

CO₂回収型次世代石炭ガス化複合発電システムの提案

背景

最近の地球温暖化防止に対する内外の世論の高まりに対して、石炭火力発電においてもCO₂の排出抑制が重要な課題となっている。この課題に対して、電気事業は火力発電の高効率化の促進、バイオマス燃料等の導入など様々な対策を進めている。また、発電プラントへのCO₂分離回収・輸送・貯留（CCS：CO₂ Capture and Storage）技術の適用に関して国際的な議論も高まっている。しかし、既に開発が進められているCO₂回収型発電システムでは、発電効率の大幅な低下および発電コストの上昇は避けられず、CO₂の分離回収に当たっては新たな高効率発電システムの開発が不可欠である。

目的

CO₂回収型高効率石炭ガス化複合発電システムの試設計を行い、その期待される効果を明らかにするとともに、今後の開発課題を抽出する。

主な成果

1. CO₂回収型次世代石炭ガス化複合発電システムの特徴（図1）

本システムは、回収したCO₂をガス化剤として利用する新たな酸素-CO₂吹き石炭ガス化炉と、リサイクルした排ガスに酸素を混合して燃焼させるクローズドガスタービンを組み合わせたものであり、ガス化性能およびガスタービンの熱効率が大幅に向上し、さらにCO₂を濃縮・分離する工程も不要となる。

2. 期待できる具体的な効果

- ・酸素-CO₂で石炭をガス化すると、CO₂によるガス化促進効果によって、従来の空気吹き（酸素-N₂）および酸素（酸素-N₂）吹きガス化に比べて、炉内炭素転換率および冷ガス効率が大幅に向上することが推算された（表1）。これによりガス化炉およびチャーリサイクルシステム*1をコンパクト化でき、設備コストの低減が図れる。
- ・ガスタービン作動流体のCO₂分圧が非常に高く、通常の空気と比較して比重が大きいためガスタービンのコンパクト化が可能である。また、比熱比が小さいので、圧縮機後流に再生熱交換器を導入することによって高効率化が達成できる。
- ・ガスタービンの排ガスを直接圧縮し、CO₂を液化して回収できるため、CO₂を濃縮・分離する工程が不要となり、設備コストの低減が図れる。さらにクローズドガスタービンの採用により送電端効率が大幅に向上するため、1300℃級ガスタービンで42%（HHV）、1500℃級で45%（同）を得ることができる（表2）。また、ガスタービンの代わりに将来、熔融炭酸塩形燃料電池（MCFC）を用いると60%近い効率が期待できる。

3. 開発課題

本システムの実用化を進める上では、以下の項目が主要な課題となる。

- ・システムの最適化
- ・大幅なガス化性能の向上を活かすことによるガス化炉本体のコンパクト化、システムの簡素化（チャーリサイクルシステムなど）
- ・ガス精製装置における炭素析出対策
- ・クローズドガスタービン最適設計と適切な制御方法

今後の展開

本発電システムのフィージビリティスタディー（FS）を実施し、発電コストを明確にすると共に当研究所設置の3トン/日石炭ガス化研究炉における試験検討等を進めていく予定である。

担当者 エネルギー技術研究所 プラント工学領域 上席研究員 白井 裕三

関連報告書 「CO₂回収型高効率石炭ガス化複合発電システムの提案とその課題」電力中央研究所報告：M07003（2007年10月）

*1：石炭ガスと共に排出される未燃炭素を含む粒子（チャー）を回収して、ガス化炉にリサイクルするシステム

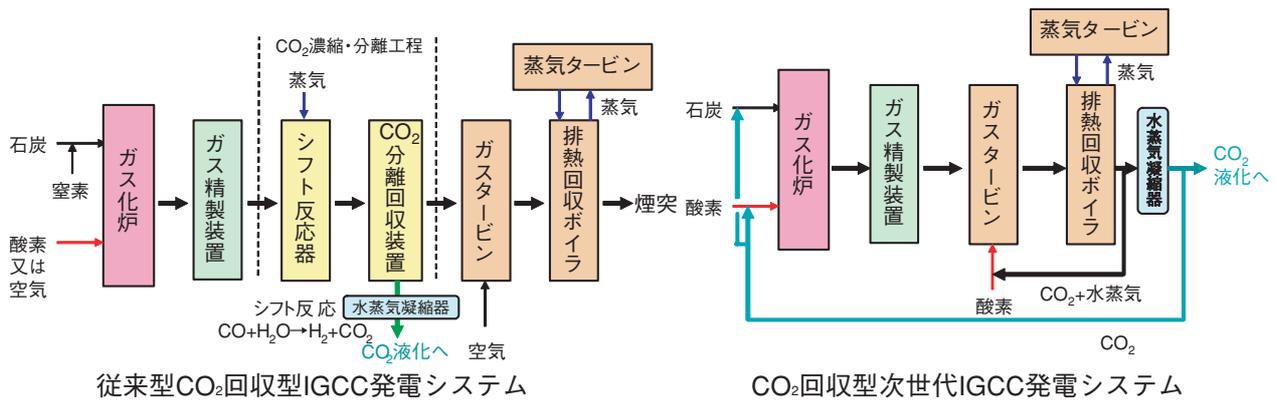


図1 CO₂回収型石炭ガス化複合発電 (IGCC) システムの比較

従来型システムでは、石炭ガス中のCOを水蒸気で改質してCO₂とH₂に変換し、CO₂を分離・回収してH₂をガスタービンで燃焼させる。一方、次世代システムではクローズドガスタービンを採用し、空気の代わりに、酸素に燃焼排ガスを混ぜたガスで石炭ガスを燃やすので、燃焼排ガスの主成分はCO₂と水蒸気になり、従来型システムに設置したCO₂濃縮・分離工程を必要としない。

表1 ガス化性能の比較

ガス化剤		酸素-CO ₂	酸素-N ₂	空気	
炉内炭素転換	%	100	69.9	69.5	
生成チャー量	t/h	13.9	51.8	58.1	
チャー中C	wt%	0	72.9	66.3	
チャー中Ash	wt%	100	27.1	33.7	
生成ガス流量	t/h	274.6	274.6	536.3	
生成ガス発熱	MJ/m ³ N	11.1	10.3	5.7	
生成ガス組成	CH ₄	vol%	0	0	0
	H ₂	vol%	21.3	24.4	12.9
	CO	vol%	66.5	56.9	31.8
	CO ₂	vol%	5.4	0	2.0
	H ₂ O	vol%	5.3	0	2.2
	N ₂	vol%	1.5	18.7	51.1
冷ガス効率	%	80.8	78.8	76.5	

酸素-CO₂吹きガス化炉を用いると炉内炭素転換率は100%となり、石炭中の可燃分をほぼ完全にガス化できると共に、投入した石炭の熱量に対する生成した石炭ガスの熱量の割合を示す冷ガス効率は80%に達し、ガス化効率が大幅に向上する。

表2 CO₂回収型次世代IGCCシステムの発電効率試算結果

ガス化剤	酸素-N ₂ *2	酸素-N ₂ *2	酸素-CO ₂	酸素-CO ₂
ガスタービークラス	1300℃級	1300℃級	1300℃級	1500℃級
CO ₂ 回収率	%	0	90	99以上
発電端効率 (HHV/LHV)	%	47.7/49.8	42.7/44.7	56.9/59.6
送電端効率 (HHV/LHV)	%	42.5/44.5	34.9/36.5	42.0/44.1

従来の酸素吹きガス化IGCC (1300℃級ガスタービン) ではCO₂を回収すると効率は34.9%まで低下するが、酸素-CO₂吹きガス化IGCC (1300℃級ガスタービン) ではCO₂を回収しても42.0%の効率が得られ、大幅な発電効率の向上が期待できる。

* 2: 酸素吹きガス化+湿式ガス精製+CO₂化学吸収システム試算値を入熱992MWベースで換算 (試算値はNEDO成果報告書「平成16年度クリーン・コール推進事業石炭ガス化を核とするコプロダクションシステムに関する調査」2005.3、04002145-0より引用)