

CO₂ 吸収材料の開発について

当社と東北大学多元物質科学研究所の岡弘樹准教授らによる共同研究チームは、ポリジアルリルジメチルアンモニウムクロリドの対アニオン（注1）を交換した、高分子化イオン液体（PILs）（注2）が、高い二酸化炭素（CO₂）吸収能を示すことを明らかにしました。本研究により、将来的なCO₂回収装置やガス分離膜の高性能化に大きく貢献することが期待されます。

1. 発表のポイント

- ・導入するアニオンのサイズが大きくなるほど、CO₂吸着容量が比例して向上することを明らかにしました。
- ・最適なアニオンの設計により、原料と比較して約7倍のCO₂吸着容量を達成しました。
- ・本成果は、カーボンリサイクル実現に向けた、効率的なCO₂分離・回収材料の新たな設計指針となります。

2. 概要

PILsは、高いCO₂親和性と固体材料としての安定性を兼ね備えた材料ですが、従来のアニオン交換法では製造過程で副生する不純物である無機塩の除去が困難であり、材料本来の性能評価を妨げていました。

東北大学多元物質科学研究所の岡弘樹准教授と大窪航平助教授、同大学院工学研究科の北嶋奨羽大学院生、当社の五十嵐和彦首席技術統括SVらの共同研究チームは、CO₂を効率よく吸着するPILsにおいて、精密な精製により無機塩を完全に除去することに成功し、対アニオンのサイズを大きくすることでCO₂吸着能が大幅に向上することを突き止めました。中でも最もサイズの大きいアニオンを用いた材料では、原料の7倍の吸着容量を達成しました。本研究により、将来的なCO₂回収装置やガス分離膜の高性能化に大きく貢献することが期待されます。

本成果は、2026年3月9日付けで反応化学と工学の専門誌Reaction Chemistry & Engineeringにオンライン掲載されました。

3. 研究の背景

現在、地球温暖化対策として、大気や排出ガスから効率的にCO₂を分離・回収する技術の確立が急務となっています。CO₂分離・回収材料の有望な材料の一つが、カチオン性（注3）またはアニオン性のポリマーと対イオン（注4）を組み合わせた固体材料である「高分子化イオン液体（PILs）」です。PILsは、イオン液体が持つ高いCO₂親和性と、高分子材料が持つ優れた安定性・加工性を兼ね備えることから、CO₂吸着材への応用が期待さ

れています。特に、4級アンモニウムカチオンを骨格に持つ PILs は高い CO₂ 吸着能を示すことが知られていますが、合成過程で生じる無機塩由来の金属イオンの残存が、CO₂ 吸着能に与える影響については、これまで見過ごされてきました。

4. 今回の取り組み

カチオン密度が非常に高いポリジアリルジメチルアンモニウムクロライド (P[DADMA][Cl]) に着目し、アニオン交換反応と、その後の精製による不純物の完全除去を行いました。対アニオンは、サイズが CO₂ 吸着能に与える影響を定量的に解明するため、Cl⁻と比較して大きく、かつ互いにサイズの異なる3種のアニオン (AcO⁻、SCN⁻、TFMS⁻) を選択しました。合成された3種類の高純度 PILs は、SEM-EDX (注5) 測定により、原料由来の塩素や反応副生成物が完全に消失していることを確認しました。

3種類のパイルsのCO₂吸着評価の結果、アニオンのサイズが大きくなる順に従って、CO₂吸着量が劇的に向上することを見出しました。特に、最も大きなアニオンを持つP[DADMA][TFMS]は、原料であるP[DADMA][Cl]と比較し7倍の吸着容量を示しました。

5. 今後の展開

本研究により、PILsの「アニオンサイズを精密に設計する」という新たな高性能化のアプローチが確立されました。本研究成果は、将来的なCO₂回収装置やガス分離膜の高性能化に大きく貢献することが期待されます。

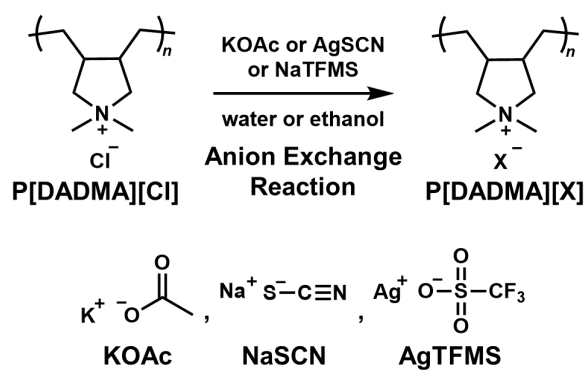


図 1. P[DADMA][Cl]を用いた PILs の合成 ©Kouki Oka et al.

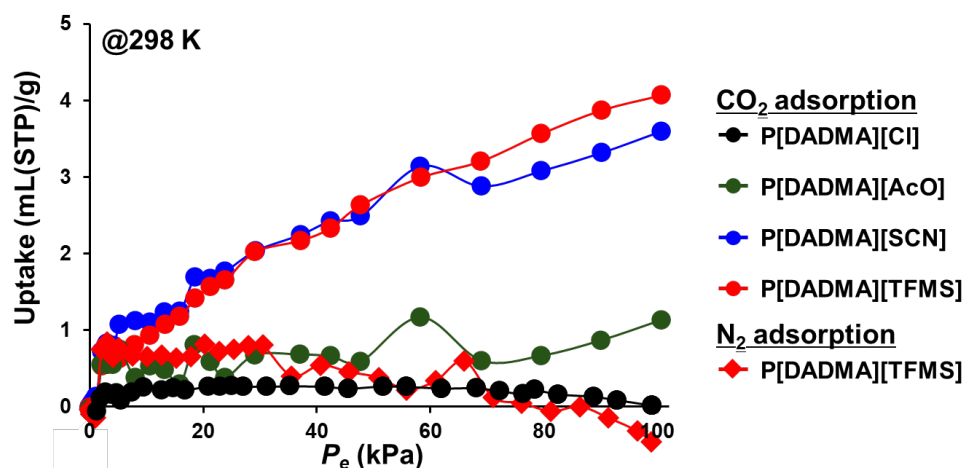


図 2. 298K で測定した P[DADMA][Cl] (黒)、P[DADMA][AcO] (緑)、P[DADMA][SCN] (青)、P[DADMA][TFMS] (赤) の CO₂ および N₂ 吸着等温線 ©Kouki Oka et al.

表 1. PILs の CO₂ および N₂ 吸着量

Sample	Anion Radius ^a / nm	V _{CO2} ^b / mL g ⁻¹	V _{N2} ^c / mL g ⁻¹
P[DADMA][Cl]	0.214	0.155	-
P[DADMA][AcO]	0.252	1.13	0.449
P[DADMA][SCN]	0.289	3.60	0.502
P[DADMA][TFMS]	0.304	4.07	-

a: DTF 計算 (B3LYP/6-31⁺G (d,p))に基づく推定値。

b: 100kPa における CO₂ 吸着量。

c: 100kPa における N₂ 吸着量

©Kouki Oka et al.

6. 用語解説

注 1. アニオン (陰イオン) : 負の電荷を帯びた原子または原子団。

注 2. 高分子イオン液体 (PILs) : イオン液体の構成単位をポリマー化した材料。不揮発性や高い化学的安定性を有する。

注 3. カチオン性 (陽イオン性) : 物質が正の電荷を帯びている、または正の電荷を有する部位を持つこと。

注 4. 対イオン : ある電荷を持ったイオン (カチオンまたはアニオン) の電荷を打ち消し、物質全体を電氣的に中和する、逆の電荷を持つイオンのこと。

注 5. SEM-EDX : 走査電子顕微鏡-エネルギー分散型 X 線分光法。

7. 論文情報

タイトル : Anion Size-Dependent Carbon Dioxide Adsorption Capacity in High-Purity
Diallyldimethylammonium-Based Poly(ionic liquid)s

著者 : 岡弘樹*、大窪航平、北嶋奨羽、笠井均、丸岡清隆、高橋勇太、照内洋子、竹内実、五十嵐和彦

*責任著者 : 東北大学 多元物質科学研究所 准教授 岡弘樹

掲載誌 : Reaction Chemistry & Engineering

DOI : <https://doi.org/10.1039/D5RE00535C>

URL : <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2026/re/d5re00535c>

■ 本件に関するお問い合わせ先

日東紡 資材・ケミカル事業本部 ケミカルユニット開発部

024-932-6113 TSC@nittobogrp.com