

CO₂回収型火力システム

背景・目的

石炭火力発電からのCO₂排出抑制は電気事業における喫緊の課題であり、高効率化やバイオマスの導入などが進められている。一方、欧米を中心にCCS (CO₂ Capture and Storage) が注目され、多くの導入計画が発表されている。しかしながら、現在検討されているCO₂回収技術では発電効率の大幅な低下やコスト上昇など、解決すべき課題も多い。

本課題では、これらの問題の解決を目指して当研究所が新たに提案した「CO₂回収型高効率IGCCシステム (図1)」について、その中核となる酸素-CO₂吹きガス化技術の開発や乾式脱硫プロセスの最適化などを進めている。

主な成果

1. 石炭ガス化炉におけるCO₂富化ガス化特性の解明*¹

本システムの酸素-CO₂吹きガス化炉では、CO₂によるガス化反応促進効果が期待できる。そこで、ガス化炉に投入したCO₂のガス化特性に及ぼす影響を明らかにするため、当研究所設置の3トン/日石炭ガス化炉を用い、酸素富化空気吹き条件をベースとし、石炭搬送ガスの一部にCO₂を用いたガス化試験を行った (図2)。その結果、CO₂濃度を増加させると、CO₂のモル比熱が大きいことからガス化炉内温度の低下が生じるものの、チャー生成率は低減しており、CO₂によりチャーのガス化反応が促進されることを明らかにした (図3) [M10016]。

2. ガス化雰囲気における炭素生成物の生成・反応挙動の解明

本ガス化炉では、高分圧CO₂による炭素転換率の大幅な向上を目指している。ガス化炉内では、石炭の熱分解で生じるチャーに加え、反応性の低いスートも生成する可能性があるが、これらの挙動は明らかにされていない*²。そこで、従来、混在して生成するため分離が困難であったチャーとスートに関し、簡便で信頼性の高い定量手法を開発すると共に、高温加圧型管状反応炉 (PDF) により、ガス化炉内の反応条件を想定した石炭ガス化実験を行った。その結果、チャーに比べてスートのガス化反応が遅く、炭素転換率は初期段階で急速に上昇するが、その後上昇が止まる傾向があることを明らかにした。これにより、炭素転換率のさらなる向上を図るためには、スートの生成抑制などの検討が重要であることがわかった (図4) [M10017]。

3. 乾式脱硫プロセスにおける炭素析出抑制方策の開発*¹

本システムの石炭ガス化ガス中のCO濃度は非常に高く (60 vol%程度)、脱硫設備で炭素析出による性能低下が懸念されるため*³、その析出抑制対策を確立しておくことが重要である。そこで、発電プラント内で利用でき、炭素析出抑制効果のある水蒸気、CO₂、ならびに循環排ガスについて (図1)、炭素析出抑制に必要な添加ガス量、熱量・動力、および脱硫剤性能への影響の観点から評価した結果、炭素析出抑制用添加ガスとして、循環排ガスが最も適していることがわかった (表1) [M10012]。

* 1: 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) からの受託研究として実施した。

* 2: ガス化炉では、石炭の熱分解により瞬時に揮発分が放出され、可燃分と灰分から成るチャーが生成する。その後、揮発分の分解により反応性の低いスート (気相析出炭素) が生成するが、ガス化雰囲気における生成・反応挙動は明らかにされていない。

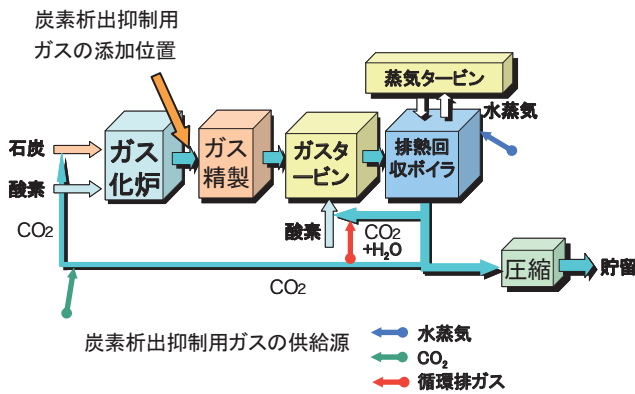


図1 CO₂回収型高効率IGCC システムの概念
酸素-CO₂吹きガス化炉と酸素燃焼クローズド・ガスタービンの組み合わせからなり、排ガスのCO₂を循環させた新たなシステム。従来に比べ、システムの簡素化やCO₂回収後でも高い送電端効率(1300℃級GTで40%以上)が期待できる。

試験条件 (vol%)	O ₂ 濃度	25	25	25
	CO ₂ 濃度	0	15	25
	N ₂ 濃度	75	60	50
ガス化剤の内訳	コンバスタ石炭搬送ガス	空気	空気	空気
	リダクタ石炭搬送ガス	空気	空気	CO ₂
	チャー搬送ガス	酸素	CO ₂	CO ₂
	コンバスタ投入ガス	酸素	酸素	酸素

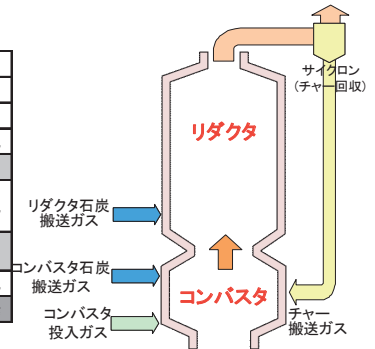


図2 ガス化試験条件とCO₂供給方法
供試炭：マリノウ炭、ガス化剤中酸素濃度：25vol%一定とし、チャーおよびコンバスタ石炭搬送ガスにCO₂を用いた。

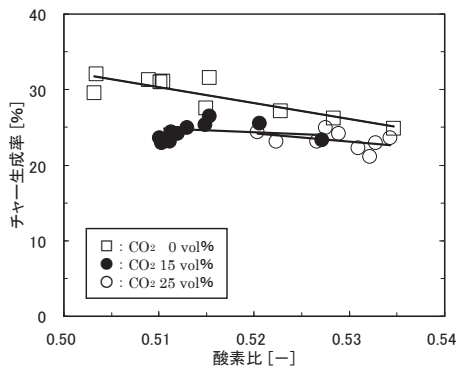


図3 ガス化剤中CO₂濃度変化時の酸素比とチャー生成率の関係
CO₂濃度が高いと、チャーのガス化反応が促進され、チャーの生成率が低下した。

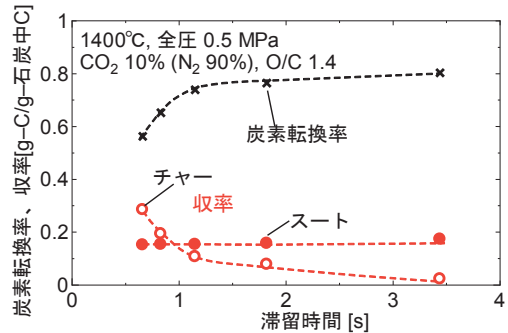


図4 CO₂による高温ガス化におけるガス化反応の進行
反応性の低いスートが減少しないため、反応後期で炭素転換率の上昇が抑制される。

表1 炭素析出抑制用添加ガスの比較 (凡例：◎：優れている、○：適用可、▲劣っている)

添加ガス	水蒸気	CO ₂	循環排ガス
炭素析出抑制効果	◎大	▲小	○中
必要ガス量 (添加ガス量比 ^{t1} [-])	◎少 (1.0)	▲多 (3.1)	○中 (2.3)
消費熱量・所要動力 (消費熱量・所要動力比 ^{t2} [-])	▲大 (1.0)	○中 (0.7)	◎小 (0.2)
脱硫性能への影響	▲大	◎小	◎小
総合評価	○	▲	◎

t1: 水蒸気を基準とする添加ガス量割合の比

t2: 消費水蒸気の熱量を基準とするCO₂加熱消費熱量および循環排ガス昇圧動力

* 3: 炭素析出の主反応は、Boudouard 反応(2CO → C + CO₂)であり、CO と CO₂ の分圧比 (K_B = P_{CO₂}/ (P_{CO})²) が小さい (CO 分圧が高い) ほど反応が進行すると考えられる (電中研報告 M09015)