

資源・エネルギー技術評価検討会

報告書

「噴流床石炭ガス化発電プラント実証」

に関する評価報告書

平成12年7月

資源・エネルギー技術評価検討会

## 資源・エネルギー技術評価検討会 委員

- (座長) 中川 威雄 東京大学名誉教授
- 有井 良和 電気事業連合会技術開発部長
- 岡崎 哲二 東京大学大学院経済学研究科教授
- 庄司 正弘 東京大学工学部機械工学科教授
- 富田 彰 東北大学反応化学研究所教授
- 松井 好 立教大学社会学部教授
- 村上 清明 株式会社三菱総合研究所科学技術研究センター  
科学技術政策部部長
- 森 俊介 東京理科大学理工学部経営工学科教授

## 資源・エネルギー技術評価検討会 検討経緯

### 平成12年3月29日 第1回検討会

- 技術評価検討会の進め方について
- 前回の技術評価検討会のフォローアップ
- 評価対象プロジェクト「噴流床石炭ガス化発電（IGCC）プラント実証」に係る説明
- 質疑応答

### 4月17日 第2回検討会

- 「噴流床石炭ガス化発電（IGCC）プラント実証」に関する評価
  - ・主要論点の整理
  - ・プロジェクト推進者からの追加説明
  - ・討議

### 5月17日 第3回検討会開催

- 「噴流床石炭ガス化発電（IGCC）プラント実証」に関する評価報告（案）について
  - ・主要論点の整理
  - ・実施者からの追加説明
  - ・討議

## 目 次

< 総合評価（評価のポイント） > .....	1
< 評価各論 >	
1 . プロジェクトの意義、目的 .....	2
2 . 国のプロジェクトであることの妥当性 .....	4
3 . 目標 .....	4
4 . 計画内容 .....	5
5 . 研究開発体制 .....	6
6 . 実用化との関係、成果普及、広報体制 .....	7
7 . 今後の展開 .....	8

## 「噴流床石炭ガス化発電プラント実証」に関する評価報告

### < 総合評価（評価のポイント） >

石炭ガス化複合発電（GCC）は、我が国の長期のエネルギーセキュリティ確保と環境保全という課題の双方を解決する技術の一つであるとともに、アジア諸国等海外においても技術展開されれば、地球規模でのエネルギーセキュリティや環境保全にも効果が期待されるものであり、国際的にも優れた革新的技術と言える。

本プロジェクトを実行し、実用段階に至るには、技術的、社会的、経済的に乗り越えるべき課題は少なくないと思われるが、次世紀のエネルギー問題の調和的解決は我が国にとっての緊急かつ重要な課題であり、本プロジェクトは、その一翼を担う石炭利用技術のホープとも言える。

このように、本プロジェクトは、環境保全の要請に応えつつ長期のエネルギーセキュリティを確保するという観点からの取組と言えるが、経済原理が最優先される民間のみの開発では継続的な投資呼困難であり、国の後押しとしての一定程度の支援の下計画通り推進することは妥当と考えられる。

このように国家的な意義の大きな重要なプロジェクトであるが故に、結果的にコストが折り合わず実用化されない、というようなことがあってはならない。仮に実用化されなかった場合には、長期にわたるプロジェクト全てを無駄にしたと評価されることを関係者は覚悟しながら取り組むことが肝要である。

このため、特に実用化に当たって重要となる経済性に関し、商用化が可能な許容範囲について可能な限りより具体的かつ定量的な目標を示すとともに、将来の老朽石炭火力発電のIGCC への更新（リプレース）の見通しの明確化等により、実用化への道筋をより一層具体的なものとするのが不可欠である。

計画については、過去のパイロットプラント試験等の成果を踏まえ、具体的なものとなっていると言える。スケジュールについて、通算11年間の長期計画となっているが、環境アセスメント等を考慮すればこのスケジュールはやむを得ないものの、実用化が急がれるプロジェクトであるので、運転試験において可能な限り早い段階である程度の商用化の目途が得られるよう計画し、取り組むことが必要である。

また、当然のことであるが、より優れた別の新たな技術の誕生やエネルギー事情、地球環境問題等の変化も踏まえ、適時適切に計画を見直して取り組むよう留意することが重要である。

研究開発体制については、電力 9 社、電源開発(株)、電力中央研究所が共同で新会社を設立し、組織が一丸となって実証試験に取り組める体制を志向しているが、多数のメンバーの参加が迅速な意思決定を阻害することも危惧されるため、そのようなことのないよう最善の方策を追求することが必要である。

成果普及に当たっては、商用プラントのコストダウンが重要であるため、実用化意欲のあるメーカー等に対しては広く特許を公開し、コストダウン競争が促進されるよう留意すべきである。

本プロジェクトのような大規模技術開発は、国費の有効利用の観点から、国民の成功への期待が大きいことと併せてその見る目も厳しいことから、実際の計画と遂行に当たる当事者は、そうした国民の存在を忘れることなく、その取組みや成果に関して分かりやすい広報に積極的に努めるとともに、実用化に向けて最大限努力することが必要である。

## < 評価各論 >

### 1. プロジェクトの意義、目的

#### (1) 意義の明確性

我が国のエネルギーセキュリティ確保のためには、長期的な視点に立った化石燃料資源の有効利用も重要課題の一つであり、その埋蔵量や他の資源への価格牽制等を勘案すれば、今後とも、石油、天然ガス、原子力、自然エネルギーのみならず、石炭も一定程度利用したベストミックスを追求していかざるを得ないと考えられる。しかしながら、石炭は CO<sub>2</sub> 排出等環境負荷が大きいいため、その利用に当たっては、石炭を可能な限り効率良く、クリーンに利用できる技術の開発が必要となる。

本プロジェクトは、既存の発電技術の原理的限界（送電端効率 42～43%）以上の発電効率（送電端効率 46～48%）を 2010 年代半ばに商用プラントで実現することを目指し、石炭ガス化複合発電（以下「IGCC」という。）技術について実用化に至るまでの技術開発のまさに最終段階として実証試験を行うものであり、その政策的意義、目的は明確と言える。

また、IGCC は、これまで利用されていない低廉な低灰融点炭を利用することとしており、利用可能炭種の拡大という観点からもエネルギーセキュリティ上の意義があると考えられる。

さらに、本プロジェクトにより、石炭をクリーンに利用できる技術が確立・実用化すれば、我が国への波及効果のみならず、アジア諸国等海外においても技術展開できる可能性があり、地球規模でのエネルギーセキュリティや環境問題の観点からも意義深いものと考えられる。

## (2) 位置づけの明確性

本プロジェクトの着手からその後のステップアップに関する基本方針は、昭和 58 年以来、様々な審議会、懇談会、検討会の審議結果に則し、折々の評価、検討を経て練り上げられてきたものである。また、技術開発自体、パイロットプラント、フィージビリティスタディ等により、段階を追って成果を積み上げており、これらを基に現在のプロジェクトが計画されている。

本プロジェクトは、IGCC の実用化に向けて、技術開発の最終段階として、セミスケールの実証プラントを建設し、我が国の商用プラントに求められる諸要件、すなわち信頼性、環境性、炭種適合性、運用性、経済性、安全性等の諸項目について実証的検討を行うとともに、採用システム（空気吹きドライフィードガス化＋湿式ガス精製システム）の検証と残された幾つかの技術課題を克服するものであり、その位置づけは明確と考えられる。

## (3) 関連技術動向との関係

基本的には、国内外の関連技術動向については概ね適切に把握していると考えられる。

まず、我が国の既存技術、すなわち超々臨界圧微粉炭火力（USC）、加圧流動床複合発電（PFBC）との関係については、熱効率（送電端効率）の点で IGCC の方が優れていると言える。また、別途並行して開発されている石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC）との関連については、燃料電池は将来技術として現在研究開発中で、実用化のステージに大きな差があり、IGCC と IGFC とは必ずしも競合すべきシステムではないと考えられる。

諸外国の類似技術との関連については、アメリカ、オランダ、スペインで 10 年程度プロジェクトが先行しているが、把握できている範囲においてはいずれも達成熱効率（送電端効率）が 40%以下と低く、必ずしも所期の目標を達成すべく計画通り進捗していないようである。また、発電システムについては、本プロジェクトは、ガス化炉の方式として新技術である空気吹き方式を採用していること、使用燃料も、諸外国では石炭で十分うまくいかない場合にはバックアップとして天然ガスを利用しようという方式であるのに対し、本プロジェクトは石炭専焼であること等から、技術的にも諸外国の取組と比べて独創的であると認められる。

但し、海外の類似プロジェクトでのトラブル等については参考になる点もあると考えられるため、可能であればその詳細調査を行い、本プロジェクトの計画・実施に役立てることが望まれる。

## 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、環境保全の要請に応えつつ長期のエネルギーセキュリティを確保するという観点から取り組まれていると捉えられるが、経済原理が最優先される民間のみの開発では継続的な投資は困難であり、国の後押しとしての資金負担がなければ実施され得ないと考えられる。このため、一定程度の国庫補助は不可欠といえる。

これまでも、開発ステージに応じて補助率が段階的に引き下げられており、この種の研究開発補助事業と照らしてみても国の補助率 3 / 10 は妥当な水準と考えられる。

また、IGCC 技術が確立されればアジアを始めとする石炭依存度の高い地域への展開等国際的なエネルギー戦略上の位置づけも可能と考えられることから、国として一定の支援を行うことが妥当と考えられる。

## 3. 目標

### (1) 最終目標の妥当性

本プロジェクトは、昭和61～平成8年度に実施したパイロットプラント試験、平成9～10年度に実施したフィージビリティスタディの成果に基づいて計画がなされ、熱効率（送電端効率）、環境性、経済性、信頼性等についての目標が設定されている。

熱効率（送電端効率）については、本プロジェクトは、空気吹きガス化炉方式により、実証段階では 1200 級ガスタービンと湿式ガス精製方式により 40.5%を達成し、商用段階では 1500 級のガスタービンを採用することによって 46%以上を達成することを目標としている。実証段階では、商用機の 1 / 2 規模のためガスタービンを 1200 級とせざるを得ず、効率があまり高くないのはやむを得ないが、商用段階の目標は、本プロジェクトの終了時期には実用化が見込まれる 1500 級ガスタービンを採用したガスタービン、スチームタービン複合プラントを前提としており、現時点で考えられる最高水準の目標を設定していると言える。

一方、環境性、経済性については、既存の最高水準である「微粉炭火力並」と同等以上を目標としており、概ね妥当と考えられるものの、環境性に関しては、20年後の商用運転となると現状の「微粉炭火力並」の環境対策では不十分となる可能性もあるので、先を見越した目標を立てていくことが望まれる。また、経済性に関しては、従来の微粉炭火力に比して確実に優位に立つことが不可欠であるという点に留意した上で、商用化に当たっての許容範囲についてより一層具体的かつ定量的な目標を示すことが不可欠である。

このように、目標値が定量的に見てやや控え目であったり、多少不明瞭であったりするが、実証試験が技術的諸問題の検証を主目的としていることを勘案すれば、概ね妥当と考えられる。



## (2) 中間目標の妥当性

実証試験の前段階で実証プラント設計に反映すべく事前検証試験を行うとしているが、それらの指標設定、目標水準はいずれも妥当と言える。

具体的には、設計に関連してプラントの信頼性、安全性の確認、ガス化炉に関連して安全運転、最適運転条件の把握、構造材料の長期信頼性と耐久性、ガス精製装置のメンテナンス、ガスタービン翼のデポジット付着、腐食性の検証が計画されているが、いずれも実用化に向けて検証が必要不可欠な重要項目であり、具体的かつ適切と言える。

## (1) 目標設定の機動性

現在は過去のパイロットプラント試験の結果等を踏まえ目標が設定されているが、事前検証試験、実証試験段階で目標値の向上が図れる場合には、目標値を見直すとしている。実証試験の目標は概して控えめとなっているので、目標向上が図られる十分な見通しが得られたならば、逐次、積極的に目標の見直しをすることが重要である。特に、経済性については、電力自由化の趨勢の中でこれまで以上に重要な指標となることから、実際に開発作業を行うメーカーもこの点を十分認識の上、目標の改善が図られることを期待する。

他方、本プロジェクトも決して楽観できるものではないので、要所要所でしっかりと舵取りが必要なのは当然であるが、機動性を強調するあまり、外的状況の変化に左右されすぎるのも問題である。本プロジェクトは10年以上の長期プロジェクトであるので、長期的視野を忘れず、じっくりと着実に進展させるよう留意することも重要である。

## 4. 計画内容

### (1) 計画内容の具体性、妥当性

本プロジェクトは、実証プラント建設（平成16～18年度）、運転試験（平成19～21年度）を行う前に、事前検証試験（平成11～13年度）と基本設計・詳細設計（平成13～15年度）を行う計画となっている。事前検証試験では、プラントの信頼性、耐久性を評価する手法を開発し、必要に応じてダイナミックシミュレーションを行い、ガス化炉、ガス精製、ガスタービン部分について構造材の信頼性、耐久性試験を行う計画となっている。また、実証プラントでの試験では、スケールアップに伴う個別課題の検証、プラントの性能、信頼性、環境性、炭種適合性、運用性、経済性、安全性等を検証するとともに、商用プラントの効率的な運転条件の把握、運転方法、保守方法を確立するとしており、いずれの計画も具体性があり妥当と評価できる。

スケジュールについては、事前検証試験3年、実証試験9年、通算11年間の長期計画となっており、実用化が急がれるプロジェクト故に期間の短縮が図れないかという見方もあるが、実際には、環境アセスメントに必要な時間も考えればやむを得ない。但し、運転試験の

早い段階である程度が目途がつけられるよう努力することが必要である。

また、実証プラントのコストは、将来予定している商用プラントのコストの2倍程度とのことであるが、プラントコストを半減するという目標はそれほど容易な話ではない。このため、本プロジェクトの次は実用化であることを常に念頭に置き、商用化の際のコストをぎりぎりまで低減できるような方策を本プロジェクト中に絶えず追求していくことが重要である。

さらに、技術的な面については、ガス精製部でのトラブルなどが意外に重要となる可能性もあるので、さらに慎重に問題が発生しそうな部分の検討を進めるべきである。ガスタービンへのデポジット及びそれによる運転障害についてもさらに検討を進め、信頼性が得られるよう努力し、実証試験では1200級ガスタービンであるが、本プロジェクト中に1500級ガスタービンでの円滑な運転に対して十分な見通しを持てるようにしておくべきである。

## (2) 計画見直しの機動性

計画については、これまでの成果を踏まえて適確に対応しており、今後、新会社ができ責任体制が確立すれば、さらに好ましい方向に進むものと思われる。

他方、本計画は、試験運転が平成19年度より3年間、商用はさらにその後という相当長いレンジのものであるため、その間の社会情勢の変化に十分対応できるように留意すべきである。そして、なるべく早い実用化を図るため、運転試験において可能な限り早い段階である程度の商用化の目途が得られるよう計画を適宜見直し、取り組むことが必要である。

なお、当然のことであるが、他に有力な対抗技術が生まれたり、またIGFCプロジェクトで急速に有望な結果が得られた時などには、計画変更も検討するよう留意することが重要である。

## 5. 研究開発体制

機動性の確保、責任体制の明確化などの観点から、平成12年度から、電力9社、電源開発株、電力中央研究所が共同で新会社を設立する計画であり、組織が一丸となって実証試験に取り組める体制を志向しているが、11法人の共同プロジェクトであるが故に迅速な意思決定の阻害が危惧されるため、これに関しては、独立会社の意思決定の仕組みを工夫する等細心の注意が必要であり、迅速な意志決定を可能とするための最善の方策を追求すべきである。

また、新会社は電力会社だけで体制が組まれているが、実際の開発作業はメーカーが行うことから、そのメーカーの実証プラント設計・建設能力が本プロジェクトの成否を握っているとも言える。このため、電力会社側に本プロジェクトの成否に責任をとれる強力なリーダーを置き、担当メーカーに対し厳格な要求が可能な強力な体制をとることが必要である。また、将来の海外展開等の観点から、新会社のメンバーにメーカーも参加するというのも一

案であり、その可能性についても探ることが望まれる。

さらに、プロジェクト実施中における新会社の構成員以外からの参加要請や、進捗状況・成果等に係る情報提供要請等については、国の支援を受けて実施している他の事業と同様の対応をとることが必要である。

## 6. 実用化との関係、成果普及、広報体制

### (1) 実用化との関係

本プロジェクトは、商業プラント実現のためのものであり、本プロジェクトにより IGCC システムの信頼性、運用性、経済性、安全性等が検証されれば、今後社会情勢に特別な事情が生じない限り、実用化へ至るものと期待される。

実用化への道筋も一応は描けているが、不確定要素が多いので確固たるものにはなっていない点がある。やむを得ない部分もあるが、可能な限り予測できるところは予測して、実用化の道筋を描くべきである。

特に実用化の鍵を握るのは経済性であることから、商用化に当たっての許容範囲とコスト削減可能な領域を明確に設定し、どこまで削減可能かを検討すべきである。本技術は、単に石油価格高騰時の安全弁や抑制手段としての位置づけではなく、石油や LNG の価格動向の如何に拘わらず本技術を広く実用化させようとするものであり、現行の経済性の目標では不十分ではないかとの見方もあるので、更なる目標の向上を図っていくことが必要である。

また、本プロジェクトは、民間の負担率が 70% と比較的高い負担率であるが、民間としての将来に向けた導入意欲については、負担率のみならず、商用化への戦略により示すべきであり、将来の老朽石炭火力発電の IGCC への更新（リプレース）の見通しの明確化等により、実用化への道筋をより一層具体的なものとすることが不可欠である。

### (2) 広報体制

これまでのところ、本プロジェクトについて十分な広報はなされていないと考えられる。

少なからぬ国費を投入する以上、国民に対してこの投資の必要性について丁寧に説明することが必要であり、今後のエネルギー情勢、CO<sub>2</sub> に関する国際公約、SOX、NOX 等に関する環境問題、安全保障等の観点を含め、本プロジェクトに取り組むことの必要性や成果について、マスコミ等を通じ、特に社会に対して積極的な広報活動をして国民の理解を得る努力が不可欠である。

また、専門家への情報発信という点についても、IGCC の特徴と可能性を学会発表も含め可能な限り発表するなどして、専門家の間での理解を深めておくことも重要と考えられる。特に、今後、トラブルが発生した時にも積極的な情報公開により問題解決までの時間短縮

を図るよう留意することが重要である。

さらに、本研究は、単なる既存石炭火力発電の効率向上だけでなく、エネルギーセキュリティ、アジア地域への貢献等多くの可能性を持つものと考えられることから、国内のみならず海外へも広く情報発信していくことが必要である。

### (3) 成果普及

成果普及に当たっては、商用プラントのコストダウンが重要であるため、実用化意欲のあるメーカー等に対しては広く特許を公開し、コストダウン競争が促進されるよう留意すべきである。

## 7. 今後の展開

以上の評価において指摘された点について検討し、適切な対応を図った上で、着実にプロジェクトが進められることを期待する。

特に、今後の取組に当たっては、本プロジェクト終了後仮に実用化が進まないようでは、それまでの長期にわたるプロジェクト全体が無駄に終わったと評価されることを関係者は覚悟しながら取り組むことが肝要である。