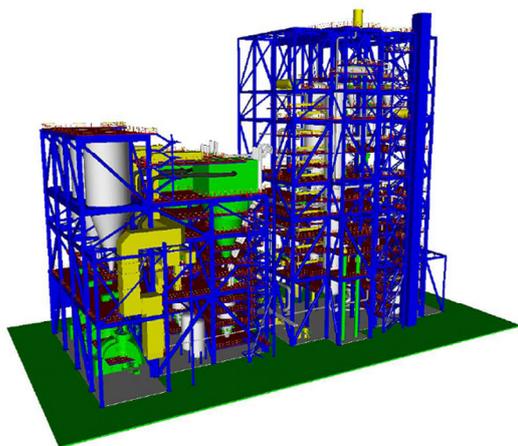


# 化学製品合成原料ガス供給用石炭ガス化システムの開発

Development of Mitsubishi Gasification System for Chemical Products



橋本 貴雄\*<sup>1</sup>  
Takao Hashimoto

坂本 康一\*<sup>2</sup>  
Koichi Sakamoto

太田 一広\*<sup>3</sup>  
Katsuhiko Ota

岩橋 崇\*<sup>4</sup>  
Takashi Iwahashi

北川 雄一郎\*<sup>5</sup>  
Yuuichirou Kitagawa

横濱 克彦\*<sup>6</sup>  
Katsuhiko Yokohama

当社は独自の空気吹きガス化技術を開発し、IGCC 実証機で順調に運転を実施している。この二段二室ガス化方式をベースにして、ガス化炉の基本的な体格をIGCC 実証機と同一のまま、化学製品合成向けとして酸素吹きへの適用を図るべくガス化炉システム開発を進めてきた。本論文では、化学製品合成向け酸素吹きガス化炉の開発状況について報告する。

## 1. はじめに

エネルギー問題を考えた場合、天然ガスや油にのみ依存することはできず、埋蔵量が豊富で価格や産地の安定している石炭を効率的かつクリーンに利用していかなければならない。そのような背景の下、固体の石炭を原料として液体燃料あるいは化学製品を合成する石炭ガス化技術が注目されている。液体燃料・化学製品向けでは、後流側のプロセスで生成ガス中のイナート成分である  $N_2$  を極力低減することが望まれるため、酸素吹き方式が主流である。当社は既に、発電用に独自の空気吹きガス化技術を開発し、IGCC 実証機で順調に運転を実施しており、空気吹きで世界最高効率の IGCC 商用機実現に向けて鋭意取組み中である。この二段二室噴流床ガス化方式をベースにして、ガス化炉の基本的な体格を IGCC 実証機と同一のまま、化学製品合成用の酸素吹きガス化炉への適用を図るべく開発を進めてきた。

## 2. 三菱酸素吹き石炭ガス化炉の特長

### 2.1 三菱二段二室噴流床ガス化炉の原理

図1に三菱二段二室噴流床石炭ガス化炉の原理を示す。このガス化炉は、灰の熔融安定排出が可能な高温燃焼を行うコンバスタ部(燃焼部)とその高温ガスによってガス化反応を行うリダクタ部から構成される。機能の分離により、空気吹きによっても石炭灰の熔融とスラグ安定排出に必要なガス温度と、発電用であればガスタービンの安定燃焼が可能なガス発熱量を両立することができる。また、生成ガス中に含まれる熔融灰粒子を石炭のガス化吸熱反応により効果的に冷却できるので、大型の輻射熱交換器や低温ガスによる冷却(クエンチ)システムが不要となり、ガス化炉をコンパクトにできる利点がある。ガス化炉後流の熱交換器では、ガス化炉からの生成ガス及び未反応炭素を含むチャーを所定温度まで冷却し、生成ガス及びチャーの顕熱を高圧蒸気として回収することが可能である。

\*1 原動機事業本部プラント事業部技師長

\*3 原動機事業本部事業戦略部グループ長

\*5 原動機事業本部ボイラ統括技術部課長

\*2 原動機事業本部プラント事業部グループ長

\*4 原動機事業本部プラント事業部

\*6 技術本部長崎研究所主席研究員

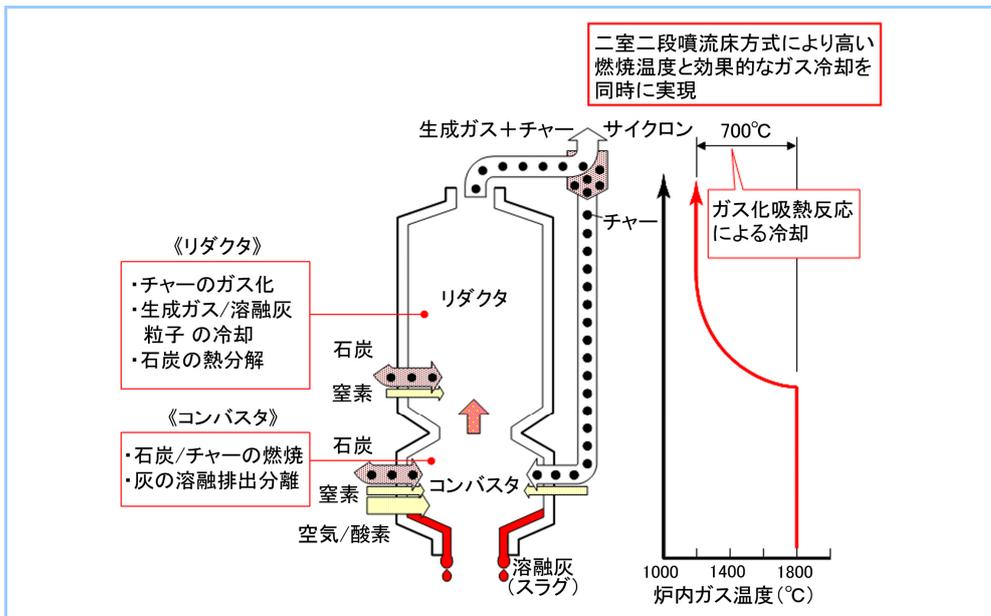


図1 三菱二段二室噴流床石炭ガス化炉の原理

## 2.2 三菱酸素吹き石炭ガス化炉の特長

前述のように、独自の差別化技術である空気吹き石炭ガス化技術をベースに、CTL (Coal to Liquid), DME, SNG, アンモニアなどの化学製品合成向けへ応用することを目的として酸素吹き石炭ガス化炉開発を開始した。開発コンセプトは、開発・検証済の空気吹きガス化炉の構造・機器や要素技術を最大限共有化して酸素吹きに伴う開発項目を最小化し、IGCC 実証機の知見をいかしながら商用機実現を目指すことにある。

図2に三菱酸素吹きガス化炉の特長を示す。三菱二段二室噴流床ガス化炉の基本設計クライテリアを酸素吹きガス化炉にも適用することで、IGCC 実証機と同様の構造とすることができる。酸化剤を空気から酸素に変更することで、炉内の流動・伝熱・反応環境が変化するが、要素研究や炉内シミュレーション、試験設備での検証を通じ、十分なリスク検討を実施している。

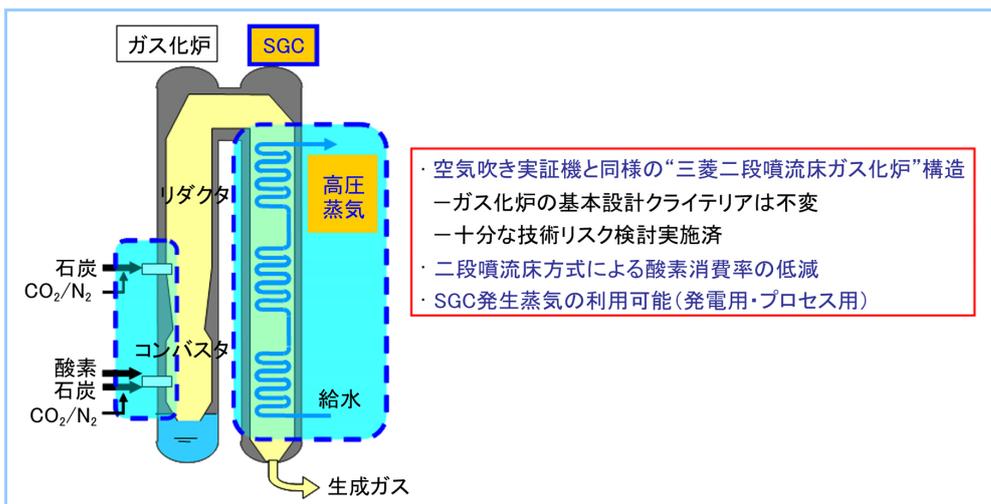


図2 三菱酸素吹きガス化炉の特長

欧米の石炭スラリーによる湿式給炭方式に比べ水分の潜熱ロスが少なく、また空気吹きガス化炉と同様の乾式給炭と二段二室噴流床方式との組合せにより、図3に示すとおり他社の酸素吹きガス化炉に比べ酸素消費率を 15-25%低減し、酸素製造動力の低減に寄与及び高い冷ガス効率を実現する。

さらに、ガス化炉 SGC (Syn Gas Cooler) で生成ガス及びチャーの顕熱を、プロセス用などの蒸気として回収し、客先ニーズに応じた幅広い蒸気条件で利用が可能である。

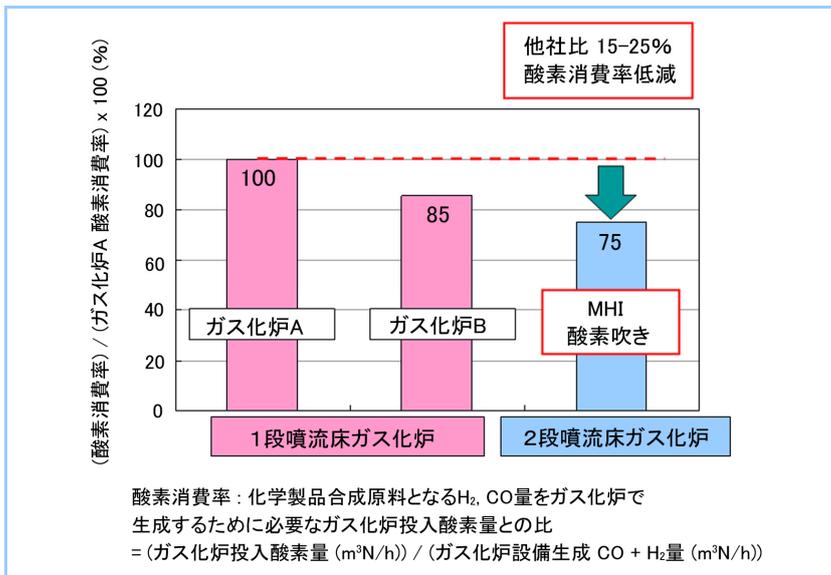


図3 酸素消費率の比較

### 3. 石炭ガス化試験成果

#### 3.1 石炭ガス化試験成果

酸素吹きガス化炉の適用可能性を検証するために、当社にある石炭ガス化試験設備にてガス化試験を計画した。本設備は空気吹き用ガス化試験設備として使用されてきたものを、酸素吹き化に伴い変更となるユーティリティシステムのマイナー・チェンジを行ったのみで、そのままガス化炉本体の改造を実施することなく適用した。

酸素吹き条件下でガス化炉投入石炭を設備最大容量まで投入した結果、ガス化炉下部から良好なスラグ排出性を確認しながら安定したガス化ガス量・性状を得、連続運転が可能であることを確認した。また、試験完了後の内部点検の結果からも、炉内の健全性が確認され、大きな設備変更なく同一ガス化炉でも空気吹き・酸素吹きの両方のガス化炉設計が可能であることが示された。

図4に試験結果、図5に試験時スラグ流下状況を示す。

■ 運転圧力	1 MPa
■ 石炭	
灰分	28wt%
水分	18wt%
■ 酸化剤	酸素
■ 石炭ガス性状	
CO	48 vol%
H <sub>2</sub>	22 vol%
HHV (dry)	9.6 MJ/m <sup>3</sup> N (2 300 kcal/m <sup>3</sup> N)

図4 ガス化試験設備における酸素吹きガス化試験結果

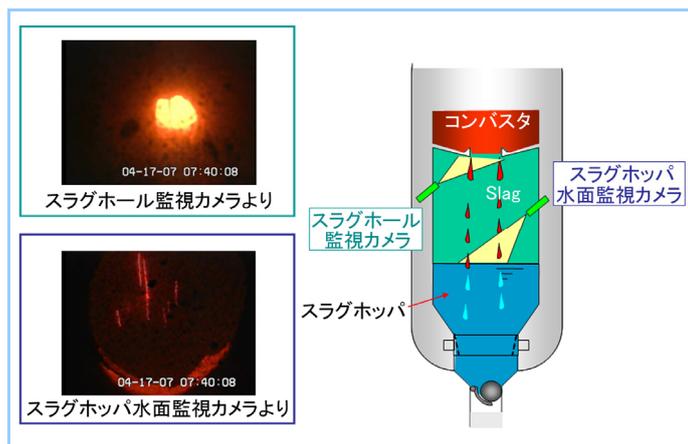


図5 ガス化試験時スラグ流下状況

#### 3.2 商用機計画

商用機に向けては、スケールアップリスクを考慮し、パイロット規模から実証機というステップを経るのが通常である。しかし前述のように、酸素吹き石炭ガス化炉は空気吹きガス化炉と同じ構造をベースに、今回検証を完了した新規の開発要素を反映することによって実現可能であることを確認した。

図6に酸素吹き商用機開発ロードマップ、表1に商用機計画例を示す。

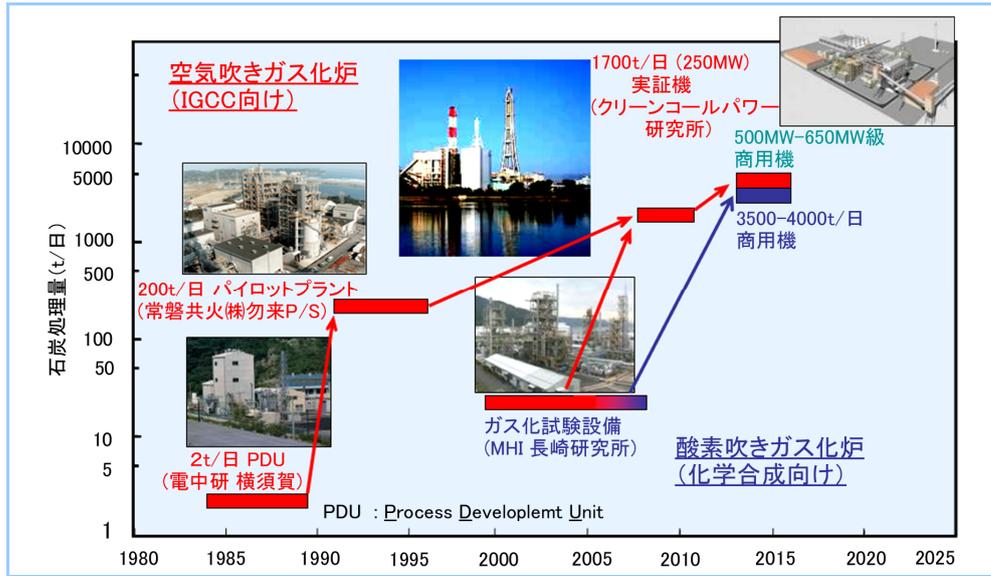


図6 酸素吹き商用機ロードマップ

表1 酸素吹き商用機計画

石炭量(as received)	3500t/d~4000t/d
運転圧力	2.8MPa ~4.0MPa (プロセス要求により変更可能)
ガス化剤	酸素
生成ガス量	270 t/h~ 330 t/h
生成ガス高位発熱量	2500kcal/Nm <sup>3</sup> -dry
H <sub>2</sub> /CO 比	0.35 (~0.6 蒸気注入時)
(例)ガス化炉 SGC 出口 高压蒸気条件	160~190t/h 13MPa × 430deg-C

#### 4. 低品位炭の活用

図7に示すように、石炭の可採埋蔵量のうち、約 50%は褐炭、亜瀝青炭などの低品位炭で、豪州、インドネシア、米国、欧州、中国などに多く存在している。この低品位炭が有効活用できれば世界的規模でエネルギー供給に大きな安定をもたらすと期待される。

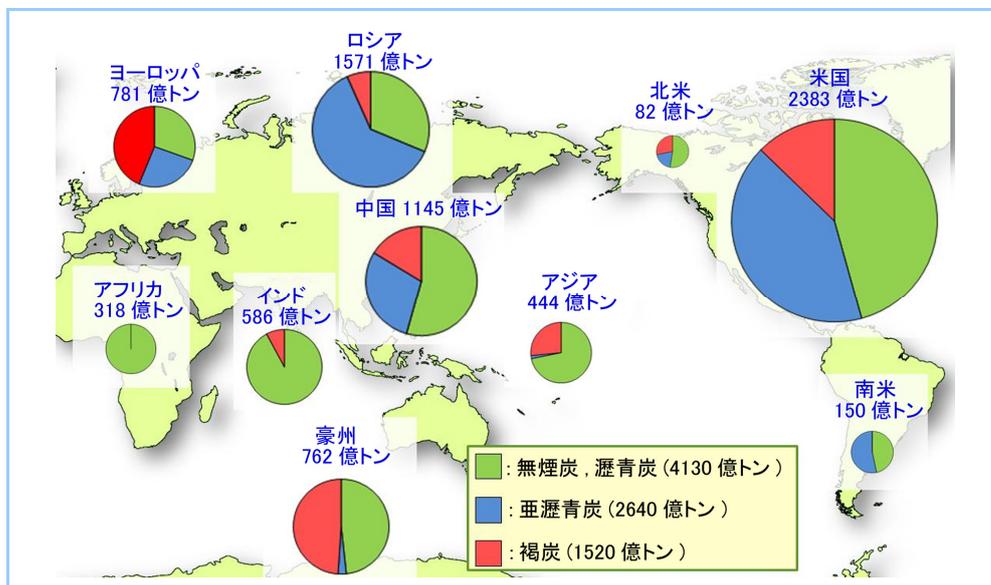


図7 世界の石炭資源分布

しかしながら、低品位炭の一つである褐炭は水分が 50%超と多く、そのため潜熱損失により発電プラントとしての効率は 30%程度と低く、CO<sub>2</sub> 発生量も排出原単位 1.2~1.6kg-CO<sub>2</sub>/kWh(瀝青炭焚の約 1.5~2倍相当)と高い状況にあり、有効活用の際に克服すべき大きな課題となっている。

このため当社では、石炭中の水分が蒸発するときの潜熱を有効に回収することにより、高水分炭を高効率で乾燥できる乾燥装置について、国の補助事業として、新規に本年度より開発を開始している。

本事業にて開発する褐炭乾燥装置の実現により、発電用では従来の褐炭焚 微粉炭火力発電プラントの、ボイラ上流側に設置することにより、発電効率を大きく向上させることが可能になる。また、より有効に活用するためには、IGCC に適用することが望ましい。

従来型火力発電プラントにおいては、高品位炭に比べ、褐炭など低品位炭を利用した場合、一般に灰融点が低くなることからスラッキングが発生しやすく、トラブルなどを避けるために、石炭焚ボイラの体格が大きくなり、経済性の面で不利となる。一方、石炭ガス化炉の場合には、そもそも灰を溶融して排出することから、**図8**に示すように、低品位炭でも体格はほぼ同等となり、高品位炭利用時と同等の経済性が確保できる。

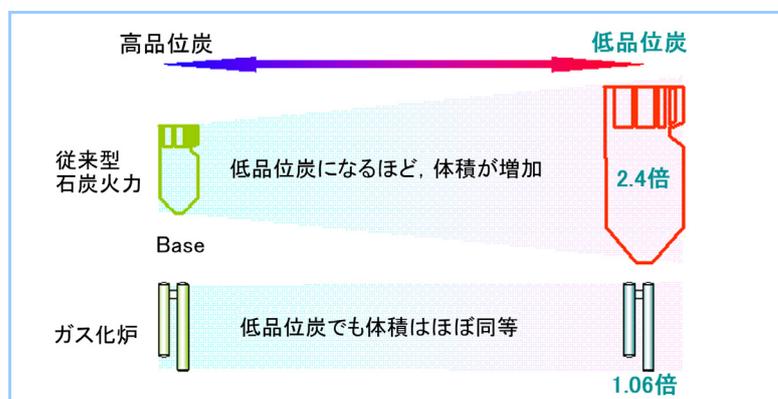


図8 褐炭焚ボイラとガス化炉の比較

また本技術は化学製品合成用にも適用が可能である。例えば、褐炭産出国の山元で褐炭乾燥装置と酸素吹きガス化炉を組み合わせることで、低質石炭からクリーンエネルギーへの高付加価値化だけでなく、新燃料調達先として日本のエネルギーセキュリティにも寄与することができる。

## 5. まとめ

エネルギーの有効利用、また地球温暖化問題による CO<sub>2</sub> 削減のため、低品位炭を含めた石炭利用技術が今後さらに重要となってくる。

当社は化学製品合成向けの酸素吹きガス化炉を開発し、商用機実現に向けて鋭意計画中有る。発電向けで確立した空気吹き IGCC 技術とともに最高レベルの技術でお客様のニーズにこたえ、エネルギー・地球環境問題に貢献する所存である。

## 参考文献

- (1) 橋本貴雄ほか, 最新のクリーンコール発電技術および CO<sub>2</sub> 回収技術, 日本ガスタービン学会誌, 第 38 巻 5 号 (2010)