給確保  
CO<sub>2</sub>排出量低減  
技術の普及  
市場の拡大

国際連携クリーンコール  
技術開発PJ  
によるCCS適用技術の  
高度化

[NEDO事業での技術開発]

「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」

- 項目① ゼロエミッション石炭火力トータルシステム調査研究
- 項目② ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発
- 項目③ クリーンコールテクノロジー推進事業
- 項目④ 燃料電池対応型石炭ガス化複合発電最適化調査研究
- 項目⑤ 革新的CO<sub>2</sub>回収型石炭ガス化技術開発

---

(1) 石炭ガス化

- ・循環流動床による低温ガス化(水蒸気ガス化)技術の開発 項目②-(2)
- ・燃料電池対応型のガス化技術最適化、IGCC実証試験最適化等検討 項目④

(2) CO<sub>2</sub>分離回収

- ・新型CO<sub>2</sub>回収IGCC技術開発 (CO<sub>2</sub>回収型IGCC、高水素濃度対応低NOx技術開発) 項目②-(1)
- ・次世代IGCC (1500℃超) 対応の最適 CO<sub>2</sub>分離回収技術の開発 (物理吸収法、分離膜、新型化学吸収液等調査) 項目⑤

(3) CO<sub>2</sub>貯留

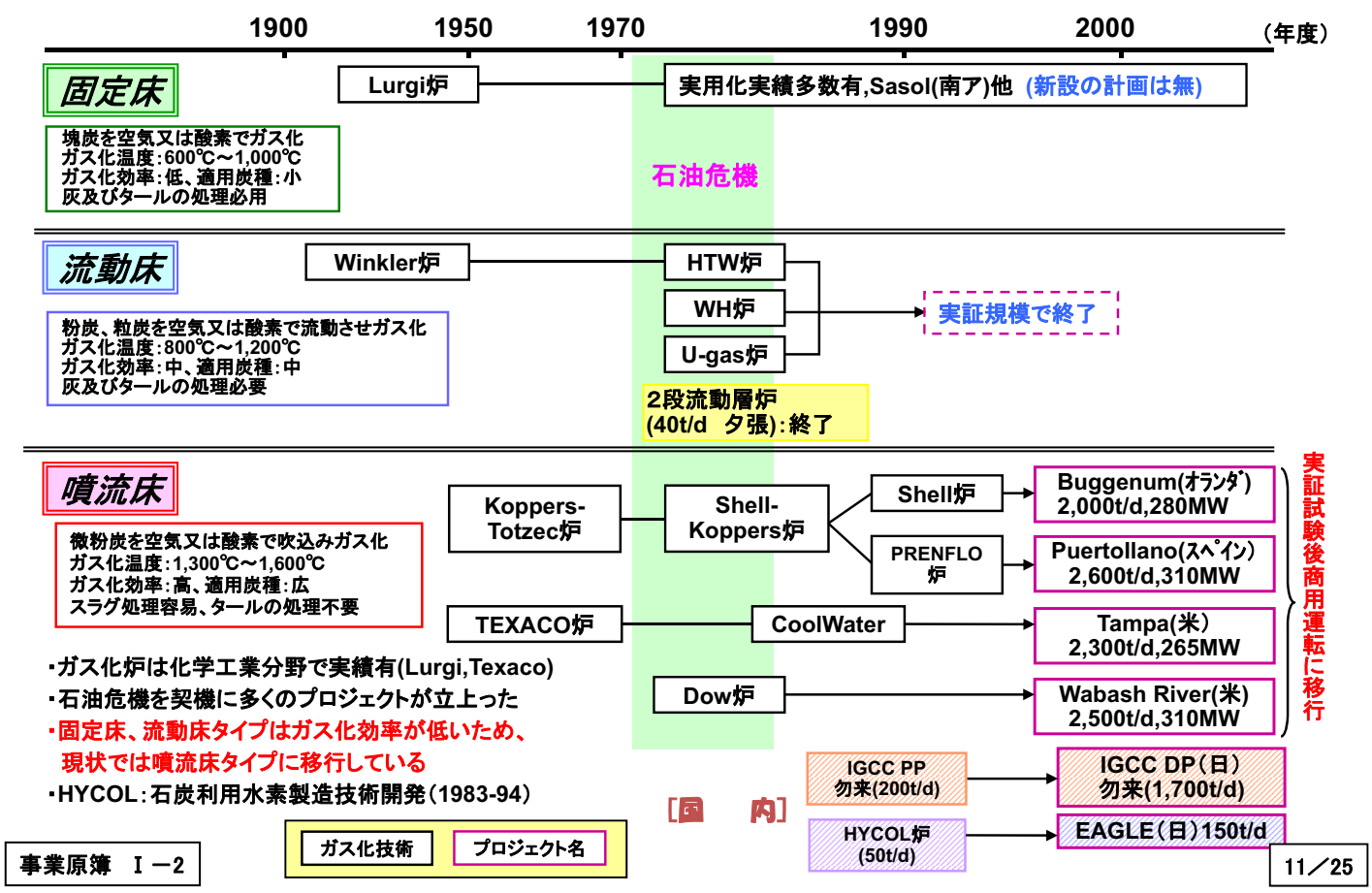
- ・国内でのF/S及び海外展開の検討 項目①

(4) CCT(環境負荷低減対策他)

- ・微量成分環境低減手法 項目②-3
- ・CCT推進事業(国内外動向把握等) 項目③

# 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

## < 海外の石炭ガス化技術開発 >



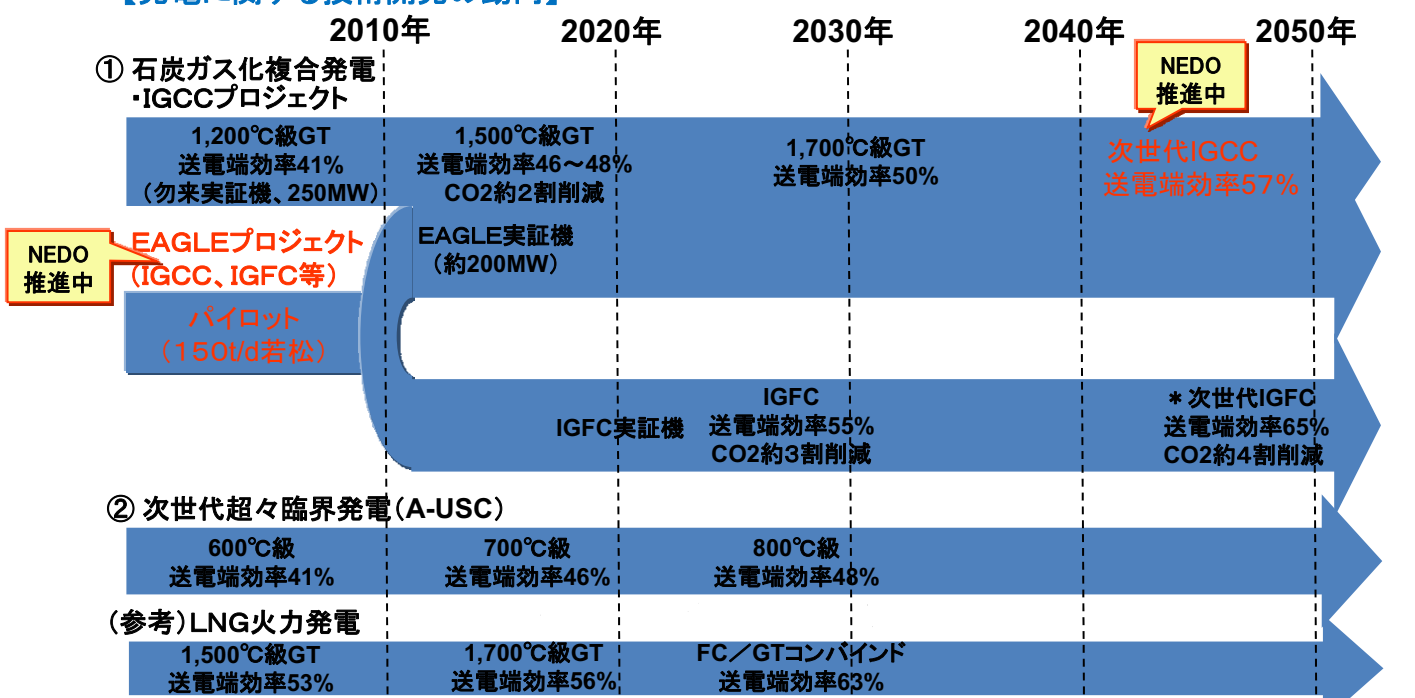
実証試験後商用運転に移行

# 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

## < 国内の研究開発の動向 >

**【現状】** 微粉炭火力発電技術(USC: 超々臨界発電)は世界のトップレベル (送電端効率(HHV): 約40.6%、電源開発磯子)

### 【発電に関する技術開発の動向】



\* 次世代IGFCは、最も高いと言われる2030年のLNG火力発電(FC/GT)の送電端効率(63%)と同等以上

## 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

大規模なCO<sub>2</sub>発生源である石炭火力発電所においては、「革新的なゼロエミッション石炭火力発電」への対応が期待されている。

(1) **高効率発電の実現**: ・石炭をガス化した石炭ガス化複合発電(IGCC)  
・さらに燃料電池等によるエネルギー活用

(2) **CCSによるゼロエミッション化**:  
・効率的な分離・回収・貯留技術(CCS)  
・革新的なCO<sub>2</sub>分離膜技術の実用化



「IGCC」と「CCS」を組み合わせた技術の開発が、世界各地(豪州:ZeroGen社、中国:Green Gen社等)にて進められつつある。



「**高効率発電**」、かつ、中長期的には「**CCSの活用**」を視野に入れた対応が必要。

## 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

本事業では、  
**発電技術と組み合わせると発電効率を大きく低下させる性質をもつCCS技術について、可能な限り発電効率を高く維持するため、次の効率向上に資する基盤研究事業を実施する。**

#### ア) 「CO<sub>2</sub>回収型次世代IGCC技術開発」(課題設定)

CO<sub>2</sub>を酸化剤の一部として用いることにより、CO<sub>2</sub>回収型石炭ガス化システムの効率を大幅に向上することのできる次世代IGCCシステムの基盤技術の開発を行う。また、このシステムについて、環太平洋地域に賦存する多様な石炭に対する適応性の検討を実施する。

#### イ) 「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NO<sub>x</sub>技術開発」(提案公募)

IGCCの発電効率を大幅に改善させる、革新的なガス化技術や要素技術の発掘を目的として、2015~2030年頃の実用化を目指した先導的な研究開発及び将来の革新的なブレークスルーにつながる基盤研究としてテーマを公募した結果、本テーマを選定した。**高水素濃度燃料に対応する低NO<sub>x</sub>濃度の燃焼技術**を確立する基盤研究を実施する。

## 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

研究開発項目(1)「革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」(平成20年度～24年度:5年間)

#### ア)「CO<sub>2</sub>回収型次世代IGCC技術開発」(課題設定)

[中間目標(平成22年度)]

- ・目標値 :送電端効率(42%:HHV基準、CO<sub>2</sub>回収後)のための主要構成技術の目処を得る。

[最終目標(平成24年度)]

- ・目標値 :性状の異なる環太平洋地域の3種類以上の石炭を用い、CO<sub>2</sub>回収後において送電端効率42%(HHV基準)を実現させる基盤技術の確立。
- ・設定根拠:既存技術では1300℃級ガスタービンをを用いたIGCCで、CO<sub>2</sub>回収前の送電端効率が43%程度であり、CO<sub>2</sub>回収ロスを高効率化技術で補完するため。

#### イ)「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NO<sub>x</sub>技術開発」(提案公募)

[中間目標(平成22年度)]

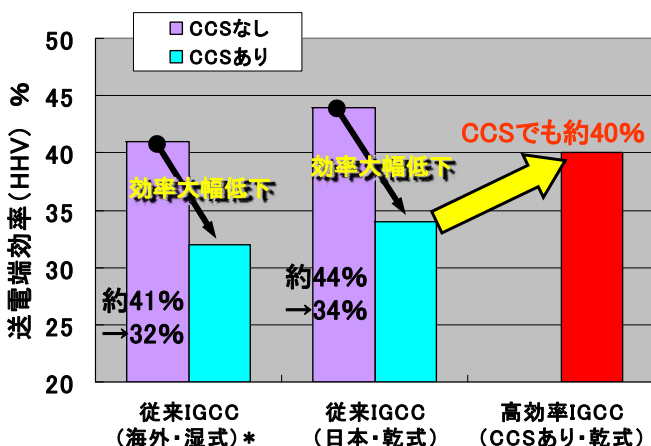
- ・目標値 :高水素濃度燃料に対応する燃焼技術として、NO<sub>x</sub>濃度10ppm(16%酸素濃度換算)以下とする燃焼技術の目処を得る。  
(前提条件)燃焼器出口ガス温度1300℃、中圧条件等にて実証。

[最終目標(平成24年度)]

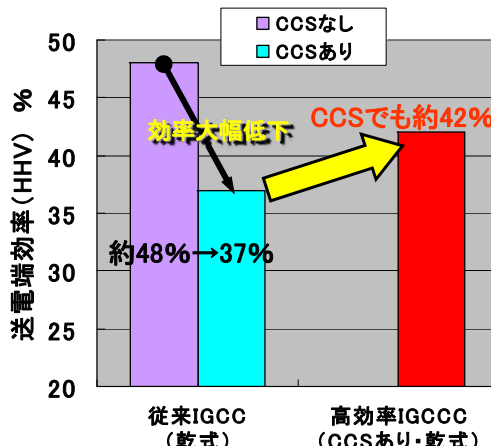
- ・目標値 :高水素濃度燃料に対応する燃焼技術として、NO<sub>x</sub>濃度10ppm(16%酸素濃度換算)以下とする燃焼技術の確立。  
(前提条件)燃焼器出口ガス温度1300℃、実圧条件等にて実証。
- ・設定根拠:燃焼器性能の代表的評価指針であるNO<sub>x</sub>濃度を世界最高レベル値とした

## CO<sub>2</sub>回収型高効率IGCC技術開発の意義

- 既存の発電システムはCO<sub>2</sub>回収により発電効率が2割以上低下し、世界最高効率を目指す我が国のIGCC(1500℃級GT)でも約48%→約37%(送電端HHV)となり、CCSは我が国が高効率化技術開発を進める上で大きな課題となっている。
- 我が国は「高効率化技術の開発」と「CO<sub>2</sub>分離回収動力低減技術の開発」を進めているが、本技術開発は「**CCSを行っても高効率を維持できる革新的システムの開発**」という新たな方向性を有することから他の技術開発と差別化でき、当該分野で世界をリードできる将来技術オプションの提供を目指す意義は大きい。
- 本システムは、「O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>吹きガス化」と「O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>ガス燃焼クローズドGT」を採用した**世界でも例のない独自のCCSシステム**であり、「1500℃級IGCC+CCS」を5ポイント上回る約42%(送電端HHV)を達成できる可能性がある。



a) 1300℃級ガスタービン採用ケース  
\* Source: "Cost and Performance Baseline for Fossil Energy Plants", DOE/NETL-2007/1281



b) 1500℃級ガスタービン採用ケース  
(注)湿式:湿式ガス精製、乾式:乾式ガス精製

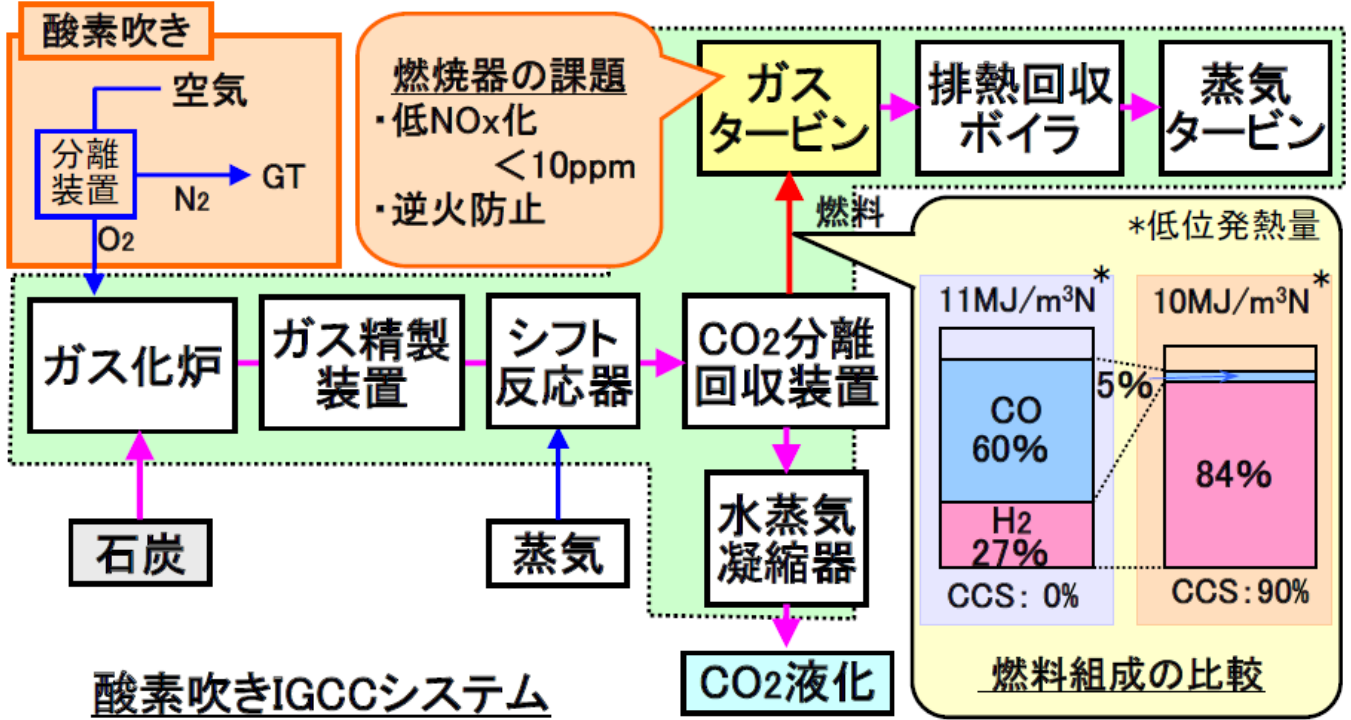
2. 研究開発マネジメントについて  
 (2) 研究開発計画の妥当性

ア)「CO2回収型次世代IGCC技術開発」

	2008	2009	2010	2011～2012
1. 酸素-CO <sub>2</sub> ガス化技術の開発 ・基本ガス化反応の解析・評価 ・数値解析によるガス化炉最適化検討 ・小型ガス化炉による基本性能実証				▼中間評価
2. 高CO条件での乾式ガス精製の最適化				
3. 実機フィージビリティ・スタディ(FS)				
4. アジア地域の多様な石炭への適用基盤技術開発				
5. ベンチプラント基本設計				

石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NO<sub>x</sub>技術開発の意義

- 小型装置でCO<sub>2</sub>回収効率が高い酸素吹きIGCC用ガスタービン
- 燃焼前回収方式による高水素濃度対応低NO<sub>x</sub>燃焼技術の開発



酸素吹きIGCCシステム

2. 研究開発マネジメントについて

(2) 研究開発計画の妥当性

イ)「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NOx技術開発」

	FY2008 (H20)	FY2009 (H21)	FY2010 (H22)	FY2010 (H22)	FY2012 (H24)
<b>クラスタバーナー構造の最適化 (大気圧燃焼試験)</b>	予備検討 バーナー基本構造の検討	バーナー基本構造の最適化	中間評価 ★ 火炎内部詳細計測	バーナー基本構造の最適化②	
<b>マルチクラスタバーナーの検討 (中圧燃焼試験)</b>	マルチクラスタバーナー形式低NOx燃焼器の設計・製作・試験準備	燃焼試験装置改修・試運転 燃焼試験 縮小サイズ燃焼器の設計・製作	縮小サイズ燃焼器 中圧燃焼試験 ★	実寸サイズ燃焼器中圧燃焼試験 実寸サイズ燃焼器高圧燃焼試験(定格負荷特性の検討)	実寸サイズ燃焼器高圧燃焼試験(部分負荷運用性の検討)
<b>乱流燃焼解析</b>	基礎的の火炎によるモデル検証・予備検討	クラスタバーナーの乱流燃焼解析	★ マルチクラスタバーナーの乱流燃焼解析①		
<b>数値目標</b>	大気圧燃焼試験 NOx<10ppm (@16%O <sub>2</sub> )		中圧燃焼試験 NOx<10ppm (@16%O <sub>2</sub> )		実圧・実寸 NOx<10ppm (@定格負荷) 燃焼効率η a) >99% (@運用負荷) b) η >99.9% (@定格負荷)

2. 研究開発マネジメントについて

(2) 研究開発計画の妥当性

<研究開発予算>

(単位:百万円)

		H20年度	H21年度	H22年度	総額
CO2回収型次世代IGCC 技術開発	電力中央研究所	101 +350(補正)	200	166	817
	九州大学	39 +490(補正)	100	66	695
	合計	140 +840(補正)	300	232	1,512
石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NOx技術開発	日立製作所	93	138	87	318

「CO2回収型次世代IGCC技術開発」

補正予算は、酸素-CO2ガス化試験を可能とするために、

- ・電力中央研究所所有の既設ガス化研究炉へのCO2供給設備の追設と改造(電中研)
- ・高分圧のCO条件下での乾式ガス精製システムの最適化を目指した脱硫剤等の除去特性・炭素析出及び共存物質の影響の評価装置等(電中研)

また、酸素-CO2石炭ガス化反応機構の解明とアジア地域の多様な石炭への適応を検討するための、

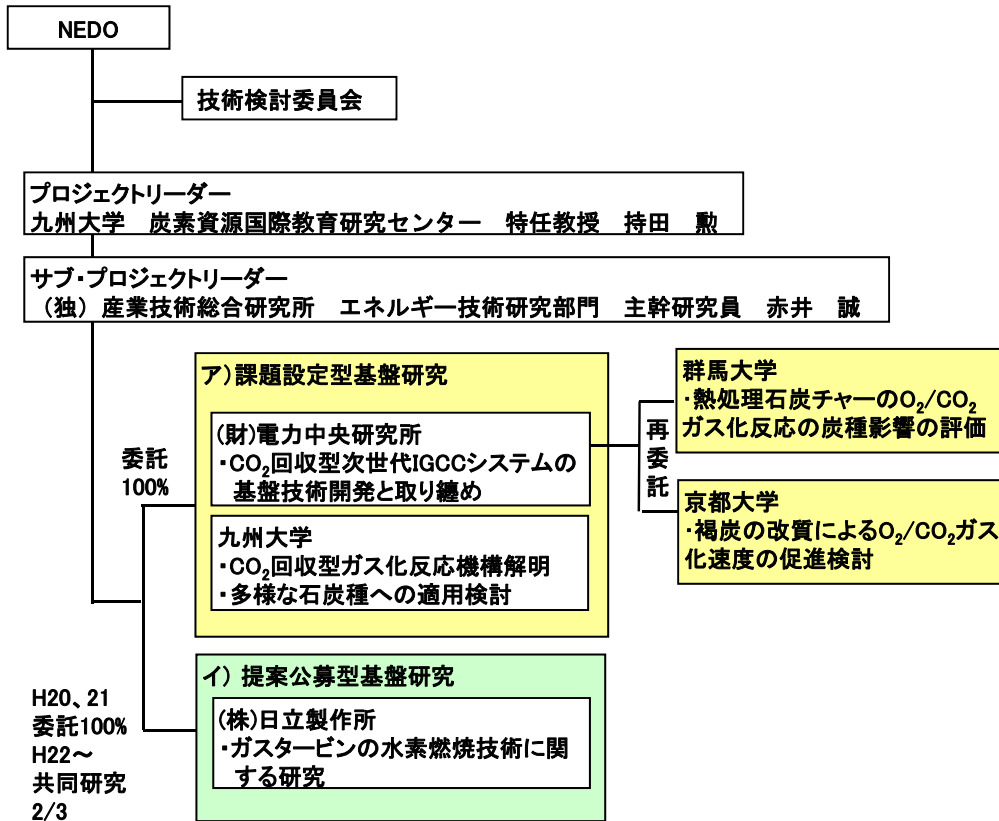
- ・石炭の有機分・無機分、石炭から誘導されるチャー等を解析するNMR装置
- ・石炭灰を製造し、結晶性・凝集性、熔融性等を測定できる石炭灰化装置

「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NOx技術開発」

中間目標である「NOx濃度10ppm(16%酸素濃度換算)以下とする燃焼技術の目途を得られたことから、平成22年度からは一部得られる知見の効果を自主的に実証試験等でも検証し、実用化へ向けて前倒しで取り組んでいくために、事業3年目である平成22年度から共同研究(NEDO費用負担2/3)へ移行

## 2. 研究開発マネジメントについて (3) 研究開発実施の事業体制の妥当性

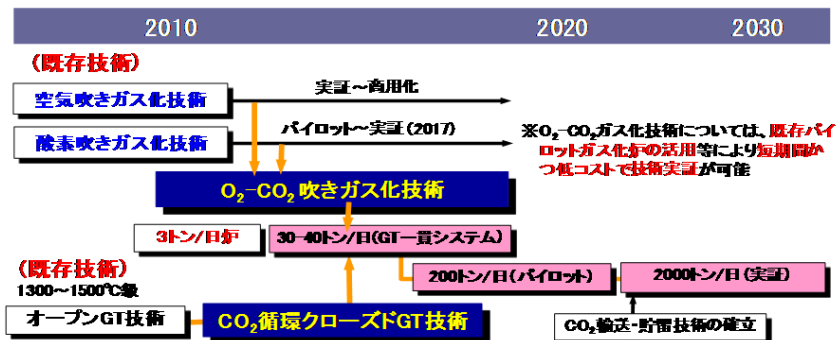
### <実施体制>



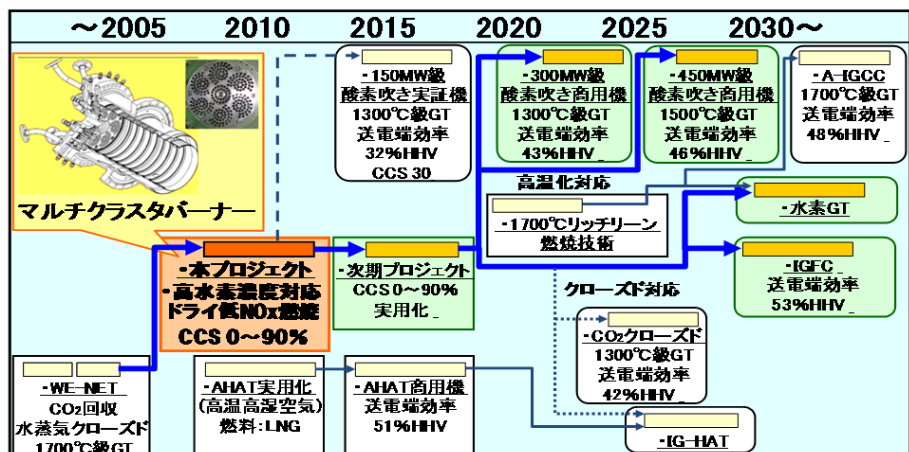
## 2. 研究開発マネジメントについて (4) 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性

### ①実用化につなげる戦略

「CO<sub>2</sub>回収型次世代IGCC技術開発」



「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NO<sub>x</sub>技術開発」





## 2. 研究開発マネジメントについて

## (4) 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性

## ②知財マネジメント

## ア)「CO2回収型次世代IGCC技術開発」

	H20年度	H21年度	H22年度	合計
特許	-	1件	-	1件
研究発表	0件	35件	4件	39件
論文投稿	0件	21件	0件	21件
研究報告書等	0件	2件	0件	2件

→ 大学からの研究発表・論文投稿による情報発信、学会等で有識者の認知

## イ)「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NOx技術開発」

	H20年度	H21年度	H22年度	合計
特許	3件	4件	0件	7件
研究発表	0件	0件	0件	0件
論文投稿	0件	2件	1件	3件
研究報告書等	0件	0件	0件	0件

→ 知財権の確実な確保

## 2. 研究開発マネジメントについて

## (5) 情勢変化等への対応等

## &lt;基本計画の変更&gt;

ゼロエミッション石炭火力に関する技術開発テーマを効率的かつ効果的に推進することを目的として、平成21年度まで基本計画及び実施計画を定めていた以下のテーマを統合し、平成22年度から「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」のテーマとして実施した。

- ・革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト  
(発電からCO2貯留までのトータルシステムのフィージビリティ・スタディ、革新的ガス化技術に関する基盤研究事業)
- ・戦略的炭ガス化・燃焼技術開発 (STEP CCT)
- ・クリーン・コール・テクノロジー推進事業

さらに、その中で、平成21年度まで実施していた、革新的ガス化技術に関する基盤研究事業及び戦略的炭ガス化・燃焼技術開発 (STEP CCT) のテーマを、「ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発」のテーマとして統合した。

## 2. 研究開発マネジメントについて

### (5) 情勢変化等への対応等

#### ・NEDO主催による「技術検討委員会(年2回)」開催

外部有識者の意見を運営管理に反映→例: 電中研と九州大の役割明確化等

	氏名	役職	所属	
委員長	小島紀徳	教授	成蹊大学	理工学部物質生命理工学科
委員長代理	堤敦司	教授	東京大学	エネルギー工学連携研究センター
委員	佐藤光三	教授	東京大学	大学院工学系研究科
委員	平井秀一郎	教授	東京工業大学	炭素循環エネルギー研究センター
委員	田中雅	研究主幹	中部電力株式会社	電力技術研究所
委員	実原幾雄	部長	新日本製鐵株式会社	技術開発本部 技術開発企画部
委員	遠藤元治	室長付	出光興産株式会社	新規事業推進室
委員	佐川篤男	研究主幹	日本エネルギー経済研究所	新エネルギー技術・石炭グループ
委員	巽 孝夫	部長	株式会社KRI	環境・エネルギー技術コンサルティング部

#### ・その他、以下の連絡会を開催

「CO2回収型次世代IGCC技術開発連絡会」

定期的に研究進捗状況確認と今後の進め方を協議

ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト  
 革新的ガス化技術に関する基盤研究事業

CO<sub>2</sub>回収型次世代IGCC技術開発  
 石炭ガス化発電高水素濃度対応低NOx技術開発

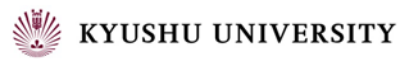
概要 (公開)

2010年8月19日

(財)電力中央研究所  
 エネルギー技術研究所



九州大学  
 先導物質化学研究所



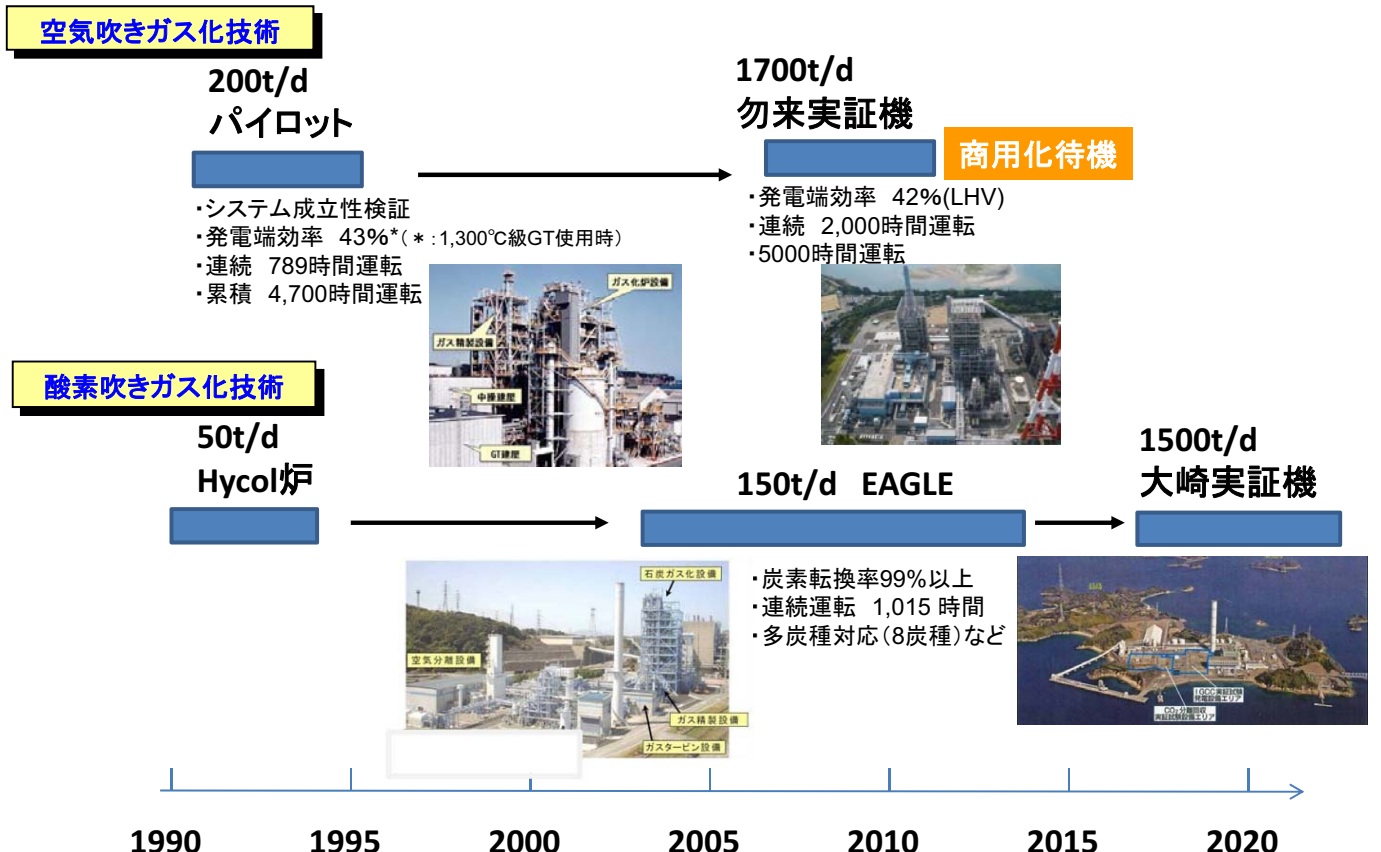
(株)日立製作所



1/13

公開

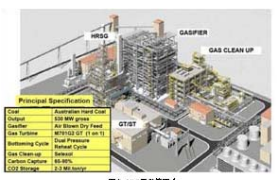
日本の石炭ガス化技術の開発状況



# 世界のIGCC-CCS開発状況

- ガス化技術の進化
- 一層の高効率化とCCSの実現、低コスト化

【プロジェクトの一例】  
**Zero\_Gen**  
 ・豪州ZeroGen社  
 ・発電端出力530MW  
 ・2015/9月連開予定  
 ・貯留量2.0Mtpa



【プロジェクトの一例】  
**Green\_Gen**  
 ・中国 GreenGen社  
 ・Phase I (2006-2011) 2,000tpd IGCC Tianjin  
 ・Phase II (2010-2013) 3,500-2,000tpd IGCC+水素製造+CCS  
 ・Phase III (2014-2017) 400MW IGCC+水素製造+FC+CCS



●IGCC : 運開、発電端出力  
 ○IGCC-CCS: CCS開始予定、年間貯留量

**IGCC+CCS**  
 Pre-Combustion方式  
 によるCCSの実施

Southern California Edison ○ (米,2017,3.0Mtpa)

Teeside ○ (英,2015,4.2Mtpa)

Hatfield ○ (英,2015,4.75Mtpa)

Magnum ○ (オランダ,2015,2.0Mtpa)

**ZeroGen ○ (豪,2015,2.0Mtpa)**

Future Gen○ (米,2015, 貯留量未定)

Taylorville ○ (米,2015,3.0Mtpa)

**GreenGen○ (中,2010-2013,貯留量未定)**

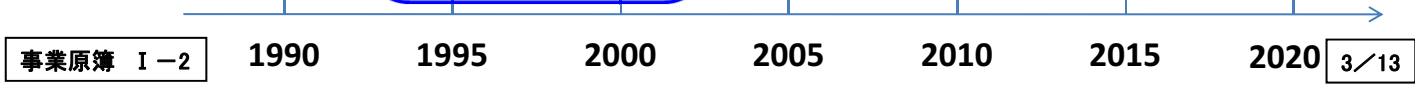
Goldenbergwerk ○ (独RWE,2014,2.6Mtpa)

**IGCC**

- Puertollano (スペイン,318MW,1997)
- Polk Power (米,315MW,1996)
- Wabash River (米,296MW,1995)
- Buggenum (オランダ,284MW,1994)

**IGCC**

- Cash Ceek (米,630MW,2014)
- Taean (韓,300MW,2012)
- Edwardsport (米,630MW,2012)



## IGCC-CCS開発に向けた新たなガスタービンおよびガス化技術

### Pre-Combustion技術 水素リッチガス燃焼タービンの開発

- ・安定した燃焼
- ・低NOx燃焼
- タービン設計、製作、実証
- 酸素吹きEagle炉を設計、建設、運転している日立製作所**

### O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>ガス化技術

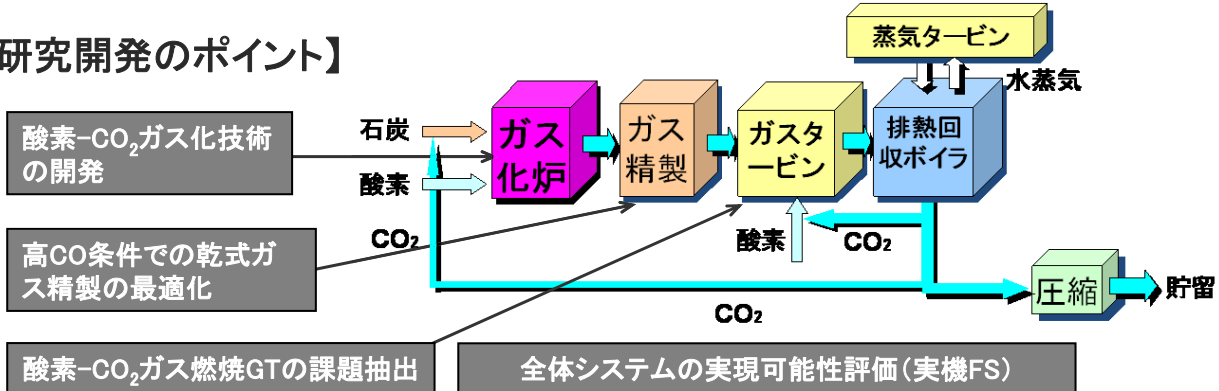
- O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>ガス化とO<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>クローズドガスタービンを組み合わせ、CO<sub>2</sub>回収と高効率発電を実現するシステムは世界に例がない
- 効率的な開発：
  - ①わが国の既存ガス化技術を活用、開発経験の最大利用
  - ②シミュレーション技術の活用
  - ③基盤解析、基盤技術の強化
  - ④企業の支援を得て、電力中央研究所一九大との密接な連携

# 新しいCO<sub>2</sub>回収型高効率IGCCシステムの概念

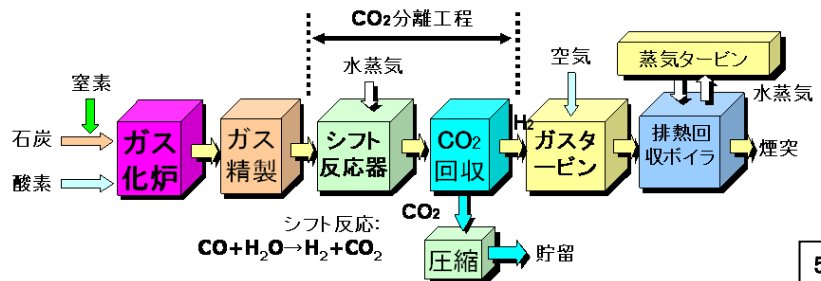
## 新システムの特徴

1. 「酸素-CO<sub>2</sub>吹きガス化」と「酸素-CO<sub>2</sub>ガス燃焼クローズド・ガスタービン」の採用により、発電端効率の大幅な向上
2. CO<sub>2</sub>排ガスの循環によりCO<sub>2</sub>分離回収装置が不要となり、効率向上とシステムの簡素化が可能

## 【研究開発のポイント】



## 従来検討されているCO<sub>2</sub>回収型IGCC



事業原簿 II-2.1.1

5/13

# アジアの石炭を広く利用できるIGCC-CCS

## エネルギーセキュリティ

- ・ 中国・インドの発展→エネルギー争奪戦
- ・ 良質な石炭の入手難

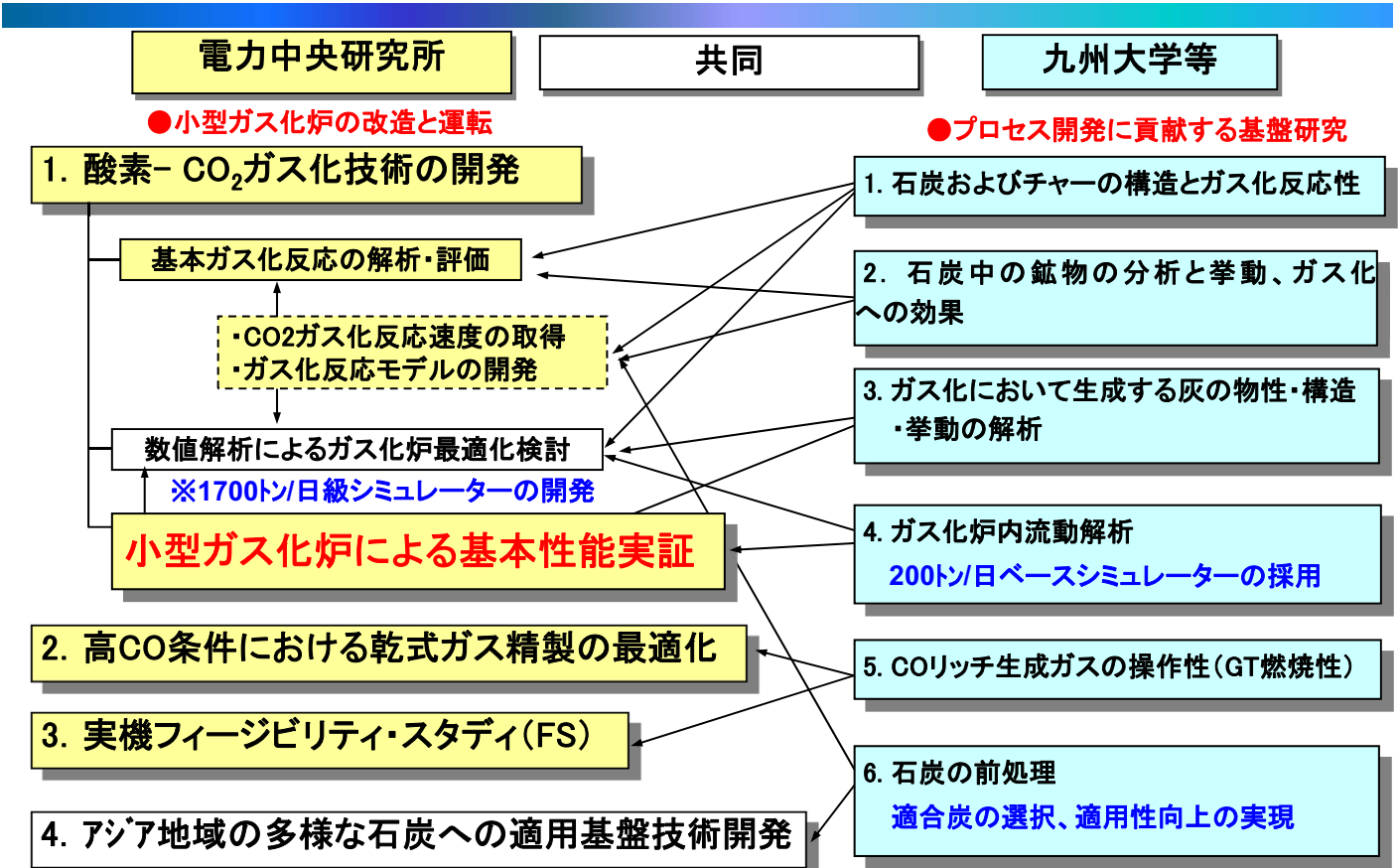
## 革新的技術のアジアへの展開

- ・ 地球規模でのCO<sub>2</sub>削減への貢献



- 亜瀝青炭、褐炭など低品位炭の活用
- 高水分炭、高灰分炭、高灰融点炭などへの適合技術の開発

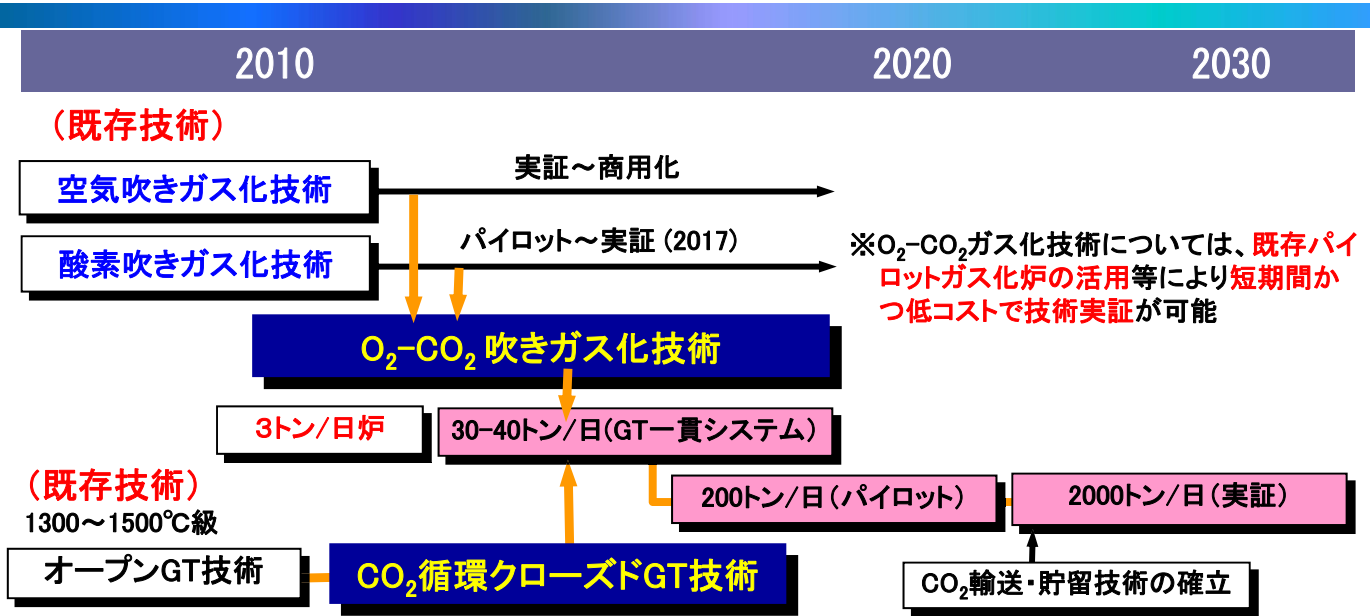
# 研究開発目標達成に向けた役割分担



## 開発目標と達成状況

開発項目	中間目標	達成状況
事業全体	送電端効率向上 (42%:HHV基準、CO <sub>2</sub> 回収後) <b>のための主要構成技術の目途を得る</b>	送電端効率42%を達成するための技術課題を明らかにする等、概ね目標を達成
1. 酸素- CO <sub>2</sub> ガス化技術の開発 ・基本ガス化反応の解析・評価  ・数値解析によるガス化炉最適化検討	高温加圧下での高濃度CO <sub>2</sub> に対するガス化反応速度の解明と基準炭(中国炭等)の反応速度取得、灰分の溶解性把握  試験炉成果を用いて高精度実機ガス化炉シミュレータの開発、実機ガス化性能の予測・評価	中国炭、インドネシア炭の2炭種の反応速度データを取得。酸素とCO <sub>2</sub> が共存する雰囲気下でのチャーガス化特性、熱分解、気相反応挙動、炭種の影響および灰分の溶解流動性を解明  3トン小型炉から200トン/日、1700トン/日の実機へ適用可能なシミュレータの開発を完了。最適CO <sub>2</sub> 濃度等の実機性能予測を年度内に完成見込み
・小型ガス化炉による基本性能実証	小型ガス化炉による基本性能実証と課題抽出	<b>小型ガス化炉を用いたCO<sub>2</sub>投入ガス化試験を行い、操作性および運転条件等の最適化実験が可能になった。</b> 基本性能に及ぼすCO <sub>2</sub> 濃度の影響などを解明すると共に、技術課題を抽出
2. 高CO条件での乾式ガス精製の最適化	実機適用に向けた乾式脱硫等の性能評価とシステム最適化、課題の抽出、実ガスによる基本性能実証	温度と水蒸気濃度に着目し、脱硫性能と炭素析出抑制を両立させる運転条件を解明。実ガス試験で脱硫性能を実証、長期寿命を目指す
3. 実機フィージビリティ・スタディ(FS)	実機メーカーFSによるプラント性能、諸効率、概略コストの評価および技術課題の抽出	主要機器の実機適用性を考慮し、システム効率、プラントレイアウト評価等を行い、42%達成への技術課題を抽出
4. アジア地域の多様な石炭への適用基盤技術開発	アジア地域の低品位炭に対する利用技術の開発と課題抽出	溶剤による褐炭の前処理技術、高灰分高融点炭の脱灰の効果を確認。経済性の評価を行う

# 成果実用化の見通し



- 既存ガス化技術の知見、3トン/日炉、ベンチプラント(GT一貫システム)による成立性の確認、さらにシミュレーション技術の活用により、2020-30年頃の実用化に向けたスムーズな展開が可能
- CO<sub>2</sub>循環クローズドGT技術や再生熱交換器の開発は、WENETやAHAT、1700℃級GT開発での知見を有効活用することにより、効率的な開発が可能

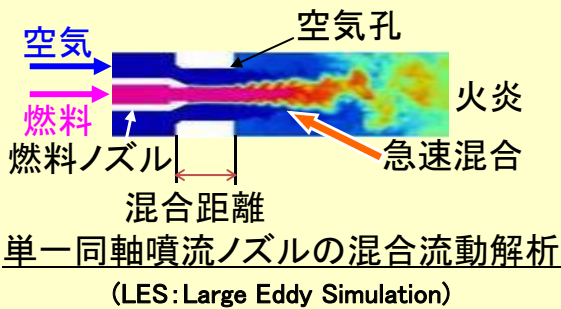
## 高水素濃度対応低ガスタービンの開発

### 目的 ■IGCCのキー構成要素であるガスタービンの高効率稼動

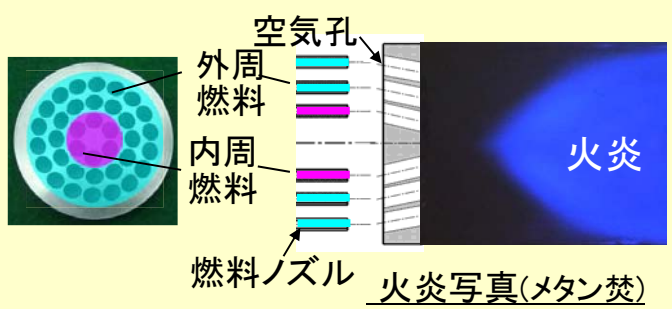
- ・CCS-IGCCではCO<sub>2</sub>回収率の変化に伴い幅広く水素濃度が変化
- ・既存低NO<sub>x</sub>燃焼(予混合燃焼)技術では高水素濃度に伴う信頼性に問題あり
- ・現状(拡散燃焼)技術はNO<sub>x</sub>低減に不活性媒体を噴射しプラント効率低下

⇒ **世界初の 高水素濃度対応ドライ低NO<sub>x</sub>燃焼技術の開発**

・短い混合距離で急速混合⇒耐逆火性



・内外周燃料比率制御で組成変化に対応



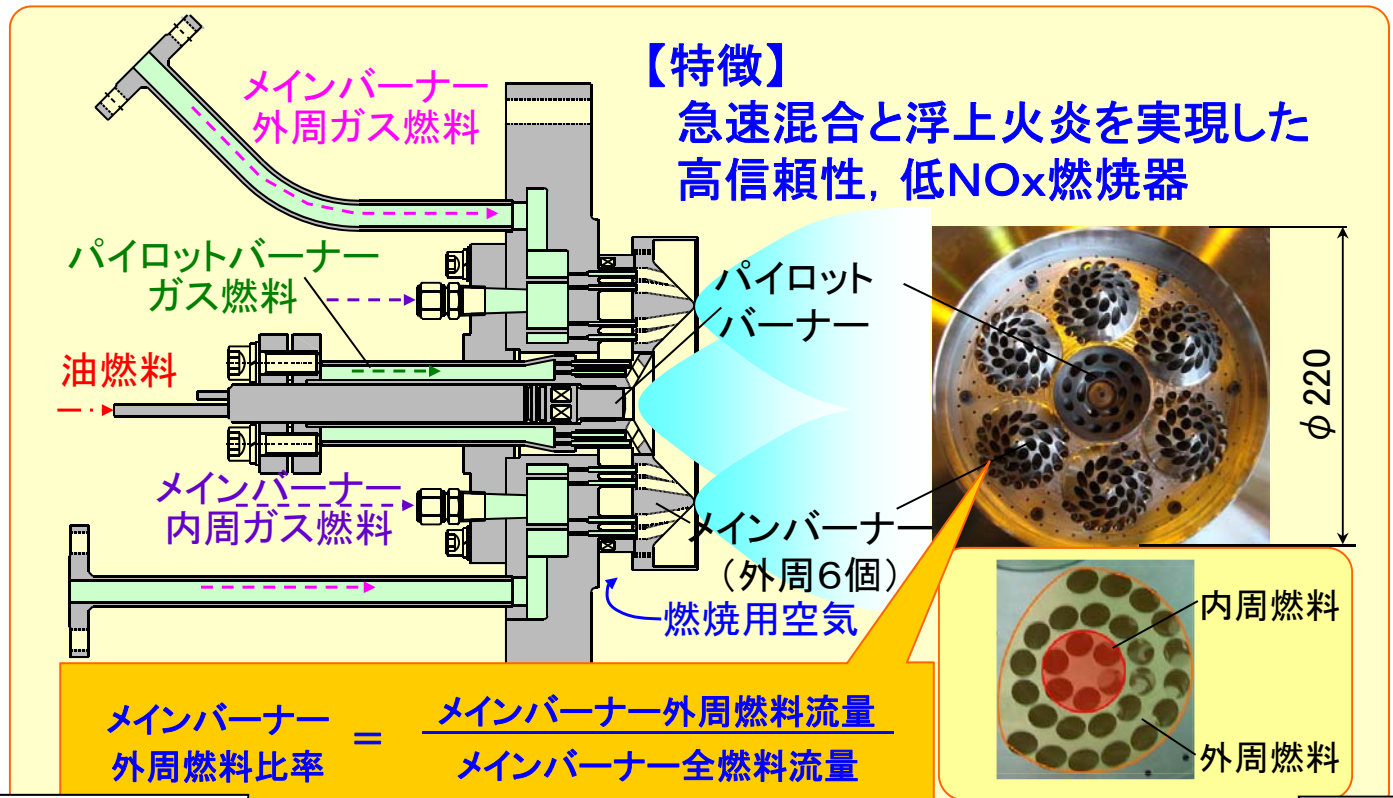
・高水素濃度燃料の課題

発火しやすく、燃焼速度が速い  
 ⇒バーナーへの火炎付着

⇒ 浮上火炎を形成し、バーナーへの火炎付着を防止

# マルチクラスターバーナー形式ドライ低NO<sub>x</sub>燃焼器

## ■世界初の高水素濃度対応ドライ低NO<sub>x</sub>燃焼器

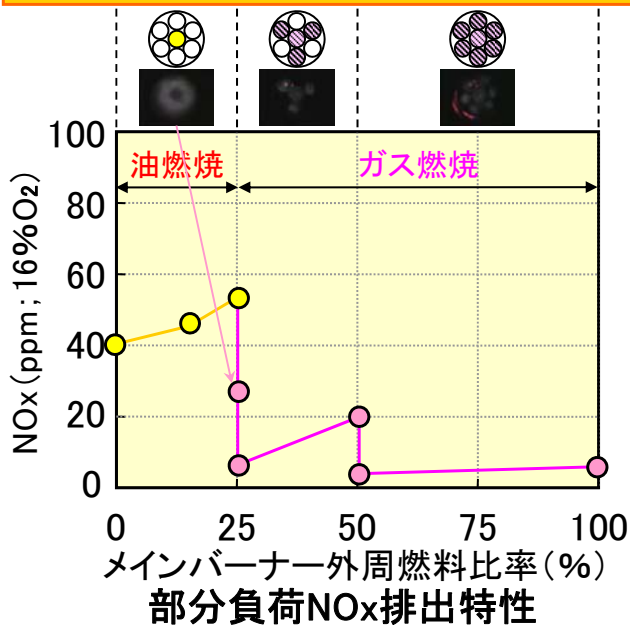


事業原簿 Ⅲ-2-2.1

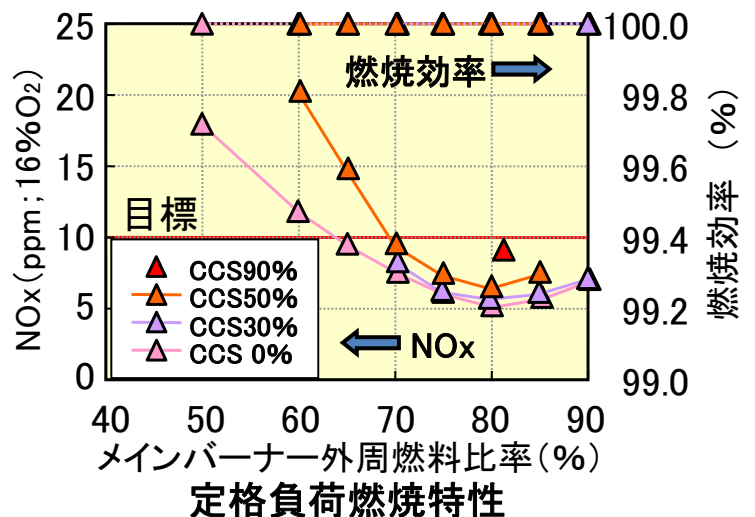
11/13

## マルチクラスターバーナー燃焼特性

- 高水素濃度燃料に対し、同一バーナー構造で逆火なく安定燃焼できることを確認
- CCS 0%~90%の広範囲な燃料で目標値10ppm以下の低NO<sub>x</sub>化を達成
- 燃焼効率は99.99%以上であり、安定燃焼を確認



事業原簿 Ⅲ-2-2.1

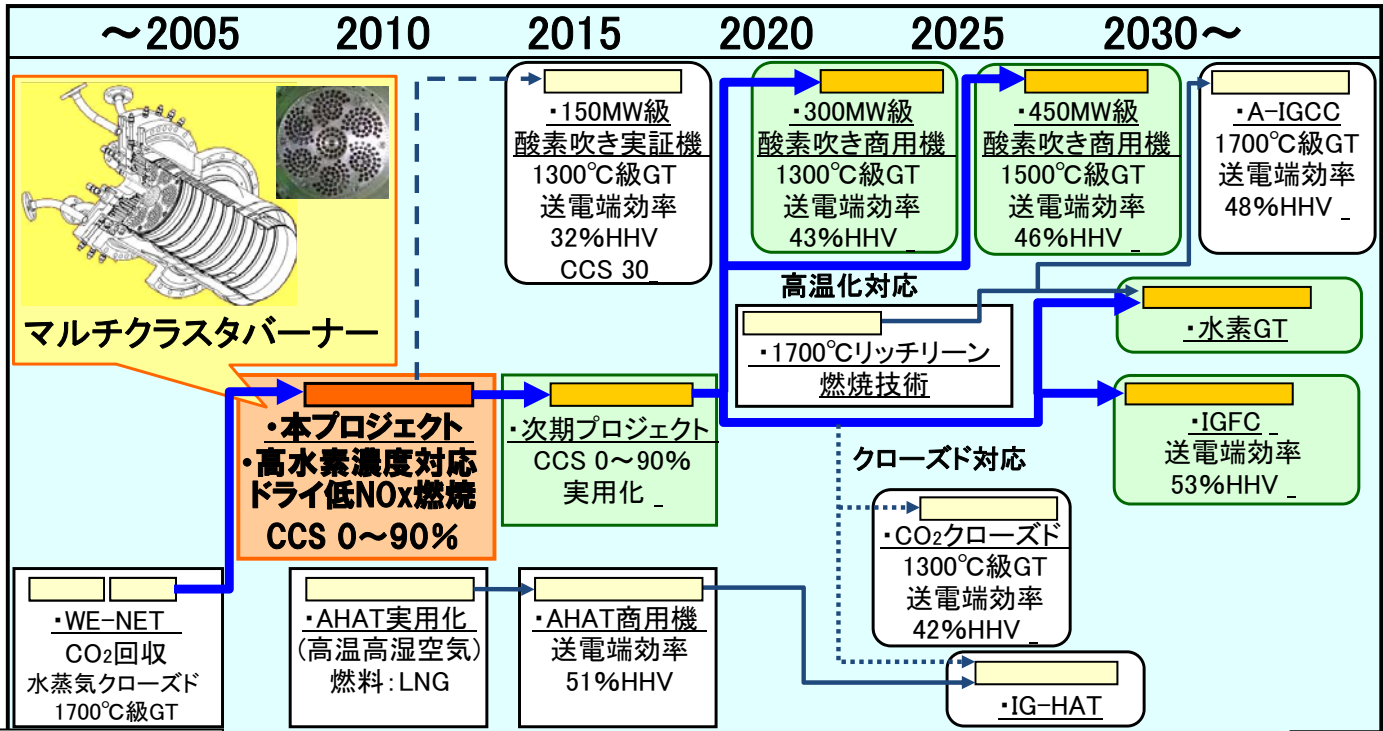


12/13



# 実用化の見通し

■ クラスターバーナーは将来システムのCO2クローズドGT, IG-HATとの親和性が良く、広く展開可能な燃焼基盤技術



ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト  
革新的ガス化技術に関する基盤研究事業

CO<sub>2</sub>回収型次世代IGCC技術開発  
の成果について  
詳細説明資料 (公開)

2010年8月19日

(財)電力中央研究所

エネルギー技術研究所



九州大学

先導物質化学研究所



KYUSHU UNIVERSITY

1

I . 事業概要

# 事業の概要と目標

## 事業概要

石炭ガス化システムから回収したCO<sub>2</sub>を酸化剤の一部として用いることにより、石炭ガス化システムの効率を大幅に向上することのできるCO<sub>2</sub>回収型高効率IGCCシステムの実用基盤技術を開発、および環太平洋地域に賦存する多様な石炭に対する適応性の検討

## 開発の必要性

既存の発電システムはCO<sub>2</sub>回収により発電効率が2割以上低下し、IGCCの場合約40%→約32%(送電端HHV)となるが、本システムはCO<sub>2</sub>回収後も40%以上が期待できるため、革新的将来オプションの一つとして基盤技術の開発は価値が高い。

## 達成目標

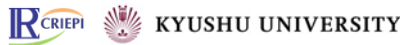
[中間目標(平成22年度)]

・送電端効率向上(42%:HHV基準、CO<sub>2</sub>回収後)のための主要構成技術の目途を得る

[最終目標(平成24年度)]

・性状の異なる環太平洋地域の3種類以上の石炭を用い、CO<sub>2</sub>回収後において、送電端効率42%(HHV基準)を実現させる基盤技術の確立

3

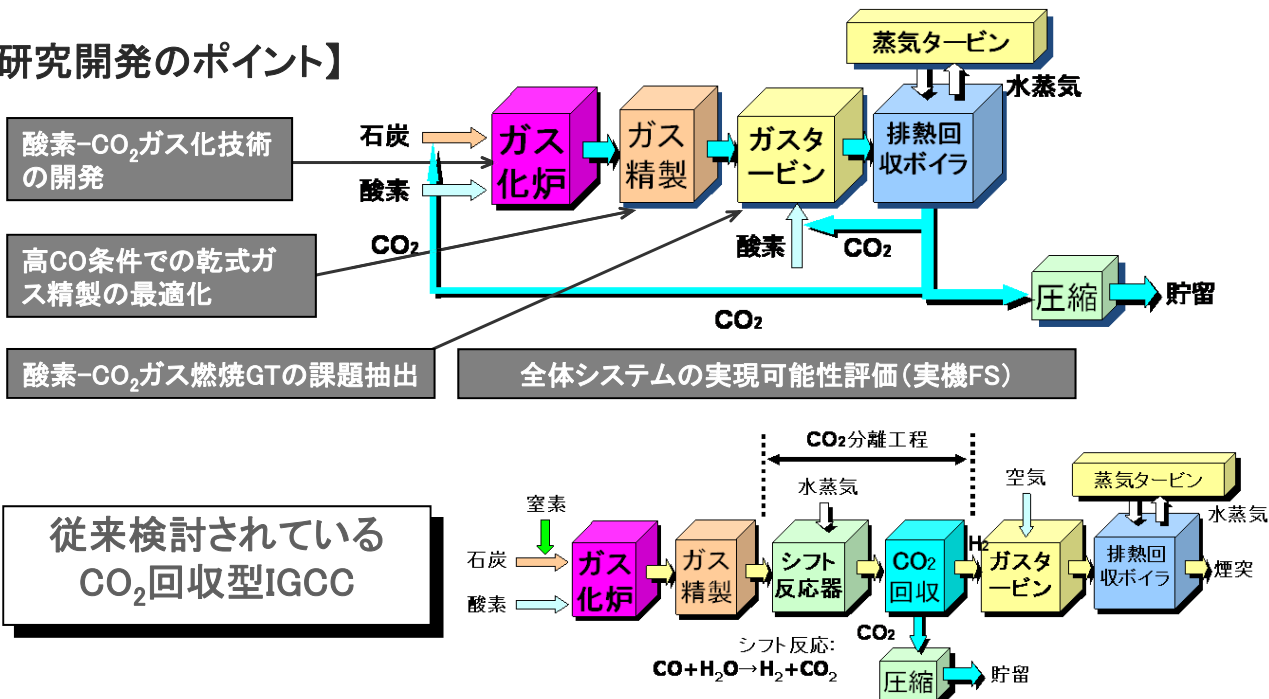


# 新しいCO<sub>2</sub>回収型高効率IGCCシステムのご概念

## 新システムの特徴

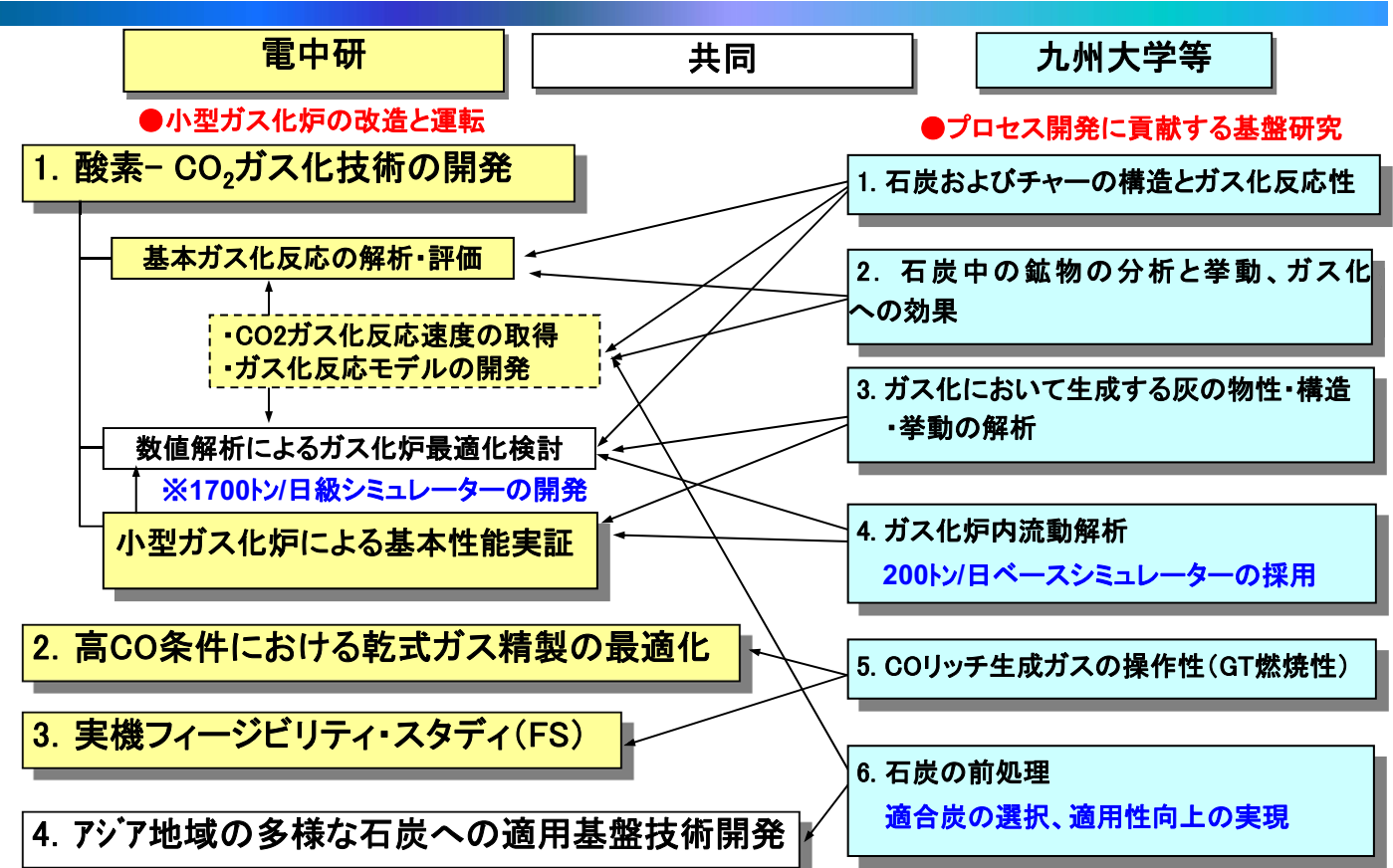
1. 「酸素-CO<sub>2</sub>吹きガス化」と「酸素-CO<sub>2</sub>ガス燃焼クローズド・ガスタービン」の採用により、発電端効率の大幅な向上
2. CO<sub>2</sub>排ガスの循環によりCO<sub>2</sub>分離回収装置が不要となり、効率向上とシステムの簡素化が可能

## 【研究開発のポイント】

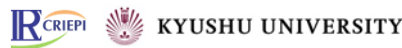


4

# 研究開発目標達成に向けた役割分担



5



## 開発目標と達成状況

開発項目	中間目標	達成状況	
事業全体	送電端効率向上(42%:HHV基準、CO <sub>2</sub> 回収後)のための主要構成技術の目途を得る	送電端効率42%を達成するための技術課題を明らかにする等、概ね目標を達成	○
1. 酸素-CO <sub>2</sub> ガス化技術の開発 ・基本ガス化反応の解析・評価	高温加圧下での高濃度CO <sub>2</sub> に対するガス化反応速度の解明と基準炭(中国炭等)の反応速度取得、灰分の溶解性把握	中国炭、インドネシア炭の2炭種の反応速度データを取得。酸素とCO <sub>2</sub> が共存する雰囲気下でのチャーガス化特性、熱分解、気相反応挙動、炭種の影響および灰分の溶融流動性を解明	○
・数値解析によるガス化炉最適化検討	試験炉成果を用いて高精度実機ガス化炉シミュレータの開発、実機ガス化性能の予測・評価	3トン小型炉から200トン/日、1700トン/日の実機へ適用可能なシミュレータの開発を完了。最適CO <sub>2</sub> 濃度等の実機性能予測を年度内に完成見込み	○
・小型ガス化炉による基本性能実証	小型ガス化炉による基本性能実証と課題抽出	小型ガス化炉を用いたCO <sub>2</sub> 投入ガス化試験を行い、操作性および運転条件等の最適化実験が可能になった。基本性能に及ぼすCO <sub>2</sub> 濃度の影響などを解明すると共に、技術課題を抽出	○
2. 高CO条件での乾式ガス精製の最適化	実機適用に向けた乾式脱硫等の性能評価とシステム最適化、課題の抽出、実ガスによる基本性能実証	温度と水蒸気濃度に着目し、脱硫性能と炭素析出抑制を両立させる運転条件を解明。実ガス試験で脱硫性能を実証、長期寿命を目指す	○
3. 実機フィージビリティ・スタディ(FS)	実機メーカーFSによるプラント性能、諸効率、概略コストの評価および技術課題の抽出	主要機器の実機適用性を考慮し、システム効率、プラントレイアウト評価等を行い、42%達成への技術課題を抽出	○
4. アジア地域の多様な石炭への適用基盤技術開発	アジア地域の低品位炭に対する利用技術の開発と課題抽出	溶剤による褐炭の前処理技術、高灰分高融点炭の脱灰の効果を確認、経済性の評価を行う	○

6

# 目標の達成可能性

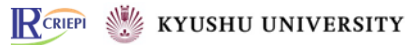
## [最終目標]

石炭ガス化システムから回収したCO<sub>2</sub>を酸化剤の一部として用いることにより、システム効率を大幅に向上できるCO<sub>2</sub>回収型高効率IGCCシステムに関し、CO<sub>2</sub>回収後に送電端効率42%(HHV基準)を実現させる基盤技術を確立する。また、アジア地域の多様な石炭への適用基盤技術を開発する。

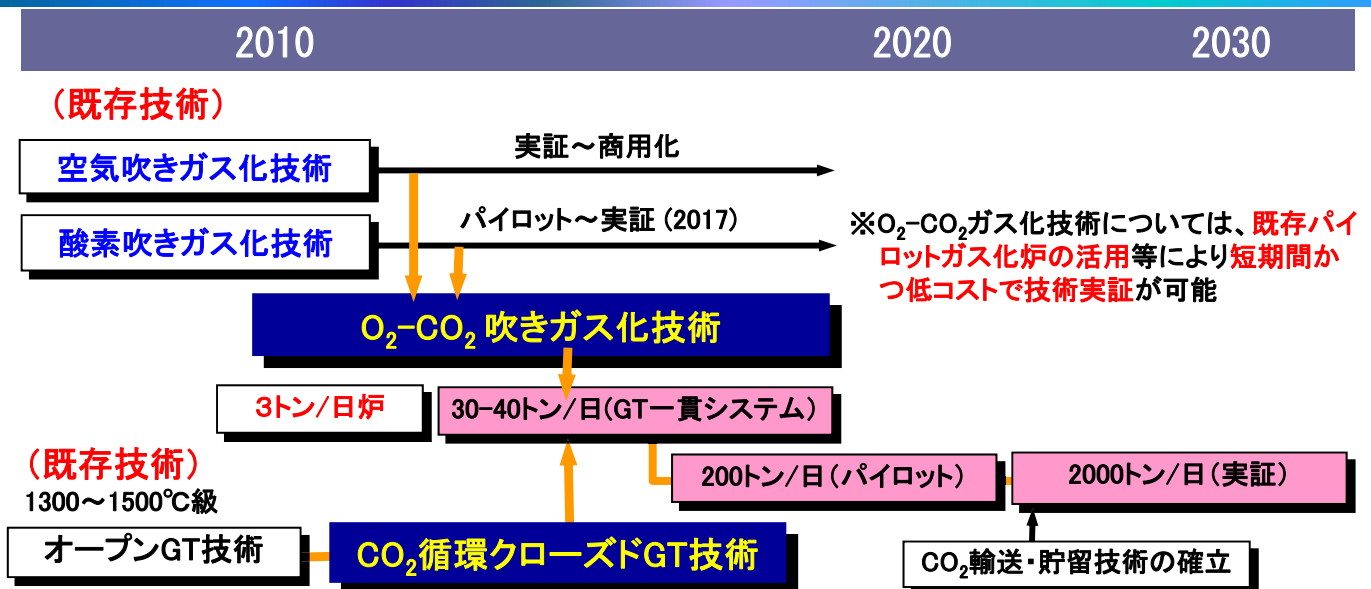
## [後期2年半の研究開発によって]

- 将来の実用化を見据え、次期ステップである数十トン/日級ガス化炉とクローズドGT一貫システムの開発に向け、その中核となるO<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>ガス化技術について、ガス化反応性評価技術の確立、小型ガス化炉の実験による実証および数値シミュレータ技術の開発に引き続き取り組み、予定通りH24年度までに目標を達成できる見込である。
- 特に、ガス化炉温度、酸素比、酸素濃度など運転条件の最適化、バーナ構造・配置の最適化等によるガス化炉の性能向上、ガスタービンシステムの最適化によるさらなる性能向上、再生熱交換器およびASUの技術調査・最適化検討を進めることで、目標効率の達成を確実なものにできる見込みである。
- ガス化炉チャー系や再生熱交換器などの簡素化検討を進め、低コスト化に向けた検討を着実に進め、課題を明らかにする。
- アジア地域の低品位な石炭のO<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>ガス化への適用性さらに効率の大幅な向上技術の開発を着実に進める。

7



# 成果実用化の見通し



- 既存ガス化技術の知見、3トン/日炉、ベンチプラント(GT一貫システム)による成立性の確認、さらにシミュレーション技術の活用により、2020-30年頃の実用化に向けたスムーズな展開が可能
- CO<sub>2</sub>循環クローズドGT技術や再生熱交換器の開発は、WENETやAHAT、1700°C級GT開発での知見を有効活用することにより、効率的な開発が可能
- 電中研・大学一体化による開発体制により、高度な基盤技術に裏付けられた確度の高い着実な研究開発が可能

8

---

## Ⅱ. 研究開発内容と成果

9

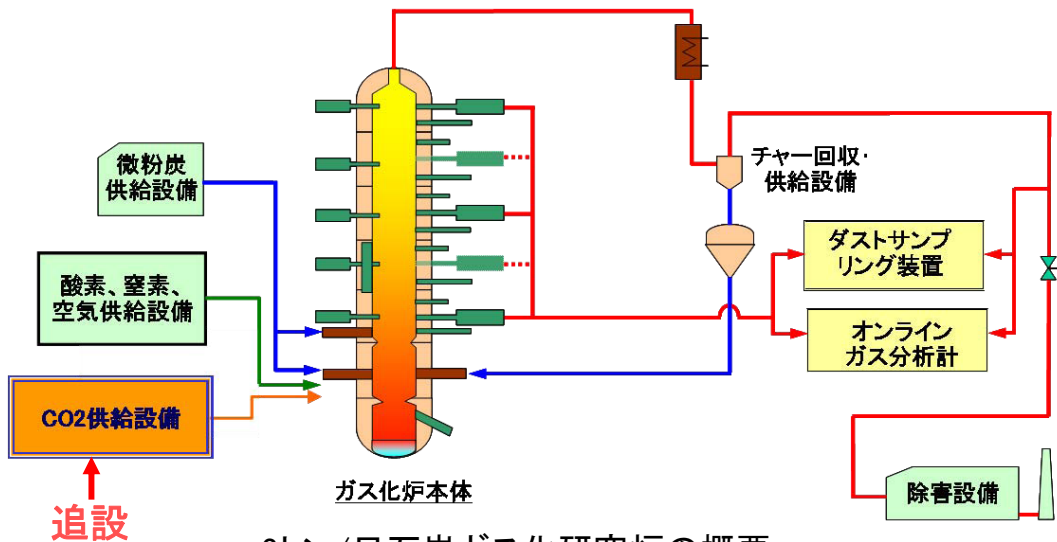
### 1. 酸素-CO<sub>2</sub>ガス化小型炉による基本性能実証

10

# 目的と概要

酸素-CO<sub>2</sub>ガス化の基本性能実証のため、既設3トン/日石炭ガス化研究炉にCO<sub>2</sub>供給設備を追設し、ガス化剤中CO<sub>2</sub>濃度を变化させたガス化試験を行い、運転技術を確立。また、酸素比、CO<sub>2</sub>濃度などガス化炉運転条件がガス化性能に及ぼす影響を評価。

空気吹き二室二段噴流床のガス化条件をベースに、CO<sub>2</sub>濃度を増加



3トン/日石炭ガス化研究炉の概要



11

## CO<sub>2</sub>供給設備の概要

### 1. CO<sub>2</sub>製造設備

- ・液化CO<sub>2</sub>を気化させることによりCO<sub>2</sub>ガスを製造するCE(コールドエバポレーター)設備であり、液化CO<sub>2</sub>貯槽、貯槽内圧力調整用の加圧蒸発器、CO<sub>2</sub>ガス製造用の空温式蒸発器により構成。

### 2. CO<sub>2</sub>供給系統

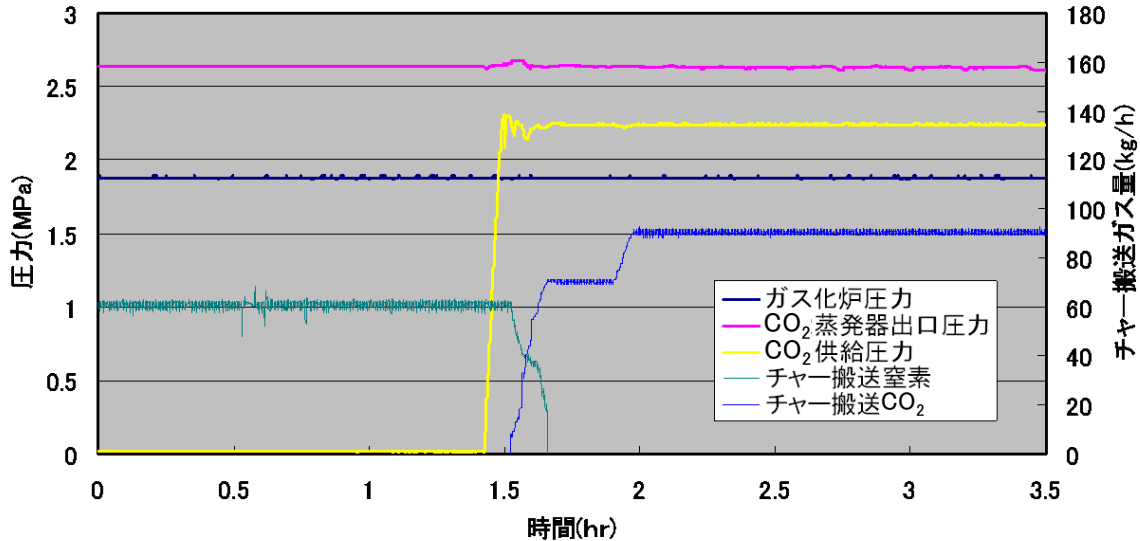
- ・CO<sub>2</sub>製造設備で製造したCO<sub>2</sub>ガスを、所定の供給圧力に制御し、2次空気系統、コンバスタ石炭搬送ガス系統、コンバスタチャー搬送ガス系統、リダクタ石炭搬送ガス系統に供給。



12

# CO<sub>2</sub>供給運転特性の確認(チャー搬送ガス切替時)

- ・チャー搬送を窒素60kg/hの状態から、徐々にCO<sub>2</sub>へ切り替えていき、窒素を0kg/h、CO<sub>2</sub>を70kg/hに設定し、その後、CO<sub>2</sub>を90kg/hに増加。
- ・CO<sub>2</sub>投入開始時に、CO<sub>2</sub>蒸発器出口圧力やCO<sub>2</sub>供給圧力がやや変動したものの、**ガス化炉圧力は安定**しており、切り替え操作には特に支障はなし。切り替え終了後は、CO<sub>2</sub>量増加時も含め、各部圧力は安定しており、**問題なくCO<sub>2</sub>供給運転が可能であることを確認**。

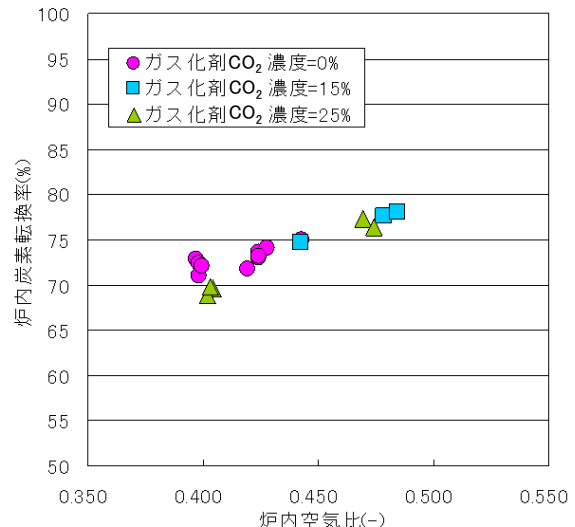
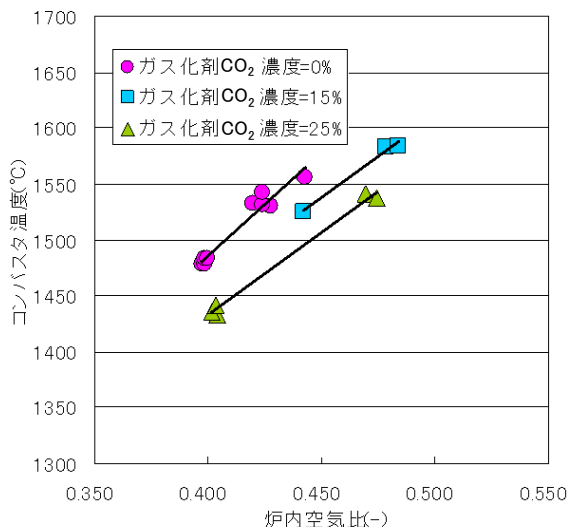


13

## マリノウ2試験結果速報

(投入ガス中酸素濃度=25%一定、CO<sub>2</sub>濃度0~25%、他はN<sub>2</sub>)

- ・CO<sub>2</sub>濃度の上昇に伴い、コンバスタ温度が低下する傾向が認められる。
- ・コンバスタ温度低下の主な要因として、窒素とCO<sub>2</sub>の比熱の違い(CO<sub>2</sub>の比熱は、窒素の約1.6倍)が考えられる。
- ・今回の実験範囲では、炉内空気比に対する炉内炭素転換率や生成ガスHHVに、CO<sub>2</sub>濃度の顕著な影響はなかった。



14



# まとめ(現状と今後の予定)

- CO<sub>2</sub>供給設備を設置し、3トン/日小型ガス化炉によるCO<sub>2</sub>投入ガス化運転技術を確立した。
  - ガス化剤酸素濃度一定で、CO<sub>2</sub>濃度を増加させると、窒素とCO<sub>2</sub>の比熱の違いなどにより炉内温度が低下する。
  - 炉内炭素転換率に対するCO<sub>2</sub>濃度の影響が顕著に認められない。これは、前記のCO<sub>2</sub>濃度増加に伴う炉内温度の低下の影響を受けているものと考えられる。
  - これまでの実験では、酸素濃度＝一定としていたため、炉内温度が低下したが、今年度下期にガス化剤酸素濃度の増加や給炭量比変化などのパラメータ変化試験を実施し、ガス化炉温度を維持する最適運転条件の検討により、CO<sub>2</sub>供給によるガス化性能向上効果の確認を進める予定である。
    - ✓ 酸素濃度=25%(現状)→30%(目標)
    - ✓ O<sub>2</sub>:CO<sub>2</sub>(:N<sub>2</sub>)=25:25(:50)(現状)→30:25(:45)(目標)
- ※空気吹き二段噴流床による実験装置の制約から、N<sub>2</sub>を大幅に減らすことが困難  
→H23年度にガス化炉構造等の最適化を実施予定

15

## 2. 酸素-CO<sub>2</sub>ガス化技術基本ガス化反応の解析・評価

### 【 O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>ガス化反応の基盤】

- (1) 試料石炭
- (2) O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>吹き石炭ガス化反応
  - (a) 概要
  - (b) 石炭の熱分解
  - (c) チャーのガス化
  - (d) まとめ
- (3) ガス化炉における灰の挙動

16

# (1) 基準炭の性状

炭種		大同炭(DT)	マリノウ炭(MN)	アダロ炭(AD)
発熱量 (HHV)	kJ/kg db	29900	30800	28300
	kcal/kg db	7160	7370	6770
工業分析	水分	% ad	3.9	4.7
	灰分	% db	11.2	8.4
	揮発分	% db	27.3	40.7
	固定炭素	% db	61.5	51.0
	燃料比	—	2.26	1.25
元素分析	C	% daf	83.2	81.1
	H	% daf	4.3	5.7
	O	% daf	11.5	11.0
	N	% daf	0.3	2.0
	S (燃焼性)	% daf	0.7	0.2
	全硫黄	% db	0.6	0.2
HGI	-	56	49	未測定
灰流動温度(還元)	°C	1470	1330	1230
灰組成	SiO <sub>2</sub>	%	58.2	50.0
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	20.8	22.8
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	8.9	11.1
	CaO	%	1.9	2.6

\* 到着ベース

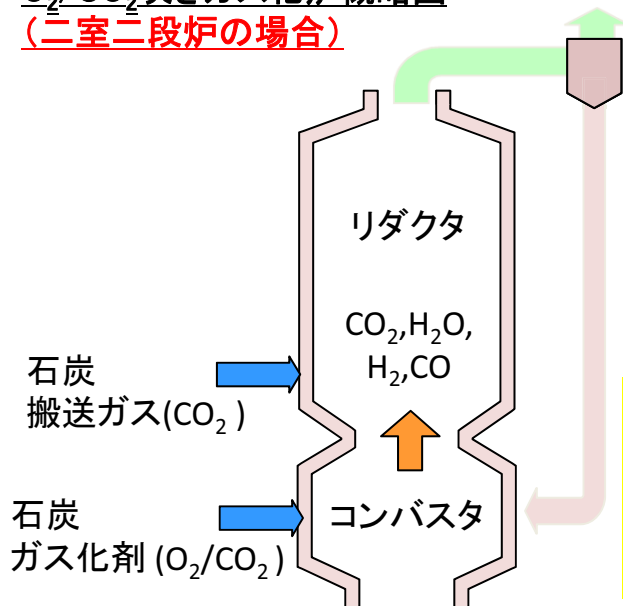
中国炭およびインドネシア炭を基準炭として設定し、石炭やチャーのサンプルを共有化。

17

# (2) O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>吹き石炭ガス化反応

## (a) 概要

O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>吹きガス化炉概略図  
(二室二段炉の場合)



## O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>吹きガス化炉の特徴

CO<sub>2</sub>分圧(濃度)が高い

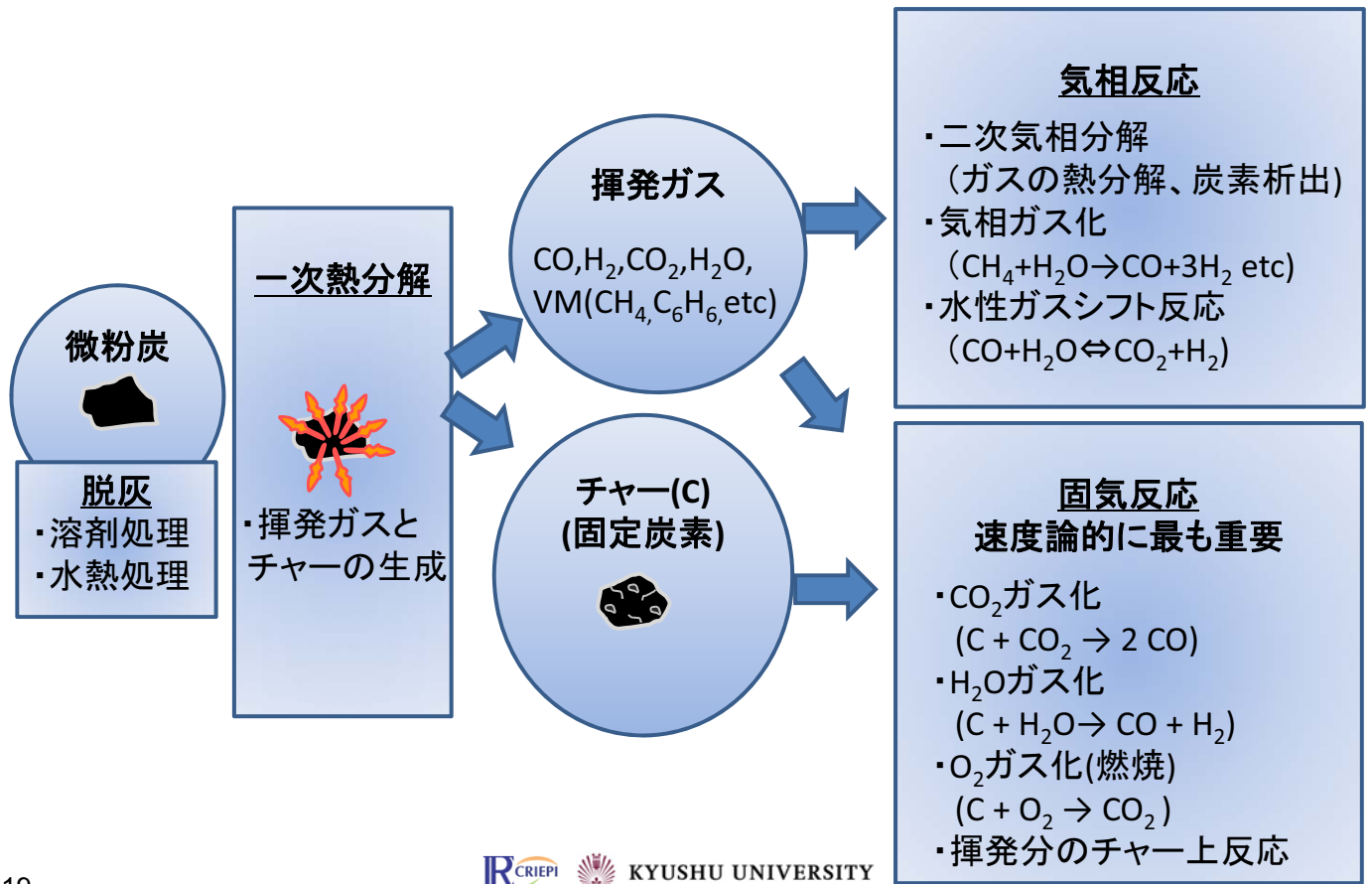
- ・チャーガス化反応速度の向上
- ・N<sub>2</sub>以外のガス濃度の増加
- ・モル比熱の増加

## 要検討項目

- ・石炭の熱分解、タールの改質
- ・チャーガス化反応速度の定量的評価
- ・各種反応への効果の把握
- ・スラグ排出性および灰付着性への影響評価

18

# 石炭ガス化反応の概要



19

## O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>ガス化における検討のポイント

### ●コンバスタ

- ✓ 装入石炭と循環チャーの部分酸化の進行状況解析と促進
- ✓ スラグの円滑溶出

### ●リダクタ

- ✓ 装入石炭のガス化状況解析と促進
  - ・熱分解揮発分の形成、改質
  - ・熱分解チャーのガス化(O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>)
  - ・チャー(灰分)の壁付着防止

### ●石炭熱分解の解明

- ・ DTF(常圧、加圧)
  - ・ TGA(常圧、加圧)
  - ・ 実機
- ⇨ 雰囲気、温度・・・リダクタに近似、滞在時間  
⇨ リダクタ内高さ方向での変化を注視  
・ 急速反応であることに留意  
→ 反応器による差異にも留意

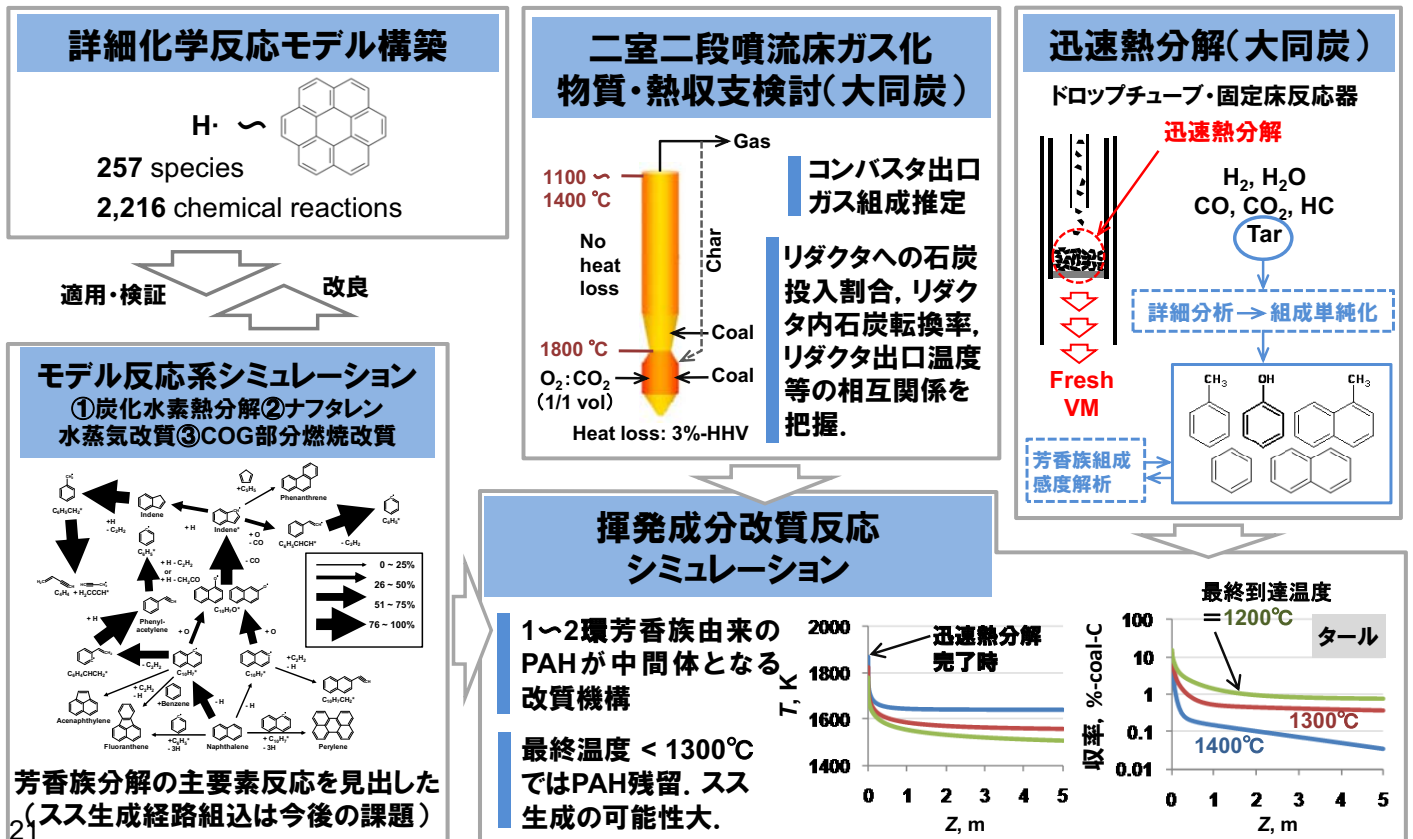
熱分解物とその反応  
チャーの形成 = 条件依存の解明

20

## (b) 石炭の熱分解 1

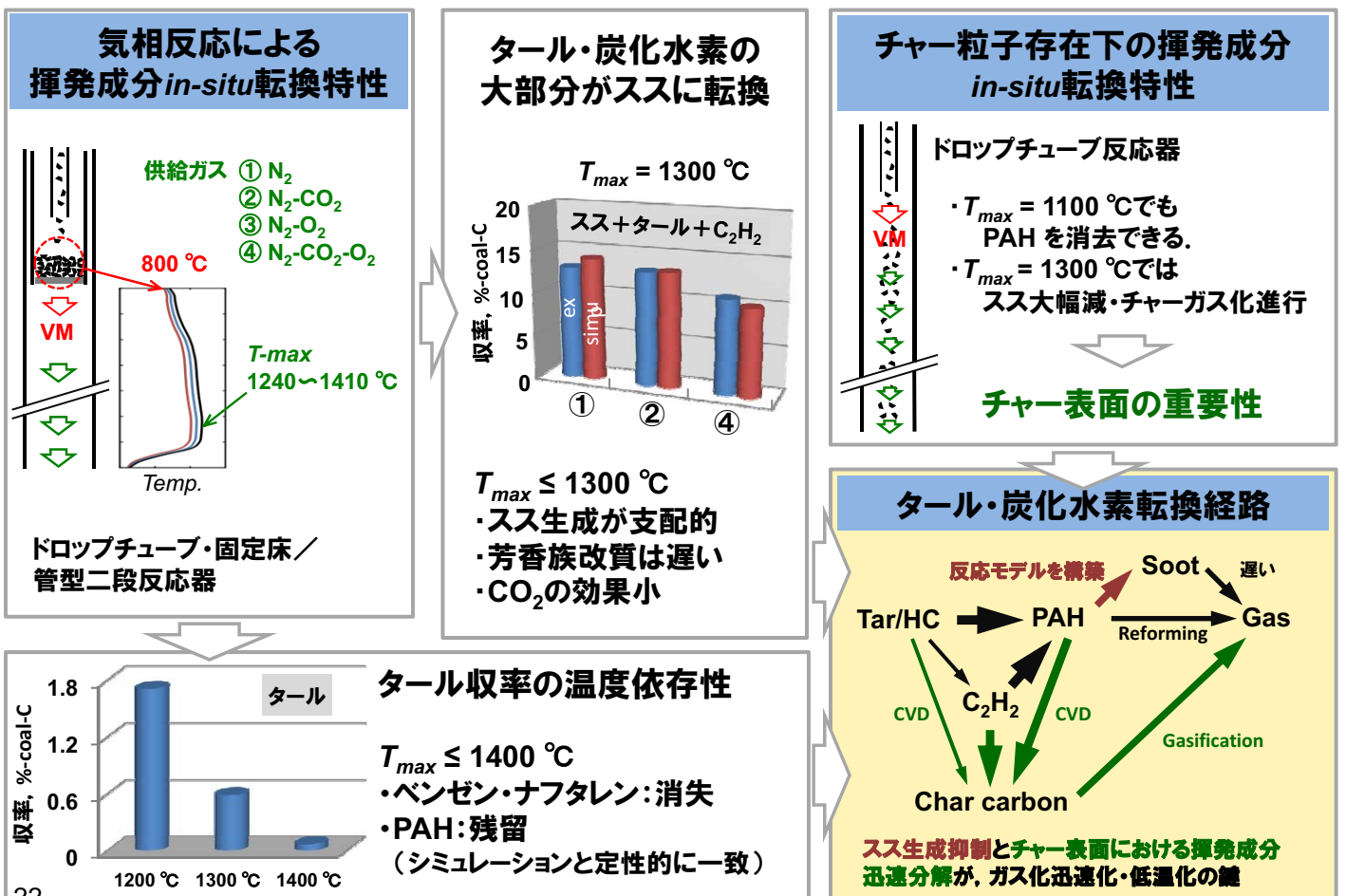
## リダクタにおける揮発成分の改質特性解明

**現状** リダクタにおける初期反応＝迅速熱分解によって発生した揮発成分の転換特性、反応機構には不明な点が多く、明確な根拠に基づく反応シミュレータへの組み込みは困難。



## (b) 石炭の熱分解 2

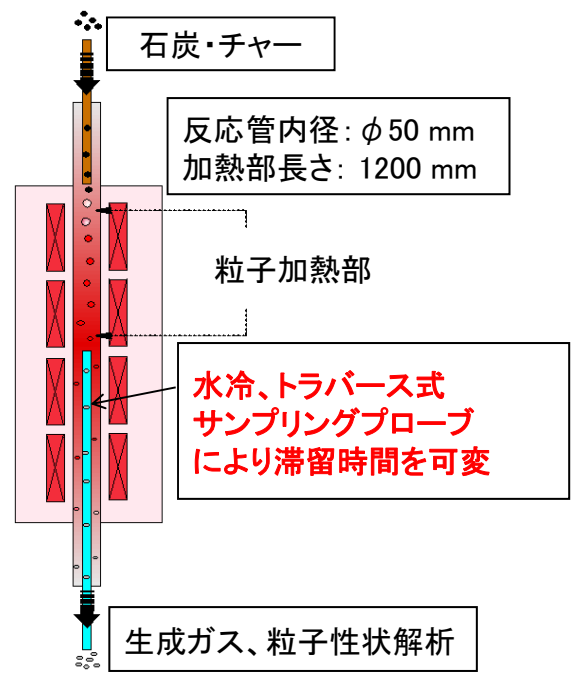
## スス生成とチャー表面におけるタール分解



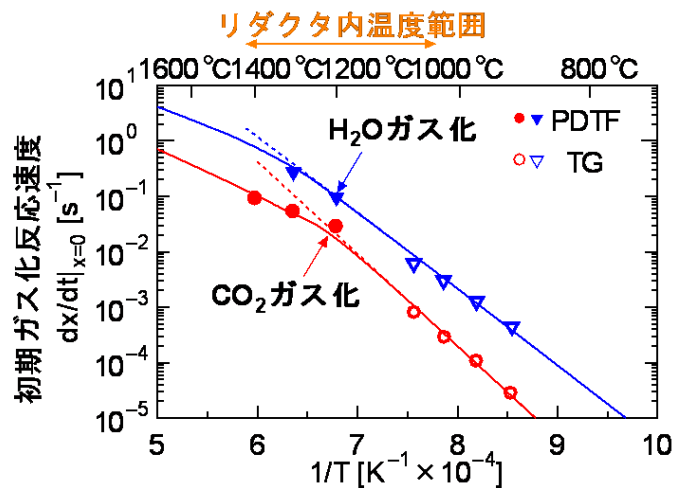
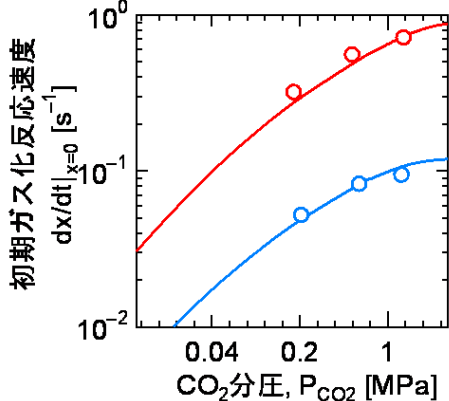
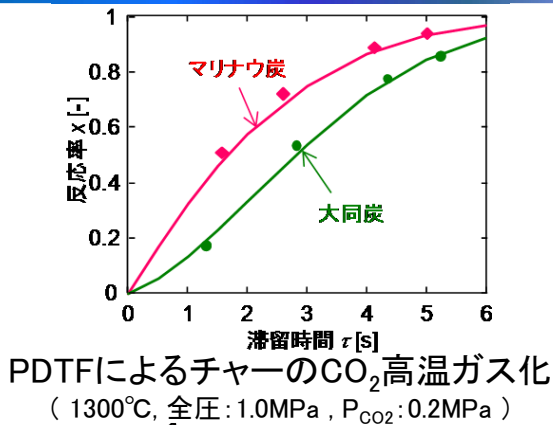
# (C) チャーのガス化 ガス化反応速度モデルの開発

**目的**  
 基準炭を対象として、加圧型ドロップチューブファーンレス(PDTF)などを活用し、高温加圧下での高濃度CO<sub>2</sub>に対するチャーのガス化反応速度を解明する。

- 実施内容**
- 大同炭(DT)およびマリノウ(MN)炭の高温熱分解チャーの調製(基準チャー)
  - 各チャーのCO<sub>2</sub>ガス化および水蒸気ガス化における高温加圧ガス化実験
  - 高温加圧下での高濃度CO<sub>2</sub>によるガス化に適用可能なチャーガス化反応速度モデルの検討と各パラメータの決定



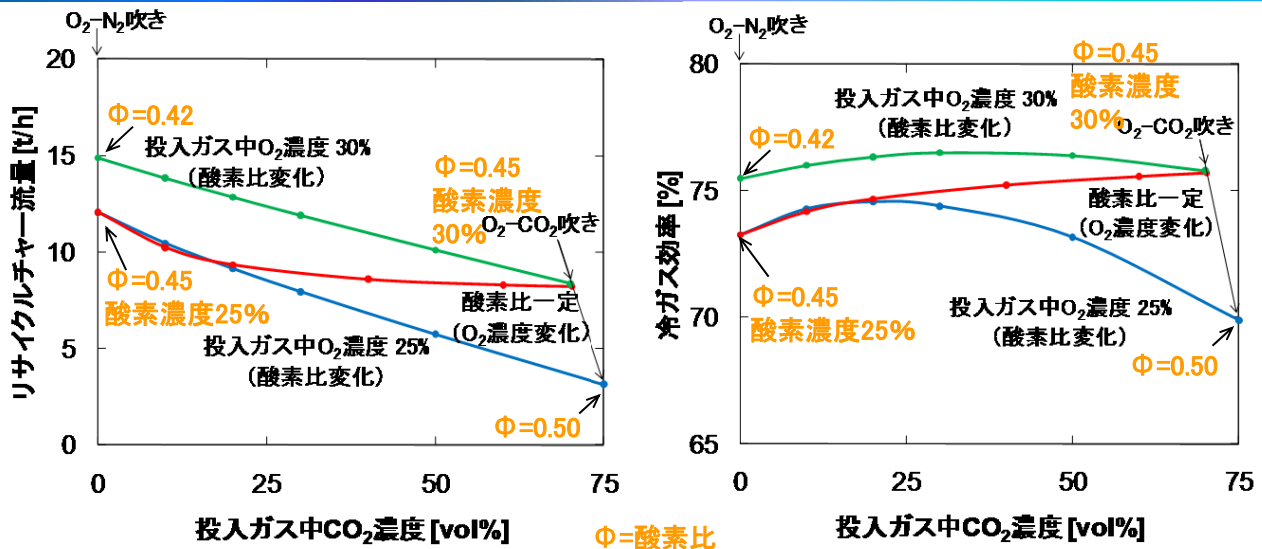
## ガス化反応速度およびCO<sub>2</sub>分圧の影響



チャーのガス化反応速度: MN炭 > DT炭  
 高CO<sub>2</sub>分圧における反応速度の分圧依存性は、MN炭の方が大きい。

ガス化反応速度式⇒シミュレータへ導入

# ガス化炉性能の一次解析結果



実験から構築したマリノウ炭のガス化反応速度モデルを用いて、二段噴流床ガス化炉の一次元解析を行った。コンバスタ温度を1800°C一定となるように酸素比または酸素濃度を変化させ、最適化した。今後、三次元解析や研究炉試験結果と合わせ、精度を高めた検討を行う。

酸素比一定で酸素濃度を増加することで、ガス化炉温度を維持し、CO<sub>2</sub>投入量の増加とともにガス化炉性能の向上が可能であることを明らかにした。  
→今年度下期に3トン/日小型炉で実験検証予定

## チャーの詳細な把握について

### ●ガス化するチャーの構造・反応性

- ・リダクタ装入部での熱分解
- ・雰囲気による変化
- ・炭種による変化(石炭化度、鉱物、水分)

### ●チャーの比較、生成雰囲気、温度、昇温速度

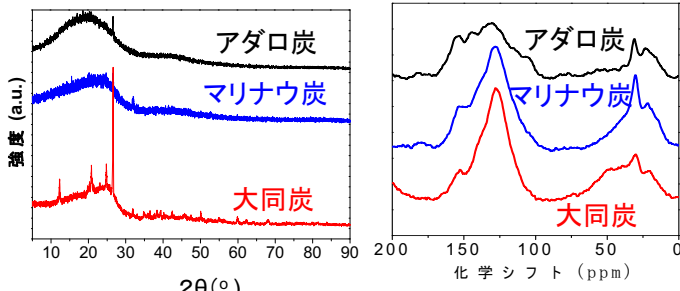
窒素 vs CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O、O<sub>2</sub>

### ●チャーの比較、構造、反応性

- ・DTF窒素中
- ・DTF CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O(温度)
- ・2ton炉、20ton炉、200ton炉の循環チャーの比較

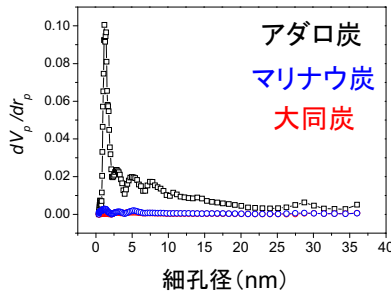
# 石炭構造や灰分が反応性へ及ぼす影響の解明

## ガス化用石炭およびそのチャーの構造と反応性



石炭のXRD分析

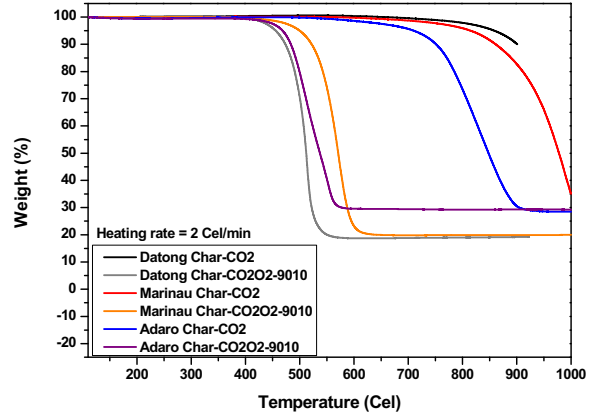
石炭の<sup>13</sup>C-NMR分析



チャーの細孔径分布

•大同炭は、酸素の含有量(特に芳香族酸素含有量)、アルキルが少なく、また、黒鉛化性と積層性が高い。

•大同チャーとマリナウチャーは細孔性を示さず、アダロチャーはメソ細孔性を示した。



TGによるチャーのガス化反応性  
純CO<sub>2</sub> および CO<sub>2</sub> 90%-O<sub>2</sub> 10%

大同、マリナウ炭の違いが明らか

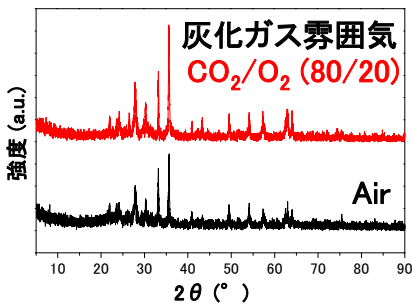
⇒実験、大型パイロット、ベンチ、  
ガス化炉で生成するチャーの解析

27

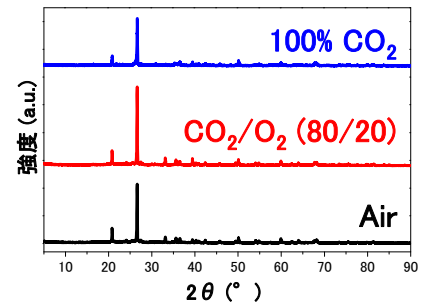
## (3) ガス化炉における灰の挙動

### 灰化ガス雰囲気が石炭灰構造に与える影響

マリナウ炭1200°C灰化灰

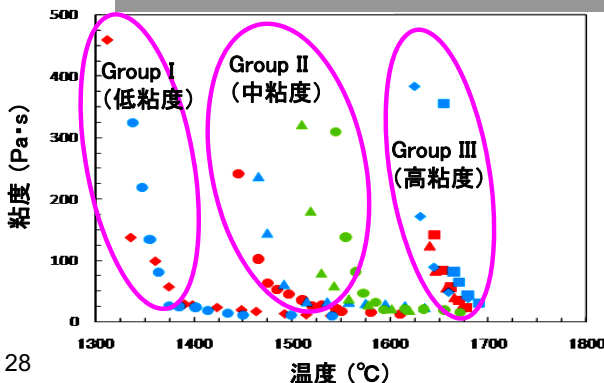


大同炭1000°C灰化灰



CO<sub>2</sub>リッチ雰囲気でも  
灰の構造および組成に  
大きな違いは見られなかった。

### B/A比からの基準炭の粘度特性の予想



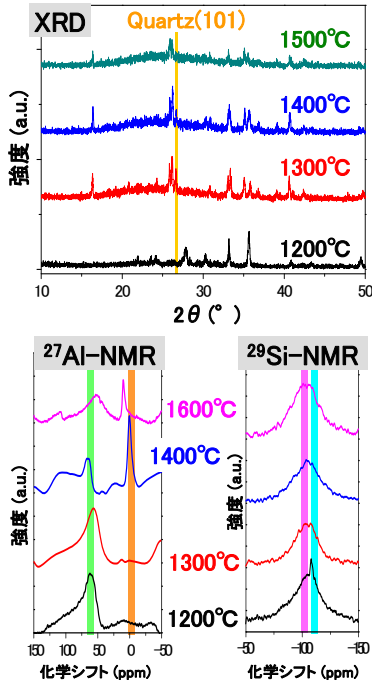
•石炭灰の温度-粘度特性の文献値をプロットすると大きく3グループに分類できた。  
•灰アルカリ率(B/A比)からは、  
マリナウ炭はGroup I(低粘度)  
大同炭はGroup II(中粘度)  
に属すると予想された。

28

# ガス化用石炭中の灰・スラグ粘性と構造

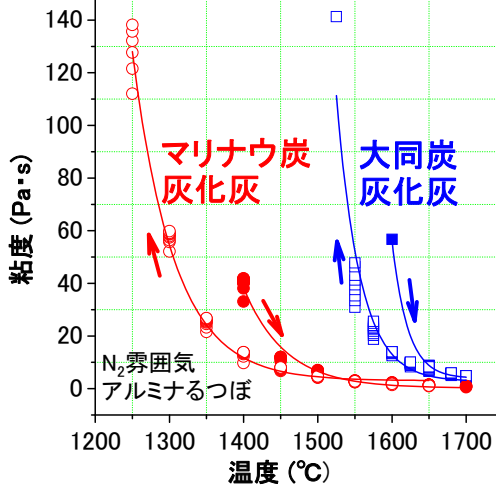
## マリノウ炭灰化灰

1300°C付近で変化



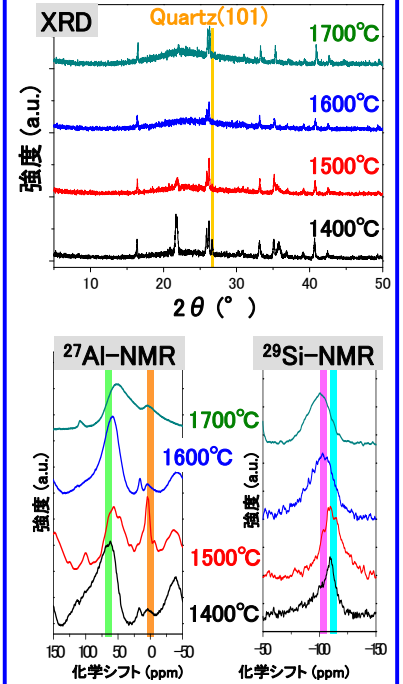
- XRD、NMRにおける灰の構造と粘度の変化温度に相関あり
- HTC法での均一融体温度とも相関

空气中815°C灰化灰の粘度特性

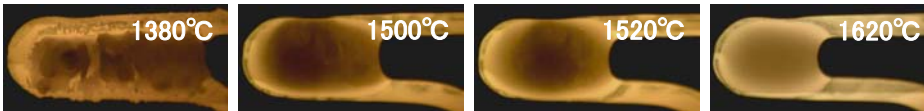


## 大同炭灰化灰

1600°C付近で変化



ホットサーモカップル (HTC) 法による大同炭灰の溶融挙動観察 (850°C, 5h, 大気中で灰化)



	マリノウ炭	大同炭
均一融体形成温度	1500°C	1620°C

# 800 MHz固体NMRによる灰・スラグの構造分析結果

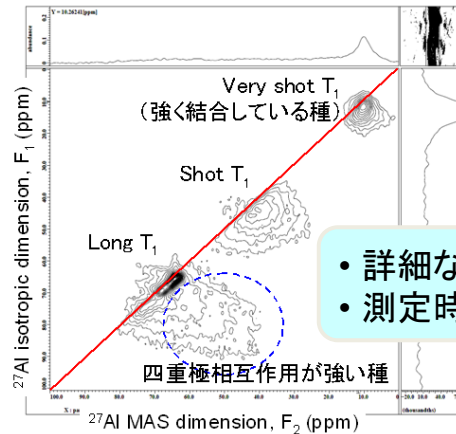
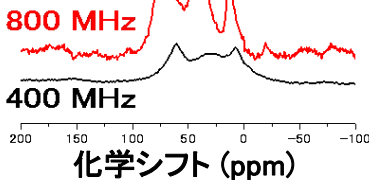
一次元<sup>27</sup>Al-固体NMRスペクトル

二次元<sup>27</sup>Al-固体NMRスペクトル

感度および解像度の大幅な向上

1700°C熱処理大同炭灰化灰 (800 MHz)

600°C灰化大同炭灰



- 詳細な局所構造情報
- 測定時間の大幅な短縮

【これまでの成果】スラグ中の鉱物定量同定に向けた装置調整を進め、解像度の大幅向上を確認し、詳細な局所構造情報の取得に目処

## 今後の研究のポイント

- 800 MHz固体NMR、高温DSC、高温ラマン、高温XRD、ホットサーモカップル法を駆使し、多角的、多面的に石炭灰の構造と溶融・流動・固化特性との相関を解析する。
- 実測粘度データをシミュレーションに反映し、流動挙動を推測する。これらの結果を、炭種適合性評価および操業条件評価に資する。



# 基本ガス化反応に関する成果のまとめ

気相反応	固気反応（チャーガス化反応）			灰物性
<p>リダクタにおける揮発分の改質特性の解明</p> <p><b>成果</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>揮発分の気相改質反応における素反応を考慮した<b>詳細化学反応モデルを構築し、妥当性を評価した。</b></li> </ul> <p><b>今後の予定</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>スス生成モデルを検討し、リダクタ部でのガス化特性予測モデルを構築する。</li> </ul>	<p>ガス化反応速度モデルの開発</p> <p><b>成果</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>基準炭チャーの高分圧CO<sub>2</sub>による高温ガス化実験を行い、<b>ガス化速度式と速度パラメータを決定し、数値解析へ導入した。</b></li> </ul> <p><b>今後の予定</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>水蒸気ガス化速度や阻害反応速度の未確定分を決定する。</li> </ul>	<p>各種ガス化剤の相互作用の解明</p> <p><b>成果</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>O<sub>2</sub>とCO<sub>2</sub>が共存する雰囲気において、チャーのO<sub>2</sub>ガス化反応はCO<sub>2</sub>ガス化反応を促進する可能性を見出した。</li> </ul> <p><b>今後の予定</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>反応促進挙動の詳細や、炭種依存性について検討する。</li> </ul>	<p>石炭構造や灰分が反応性へ及ぼす影響の解明</p> <p><b>成果</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>基準炭を含め<b>各種石炭を分析し、石炭構造と反応性の相関が見出した。</b></li> </ul> <p><b>今後の予定</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>チャーの組成と構造の面から、ガス化反応を促進する方法を検討する。</li> </ul>	<p>ガス化炉における灰の物性・挙動の解明</p> <p><b>成果</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>基準炭の灰化灰を各種雰囲気で調製し、<b>構造分析とスラグ粘度特性の測定を行った。</b></li> </ul> <p><b>今後の予定</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>データをさらに蓄積し、スラグ粘度を精度よく予測する推算式を構築する。</li> </ul>

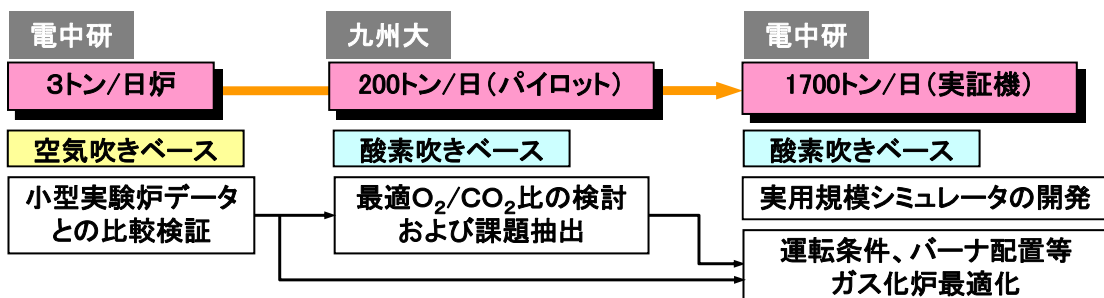
31

## 数値解析によるガス化炉最適化検討

### 空気吹きガス化炉開発、スケールアップの歴史に学ぶ

- ・2トン炉におけるシミュレーター開発と取得データの装入（電中研）
- ・200トン炉の空気吹きシミュレーターをO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>吹きに変換（九州大学）  
⇒2トン炉における取得データを共用してスケールアップ精度の確認  
⇒プロセス性能の改善、障害抽出・改善の方向性、感度分析、2トン炉運用フィードバック
- ・大規模計算用ガス化シミュレーションの開発（電中研）

### 数値シミュレーション技術の開発フロー



●これまでの検討対象

目標O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>=約 40 : 60

2室2段ガス化炉(勿来タイプ)

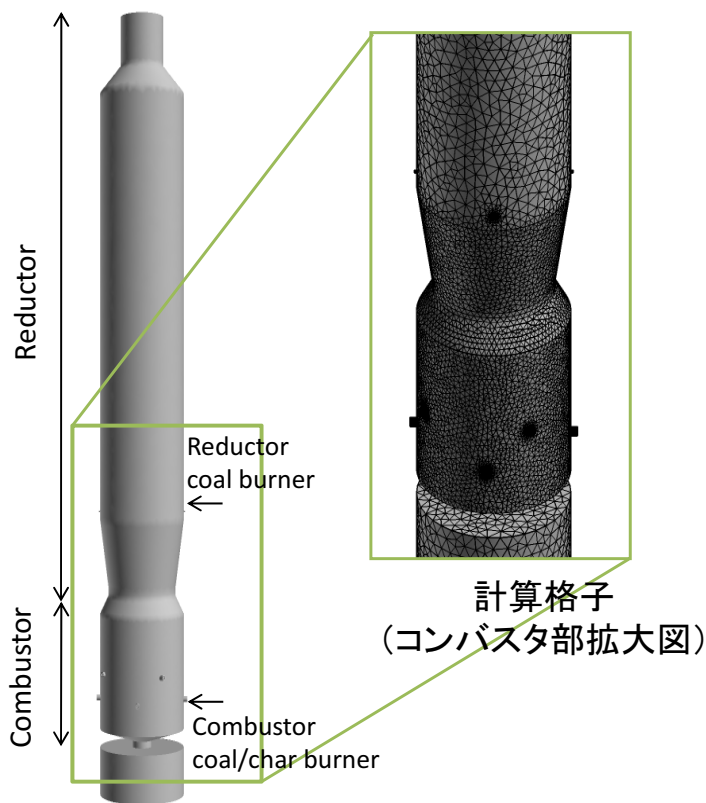
●今後は検討対象を拡大

目標O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>=約 75 : 25

1室2段ガス化炉(EAGLEタイプ)

32

# 解析対象



2段噴流床ガス炉  
O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>吹きケース  
(N<sub>2</sub>投入なし)の検討

## 実機規模石炭ガス化炉

ガス化炉形式	2室2段噴流床
全高 / コンバスタ内径	6.74

## 供試炭(大同炭)性状

固有水分	3.9 wt%
灰分	10.7 wt%
揮発分	26.2 wt%
固定炭素	59.2 wt%
発熱量	28.5 MJ/kg

計算領域

33

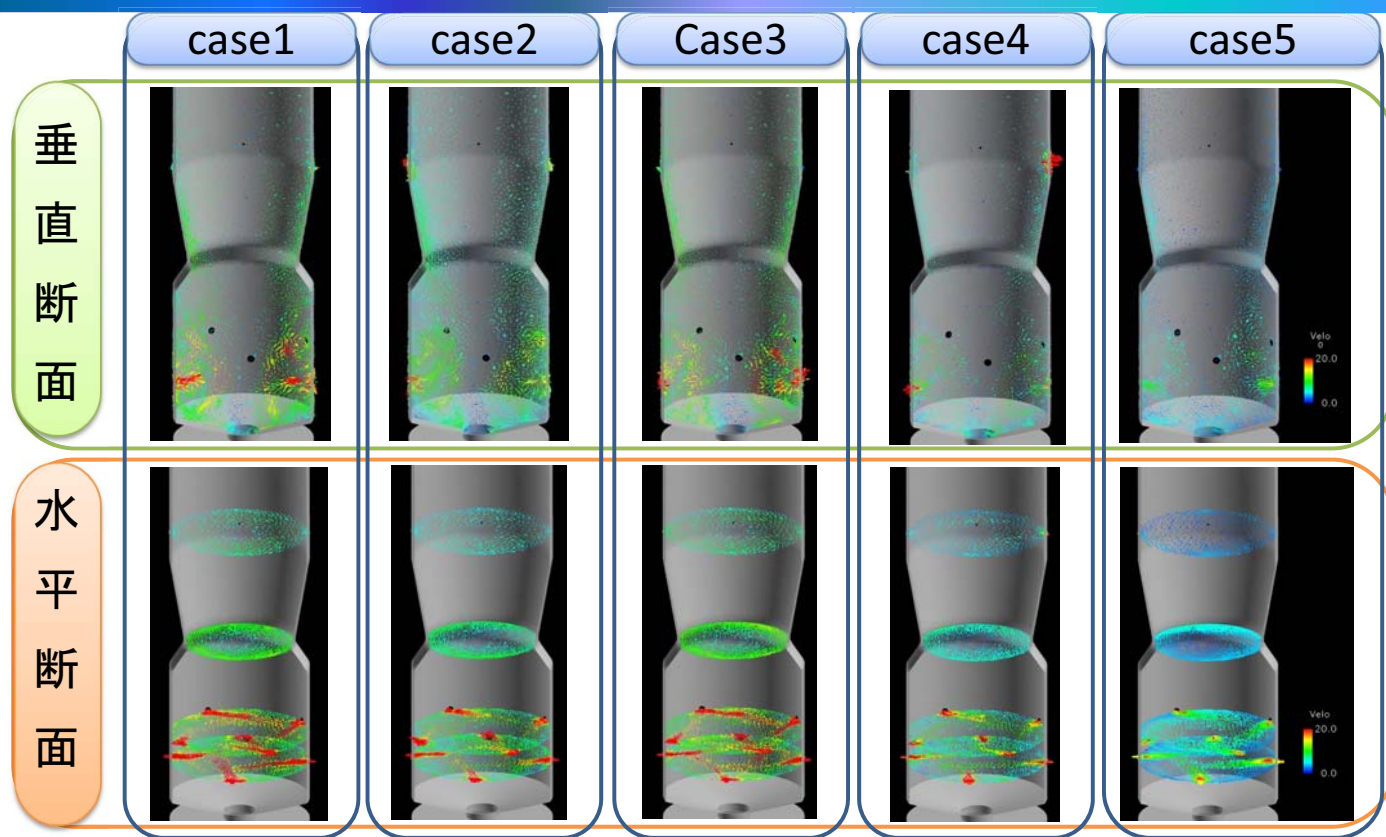
## 解析条件 (圧力: 3MPa、石炭投入量: 1680 t/d)

酸素比一定で、O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>比を変化

項目	単位	case1	case2	case3	case4	case5
酸素比	-	0.45				
搬送ガス流量	t/h	11.2				
CO <sub>2</sub> 濃度	vol%	0.0	100.0	100.0	100.0	100.0
N <sub>2</sub> 濃度	vol%	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ガス化剤流量	t/h	270.5	270.5	387.2	197.2	154.0
O <sub>2</sub> 濃度	t/h	77.7	77.7	77.7	77.7	77.7
CO <sub>2</sub> 濃度	t/h	0.0	192.8	309.5	119.5	76.3
N <sub>2</sub> 濃度	t/h	192.8	0.0	0.0	0.0	0.0
全投入ガス流量	t/h	281.7	281.7	398.4	208.4	165.2
O <sub>2</sub> 濃度	vol%	25.0	34.4	25.0	45.0	55.0
CO <sub>2</sub> 濃度	vol%	0.0	65.6	75.0	55.0	45.0
N <sub>2</sub> 濃度	vol%	75.0	0.0	0.0	0.0	0.0
備考		空気吹き (ベース)	Case1の N <sub>2</sub> →CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> 一定 CO <sub>2</sub> 増	O <sub>2</sub> 一定 CO <sub>2</sub> 減	O <sub>2</sub> 一定 CO <sub>2</sub> 減

34

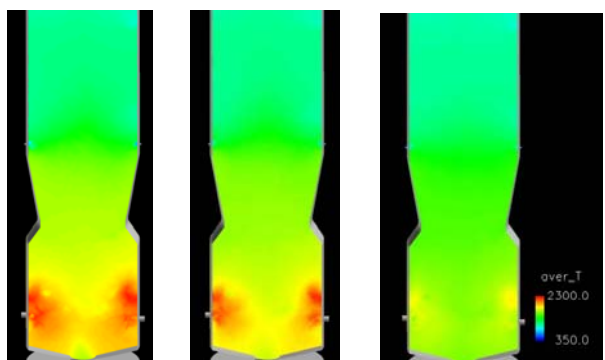
# 炉内流動状況



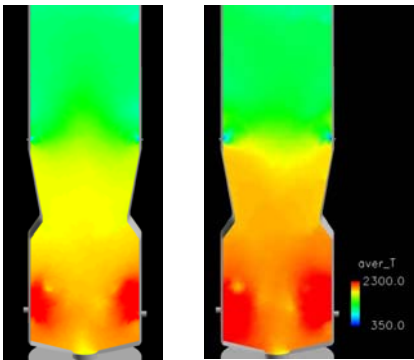
投入ガス量の少ないcase4、5では旋回流が弱くなる。

35

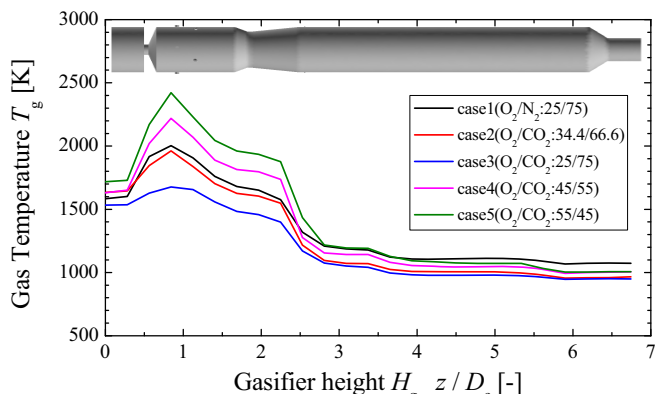
# 炉内温度分布



case1 case2 case3



case4 case5



CO<sub>2</sub> 投入量により、コンバスタ部ガス温度が大きく変化する。

→酸素比の低減等により、コンバスタガス温度や炉内流動の最適化を図り、ガス化性能を評価する(今年度下期完了予定)

36

# O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>ガス化において～操作改善の方向

## ●コンバスタ

- ・ O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>組成の最適化(ガス温度の維持)
- ・ 飛出チャーの削減(反応促進と炉内流動の最適化)

## ●リダクタ

- ・ コンバスタからのガス温度と組成
- ・ 炉壁からの放熱と石炭の熱分解、改質、ガス化で温度、組成変化
- ・ 石炭の熱分解、揮発分改質の進行
- ・ チャーのガス化の進行促進
- ・ 冷ガス効率の向上

## ●総合

- ・ 2室2段炉、1室2段炉の比較・検討

37

## 3. 高CO生成ガスの脱硫・燃焼

### ①高CO条件における乾式ガス精製の最適化

・目的:

高分圧CO条件における乾式ガス精製システムの最適化を目指し、高分圧のCO条件下で脱硫性能および炭素析出抑制を両立させる適切な反応条件を検討すると共に、小型ガス化炉から発生する実ガスを用いて、ガス精製装置の基本性能を実証する。

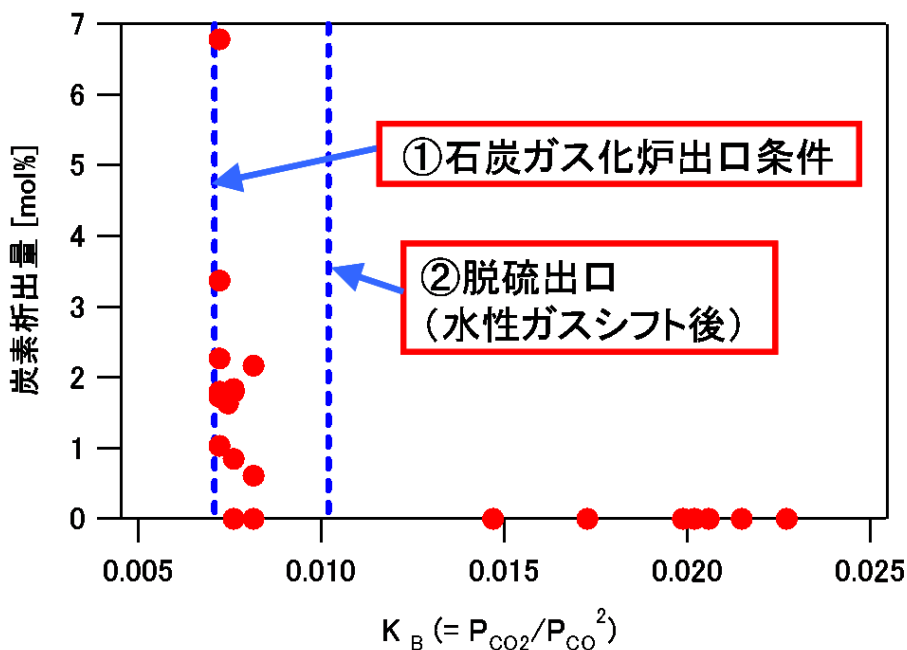
炭素析出、および並行する可能性がある化学反応

- ・ Boudouard反応: 炭素析出の主反応と考えられる。  
–  $2\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{C}$   $K_B = P_{\text{CO}_2}/P_{\text{CO}}^2$
- ・ 水性ガスシフト反応(WGS)  
–  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$
- ・ メタン生成(メタネーション):  
–  $\text{CO} + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- ・ メタンの改質:  
–  $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$

- ・ Boudouard反応に關与するCOとCO<sub>2</sub>の分圧比、K<sub>B</sub>に着目して条件設定した。

38

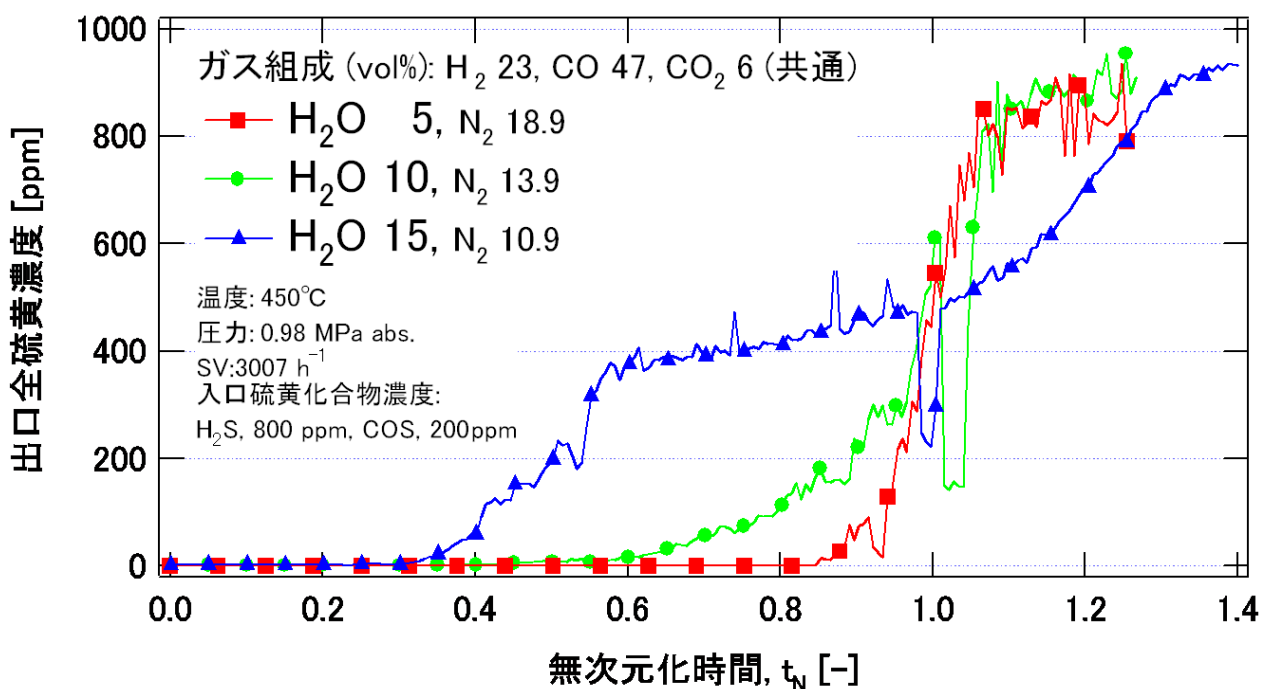
# 試験結果：分圧比と炭素析出量の関係 (400~450°C)



39

## 水蒸気濃度の脱硫性能への影響：450°C, 0.98MPa abs

いずれも炭素析出は発生していない

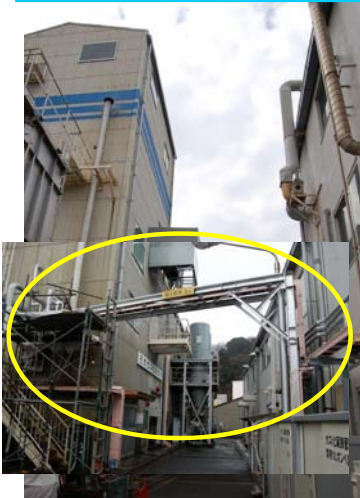


□ 水蒸気濃度が増えると脱硫性能を低下させる。

40

# ハニカム脱硫剤の実ガス性能評価

石炭ガス化研究炉  
生成ガス供給設備



実ガス供給

高CO濃度条件脱硫剤評価装置



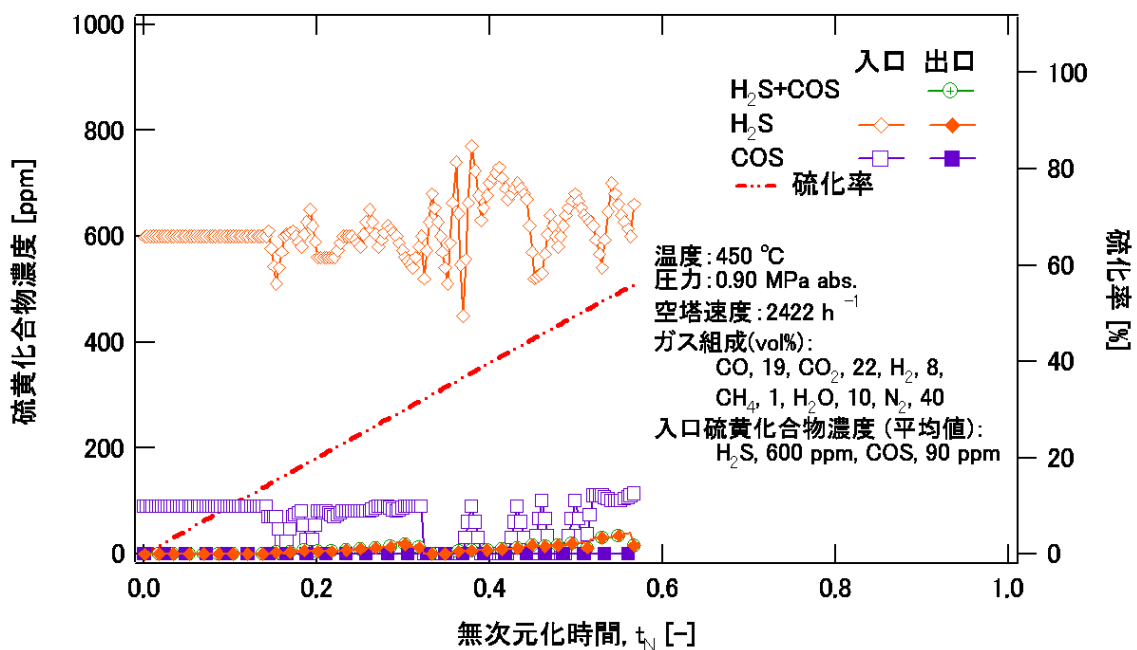
充填

ハニカム脱硫剤  
性能データ

ハニカム脱硫剤

41

## 実ガスによるハニカム脱硫剤の性能試験



- 流入するH<sub>2</sub>S≒700 ppmとCOS≒100 ppm
- 脱硫剤出口の硫黄化合物濃度を1 ppm以下に低減可能

42

# 乾式ガス精製 まとめ

- 水蒸気濃度と温度をパラメーターに評価したところ、450°C, 0.98MPa absでは, Boudouard反応の分圧比( $K_B$ )が0.01以下になると顕著な炭素析出が起こり脱硫性能低下を招くことが明らかになった。
- 水蒸気濃度の増加により、 $K_B$ を炭素析出が回避できる0.015程度まで増大させ、脱硫性能との両立を図れる炭素析出抑制の運転条件を見出すことができた。今後は、水蒸気添加量と反応温度をシステム全体の効率を考慮して最適化する必要がある。
- $O_2$ - $CO_2$ ガス化の実ガスによるハニカム脱硫剤の性能試験を実施し、所期の性能が得られることを確認した。

43

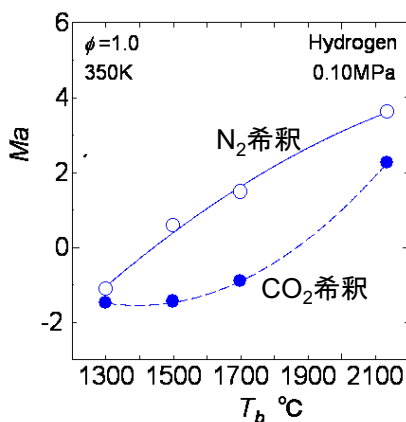


## ②ガスタービン燃焼などに関わる基礎検討

### (i) COリッチ生成ガスの燃焼性と燃焼器

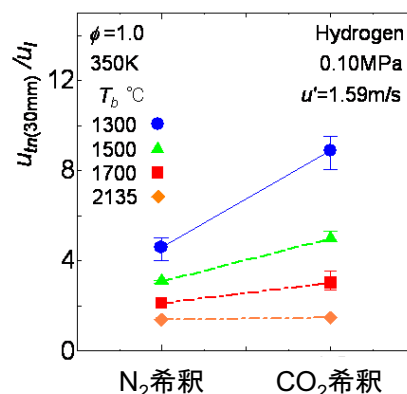
ガスタービン燃焼器での石炭ガス化ガスの燃焼  
高濃度 $CO_2$ 雰囲気下での燃焼 消炎(失火), 燃焼振動などの問題

燃焼安定性を向上には、高濃度 $CO_2$ 雰囲気下での火炎の特性・挙動の把握が必要



$N_2$ 希釈との比較による $CO_2$ 希釈時の熱拡散効果  
[同一燃焼温度(タービン入口温度)条件]

$CO_2$ 希釈により、Markstein数 $Ma$ は小さくなる。



$N_2$ 希釈との比較による $CO_2$ 希釈時の燃焼性検討  
[同一燃焼温度(タービン入口温度)条件]

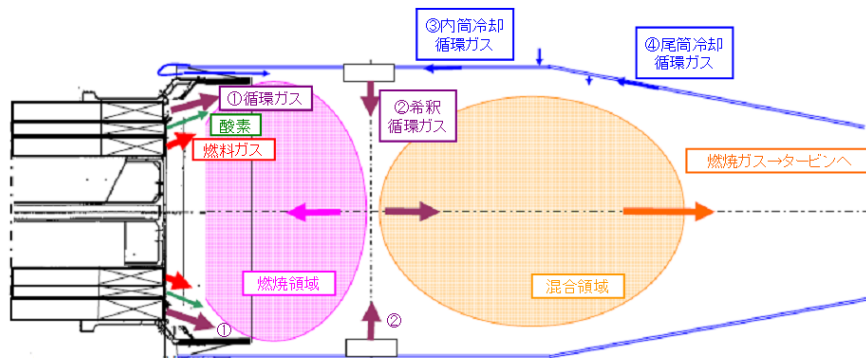
$CO_2$ 希釈により、乱流時と層流時の燃焼速度の比は大きくなる。

以上より、高濃度 $CO_2$ 雰囲気下での燃焼安定性向上には、燃焼器内乱流強度の強化が効果的と考えられる。

44

## (ii) ガスタービン燃焼器に関する検討

- ① 燃焼方式については、ガスタービンの運用性、逆火、燃焼振動などの観点から、拡散燃焼方式が望ましい。
- ② 燃焼器の冷却は、1300℃級の場合、循環排ガスによる冷却が可能と考えられる。
- ③ 燃焼排ガスの残存O<sub>2</sub>濃度は、2%程度が現実的な値と考えられ、ガス化炉石炭搬送等に用いるためには、別途O<sub>2</sub>濃度低減方策(0.5%以下)が必要となる。
- ④ ガスタービン排ガス温度は、翼冷却技術等の観点から、約700℃が実用化の上限と考えられる。



ガスタービン燃焼器の概略図

45



## ③ 循環CO<sub>2</sub>中の微量酸素の除去

- COと触媒燃焼: Pt/TiO<sub>2</sub>で1 MPaCO<sub>2</sub>中の0.5%のO<sub>2</sub>を同量のCOで60-100℃除去できる見込み
- 1 MPaCO<sub>2</sub>中0.5%O<sub>2</sub>を室温石炭吸着固定を検討する

## ④ CO<sub>2</sub>循環ガス化におけるCO<sub>2</sub>の貯留純度確保

- 酸素中の窒素がCO<sub>2</sub>循環により、濃縮CO<sub>2</sub>貯留純度を低下させる可能性がある
- OxyFuel に習って、深冷分離によるCO<sub>2</sub>の純度向上の必要性を検証

46

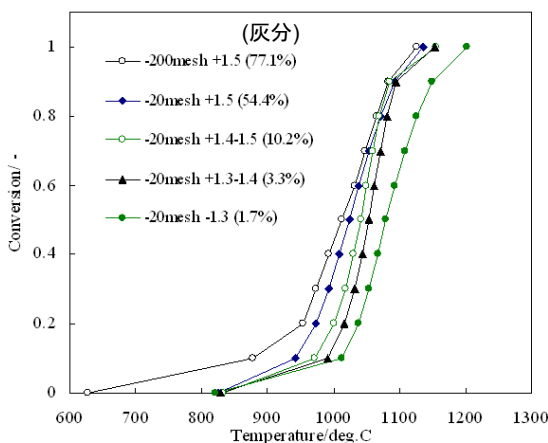


# 4. アジア地域の多様な石炭への適用基盤技術

- 高灰分高融点灰分を**比重分離選炭**により除去し、噴流層ガス化原料とするフィジビリティ試験
- 褐炭の改質によるO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>ガス化反応速度の増強

47

## ガス化反応性に及ぼす灰分の影響



比重分離した大同炭のCO<sub>2</sub>ガス化反応性をTGで測定した。

- 重い比重区分ほどイナーチニットが多く、反応性が高い。KやFeが濃縮されており、その触媒作用と考えられる。
- PyriteやQuartzは高比重フラクションに濃縮されている。比重1.5以下の低比重フラクションの石炭質収率94.8%、灰分含有量5.3%で、灰分組成から、低融点が期待できる。

大同炭に含有する元素の触媒作用に関する知見が得られた。

各比重区分のガス化反応性(大同炭)

各比重区分のマセラル分析結果

各比重区分の灰組成 (単位: %)

Maceral	Vitrinite	Exinite	Inertinite
-20mesh +1.5	21	0	79
-20mesh +1.4-1.5	32	0	68
-20mesh +1.3-1.4	12	1	87
-20mesh -1.3	90	2	8

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	Ash content
-200mesh +1.50	60.6	21.8	14.2	2.1	1.2	77.1
-20mesh +1.5	51.9	32.3	12.1	2.5	1.2	54.4
-20mesh +1.4-1.5	41.8	49.9	5.7	1.5	1.1	10.2
-20mesh +1.3-1.4	46.8	44.1	5.0	1.0	3.1	3.3
-20mesh -1.3	54.5	37.4	4.0	1.8	2.4	1.7

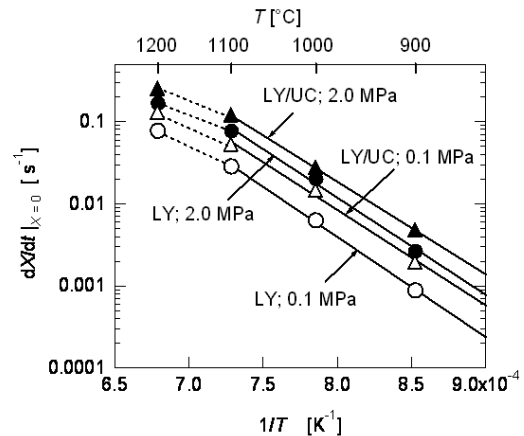
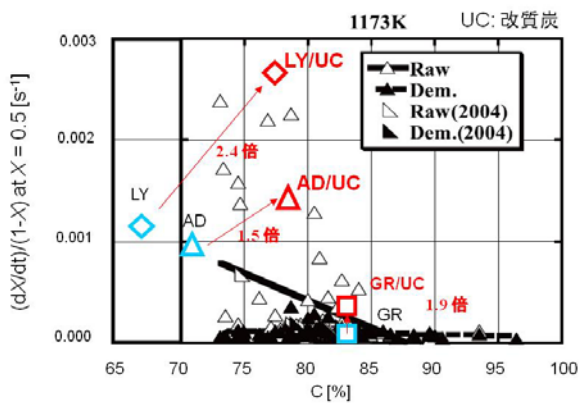
5.3 (average)

Recovery of coal % (daf)  
94.8%

48

# 褐炭の改質によるO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>ガス化速度の大幅促進

高温溶剤抽出を利用し、褐炭のガス化反応性を向上する方法を開発



## CO<sub>2</sub> ガス化反応速度に及ぼす脱灰と改質の影響

ベースデータ出典: (独)新エネルギー・産業技術総合開発機構  
平成16年度石炭生産・利用技術振興費補助金  
「石炭利用基盤技術開発」成果報告書 p.143 山田ら

## 初期反応速度のアレニウスプロット

- 触媒を用いることなくガス化反応速度を向上させることに成功。
- 改質LY炭のガス化反応速度は他の100種の石炭に比べても速い

改質LY炭のガス化速度:  
0.1 MPaでLY炭の約2.2倍  
2.0 MPaでLY炭の約1.8倍

49

## 5. 実機フィージビリティ・スタディ(FS)

### 目的:

システムの詳細な検討、実現性の評価を行うため、プラントメーカーによる実用規模プラントのFSを実施し、主要構成機器の実機適用性を考慮することで、プラント性能、運用性、経済性等について、総合的に従来システムとの比較評価を行う。

### 実施項目:

- 従来のCO<sub>2</sub>分離回収技術を用いたIGCCに関する検討
  - 空気吹きIGCCシステムを対象: CO<sub>2</sub>回収無し、CO<sub>2</sub>回収率約90%
  - CO<sub>2</sub>分離回収方式: 物理吸収方式
  - 負荷100%時のプラント性能について検討
- CO<sub>2</sub>回収型高効率IGCCシステムに関する検討
  - ガスタービンに関する検討
    - 冷却方法、燃焼器排ガス性状等
  - 発電システムとしての検討
    - 主要構成機器の技術開発状況及び機器仕様
    - 各要素技術の課題調査・整理
  - プラントレイアウトの検討
    - 参考プラントの調査と本システムの概略配置の検討
  - 概略コストの検討
    - 類似プラントのコストデータに基づく概略コストの検討

50

# 発電システムとしての検討－主要構成機器の技術開発状況－

機器	開発状況	備考
O <sub>2</sub> -CO <sub>2</sub> 吹きガス化炉	PDU(3トン/日ガス化炉)	酸素吹きガス化炉は実証・商用段階
Syngas利用石炭粉砕・乾燥	商用段階	環境対策設備の検討
乾式脱硫	基礎研究段階(Zn-Fe系)	Fe系は20トン/日の実績有り
GT	机上検討	燃焼方式、循環ガス量、残存O <sub>2</sub> の検討
再生熱交換器	小型実証段階	大型化、HRSGとの組み合わせ/配置の検討
ST	商用段階	主蒸気温度/再熱蒸気温度の検討
HRSG	商用段階	酸露点の管理、構成の検討
給水加熱器(酸露点対策)	テフロンコーティング伝熱管等	調査・検討が必要
排ガス水洗塔	商用段階	所要冷却水量の検討
CO <sub>2</sub> 圧縮機	商用段階	
空気分離設備(ASU)	商用段階	所要動力、信頼度の検討
ガス化炉用CO <sub>2</sub> からの脱O <sub>2</sub>	机上検討	類似技術として、H <sub>2</sub> を燃料とする触媒燃焼システムの実績有り

## 基本システムに対し、追加検討が必要な項目

- ①石炭粉砕・乾燥用熱源
- ②石炭ガス化炉用CO<sub>2</sub>からの残存酸素除去
- ③GT排ガスの酸露点(約85~110℃)の考慮
- ④再生熱交換器とHRSGの組み合わせ/配置

■ : 設備簡素化、低コスト化、効率向上の観点から、特に重要

■ : 研究開発課題

51

## 各要素技術の課題調査・整理

①ASUについて、公開文献<sup>1)</sup>に基づき、低圧型/高圧型、ガス酸素圧縮方式/液体酸素圧縮方式、の概略動力原単位を相対的に比較評価。

→低圧型/液体酸素圧縮が低動力で高信頼度の可能性有り→ 0.4kWh/kg-O<sub>2</sub>を採用

②火力発電プラントにおける主蒸気温度/再熱蒸気温度の調査を行い、本システムにおける蒸気タービンについて検討を実施。

→主蒸気温度/再熱蒸気温度差の見直し

③酸露点対策となるテフロンコーティング伝熱管について調査を行い<sup>2)</sup>、本システムへ適用する場合の問題点等の検討を実施。

(GT排ガスの酸露点:約105℃→HRSG出口温度の見直し)

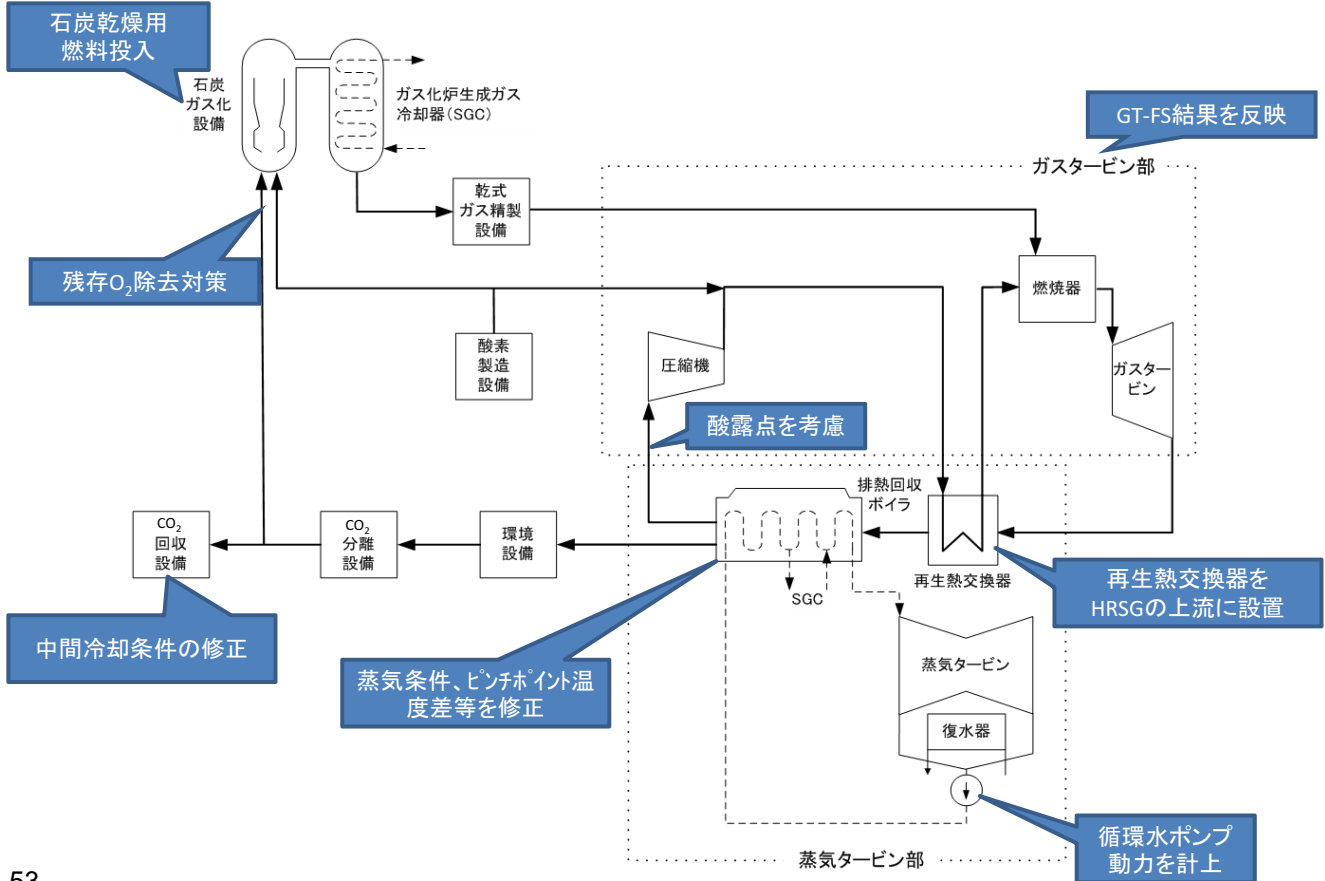
④排ガス冷却に関し、冷却過程での主要排水量や所要冷却水量について概略検討を実施。

1) NEDO平成19年度成果報告書、石炭ガス化における大型酸素製造技術に関する調査 等

2) テフロンコーティング伝熱管を用いた熱交換器は、欧州等でごみ焼却炉及びバイオマスプラント用として実績あり

52

# FS結果の反映によるシステムの見直し

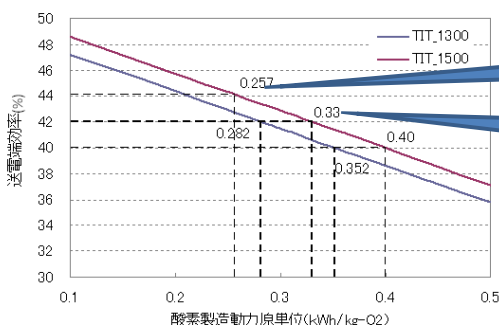


53

# FS結果の反映によるプラント効率への影響

検討条件	送電端効率(HHV)	備考
1. 主要機器の実機適用性を考慮した実現可能なシステム (FS結果の反映後)	約39%	1300°C級GT+再生熱交換器採用による効果; 約4.4pt%, 乾式ガス精製採用による効果; 約0.5pt%を含む
2. 上記に加え 1,500°C級GTを採用したシステム	約40%	
3. さらにASU最適化技術 <sup>(1)</sup> の進展を考慮したシステム	約42%	酸素製造動力原単位が0.40→0.33 kWh/kg-O <sub>2</sub> に改善

(1) NEDO 「二酸化炭素回収対応クローズド型ガスタービン技術-第1期研究開発-」 (H12年度)



自己熱再生による将来技術を採用すると、送電端効率44.1%HHVが得られる<sup>(2)</sup>

1,500°C級では、酸素製造動力原単位が0.33kWh/kg-O<sub>2</sub>まで低減<sup>(1)</sup>すると、送電端効率42%HHVが得られる

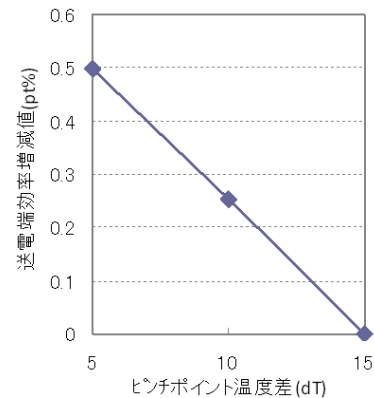
(2) 堤ら、日本エネルギー学会大会(18)、352-353, 2009-07-30

54

酸素製造動力低減効果

# 効率向上にむけた将来課題と効果

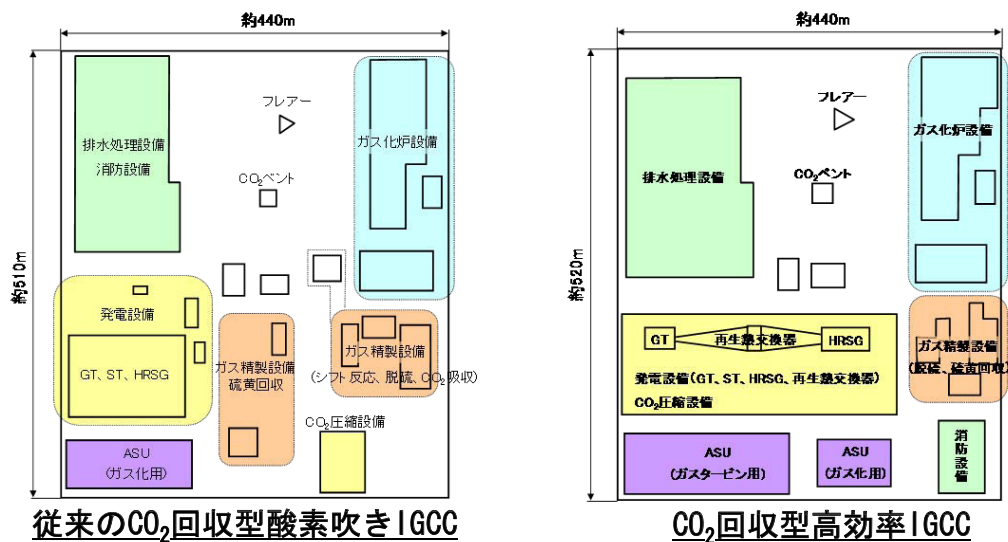
効率向上に向けた課題	送電端熱効率向上 予想値 (絶対値、39%基準)
ガス化炉冷ガス効率を1pt%向上 (現状: 78-80%)	0.6-0.7pt%
高圧蒸気タービン断熱効率を1pt%向上	0.03pt%
低圧蒸気タービン断熱効率を1pt%向上	0.19pt%
HRSG熱交換器性能の向上 (左図参照) (ピンチポイント温度差15°C→5°C)	0.5pt%
GT圧縮機断熱効率を1pt%向上	0.14pt%
回収CO <sub>2</sub> 圧力を10MPa→3.6MPa(注)	0.75pt%



HRSG熱交換器性能向上効果

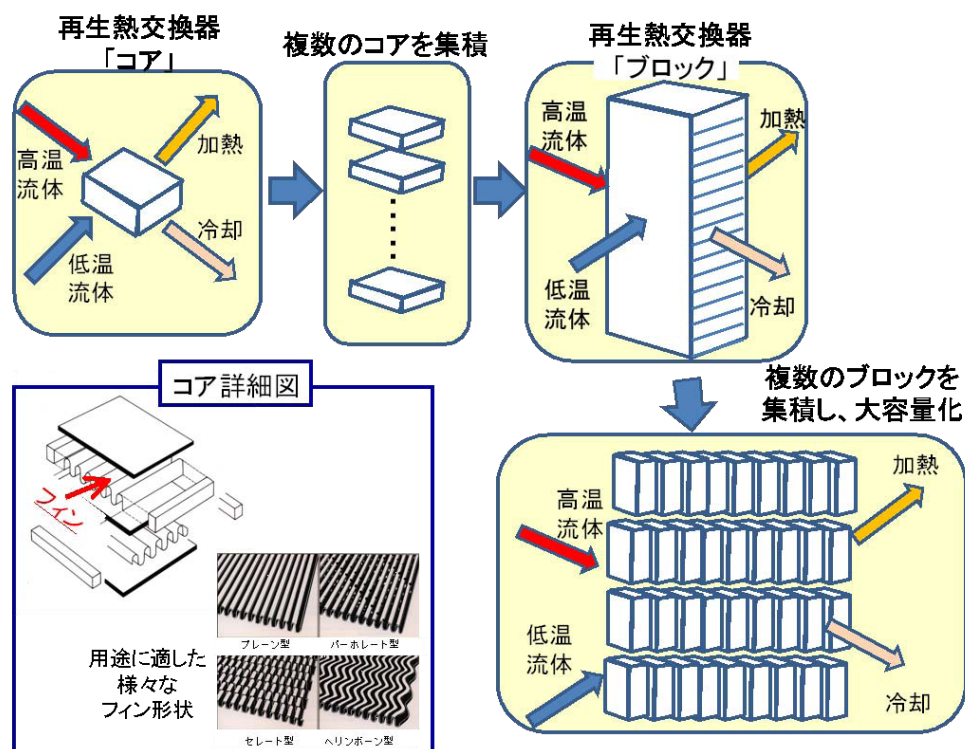
(注) 輸送方式により異なるが、パイプラインの場合は設計要件「0°CでCO<sub>2</sub>が液化しない圧力」として3.6MPaが採用される場合がある

## 概略プラントレイアウトの検討



対象		従来のCO <sub>2</sub> 回収 酸素吹きIGCC	CO <sub>2</sub> 回収型高効率 IGCC(送電効率42%)	HECAプロジェクト
発電端出力	MW	394	587	394
送電端出力 (=A)	MW	251	416	251
主要設備敷地寸法	m	510 × 440	520 × 440	510 × 440
主要設備敷地面積	m <sup>2</sup>	224,400	228,800	224,400
主要設備所要面積 (=B) (除くフレアシステム)	m <sup>2</sup>	73,800 (ベース)	113,300 (ベース) × 約1.5	—
送電端出力当りの 主要設備所要面積 (=B/A)	m <sup>2</sup> /MW -net	294 (ベース)	272 (ベース) × 約0.95	—

# 再生熱交換器の検討



- H22年度中に、ブロックの大型化、配管長の低減なども考慮し、一層の設置面積低減方策を検討

57

## 実機フィージビリティ・スタディ(FS) まとめ

- 当初の基本システムに対し、FS結果の反映による見直しの結果、**主要機器の実機適用性を考慮した実現可能なシステムの送電端効率(HHV)は約39%となった**
- 上記システムに関し、ガス化炉冷ガス効率向上、1500°C級GTの採用、およびASU最適化による酸素製造動力原単位の改善などにより、**送電端効率約42%は達成可能**と考えられる
- 今後、ガス化炉運転条件の最適化による冷ガス効率の向上など、効率向上方策の検討と**プラント全体効率への効果をさらに詳細に検討し、目標達成を確実なものとする**
- 本システムの実現に向けては、設備簡素化、低コスト化、効率向上の観点から、**特に再生熱交換器と空気分離装置(ASU)が重要**である
- 再生熱交換器については、現時点では大型プラントへの適用実績がなく、小型ブロックを集積せざるを得ないため、コストおよびプラント面積の面で課題がある。今後はブロックの大型化、集積方法の最適化を検討
- 本システムでは、従来型IGCCに比べ多くの酸素を使用するため、空気分離装置(ASU)の性能改善およびコスト低減が極めて効果的である

58

## 6. 成果の意義

- 内外でCCS技術開発が活発化する一方で、現状のCO<sub>2</sub>回収型火力発電には「高コスト」、「送電端効率の低下」などの課題が山積しており、これを解決する革新技術の開発が望まれている。
- 本提案システムは、「O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>吹きガス化」と「O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>ガス燃焼クローズド・ガスタービン」の採用により、発電端効率の大幅な向上が期待できる、**世界でも例のない独自のシステム**である。CO<sub>2</sub>回収後に送電端効率42%(HHV)を達成できれば、地球環境問題の解決に向けた画期的な将来オプションの一つを提供できる可能性があり、次世代の革新的IGCCとして、アジア地域への展開を含め、大きな技術的・経済的インパクトを与えるものである。
- メーカーの協力を得た実機FSにおいては、主要機器の実機適用性を考慮した**実現可能なシステムを明らかにし**、ガス化炉冷ガス効率向上、1500℃級GTの採用、およびASU最適化による酸素製造動力原単位の改善などにより、**将来送電端効率約42%が達成できる見通しを得る**と共に、実用化に向けた**技術課題を抽出した**。  
これらの成果は、**電中研と大学が一体となることで得られたものであり**、次ステップであるベンチプラントの開発に向けて、大きな意義を持つものである。

59

## これまで約2年の研究で

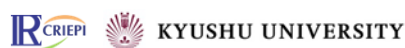
- 小型ガス化炉の改造、運転を開始し、ガス化特性の把握と課題抽出を行った。**
- ガス化反応の基盤化学として、供試炭のキャラクタリゼーション、熱分解、チャーのガス化、ガス化におけるO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>相互作用、スラグの熔融粘度とXRDとNMRの構造相関、これらのモデル化と数値シミュレーション開発、空気吹き炉の開発に学び、3ton→200ton→2000ton炉のシミュレータースケールアップを実施した。**
- O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>ガス化炉で生成するガス化ガスの精製、タービン燃焼、およびタービン燃焼後ガス中のO<sub>2</sub>削減、N<sub>2</sub>増加に対する対策を実証、検証した。**
- アジアの多様な石炭の噴流層ガス化への適用のため、高灰分高融度灰炭に対する浮沈選鉱の適用、褐炭の抽出によるガス化反応性向上を実証した。**
- これまでに、従来にない「O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>吹きガス化技術」に関し、ガス化反応特性の解明とモデル化、数値シミュレータの開発、小型ガス化炉実験によるガス化特性の把握と課題抽出、乾式ガス精製装置の性能実証など、目標達成に向けた基盤技術の開発を着実に進めることができた。**

60

# 今後2年間の実施計画

- 本システムの中核となる $O_2$ - $CO_2$ ガス化技術について、H22年度までの成果から**最適ガス化炉構造の検討**を行い、**小型ガス化炉の改造**、 $O_2$ - $CO_2$ ガス化実験による**性能実証**を行う。
- $O_2$ - $CO_2$ 吹き石炭ガス技術の基盤となる、**石炭の熱分解特性**、**チャーのガス化特性**、**灰の挙動などの解明**を引き続き実施し、ガス化炉最適化技術の確立に反映させる。
- 数値シミュレータ**を活用し、ガス化炉温度、酸素比、酸素濃度など**運転条件の最適化**、**バーナ構造・配置の最適化等**による**ガス化炉の性能向上**を進める。
- ガス化性能の向上、ガスタービンシステムの最適化等による性能向上、再生熱交換器およびASUの技術調査・最適化検討を進めることで、**目標効率の達成を確実なものにする**。
- プラント概略コストを明らかにする**と共に、ガス化炉チャー系や再生熱交換器の簡素化等による、**低コスト化に向けた検討**を着実に進め、課題を明らかにする。
- アジア地域の低品位な石炭の $O_2$ - $CO_2$ ガス化への適用性**、**大幅な効率向上**を目指した技術開発を着実に進める。
- 将来の実用化を見据え、次期ステップである数十トン/日級ガス化炉とクローズドGT一貫ベンチプラントシステムの**概念設計**を行う。

61



## 成果の発表

	H20年度	H21年度	H22年度	合計
特許	-	1件(出願済)	-	1件
研究発表	0件	35件	4件	39件
論文投稿	0件	21件	0件	21件
研究報告書等	0件	2件	0件	2件

## 波及効果

- 現状の $CO_2$ 回収型火力発電における「高コスト」、「送電端効率の低下」などの課題を解決できれば、 $CO_2$ を大幅に低減する画期的な将来オプションの一つを提供できる可能性があり、次世代の革新的IGCCとして、アジア地域への展開を含め、大きな技術的・経済的インパクトを与えると考えられる。具体的な効果例を以下に示す。
- 本システム採用による石炭燃料の削減効果：  
従来検討されているIGCC+ $CO_2$ 回収方式と比べ、石炭量24%の削減、約35億円/年の削減(出力100万kW、石炭価格6100円/トン、利用率70%)
- 本システム採用による $CO_2$ 削減効果：  
従来検討されているIGCC(回収無し)に比べ、484万t- $CO_2$ /年の削減(出力100万kW、利用率70%)

62



「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」  
②「ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発」  
(1)「革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」  
イ)「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NO<sub>x</sub>技術開発」  
(中間評価)  
(2008年度～2012年度 5年間)  
**分科会説明資料(公開)**

2010/ 8/19

株式会社 日立製作所

Energy and Environmental Systems Laboratory



© Hitachi, Ltd. 2010. All rights reserved.

目 次

**HITACHI**  
Inspire the Next

**I. 背景および目的**

II. 本研究の目標および実施工程

(1) 本研究の目標および大工程

(2) 本研究の実施内容

III. 研究開発成果

(1) 開発目標に対する達成度

(2) 検討内容

IV. 実用化の見通し

(1) 実用化の見通し

(2) 波及効果

背景

■社会的背景

- ・エネルギー安全保障の確立と低炭素社会への移行  
(グリーンイノベーションプログラムの推進)

■解決策

- ・石炭ガス化複合発電(IGCC\*<sup>1</sup>)にCO<sub>2</sub>回収・貯留(CCS\*<sup>2</sup>)を組合せた高効率ゼロエミッション石炭火力発電の早期実現

目的

■IGCCのキー構成要素であるガスタービンの高効率稼働

- ・CCS-IGCCではCO<sub>2</sub>回収率の変化に伴い幅広く水素濃度が変化
- ・既存低NO<sub>x</sub>(予混合燃焼)技術では高水素濃度に伴う信頼性に問題あり
- ・現状(拡散燃焼)技術はNO<sub>x</sub>低減に不活性ガスを噴射しプラント効率低下

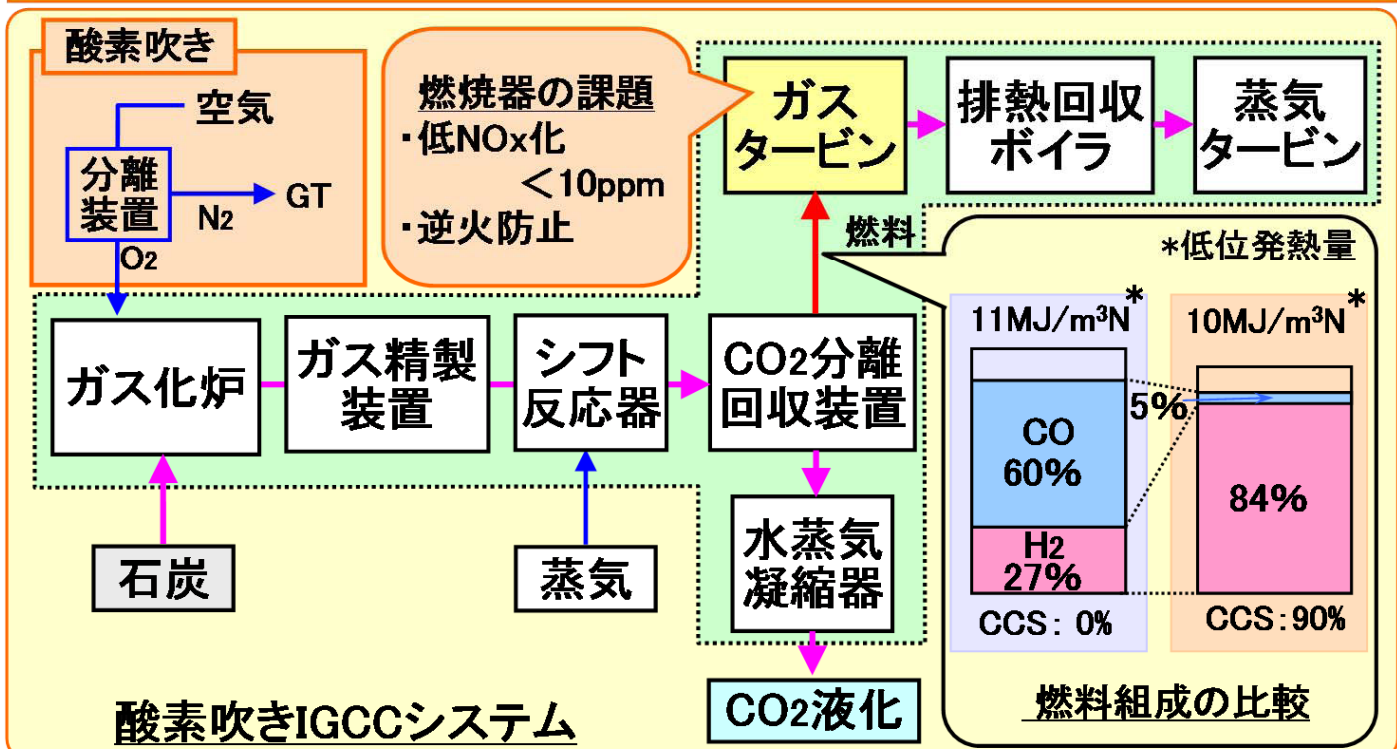
⇒ **世界初の 高水素濃度対応ドライ低NO<sub>x</sub>燃焼技術の開発**

\*<sup>1</sup>IGCC: Integrated coal Gasification Combined Cycle, \*<sup>2</sup>CCS: Carbon dioxide Capture and Storage

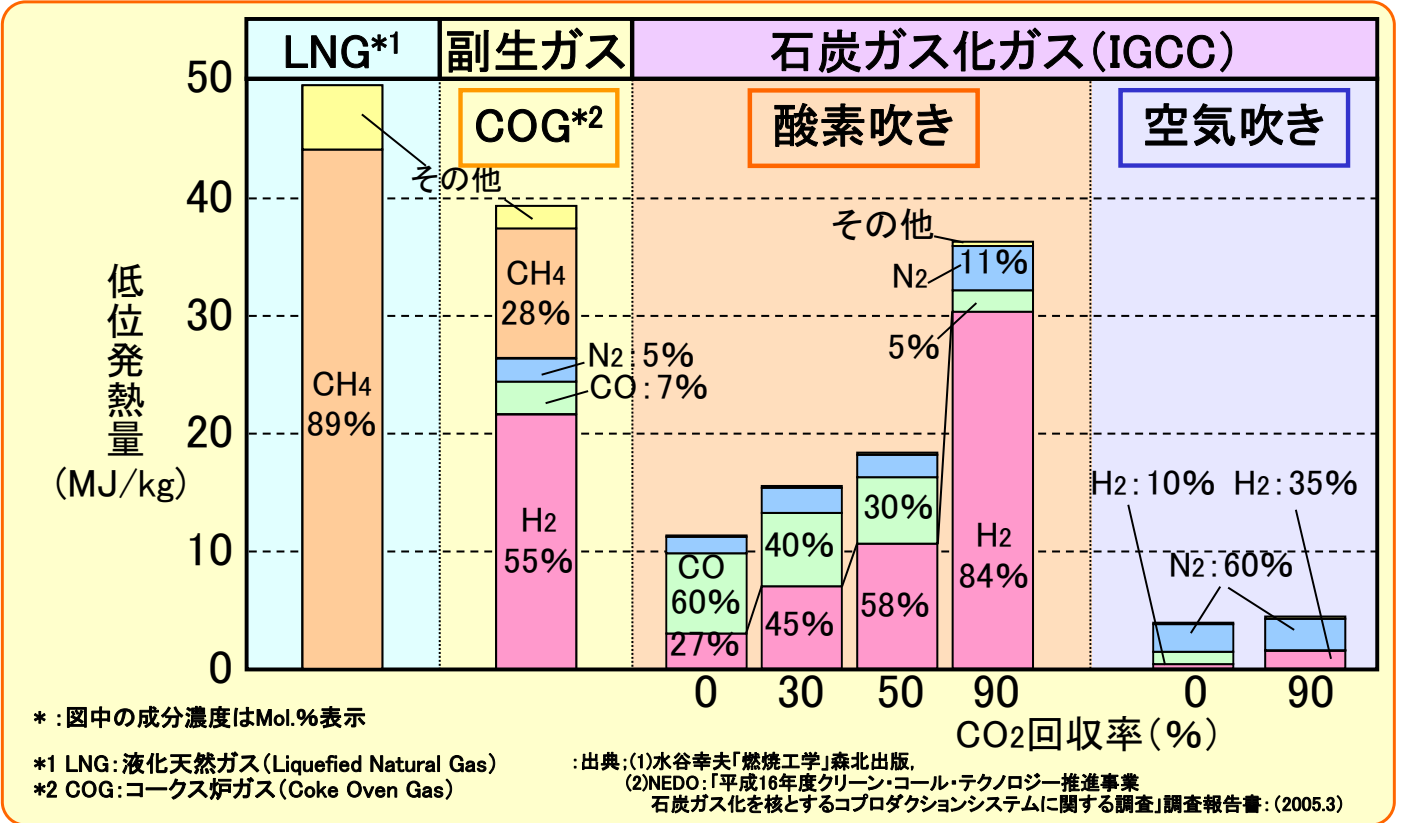
I-2. 本研究対象のCCS-IGCCシステムの概要

■小型装置でCO<sub>2</sub>回収効率が高い酸素吹きIGCC用ガスタービン

■燃焼前回収方式による高水素濃度対応低NO<sub>x</sub>燃焼技術の開発

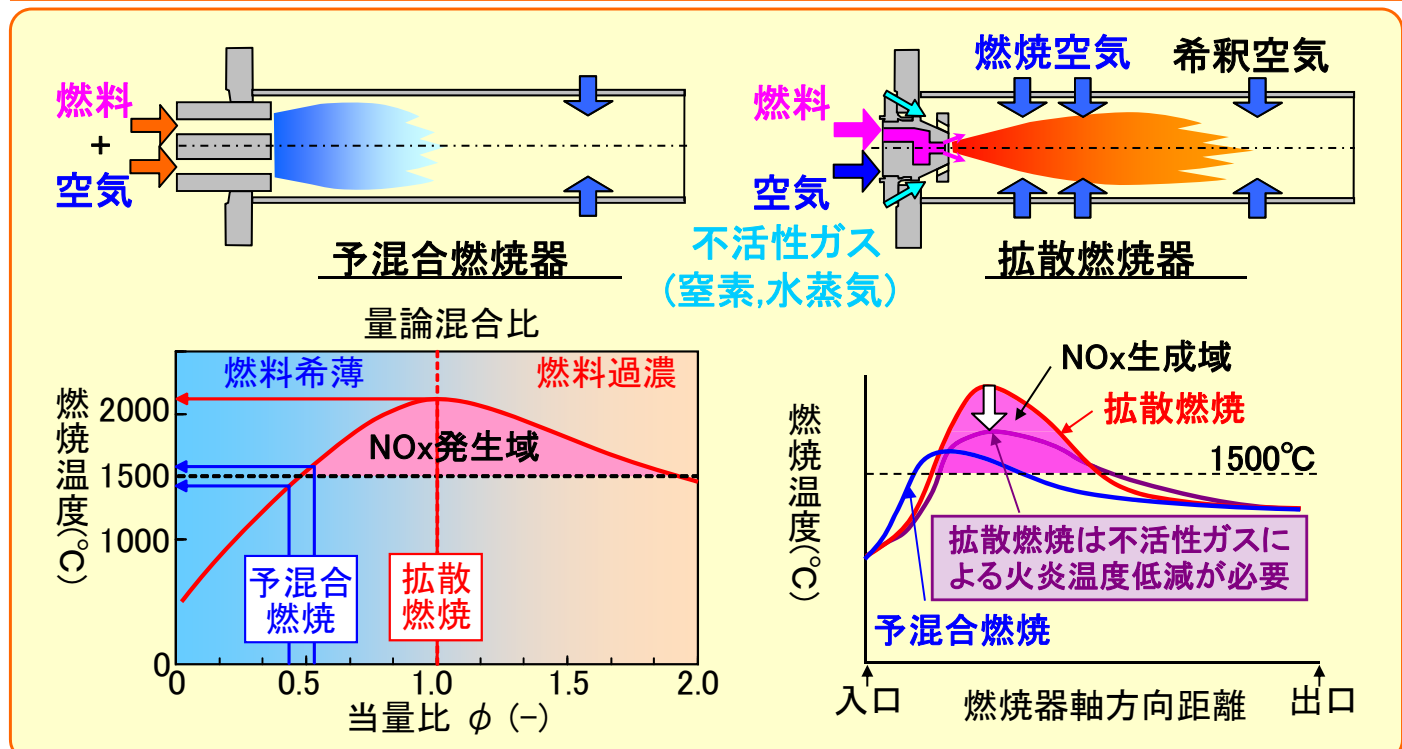


■ 石炭ガス化ガスはCO<sub>2</sub>回収率により燃料中のH<sub>2</sub>濃度が大きく変化



I-4. NO<sub>x</sub>生成機構と燃焼方式

- 予混合燃焼器は低NO<sub>x</sub>であるが、逆火の危険性あり
- 拡散燃焼器はNO<sub>x</sub>排出量が多く、対策のためプラント効率低下

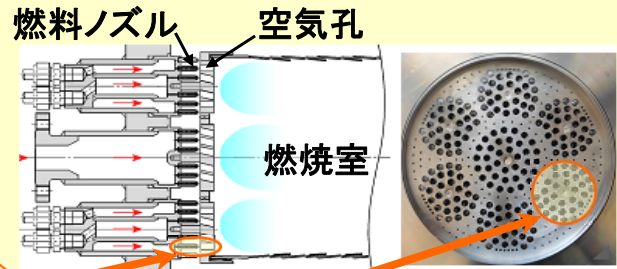


■ クラスタバーナーによる分散希薄燃焼で低NO<sub>x</sub>と耐逆火性を両立

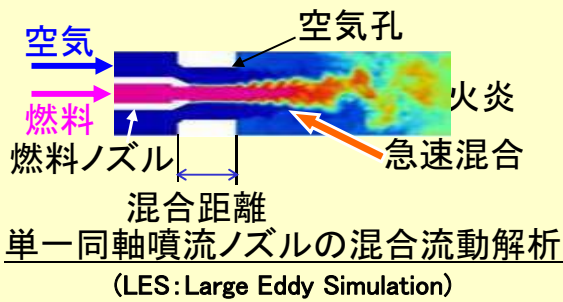
多孔同軸噴流バーナー  
(クラスタバーナー)

- ・分散希薄燃焼による低NO<sub>x</sub>化
- ・耐逆火性に優れたバーナー
- ・幅広い組成範囲に対応可能

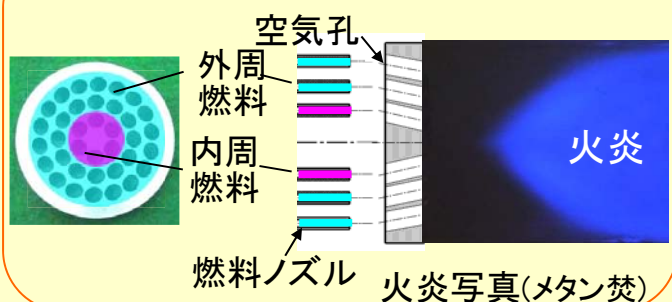
■ マルチクラスタバーナー(LNG焼き用)



・短い混合距離で急速混合⇒耐逆火性



・内外周燃料比率制御で組成変化に対応



- ・高水素濃度燃料の課題  
発火しやすく、燃焼速度が速い  
⇒バーナーへの火炎付着

浮上火炎を形成し、バーナーへの火炎付着を防止

II. 本研究の目標および実施工程

I. 背景および目的

II. 本研究の目標および実施工程

- (1) 本研究の目標および大工程
- (2) 本研究の実施内容

III. 研究開発成果

- (1) 開発目標に対する達成度
- (2) 検討内容

IV. 実用化の見通し

- (1) 実用化の見通し
- (2) 波及効果

■H20年～22年で要素技術を開発，今後は実用化に向け研究を加速

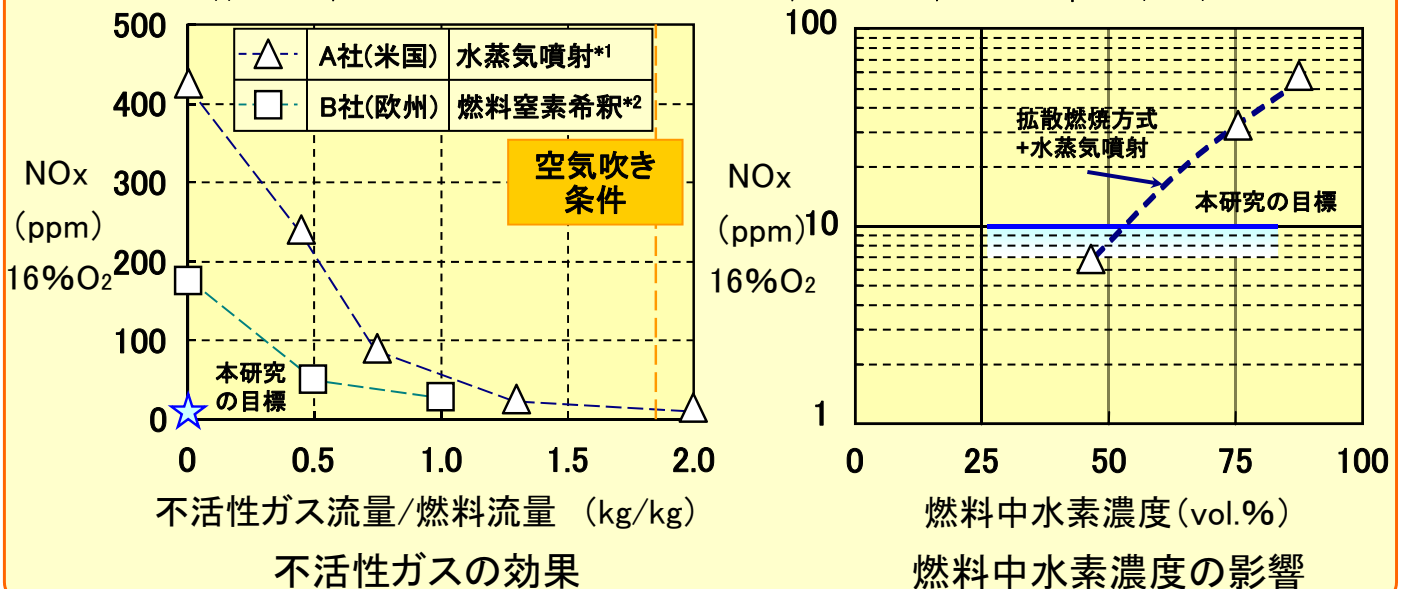
	FY2008 (H20)	FY2009 (H21)	FY2010 (H22)	FY2010 (H22)	FY2012 (H24)
クラスタバーナー 構造の最適化 (大気圧燃焼試験)	予備 検討	バーナー基本 構造の検討	バーナー基本 構造の最適化	中間評価 ★ 火炎内部 詳細計測	バーナー基本 構造の最適化②
マルチクラスタバーナー の検討 (中圧燃焼試験)	マルチクラスタバーナー 形式低NO <sub>x</sub> 燃焼器 の設計・製作・試験準備		燃焼試験 ★ 縮小サイズ 燃焼器の 設計・製作	燃焼試験装置 改修・試運転 ★ 縮小サイズ燃焼器 中圧燃焼試験	実寸サイズ燃焼器 中圧燃焼試験  実寸サイズ燃焼器 高圧燃焼試験 (定格負荷 特性の検討)
乱流燃焼解析	基礎的の火炎による モデル検証・予備検討		クラスタバーナーの 乱流燃焼解析	★ マルチクラスタバーナー の乱流燃焼解析①	
数値目標	大気圧燃焼試験 NO <sub>x</sub> <10ppm (@16%O <sub>2</sub> )		中圧燃焼試験 NO <sub>x</sub> <10ppm (@16%O <sub>2</sub> )		実寸・実寸 NO <sub>x</sub> <10ppm(@定格負荷) 燃焼効率η a)η>99%(@運用負荷) b)η>99.9%(@定格負荷)
開発予算	93 (委託研究)	138 (委託研究)	87* (共同研究)		

\*:ご指導により、一層実用化に向けた研究に比重をおくため共同研究に移行

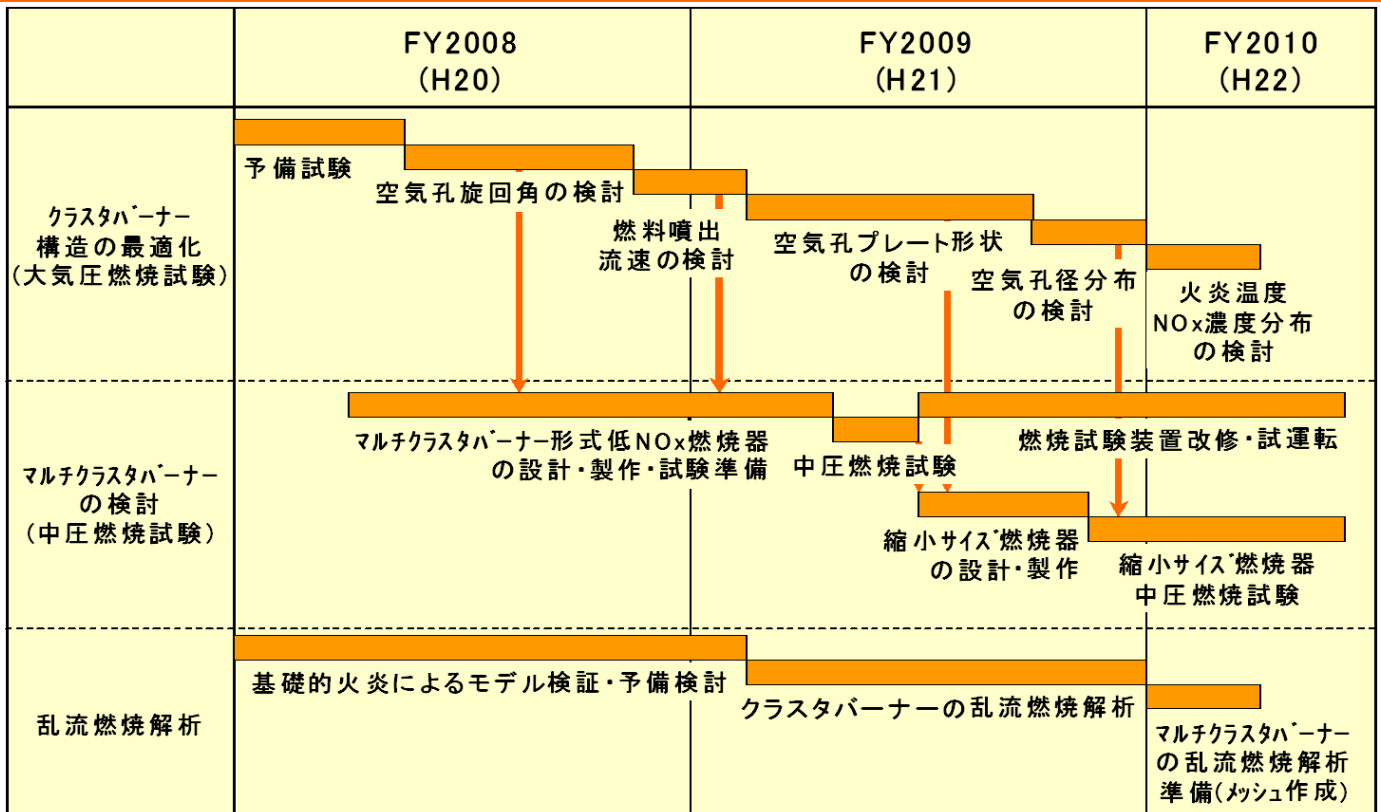
II(1)-2.本研究の目標の水準

- 不活性ガス(窒素，水蒸気)の噴射などを用いず，NO<sub>x</sub><10ppmの目標は**世界最高水準**
- CO<sub>2</sub>回収率の変化に伴い幅広く変化する水素濃度に対応して**全対象範囲でNO<sub>x</sub><10ppmとすれば，革新的な低NO<sub>x</sub>技術**

: 出典:(1)R.A.Battista, et.al "Coal Gas Combustion Studies for IGCC Power Plants", 12<sup>th</sup> Conference on Coal Gasification Power Plants (1993.10)  
(2)Frank Reiss, et.al "The Alstom GT13E2 Medium BTU Gas Turbine", GT-2002-30108, ASME Turbo Expo 2002(2002.6)



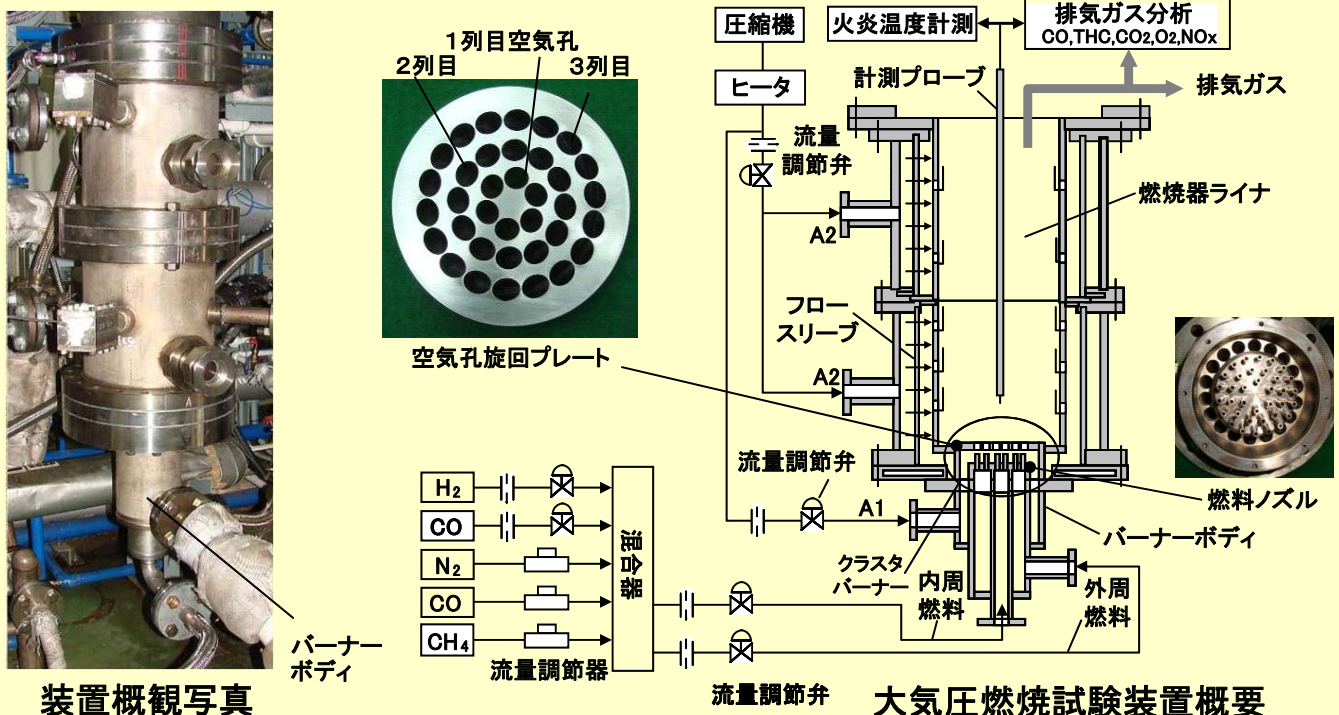
■H20年～22年で要素技術を開発, 中間評価数値目標を達成



II (2)-2. 実施内容 (クラスタバーナー構造の最適化)

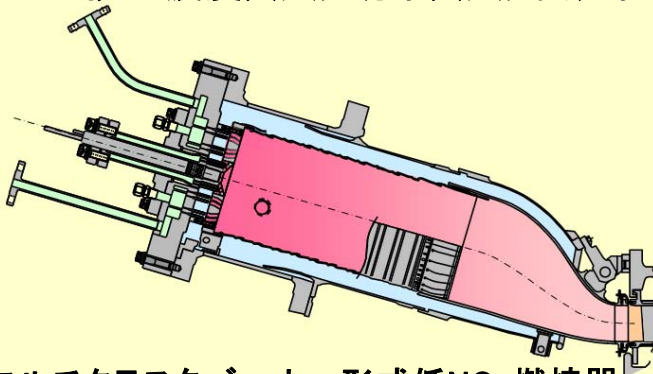
■大気圧(要素)燃焼試験によりクラスタバーナー構造を最適化

・空気孔旋回プレートの 旋回角, 空気孔プレート形状および  
燃料ノズルの燃料噴出流速(噴孔径)を対象に最適化

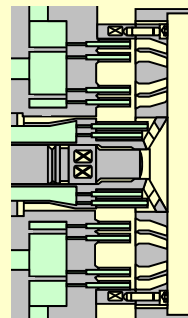


■実寸燃焼器による中圧燃焼試験により低NO<sub>x</sub>燃焼性能を検討

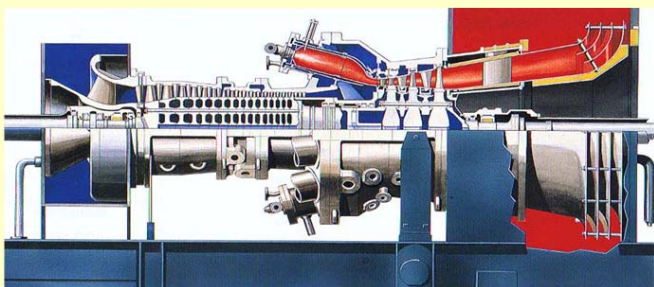
・NO<sub>x</sub>排出濃度, 燃焼効率, 燃焼安定性, 各部メタル温度, 火炎観察



マルチクラスターバーナー形式低NO<sub>x</sub>燃焼器



マルチクラスターバーナー



ガスタービン



中圧燃焼試験装置

III. 研究開発成果

I. 背景および目的

II. 本研究の目標および実施工程

- (1) 本研究の目標および大工程
- (2) 本研究の実施内容

III. 研究開発成果

- (1) 開発目標に対する達成度
- (2) 検討内容

IV. 実用化の見通し

- (1) 実用化の見通し
- (2) 波及効果

■凸型マルチクラスタバーナー燃焼器により目標達成

研究開発目標	成 果	達成度
中圧燃焼試験 (0.6MPa) NO <sub>x</sub> < 10ppm (@16%O <sub>2</sub> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ CCS 0%(H<sub>2</sub>濃度27%相当) 5.4ppm</li> <li>■ CCS30%(H<sub>2</sub>濃度45%相当) 5.8ppm</li> <li>■ CCS50%(H<sub>2</sub>濃度58%相当) 6.5ppm</li> <li>■ CCS90%(H<sub>2</sub>濃度84%相当) 9.2ppm</li> </ul>	○ 達成

Ⅲ. 研究開発成果

(2) 検討内容

①マルチクラスタバーナー中圧燃焼試験

(a) 平板型マルチクラスタバーナー燃焼特性

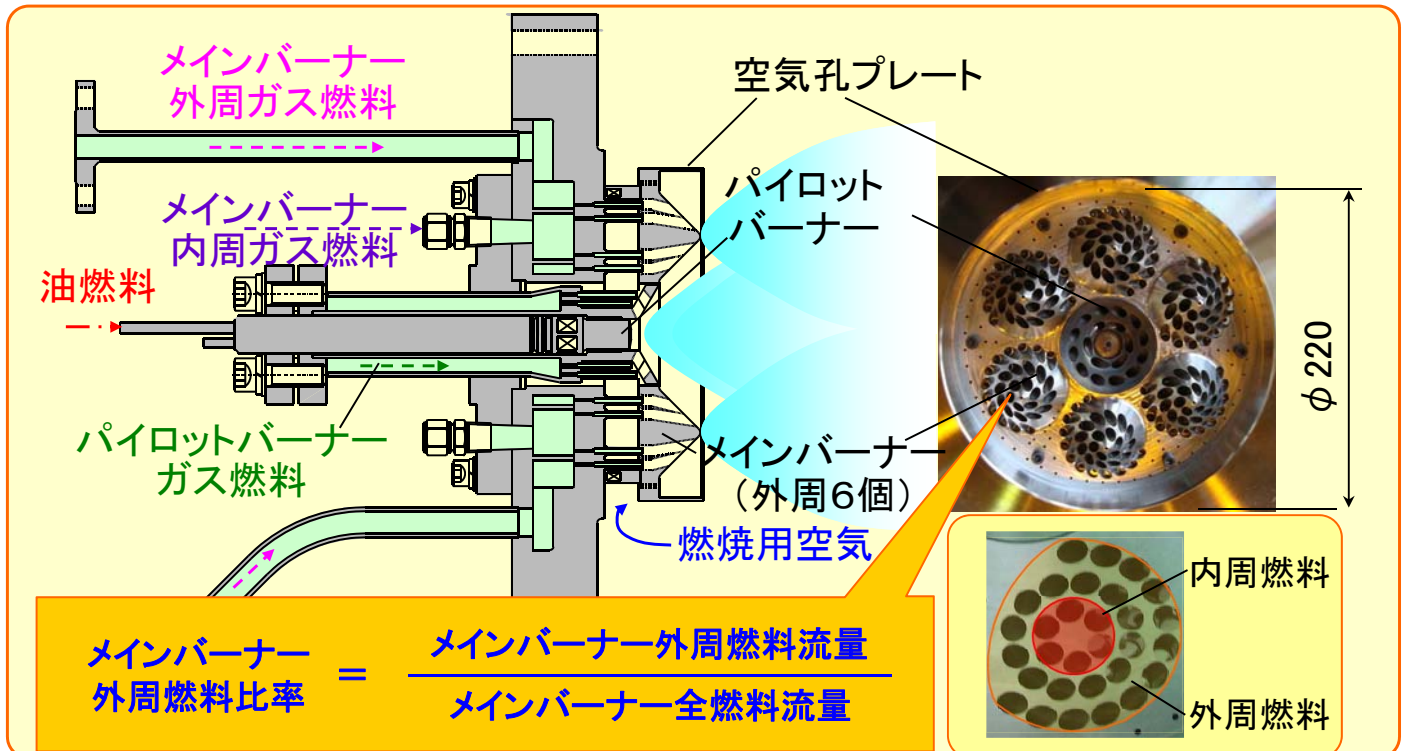
(b) 凸型マルチクラスタバーナー燃焼特性

②クラスタバーナーの形状最適化(大気圧要素試験)

③乱流燃焼解析



■ 空気孔プレートのメインバーナー形状を変更し、各バーナーの燃料配分をパラメータに中圧条件(0.6MPa)にて試験



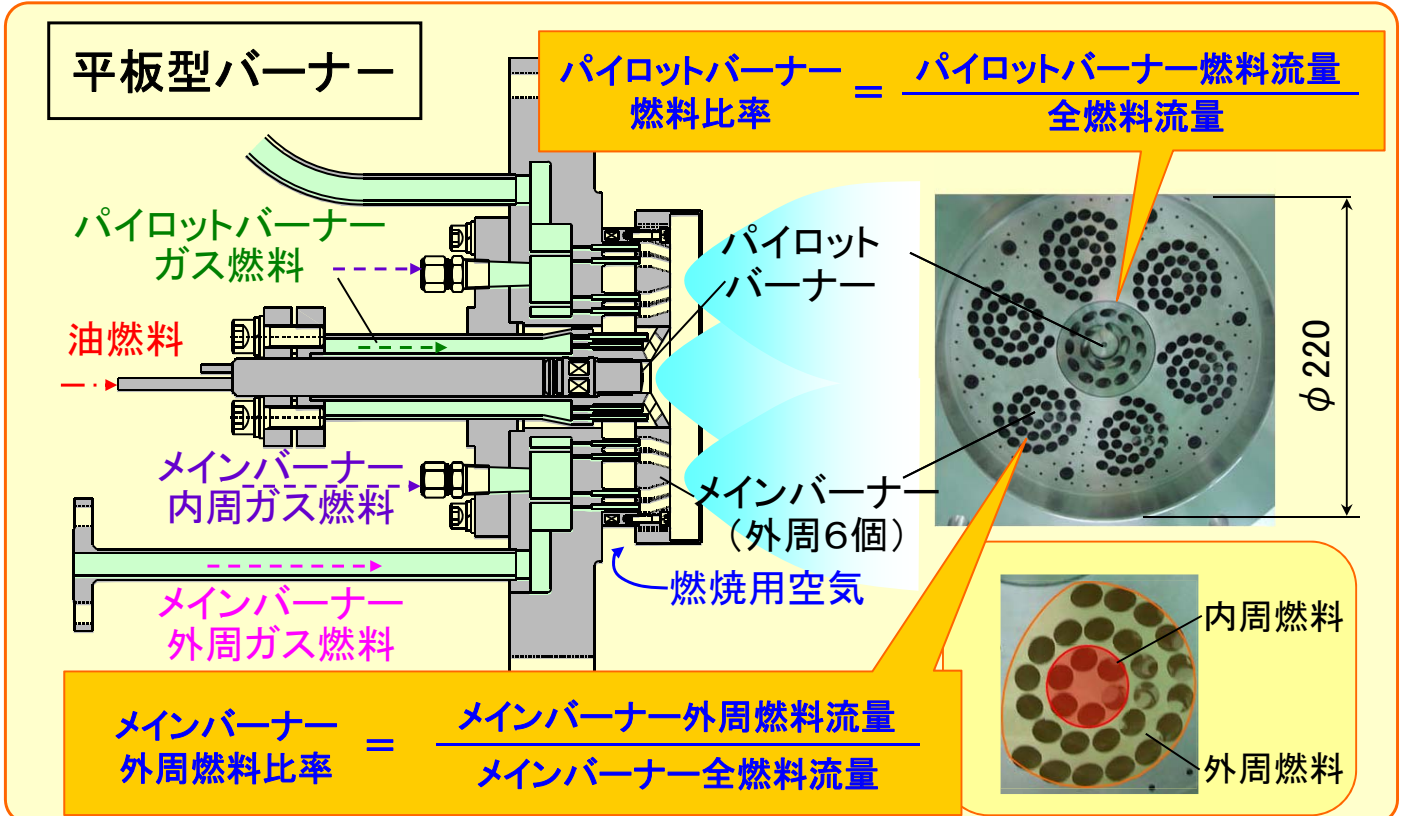
Ⅲ(2)-2.中圧燃焼試験条件

■ 水素、メタン、窒素の3成分の試験用燃料により燃焼試験を実施

試験条件

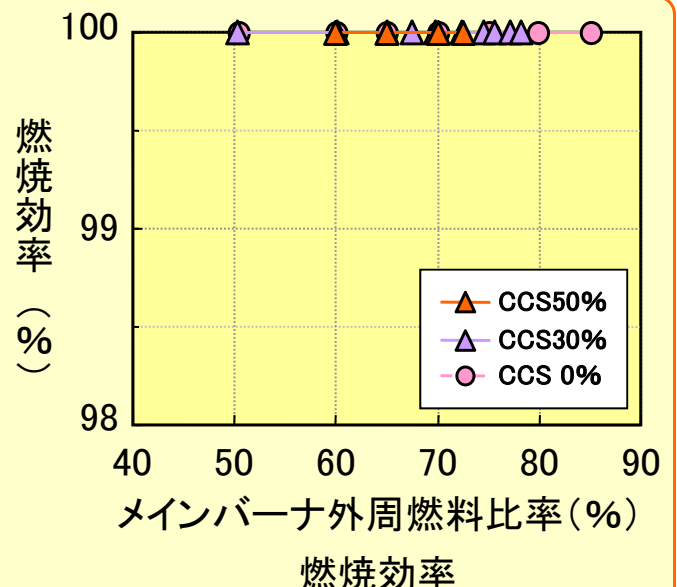
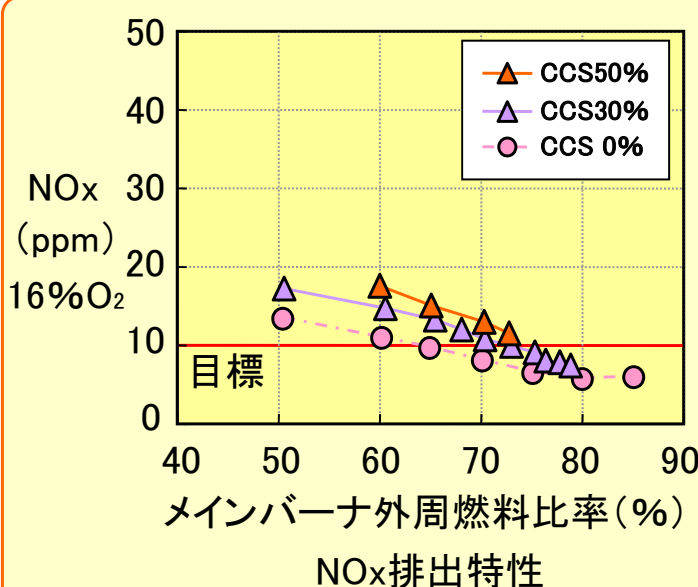
項目	単位	CCS0 %	CCS30 %	CCS50 %	CCS90 %	
空気流量	kg/s	2.9	2.9	2.9	2.9	
空気温度	°C	387	387	387	387	
燃焼器圧力	MPa	0.6	0.6	0.6	0.6	
ガスタービン負荷	%	100	100	100	100	
燃料	水素	vol.%	40	55	65	84
	メタン	vol.%	18	16	6	2
性状	窒素	vol.%	42	29	29	14
	低位発熱量	MJ/m <sup>3</sup> N	11	12	9	10

■各バーナーの燃料配分をパラメータに中圧条件(0.6MPa)にて試験

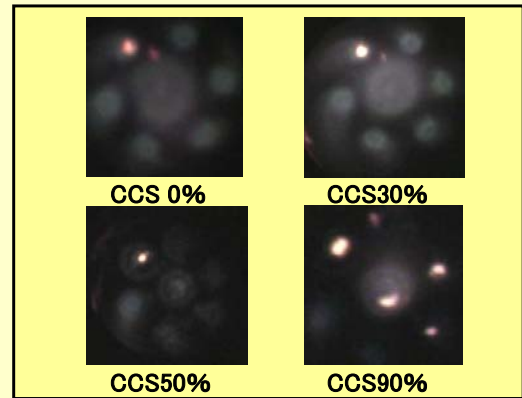
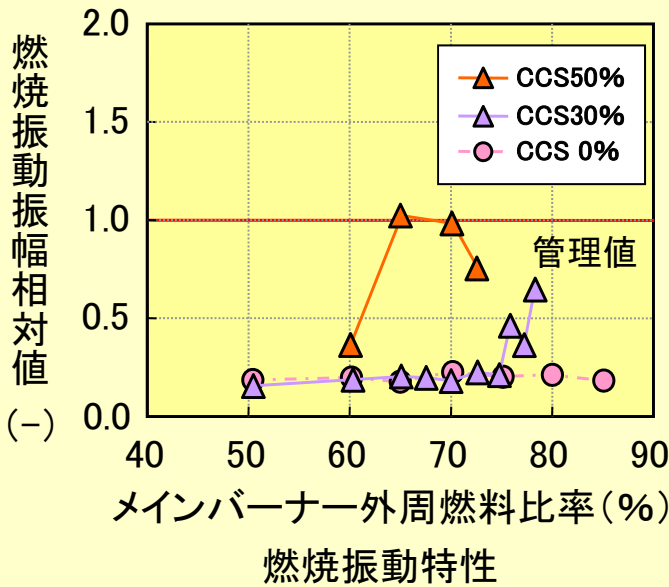


Ⅲ(2)-4.平板型マルチクラスターバーナー 定格負荷特性(1)

- 広範囲な水素含有燃料に対し、同一バーナー構造で逆火なく燃焼できることを確認
- CCS 0% , 30%燃料のNO<sub>x</sub>排出濃度は、5.9ppm, 7.6ppm (16%O<sub>2</sub>) であり目標値10ppm以下を達成, CCS50%燃料は11.5ppm
- 燃焼効率は99.99%以上であり、安定燃焼を確認

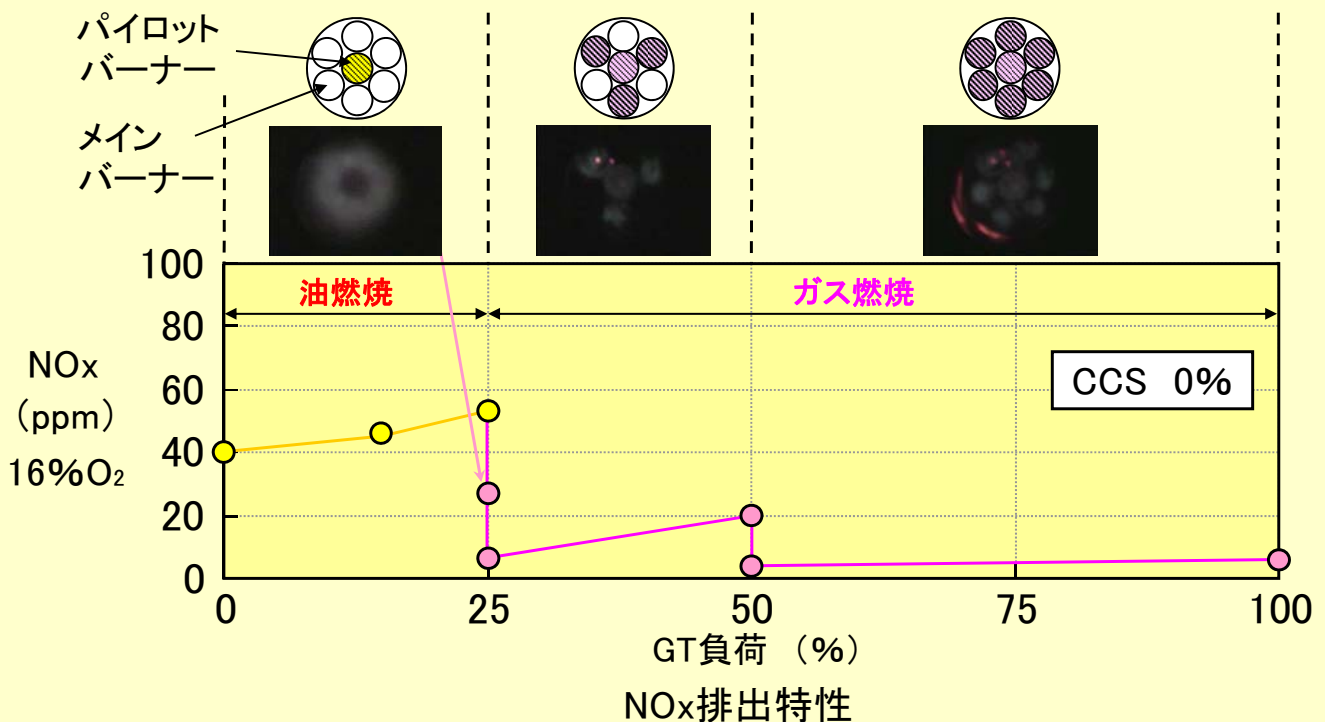


- CCS30%燃料よりCO回収率(水素濃度)の高い場合, 燃焼振動に対する裕度の拡大が必要
- メインバーナー中央メタル温度の低減対策が必要
- CCS90%燃料に対してはバーナー信頼性の強化が必要

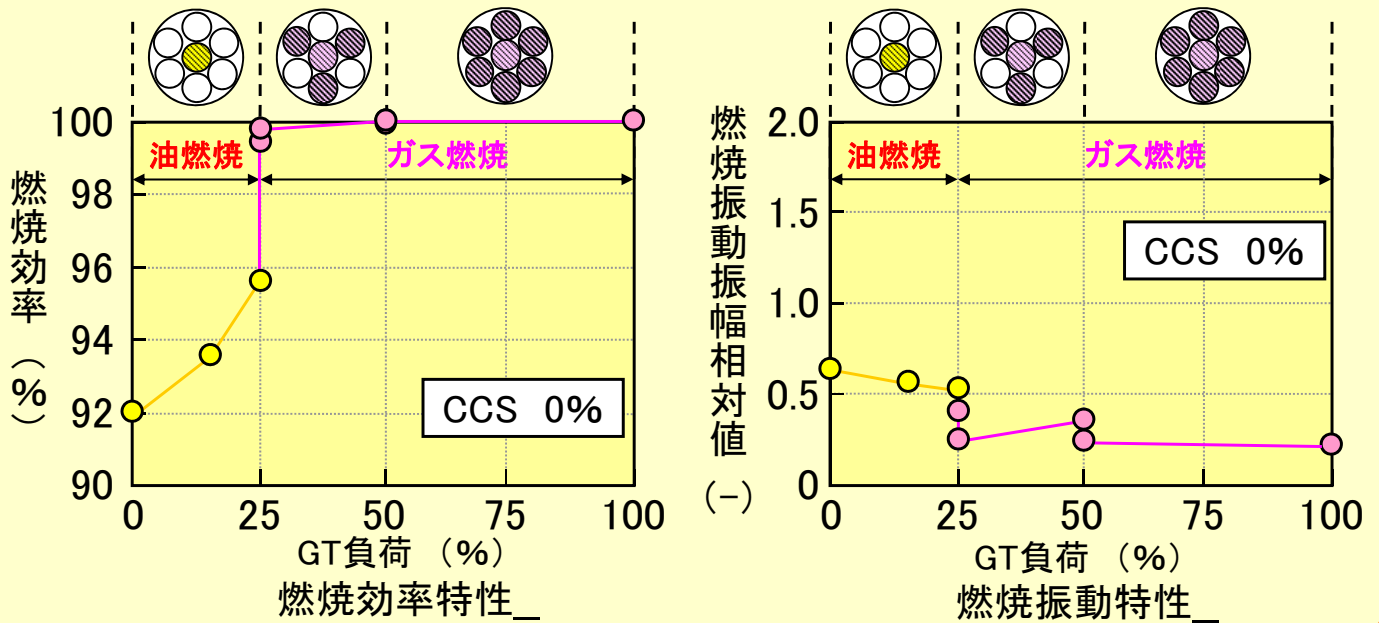


火炎監視画像

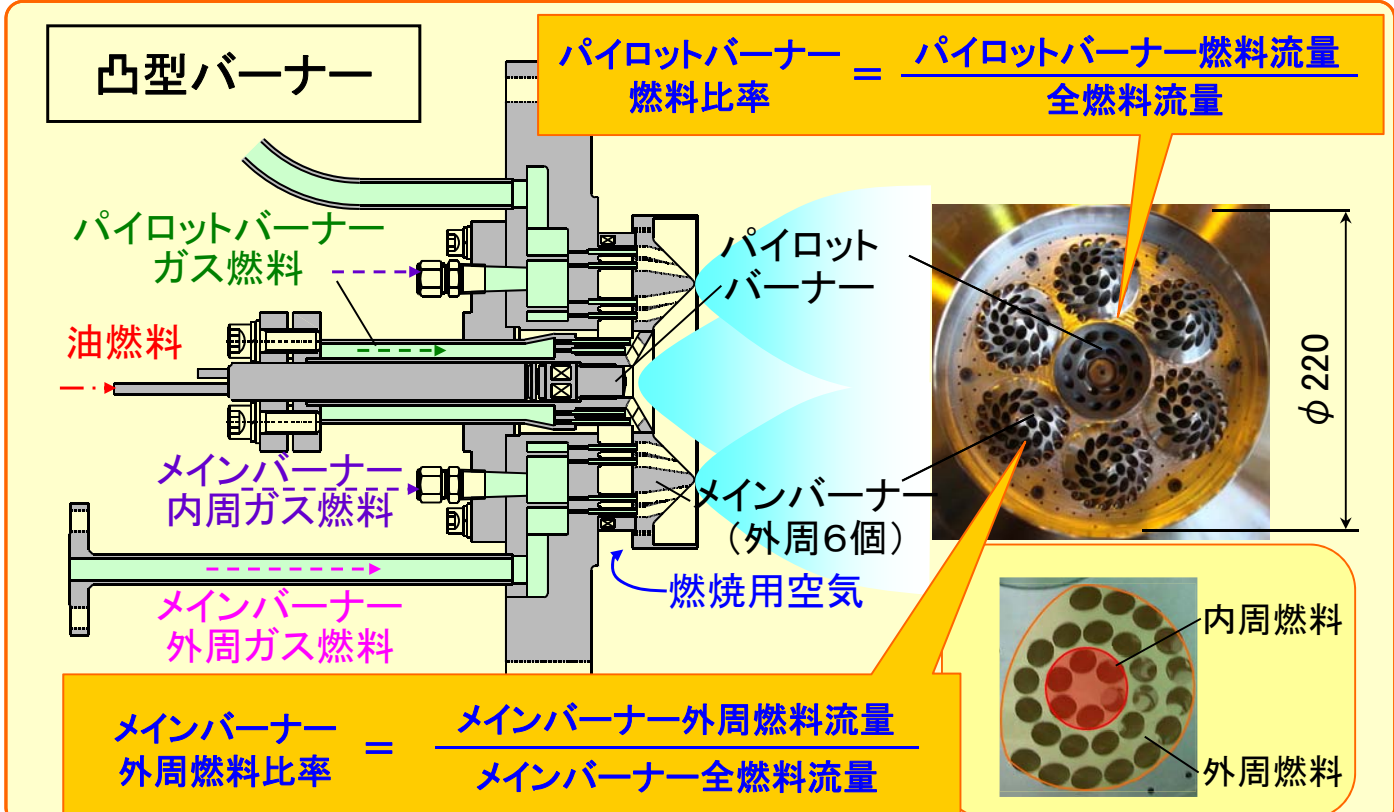
- ガス化炉運用開始まで起動用燃料(油)焚き部分負荷で待機
- ガスタービン負荷に応じてメインバーナーの着火本数を制御



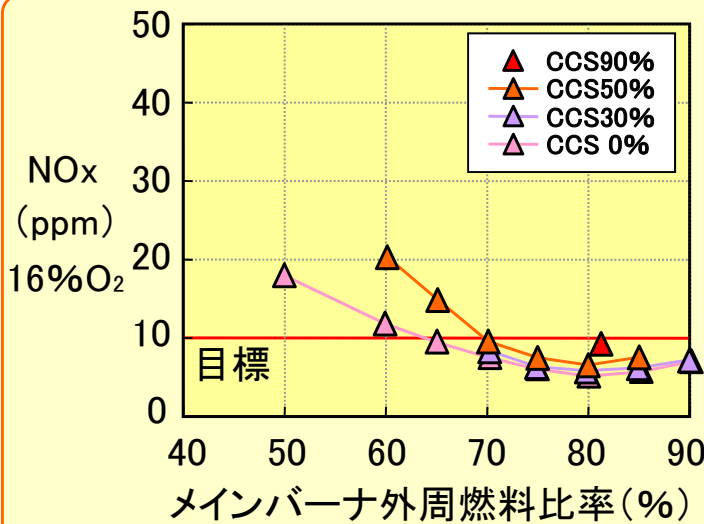
- 起動用燃料(油)焚き部分負荷燃焼の燃焼効率の改善が必要  
⇒ 油噴霧ノズルの微粒化特性改善により対策
- 燃焼振動振幅は管理値に対して十分低く、部分負荷燃焼時も燃焼安定性は良好



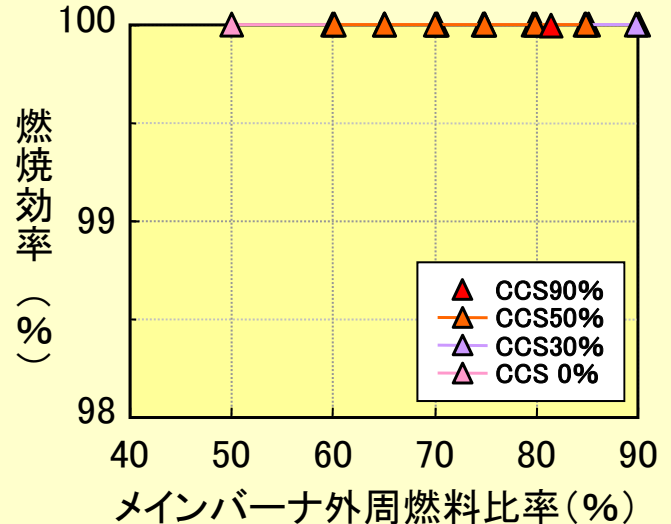
- 各バーナーの燃料配分をパラメータに中圧条件(0.6MPa)にて試験



- 広範囲な水素含有燃料に対し、同一バーナー構造で逆火なく燃焼できることを確認
- CCS 0%, 30%, 50%, 90%燃料におけるNO<sub>x</sub>排出濃度は、5.4ppm, 5.8ppm, 6.5ppm, 9.2ppm (16%O<sub>2</sub>)であり、目標値10ppm以下を達成
- 燃焼効率は99.99%以上であり、安定燃焼を確認

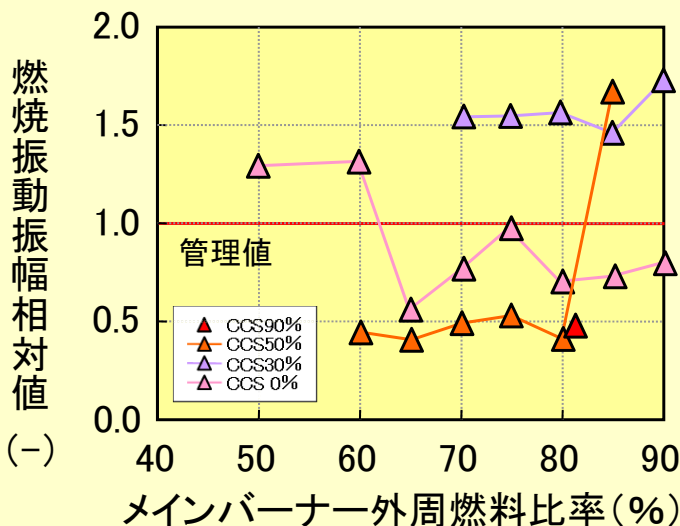


NO<sub>x</sub>排出特性

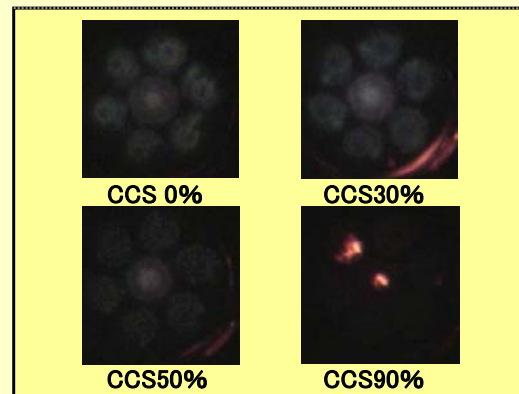


燃焼効率

- 燃焼振動振幅が管理値を超える場合があり、燃焼振動特性の改善が必要



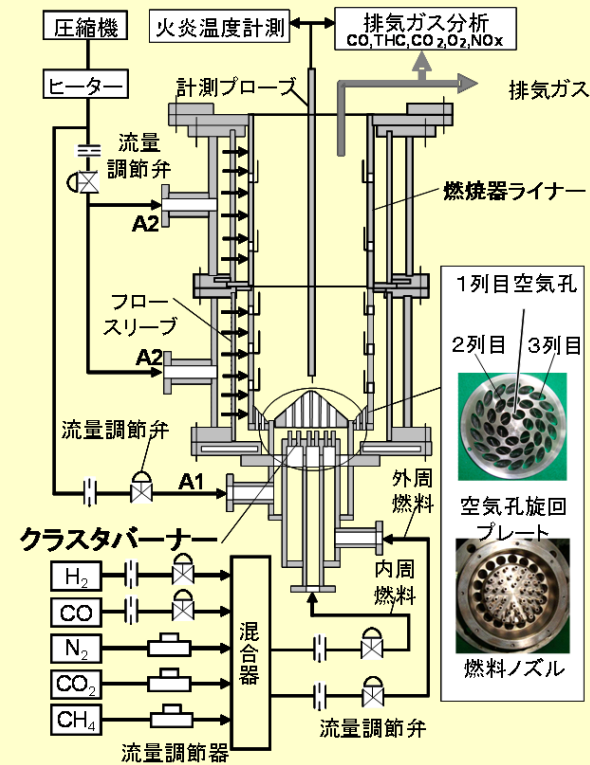
燃焼振動特性



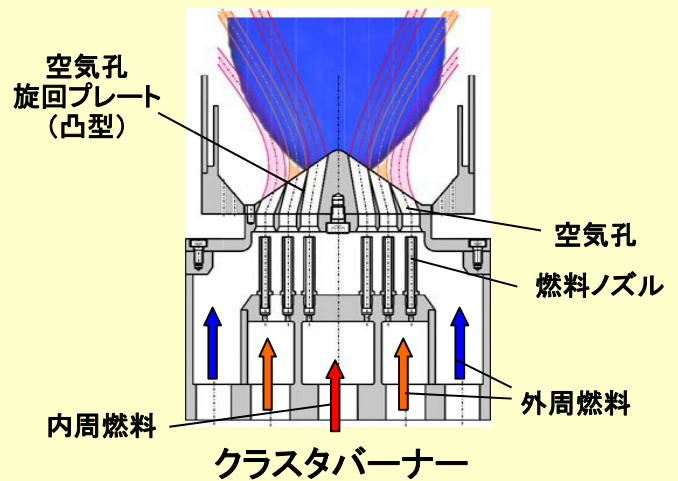
火炎監視画像

■大気圧要素燃焼試験にてクラスタバーナー構造を最適化

クラスタバーナーと大気圧要素試験装置



最適化構造の検討



	主要検討項目	目的
1	空気孔旋回角度	火炎形状の調整, 燃焼安定性
2	燃料ノズル先端形状	空気, 燃料の混合度調整
3	空気孔旋回プレート形状	火炎形状の調整, 燃焼安定性
4	空気孔径	火炎形状の調整, 燃焼安定性

Ⅲ(2)-12. 大気圧要素燃焼試験条件

■水素, メタン, 窒素の3成分で試験用燃料を調整

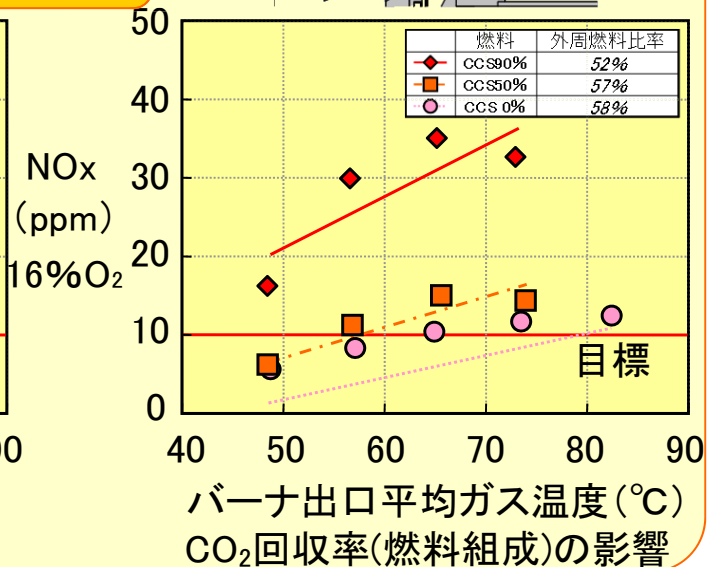
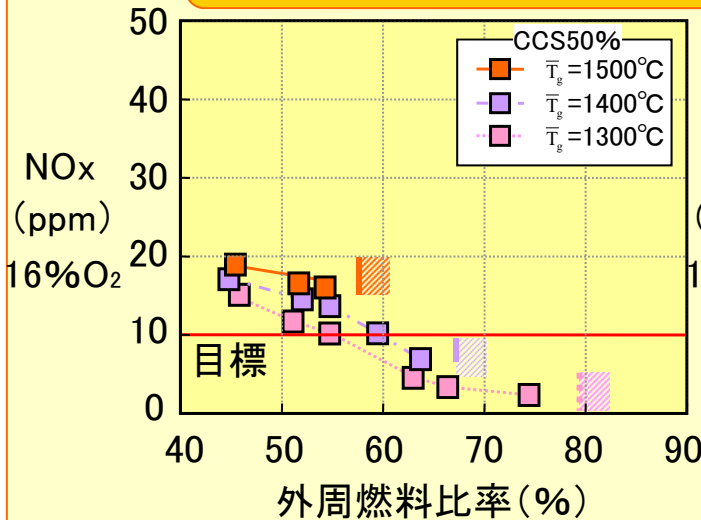
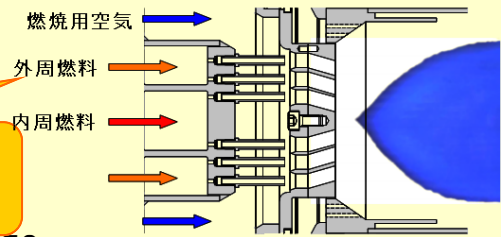
試験条件

項目	単位	CCS0%	CCS30%	CCS50%	CCS90%	
実機水素濃度	vol. %	27	46	58	84	
実機低位発熱量	MJ/m <sup>3</sup> N	11	11	11	10	
空気流量	m <sup>3</sup> N/h	157(Type-P:170)				
空気温度	°C	350				
バーナー出口温度	°C	1500°C				
燃料性状	水素	vol. %	40	55	65	84
	メタン	vol. %	18	16	6	2
	窒素	vol. %	42	29	29	14
	低位発熱量	MJ/m <sup>3</sup> N	11	12	9	10

■バーナーの燃料配分をパラメータにバーナー形状の効果を検討

■試験データ例:  
燃料ノズル噴孔φ3.0

$$\text{外周燃料比率} = \frac{\text{外周燃料流量}}{\text{バーナー全燃料流量}}$$

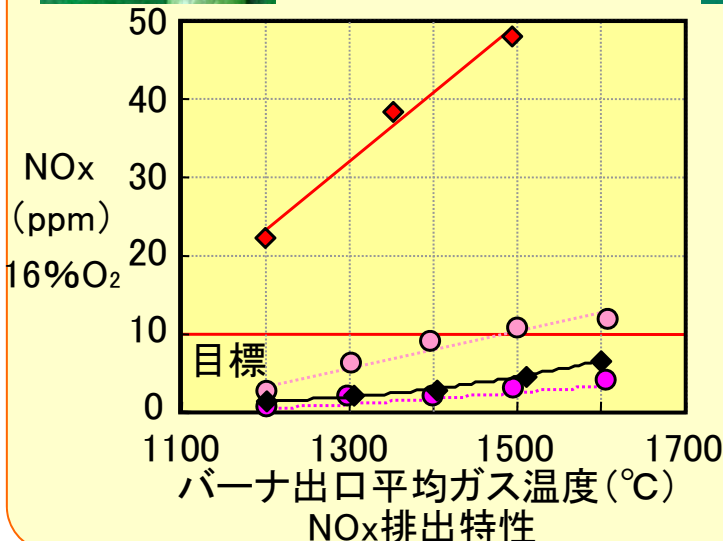


Ⅲ(2)-14. 燃料ノズル先端形状の検討

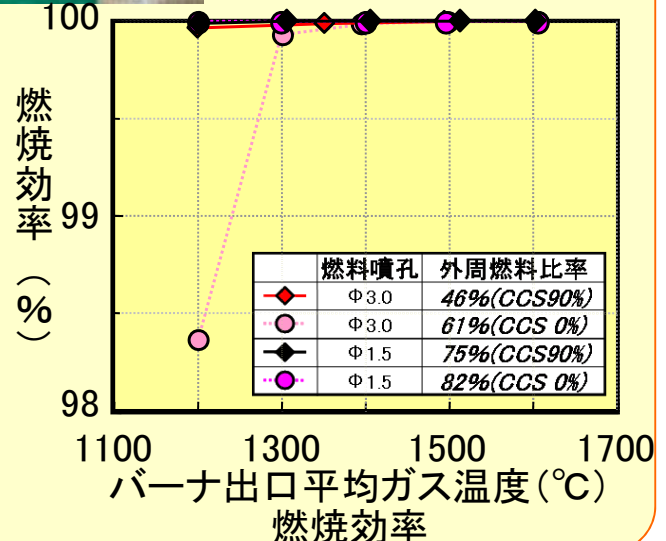
- 燃料噴孔を縮小し、燃料噴流の貫通を強化して後流への混合気侵入を防止
- 燃焼騒音の発生を抑制でき、外周燃料比率を増加でき低NOx燃焼を実現



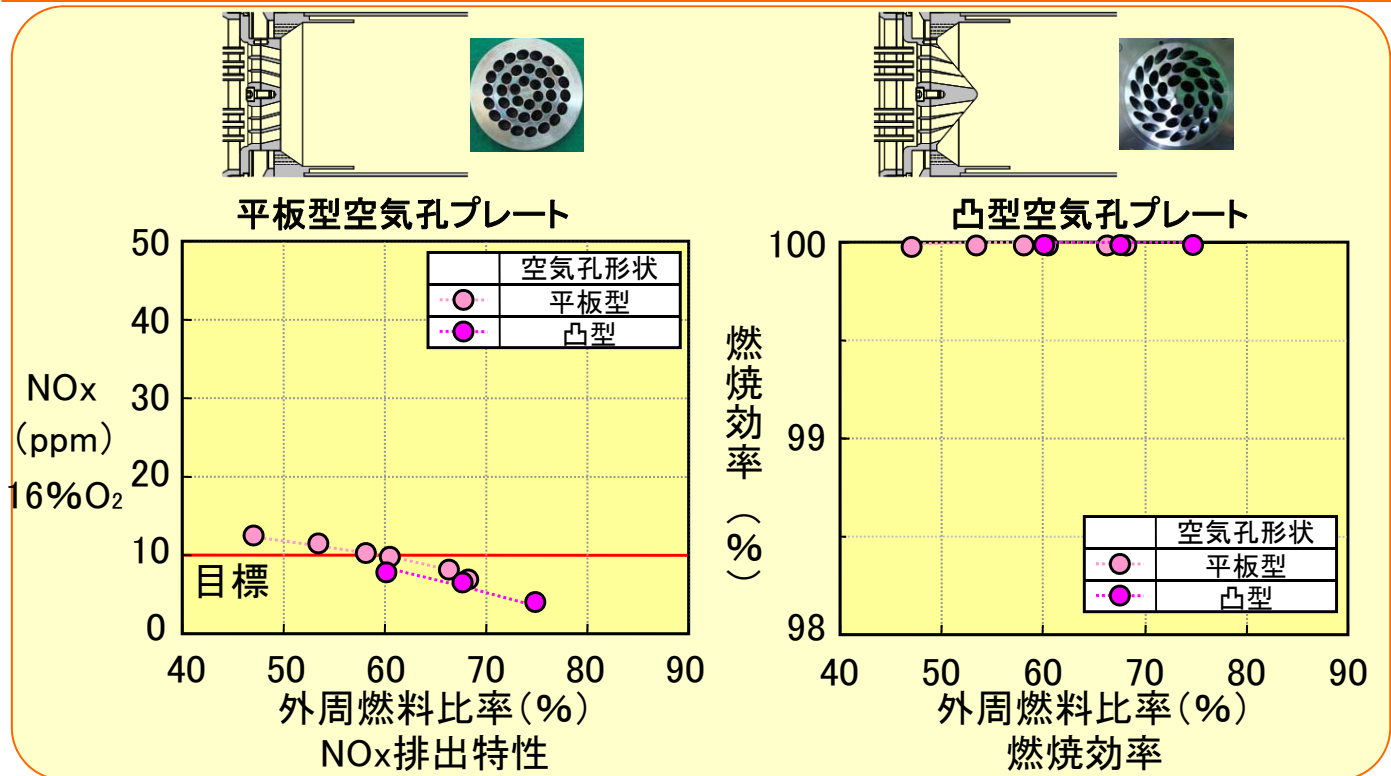
燃料ノズル噴孔: φ3.0



燃料ノズル噴孔: φ1.5



■凸型空気孔プレート形状により、空気孔プレートへの火炎付着を防止でき、外周燃料比率を高く設定可能となり低NO<sub>x</sub>燃焼を実現



Energy and Environmental Systems Laboratory

公開 © Hitachi, Ltd. 2010. All rights reserved. 30

Ⅲ(2)-16. 予混合乱流燃焼モデル

■Hyperbolic Tangent関数で反応進行度  $c$  分布を近似する予混合燃焼モデル

燃料の混合分率  $f$  :  $f = f_0$  (一定値)

反応進行度  $c$  : 
$$\frac{\partial \rho c}{\partial t} + \frac{\partial \rho u_j c}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left( (D + D_t) \frac{\partial \rho c}{\partial x_j} \right) + \omega$$

成分の質量分率  $Y_i$  :  $Y_i = (1 - c)Y_{i,u} + cY_{i,b}$  (添え字 u : unburnt, b : burnt)

予混合燃焼モデル: 
$$\omega = \frac{8\rho_u Su}{\delta} c^2(1 - c)$$

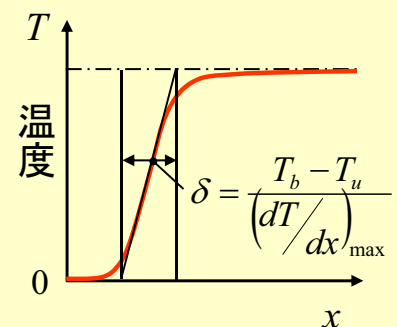
$D$  : 拡散係数,  $\omega$  : 反応速度

ここに、 $Su$  : 層流燃焼速度、 $\delta$  : 層流火炎の厚さ

$\rho_u$  : 未燃焼ガス密度、 $c$  : 反応進行度

■特徴:

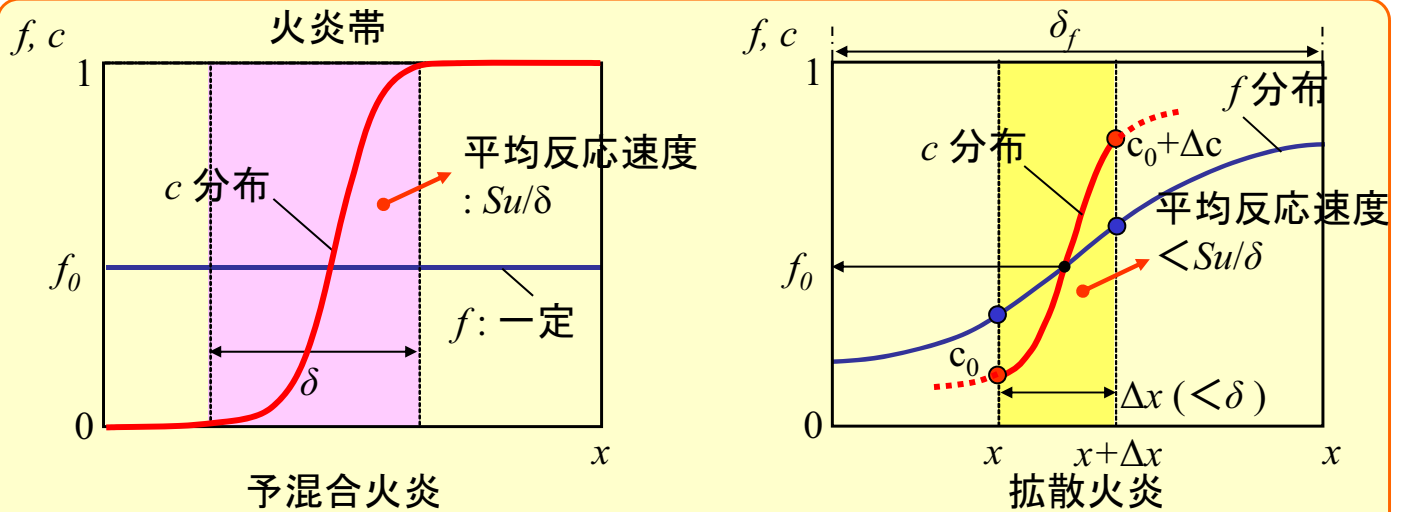
- ①  $Su/\delta$ を通じて、空気温度、圧力、燃空比を考慮
- ② 乱流拡散係数  $D_t$ を通じて、乱流の影響を考慮
- ③ 層流、乱流に共通で適用可能



火炎帯厚さ  $\delta$  の定義



- 予混合燃焼モデルを拡張し、拡散燃焼に対応
- 予混合～拡散まで対応可能な「統一的燃焼モデル」を開発



統一的燃焼モデル:

$$\omega(x) = \frac{8\rho_u Su}{\delta} c^2(1-c) \cdot \frac{1}{2} \frac{\hat{\alpha}(1+\hat{\alpha}c)}{(1+\hat{\alpha}(2c-1))^2} \left( \frac{df}{dx} + \frac{\delta}{2} \frac{d^2f}{dx^2} \right) \left( \frac{df}{dx} \right)^{-1}$$

予混合部分
fの分布に伴う修正項

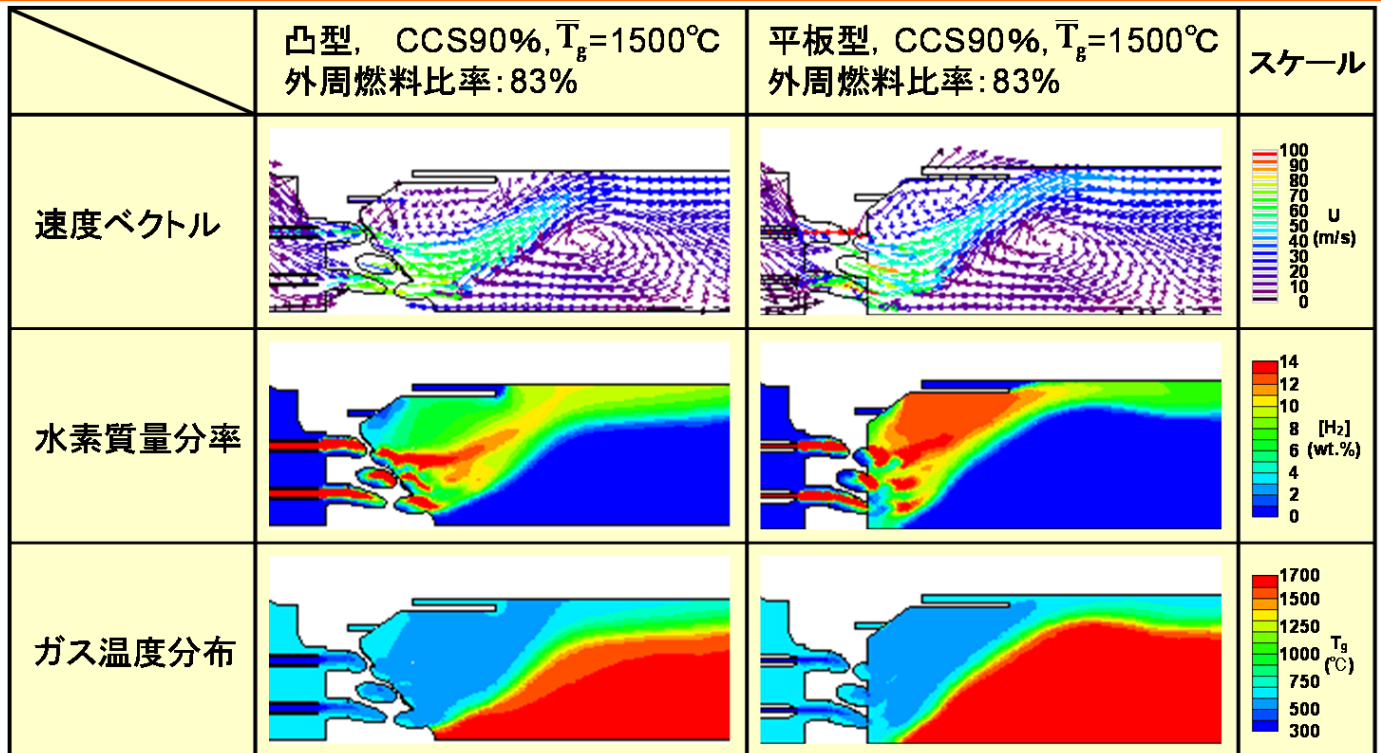
$$\hat{\alpha} = \tanh \left( \frac{2 \frac{df}{dx}}{\frac{df}{dx} + \frac{\delta}{2} \frac{d^2f}{dx^2}} \right)$$

Ⅲ(2)-18. 乱流燃焼解析結果(1) [CO<sub>2</sub>回収率の影響]

- 円錐形状浮上火炎の形成状況など、定性的傾向を再現
- CCS90%での火炎帯厚さの縮小、火炎の上流側への移動を再現

	平板型, CCS30%, $T_g=1500^\circ\text{C}$ 外周燃料比率: 83%	平板型, CCS90%, $T_g=1500^\circ\text{C}$ 外周燃料比率: 83%	スケール
速度ベクトル			 U (m/s)
水素質量分率			 [H <sub>2</sub> ] (wt.%)
ガス温度分布			 $T_g$ (°C)

- 凸型形状とすることでクラスタバーナー外周部の空気流動が変化
- 空気孔外周部の高水素濃度領域が消滅し、高温ガス領域が縮小



- 2010/7月までに寄稿3件, 特許7件を出願

	H20 (FY2008)	H21 (FY2009)	H22 (FY2010)
寄稿	0	2	1
特許	3	4	0

## 特許リスト

No.	名称	国内/国外
1	ガスタービンの燃料供給方法	国内
2	燃焼器、燃焼器の燃料供給方法及び燃焼器の改造方法	国内
3	ガスタービンの運転方法及びガスタービン燃焼器	国内
4	水素含有燃料対応燃焼器および、その低NO <sub>x</sub> 運転方法	国内
5	ガスタービン燃焼器の制御装置およびガスタービン燃焼器の制御方法	国内
6	ガスタービン燃焼器	国内
7	ガスタービン燃焼器	国内

## 寄稿リスト

No.	名称	発表誌名など	査読	発表年月日
1	水素リッチ燃料焚き低NO <sub>x</sub> 燃焼器の開発	火力原子力発電 第60巻-10号(pp80-85)	無	2009/10/15
2	水素リッチ燃料焚き多孔同軸噴流バーナの大気圧燃焼特性	第37回ガスタービン 定期公演論文(pp31-36)	無	2009/10/21
3	Applicability of a Multiple-Injection Burner to Dry Low-NO <sub>x</sub> Combustion of Hydrogen-Rich Fuels	ASME Turbo Expo 2010 GT2010-22286	無	2010/6/16

## IV. 実用化の見通し

### I. 背景および目的

### II. 本研究の目標および実施工程

- (1) 本研究の目標および大工程
- (2) 本研究の実施内容

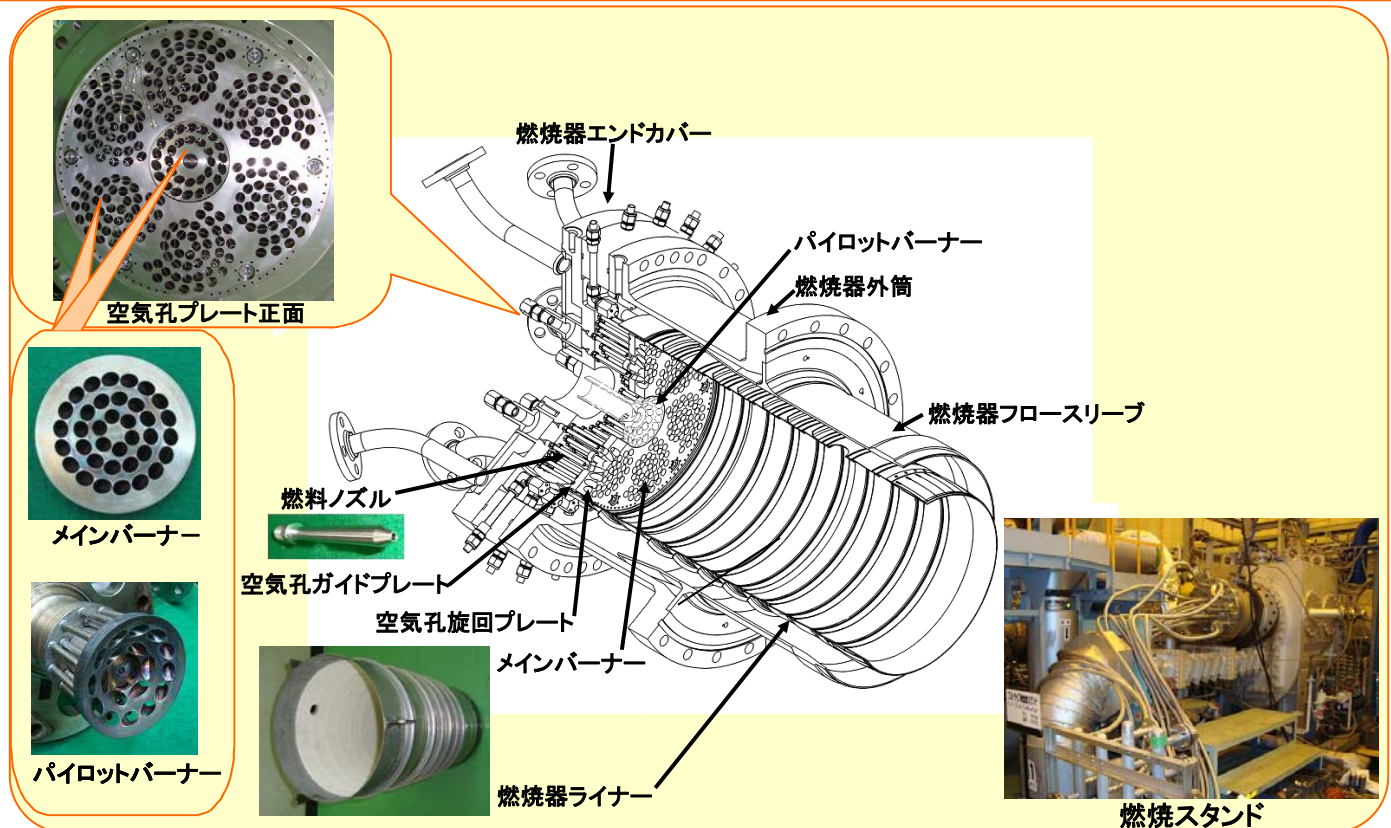
### III. 研究開発成果

- (1) 開発目標に対する達成度
- (2) 検討内容

### IV. 実用化の見通し

- (1) 実用化の見通し
- (2) 波及効果

■実機ガスタービンに搭載可能な実寸燃焼器による開発を実施

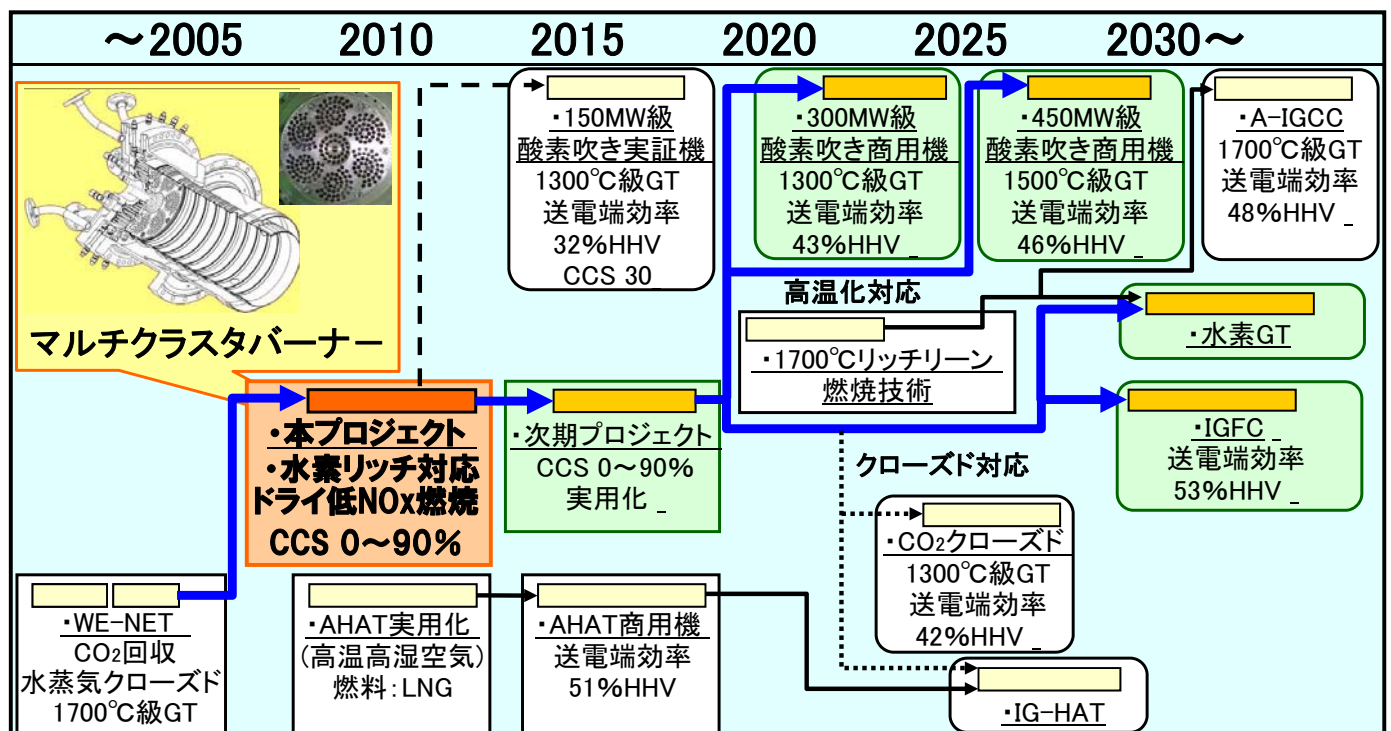


Energy and Environmental Systems Laboratory

公開 © Hitachi, Ltd. 2010. All rights reserved. 38

IV(1)-2. 実用化のイメージ: 本開発技術のロードマップ

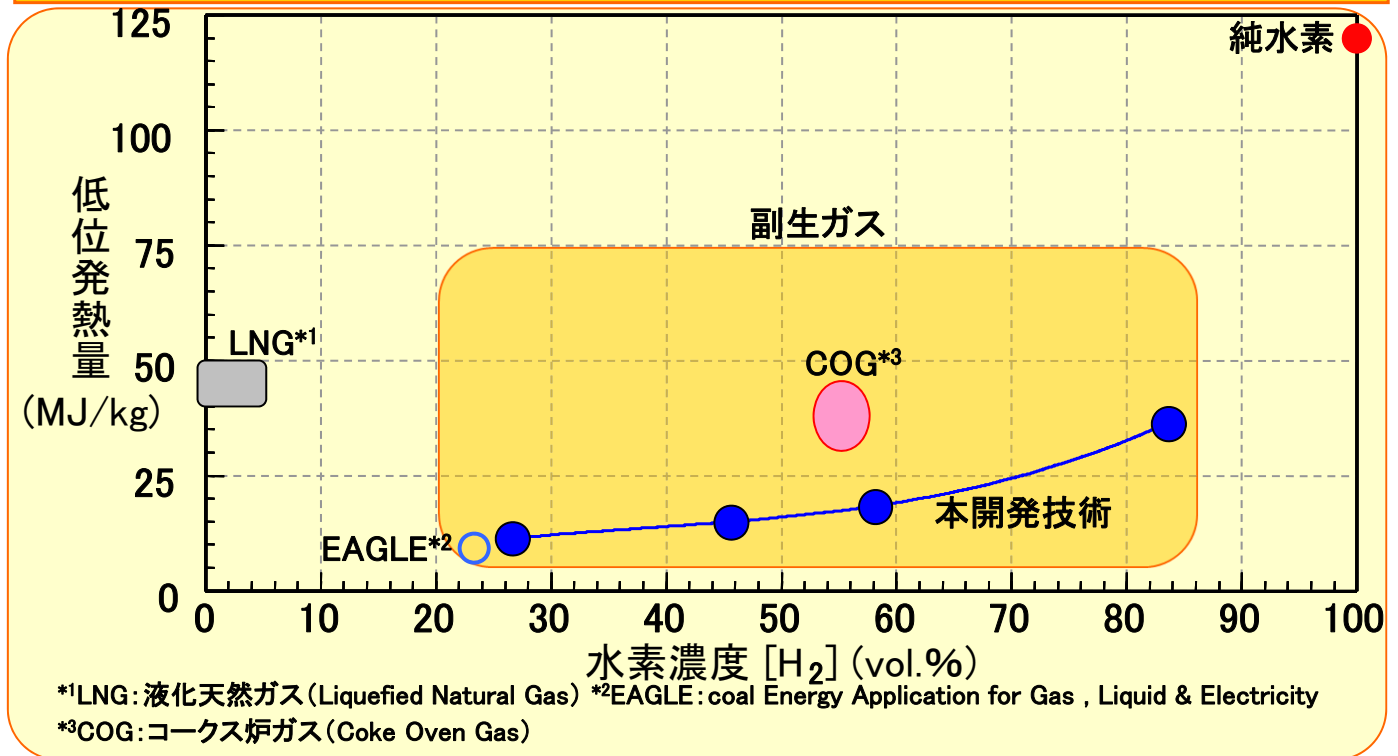
■クラスターバーナーは将来システムのCO<sub>2</sub>クローズドGT, IG-HATとの親和性が良く、広く展開可能な燃焼基盤技術である。



Energy and Environmental Systems Laboratory

公開 © Hitachi, Ltd. 2010. All rights reserved. 39

- 同等な水素含有燃料に適用し, 低炭素社会の早期実現に寄与
- 未利用水素含有燃料を高効率に利用し, 資源の有効活用に寄与



Energy and Environmental Systems Laboratory

公開 © Hitachi, Ltd. 2010. All rights reserved. 40

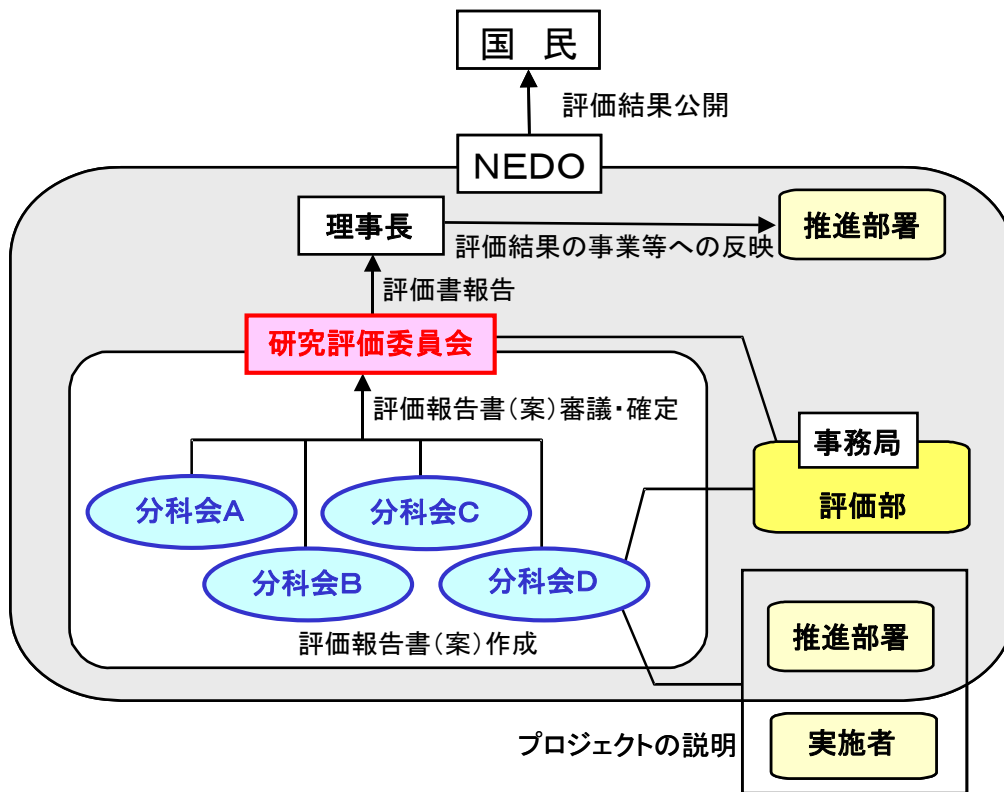
HITACHI  
Inspire the Next

## 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、国際標準、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
- ジャーナリスト

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評価部が担当した。

## 3. 評価対象

平成20年度に開始された「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト／ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発／革新的ガス化技術に関する基盤研



究事業」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ものである。』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)研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性

- ・ 成果の実用化につなげる戦略が明確になっているか。
- ・ 成果の実用化につなげる知財マネジメントの方針が明確に示され、かつ妥当なものか。

#### (5)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)中間目標の達成度

- ・ 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。

#### (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。

(5)成果の最終目標の達成可能性

- ・ 最終目標を達成できる見込みか。
- ・ 最終目標に向け、課題とその解決の道筋が明確に示され、かつ妥当なものか。

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。

(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。

## 標準的評価項目・評価基準（中間評価）

2010. 3. 26

### 【中間評価 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25回研究評価委員会（平成22年3月26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中間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。
- ・ 研究管理法をを経由する場合、研究管理法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)研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性

- ・ 成果の実用化につなげる戦略が明確になっているか。
- ・ 成果の実用化につなげる知財マネジメントの方針が明確に示され、かつ妥当なものか。

## (5)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)中間目標の達成度

- ・ 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。

## (5)成果の最終目標の達成可能性

- ・ 最終目標を達成できる見込みか。
- ・ 最終目標に向け、課題とその解決の道筋が明確に示され、かつ妥当なものか。

# 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。



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）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11月

NEDO 評価部

部長 竹下 満

主幹 寺門 守

担当 土橋 誠

\*研究評価委員会に関する情報は NEDO 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

ミューザ川崎セントラルタワー20F

TEL 044-520-5161 FAX 044-520-5162