

修士論文概要書

Summary of Master's Thesis

Date of submission: 01/17/2023

専攻名 (専門分野) Department	総合機械工学専攻	氏名 Name	田中 宏治	指導 教員 Advisor	中垣 隆雄
研究指導名 Research guidance	エクセルギー工学	学籍番号 Student ID number	CD 5221B058-8		
研究題目 Title	CCUのための高温CO ₂ 吸収材の実用化に関する研究 ～炭素循環製鉄システムとハニカム型吸収材の充填層反応器の設計～				

1. 研究目的

近年の地球温暖化問題を背景に、主要因とされるCO₂の大幅な排出量削減が期待できる炭素循環製鉄システムの技術開発が進められている。本研究では2塔または3塔切替式のCO₂分離回収反応器を含む図1のシステムについて検討した。CO₂吸収材は500～650℃で吸収し、800℃以上で放出する繰り返し使用可能な吸収セラミックス「リチウムシリケート」：Li₄SiO₄（以下LS）を用いる。LSを充填したCO₂分離回収反応器は短時間の吸収完了時間、大きな吸収量の容積密度、低圧損の性能が望まれる。本年度は、これらの性能向上に有効なハニカム形状で反応器の性能を予測するとともに実験で検証した。その結果を基に、鉄鋼業界で目標としているCO₂削減量を達成可能なシステムと反応器の設計を試みた。

2. 研究方法

2.1 反応速度の取得

押出成形したハニカム型LSの一部を切り出し、熱重量分析を用いて様々な温度、CO₂濃度下におけるCO₂吸収挙動を測定した。さらに図2に示すように化学種保存式、質量保存式を連成した数値計算モデルを実験結果にフィッティングすることで、反応速度式中の係数を取得した。

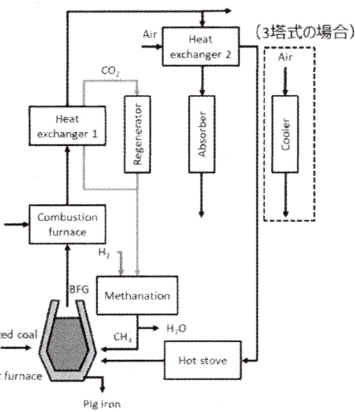


図1 炭素循環製鉄システム

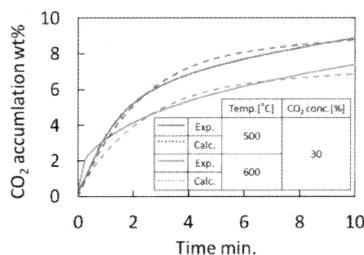


図2 CO₂吸収挙動

2.2 反応器試験とモデル化

前述のハニカム型リチウムシリケートを充填した流通型反応器を用いた試験で、CO₂吸収による温度と反応器出

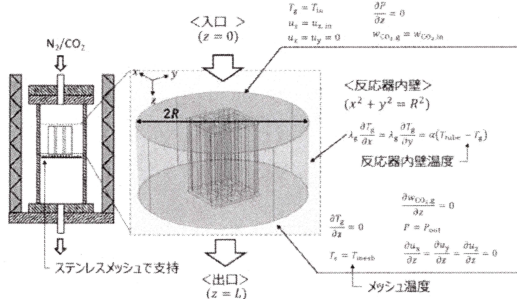


図3 数値計算モデル

口におけるCO₂濃度の変化を測定することでCO₂吸収量の経時変化を求めた。一方、シミュレーションにおいてCO₂吸収量は反応器を通して時間・空間で積分した反応量で求められるが、CO₂吸収速度は温度およびCO₂濃度に依存する。図3に示すように、反応器内の流れ場、温度場および濃度場の予測のため、化学種保存式、質量保存式、運動量保存式、エネルギー保存式を連成させた数値計算をCOMSOL Multiphysicsを用いて実施した。

3. 研究成果

3.1 テストピースの作成

フルスケール反応器の直径は数mに達し、反応器壁面近傍の一部を除くとハニカムチャンネルは同一の挙動と見なせるため、周期境界として切り出した単チャンネルを解析対象として数値計算モデルを構築し、性能を予測した。炭素循環製鉄システムの適用先を出鉄量年380万トン級の高炉とし、被吸収ガスの流量、温度、圧力、CO₂濃度を設定した。それらを与条件として、吸収・再生を順次切り替える2塔式における吸収塔の性能を予測

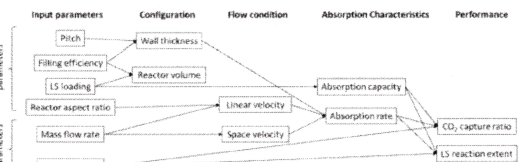


図4 機能連関図

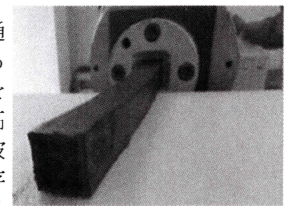


図5 押出成形

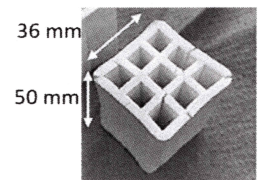


図6 テストピース

3.2 フルスケール反応器の設計

吸収・再生2塔切替式の場合、400℃程度の被吸収ガスが800℃程度のLSを冷却しながらCO₂吸収反応が進行するが、高温域においてはその温度での平衡CO₂濃度と局所のCO₂濃度との差、すなわち駆動力が小さいために反応速度が小さい。したがって化学反応がCO₂吸収過程の律速となりCO₂回収率が30%程度にとどまった。そこで再生後に空気流通によるLSの吸収温度域までの冷却過程を追加した3塔切替式のシステムについて性能予測を実施したところCO₂回収率90%以上となり、30%のCO₂削減が可能であることがわかった。