

S0810101

勿来発電所 10 号機 (IGCC) の運転状況

高橋 健^{*1}, 小野 光司^{*1}, 木戸口 和浩^{*2}, 浅野 哲司^{*1}

Operating Condition of Nakoso Power Station No.10 (IGCC) (Operating Results Update)

Masaru TAKAHASHI^{*1}, Koji ONO^{*1}, Kazuhiro KIDOGUCHI^{*2} and Tetsuji ASANO^{*1}

^{*1*2} Joban Joint Power Co., Ltd

20 Oshima, Sanuka-machi, Iwaki-shi, Fukushima-ken, 974-8223, Japan

An Integrated coal Gasification Combined Cycle (IGCC) is the power generation system that gasifies coal, leads the gasified gas to a gas turbine, and generates electricity along with a steam turbine. It is the coal fired power generation technology by which high thermal efficiency is obtained. The Nakoso IGCC Demonstration Plant was constructed by Clean Coal Power R&D Co., Ltd. (CCP) and CCP conducted the various tests for commercialization since September 2007. The Demonstration Project finished in March 2013. CCP was absorbed by Joban Joint Power Co., Ltd. on April 1st, 2013. The IGCC plant has been called Nakoso Power Station unit No.10 and is operating as a commercial plant. In this report, it is described about the commercial operation condition of Nakoso Power Station unit No.10 of Joban Joint Power Co., Ltd.

Key Words : IGCC, Coal, Gasification, Combined cycle, Air-blown, Nakoso

1. 緒 言

石炭ガス化複合発電 (IGCC : Integrated coal Gasification Combined Cycle) は、石炭をガス化炉でガス化し、そのガス化ガスを利用するガスタービンと、ガスタービンの排熱を利用する蒸気タービンを組み合わせた発電方式であり、より高い発電効率が得られる石炭火力発電技術である。海外の IGCC プラントでは酸素吹きが主流であるのに対し、日本はさらに高い発電効率が期待できる空気吹き IGCC の研究開発を独自に進めてきた。商用規模の空気吹き IGCC では 48~50% の発電効率 (送電端, LHV) が見込まれ、日本の従来型微粉炭火力に対して約 2 割の効率向上が期待される。

本稿では、日本初の IGCC 商用プラントとして現在稼働している当社勿来発電所 10 号機の運転状況と今後の運用計画について報告する。

2. 空気吹き IGCC の開発経緯

空気吹き IGCC の開発経緯を図 1 に示す。日本の IGCC 開発は、1983 年に (財) 電力中央研究所に設置された石炭処理量 2t/日の小型ガス化炉による基礎試験から始まった。1991~1996 年には福島県いわき市の当社常磐共同火力 (株) 勿来発電所構内に設置された 200t/日規模 (25MW 相当) のパイロット試験が実施された。そして、空気吹き IGCC 開発の最終段階として IGCC 実証プロジェクトが始まり、同発電所構内に商用機の約半分の規模となる 250MW の実証プラントを建設し、(株) クリーンコールパワー研究所 (CCP) が主体となって 2007 年より実証試験が開始された。プロジェクトは目標とする技術課題を達成したことから 2013 年 3 月末をもって終了し、2013 年 4 月より当社常磐共同火力 (株) が CCP を吸収合併し勿来発電所 10 号機として商用運転を行っている⁽¹⁾。

^{*1} 非会員、常磐共同火力 (株) (〒974-8223 福島県いわき市佐糠町大島 20)

^{*2} 正員、常磐共同火力 (株) (〒974-8223 福島県いわき市佐糠町大島 20)

E-mail: masaru-takahashi@joban-power.co.jp

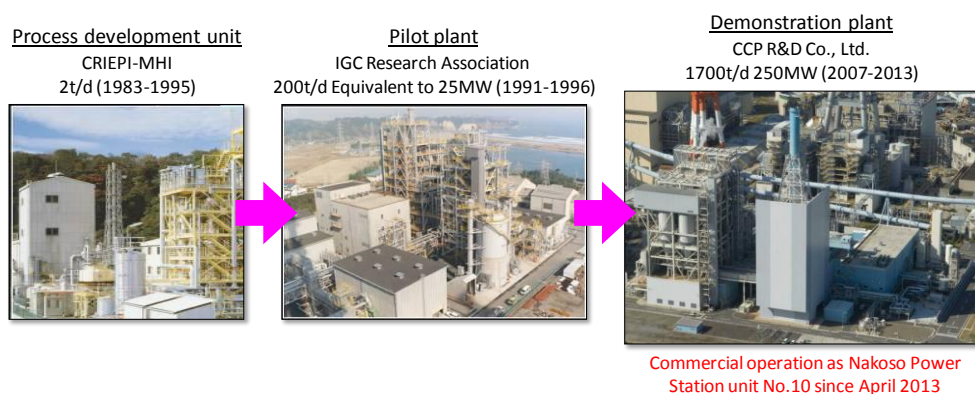


Fig. 1 Development history of Air-blown IGCC in Japan

3. 勿来発電所 10 号機 (IGCC) の概要

勿来発電所 10 号機 (以下, 勿来 IGCC) のシステム構成を図 2 に, 主な設備仕様を表 1 に, 設備鳥瞰図を図 3 に示す. 勿来 IGCC は, ドライフィード式の石炭供給装置と高温集塵装置 (チャー回収設備) を備えた空気吹き加圧二段噴流床方式の「ガス化炉設備」, ガス洗浄塔や H_2S 吸収塔などの「ガス精製設備」, ガスタービン, 蒸気タービン, 排熱回収ボイラ, 発電機などの「複合発電設備」から構成される.

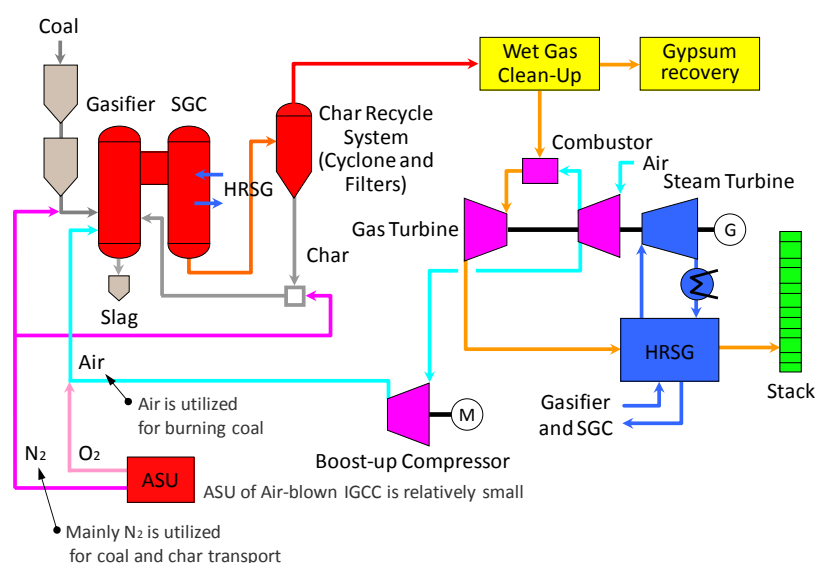


Fig. 2 Schematic diagram of Nakoso IGCC

Table 1 Specifications of Nakoso IGCC

Capacity	250 MW gross		
Coal Consumption	approx. 1,700 metric t/day		
System	Gasifier	Air-blown & Dry Feed	
	Gas Treatment	Wet (MDEA) + Gypsum Recovery	
	Gas Turbine	1,200 deg C - class (50Hz)	
Efficiency (Target Values)	Gross	48% (LHV)	46% (HHV)
	Net	42% (LHV)	40.5% (HHV)
Flue Gas Properties (Target Values)	SO_x	8 ppm	(16% O_2 basis)
	NO_x	5 ppm	
	Particulate	4 mg/m ³ N	

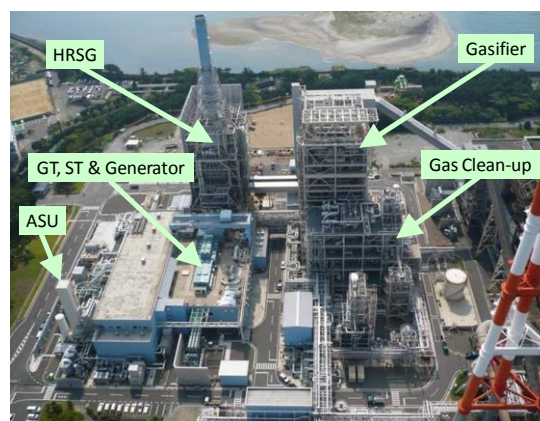


Fig. 3 Bird's-eye view of Nakoso IGCC

ガス化炉で石炭は空気による部分酸化反応によって CO と H₂ を主成分とする可燃性の石炭ガスに変換され、石炭に含まれる灰分は熔融スラグとして炉底から排出される。ガス化炉からは石炭ガスとともにチャーと呼ばれる未燃粒子が発生するが、チャーはサイクロンおよび金属フィルタで回収され再びガス化炉へ投入される。微粉炭およびチャーは、窒素による気流搬送でガス化炉に投入されるため比較的小容量の空気分離設備（ASU：Air Separation Unit）が設置されており、窒素製造の際に副産物として発生する酸素はガス化炉の燃焼温度を確保するためにガス化炉に投入される。ガス化炉で発生した石炭ガスは、ガス化炉後流の熱交換器（SGC：Syngas Cooler）で冷却され、チャーが回収された後、ガス精製設備で硫黄化合物や窒素化合物などの不純物が除去されガスタービンへと送られる。

なお、勿来 IGCC では SGC などからも蒸気が発生するため、一般的な LNG 複合発電と比較すると蒸気タービンで発電する割合が高くなり、ガスタービンと蒸気タービンの出力割合はほぼ同じである。

4. 商用運転の状況

図 4 に IGCC 実証試験からの運転時間および発電電力量の実績を示す。石炭ガスでの累積運転時間は 29,000 時間を超え、累積発電電力量は 6,158GWh となった。商用運転の 2 年目となる 2014 年度は、2013 年度と同様に電力需要が高まる夏場を通して高稼働率で安定した運転を継続するとともに、ガスタービン燃焼器の計画的な点検などを行い設備信頼性の維持を図った。以下に 2014 年度における主な運転トピックを記載する。

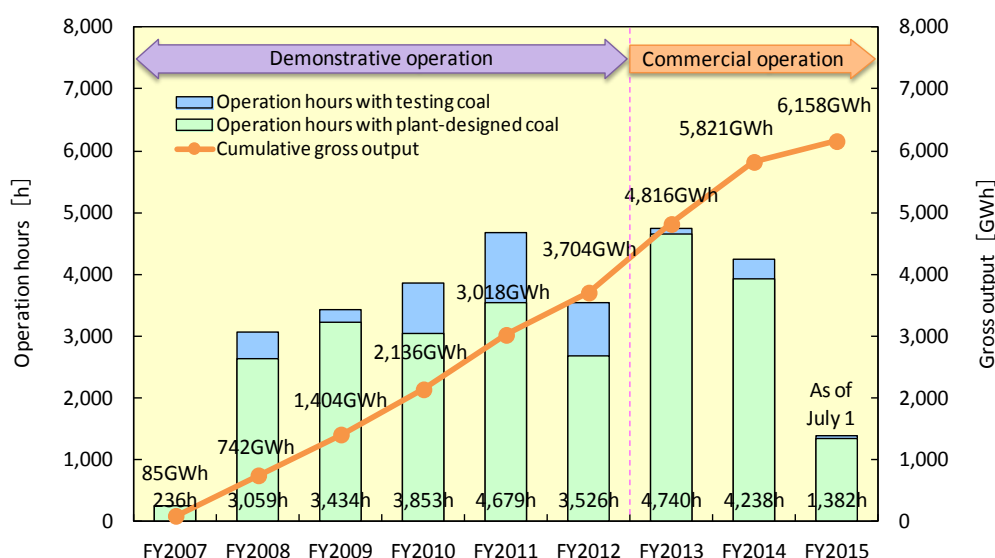


Fig. 4 Operation hours and cumulative gross output

4・1 使用炭のガス化特性評価

勿来 IGCC の設計炭は中国炭である。石炭は炭種によってガス化反応性が大きく異なるが、同じ炭種でも石炭船の受け入れごとに差がある。ガス化反応性の違いはガス化炉でのガス化性能さらにはプラント全体の性能にも作用するため、ガス化反応性を把握しガス化炉の運転状態を予測することは非常に重要である。そこで、（一財）電力中央研究所（電中研）の協力のもと、使用予定の石炭に対してガス化反応性基礎実験（加圧型熱天秤 PTG：Pressurized Thermo Gravimetry、加圧型燃料反応実験装置 PDTF：Pressurized Drop Tube Furnace）および数値解析等を行い、事前にガス化性能を予測・評価することでガス化炉運転条件の指針としている。

図 5 に電中研の PTG によって測定された 2014 年度使用炭のガス化反応性を示す。PTG はガス化反応性の定性的な傾向が把握できるため、簡易的にはこの PTG で予測・評価を行っている。塗りつぶし部は実証試験中から 2013 年度までの使用炭（中国炭）幅を示しているが、2014 年度の使用炭は反応速度が比較的速いものが多かった。特に Coal_4 ではこれまでの使用炭幅を超える反応速度であったため、ガス化炉の炉内温度と炉壁への熱負荷が高くなると予測され、実際の運転ではガス化炉のパラメータ調整により事前に運転空気比を下げる対応とした。

ガス化炉の性能指標として、冷ガス効率（CGE：Cold Gas Efficiency）は式（1）、炉内炭素転換率（CCE：Carbon Conversion Efficiency）は式（2）で定義される。図6に2014年度使用炭の商用運転における冷ガス効率と炉内炭素転換率を示す。Coal_2はガス化反応速度がCoal_1よりも遅いためガス化性能が低くなっている。Coal_3はガス化反応速度がCoal_1に比べ若干遅いもののガス化性能が高くなっている。これは運転空気比が高いことに伴いガス化反応が促進されたものと考えられる。Coal_4は運転空気比が低いにもかかわらずガス化反応速度が速いため、Coal_1と同程度までガス化性能が回復している。このように、簡易的にガス化反応性を把握することでガス化炉の状態予測が行うことが可能となった。引き続き、ガス化反応性データを蓄積して炭種に応じた運転条件の最適化を図っていくとともに、得られるデータを参考にしながら使用炭種の拡大を積極的に行っていく。

$$\text{CGE (\%)} = \frac{\text{flow rate of syngas (m}^3\text{N/h)} * \text{HHV of syngas (MJ/m}^3\text{N)}}{\text{flow rate of coal into gasifier (kg/h)} * \text{HHV of coal (MJ/kg)}} \quad (1)$$

$$\text{gasifier CCE (\%)} = \frac{\text{carbon in syngas (t/h)}}{\text{carbon in coal fed into gasifier (t/h)} + \text{carbon in char fed into gasifier (t/h)}} \quad (2)$$

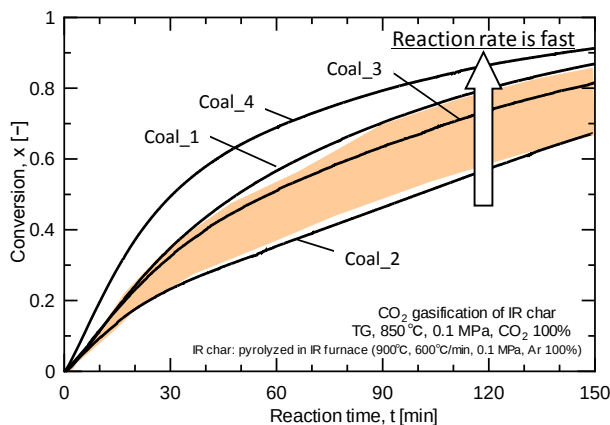


Fig. 5 Reaction rate of used coal measured by PTG

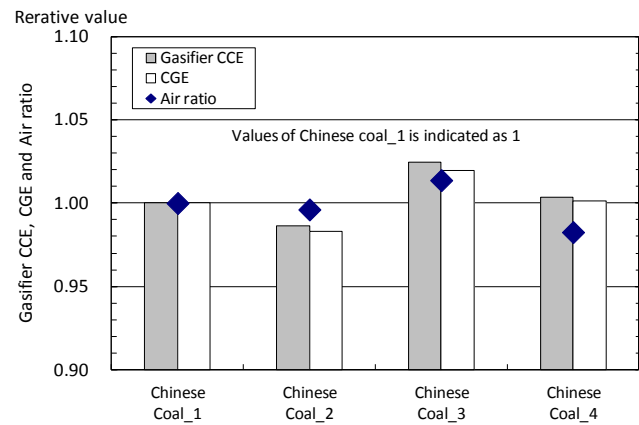


Fig. 6 Gasification performance of used coal in 2014

4・2 使用炭種拡大運転

勿来 IGCC は設計炭である中国炭での運用を基本としているが、石炭燃料を安定かつ低廉に確保していく観点から使用炭種の拡大を計画している。2014年度は当社勿来発電所 7～9 号機で使用している炭種の中から実証試験時に使用実績のある米国炭を選定して混炭運転を行い、図7に示すように安定した運転が行えることを確認した。今後は、さらなる長期間での安定運転を確認するとともに、実証試験時に行った炭種拡大試験の実績も踏まえ、その他の炭種の使用を順次進めていく予定である。

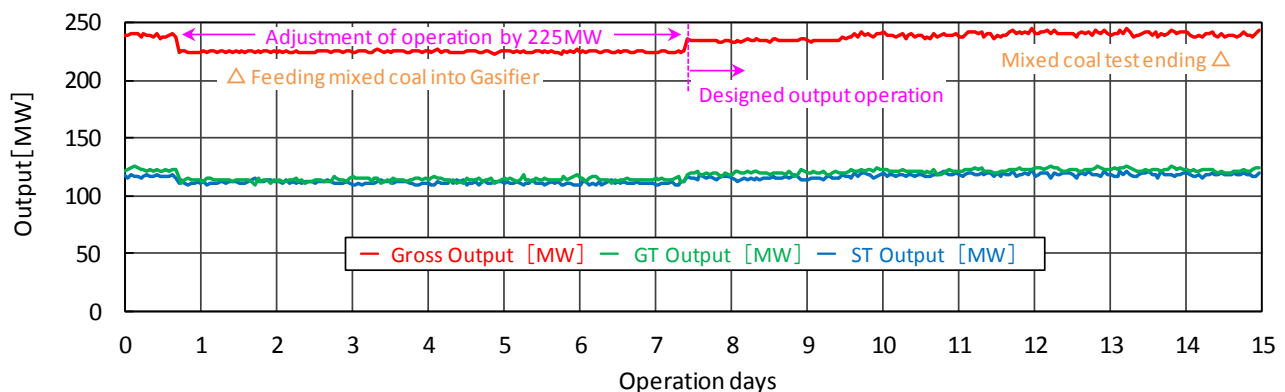


Fig. 7 Trend data of operation using mixed coal

4・3 ガスタービン高性能吸気フィルタの導入

ガスタービン吸気フィルタは圧縮機入口の吸気ダクト内に設置されており、飛来物の付着やそれによる損傷、海塩粒子による孔食などを防ぐ。これにより圧縮機の効率や健全性が維持される。勿来 IGCC では、2014 年度のガスタービンの燃焼器点検期間中に、これまで運用していたプレフィルタとメインフィルタ（中性能フィルタ）に加え、新たに高性能な HEPA（High Efficiency Particulate Air）フィルタを導入した。

図 8 に HEPA フィルタ導入前後のガスタービン圧縮機の空気流量と断熱効率の関係を示す。HEPA フィルタ導入前の断熱効率は同じ空気流量で比較すると運転経過とともに低下する傾向があったが、HEPA フィルタ導入後は低下傾向が見られないことが分かる。HEPA フィルタ導入により圧縮機断熱効率の低下を抑制させる効果があること、さらには勿来 IGCC が健全かつ高信頼性のもとで稼働していることが確認できた。

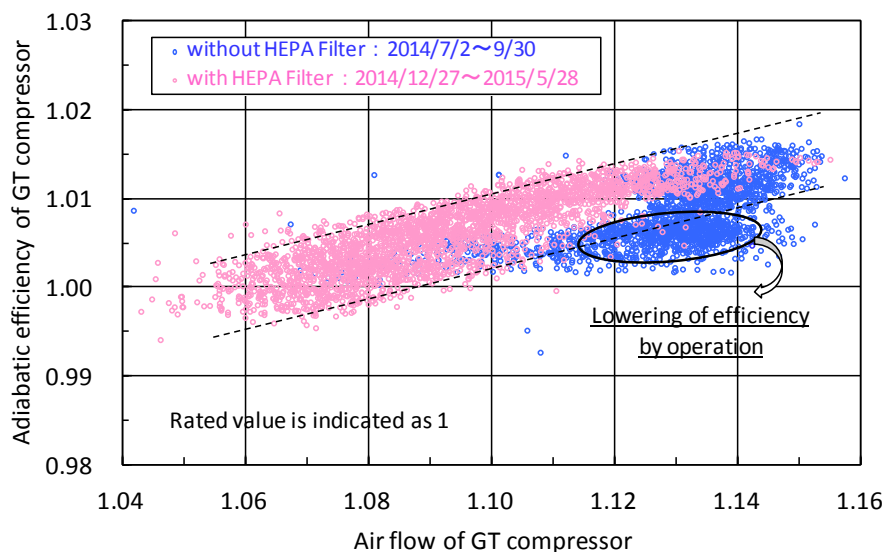


Fig. 8 Relationship between air flow and adiabatic efficiency of GT compressor

5. 今後の運用計画

勿来 IGCC は実証試験設備を商用設備として転用したものであるため、耐用年数が短い機器が多く存在する。そこで、2015 年度の定期点検工事では、今後の長期間運転に十分耐え得るための設備耐力強化として、生成ガス中の硫黄分による高温硫化腐食が厳しい環境下にある生成ガス配管の取替工事を進めている。本工事により設備の信頼性と耐久性を高め、2015 年度以降はさらなる高稼働率での運転を行っていく予定である。

6. 結 語

商用運転への移行から 2 年目となる 2014 年度は、プラントの安定かつ高稼働な運転を基本としつつ、電中研の協力のもとで使用する石炭に応じたガス化炉運転条件の最適化や、燃料調達の柔軟性を目指した設計炭にとらわれない使用適合炭種の拡大、プラント信頼性の維持・向上につながるガスタービン関連の保修などを行ってきた。今後も、これまで蓄積してきた空気吹き IGCC の運用技術を活用しながらプラントの安定運用を図り、さらなる技術の向上に努めていく。

文 献

- (1) 小野光司, 高橋健, “250MW 空気吹き石炭ガス化複合発電 (IGCC) プラントの開発と現状”, 日本機械学会 2014 年度年次大会講演論文集, (2014), CD-ROM.