

「超空間制御に基づく高度な特性を有する革新的機能素材等の創製」
平成25年度採択研究代表者

H29 年度 実績報告書

松方 正彦

早稲田大学理工学術院
教授

精密分子ふるい機能の高度設計に基づく無機系高機能分離材料の創製

§1. 研究実施体制

(1)「松方」グループ

- ① 研究代表者:松方 正彦 (早稲田大学理工学術院 教授)
- ② 研究項目
 - ・細孔構造、細孔径および組成の自由な選択を可能とする新規ゼオライト膜の製膜法の開発
 - ・非破壊で測定が可能な膜構造および特性化手法の開発
 - ・量子分子ふるい材料(炭素修飾ゼオライト薄膜)の合成

(2)「佐々木」グループ

- ① 主たる共同研究者:佐々木 優吉 (ファインセラミックセンターナノ構造研究所 特任主席研究員)
- ② 研究項目
 - ・ゼオライト分離膜の微細構造解析手法の高度化
 - ・分子透過機構の解明を目的とした分離メカニズムの解明
 - ・ゼオライト膜の結晶配向性制御および緻密化制御技術の高度化を目的としたゼオライト膜形成機構の解明

(3)「宮嶋」グループ

- ① 主たる共同研究者:宮嶋 圭太 ((株)リタケカンパニーリミテド開発・技術本部研究開発センター 次長/グループリーダー)
- ② 研究項目
 - ・表面凹凸構造支持体の非対称化
 - ・積層型分離膜モジュールの開発

・高透過率非対称型支持体の改良

(4)「岩本」グループ

① 主たる共同研究者:岩本 雄二 (名古屋工業大学大学院工学研究科 教授)

② 研究項目

・ポリマープレカーサー法を応用したゼオライト合成と組織形成挙動解析

(5)「武脇」グループ

① 主たる共同研究者:武脇 隆彦 (三菱ケミカル(株)横浜研究所 主席研究員)

② 研究項目

・有機構造規定剤を利用したゼオライト膜開発

(6)「宮原」グループ

① 主たる共同研究者:宮原 稔 (京都大学大学院工学研究科 教授)

② 研究項目

・量子分子ふるい材料の合成およびその分離能評価

・量子分子ふるい材料を用いた分離プロセスの開発

(7)「金子」グループ

① 主たる共同研究者:金子 克美 (信州大学環境・エネルギー材料科学研究所 特別特任教授)

② 研究項目

・新規グラフェン系マイクロ細孔体の創製

・酸素同位体混合気体の分離特性評価

(8)「児玉」グループ

① 主たる共同研究者:児玉 昭雄 (金沢大学理工研究域 教授)

② 研究項目

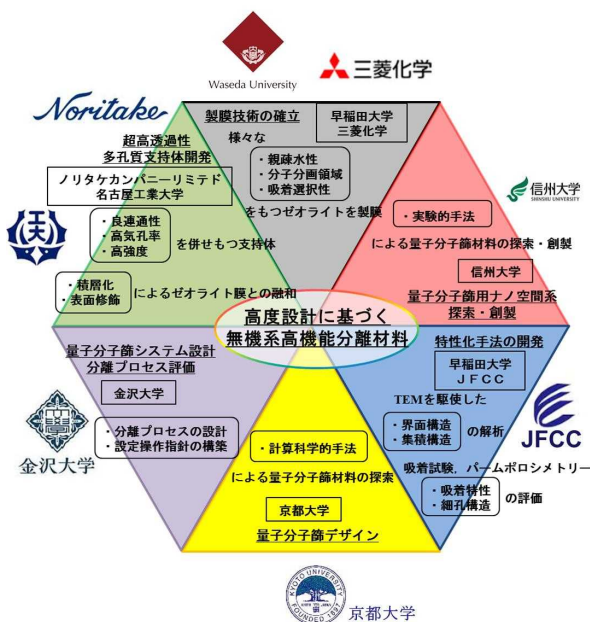
・量子分子ふるい効果を利用した同位体ガス分離プロセスの設計

・超精密分子ふるいによる高度ガス分離プロセスの検討

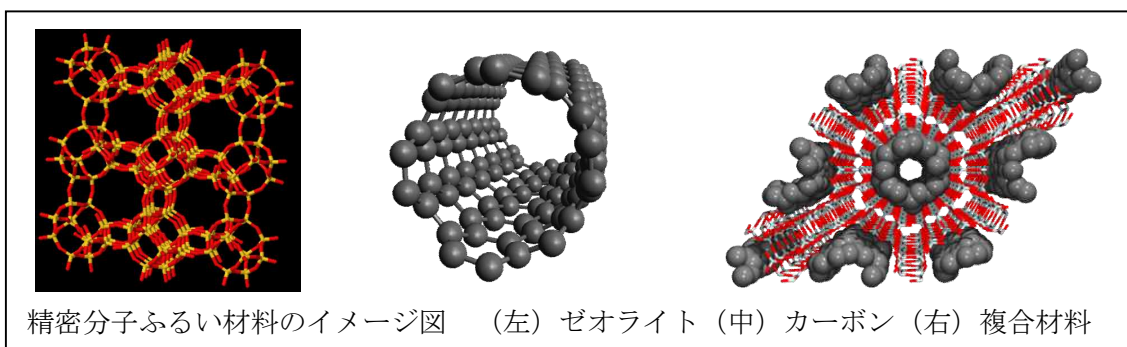
§2. 研究実施の概要

エネルギー・化学にかかわる産業は我が国全体の 10% 近くの CO₂ を排出しており、これらの産業の省エネルギー化は極めて重要な課題である。最も多くのエネルギーを消費するプロセスである蒸留分離は化学産業全体の消費エネルギーの約 40% を占め、この分離工程において従来とは一線を画する革新的な省エネルギー技術が開発されれば、我が国の産業競争力強化と CO₂ 排出量削減といった、一見相反する目標を同時に達成することができる。そこで我々は、マイクロ多孔性材料を用いた新規な膜あるいは吸着分離技術の分離工程への実装による、分離工程の抜本的な省エネルギー化を提案する。本研究では、化学産業・医療分野における有用な分子の分離精製工程の省エネルギー化を達成するために、ゼオライト、炭素材料を研究対象として、これらの有するサブナノレベルの細孔に基づく分子ふるい機能を精密に制御・集積した材料を創製することを目的とする。またこれらの精密分子ふるい材料を活用したプロセス構成および操作指針の獲得を目指す。

革新的な精密分子ふるい効果の発現には、分子サイズの緻密なナノ空間デザインとその制御技術が不可欠である。H29 年度は、これまで研究で得られた知見を活かし、実験的・計算的アプローチの両面からナノ空間制御手法の高度化と空間評価手法の深化を進め、従来よりも高効率な分離材料の開発を行った。ゼオライトやカーボン、ゼオライト-カーボン複合材料のマイクロ孔を分離対象にあわせてデザイン・制御することで、H₂/D₂ や ¹⁶O₂/¹⁸O₂ といった同位体分離において、量子分子ふるい効果による分離が可能であることを示した。また、混合物中の一部の分子にのみ好適なナノ空間を作り出すことで分子ふるい効果とは異なる原理で分離が可能となることも見出した。



研究体制図



- 1) R. Futamura, T. Iiyama, Y. Takasaki, Y. Gogotsi, M.J. Biggs, M. Salanne, J. Ségolini, P. Simon, and K. Kaneko, "Partial breaking of the Coulombic ordering of ionic liquids confined in carbon nanopores", *Nature Materials* 1225-1232, 2017.
- 2) T. Hiratsuka, H. Tanaka and M. T. Miyahara, "Mechanism of Kinetically Controlled Capillary Condensation in Nanopores: A Combined Experimental and Monte Carlo Approach", *ACS Nano* 11 269-276, 2017.
- 3) K. Yoshida, K. Toyoura, K. Matsunagaa, A. Nakahira, H. Kurata, Y.H. Ikuhara, and Y. Sasaki, "Structural Analysis of Sodium Cations Embedded within Zeolitic Nanocavities", *Micropor. Mesopor. Mater.* 259 195-202, 2018.