

研究活動報告

システム評価研究分野 (1992.1~1992.12)

教授：八木順一郎；助教授：高橋礼二郎；助手：秋山友宏
塾上 洋
大学院生：王家兵，沈峰満，福谷隆志，有海幸徳，伊藤彰宏
佐藤弘孝，牛明愷，新聞健司，杜突突
研究留学生：孫 康，陳紀忠，張興和，A. M. Fudolig

本研究分野はこれまで、や金化学工学研究部門として、鉱物資源およびエネルギーの有効利用を目標とし、「金属製錬反応の反応速度ならびにプロセス解析の研究」を、また最近はそれに加えて「気固液三相間の伝熱、蓄熱技術および廃棄物処理などの基礎的研究とそれらプロセスへの応用研究」に関する研究活動を進めてきた。本年4月研究所の改組に伴い、素材評価（大）部門の中にあつて、各種素材製造プロセスについて、生産性、エネルギー効率および新プロセスの開発などの観点から、環境問題も含めてプロセス評価を行う研究分野に転換した。改組の目的に合わせて、新しく設定されたプロジェクトもあるが、移行年でもあるので、従来からのプロジェクトも継続して実施された。

1992年の研究活動をテーマごとに概括すれば以下のようなになる。

1. 気相反応の速度論的研究

ここでの気相反応は水性ガスシフト反応 ($\text{CO}_2 + \text{H}_2 = \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$) とメタネーション反応 ($\text{CO} + 3\text{H}_2 = \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$) の二つの触媒反応である。これらの反応は高温プロセス解析、環境保全のための CO_2 削減、天然ガスの分解、高カロリーガスの製造などの分野での基本的な反応で、その反応速度の評価は重要である。この研究では還元鉄、金属鉄、金属ニッケル触媒下における二つの反応の反応速度式を提出した。この速度式は触媒表面積基準で表わされており、温度、圧力の広い範囲にわたって適用できる。また、水溶液電解法による金属触媒表面積の新しい評価法を確立したので多方面での応用が期待できる。

2. 工業排出ガスからのアルコール合成および炭素材の製造

金属および電力工業プロセスから多量に排出される CO_2 および CO ガスはグリーンハウスガスの一つであり、その削減、回収が地球的規模での課題となっている。この研究では銅-亜鉛系触媒を使うことにより高炉排出ガスからメタノール合成が可能であることを示し、注目を集めている。現在はメタノール収率の向上について検討を進めている。一方、高付加価値をもつ炭素繊維の製造については熱力学的、速度論的にその可能性が検討され、実験に着手しつつある。

3. イルメナイトおよびラテライト鉱石の高品位化

イルメナイトおよびラテライト鉱石はそれぞれ金属チタンまたは TiO_2 および金属ニッケルの原料となり、その高品位化技術の開発が期待されている。この研究ではイルメナイト鉱石の事前処理技術の一つである酸化・還元処理について速度論的に検討し、その反応モデルを提出した。また、実用的見地から、流動層による還元反応の研究も行なった。次の製錬工程であるイルメナイトの硫酸浸出処理の実験では還元したイルメナイト中の鉄成分の浸出速度が著しく大きかった。結果として、極めて短時間のうちに残渣中に TiO_2 が濃縮することを見出した。このことは新しいプロセスに展開できる可能性を示唆している。

鉄鉱石原料としての利用の観点からニッケルを浸出したラテライト鉱石残渣ペレット (42%Fe, 9.5%MgO, 14%SiO₂) の還元反応の研究を行なった。

4. 水素吸蔵合金蓄熱充填層の流動と伝熱

水素吸蔵合金の基礎的特性を調べるため粒状 Mg₂Ni 合金の水素放出・吸蔵特性を調べた。また、実用化における問題として重要な、吸蔵・放出の繰り返しによって生じる合金の微粉化を防止するために、銅メッキした合金を加圧成型した試料を作成し、その特性を実験的に検討した。

一方、充填層内粒子周りの熱流動の数値解析を行ない、対流伝熱係数について詳細に検討した。

5. コークス充填層型高周波誘導加熱炉の数学的モデリング

本題の炉は電磁誘導によりコークスを加熱して金属を溶解するプロセスで、炉内は液の流れを伴った複雑な現象を示す。この炉内現象を記述する数学的モデルを開発する前段階として、炉内に設置した円柱形炭材試料（黒鉛，コークス）の誘導加熱に関して数値解析を行なった。得られた結果は実験的に検証されたのでこの数学的モデルはコークス充填層の誘導加熱に対しても基本的に適用可能であると推定されている。

6. 鉄浴型熔融還元炉の気液流動特性

本研究は鉄浴型熔融還元炉内に酸素を吹き込んだ時の炉内の気液流動現象を Navier-Stokes 式の数値解析によって解明することを目的とした。キャビティの形状および気液流動の挙動は2次元コールドモデル実験と対比されて検討された。

7. 気固液三相共存充填層流動，熱および物質移動の数値解析

気固液3相が共存する充填層内のガス，液体，固体の流動，伝熱，物質移動現象の数学的モデリングを試み数値計算を行なった。モデルの妥当性は2次元および3次元の冷間および熱間模型実験によって検証された。このモデルはコークス充填層型汚泥熔融炉の炉内現象の推定に適用されたが、このモデルの応用範囲は極めて広い。

一方、現在は充填層内への微粉の吹き込みに伴う諸現象についての実験的検討とモデル化が試みられている。

8. 各種高温システムの伝熱およびエネルギー評価

高温プロセスの数学的モデリングにおいては数値計算法に加えて、精度の高い熱輸送定数の値を必要とする。この観点から移動層内の気固間対流伝熱係数を評価する実験式を決定した。また、レーザーフラッシュ法により塊成鉱の熱伝導率を測定した。ついで、多孔質体の熱伝導率を評価するモデルを提唱した。

各種製造システムの性能を評価する手段としてエクセルギーの概念をいくつかの製錬プロセスに適用して比較検討した。結果として、この方法が素材製造プロセスの評価にも有効であることが判明した。

以上の研究内容はいくつかの学協会，国内外のシンポジウム，国際会議あるいは鉄鋼協会特定基礎研究会の最終報告等で発表された。