

評価用資料

「噴流床石炭ガス化発電プラント実証」

目 次

1. 事業の目的・政策的位置付け	1
(1) 事業に対する国の関与	1
(2) 事業目的・政策的位置付け	1
2. 研究開発等の目標	3
(1) 研究開発目標	3
3. 成果、目標の達成度	6
(1) 成果	6
(2) 成果の普及・広報	13
4. 事業化、波及効果	17
(1) 成果の実用化可能性	17
(2) 波及効果	21
5. 研究開発マネジメント・体制等	22
(1) 研究開発計画	22
(2) 研究開発実施者の実施体制・運営	22
(3) 情勢変化への対応	24

1. 事業の目的・政策的位置付け

(1) 事業に対する国の関与

エネルギー資源の約8割を海外に依存している我が国は、世界的なエネルギー需給動向により、社会・経済が大きな影響を受ける。近年、世界のエネルギー需要量は増加しており、特に中国等アジア地域でのエネルギー需要量が著しく増加しており、その傾向は今後も続くものと見込まれている。

その中で、石炭は、可採埋蔵量が150年以上あり、世界各国に分布する等、他の化石燃料に比べ供給安定性が高く、経済性にも優れていることから、今後も重要なエネルギーと位置付けられている。他方、他の化石燃料に比べ、燃焼過程における単位発熱量あたりのCO₂の排出量が多いこと等、環境面での制約要因が多いという課題を抱えている。このため、クリーン・コール・テクノロジーの開発を進め、環境負荷の低減を図ることが重要な課題となっている。

しかし、現在の社会情勢（近年の電力自由化等）の下では、民間だけではその技術が市場原理によって十分に進展、実施するとは考えられないプロジェクトでもあり、実証事業に国が積極的に関与する必要がある。

(2) 事業目的・政策的位置付け

①事業目的

石炭は、他の化石燃料に比べ供給安定性が高いが、燃焼過程における単位発熱量あたりのCO₂発生量が多いことから、石炭の高効率発電技術を確立することにより、長期にわたるエネルギーの安定供給と環境に調和した石炭の有効利用を図る。

そのため、既存の石炭発電技術（微粉炭火力技術）に比べ、飛躍的な熱効率の向上が期待できる石炭ガス化複合発電技術（IGCC：石炭を高温高圧のガス化炉で可燃性ガスに転換させ、ガスタービンに導入して発電し、その排熱を蒸気にて熱回収し蒸気タービンに導入して発電する複合発電方式）について、微粉炭を空気により高効率にガス化する噴流床方式による技術等を開発し、商用機（微粉炭火力発電500～600MW相当）と同型、かつ、商用機の約1/2規模のIGCC実証プラント（250MW）を建設して（平成19年9月完了）、運転試験を行うことにより、商用IGCCを導入するのに必要な信頼性、耐久性、高効率性、経済性等を検証する。

②政策的位置付け

平成19年5月に発表された総理大臣の地球温暖化に対する提案「世界全体の温室効果ガス排出量を現状に比して2050年までに半減する」を受け、その達成のために現在革新的技術開発の具体的な取組のあり方について検討を行い、来年の洞爺湖サミットに向けて「Cool Earth－エネルギー革新技术計画」のとりま

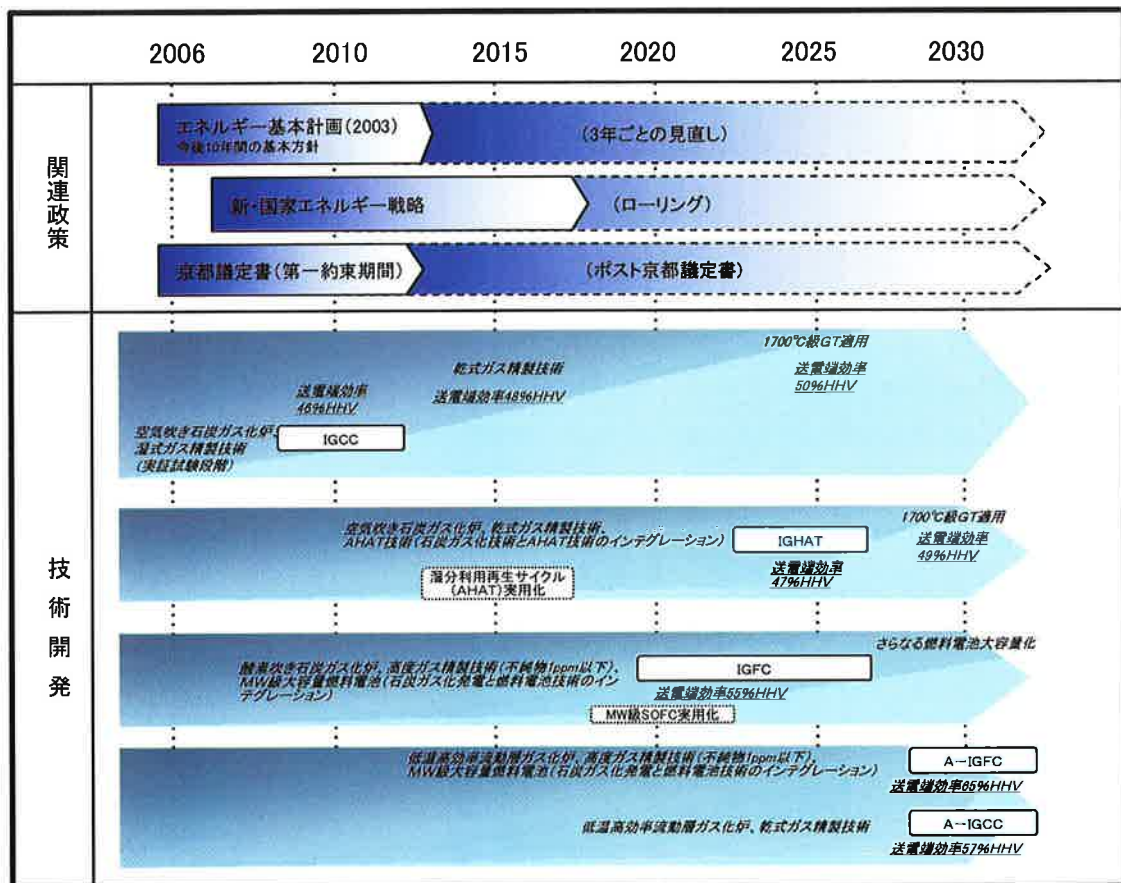
とめをしている。その中で、IGCCは効率向上と低炭素化の両面から、CO₂大幅削減を可能とする「高効率・ゼロエミッション石炭火力発電」技術の一つとして取り上げられている。

また、平成19年3月に改定された「エネルギー基本計画」、平成18年5月に策定された「新・国家エネルギー戦略」において、石炭は今後とも不可欠なエネルギーと位置づけられている一方、環境面での制約要因が多いため、更なる環境適合的な石炭利用の拡大を図るべくクリーン・コール・テクノロジーの開発・普及、特に石炭ガス化技術の研究開発の重要性が明記されている。

さらに「エネルギー技術戦略」においても、石炭ガス化複合発電技術は、「総合エネルギー効率の向上」と「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」に寄与する技術と位置づけられている。

IGCCは、我が国の長期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、アジア諸国等の海外において技術展開できる可能性もあり、地球規模での省エネルギー環境保全にも効果が期待され、国際的にも優れた革新的技術といえる。

表1. 技術開発ロードマップ



出展：資源エネルギー庁「電力・ガス総合技術開発戦略」(平成19年4月)より抜粋

2. 研究開発等の目標

(1) 研究開発目標

a. 最終目標

実証プラントプロジェクトで達成されるべき最終目標は、表2のとおりである。

実証プラントプロジェクトの後に展開されるべき商用機の目標を想定したのち、実証機特有の事情を勘案して設定したものである。

表2. 実証プラントプロジェクトの最終目標

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% (HHV ベース) 程度
環境性	SOx : 8ppm (16%O ₂ 換算) NOx : 5ppm (16%O ₂ 換算) ばいじん : 4mg/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°C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

b. 最終目標の設定根拠

(a) 商用機の目標設定

次に、この最終目標の前提となった商用機へ展開した時の具体的な目標を表3に示す。

商用機の目標設定のプロセスでは、まず、平成9、10年度にFSを行うに当たり、官民委員による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)において、今後の商用化に向けて最適なIGCCの開発を推進するための要件(下記 <日本の事業用発電プラントとして求められる要件> 参照。)の整理を行った上、商用機へ展開した時の目標を設定した。

表3. IGCC 商用機の目標

指 標	水 準
信頼性	年利用率 70%以上
熱効率	発電端 送電端 (いずれも HHV ベース) 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 : 8ppm (16%O ₂ 換算) NOx : 5ppm (16%O ₂ 換算) ばいじん : 4mg/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

<日本の事業用発電プラントとして求められる要件>

- ① 信頼性及び安全性：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）
- ② 環境性：SOx、NOx、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
- ③ 炭種適合性：幅広い炭種に適合すること
- ④ 運用性：ベース及びミドル運用での負荷追従性
- ⑤ 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
- ⑥ 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

商用機の目標設定の根拠については以下のとおり。

① 信頼性及び安全性

我が国における電気事業用火力発電設備の高い信頼性を確保するためには、IGCCも従来の微粉炭火力並みの信頼性及び安全性を有することが要求されるため。

② 環境性

我が国の最近の微粉炭火力は、世界的に見ても最高水準の環境諸元を達成しており、少なくとも今後開発されるIGCCに対しては、現在国内の微粉炭火力に対して求められている環境諸元を十分に満たすことが必要なため。

③ 炭種適合性

現在、我が国の微粉炭火力では世界各国のさまざまな石炭を焚いており、欧米の石炭火力が主に地元の石炭を焚いているのとは状況が異なる。IGCCについても同様に世界各国の石炭への適合性が求められるため。

④ 運用性

現在、微粉炭火力はベース電源として主に運用されているが、将来的にはミドル運用も期待されている。IGCCにも同様の運用特性が求められるため。

⑤ 経済性

少なくとも商用機の段階では、微粉炭火力に比較して同等以上の経済性が求められるため。

⑥ 安全性

可燃性でかつ有害なガスを取り扱うことは、微粉炭火力にはない運用上の配慮が必要なため。

(b) 実証機の目標設定

商用機の目標（表3参照。）を基に、実証機の目標（表2参照。）を設定した。実証機の目標設定の根拠については以下のとおり。

① 信頼性

実証機は、商用機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。

② 熱効率

実証機は250MWで、商用機の1/2規模と比較的小さいこと、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、送電端効率は40.5%程度となる。それでも最新鋭の1,000MW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。

③ 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。

④ 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、すでに平成8年度までのパイロットプラントで検証済みである。

実証機では主として、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。

⑤ 経済性

将来、商用機に移行したとき、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が確保される見通しが得られること。そのためには、燃料費に影響する熱効率を向上させるとともに、固定費に影響する設備費のコストダウンの見通しを得ること。

3. 成果、目標の達成度

(1) 成果

a. 実証機建設

I G C C実証機の建設は平成16年8月に着工し、平成19年9月のガス化炉点火を可能な状態にすることを目標に、ガス化炉設備、ガス精製設備、複合発電設備、排熱回収ボイラに区分して進めた(表4参照)。資材搬入の制約でガス化炉圧力容器を分割して搬入し現地で溶接組立を行った。ガス化炉設備立柱からガス化炉点火まで29ヶ月の期間を要した。

資材の中でも大物機器については、常磐共同火力(株)勿来発電所構内に物揚場がないために、一旦、小名浜港にて水切りを行い、約7km離れた建設現場まで一般道を規制して特殊車両にて、最長で約6時間かけて陸上輸送した。

またガス化炉点火までに、ガスタービンの圧縮空気が必要であるため、複合発電設備の試運転(80MW程度)を終了させた。

建設期間中に、想定外の事象に見舞われたが、工事日数1,025日、延べ作業員数33万8千人の無事故・無災害による工事の後、平成19年9月20日にガス化炉点火を行い、実証機建設が完了した(図1参照)。



図1. 実証機完成写真

b. 実証試験

(a) 実証試験計画

平成19年9月20日のガス化炉点火から実証試験が開始された。試験は平成22年3月まで実施する予定であり、表5に示すとおり、石炭ガス化調整試験、2,000時間連続運転試験、運転最適化試験、炭種変化試験、5,000時間耐久試験を計画している。

① 石炭ガス化調整試験（平成19年度）

環境規制を満足し、出力調整や負荷変化等が的確に行えることを検証する。また単体機器レベルでは、特にIGCC特有の機器を中心に、機能の検証や特性データの取得を行う。

② 2,000時間連続運転試験（平成20年度）

「信頼性」の実証を主目的に、2,000時間の連続運転を実施する。同時に、IGCC特有の機器を中心に検証として、運転中に把握可能な運転パラメータ等を追跡調査する。

③ 運転最適化試験（平成20年度）

効率検証（目標熱効率40.5%）、ならびに商用機にて効率向上が期待可能な項目の検証を行う。ガス化炉空気比低減や窒素消費量低減などを予定している。

④ 炭種変化試験（平成20年度）

2炭種（インドネシア炭、米国炭）を目標に、設計炭である中国炭による信頼性確認試験に準じた検証を行うとともに、ガス化特性データを取得する。

⑤ 5,000時間耐久試験（平成21年度）

商用運転に準じた高利用率の運転を想定して、延べ5,000時間の運転を実施し、耐久性を評価する。

(b) 平成19年度実証試験

平成19年度は(a)①に示すとおり石炭ガス化調整試験を実施しており、12月末現在でRUN-4(50%負荷試験)まで終了している。運転初期(RUN-1)には、微粉炭搬送に伴うトラブルが発生したものの、表6に示すとおりRUN-4までの試験が終了し、今後順調に試験が進めば、本年度末までに250MW定格試験を実施する予定である。表7に各試験項目と目標、達成状況を示す。

表7. 実証試験項目ごとの主な成果

試験項目	目標	目標の達成状況
ガス化炉点火(灯油) (RUN-L1)	ガス化炉起動時の点火トーチ及び灯油バーナの点火実動作確認ならびに運転状態量の確認を行う。また灯油燃焼室及びコンバスタ、ディフューザ部の耐火材焼成を実施する。	点火トーチ及び灯油バーナについて、安定した燃焼を継続可能であることを確認した。また耐火材焼成を完了した。
SGC フリーブロー※ ¹ (RUN-L2)	灯油バーナ点火状態にて運転を行い、ガス化炉にて発生した蒸気にてSGC系統のフリーブローを実施する。	灯油バーナ点火状態にて発生した蒸気を使用し、SGC主蒸気配管のフリーブローを完了した。
ガス化炉ランピング※ ² (RUN-L3)	ガス化炉ランピング、ポーラスフィルタ通ガス、ガス精製設備通ガスの実動作確認ならびに運転状態量の確認を実施する。	ランピング時の灯油流量、ガス化炉空気流量、バイパス系統圧力の制御が、ガス化炉入力指令に対して問題なく追従すること、及び灯油バーナが安定して燃焼することを確認した。また、ポーラスフィルタやサイクロンでの差圧も規定値以下であり問題ないことを確認した。

※ 1 : ボイラ、タービンの主要蒸気配管の内部に付着している異物等を蒸気を用いて系外に放出すること。

※ 2 : ガス化炉圧力を昇圧すること。

試験項目	目標	目標の達成状況
石炭ガス化運転開始 (RUN-1)	ガス化炉燃料切替（灯油→石炭ガス）を実施し、微粉炭供給系統及びチャー系統の実動作確認、プラントの運転状態の確認及び生成ガス分析を実施する。	ホッパ切替時に微粉炭の流動変動があり、2度ガス化炉がトリップした。微粉炭供給ホッパ圧力調整窒素系統及び微粉炭搬送用流動化窒素系統を見直し、微粉炭の流動変動を±10%以内に収束させ、連続約10時間の石炭ガス化に成功した。チャー供給系については安定供給が可能であることを確認した。
ガス化炉単独調整 (RUN-2)	ガス化炉の運転性を確認するにあたり、運転パラメータ（ R/T^{*3} ）を変化させる試験を実施し、パラメータの寄与度を確認する。	R/Tを0.5から0.45としても、生成ガス発熱量、スラグの流下状況に大きな変化はなく、運転可能であることを確認した。
ガスタービン燃料切替 (RUN-3)	ガスタービンへ石炭ガスを一部投入し、ガスタービンの安定運転を確認する。また、燃料の切替時（灯油⇄石炭ガス）に、ガス精製設備が安定して追従することを確認する。	石炭ガス発熱量が変動したが、タービン運転状態（軸振動等、燃焼振動等）は問題なく、燃料切替可能であることを確認した。またガス精製設備も、燃料切替時に追従することを確認した。
50%負荷試験 (RUN-4)	ガスタービンの燃料切替時間を短縮し、安定して運転することを確認すると共に、ガスタービンへ石炭ガスを全量投入し、安定して運転することを確認する。また、50%負荷にて負荷遮断を行い、安全にプラントが停止することを確認する。	燃料切替時間を短縮としても、安定して運転できることを確認した。またガスタービンへ石炭ガスを全量投入しても安定して運転できることを確認した。50%負荷遮断試験では、各設備ともにインターロックが働き、安全に停止することを確認した。

※ 3：石炭投入量（T）に対するリダクタ部への石炭投入量（R）との比率

表 8. 実証試験実績（平成 19 年 12 月末日現在）

石炭ガス化運転時間	8 3 時間 3 4 分
ガスタービン 石炭ガス専燃運転時間	4 2 時間 2 2 分
発電電力量	3, 7 9 9. 5 万 kWh
送電電力量	2, 3 1 3. 7 万 kWh
石炭ガス成分(*) ※カッコ内は計画値	N ₂ : 58.1% (58.0) H ₂ : 8.7% (9.5) CO : 27.8% (26.2) CO ₂ : 4.2% (5.1) CH ₄ : 0.4% (0.5) その他 : 0.8% (0.7)
石炭ガス発熱量(*)	4, 7 6 0 kJ/m ³ N (4, 5 9 0)

* については代表点（11月16日）を記載

(c) トラブルとその対応

実証試験開始後、平成 19 年 12 月末日までに発生した大きなトラブルは、「化炉壁差圧低によるガス化炉トリップ」である。このトラブルにより試験工程が約 1 ヶ月遅れた。表 9 に発生事象、原因、対策を示す。

表 9. トラブルとその原因と対策

発生事象	原因	対策
ガス化炉とアニユラス部の差圧（化炉壁差圧）がある規定値以上となりガス化炉がトリップした。	微粉炭供給ホッパの切替時に微粉炭流量が変動し、燃焼状態が不安定となり、化炉壁差圧が大きくなりトリップに陥った。	微粉炭供給ホッパ圧力調整窒素系統及び微粉炭搬送用流動化窒素系統を見直した。また微粉炭供給ホッパ内部の一部改造を行った。

(2) 成果の普及、広報

論文、講演、報道、特許の件数を表10に示す。

表10. 論文、講演、報道、特許の件数 (平成19年12月末日現在)

	平成16年度	平成17年度	平成18年度	平成19年度
学会発表 論文等	21件 (国際学会等 6件)	17件 (国際学会等 6件)	15件 (国際学会等 3件)	7件
被文献引用	6件	9件	9件	5件
新聞・報道	23件	18件	16件	10件
出願特許	8件 (登録 2件)			

学会発表・講演

年度	講演日	件名	実施者	実施場所	タイトル
H16	H16.4.22	火原協	石渡	ニッショーホール	石炭ガス化複合発電(IGCC)プラントの開発状況について
	H16.5.11	日本学術振興会第148委員会 いわき南部地区防災関連機関連絡会	金子	東京	エネルギー問題とIGCC
	H16.6.16	動力・エネルギー技術シンポジウム	高島	クレハ会館	IGCC実証機の概要
	H16.6.22	日本機械学会年次大会	鬼勢	海洋大学(越中島)	石炭ガス化複合発電(IGCC)実証機の開発について
	H16.9.7	火原協 北海道支部	木村	北海道大学	IGCC実証機建設について
	H16.9.10	ピッツバーグ石炭会議	木村	札幌・北電本店	石炭ガス化複合発電(IGCC)プラントの開発状況について
	H16.7.16	福島化学工学懇話会	沖	大阪	STATUS OF 250MW AIR-BLOWN IGCC DEMONSTRATION PROJECT
	H17.1.12	タイCCTセミナー	金子	福島高専	エネルギー問題とIGCC
	H17.1.14	RITE国際セミナー	石渡	バンコク	石炭ガス化複合発電(IGCC)プラントについて
	H17.5.24	IEREワークショップ	和田	芝パークホテル	250MW Air Blown IGCC Demonstration Plant Project
	H17.6.28	第10回動力・エネルギー技術シンポジウム	中原	中国・無錫	STATUS OF 250MW AIR-BLOWN IGCC DEMONSTRATION PROJECT IN JAPAN
	H17.7.12	ICEE(電気工学技術国際会議)	石渡	長崎厚生年金会館	IGCC実証試験の進捗と実証機の特徴
	H17.9.22	機会学会年次大会	金子	中国・昆明	STATUS OF 250MW AIR-BLOWN IGCC DEMONSTRATION PROJECT IN JAPAN
	H17.10.11	IGCS&T2005	平塚	電気通信大学	IGCC実証試験の進捗状況
	H17.10.11	IGCS&T2005	長井	沖縄コンベンションセンター	基調講演: IGCC Development in Japan - the way to demonstration plant
	H17.10.26	電力エネルギー未来技術シンポジウム	和井	沖縄コンベンションセンター	STATUS OF 250MW AIR-BLOWN IGCC DEMONSTRATION PROJECT IN JAPAN
	H17	H17.11.23	IERE東南アジアフォーラム	古沢	東北大学
H18.3.10		第2回クリーン・コール・セミナー(J-Coal)	長井	マレーシア・クアラランプーン	250MW Air-blown IGCC Demonstration Plant in Japan and its Future Prospect
H18.6.29		第11回動力・エネルギー技術シンポジウム	長井	霞ヶ関プラザ	石炭ガス化複合発電(IGCC)実証機 プロジェクトの進捗状況
H18.7.26		CCTワークショップ2006(J-Coal)	田村	東京海洋大学海洋工学部	IGCC実証機プロジェクトの進捗状況
H18.7.31		第11回化学工学会東北支部講習会	梶谷	グランパーク田町	石炭ガス化複合発電(IGCC)実証機 プロジェクトの進捗状況
H18.9.19		機械学会年次大会	梶谷	CCP研究所	国産IGCC開発の歴史と実証機プロジェクトの状況
H18.10.4		Gasification Technology Conference 2006	坂田	熊本大学	IGCC実証機の特徴とプロジェクトの進捗状況
H18.10.24		第9回日中石炭・C1化学シンポジウム	梶谷	米国・ワシントンDC	Status of 250MW Air-Blown IGCC Demonstration Project in Japan
H18.11.16		CCT&FCs国際会議(電中研)	梶谷	中国・成都	Status of 250MW Air-Blown IGCC Demonstration Project in Japan
H19.1.24		第53回ガスタービンセミナー(ハネルデ/イカジャ)	金子	電力中央研究所横浜須賀野地区	Status of 250MW Air-Blown IGCC Demonstration Project in Japan
H19.1.24		第2回石炭火力発電の将来像を 考える研究会(エネルギー研究会)	金子	東京ガス本社	石炭ガス化複合発電(IGCC)実証機の開発
H18	H19.1.30	平成19年電気学会全国大会	長井	東京ガス本社	燃料多様化技術の将来展望 石炭ガス(IGCC)について
	H19.3.17		大西	航空会館	IGCC実証機プロジェクトについて