

「噴流床石炭ガス化発電(IGCC)プラント実証」

説明資料

プロジェクトの設計・運営に関するもの

1. プロジェクトの意義・目的
 - 1.1 意義・目的
 - 1.2 プロジェクトの性格
 - 1.3 関連技術動向
2. 国のプロジェクトであることの妥当性
3. 目標
 - 3.1 最終目標
 - 3.2 中間目標
4. 計画内容
 - 4.1 全体スケジュールと年度費用展開
 - 4.2 事前検証試験
 - 4.3 実証試験
5. 研究開発体制

プロジェクトの成果に関するもの

1. 具体的な成果
 - 1.1 計画後比較した達成度
 - 1.2 達成された成果自体の意義
2. 実用化との関係、成果普及、広報体制
 - 2.1 実用化との関係
 - 2.2 成果普及、広報体制
3. 今後の展開

通商産業省 資源エネルギー庁 公益事業部 電力技術課

平成 12 年 3 月 2 1 日

プロジェクトの設計・運営に関するもの

1. プロジェクトの意義・目的

1.1 意義・目的

本プロジェクトは、無資源国である我が国において、エネルギーセキュリティと地球温暖化対策を両立させるため、石炭による高効率発電技術である石炭ガス化複合発電（IGCC：Integrated coal Gasification Combined Cycle）の実用化を図るべく、技術開発の最終段階として実証試験を行うものである。

(1) IGCC実証プロジェクトの必要性・意義

- 資源の無い我が国においては、エネルギーセキュリティの観点から石炭火力は必要不可欠である。一方、地球温暖化対策の観点からCO₂削減は至上命題である。これらを満足させるためには、既存の微粉炭焚きの石炭火力に比べて発電効率、環境性に優れた石炭火力発電技術を開発する必要がある。石炭ガス化複合発電（IGCC）は、21世紀の高効率石炭火力発電技術の中でも中長期的に導入拡大を図るべき根幹となる技術と考えられる。（図1.1、図1.2）
- IGCCの技術開発により得られる効果は、主として以下の通りである。
 - エネルギーセキュリティと地球温暖化対策の両立 ... 高効率のため、CO₂排出を低減しつつ、最も豊富な化石燃料である石炭の利用が可能
 - 環境保全 ... 発電電力量(kWh)あたりのSO_x、NO_x、ばいじん等の排出量が低減 / 灰が溶融スラグとして排出されるため容積が微粉炭火力に比べ半減
 - 適用炭種の拡大 ... IGCCには、微粉炭火力で使用し難い灰融点の低い石炭が適しており、我が国全体の利用炭種の拡大に寄与（図1.3）
 - 価格牽制力 ... LNGに対する価格牽制力 / 微粉炭火力向けの瀝青炭に対する価格牽制力として有効
 - 海外技術協力 ... 国内における石炭の環境調和利用のみならず、海外協力を資する有力な技術開発としても視野、また中国導入の場合には我が国への酸性雨防止にも寄与

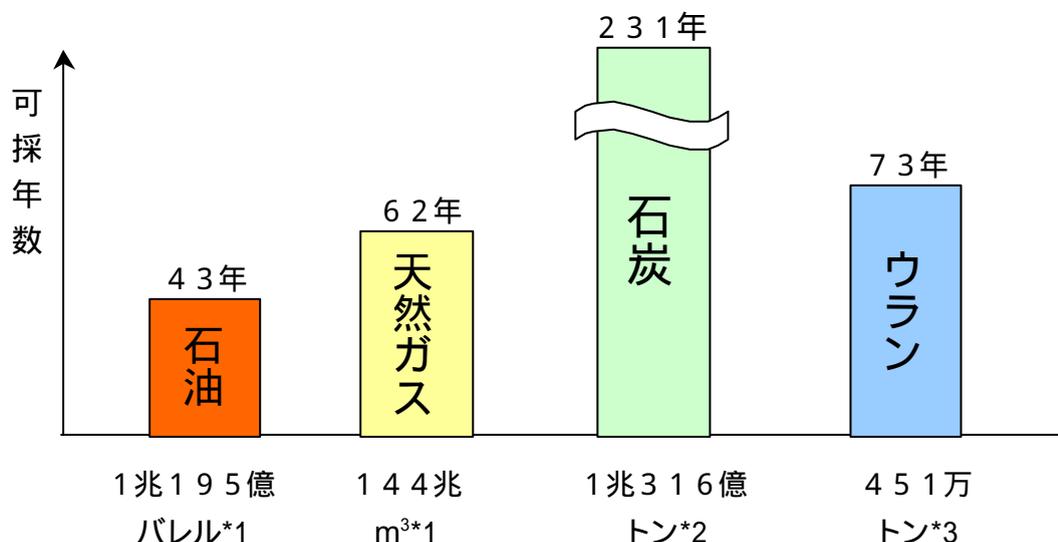


図1.1 世界のエネルギー資源埋蔵量

出典；*1 OIL & GAS JOURNAL

*2 世界エネルギー会議

*3 OECD/NEA/IAEA

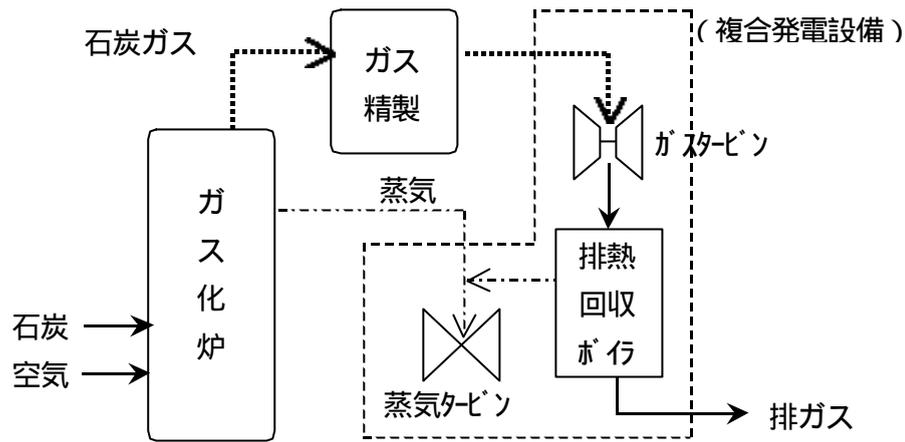


図1.2 IGCCの概念図

IGCCはガス化炉で石炭を部分酸化し、CO及びH₂を主成分とする石炭ガスを発生させる。発生した石炭ガスは、ガス精製装置で不純物質が除去された後、ガスタービンの燃料として供給され、複合発電を行う。

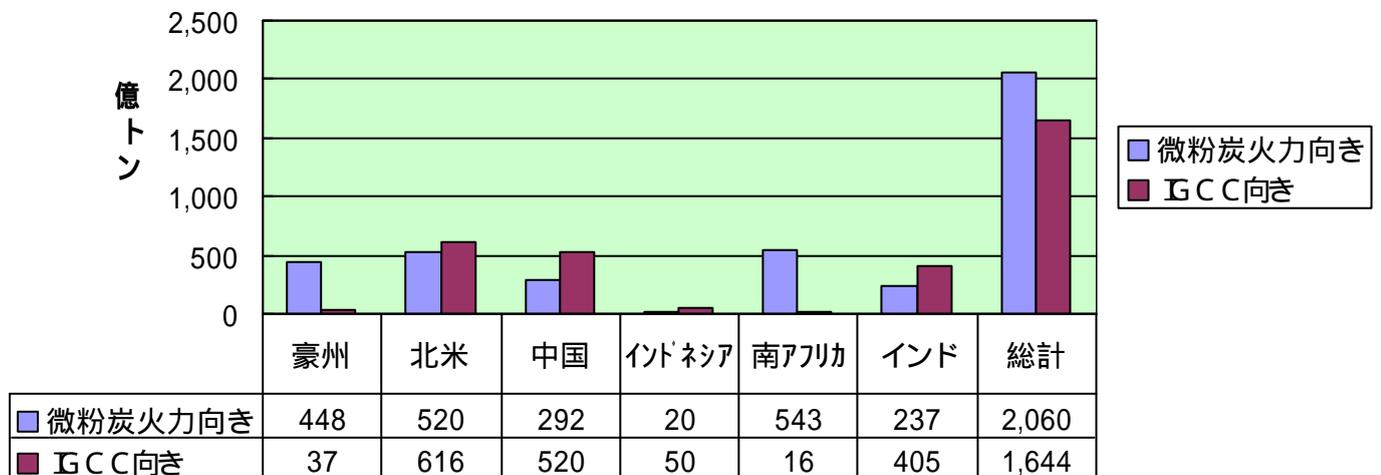


図1.3 日本に輸入可能な石炭量

データは、米国ヒアッドアソシエイツの埋蔵量データを基に、石炭性状を推定して以下の考え方により分類した。

- ・微粉炭火力向きの石炭：ボイラーでは、灰の溶融温度が低いと炉壁に溶融した灰が付着してしまうので、灰の溶融温度が高い石炭が望ましく、灰の溶融温度が1400 以上のもの
- ・IGCC向きの石炭：ガス化炉では、灰の溶融温度が低い方が望ましく、灰を溶融してスラグとして取り除くので、灰の溶融温度が1400 以下のもの

- ・昭和61年度の勿来パイロットプラントによる試験着手以来、多くの成果を蓄積してきたものの、実用化に至るためには、商用プラントに準じた規模の実証プラントにより信頼性、運用性、保守性、安全性、経済性等を検証しておくことが不可欠。
- ・平成9年の気候変動防止枠組み条約締約国会議（COP3）における本邦のシビアなコミットメント達成に向け、石炭をCO₂排出削減等環境と調和した形で利用が可能なIGCC技術の実用化は喫緊の課題。
- ・また、勿来パイロットプラント以来開発が継続している現時点で開始することが重要かつ効率的。なお、開始時期を遅らせた場合、蓄積してきた技術が散逸する等不適當。

(2) IGCC実証プロジェクトに至った背景

- ・IGCCの開発は、石油ショックに端を発して、石炭を燃料とした高効率で環境性に優れた火力発電技術の開発の要請が高まり、昭和58年～60年にかけて新エネルギー・産業開発機構（NEDO）がFSを実施。この結果に基づいて昭和60年に総合エネルギー調査会石油代替エネルギー部会及び産業技術審議会新エネルギー技術開発部会において検討が行われ、パイロットプラントによる開発が決定。昭和61～平成8年の間、福島県勿来においてパイロットプラント試験を実施した。
- ・勿来パイロットプラントによる試験が終了した平成8年度に、通商産業省資源エネルギー庁の「21世紀に向けた発電技術懇談会・火力部会」において、その後のIGCC開発の進め方について検討が行われ、パイロットプラントから適正なスケールアップ比率を有した、商用プラントにつながる規模の実証試験が必要との認識で一致。最適IGCC方式の選定、実用化への技術的検証が必要な要素技術についての試験、実証試験の在り方について平成9、10年で検討・試験を行うこととなった。
- ・勿来パイロットプラントプロジェクトは、「空気吹きドライフィードガス化」+「乾式ガス精製」方式でスタートしたが、その後の勿来パイロットプラント試験の結果、内外での技術の進歩、社会情勢等の変化を踏まえ、新たな開発の方向性を検討すべく、平成9年度のFSにて、今後開発を推進すべきIGCCシステムの再評価を行った。その結果、NEDO石炭ガス化委員会等での審議を経て「空気吹きドライフィードガス化」+「湿式ガス精製」方式が選定された。（表1.1）

表1.1 評価対象としたIGCC方式

方式	設備構成		特徴
	ガス化炉	ガス精製	
A	空気吹きドライフィード	湿式	・酸素吹きより高い送電端効率 ・高い信頼性
B	酸素吹きドライフィード	湿式	・開発段階が低い
C	酸素吹きスラリー・フィード(海外)	湿式	・実績はあるが、熱効率が低く炭種の制約大
D	空気吹きドライフィード	乾式	・最も高い送電端効率 ・乾式ガス精製の信頼性に難
E	酸素/蒸気吹きドライフィード(海外)	湿式	・実績はあるが、効率面、信頼性で不十分

ドライフィード：石炭を微粉炭にしてガス化炉に供給する方式

スラリーフィード：石炭水スラリーを製造してガス化炉に供給する方式

- ・ 電事審需給部会の中間報告（平成10年6月）において、熱効率改善の取組の方向性に対し「今後も石炭火力等の火力電源に一定程度依存せざるを得ないことを踏まえれば、CO₂排出抑制のためには、火力発電所の熱効率の向上のための技術開発及び導入が重要。発電所の新増設、リプレースに際しては、経済性を勘案した上で、その時点で想定される最高水準の熱効率の達成が可能な設備を導入することを基本とし、熱効率向上のための技術開発（特に石炭ガス化複合発電の開発、ACCのガスタービン燃焼温度の向上等）の成果を事業者において速やかに実機に導入するように努めることが望まれる。」と報告された。
- ・ NEDO石炭ガス化部会での審議を経て平成9年度に選定された「空気吹きドライフィードガス化」+「湿式ガス精製」方式のIGCCについて、平成10年度にさらに商用プラントまで視野に入れたFS/要素研究を実施し、高効率性、環境性、商用段階での経済性等について見通しが得られた。
- ・ 平成10年の電力技術評価委員会において、11年度以降、官民の適切な費用分担により、実証プラントに向けた取り組みを行うべきとされた。実用化にあたりスケールアップ後の信頼性や長期耐久性、保守費等についての最終的な検証と見極めは、実証試験によるのみ可能であることから、IGCC開発の最終段階として今回の実証プロジェクトを進めることとなった。

(3) 実用化への道筋と波及効果

- ・ 本プロジェクトはIGCC開発の最終段階であり、実証試験の実施による技術の不確実性に起因する事業者のリスクが取り除かれ、IGCCの高効率性と経済性が検証されることにより、速やかに事業者において実用化が行われる。
- ・ 平成22年（2010年）以降10年間に予想される老朽石炭火力のIGCCへの更新需要は、日本国内で約4000MW以上と想定され、その際には低い熱効率の老朽石炭火力が、IGCCに置き換わることにより約3割のCO₂削減効果が期待できる。

1.2 プロジェクトの性格

本プロジェクトは、パイロットプラント（商用機プラントの約1/20規模）等によって開発を進めてきた石炭ガス化複合発電（IGCC）技術開発の最終段階として、実証プラント（商用プラントの約1/2規模）によって、商用プラントとしての性能、信頼性、運用性、安全性、経済性等を検証するもの

(1) 勿来パイロットプロジェクトの成果および位置づけ

- ・ 勿来パイロットプラントでは、「ガス化炉」+「ガス精製」+「ガスタービン」を相互に結合したシステム（蒸気タービンは省略）が動作することを主眼に研究開発を行い、相応の成果が得られた。

当初は不測のスラッシング（溶融灰閉塞）のトラブルに遭遇したが、最終的には炉改造によりこれを克服し、789時間の連続運転を行い、成功裏に終了。この試験を通じて、将来適正なスケールアップを行うことにより、我が国の実情に即した「空気吹きガス化炉」

を用いた発電プラントが成立し得ることを検証した点が、パイロットプラントの最大の成果と位置づけられる。(規模は、商用プラントの約1/20)

- ・しかし、IGCCを事業用の商用プラントとして実用化するためには、上記パイロットプラント試験だけでは不十分。通常、日本の事業用発電プラントとして求められる下記の要件を検証する必要があり、少なくとも2～3年間の長期の運転試験によってはじめて把握可能なものである。

<日本の事業用発電プラントとして求められる要件>

信頼性及び保全性：年利用率70%以上(ベース火力の計画値)、計画外停止率2%程度(微粉炭火力の実績値)

環境性：SO_x、NO_x、ばいじん等、世界最高水準の最近の日本の微粉炭火力の諸元を十分に満たす環境性能

炭種適合性：幅広い炭種に適合すること

運用性：ベースおよびミドル運用での負荷追従性

経済性：建設費、運転費、保守費を総合した経済性の確保の見通し

安全性：可燃性でかつ有害なガスを取り扱うことに関する、安全性の確保の見通し

上記要件はIGCC準備検討委員会(資源エネルギー庁公益事業部発電課長の私的委員会平成8年8月～9年3月)での整理

- ・また、勿来パイロットプラント計画策定後の内外での技術の進歩、社会情勢等の変化を踏まえ、平成9年度のFSにて、今後開発を推進すべきIGCCシステムの検討を行った結果、「空気吹きドライフィードガス化」+「湿式ガス精製」方式が選定された。
- ・その他、勿来パイロットプラントだけでは不十分な点は以下の通り。
 - ・規模が小さいと共に、運転時間もガス化炉の運転延べ時間で半年程度
 - ・環境性については、昨今の環境要請の高まりの中で要求される水準が、勿来パイロットプラント当時の計画値よりもはるかに高度化
 - ・勿来パイロットプラント終了時、実証プラントに反映すべきいくつかの課題点が明らかにされている(図1.4)。これらは、勿来に続くFS/要素研究、事前検証試験により、小規模な試験装置にて対応策を検証しつつある。

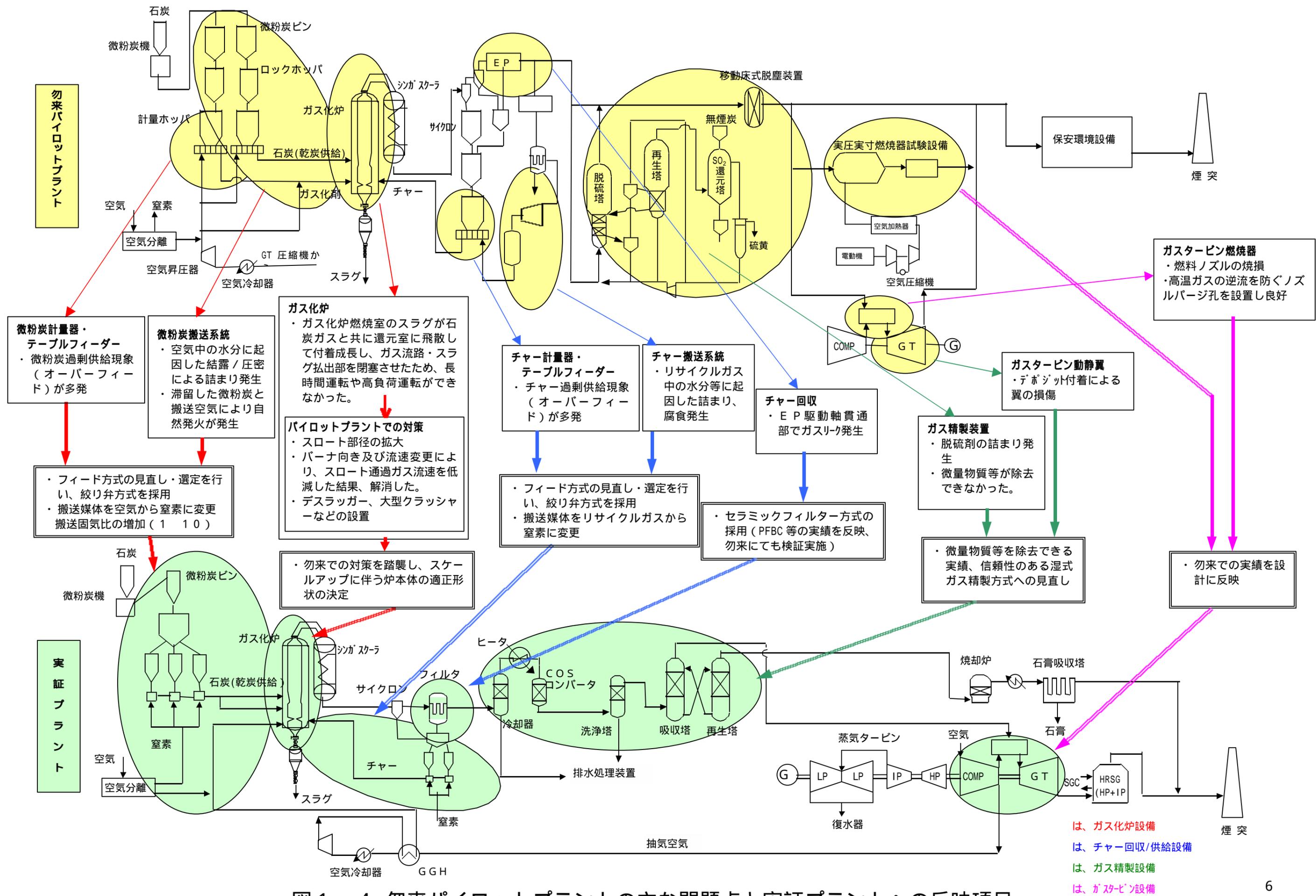


図 1 . 4 勿来パイロットプラントの主な問題点と実証プラントへの反映項目

(2)本実証プロジェクトの性格

- ・一方、実証プロジェクトは、事業用の商用プラントとして求められる信頼性、運用性、安全性、経済性等を、商用プラントに準じた規模の実証プラントにより最終的に検証するもの。すなわち、本プロジェクトにより、I G C Cに係る技術が蓄積され、我が国の石炭火力利用に均てんされるレベルまで到達することを目標とするものである。
- ・「商用プラントに準じた規模の実証プラント」として、本プロジェクトでは商用規模の約2分の1規模に相当する250MW級で計画。(詳細は実証プラント諸元の設定理由の項に記載)
- ・試験期間の約3年間の期間内に、最低2000時間、簡易な手入れのための計画的かつ短時間の停止を挟んで5000時間の連続運転を達成するとともに、長期の運転試験によってはじめて把握できる信頼性、運用性、安全性、経済性等についての検証を行う。

1.3 関連技術動向

- ・石炭の高効率発電技術は、これまでも開発が進められてきており、既に超々臨界圧微粉炭火力(U S C)、加圧流動床複合発電(P F B C)が実用化されている。しかし、これらの方式では原理的に送電端効率42~43%程度が限界であり、また使用炭種としては灰融点の高い石炭を対象とするもの。
- ・石炭ガス化複合発電(I G C C)は、複合発電技術の適用により、従来技術に比べて高効率化が図れ、商用化段階で送電端効率46~48%が達成可能。また使用炭種は、灰融点の低い石炭に適合する技術である。海外でもI G C Cの開発は進められているが、熱効率、信頼性は高くなく、日本の国情にあったI G C C開発が必要。
- ・さらに将来技術として、燃料電池を組み合わせた送電端効率55%を目指す石炭ガス化燃料電池複合発電(I G F C)の開発も進められているが、開発段階はI G C Cが大きく先行している。

(1)他の石炭利用技術との比較(表1.2)

石炭利用技術としては、既存技術としての微粉炭火力及び加圧流動床複合発電が商用レベルで定着しているところであるが、国の支援のもとに現状では次の技術開発が行われている。

- ・超々臨界圧微粉炭火力(U S C) ...既存技術
微粉炭火力は、商用レベルで定着しているが、蒸気条件の向上による効率向上を目的として超々臨界圧微粉炭火力の開発が進められているが、汽力サイクルでは蒸気タービンのみによる発電方式であるため限界(送電端効率42~43%)に近い。また、微粉炭火力では、灰融点の低い石炭はスラッキングトラブル(火炉壁、伝熱管への溶融灰の付着)を起こすため適用しにくく、灰融点の高い石炭に適合する技術である。
- ・加圧流動床複合発電(P F B C) ...既存技術
微粉炭火力に代わる次世代型技術として、加圧下の流動状態で石炭を燃焼させて蒸気を発生させると共に流動床ボイラーからの排気により膨張ガスタービンを駆動して発電を行

う複合発電方式であり、国内3地点で運転中もしくは建設中であるが、運転経験の蓄積により成熟化を図っているところ。流動床炉も灰が溶融すると流動状態を保てないため、微粉炭火力と同様、灰融点の高い石炭に適合する技術である。

- 石炭ガス化複合発電 (I G C C) ...実証試験段階の技術

I G C C は原理的に微粉炭火力や P F B C を上回る効率を得られ、送電端効率は 1300 級ガスタービンで 43 ~ 44 %、1500 級ガスタービンで 46 ~ 48 % が得られるため、C O₂ 排出量を最大限低減しつつ石炭の利用を図る技術。

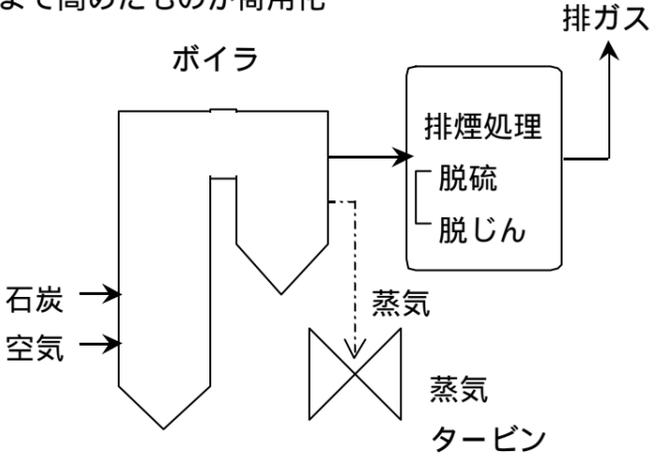
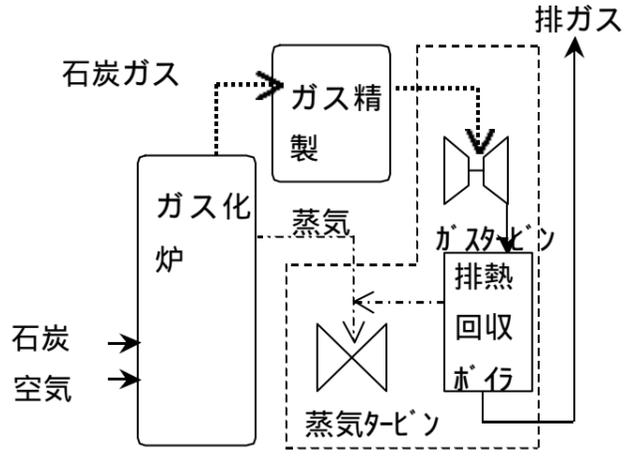
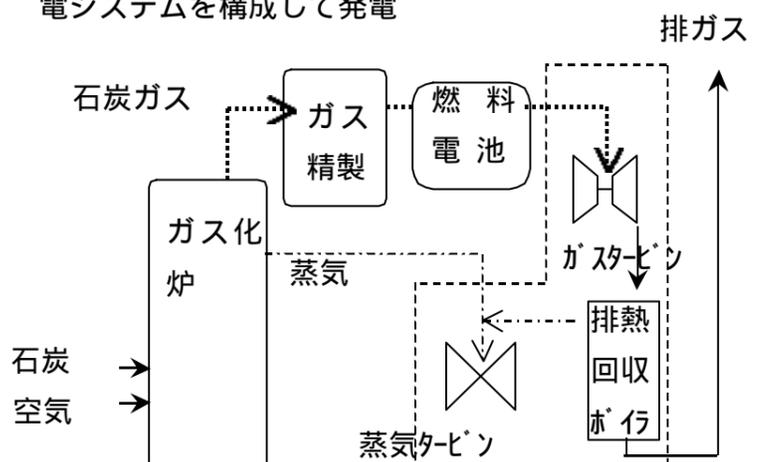
また、I G C C は灰を溶融させて取り出すため、微粉炭火力や流動床ボイラと異なり、灰融点の低い石炭に適合する技術である。

- 石炭ガス化燃料電池複合発電 (I G F C) ...パイロット試験段階の技術

I G C C よりも次世代型の技術と位置づけられる I G F C は、N E D O の委託のもとに電源開発株が E A G L E プロジェクトの名称で開発を推進中。燃料電池用の高カロリーガスを発生させるため、ガス化炉には酸素吹きを採用し、また燃料電池にガスを導入するため高度のガス精製が必要であるなど、I G C C とは開発の課題が異なる。I G C C では極力酸素製造動力を抑えるために空気吹きを採用している。

I G F C は現在、ガス化とガス精製部分についてパイロット規模で開発中であり、将来的に、並行して開発が進められている溶融炭酸塩形燃料電池 (M C F C) あるいは固体電解質形燃料電池 (S O F C) と組み合わせて I G F C を形成する計画。なお、開発ステージは I G C C が 10 年以上先行している。

表1.2 各石炭火力発電方式の比較

項目	微粉炭火力(超々臨界圧: USC)	石炭ガス化複合発電(IGCC)	石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC)	
原理	<ul style="list-style-type: none"> ボイラで高温・高圧蒸気を発生させ蒸気タービンを駆動 熱効率改善のため、蒸気温度を 600、圧力 25Mpa にまで高めたものが商用化 	<ul style="list-style-type: none"> ガス化炉で石炭を可燃性ガスに転換し、複合発電の燃料とする。 	<ul style="list-style-type: none"> 石炭ガス化と、燃料電池(FC)・ガスタービン(GT)・蒸気タービン(ST)を組み合わせるトリプルコンバインド発電システムを構成して発電 	
開発ステージ	主蒸気温度を 700 に高めた USC 技術については、FS を実施中	パイロットプラント試験(200t/日級)を終了し、実証試験段階	現在パイロットプラントを建設中 下記の技術要素をパイロットスケールで部分的に確認 ・酸素吹き石炭ガス化炉の開発 ・高度ガス精製システムの開発(S分等の不純物 1ppm 以下) (石炭ガス利用燃料電池(MCFC, SOFC)の開発と IGFC システム実証は、今後の課題)	
特徴	開発のねらい	<ul style="list-style-type: none"> 石炭火力の熱効率向上(既存技術の改良によるアプローチ)(700 級 USC) 未利用石炭(融点の低い瀝青炭、亜瀝青炭)の活用 	<ul style="list-style-type: none"> 石炭火力の熱効率向上(ガス化炉等の新規技術開発とガスタービン等の既存技術の組み合わせによるアプローチ) 未利用石炭(融点の低い瀝青炭、亜瀝青炭)の活用 	
	適用燃料	環太平洋に存在する灰の融点の高い瀝青炭 可採埋蔵量 およそ 2060 億 t (5000 兆 MJ)	微粉炭火力で使用しにくい未利用石炭(環太平洋に存在する灰融点の低い瀝青炭、亜瀝青炭) 可採埋蔵量 およそ 1640 億 t (3800 兆 MJ)	同左
	適用規模(単機)	1000MW が多数運転中	500MW ~ 600MW 級	至近年では 50MW 級程度の産業用、将来的には 600MW 級
安全性	安全に関する留意点 ・微粉炭の自然発火	<ul style="list-style-type: none"> 微粉炭の自然発火 可燃性ガス、有毒ガスの取扱 高圧ガスの取扱 	同左	
効率	送電端効率 40.5% (現状) ~ 43.0% (700 級 USC)	実証機 40.5% 商用機 46 ~ 48%	商用機 53 ~ 55%	
環境特性	硫黄酸化物濃度 窒素酸化物濃度 ばいじん濃度	ベース	ベースと同等 (発電電力量あたりの排出量は、効率向上分だけ低減)	同左
	CO2 排出量 (g-C/kWh)	217 (現状) ~ 204 (700 級 USC)	実証機 217 商用機 183 ~ 191	商用機 169 ~ 165
	石炭灰の排出容積 (kWh あたり)	100% (ベース)	40 ~ 45% (商用機の場合) 灰がスラグとなるため容積が半減、さらに熱効率の向上により低下	40% 程度 (商用機の場合) 灰がスラグとなるため容積が半減、さらに熱効率の向上により低下

(2)海外のIGCC

海外でも各種方式によるIGCC実証プラントプロジェクトが行われているが、必ずしも高効率でなく、天然ガスのバックアップもあり、IGCCとして高い稼働率、運転時間は達成されていない。日本にIGCCを導入するには、日本の国情に合ったシステムの開発が必要。また、日本で求められる高効率、高信頼性のIGCCが開発された場合には、海外への技術展開も可能となる。

プロジェクト	ブナム (オランダ)	プルトヤノ (スペイン)	パッフル (アメリカ)	タンパ (アメリカ)	実証プラント (日本)
ガス化炉方式	酸素吹きドライフト	酸素吹きドライフト	酸素吹きスリーフィート	酸素吹きスリーフィート	空気吹きドライフト
出力 (適用GT)	284 MW (1100 級GT)	335 MW (1300 級GT)	296 MW (1300 級GT)	322 MW (1300 級GT)	250 MW (1200 級GT)
実施主体	電力会社4社で 会社設立	電力会社8社と メーカー3社	エネルギー会社と 電力会社	電力会社単独	電力会社等 11法人で 会社設立
信頼性 (最大連続運転時間)	推定1,150時間	100時間	1,305時間	1,250時間	目標 2,000時間
実証試験 開始時期	1994年1月	1997年11月	1995年11月	1996年9月	2007年
送電端 効率	計画 41.4% 実績 不詳	計画 41.5% 実績 不詳	計画 37.8% 実績 39.7%	計画 39.7% 実績 37.5%	目標 40.5%
使用燃料	・豪州炭等数種 ・天然ガス	・地元炭 ・石油コークス ・天然ガス	・地元炭(高硫黄) ・石油コークス ・天然ガス	・地元炭(高硫黄) ・石油コークス ・天然ガス	・低灰融点炭

GT：ガスタービン

2. 国のプロジェクトであることの妥当性

- ・本プロジェクトは、エネルギーセキュリティと地球温暖化防止に寄与する技術開発であり、その成果は日本の国民全体に裨益するもの
- ・本プロジェクトは、実用化に至る最終段階の試験であり、国から3/10補助、民間も7/10を拠出し開発リスクを負うことで、確実性の高い技術開発が可能

- ・本技術が開発されることによるメリットには、地球温暖化防止、エネルギーセキュリティの確保というような直接的なものと、石油や天然ガス、従来型高品位石炭の価格牽制という間接的なものがあるが、いずれも社会的要請を踏まえつつ、安定した電力を供給できることにより、国民全体に裨益するもの。
- ・他方、規制緩和によって電力事業も自由化され、火力電源の入札制に象徴されるように、短期的視野に立った価格競争原理のみによって発電技術が選択される傾向が見られるところ。このような情勢のもとでは、IGCC実証プラントに係る研究開発はプロジェクト総額も巨額で、開発リードタイムが長く、技術的リスクが伴うことなどから、一般電気事業者のみによって開発することは、きわめて困難な状況。
- ・IGCC技術開発においては、パイロット段階（国補助9/10）、FS/要素研究による実証プラントへの移行段階（国補助5/10）と逐次官民の適正な費用分担により開発が進められてきている。本実証プロジェクトについても、実用化の障壁となっている技術リスクを本プロジェクトにより解消すれば民間独自での実用化が可能である点を踏まえ、民間のイニシアティブを重視しつつ、実用化の最終段階として国の支援が不可欠。

以上の観点から、実用化に至る最終段階として、事業者だけではなく相応の割合で国費を投入することが適当（国補助3/10）。

万一、開発の継続ができない場合には、低価格のみを指向した電源が台頭し、低コストの電力供給は達成されるものの、地球温暖化問題という世界レベルの大問題に対して、対処がなされないこととなる。この場合には、我が国の石炭によるエネルギーセキュリティの確保と地球温暖化対策の両立が困難になると共に、LNG及び微粉炭火力向けの瀝青炭価格に対する価格牽制力がなくなる等の懸念が発生することとなる。

3. 目標

3.1 最終目標

実証試験において送電端効率40.5%を達成することにより、商用プラントでの送電端効率46～48%達成の見通しを得ること

(1)目標指標及び水準

実証プロジェクトで達成されるべき各要件毎の目標は下記の通りである。

指標	水準
信頼性	年利用率70%以上の見通しが得られること
熱効率	送電端効率40.5%程度
環境性	SOx：8 ppm (16%O ₂ 換算) NOx：5 ppm (16%O ₂ 換算) ばいじん：4 mg/m ³ N (16%O ₂ 換算)
炭種適合性	微粉炭火力に適合しにくい灰融点の低い石炭(灰溶融温度1400以下)を使用し、安定運転ができること
経済性	発電原価が微粉炭火力と同等以下となる見通しを得ること

(2)目標設定の根拠

商用化時点で求められる各要件毎の水準は下記の通りであり、これを基に実証プロジェクトでの目標設定をおこなった。

指標	水準
信頼性	年利用率70%以上
熱効率	発電端 送電端 51% 46% 1500 級ガスタービン/湿式ガス精製の場合 53% 48% 1500 級ガスタービン/乾式ガス精製の場合
環境性	SOx：8 ppm (16%O ₂ 換算) NOx：5 ppm (16%O ₂ 換算) ばいじん：4 mg/m ³ N (16%O ₂ 換算)
炭種適合性	瀝青炭に加えて、亜瀝青炭等の灰融点の低い、より低質な石炭を使用して安定運転ができること
経済性	発電原価が微粉炭火力と同等以下

信頼性

実証プラントは、商用プラント並の信頼性を検証するという趣旨から、ベース電源として必要な年利用率を確保できることとした。

熱効率

実証プラントにおいては、規模が比較的小さいこと、ガスタービン性能が商用規模のものより劣ることを勘案すると、送電端効率40.5%程度となる。それでも1000MW級大容量微粉炭火力の送電端効率(約40.5%)とほぼ同等であり、妥当な水準である。

実証プラントでIGCCの総合的な検証がなされれば、商用段階では大容量で高性能な

1500 級ガスタービンの採用により、高い熱効率が達成される。

環境性

SO_x、NO_x、ばいじん等の排出濃度が新鋭微粉炭火力と同等で、熱効率の向上により発電電力量あたりの排出量が低減されることを目標とした。

炭種適合性

商用段階では幅広い炭種適合性が求められるが、微粉炭火力向きの炭種によるガス化はすでに勿来パイロットプラントで検証済みである。

実証プラントでは主として、微粉炭火力に不向きでIGCCに適していると考えられる、低灰融点炭を使用することとする。

経済性

今後大規模電源においても、競争による導入の決定が行われていく所である点も踏まえ、少なくとも既存の超々臨界圧微粉炭火力（USC）と同等程度の経済性の確保が必要である。

3.2 中間目標

事前検証試験を実施することにより、プラントの信頼性、安全性向上に資するデータを取得し、実証プラント設計への的確に反映

事前検証試験において、実証プラント設計への反映項目として下記の見通しが得られること。
設計研究において

- ・ プラント全体としての信頼性の確認
個別構成機器毎、及びシステム化した時の連続運転時間を評価し、机上で実証プラントにおいて年利用率70%以上の見通しを得ること
- ・ 安全性の確認
機器の故障時にも安全停止ができること
配管等からのガス漏洩時においても、周辺環境の安全が確保できること

ガス化炉試験において

- ・ 24t/日試験炉による安定運転の確認、最適運転条件の把握
試験炉において50時間程度の連続安定運転が可能であること
実証プラントで空気比*0.43程度で運転できることの確認
* 空気比：石炭の燃焼（完全酸化）に必要な理論必要空気量に対する比
- ・ 炭種別のガス化特性の把握
設計候補炭を確定すること
- ・ 構成部材の長期信頼性・耐久性の確認
試験炉において、動作不良、焼損、急激な摩耗等が発生しないこと

ガス精製試験において

- ・ H₂S 吸収液の性能、劣化特性の把握
実証機における液の取り替え頻度、量の確認
- ・ 熱交換器への塩化アンモニウム析出挙動・除去方法の検証
実証機における熱交換器性能の確認

ガスタービン試験において

- ・ ガスタービン翼へのデポジット付着特性の把握、寿命予測手法の確立
ガスタービン翼の取り替えが、最低でも定期点検間不要であることの確認

3.3 目標設定の機動性

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">・ 目標設定以降、大きな情勢変化は無い。・ 今後の事前検証試験結果等を設計に反映するとともに、目標値の向上をはかる。 |
|---|

- ・ 今回設定している目標は、勿来パイロットプラント計画設定当初からの情勢変化及びこれまでの試験結果等を踏まえ設定をおこなっており、その後、大きな変化は無い。
- ・ 今後、事前検証試験によって得られた試験結果を、適宜実証プラントの個別機器設計（構造、形式、腐食代、減肉代等）に反映を行い目標の達成をはかる
- ・ また、事前検証試験結果により目標値の向上がはかれる場合には、実証プラント建設前に目標値の見直しを実施する

4. 計画内容

4.1 全体スケジュールと年度費用展開

- ・ プラント設計の前段に事前検証試験を実施し、適宜基本設計・詳細設計に反映し、実証プラント運転試験の确实性を高める

実証プラントプロジェクトは、平成11年度から平成21年度までの計画であり、「事前検証試験」と「実証試験」の2つの工程に大別される。総事業費は約980億円であり、国からの補助は30%を予定。

(金額の単位：億円)

平成	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
事前検証試験											
実証試験				基本設計・詳細設計			建設		運転試験		
環境アセスメント											
プロジェクト外年度費用 総額 980 億円	7	23	18	21	33	179	284	259	71	49	37
補助額 総額 289 億円	2	7	3	4	10	54	85	78	21	14	11

(環境アセスメントは補助対象外)

4.2 事前検証試験（平成11～13年度）

事前検証試験は、実証プラント運転試験確実性を高めるため、実証プラント設計に反映させるための信頼性 / 安全性に係る各種試験を実施

(1)設計研究

信頼性検証試験を行うにあたり機器の使用条件を明らかにするため、いろいろな運転モードを勘案したプラント設計を行う。また、プラントの信頼性・安全性を評価する手法を開発する。（表4.1）

(2)構成部材の信頼性検証試験

平成9、10年度のFS / 要素研究の成果を踏まえ、建設着手に先立って、IGCCの主要構成機器であるガス化炉設備、ガス精製設備及びガスタービン設備について、機器の信頼性、耐久性に特に懸念を有するものと評価される部位について、試験装置を用いた検証試験を実施する。これにより、実証プラント試験時に、当該部位のトラブルによりプラントが停止することが未然に防止され、効率的な実証試験の推進に資する。（表4.1）

表4.1 事前検証試験実施項目

項目		H11	H12	H13	備考	
設計研究	構成部品の信頼性、耐久性等検証用設計研究				各機器の信頼性検証試験に設計研究成果を反映	
	安全性 / 信頼性評価研究					
	ダイナミックシミュレーション					負荷変化時、負荷遮断時等の動特性確認
構成部材の信頼性検証試験	ガス化炉	ガス化炉構成機器の信頼性及び性能検証試験				
		大型弁信頼性検証試験				
	ガス精製	ガス精製構成機器等の信頼性検証試験				
		GT*	ガスタービン機器信頼性試験			

*GT：ガスタービン

4.3 実証試験（平成13年度～21年度）

- ・実証プラントの設計・建設・運転試験を実施し、スケールアップの妥当性および性能、長時間の信頼性、運用性、安全性、経済性、炭種適合性等を検証する。
- ・商用プラントの設計に必要な特性データを取得するとともに、効率的な運転手法、保守手法を確立する。

(1) 実証プラントの概要

出力（石炭使用量）	250MW級（約1600t/日）
方式	ガス化炉：空気吹きドライフィードガス化 ガス精製：湿式ガス精製（MDEA）+石膏回収 ガスタービン：1200級
目標熱効率	発電端 46% 送電端 40.5%
候補地点	検討中

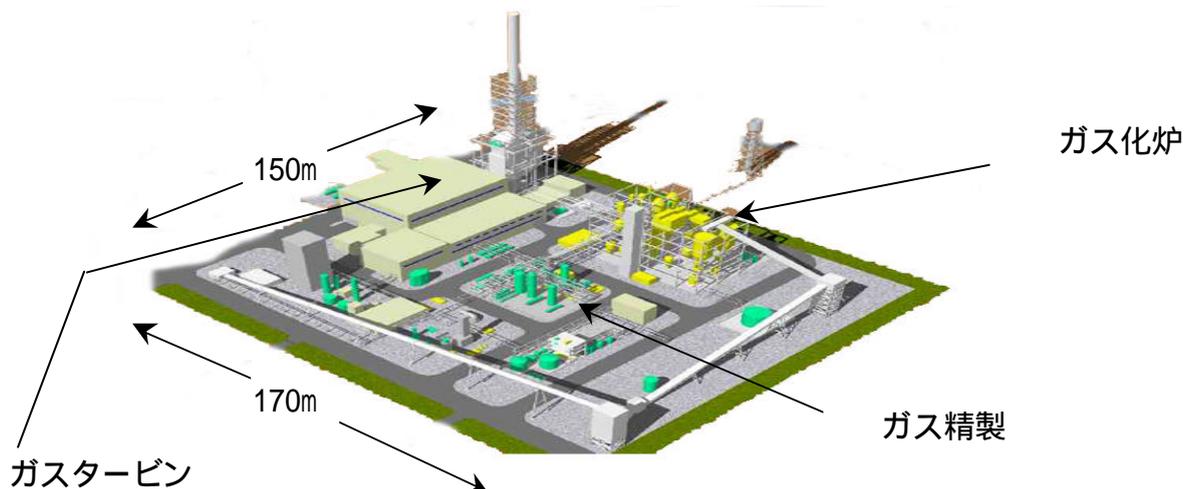


図4.1 実証プラント完成予想図

(2) 実証プラント諸元の設定理由

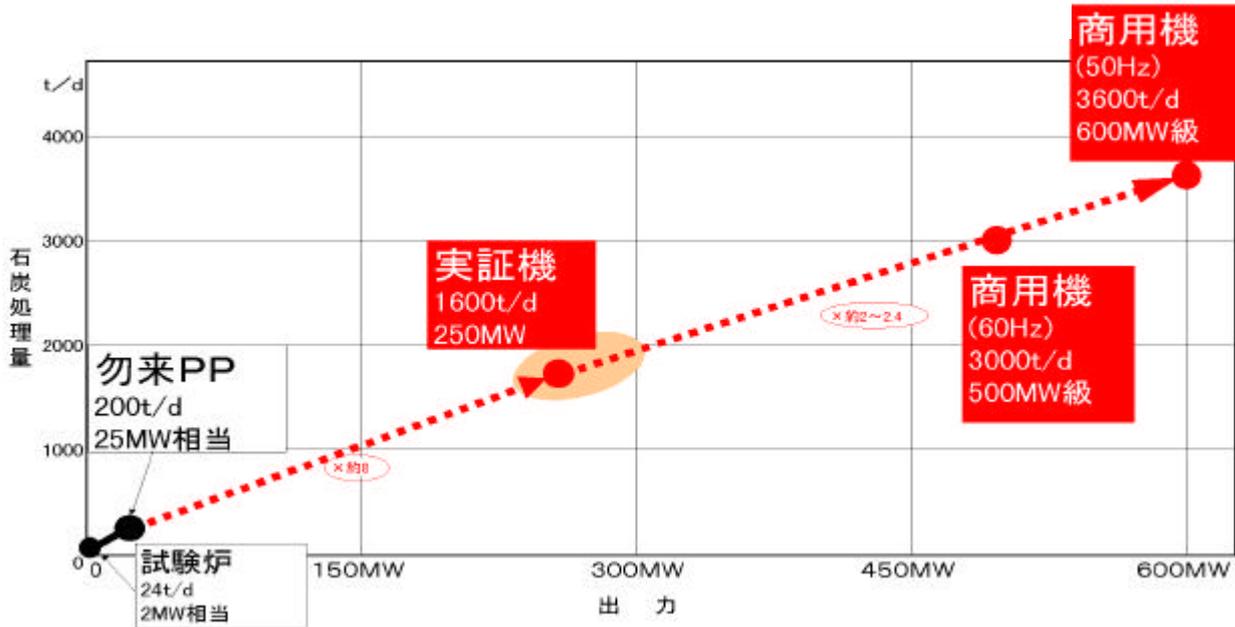
・出力及び石炭使用量

実証プラントの出力規模は、パイロットプラントから実証プラントへのスケールアップ比率と、実証プラントから商用プラントへのスケールアップ比率の双方を見て、適正な値を選定する必要がある。

パイロットプラントから実証プラントへのスケールアップ比率は、海外プラントの実例（4～10倍程度）を参考として約8倍、実証プラントから商用プラントへのスケールアップ比率については、過去の電力プラントのスケールアップ実績（最大2.12倍）を参考にして2倍程度を選定し、結果として実証プラントの出力規模を250MW（石炭使用量約1600t/日）とした。（図4.2）

- ・商用プラント単機容量は適合するガスタービンの機種から、500MW級（60Hz地域）～600MW級（50Hz地域）
- ・勿来パイロットプラントでは、電中研の2t/d炉から100倍のスケールアップが過大であったため、不測のトラブルに遭遇して、解決に多くの期間と費用を要した。

図4.2 I G C Cにおけるスケールアップ



< 海外のガス化炉のスケールアップ例 >

テキサコ炉	150t/d	800t/d	900t/d	1900t/d	平均 2.3倍
		5.3倍	1.25倍	2.2倍	
		Tennessee Eastman	Cool Water	Tampa	
シェル炉	150t/d	250t/d	2000t/d		平均 3.7倍
		1.7倍	8倍		
		SCGP-	Bugenum		
プレフロー炉	150t/d	48t/d	2600t/d		平均 7.4倍
		1/3.8倍	150t/dの17倍		
		Essen	Puertollano		
ダウ炉	36t/d	400t/d	1600t/d	2400t/d	平均 4.1倍
		11倍	4倍	1.5倍	
		LGTI-	LGTI-	LGTI	

< 商用火力プラントのスケールアップ例 (50Hz) >

(1) 汽力発電プラント 最大1.7倍以下

66MW 75MW(1.14倍) 125MW(1.66倍) 175MW(1.4倍) 265MW(1.51倍) 350MW(1.32倍)
450MW(1.29倍) 600MW(1.33倍) 1000MW(1.67倍)

(2) LNGコンバインドサイクル 最大2.2倍以下

165MW 350MW(2.12倍) 360MW(1.03倍) 380MW(1.06倍) 500MW(1.32倍)

・方式

方式は、平成9年度のF Sにおいて選定された方式である。湿式ガス精製を採用した主な理由は、勿来パイロットプラントにて開発した乾式精製は、勿来プロジェクトでの目標性能は達成したものの、実証プラントに採用するには機器信頼性・環境性に課題が多く、早期にかつ確実にI G C Cを完成させるためには、当面の実証プラントでは比較的技術課題の少ない湿式ガス精製を採用すべきとの判断をしたためである。

ガスタービンはプラント出力250MWとするため、1200級を採用する。

・目標熱効率

1200級級ガスタービンでは高効率化には限界があるが、新鋭大容量微粉炭火力程度の目標効率を設定した。

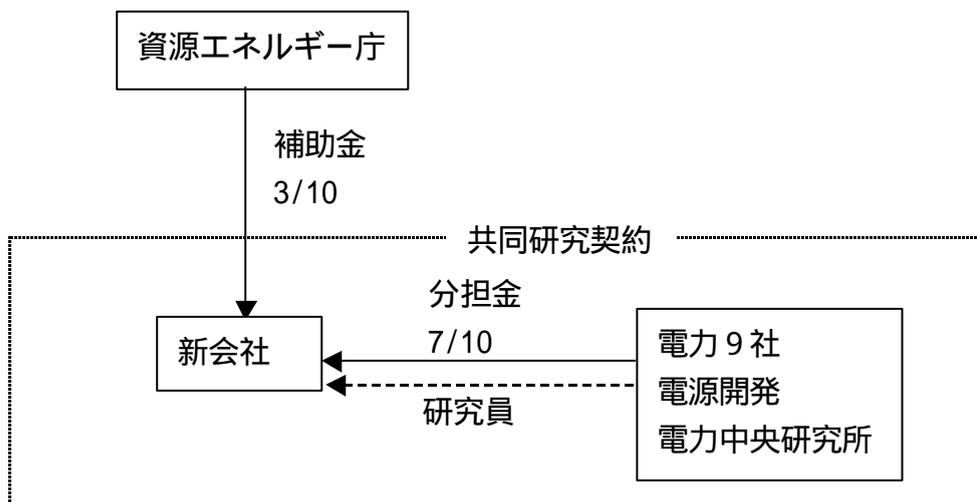
・候補地点

効率的な開発を指向し、石炭関連のインフラ設備が整っている地点を中心に検討を進めていく。

5. 研究開発体制

実用化に至る最終段階として、民間主導での開発体制を構築

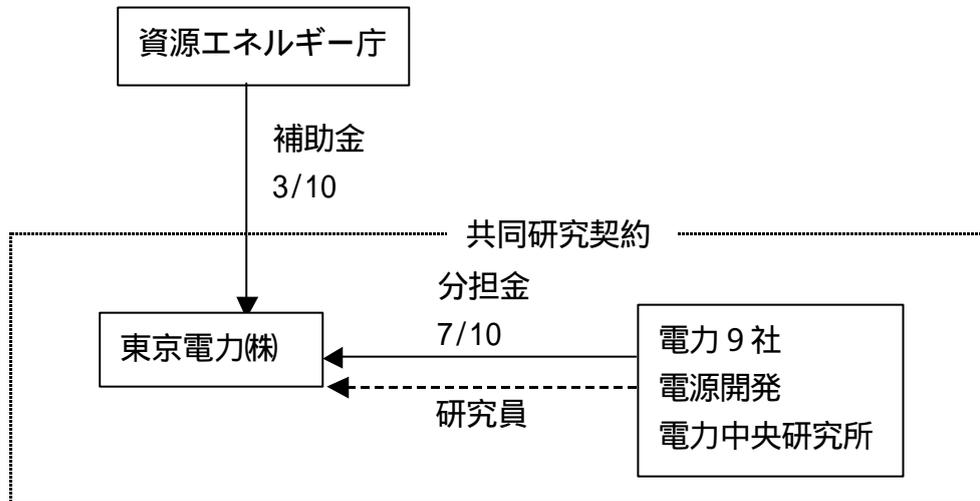
- ・ I G C C 開発はパイロット試験段階（国補助90%）、F S・要素研究段階（国補助50%）を経て、今回の実証試験はI G C C 開発の最終段階（国補助30%）であり、早期実用化を図るためにも民間主導で行うことが望ましい。
- ・ 実証試験の運営は、既存の電力会社とは独立して開発を専門に行う新組織が前提となるが、新会社設立の方向で計画中。
- ・ 会社組織とすることで、機動的かつ責任が明確となるため、適宜情勢の変化及び進捗状況に応じて効率的な運営管理が可能となり、プロジェクトの成功性が高まる。



<新会社のイメージ>

項目	現時点での想定
設立予定時期	平成12年度
資本金(出資者)	1億円程度(9電力会社+電源開発)
設立場所	当初は東京に本社を設立し、建設着手時点でプラント設置場所に移転

・ただし、会社を設立するまでの平成11・12年度の事前検証試験期間中は、暫定的に東京電力(株)を補助事業者としている。



プロジェクトの成果に関するもの

1. 平成11年度事前検証試験の具体的な成果

1.1 計画と比較した達成度

- ・平成11年度事前検証試験は、計画通り進捗し、実証機設計へ反映可能な成果を得た。
- ・これにより、実証プラント設計に反映すべきデータは取得途中であるものの、今後も事前検証試験を継続して実施することにより、所期の目標を満足する実証プラントの建設が可能な見通しを得ている。

(1)設計研究

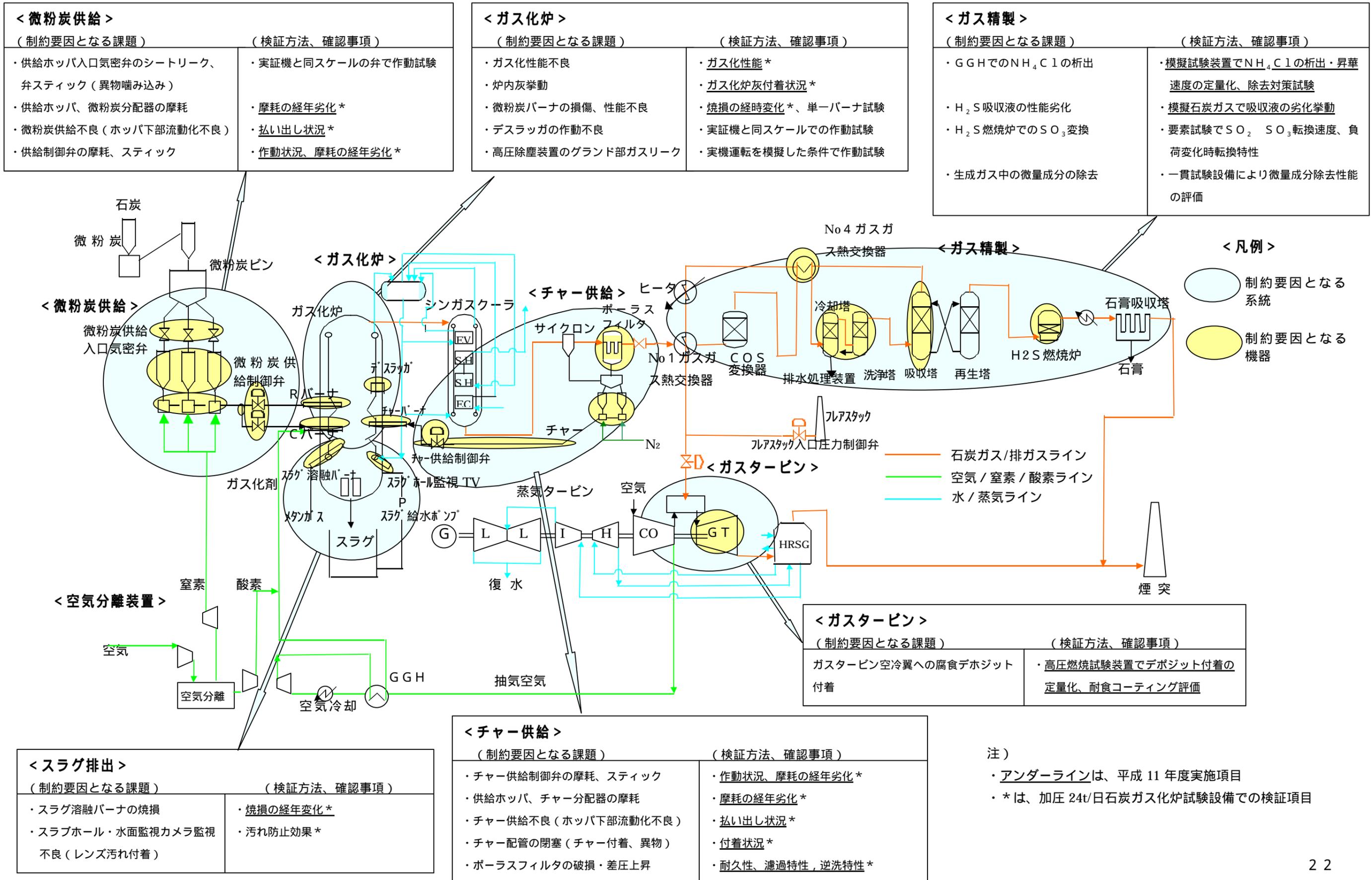
・構成部品の信頼性・耐久性検証

個別の事前検証試験を実施するにあたり、プラント全体の概略機器設計を行うことにより、試験に供する部品・機器の使用条件を決定した。また実機で想定される課題および制約条件を個別機器毎に抽出し、検証方法を確立することにより、後述する事前検証試験の精度を向上させることができた。(図1.1)

・システムの安全性・信頼性評価

安全性・信頼性評価手法の1つであるFMEA(Failure Mode and Effect Analysis)を用い、各機器毎および系統毎に、異常事象の抽出、異常事象の発生頻度、システムに及ぼす影響度およびその対策案を分析した。その結果、各機器毎の信頼性・安全性評価レベルを把握することができた。

図 1 . 1 個別機器毎の課題・制約条件の抽出



(2)事前検証試験

・ガス化炉構成機器の信頼性検証試験

加圧24t/日石炭ガス化炉試験設備を用いて、ガス化試験前後の開放点検を実施することにより、各 부품の磨耗等の経時変化を調査した結果、各部とも磨耗、焼損および動作不良等の異常は認められなかった。この結果、運転時間は200時間程度と短かったものの、現状で計画している材料や部品の仕様について特に問題となる事項は確認できなかった。

また実証機候補炭による酸素濃度変化試験、炭種変化試験および高温ガスフィルタ評価試験を実施した。この結果、炭種毎のガス化性能については、B炭（中国炭）およびC炭（米国炭）とも性能予測値とほぼ一致した結果が得られた。スラグ排出特性については、C炭はスラグの流下に難点が認められ空気比を低減させることは困難であったが、B炭はスラグの流下がスムーズでB炭が候補炭として優れていることを確認できた。

また高温ガスフィルタについては、フィルタ毎の差圧特性・集塵特性の把握により、機種選定の一助となるデータを取得できた。

今後、B炭を中心に更に詳細なガス化試験を実施し、最適炭種の見極めを行うとともに、長時間運転による構成部品の信頼性を検証していく必要がある。

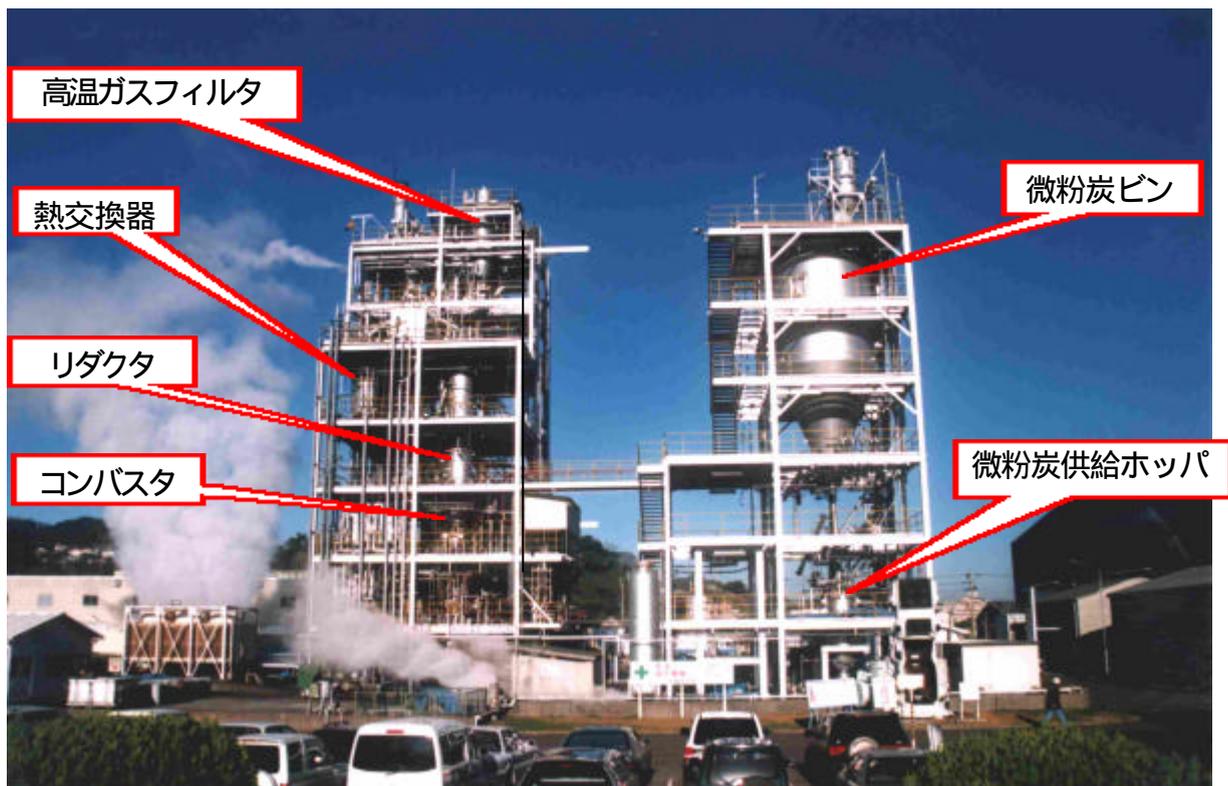


図1.3 24t/日 ガス化炉試験装置外観

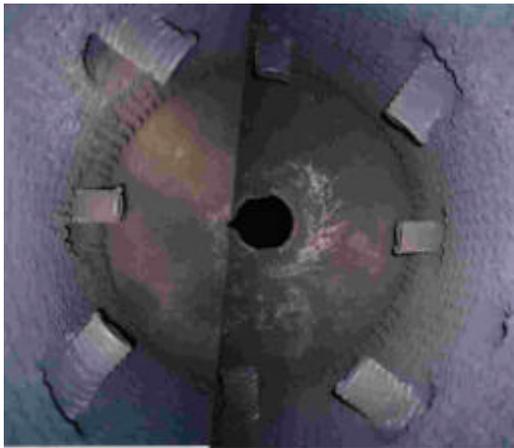


図 1 . 4 ガス化炉コンバスタ部分内部点検状況

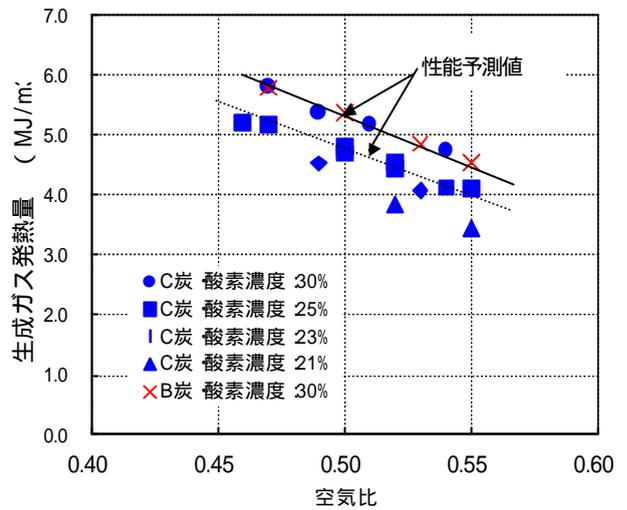


図 1 . 5 生成ガス発熱量と空気比の関係

・ ガス精製構成機器の信頼性検証試験

湿式ガス精製プロセスにおいて、石炭ガス中の HCl, NH₃ から生成される NH₄Cl (塩化アンモニウム) の熱交換器への析出・昇華挙動を調査し、NH₄Cl の析出・昇華速度、限界析出厚み等を把握することができた。この結果、実機において、精製ガスの加温、昇華工程を一定のインターバルで行えば、連続運転が可能との見通しを得ることができた。ただし、プラント効率の低下を極力防ぐため、最適なプロセスを検討していく必要がある。

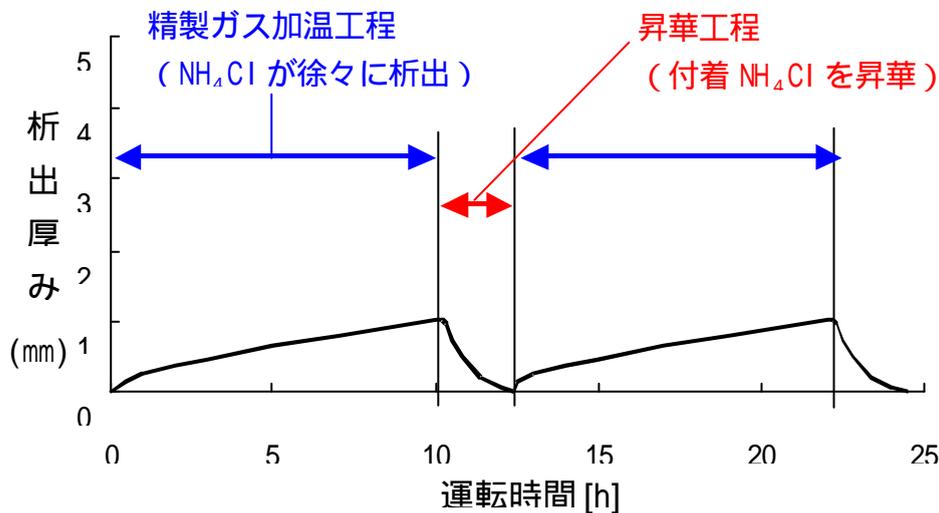


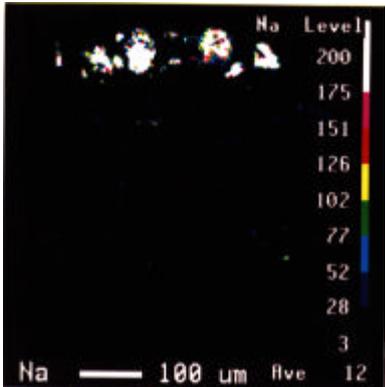
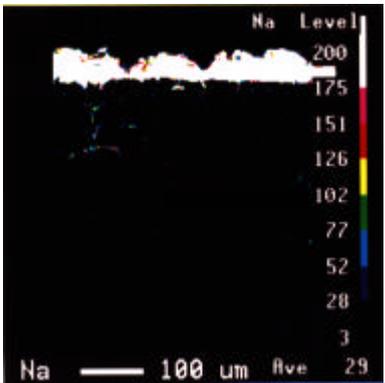
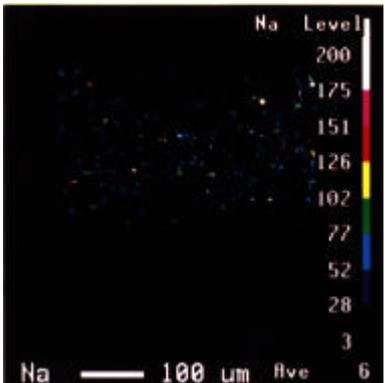
図 1 . 6 昇華プロセス採用時における析出厚みの経時変化計算結果

また、石炭ガス中の H₂S を吸収する溶液 (MDEA 溶液) の劣化挙動を把握するため、基礎試験装置を用いて模擬ガスによる吸収劣化試験を実施し、劣化成分 (HCN, HCl, HF 等) 毎の吸収液に対する影響度を評価することができた。今後、MDEA 溶液については、吸収・再生工程の繰り返しによる MDEA 溶液の耐久性を確認する必要がある。

・ ガスタービン構成機器の信頼性検証試験

ガスタービン翼のデポジット付着特性およびコーティング材の腐食成分侵入現象を解明する研究を実施した。デポジット付着特性については、実際の付着物組成と凝縮組成計算コードから求めた付着物組成がほぼ合致する結果が得られ、凝縮組成計算コードの信頼性が確認された。またコーティング材の腐食成分侵入現象については、腐食成分の濃度および翼のメタル温度との相関関係を解明することができた。

今後、実機における予測精度を向上させるため、ガス圧力やガス流速等の変化によるデポジット付着特性を明らかにしていく必要がある。

メタル温度	Na 分布	評 価
800	 <p>Na Level 200 175 151 126 102 77 52 28 3 Na 100 um Ave 12</p>	TBC 層内への Na の侵入はほとんど無し
850	 <p>Na Level 200 175 151 126 102 77 52 28 3 Na 100 um Ave 29</p>	TBC 上層に Na の侵入が認められる。
900	 <p>Na Level 200 175 151 126 102 77 52 28 3 Na 100 um Ave 6</p>	TBC 層全体にわたって Na の侵入が認められる。

1.2 達成された成果自体の意義

事前検証試験及び設計研究で取得したデータは、実証プラント設計に不可欠なものであり、実証プラントの信頼性向上に資する。

技術課題を残したまま実証機の建設・運転試験を開始した場合、実証機が大型であるが故に、不具合が発生した場合の改造費用と試験期間のロス是非常に大きくなる。このため、設計研究により技術課題を抽出し、事前検証試験によって構成機器毎の検証試験を実施し、その結果を実証機設計に反映することにより実証機の信頼性を向上させることが、I G C Cの実証開発にとって必要不可欠である。

2. 実用化との関係、成果普及、広報体制

2.1 実用化との関係

本プロジェクトは、I G C C開発の最終段階の実証試験であり、本試験により事業用の商用プラントとして求められる信頼性、運用性、安全性、経済性等が検証され、I G C Cの実用化が可能となる。

- ・ I G C Cは、パイロットプラント規模での試験が実施され、その後のF S / 要素研究でパイロットプラントでの課題の克服がおこなわれてきたが、実証プラントによる検証を経ないで商用プラントとして実用化することは、安定した電力の供給の観点からリスクが大きすぎるため成立しない。
- ・ 本プロジェクトを実施することにより、事業用の商用プラントとして求められる信頼性、運用性、安全性、経済性等が検証され、リスクが払拭されるため商用プラント導入が可能となる。

2.2 成果普及、広報体制

平成11年度から始められた事前検証試験の成果、および今後実証試験で得られる成果については、研究発表会等の場あるいはパンフレット等で積極的に成果発表していく計画である。

3. 今後の展開

今後、事前検証試験（各設備の構成機器の信頼性検証試験及び机上検討）を進めながら、I G C C実証機の設計、建設、運転試験を進めていく計画である。

I G C Cの開発については、昭和61年度から平成8年度まで実施してきたパイロットプラント運転試験、平成9、10年度に実施したフィージビリティスタディ・要素研究、および平成11年度から実施している事前検証試験の結果等を踏まえ、

- ・ 勿来パイロットプラントからのシステム大型化、これに伴う構成機器の信頼性等技術課題の克服
- ・ 実証段階及び商用段階で求められる性能、信頼性、安全性、経済性等の要件の達成等は可能との見通しを得ている。

以上