

別記様式第 10 号（第 8 関係）

博士論文の要旨及び審査結果の要旨		
氏名	江連 涼友	
学位	博士（工学）	
学位記番号	新大院博（工）第 534 号	
学位授与の日付	令和 5 年 3 月 23 日	
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当	
博士論文名	ハイドレート化ガス吸収の物質移動解析	
論文審査委員	主査 准教授・多島 秀男 副査 教授・木村 勇雄 副査 准教授・田口 佳成	
<p>博士論文の要旨</p> <p>ガスハイドレートとは、低温高圧下で水とガス分子から形成される氷状固体結晶であり、二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスでも形成することができる。そのため、温室効果ガスの分離回収法として、ガスハイドレートを分離媒体として利用したハイドレート化ガス分離法が注目されている。多種多様な温室効果ガスに対して広く適用できること、副生成物を生じないこと、ガスの処理量の変化に対応できるように連続操作が可能であること、が利点であるが、ハイドレート化ガス分離法の確立のためには分離工学的アプローチが必要である。しかし、今後も廃棄量が増加していくフッ素系温室効果ガスに対するの研究は特に少なく、ハイドレート形成や固液分離操作に関して検討する必要がある。</p> <p>本研究では、フッ素系温室効果ガスとして R134a, R32, および SF₆ ガスを対象として、ハイドレート化ガス分離プロセスのうち、特にハイドレート形成によるガス吸収に着目し、実用化するために必要となる基礎物性および移動現象解析方法を検討した。生成条件や分離性能について重要な知見となるガスハイドレート相平衡では、van der Waals–Platteeuw モデルを修正した熱力学的モデルにより圧力–温度図や温度一定下での圧力–組成図で実験値や既往の文献値をよく表現できることを示し、至適条件を理論的に求めることが可能となった。運転条件や移動現象解析に重要となるハイドレートスラリーの流動特性評価では、層流および乱流のいずれの場合も、ハイドレート粒子が分散した状態では、低固形分率でニュートン性、高固形分率で擬塑性を示すが、粒子が凝集するとダイラタント性の挙動を示すことがわかった。流動状態が良好な場合には Happel の式を適用して相対粘度を推算可能であることを明らかにした。移動論に基づく分離工学的観点からの評価では、ガスハイドレート生成を気相–ハイドレートスラリー–溶液間でのガス吸収として捉え、物質移動係数の評価方法を確立した。ハイドレート形成中の気体–スラリー間物質移動係数は気液間に比べて小さく、ハイドレート形成が律速段階であることを示唆した。ハイドレート化ガス吸収での物質移動に関して、無次元数による整理を試みた結果、物質移動係数を含むシャーウッド数はシュミット数、ガリレイ数、ボンダ数での相関が有効であることを明らかにした。ハイドレート生成中の上昇気泡径はウェーバー数で整理することが可能であり、界面での強固なハイドレート形成が気泡分裂を抑制していることを明らかにした。</p>		

別記様式第 10 号の 1 (第 8 関係)

本論文は、以下の 4 章から構成される。

第 1 章では、本論文の背景を概観し、フッ素系温室効果ガスの分離回収法における既往の研究とその課題について述べた。これらをふまえて本研究の意義と目的、社会的重要性について述べた。

第 2 章では、フッ素系温室効果ガスハイドレートを取り扱う上で重要な情報であるガスハイドレートの基礎物性について理論的・実験的に検討し、ガスハイドレート生成条件や分離性能について重要な知見となるガスハイドレート相平衡を熱力学的モデルで表現できること、運転条件や移動現象解析に重要となるハイドレートスラリーの粘性は流動状態が良好な場合には Happel の式を適用して相対粘度を推算可能であることを明らかにした。

第 3 章では、設計指針として移動論に基づく分離工学的観点から評価を行い、物質移動係数の評価方法を確立した。ハイドレート化ガス吸収での物質移動に関して、無次元数による整理を試みた結果、ハイドレート化ガス吸収での物質移動係数を含むシャーウッド数はシュミット数、ガリレイ数、ボンド数での整理が有効であることを明らかにした。

第 4 章では、この論文で得られた知見の概略と結論、さらに本研究の今後の応用展開について述べた。

審査結果の要旨

審査は、提出された論文草稿に対する書面審査、および令和 5 年 2 月 16 日 (水) 午後 1 時 30 分から約 1.5 時間 (発表 45 分、質疑・討論 45 分) にわたって行われた公開論文発表会での口頭審査の両面から行われた。審査委員会は上記の学位申請論文 (以下、論文) について以下の項目を中心にして審査を実施した。

- ・学位申請希望者による論文説明として、研究の意義、背景、目的、実験方法、研究の新規性、結果の解析法、結論と今後への展望
- ・論文内容に対する質疑・応答
- ・専門知識や関連分野の知識

本論文は、ガスハイドレート結晶を利用したフッ素系混合ガスの新しい分離・精製法の提唱を行っており、エネルギー・環境問題に関わる混合物の分離性やその分離手法の実用化や設計に向けての移動現象に基づく分離工学的アプローチがなされている。このように本論文では、エネルギー・環境問題に関わる分離手法の設計に対する今後の応用が期待される内容が含まれているため、工学的に充分意義のある論文となっている。

審査の結果、論旨、実験方法、実験結果の解析法、学術上の知識ともに学位論文として充分であり、また学位申請希望者の学力や語学力も博士の学位にふさわしいと評価した。さらに本内容は、いずれも筆頭著者でレフリーシステムの確立された学術雑誌に 3 件掲載されており、学術価値が高いとの認識が得られた。

よって、本論文は博士 (工学) の博士論文として十分であると認定した。