

O₂/CO₂ 石炭ガス化反応機構の解明とアジア地域の多様な石炭への適用

九州大学先導物質化学研究所 尹 聖昊
Kyushu University Seong-Ho Yoon

1. 概要

可採埋蔵量も多く世界各地で採掘が可能な石炭を用いた石炭ガス化発電は、再生可能エネルギーによる安定的なエネルギー供給システムが確立するまでの時期において、有力なエネルギー源として期待されている。しかしながら、Cool Earth 50が提唱する「世界全体の温室効果ガス排出量を現状と比較して2050年までに半減する」というCO₂削減目標を達成し、かつCO₂の分離・回収・貯留 (Carbon dioxide capture and storage, CCS) に必要な多量の付加的なエネルギーを補償するためには一層の効率改善が不可欠である。

NEDO革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクトにおいて、石炭ガス化システムから回収したCO₂を酸化剤の一部とすることによる石炭ガス化システムの効率を大幅に向上するプロセス (図1) を考案した。このCO₂循環回収型次世代IGCCシステムでは、CO₂による石炭ガス化性能向上効果の解明と実証、乾式ガス精製技術の最適化、実用規模プラントのフィージビリティ・スタディ (FS) を研究課題としており、長期的にはCO₂回収利用も視野に入れている。また、本技術について、アジアなど環太平洋地域の多様な石炭に対する適応性を検討する。これらの課題を電力中央研究所と九州大学が協力して基礎基盤・応用の両面から技術完成を目指す。本研究により得られる技術は環境・エネルギーの両面において世界をリードするものである。また、本プロジェクトにおいて学生が実地で学習・研究することで将来の研究開発を先導する人材の育成が可能となる。更に、技術移転・提携を通じ、アジアを中心とする環太平洋地域への国際貢献も大きく期待できる。

2. 研究分担

九州大学は「O₂/CO₂石炭ガス化反応機構の解明とアジア地域の多様な石炭への適用」の研究テーマを分担し、特に次に挙げる6項目について重点的に研究を行う。

- ① 石炭およびチャーの構造とガス化反応性
- ② 石炭中の鉱物の分析と挙動、ガス化への効果
- ③ ガス化において生成する灰の物性・構造・挙動の解析
- ④ COリッチ生成ガスの操作性
- ⑤ 石炭の前処理
- ⑥ ガス化炉内流動解析

3. H20年度の研究成果

① 石炭およびチャーの構造とガス化反応性

SEMおよびTEM観察、¹³C-固体NMRおよび窒素吸着測定により石炭およびチャーの構造を把握した。また、TGAを用いてガス組成や昇温速度を変化させた条件において石炭およびチャーの熱分解およびガス化反応性を解析した。さらに、石炭のO₂/CO₂ガス化の機構解明、特にCO₂の役割究明とシミュレーションの確立のため簡易流動装置や数値解析システムの構築を行った。

② 石炭中の鉱物の分析と挙動、ガス化への効果

XRD、XRF、ICPを用いて、石炭中微量無機成分の定性・定量分析を行った。また、O₂/CO₂ガス中でのガス化挙動をTG-DTAおよびFT-IRにより追跡した。

③ ガス化において生成する灰の物性・構造・挙動の解析

様々な条件 (ガス組成、温度) で調製した石炭灰について、XRF、XRD、²⁷Al-固体NMR、SEMおよびTEM-EDXを用いて組成・構造を分析した。また、スラグの粘度制御のための添加物の選択と予測を行った。さらに高温・常圧における灰分の挙動解明用の基礎実験装置を製作した。

④ COリッチ生成ガスの操作性

H₂-O₂-CO₂-H₂O予混合伝播火炎の層流および乱流燃焼速度およびこれらに及ぼすCO₂濃度の影響について定容燃焼装置を用いて検討した。また、ガス組成や反応管材料の組成が炭素析出に与える影響を検討した。さらに高温領域でのCO₂中の残存酸素の影響を石炭のCO₂吸着量測定とTG-DTA分析によって調べた。

⑤ 石炭の前処理

高水分炭、高灰分・高硫黄分炭の水熱処理における改質および鉱物質・硫黄質の変化と除去について、回分式加圧熱水処理装置を用いて検討した。

⑥ ガス化炉内流動解析

伝熱現象を解析するため、乱流熱伝達モデルの妥当性の検証とCO₂が放射伝熱に及ぼす影響を、伝熱の基礎実験と経験式、数値解析の結果との比較により検討した。また、ガス化炉および配管壁での灰の挙動解析を、作製した計算プログラムを用いて実施した。

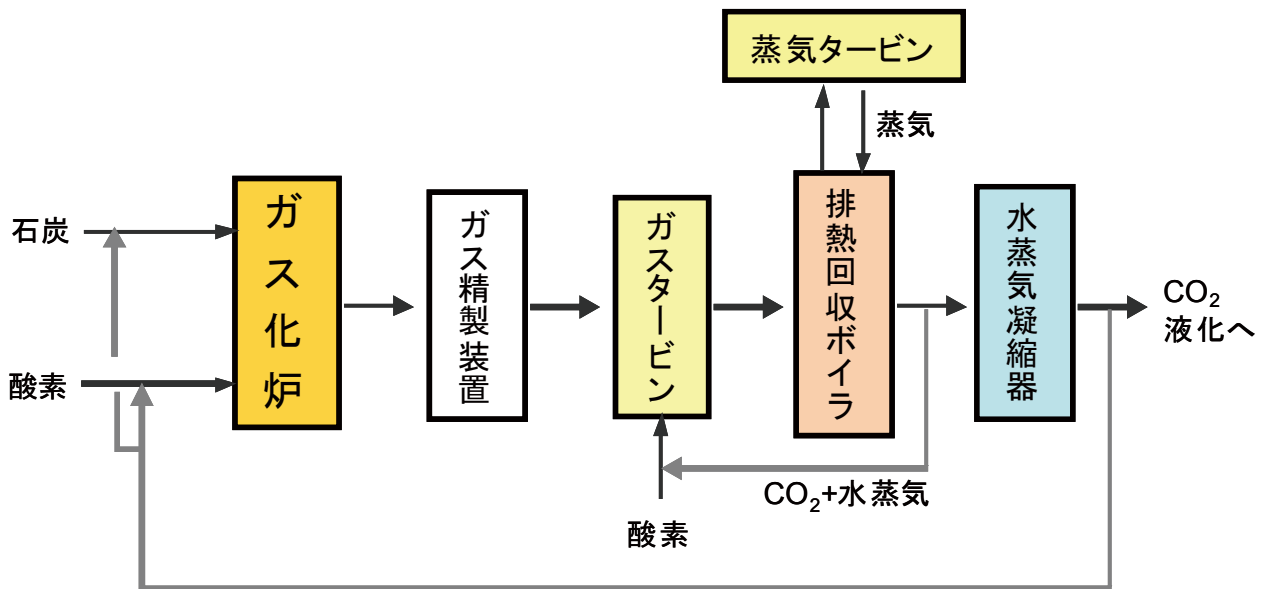


図1 CO₂循環回収型石炭ガス化火力発電システム