

世界初の空気吹き IGCC 連続運転の成功と商用機計画

World's First Successful 3 Month Continuous Operation of the Air Blown IGCC System and Plans for Commercial Applications



橋本 貴雄
Takao Hashimoto

品田 治
Osamu Shinada

北川 雄一郎
Yuuichirou Kitagawa

石井 弘実
Hiromi Ishii

高嶋 康裕
Yasuhiro Takashima

洲崎 誠
Makoto Susaki

1. はじめに

石炭ガス化複合発電 (IGCC: Integrated coal Gasification Combined Cycle) システムは、石炭をガス化しガスタービンコンバインドサイクル発電と組み合わせることで、従来型石炭焚き火力に比べて発電効率が 20%(相対値)と飛躍的に向上する次世代の火力発電システムである。当社は、より高効率・高信頼性の空気吹き IGCC 技術の実現に向けて、国・電力会社・(財)電力中央研究所(以下電中研)とともに、石炭処理量が 2t/日級実験炉から 200t/日級パイロットプラントを経て、商用化の最終段階として発電出力 250MW 級(1700t/日級)IGCC 実証機(以下 IGCC 実証機)を建設し、2007 年9月から実証試験を開始した。試験は予定どおり進捗し、2008 年3月に定格負荷に到達し、2008 年6月から9月にかけて、目標としていた 2000 時間超の連続運転を予定どおり達成した。発電プラントは年間を通して稼動するため、特に電力需要の高い夏場3ヶ月間は、停止せずに発電する信頼性が必要であり、2000 時間連続運転という目標が設定されたものである。試運転開始から1年以内の短期間で長期連続運転を達成した IGCC プラントは世界的に例はなく、効率、環境性能とともに、信頼性の点でも商用化できることを実証した。

空気吹き IGCC は、従来型石炭火力に比べ CO_2 を 20%低減でき、また CO_2 の回収・隔離設備との組合せも比較的容易であり、環境に優しい発電技術として世界中から注目されている。

2. 空気吹き IGCC 実証機

2.1 IGCC 実証機の計画概要

空気吹き IGCC システムの系統を図1に示す。

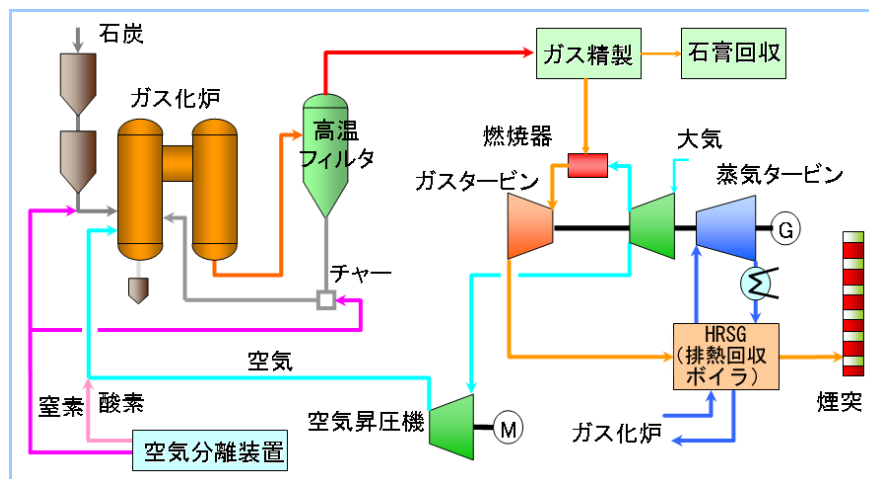


図1 空気吹き IGCC システム

IGCC 実証プロジェクトは欧米が先行したが、いずれも化学プラント用に開発された酸素吹きガス化炉を採用している。これらは酸素を製造するのに多大な動力を必要とするため送電端での効率が低く、発電設備としての信頼性も十分とはいえない。当社は、電力会社や電中研とともに、技術的難易度は高いが、発電用に適した高効率で信頼性の高い、空気吹きガス化炉を採用した IGCC の開発・実用化を進めてきた。IGCC 実証機は、電力会社が主体となって 2001 年に設立された、(株)クリーンコールパワー研究所が事業主体としてプロジェクトを進めてきた。当社はガス化炉、ガス精製、ガスタービン、蒸気タービン及び HRSG(排熱回収ボイラ)などの各設備と、制御装置を含めて IGCC の全設備を一社一貫で受注し、設計・建設して納入した。

2.2 IGCC 実証試験結果

図2に実証試験結果を示す。2007 年9月にガス化炉を起動用灯油で初点火し、10 月にはガス化炉に石炭を投入しガス化運転を開始した。その後 12 月にガスタービンを石炭ガス化ガスで発電開始し、2008 年3月には、定格負荷である 250MW に到達した。2008 年6月からは、実証試験の目標である夏場3ヶ月間の長期連続運転を予定どおり成功した。

先行する欧米の IGCC プラントの多くは、運転開始から 10 年以上経過しても、2000 時間連続運転を達成しておらず⁽¹⁾、運転開始から 1 年で連続運転を達成したことは、当社空気吹き IGCC の信頼性の高さを実証したと考える。

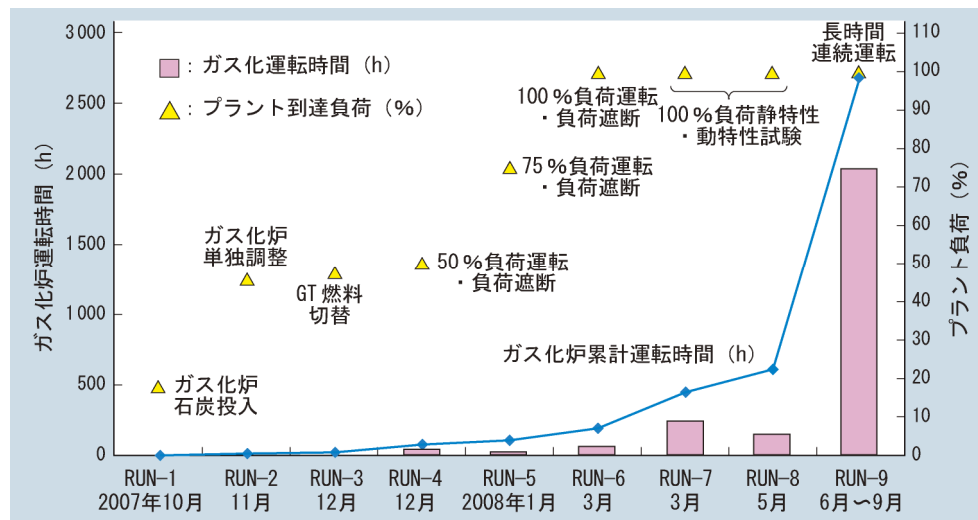


図2 実証試験結果

表1に実証試験結果を示す。発電出力、効率共に計画値を満足した。また、スラグには未燃炭素がほとんど含まれないため、炭素転換率はほぼ 100%であった。環境値はいずれも計画値に比べ大幅に良好で、環境性能の高さも実証された。

表1 IGCC 実証試験結果

大気温度		13.1 °C
総出力(発電端)		250 MW (計画 250 MW)
ガスタービン出力		124 MW
蒸気タービン出力		126 MW
送電端効率(運転最適化前性能計測結果)		42.4 % (LHV) (計画 42%以上)
冷ガス効率		75.3 %
炭素転換効率		>99.9 %
生成ガスHHV wet		5.4 MJ/m ³ N (1290kcal/ m ³ N)
		LHV 5.2 MJ/ m ³ N
生成ガス組成	CO	30.5 %
	CO ₂	2.8 %
	H ₂	10.5 %
	CH ₄	0.7 %
	N ₂ & Others	55.5 %
環境値 (16 % O ₂ 換算)	SO _x	1.0 ppm (計画 8 ppm 以下)
	NO _x	3.4 ppm (計画 5 ppm 以下)
	ばいじん濃度	<0.1 mg/ m ³ N (計画 3.3 mg/m ³ N 以下)

なお、本データは運転最適化前のデータであり、今後の調整により更なる改善が見込まれる。実証試験は今後 2010 年3月までに、炭種変化試験、運転最適化試験、5 000 時間耐久試験を実施する予定である。

3. 商用機計画

欧米で IGCC 商用プラントが計画されている。特に米国では、連邦政府による 1 億 3300 万米ドルの税制優遇措置などを受け、Duke Energy 社がインディアナ州 Edwardsport に出力 630MW 級の IGCC を建設開始するなど、具体的な取組みが始まっている。米国では IGCC はクリーンコールテクノロジーとして、特に高環境性の面で導入が検討されてきた。また、最近では地球温暖化防止のための CO₂ の回収・貯留についても、従来型石炭焚き火力発電より低コスト・高効率で実現可能であるとして注目されている。

一方国内では、更なる高効率化・環境性能改善に対する市場ニーズに対応するため、当社は燃焼温度 1500℃級の最新のガスタービンを採用した、高効率 IGCC 商用機の具体的な計画を行っている。表2に IGCC 実証機と商用機の主要諸元の比較を示す。

表2 IGCC 実証機と商用機の諸元

項目	単位	250MW 級 実証機	商用機 (50Hz/60Hz)
出力(発電端)	MW	250	600/500
炭種	—	瀝青炭	瀝青炭
ガス化炉	—	乾式給炭 空気吹き	乾式給炭 空気吹き
ガス精製	—	湿式脱硫	湿式脱硫
ガスタービン	—	M701DA	M701G/M501G
プラント効率 (送電端)	%, LHV	42	48
環境性能 (16%O ₂ 換算)	SOx	ppm	8
	NOx	ppm	5
	ばいじん	mg/m ³ N	4
運開年度	—	2007	最短 2014

IGCC 商用機ガス化炉は、実証機に比べ容量比で約2倍のスケールアップとなるが、ガスタービンの運転圧力に応じ、更に高圧での運用となることから、ガス化炉の圧力容器径は、実証機の約 20%増であり、容量(出力)に対するスケールアップメリットが大きい。また IGCC 商用機ガス化炉の設計では、200t/日パイロットプラントから 1700t/日級の実証機へ、約9倍のスケールアップで検証された技術を適用することで、対応が可能である。

ガス化炉の給炭方式は、実証機と同様に乾式給炭方式を採用する。商用機では石炭搬送に使用する窒素使用量を低減し、窒素製造動力の更なる低減を図る。

また、乾式給炭方式は、高水分の垂瀝青炭など低品位炭にも利用が可能である。一般に、低品位炭は豊富に存在するが、高水分・低灰融点でボイラでは焚きにくいいため、比較的安価で運転コストについてもメリットがある。

ガス精製は実証機と同様の吸収液に MDEA(メチルジエタノールアミン)を使用する湿式脱硫を採用する。MDEA は他の方式に比べ、所内動力や熱損失が少なく、また、実証機で優れた環境性能を達成できることが検証できている。

ガスタービンは、天然ガス焚きで実績のある最新の高効率 G 型ガスタービンをベースに、BFG ガスをはじめとする低カロリー焚きの技術を適用した、石炭ガス化ガス用燃焼器を採用する。ガス化に必要な空気は実証機と同様にガスタービンより抽気する発電効率の高いインテグレーション方式を採用する。最新のガスタービンを組合せた IGCC 商用機は、送電端効率の向上により、従来型石炭焚き火力に比べ CO₂ 排出原単位の大幅な低減が可能となる。

4. まとめ

IGCC は石炭を利用した次世代火力発電を担う中核技術として導入が期待されている。一方、ガス化炉、ガス精製、ガスタービンをはじめ、HRSG、蒸気タービン、その他補機など多数の設備・機器を組み合わせた複雑なシステムであり、プラントの信頼性を確保するためには、個々の機器の信頼性に加え、プラント全体を協調した設計が重要となる。

IGCC 実証機は長時間連続運転の成功を通し、効率や環境性能とともに発電設備としての高信頼性を実証できた。これは当社が IGCC の全設備を一社一貫で設計・建設・納入したことが大きいといえる。今後は、実証機の成果を反映し、より高効率、高信頼性、経済性を具えた商用機の実現に向けて努力していく所存である。

参考文献

- (1) Best practices for improving RAM focus of IGCC workshop, COMBINED CYCLE JOURNAL, First Quarter 2008

執筆者紹介



橋本貴雄
原動機事業本部
プラント事業部
技師長



品田 治
原動機事業本部
ボイラ統括技術部
ボイラ設計課
主席



北川雄一郎
原動機事業本部
ボイラ統括技術部
ボイラ設計課
課長



石井弘実
原動機事業本部
プラント事業部
火力プラント計画部
IGCC グループ
主席



高嶋康裕
原動機事業本部
プラント事業部
高砂プラント技術部
火力プラント設計課
主任



洲崎 誠
プラント・交通システム事業センター
環境・化学プラント
プロジェクト部
主席