

1. 事業目的

経済性の高いCCUSの実現に向け、**電力・H₂・CO₂を効率良く併産**するCLC技術を開発する

＜カーボンニュートラル＞

＜未利用資源＞

＜カーボンリサイクル＞

ケミカルルーピング燃焼プロセス技術

H₂

熱(蒸気)

CO₂

燃料電池
工業利用
発電
送電
地下貯留 (CCS)
CCU
炭酸ガス
ドライアイス

＜CLCポリジェネの利点＞
有価物の併産により
分離CO₂を得るための
費用を圧縮可能

3. 主な成果

①-1 国内外のCLC技術開発状況調査 /全機関

中国のグループ、米国のグループが、MW級の実証～商用化検討を推進中
我々はスケール面で遅れを取っているものの、中国と比べ**水素を生成**できる点、米国と比べ**固体燃料**まで使用可能な点で優位性・独自性の高い技術と言える

表. 清華大らのグループ、OHIO州立大らのグループのCLC開発との比較

項目 \ プロジェクト	OG/JFE/JCOAL CLCポリジェネ	清華大・東方ボイラ社 (EU共同)	OHIO州立大・B&W社
用途	H ₂ /CO ₂ /発電 ポリジェネ	CO ₂ /発電	H ₂ /CO ₂ /発電 ポリジェネ
燃料	バイオマス/亜流青炭等/液体燃料	褐炭/石油コークス	シンガス (バイオマス/褐炭ガス化ガス)
酸素キャリア種	イルメナイト、他	イルメナイト、他	人工イルメナイト
現段階開発規模	300kW _{th} ホット建設	5MW _{th} (運転実績値) 運転中	250kW _{th} 試験終了 60MW _{th} 計画発表
反応器形式	循環流動層	循環流動層	移動層+ライザ循環
FR(燃料反応塔)形式	二段バブリング流動層 (VR+CR)	一段バブリング流動層	移動層
カーボントリッパ	検討中	FR内に設置	なし
HR (水素発生塔)	バブリング流動層	なし	移動層

図. 清華大らの実証装置外観

場所：四川省徳陽市、東方ボイラ試験場
規模：4MW_{th}（現時点、世界最大）
高さ：総高さ48m (16階建物相当)

2. 事業目標・実施内容

CO₂分離・回収コスト**1,000円台/t-CO₂**を見通せるケミカルルーピング燃焼ポリジェネレーションシステムの設備設計技術に目途をつける

①-1 国内外のCLC技術開発状況調査 /全機関

①-3 プラント構成、条件の最適化 /JCOAL, 大阪ガス

①-4 ポリジェネレーション事業性、CO₂分離回収コスト検討 /大阪ガス, JCOAL

② スケールアップ課題解決 /大阪ガス, JCOAL, JFEエンジニアリング

①-2-5 バイオマス灰等不純物によるキャリアへの影響の検討 /群馬大

①-2-4 バイオマス等化学燃焼性や水素製造の検証 /新潟大

①-2-3 バイオマスチャーとキャリアの混合/分離促進の検討 /中央大

①-2-2 循環流動層のキャリア循環/流動及び最適装置構造の検討 /大阪ガス, JCOAL

①-2-1 キャリアの水素発生反応性に関する検討 /JCOAL, 科学大

＜技術特徴＞
✓循環流動層
✓水素生成塔
含む3塔式
✓固体燃料対応

空気反応塔 (AR)
燃料反応塔 (FR)
水素生成塔 (HR)
上段 (VR)
下段 (CR)

Fe₂O₃ (キャリア)
FeO
Fe₃O₄
N₂
CO₂
H₂O
H₂
水蒸気 (H₂O)
空気

①-2-1 キャリアの水素発生反応性に関する検討/JCOAL, 東京科学大

イルメナイトへのアルカリ灰の作用を調査している最中、**カリウムが活性化に寄与**することを見出した
未加工のイルメナイトや鉄鉱石に比べ、**水蒸気酸化反応活性が飛躍的に高い**ことを確認

図. カリウム改質イルメナイト (K-IL) 外観

図. 小型流動層装置概念

図. 小型流動層装置での水蒸気酸化試験結果 (水蒸気流速、層高を合わせた評価。還元性ガスで前処理)

①-2-2 JCOAL, 大阪ガス、①-2-3 中央大、①-2-5 群馬大

イルメナイト (IL) によるバイオマスチャーの分解性能を研究し、**イルメナイトの格子酸素により重質タールが軽質タールとガスに変換**されることを確認
コールドモデル装置を用いた、模擬チャーの粒径と滞留時間の関係を研究し、**操作条件、反応器構造により滞留時間をコントロール**できることを確認

燃料中灰分等不純物がキャリア循環/流動、及び反応へ及ぼす影響 (群馬大)

コールドモデル試験 (大阪ガス, JCOAL)

炭素収支

滞留時間の関係

①-2-4 バイオマス等化学燃焼性や水素製造の検証/新潟大

3塔式CLC試験ベンチスケール装置にて**液体燃料(灯油)、木片**それぞれの運転で水素発生⇒**水素生成ありCLC反応原理を確認** (ARを出た酸化鉄をFRでFeOへ還元、HRで水蒸気酸化)

バイオマス等化学燃焼性や水素製造の検証 (新潟大)

＜主な研究課題＞

＜木片での運転結果＞

＜灯油での運転結果＞

② スケールアップ課題解決/大阪ガス, JCOAL, JFEエンジニアリング

要素研究とASPEN Plusによるプロセス計算の結果を踏まえ、**内部反応熱のみで昇温し（熱自立）、最小規模の試験装置（300 kW_{th}級装置）を設計**した
本技術の実用化に向けては、このような装置の建設・評価を通じて、**物質・熱収支、長期信頼性、安全・安定運転制御**に係る知見を収集し、スケールアップを推し進めていくことが必要

表. 300kW_{th}級装置設計への研究成果の反映状況

研究成果

300 kW_{th}級装置への反映

図. 300 kW_{th}級装置のブロックフロー

4. 課題と今後の取組

要素研究知見を様々得て、木片や灯油を燃料としたキャリアの還元反応及び水素生成も成功
熱自立可能な300 kW_{th}級装置などを用いた、物質・熱収支、長期信頼性、安全・安定運転制御に係る知見収集およびスケールアップ検討が課題

5. 実用化・事業化の見通し

本技術によれば、水素・電力を製造販売することによりCO₂分離・回収コストを圧縮することができ、将来普及すると見られるCCUS向けに低コストでCO₂を供給することが可能となる
今回、バイオマスに加え液体燃料でも原理実証に成功し、工場有機廃液などへの適用も現実味
今後、本成果の実用化に向け、更なる課題解決およびスケールアップ検討が進むことが期待される