

褐炭などの低品位炭を活用した IGCC の取組み

Outline of IGCC Technology Utilizing Low Rank Coal



橋本 貴雄*¹ 坂本 康一*²
Takao Hashimoto Koichi Sakamoto

山口 啓樹*³ 大浦 康二*⁴
Yoshiki Yamaguchi Koji Oura

有馬 謙一*⁵ 鈴木 武志*⁶
Kenichi Arima Takeshi Suzuki

当社は、独自の空気吹きガス化技術を適用した IGCC(Integrated coal Gasification Combined Cycle:石炭ガス化複合発電)の開発を進め、既に実証機にて順調な運転を確認し、商用化の段階にある。また、今後は市場ニーズとして従来利用が少ない亜瀝青炭・褐炭などの低品位炭の活用が求められている。本稿では、低品位炭のうち特に褐炭について、高効率発電利用のキーとなる高効率乾燥技術開発の状況と、IGCC への適用について紹介する。

1. はじめに

これからのエネルギー需要の拡大を考えた場合、火力発電がこれまで以上に重要な役割を果たす必要があるが、燃料は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利用が重要となる。世界の石炭資源のうち、約半分は亜瀝青炭・褐炭などの低品位炭であるが、高水分含有のためハンドリングが難しく、これまでほとんど利用されていなかった。

当社は、平成 22 年度より経済産業省資源エネルギー庁の補助事業(国家プロジェクト)として、“高効率褐炭乾燥システム研究”を開始した。これは、褐炭をこれまでに比べて大幅に少ないエネルギーで乾燥させるシステムを開発し、IGCC に適用することにより、飛躍的な発電効率の向上を目指しており、海外産炭地での CO₂ 削減に大きく貢献することが可能となる。また、褐炭ガス化による化学製品の製造などへの応用も可能で、褐炭利用の可能性が大きく広がると期待される。

2. 世界の低品位炭取組み状況

2.1 世界の石炭資源

石炭には様々な種類があり、国ごとに分類方法は異なるが、一般的には発熱量が高く、石炭化度が高いものから無煙炭、瀝青炭、亜瀝青炭、褐炭に分類される。例えば日本では JIS 規格に基づき、発熱量で分類している(表1)。

表1 日本の石炭分類(JIS M 1002-1978)

分類		発熱量 (補正無水無灰ベース) kJ/kg(kcal/kg)		燃料比	粘結性
炭質	区分				
無煙炭 (A)	A1	-		4.0 以上	非粘結
	A2				
瀝青炭 (B・C)	B1	35160 以上 (8400 以上)		1.5 以上	強粘結
	B2			1.5 未満	
	C	33910 以上 35160 以下	8100 以上 8400 以下	-	粘結
亜瀝青炭 (D・E)	D	32650 以上 33910 以下	7800 以上 8100 以下	-	弱粘結
	E	30560 以上 32650 以下	7300 以上 7800 以下	-	非粘結
褐炭 (F)	F1	29470 以上 30560 以下	6800 以上 7300 以下	-	非粘結
	F2	24280 以上 29470 以下	5800 以上 6800 以下	-	

*1 原動機事業本部プラント事業部技師長

*3 原動機事業本部ボイラ統括技術部課長

*5 技術統括本部長崎研究所主席研究員

*2 原動機事業本部プラント事業部火力プラント計画部グループ長

*4 原動機事業本部ボイラ統括技術部

*6 技術統括本部長崎研究所

炭種別の可採埋蔵量は、図1に示すように全石炭資源のうち、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。褐炭は豊富な埋蔵量を有するが、発熱量が低く、また、重量の約半分が水分であるなどの特徴を持つ(表1)。例えば豪州褐炭の場合、重量の約 60%が水分である。

このように燃料としてのエネルギー密度が低いことから、高品位炭に比べて現状世界市場での取引は少なく、ほとんどは採掘現地での消費に限られる。また、現状の褐炭焼き火力発電プラントにおいては、水分含有量の多さ故に、その乾燥に伴う潜熱損失により、プラントの発電効率は 30%前後と低く、このため CO₂ 発生量も排出原単位で 1.1~1.2kg -CO₂/kWh(瀝青炭焼きの約 1.3~1.5 倍相当)と高い状況にあり、有効活用之際して克服すべき大きな課題となっている。

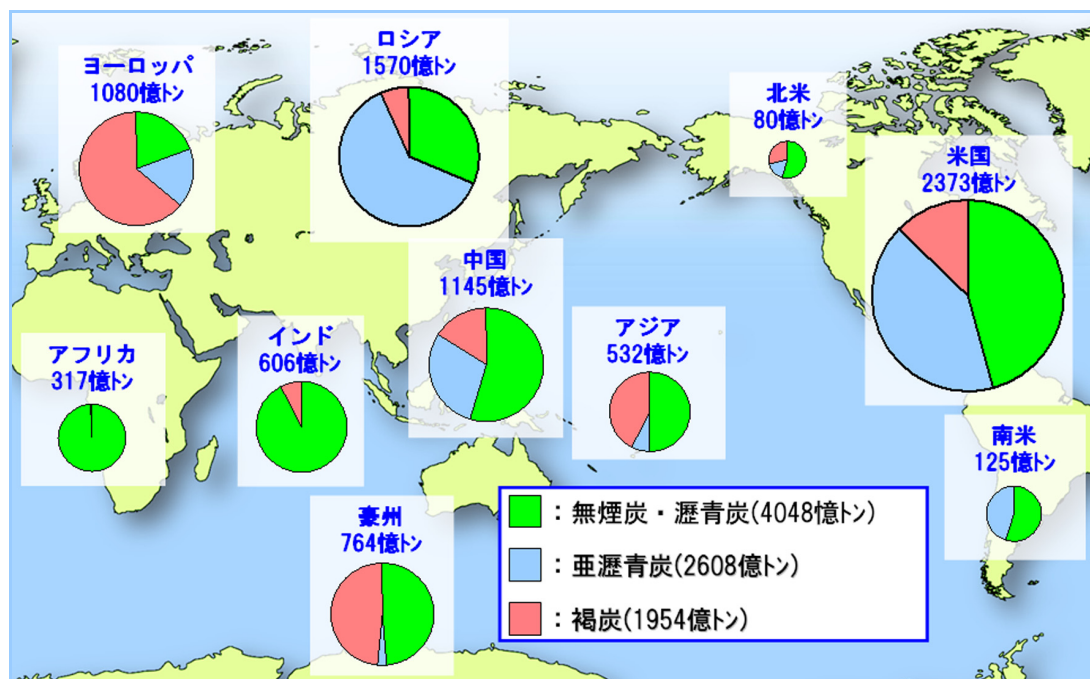


図1 世界の石炭資源分布

出展 : WEC, Survey of Energy Resources 2010

2.2 褐炭乾燥技術の概要

褐炭の利用を拡大するためには、褐炭を高効率かつ大容量で乾燥させる必要がある。褐炭の乾燥に適用可能で、実用化された技術もしくは開発中の技術を表2に示す。

表2 褐炭乾燥技術の比較

項目	ビータ・ミル	CITD	STD	蒸気流動層
方式	直接	間接	間接	直接
実用化状況	褐炭焼きボイラ (直接燃焼)	ブリケット 製造用	コークス 炉用	開発中
大容量化	ボイラ用:○ IGCC用:×	△	コークス炉:○ IGCC用:△~○	○
潜熱回収	×	△	△	○

CITD : Coal in Tube Dryer, STD : Steam Tube Dryer

○:適, △:可能, ×:不向き

ビータ・ミルは高温のボイラ燃焼ガスを循環させ、褐炭を乾燥すると同時に粉砕するもので、既設の褐炭焼き火力発電プラントで広く使用されている。これはボイラ火炉出口の高温燃焼ガスをミルに流入させ、粉砕と乾燥を行い直接ボイラに乾燥炭を投入する直接加熱乾燥方式である。潜熱の回収は困難で、ピン・システムにした場合には安全上の課題もある。CITD(Coal in Tube Dryer)は容器にチューブを充填した乾燥器で、石炭をチューブ内に、蒸気をシェル側に流通させる構造を持つ、間接加熱乾燥方式である。ブリケット製造用として、ヨーロッパなどで広く使用されているが、容量が 10t/h 程度と小さい。STD(Steam Tube Dryer)は CITD と逆に石炭をシェル側

に、蒸気をチューブ側に流通させる、間接加熱乾燥方式である。コークス炉原料炭の水分調整用の前処理装置として採用されており、容量も比較的大きいが、褐炭での実績は少ない。蒸気流動層は、流動化媒体に蒸気を利用する乾燥方式であり、熱伝達率が高いため大容量化が可能であり、潜熱回収も可能で、最も有望な方式で、当社をはじめドイツなどでも開発中である。

このように、現在の褐炭焚き火力発電プラントで実用化されている方式は、ビータ・ミルであるが、ボイラ火炉出口の高温ガスの利用で高水分炭の乾燥が可能であるものの、褐炭から蒸発した水分の潜熱が有効利用されずに損失となることから、ボイラ効率が低下し、ひいては発電効率が低下してしまう。

同様に、石炭ガス化複合発電(IGCC)においても、ガス化炉へ石炭を投入するため事前に粉碎・乾燥する乾燥熱源として、燃焼ガスやガスタービン排熱を利用すると、石炭粉碎の排気ガス中の水分損失及び脱硫装置での排水損失が大きく、出力の低下を招く。

したがって、褐炭焚き発電プラントの効率向上においては、褐炭乾燥水分の潜熱をいかに有効利用するかがポイントとなる。

3. 高効率褐炭乾燥技術開発プロジェクト

3.1 高効率褐炭乾燥システムの概要

当社が提案する褐炭乾燥システムの系統を図2に示す。褐炭は原炭バンカから供給し、クラッシャにて適切なサイズに破碎後、乾燥装置に供給する。乾燥装置は蒸気流動層で、層内には伝熱管が設置され、褐炭を間接加熱し乾燥する。乾燥後の褐炭は冷却され、IGCC 設備に供給される。一方、褐炭から発生した蒸気は、粉塵を取り除いた後、一部は流動化蒸気として再循環するとともに、蒸気圧縮機により再圧縮し乾燥装置の加熱蒸気とすることで、蒸発潜熱を回収することが可能である。なお、蒸気再圧縮に替えて蒸気タービンを設置し、潜熱を電力として回収することも可能である。

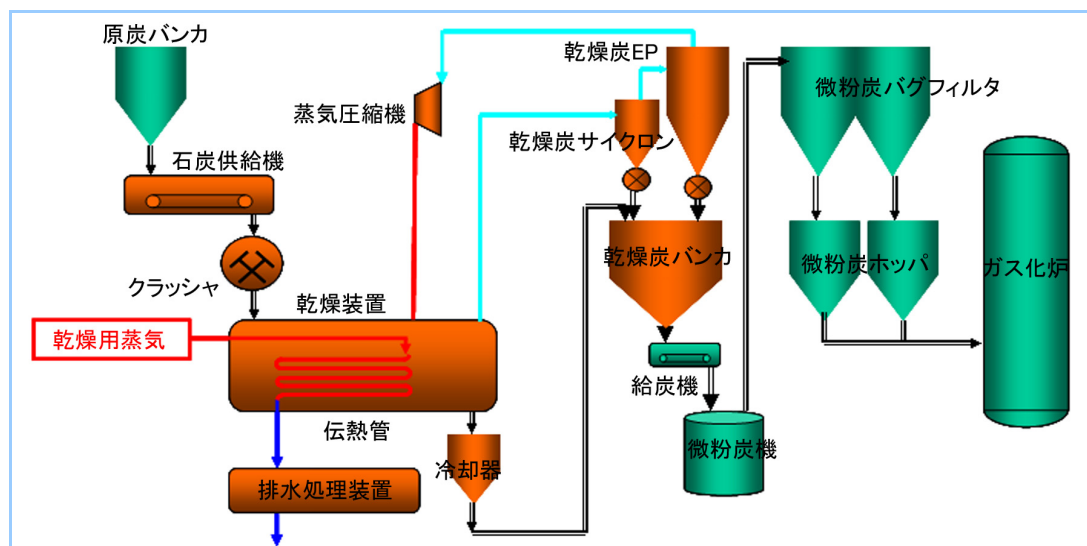


図2 褐炭乾燥システム系統図

3.2 研究概要

H21年度までの社内研究の後、H22年度から国家プロジェクトとして“高効率褐炭乾燥システム研究”を実施中である。本プロジェクトでは、東京大学金子教授をプロジェクト・リーダーとして、(財)石炭エネルギー・センターと当社が共同で取り組んでいる。

H22年度は、基礎試験装置による試験を実施し、流動層中の褐炭の乾燥特性とともに、貯蔵、搬送、集塵、冷却、排ガス、排水などの特性を把握した。また、ベンチスケール試験装置(PDU: Process Development Unit)の設計・製作・据付を3月に完了し、H23年度より試験を開始する。

その外観を図3に示す。



図3 10t/d褐炭乾燥ベンチスケール試験装置(PDU)

H23 年度は、PDU により流動層乾燥装置の適正化とスケールアップの検証を実施するとともに、発生した蒸気を再圧縮して潜熱を回収するシステムを追加設置し、一貫システム検証試験を実施する予定である。

4. 低品位炭利用 IGCC の計画

4.1 低品位炭(褐炭)焼き IGCC の特長

前述の褐炭乾燥装置を組み合わせた IGCC の概略システムを、図4に示す。

褐炭乾燥装置において蒸気を用いて褐炭のプレ乾燥を行った後は、瀝青炭焼き IGCC と全く同様のシステム構成を用い、石炭のガス化、ガス精製後、ガスタービンおよび蒸気タービンでの発電を行う。すなわち、一旦プレ乾燥を行えば、これまで IGCC 実証機で実証済の空気吹き IGCC のシステムがそのまま適用が可能である。

褐炭は水分含有率が 50~60wt%と高いものの、燃料比(石炭の固定炭素分と揮発分の比)は1前後と低く、瀝青炭に比べてガス化しやすい。また、灰融点が比較的低いものが多いことも、ガス化向きであると言える。

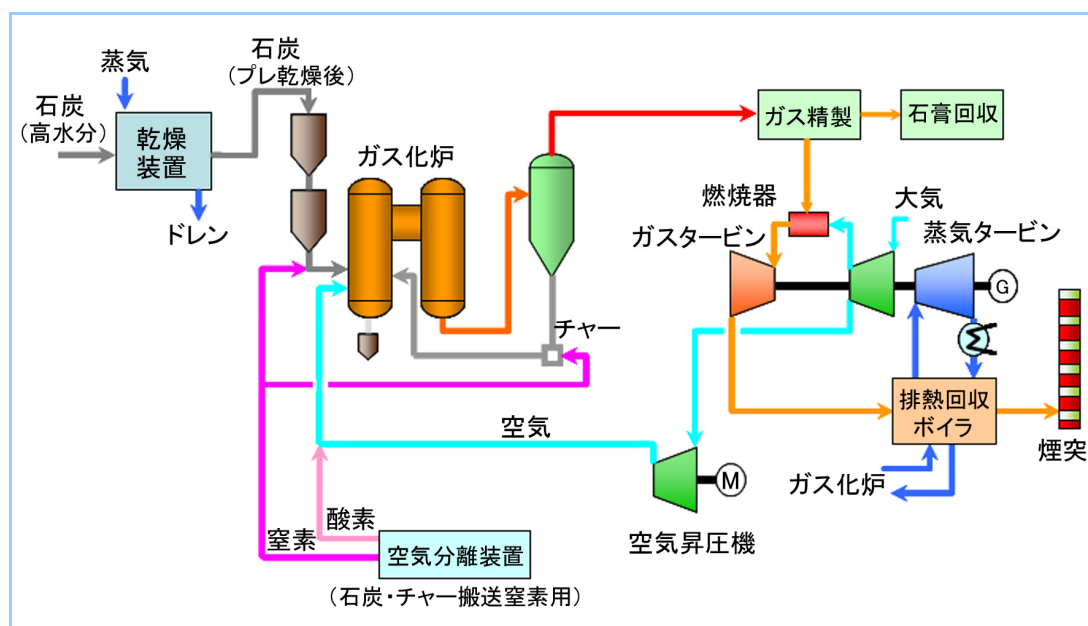


図4 低品位炭焼き IGCC の概略システム

4.2 低品位炭(褐炭)焼き IGCC による CO₂ 削減

図5に商用機規模の褐炭焼き IGCC プラントの概略送電端効率と CO₂ 排出原単位を示す。IGCC は最新の高効率ガスタービンを適用することで、現在運転中の褐炭焼き火力発電プラントに比べて発電効率が飛躍的に向上する。また、潜熱回収により褐炭の乾燥を高効率化することで、さらに発電効率の向上と CO₂ 排出原単位の低減が可能となる。

また IGCC では排ガスがクリーンで、灰をスラグとして減容化が可能であるなど、環境面・運転面からも既存プラントを IGCC 化することに大きなメリットがある。

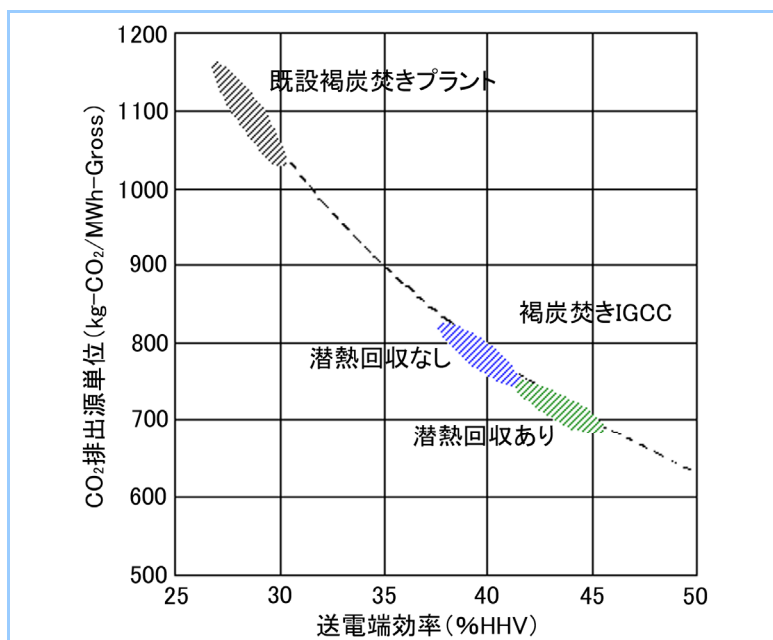


図5 褐炭焼き発電プラントの送電端発電効率と CO₂ 排出原単位

5. まとめ

低品位炭焼き IGCC の開発は、温室効果ガスである CO₂ 排出削減の観点から重要であるとともに、現状利用量が少ないが埋蔵量が豊富な低品位炭を有効に活用する手段として期待される。低品位炭焼き IGCC の実現には、今回紹介した高効率乾燥技術の確立とともに、IGCC 全体をシステムとして最適化していくことが肝要である。

当社は、これまで確立した空気吹き IGCC 技術に加え、低品位炭ハンドリングに関するノウハウを活用して、お客様の石炭利用拡大に対するニーズに応えるとともに、エネルギー・地球環境問題に貢献をしたい。

参考文献

- (1) 橋本ほか, CO₂ 回収型 IGCC クリーンコール技術の商用化, 三菱重工技報 Vol.47 No.1 (2010) p.15