

論文要約

「ガス分離プロセス設計に向けたプロトン性イオン液体のガス吸収選択性」

日本大学大学院工学研究科 博士後期課程 生命応用化学専攻
渡邊 正輝

天然ガス採掘の井戸元では、原料ガスに含まれる二酸化炭素 (CO₂) など不要なガスの吸収分離操作が行われている。現在の分離操作には、高圧下におけるCO₂吸収量が高い吸収液を用いた物理吸収法が広く適用されているが、Selexolなど既存物理吸収液のCO₂/CH₄選択性は低く、多くの炭化水素ガスが棄却されてしまうため、近年、高いCO₂/CH₄選択性を有する吸収液として、イオン液体が注目されている。現在、研究が進められているイオン液体のほとんどは、カチオン-アニオン間でプロトン授受のない「非プロトン性イオン液体」である。一方、カチオン-アニオン間でプロトン授受を伴う「プロトン性イオン液体」は、水素結合を形成するため、CO₂溶解度をほとんど変化させずに、CH₄溶解度の抑制を期待でき、さらに高いCO₂/CH₄選択性が見込まれる。そこで、本博士論文では、非プロトン性及びプロトン性イオン液体のカチオンとアニオンが、密度や粘度、CO₂及びCH₄溶解度、CO₂/CH₄選択性などの化学工学物性に及ぼす効果を明らかにした。

第1章は本論文の序章であり、研究計画の背景、目的について述べている。第2章では、使用した測定装置について述べている。極僅かな試料量でCO₂及びCH₄溶解度が測定可能な実験装置（磁気浮遊天秤）を使い、信頼性の高いデータを得るために、ガス吸収に伴うイオン液体の体積膨張を考慮し、体積変化に対応した浮力を補正する解析法を考案した。その結果、極僅かな試料量においても他の測定原理に基づく既往文献データと良好に一致するデータが得られることを実証した。第3章では、非プロトン性イオン液体のアニオンがガス吸収選択性に及ぼす影響について述べている。同一のカチオンを使用し、CO₂吸収能に優れると報告のあるフッ素系アニオンやさらにフッ素数を増やしたアニオンを有するイオン液体を合成し、密度や粘度、CO₂及びCH₄溶解度を測定した。アニオンのフッ素数を増やすことで、CO₂溶解度は増加するが、CH₄溶解度も増加するため、CO₂/CH₄選択性が低下してしまう課題があることを明らかにした。第4章では、プロトン性イオン液体のガス吸収選択性について述べている。まず、プロトン性アミジウム系イオン液体を合成し、密度や粘度、CO₂及びCH₄溶解度を測定した。その結果、プロトン性アミジウム系イオン液体は、既存物理吸収液より高いCO₂/CH₄選択性を示し、棄却される炭化水素ガス量を削減できる可能性が示唆された。次に、イミダゾリウム系及びアンモニウム系のプロトン性イオン液体を合成し、密度や粘度、CO₂及びCH₄溶解度を測定した。プロトン性イオン液体は、類似のカチオン構造を持つ非プロトン性イオン液体と比較し、同等のCO₂溶解度を維持し、既存物理吸収液より高いCO₂/CH₄選択性を示した。また、非プロトン性イオン液体とプロトン性イオン液体とで、カチオンとアニオンがCO₂/CH₄選択性に及ぼす効果は異なることを明らかにした。第5章では、本研究で得られた結果を総括して述べている。