

審査の結果の要旨

氏名 岸本 啓

本論文は、「An Innovative CO₂ Separation Process Based on Self-Heat Recuperation (自己熱再生に基づいた革新的 CO₂ 分離プロセスの研究)」と題し、従来の燃焼加熱に対して熱を循環利用しエネルギー消費を大幅に削減できる自己熱再生技術を CO₂ 分離プロセスに適用したものである。

第 1 章は緒論であり、CCS の現状と自己熱再生の概要についてまとめられている。

第 2 章では、自己熱再生の理論についてまとめられている。ヒートポンプなどの従来型加熱プロセスと自己熱再生とのエネルギー消費について数式モデルを用いて比較し、自己熱再生がエネルギー消費を低減できる理論的根拠について明らかにしている。さらに、反応熱をともなうプロセスについても自己熱再生化を検討し、新たな反応熱輸送システムを提案している。

第 3 章では、自己熱再生型プロセス設計の方法論について述べられている。重要な概念であるペアリングとモジュール化について概説するとともに、それらを用いた自己熱再生型プロセスの設計手順がまとめられている。さらに、産業で幅広く用いられている蒸留、化学吸収と化学吸着などの分離プロセスに着目し、構築した自己熱再生の設計方法論を適用している。

第 4 章は、CO₂ 分離プロセスに対して自己熱再生化を検討したもので、本論文の中核部である。具体的には、Post-combustion、Pre-combustion および Oxy-combustion の 3 つの CO₂ 分離方式に対して、それぞれ自己熱再生技術を適用し、エネルギー消費量の低減効果を求めている。まず、Post-combustion では、CO₂ 分離に化学吸収アミン法プロセスの場合、自己熱再生化によって顕熱、潜熱ならびに反応熱も循環利用することで従来の Post-combustion プロセスのエネルギー消費量を約 1/3 まで低減することができることを明らかにした。また、CO シフト反応器と CO₂ 吸収分離装置からなる Post-combustion でも、自己熱再生化でエネルギー消費を約 1/3 まで低減できることを明らかにしている。さらに、Oxy-combustion では、空気プラントのエネルギー消費に着目し、深冷分離と PSA の 2 つのプロセスに関してそれぞれ自己熱再生化した結果がまとめられている。

第 5 章では、これまでの省エネルギー型プロセスに対しても自己熱再生を適用することにより、さらなる省エネルギー化が図れることを、省エネルギー型

蒸留塔(Heat Integrated Distillation Column, HIDiC)を例として試算し、35%以上の省エネルギー化が可能となることを明らかにするとともに、自己熱再生技術の今後の展開の可能性について述べられている。

第6章では、提案した自己熱再生型分離プロセスを2020年における産業部門に導入した場合のエネルギー消費およびCO₂削減効果について試算し、エネルギーおよびCO₂の削減効果は年間およそ8.5 EJ および0.31 Gt-CO₂にも達することが報告されている。

第7章は総括の章であり、新たに構築した自己熱再生型プロセスの設計方法論をCO₂分離プロセスに適用し、大幅な省エネルギー化が図れると結論づけている。

以上に示すように、本論文は、自己熱再生型プロセスの設計方法論を構築し、それをCO₂分離プロセスに適用することで大幅なエネルギー消費の削減できることを明らかにしたもので、機械工学およびエネルギー工学に大きな貢献をするものである。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。