

S0810102

勿来発電所 10 号機 (IGCC) の運転状況

小野 光司^{*1}, 梅本 賢^{*1}, 木戸口 和浩^{*2}, 高橋 健^{*1}

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

Koji ONO^{*1}, Satoshi UMEMOTO^{*1}, Kazuhiro KIDOGUCHI^{*2}, Masaru TAKAHASHI^{*1}

^{*1*} Joban Joint Power Co., Ltd
20 Oshima, Sanuka-machi, Iwaki-shi, Fukushima-ken, 974-8223, Japan

An integrated coal gasification combined cycle (IGCC) is a high thermal efficiency power generation system that uses a gasifier to convert coal to synthesis gas (syngas), a gas turbine burning the syngas, and a steam turbine generating additional electricity from exhaust heat. Nakoso IGCC is the only commercial IGCC power plant in Japan, which adopts an air-blown type gasifier. This report overviews current status of the Nakoso IGCC. During the operation, it was found that the thermal efficiency can be increased more by adjusting the amount or oxygen concentration of gasifying agent (oxygen-enriched air).

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。500MW クラスの空気吹き IGCC では 48% 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稼働中である勿来発電所 10 号機の最新の運転状況について報告する。

2. 勿来発電所 10 号機の概要

勿来発電所 10 号機 (以下、勿来 IGCC) のシステム構成を図 1 に、ガス化炉の構成を図 2 に、主な設備仕様を表 1 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 : Char Recycle System) を備えた空気吹き二室二段噴流床方式の「ガス化炉設備 (Gasifier)」, ガス洗浄塔や H₂S 吸収塔などの「湿式ガス精製設備 (Wet-Gas Clean-Up)」, ガスタービン (Gas Turbine), 蒸気タービン (Steam Turbine), 排熱回収ボイラ (HRSG), 発電機などの「複合発電設備」から構成される。

なお、勿来 IGCC では、ガスタービン排熱だけでなく、ガス化炉の排熱も蒸気で回収 (Syngas cooler) 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比率は約 1 : 1 となる⁽¹⁾。

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

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

E-mail: koji-onoi@joban-power.co.jp

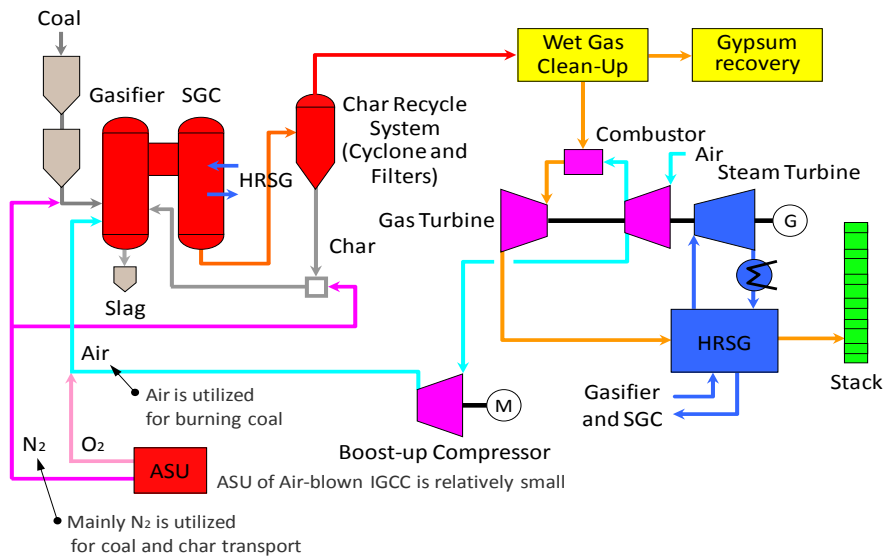


Fig. 1 Schematic diagram of Nakoso IGCC

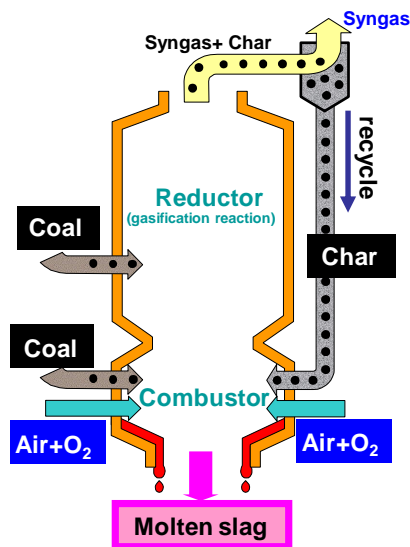


Fig. 2 Schematic of Gasifier in Nakoso IGCC

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	

ガス化炉では、石炭が保有する鉱物を溶融スラグとして排出する。スラグを円滑に排出するためにはガス化炉内を高温に保つ必要があるが、空気を多く供給するとガスタービンの燃焼に用いられるガス化ガス (syngas) のカロリーが低下する。空気吹きのみでは酸素吹きに比べて大量の窒素が存在するため、炉内温度が上がり難しく技術的難度が高い。この問題を解決するため、ガス化炉をコンバスタ (燃焼室: Combustor) とリダクタ (ガス化室: Reductor) に分けた二室二段噴流床方式を採用している。コンバスタでは石炭 (Coal) と未燃分を含む固体であるリサイクルチャー (Char) を高温で燃焼させ、ガス化に必要な高温熱源を発生させるとともに、スラグ (Slag) を溶融排出する。リダクタではコンバスタから上昇してきた高温ガスに石炭を吹き込みガス化させる。コンバスタのみを高温状態とすることで空気の供給を抑えることができ、溶融スラグの良好な排出とガス化ガスの高カロリー化が達成できる。

また、高圧のガス化炉に石炭を粉砕した微粉炭およびリサイクルチャーを投入するために、安全性を考慮して不活性ガスである窒素による気流搬送を行っており、合わせて、シールおよび保安用に用いる窒素を製造するために比較的小容量の空気分離設備 (ASU: Air Separation Unit) が設置されている。窒素製造の際に副産物として発生する酸素 (O₂) は、ガス化炉の燃焼温度を確保するために空気 (Air) に富加されてガス化炉に投入される。

3. 2015年度の運転状況

図3に運転開始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30,000時間を超え、累積発電電力量は6,567GWhとなった。勿来IGCCは当初実証試験設備であったことから、商用運転3年目となる2015年度は定期点検期間を利用して今後の長期間運転に十分耐え得るための設備耐力強化を行った。工事では、実証試験設備の為に多く存在していた耐用年数が短い機器を中心として生成ガス配管の取替工事を実施、設備の信頼性と耐久性を高め、電力需要が高まる冬場に向けて12月から運転を再開した。以下に2015年度における主な運転トピックを記載する。

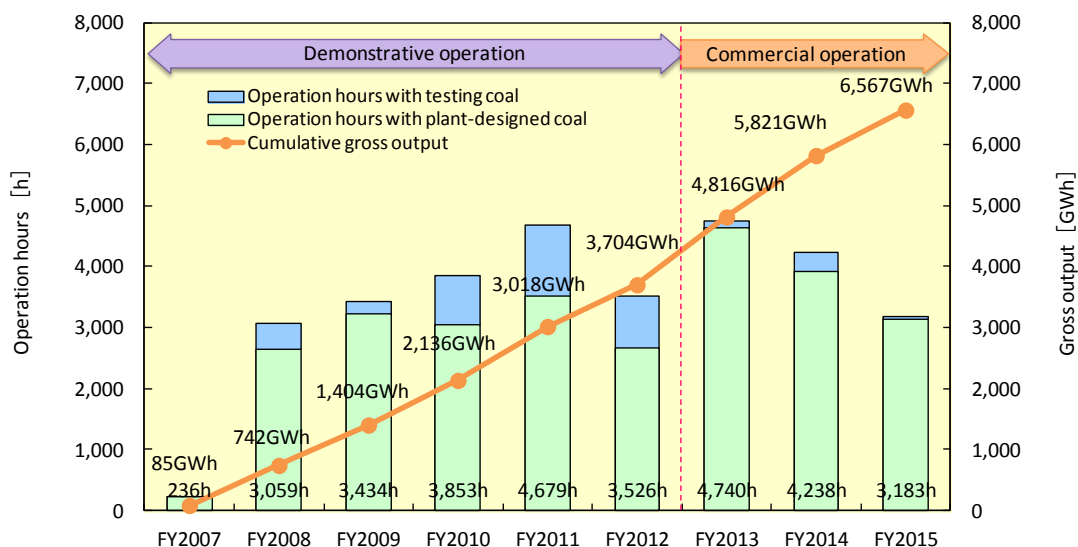


Fig. 3 Operation hours and cumulative gross output

3・1 ガス化炉運転空気比低減による発電効率への影響

勿来IGCCでは、石炭ガス化ガスの発熱量を高めるため、可能な範囲でガス化炉への空気の供給を抑えた運転を行っている。(一財)電力中央研究所(電中研)の協力のもと、石炭を使用する前に行っているガス化反応性の予測・評価により、ガス化反応速度が速い石炭の場合には、ガス化炉周壁への熱負荷が高くなることから運転空気比(石炭の理論燃焼空気量に対する供給空気量の比: Air ratio)をさらに低めに設定する。この時の石炭ガス化ガスの性状変化による発電効率への影響について検討した。

図4に運転中の運転空気比を低く設定変更した場合のプラント熱効率の変化量を示す。運転空気比を下げたことで(Case2)炉内炭素転換率(CCE: Carbon Conversion Efficiency):式(1)が低下している一方で、冷ガス効率(CGЕ: Cold Gas Efficiency):式(2)が向上している。冷ガス効率の向上により生成ガス発熱量(HHV of Syngas)が増加、これによりガスタービン(GT)熱効率:式(3)が増加した。発電出力が同じであるため、GT出力が増加する一方でST出力は減少した。ST出力の減少はSGCおよびHRSGの取熱量の減少によるものであるが、STの熱効率:式(4)に顕著な低下は見られない。

このように、運転空気比を下げることは、ガス化炉の冷ガス効率とGT熱効率の向上に繋がり、GT発電効率:式(5)が向上する。この際、SGCおよびHRSGの取熱量減少によるST発電効率:式(6)の低下分を上回り、プラント全体として発電端効率が向上することが定量的に確認できた。

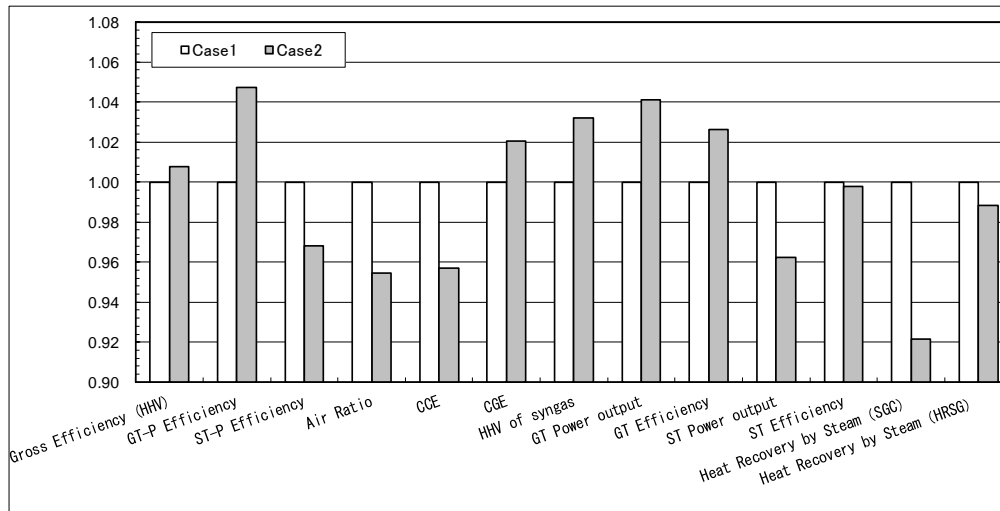


Fig. 4 Efficiency of air ratio adjustment

$$\text{gasifier CCE (\%)} = \frac{\text{carbon in syngas (t/h)}}{\text{carbon in coal fed into gasifier (t/h) + carbon in char fed into gasifier (t/h)}} \quad (1)$$

$$\text{CGE (\%)} = \frac{\text{flow rate of syngas (m}^3\text{N/s)} * \text{HHV of syngas (MJ/m}^3\text{N)}}{\text{flow rate of coal into gasifier (kg/s)} * \text{HHV of coal (MJ/kg)}} \quad (2)$$

$$\text{GT Efficiency (\%)} = \frac{\text{GT Power output (MW)}}{\text{flow rate of syngas (m}^3\text{N/s)} * \text{HHV of syngas (MJ/m}^3\text{N)}} \quad (3)$$

$$\text{ST Efficiency (\%)} = \frac{\text{ST Power output (MW)}}{\text{Heat Recovery by Steam (SGC + HRSG) (MW)}} \quad (4)$$

$$\text{GT Power output (GT-P) Efficiency (\%)} = \text{CGE (\%)} * \text{GT Efficiency (\%)} \quad (5)$$

$$\text{ST Power output (ST-P) Efficiency (\%)} = \frac{\text{Heat Recovery by Steam (SGC + HRSG) (MW)} * \text{ST Efficiency (\%)}}{\text{flow rate of coal into gasifier (kg/s)} * \text{HHV of coal (MJ/kg)}} \quad (6)$$

3・2 ガス化炉酸素濃度上昇による発電効率への影響

前述のとおり勿来 IGCC では、ASU から発生する余剰酸素をガス化剤として空気に富加してガス化炉へ投入し、ガス化炉の酸素濃度を通常 25% 設定としている。図 5 に運転中のガス化炉酸素濃度を変更した際のプラント熱効率の変化量を示す。酸素濃度を高めると (Case4)、ガス化炉内の温度が上昇し、空気比を下げる事ができた。その結果、ガス化炉の炉内炭素転換率と冷ガス効率が向上、生成ガス発熱量が増加し、発電効率が向上した。GT の熱効率が若干低下しているのは、ガスタービン入口案内翼 (IGV : Inlet Guide Vane) の開度の違いによるものと考えられ、GT 出口温度の上限値に余裕がある場合には生成ガス発熱量に合わせて開度を適切に設定できれば GT 熱効率の向上に繋がる可能性がある。

このように、ASU 余剰酸素をガス化剤として有効活用し、可能な範囲でガス化剤中の酸素濃度を増加させることで、冷ガス効率の向上による GT 発電効率の向上、ひいてはプラント全体の発電端効率の向上が確認できた。

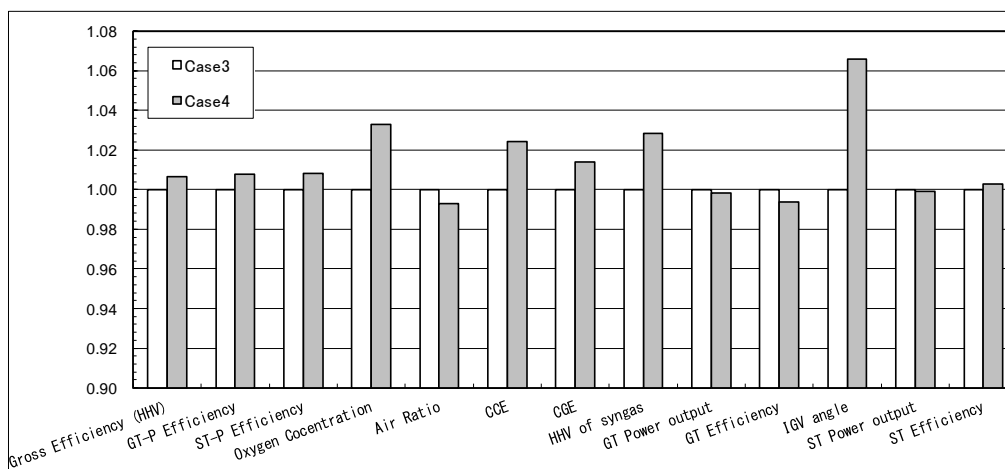


Fig. 5 Efficiency of oxygen concentration adjustment

4. 今後の運用計画

勿来 IGCC は 2015 年度の設備耐力強化工事により、設備の信頼性と耐久性を高め、運転を再開した。今後は商用設備転用後の重要課題である、更なる利用率の向上を目指して取り組んでいく。また、炭種拡大への取り組みも本格的に開始できる環境が整ったことから、引き続き使用実績のある炭種を中心として長期間の混炭運用を計画していく。合わせて IGCC に適した新規炭の導入に向けた検討も順次進めて行く予定である。

5. 結 語

商用設備への転用から 3 年目となる 2015 年度は、ガス化炉運転条件の調整による発電効率向上への取り組みを行ってきた。合わせて、設備の信頼性向上に向けた調査や検討も行っている。

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、さらなる技術力の向上と設備利用率の向上に努めていく。

文 献

- (1) 高橋健, 小野光司, 木戸口和浩, 浅野哲司 “勿来発電所 10 号機 (IGCC) の運転状況”, 日本機械学会 2015 年度年次大会講演論文集, (2015), CD-ROM.