

石炭ガス化複合発電実証機の開発状況

Current Status of Research and Development in IGCC Demonstration Plant

原動機事業本部 佐藤 進^{*1} 小林 由則^{*2}
 太田 一広^{*3}
 長崎造船所 品田 治^{*4}
 技術本部 橋本 彰^{*5}

石炭ガス化複合発電 (IGCC) は、高い熱効率と優れた環境適合性を両立する新しい石炭利用技術として注目されている。当社は、平成 8 年に成功裏に終了した勿来 200 t/d パイロットプラントの次のステップとして、経済性や信頼性の実証を行う実証プラントの研究・開発を進めている。平成 11 年度からは、東京電力(株)を幹事会社とする電力 11 法人が国から補助を受け、実証機建設に向けた事前検証試験・設計研究を実施している。その一環として、中国炭及び米国炭のガス化試験が実施された。その結果、いずれの炭種に関しても安定なガス化運転ができることを確認し、かつガス化性能を精度良く予測できることを確認した。これらの成果は、今後の実証機開発に向けて更なる性能、信頼性及び安全性向上のために活用される。

The Integrated coal Gasification Combined Cycle (IGCC) attracts attention as a new coal utilization technology which achieves high environmental performance and higher heat efficiency. As a following step of Nakoso 200 t/day pilot plant which ended successfully in 1996, research and development of the demonstration plant has been forwarded by MHI, which proves economical efficiency or reliability. In 2000, with a national subsidy, 11 utility power companies lead by Tokyo Electric Power Co. carried out pre-verification and design studies that aim at construction of the demonstration plant. As a part of those studies, various gasification tests were done about the Chinese coal and the U. S. coal. Consequently, for both kind of coal, stable gasification operation was confirmed, and also it was checked that a gasification performance could be predicted with sufficient accuracy. These results will be reflected in the future demonstration plant to improve on the further performance, reliability and safety.

1. はじめに

21 世紀を迎え、CO₂排出量の増加による地球温暖化など環境保全に対する関心が急速に高まっている。単位発電量当りの CO₂排出量が多い石炭燃料に対しては、より高効率の利用技術が望まれている。

特に石炭ガス化複合発電 (IGCC) が中核技術として注目されており、欧米では既に 250～300 MW 規模の実証プラントの運転が開始されている。

一方、国内では昭和 61 年から平成 8 年にかけて経済産業省 (旧通産省) 資源エネルギー庁及び新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託事業として、勿来 200 t/d 噴流床石炭ガス化発電パイロットプラント (以下、P. P. と称す) による運転研究が実施された。この P. P. では、運転初期のスラッキングトラブルを解決し、789 h の連続安定運転を達成するなど石炭ガス化運転の長期信頼性を確認し成功裏に終了した。

勿来 200 t/d P. P. の次のステップである IGCC 実証機は、空気吹きを特徴とする IGCC プロセスについて、実証規模を想定した運転を行い、信頼性、経済性、環境性を実証することを目的としている。

勿来 200 t/d P. P. の運転研究終了後、当社では長崎研究所に加圧 24 t/d ガス化炉を建設するなど、実証機に向けた研究

・開発を進めている⁽¹⁾。

また、平成 9 年度～10 年度には、NEDO の委託事業として実証試験に向けたフィージビリティスタディ (FS) と要素研究が実施された⁽²⁾。

さらに平成 11 年度からは、東京電力を幹事会社とする電力 11 法人により、実証機の信頼性や安全性の向上を目的とした事前検証試験及び設計研究が進められている。これら IGCC 実証機研究・開発の最終段階として、実証機建設計画が全電力会社のプロジェクトとして推進されており⁽³⁾、平成 19 年度から実証運転を行うことが予定されている。

本報では、平成 11 年度に実施した事前検証試験・設計研究の成果の中から、実証機候補炭ガス化試験についての概要を紹介する。

2. 石炭ガス化実証機の概要

現在計画を進めている IGCC 実証機の諸元を表 1 に示す。

中国炭等を設計炭として、空気吹き二段噴流床ガス化炉、湿式脱硫設備及び燃焼温度 1 250℃ のガスタービンを組合せることにより、出力 250 MW、目標とする発電端効率は 45.9 % (高位発熱量基準) としている。また環境性能は SOx 8 ppm, NOx 5 ppm, はいじん 4 mg/m³N (いずれも 16 % O₂ 換算) である。

図 1 に、IGCC 実証機の概略系統を示す。三菱空気吹き二

*1 ボイラ技術部長

*4 火力プラント設計部陸用ボイラ設計課主席

三菱重工技報 Vol. 38 No. 2 (2001-3)

*2 ボイラ技術部ボイラ開発・サービス技術課長

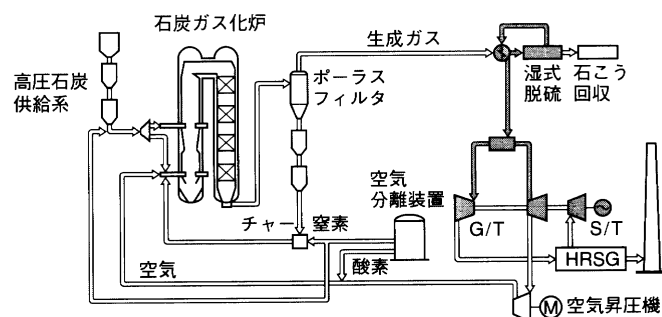
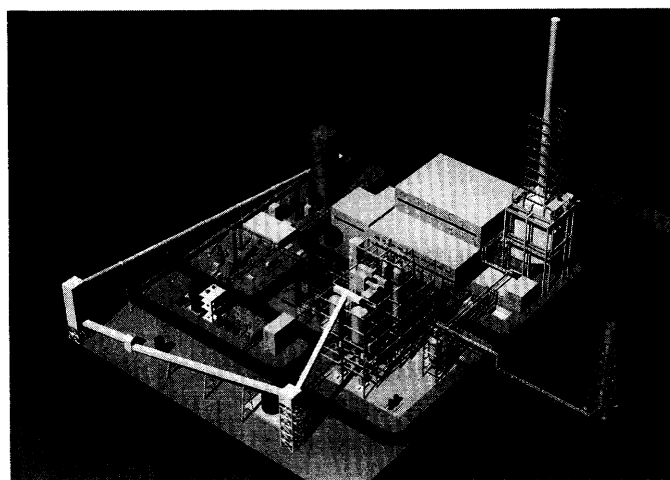
*5 長崎研究所所長室主席

*3 火力プロジェクト部プラント開発主席

表 1 石炭ガス化実証機の主要諸元

Major specification of IGCC demonstration plant

項 目	単 位	実証機計画
設計炭種	—	中国炭等
発電端出力	MW	250
発電端効率 (高位発熱量基準)	%	45.9
環境性能 (16% O ₂ 換算)		
SO _x	ppm	8
NO _x	ppm	5
ばいじん	mg/m ³ N	4

図 1 石炭ガス化実証機概略系統 実証機の機器構成を示す。
System schematic diagram for IGCC demonstration plant図 2 石炭ガス化実証機の鳥かん
Perspective view of IGCC demonstration plant

段噴流床ガス化炉を採用し、脱硫設備は化学プラントなどで多数実績のある湿式脱硫方式（MDEA 法）とする。また、高炉ガス等の低カロリーガスだきプラントで実績のある燃焼温度 1 250℃ のガスタービンを採用する。

蒸気タービンは、タムデムコンパウンド二車室複流排気型、排熱回収ボイラはガス縦流れ型を採用する。微粉炭及びチャーの加圧・搬送には、安全性を考慮して窒素ガスを使用する。

窒素ガスは実績の豊富な深冷分離方式の空気分離設備から供給する。副生する余剰酸素は、ガスタービンから供給されるガス化空気と共にガス化炉へ投入される。

図 2 に、石炭ガス化実証機の鳥かんを示す。

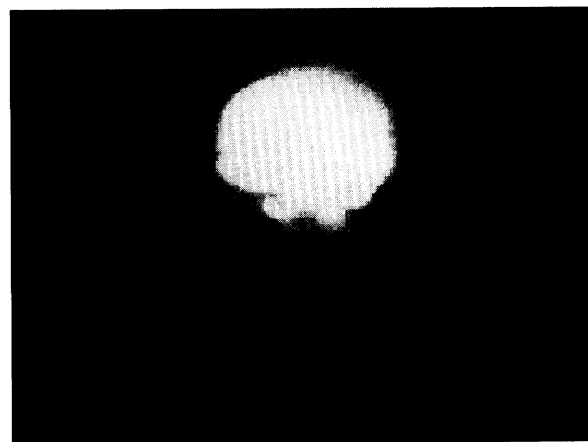
3. 実証機候補炭ガス化試験

3.1 試験のねらい

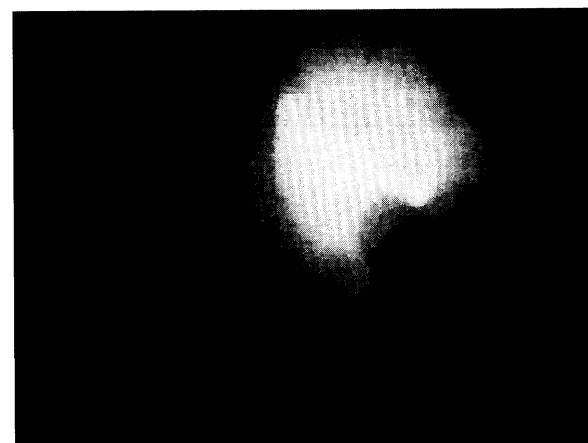
加圧 24 t/d ガス化炉を用いて、実証機候補炭（実証機で実用が検討されている炭種）によるガス化試験を行い、ガス化特性、スラグ排出及びスラグ付着・成長などのガス化炉内灰挙動について把握する。

3.2 試験条件

試験では、炭種（中国炭、米国炭）、酸素濃度、空気比をパラメータとして試験を実施した。



(a) 中国炭



(b) 米国炭

図 3 スラグ排出状況 安定したスラグ排出が確認できる。
Slag discharge

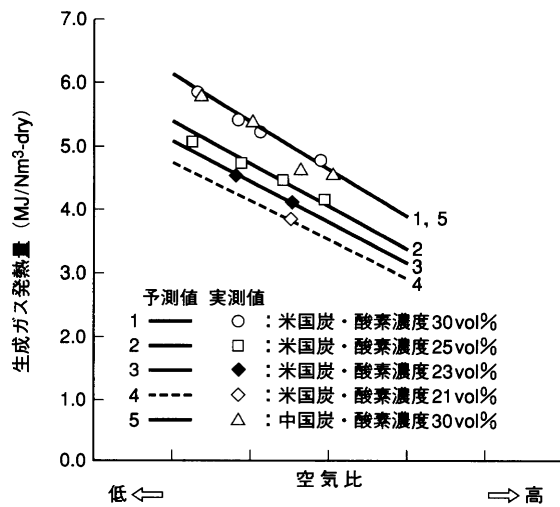
3.3 試験結果

3.3.1 ガス化炉運転状況

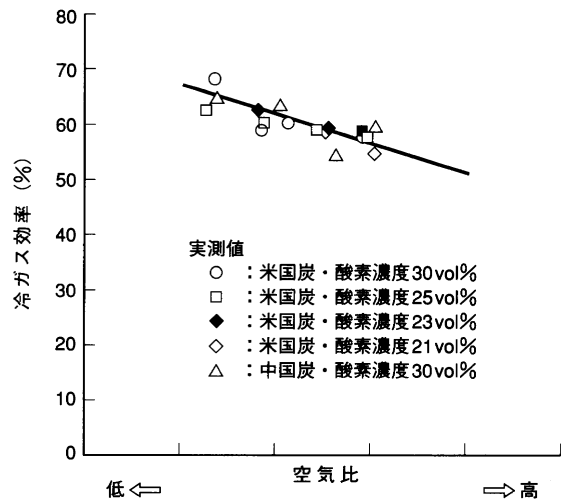
中国炭及び米国炭のスラグ排出状況を図 3 に示す。両炭種共にガス化炉よりスラグが安定して排出され、炭種によらず安定運転が可能であることを確認した。

3.3.2 生成ガス高位発熱量

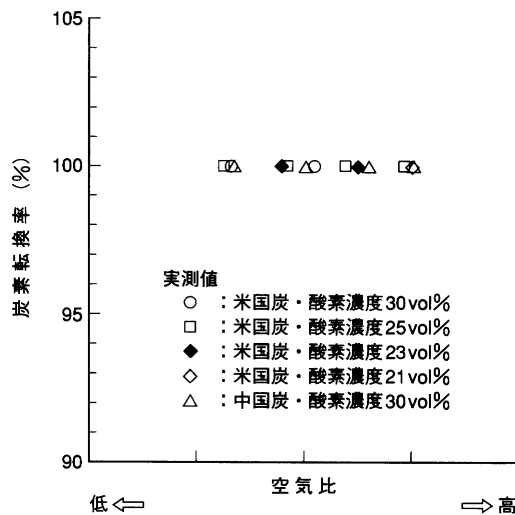
空気比に対する生成ガス高位発熱量の変化を図 4 (a) に示す。空気比が低いほど、またガス化空気の酸素濃度が高いほど発熱量は増加する傾向を確認した。これらの実測値は、予測値と良く一致している。



(a) 生成ガス高位発熱量



(b) 冷ガス効率



(c) 炭素転換率

3.3.3 冷ガス効率

投入石炭の発熱量に対するガス化炉出口生成ガスの化学熱量の割合を冷ガス効率と呼ぶ。

空気比に対する冷ガス効率の変化を図4(b)に示す。空気比が低いほど冷ガス効率は上昇した。また、冷ガス効率は炭種ごとに有意差がないことを確認した。

図4 ガス化性能 空気比に対するガス化性能の変化を示す。
Gasification performance on 24 t/d gasifier

3.3.4 炭素転換率

投入石炭中炭素のうち、生成ガス中の炭素に転換される割合を炭素転換率と呼ぶ。

空気比に対する炭素転換率の変化を図4(c)に示す。いずれの条件においても炭素転換率99.99%以上となり、石炭中炭素のほぼ全量が生成ガスに転換されていて、未燃ロスがほとんど生じないことを確認した。

4. 実証機のスケジュール

平成11年度に引続き、13年度まで事前検証試験及び設計研究を継続して行い、各設備の信頼性向上を中心に検証を進める予定である。

今後のIGCC実証機開発スケジュールを図5に示す。平成13～15年度は設計、平成16～18年度は建設、平成19年度以降は実証試験実施が予定されている。

5. 24 t/d 一貫試験設備

実証機においては、各設備だけでなく、システムとしての信頼性が重要となる。そこで、既存の加圧24 t/dガス化炉の後流に、脱硫及びガスタービン試験設備を追加した一貫試験

年度	H11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
スケジュール	事前検証試験/設計研究										
			設計・製作								
						建設・据付工事					
									実証試験		

図5 石炭ガス化実証機の開発スケジュール 石炭ガス化実証機の開発スケジュールを示す。
Development schedule of IGCC demonstration plant

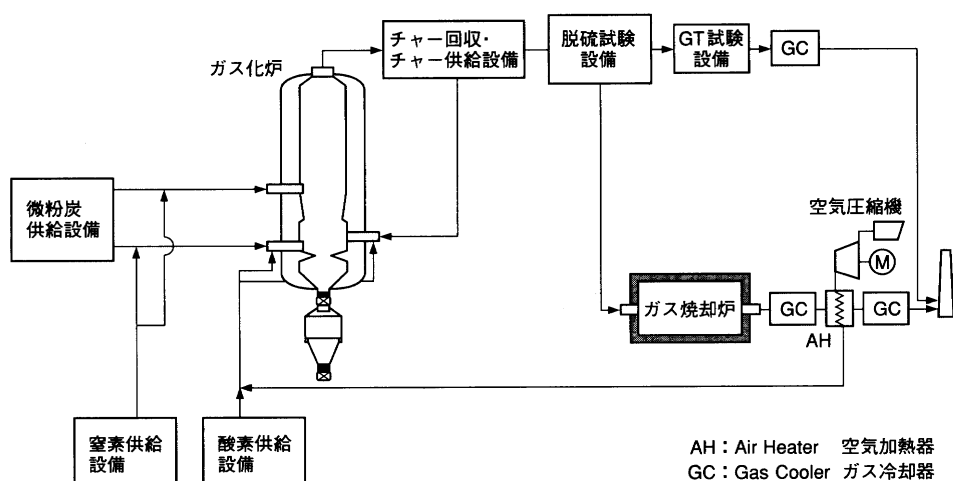


図6 24 t/d 一貫試験設備概略構成 生成ガス系統の機器構成は実証機と同一である。
System flow of 24 t/d once through plant

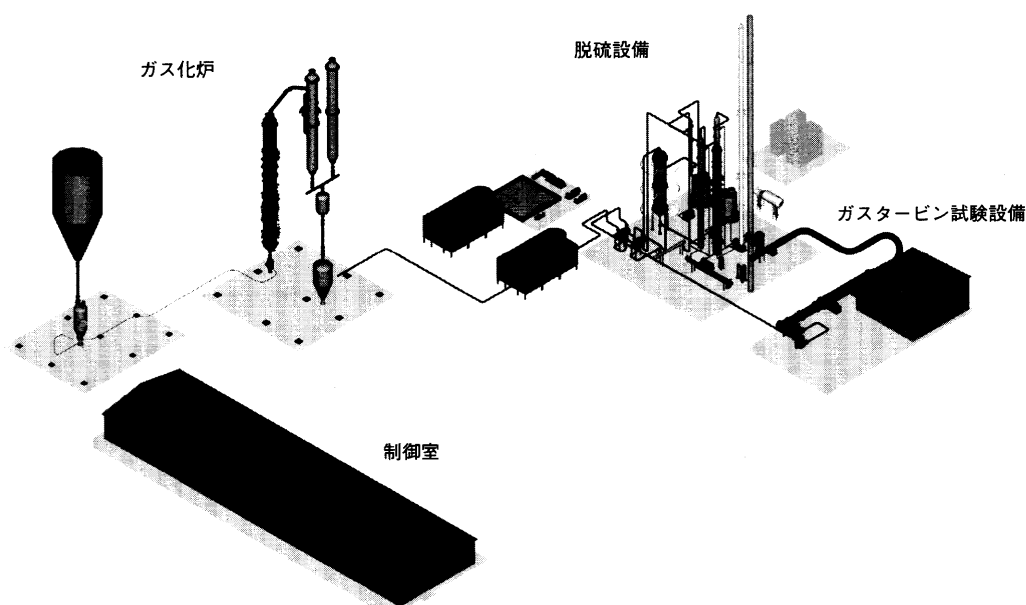


図7 24 t/d 一貫試験設備鳥かん
Perspective view of 24 t/d once through plant

設備を計画中である。一貫試験設備の概略機器構成を図6に、また鳥かんを図7に示す。本試験設備にてプラント運転の総合検証を実施することにより、システムの完成度を高め、実証機に持込むリスクを最小限とする。

6. ま と め

石炭ガス化複合発電実証機開発の事前検証の一環として、実証機候補炭ガス化試験を実施し、中国炭及び米国炭において安定したガス化運転を確認するとともに、ガス化性能が予測値にほぼ一致することを確認した。今後一貫試験設備での

総合検証などを実施し、実証機設計に反映することにより更なる信頼性及び安全性の向上を目指していく。

参 考 文 献

- (1) 佐藤 進ほか、石炭ガス化複合発電実証機の開発状況、三菱重工技報 Vol.37 No.1 (2000)
- (2) 金子祥三ほか、石炭ガス化発電実証プラントの計画、三菱重工技報 Vol.36 No.1 (1999)
- (3) 石橋喜孝、石炭ガス化複合発電 (IGCC) の実証機開発、ENERGY 2000-9