

Adsorption News

Vol. 37, No. 2 (July 2023)

通巻 No.145

目 次

○巻頭言.....	2
「コロナ禍…そして、その先に」	上田 貴洋
○奨励賞受賞記念寄稿.....	3
「分子篩炭素の合理的設計指針の探索と用途展開に関する研究」	山根 康之
○2023年度吸着基礎セミナー開催報告	10
○会員探報.....	11
徳島大学大学院創成科学研究科理工学専攻 化学プロセス工学講座	加藤雅裕（分離工学）研究室
○会告.....	13
第36回日本吸着学会研究発表会	
○関連学会のお知らせ.....	14
○追悼記事.....	22
田門肇先生を偲んで	大塚 清人
○維持会員一覧.....	23

日本吸着学会
The Japan Society on Adsorption

巻 頭 言

コロナ禍…そして、その先に

大阪大学大学院理学研究科 上田 貴洋



2019年、私は運営委員長を仰せつかりました。前任の兄玉昭雄先生が敷いてくださった線路を直走った翌年、自分の足で歩きだそうとした矢先、新型コロナウイルス感染症のパンデミックが occurred。学会を取り巻く環境もそれまでとは一変し、2020年度に予定していた事業をすべて中止にするなど、学会活動にも甚大な影響を与えることとなりました。

2020年からの3年間は、「リモート会議」という新しいツールの導入によって何とか会員の皆様へ学会サービスの一端をお届けすることができました。運営委員会を支えてくださった運営委員の皆さまの献身的なお力添えの賜物と深謝する次第です。2022年度になり、対面とオンラインのハイブリッド形式ながら、ようやく3年ぶりに対面での研究発表会が実現できました。参加された皆様が、「やっぱり、ひざと膝を付き合わせてお話しするのは良いものですね。」と口々におっしゃっていたのが誠に印象的で、会員の皆様の3年間の非日常を想うと、とても感慨深い気持ちになりました。リモート会議では味わえない臨場感、その場にいる人たちの想いや熱気を感じ、本物（実物）がもつリアリティと迫力を体感できるのは、対面開催の良いところだと思います。今年度の研究発表会は対面で実施する予定と伺っています。

2023年5月5日、世界保健機関（WHO）が新型コロナウイルス感染症による緊急事態宣言の終了を発表しました。わが国では5月8日に、COVID-19が感染症の分類でインフルエンザと同じ5類相当に引き下げられ、コロナ禍の事実上の終息を迎えました。この3年間で、学会として失ったもの、そして得たものがあると思います。学会としての丸3年間の「日常」は失ったかもしれません。一方でリモート会議の手法は、コロナ禍という最悪の状況の中であって、まさに禍転じて福となすで、私もこの便利なツールを享受した一人です。合宿セミナーとして人気を博していた「吸着夏の学校」は、昨年度まで3年間中止が続いていましたが、新しい運営委員長の飯山拓先生を中心として、来年度からの再開にむけて検討いただいています。少しずつ、学会としての「日常」を取り戻して欲しいものです。

さて、コロナ禍は終息を迎えました。しかし、日本社会が抱える深刻な問題として、少子高齢化、労働人口の減少が指摘されています。これは、アカデミアの

分野においても看過できない問題で、近い将来、確実に学会のシュリンクをもたらします。少子高齢化時代においては、今以上に吸着学会の存在意義が問われることも想像に難くありません。来る将来に向けて、吸着学会のアクティビティを維持し、プレゼンスを向上し続けるためには、学生・大学院生や若手研究者にとって、魅力ある学会でなければなりません。良い意味で他学会との差別化を図ることも大切でしょう。次世代を担う若者たちに、良質の最先端研究に触れていただき、吸着科学を礎とする研究や技術開発への興味と熱意を持ち続けてもらえるよう、学会として様々な支援が必要になります。質・量ともに十分で、持続可能な手厚い会員向けの活性化支援を、学会を挙げて進めていくことが必要不可欠だと思います。と、大風呂敷を広げてはみたものの、恥ずかしながら、今のところ何か具体的な方策があるわけではありません。会員の皆様の知恵を寄せ合い、気たるべき難局を乗り越えて行ければと思います。

私が運営委員長を務めた4年間で、印象に残ったことを徒然と書き綴った結果、なんとも取り留めのない巻頭言となってしまいました。誠に申し訳ありません。今年度から、副会長の重責を仰せつかりました。兄玉昭雄会長をサポートし、本学会が健全で開かれた学会として益々発展していくよう、微力ながら尽力してまいります。皆様、どうぞ宜しくお願い申し上げます。

氏名 上田 貴洋

所属 大阪大学大学院理学研究科化学専攻 教授

略歴 1990年3月 大阪大学大学院無機及び物理化学専攻博士前期課程修了

1991年4月 工業技術院化学技術研究所

1997年7月 大阪大学大学院理学研究科 助手

2002年4月 大阪大学総合学術博物館 助教授

2010年4月 東洋大学理工学部応用化学科教授

2012年4月 大阪大学総合学術博物館 教授
(2017年～2020年 大阪大学社会学部
・教授)

2023年4月 現職

奨励賞受賞記念寄稿

分子篩炭素の合理的設計指針の探索と 用途展開に関する研究

Exploration of Rational Design Guidelines for Carbon
Molecular Sieve and Its Application Development

大阪ガスケミカル(株)
Osaka Gas Chemicals Co., Ltd.

山根 康之
Yasuyuki Yamane

1. はじめに

化学品・医薬品・半導体等の分野における製品品質の向上や環境への負荷低減および資源循環型社会の実現への取り組みの活発化に伴い、分離精製技術の重要性が増している。米国での全消費エネルギーの約15%が分離プロセスに使用されており、その約半分が蒸留の熱源に使用されているため、環境負荷低減の観点から、吸着等の非熱駆動型の分離プロセスへの移行が検討されている¹⁾。

熱駆動型プロセスから非熱駆動プロセスへの転換は、中長期的な取り組みと短期的な取り組みが必要と考えられる。これは、急激なエネルギーシフトや規制変更によって新規プラントの建設が短期間に集中したとき、一度、蒸留プロセスを採用するとその置き換えは40～50年後となるが、吸着もしくは膜分離プロセスであれば、材料の変更により将来的な性能向上も期待できるためである。このため、新規材料の創生と既存材料の早期性能向上はどちらもかけてはならない。既存技術の活用の一つの候補は、分子篩炭素(Carbon Molecular Sieve: CMS)を用いたガス分離であり、その高性能化と用途展開に関する研究の意義は大きいと考えられる。

CMSは、分離対象とするガス分子径に合わせて細孔入口径が精密に設計・制御された多孔性炭素材料であり、ガス分子径の差に応じた速度分離型の分子篩特性(図1)を発現する。このため、圧力スイング吸着(PSA)法を利用した低分子ガスの分離に広く利用され、特にO₂/N₂分離に応用されている。近年、化学・半導体分野における窒素ガスの要求純度が高まりから、CMSの分離性能向上の重要性がますます高まってい

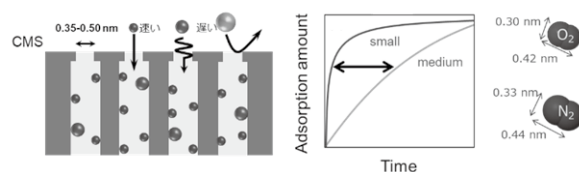


図1 速度分離型の分子篩特性の概略

る。また、分子篩特性を利用した分離は、沸点差に依らないことから蒸留法では分離困難な系に対しての展開が期待されている。

CMSの合成方法には、樹脂の熱分解による炭素化法や、活性炭への化学気相蒸着(Chemical Vapor Deposition: CVD)法などがあり、いずれも前駆体表面への熱分解炭素の堆積過程の制御が重要と考えられるが、その堆積過程や得られたCMS構造におけるガス分子の吸着機構には不明な点が多く、CMSの開発は多分に試行錯誤的なものであった。我々は、分子シミュレーションと実験の両面のアプローチから、CMSの合理的設計指針の探索²⁾と用途展開^{3, 4)}について検討を行ったのでここで紹介する。

2. 高O₂/N₂分離CMSの合理的設計指針の探索²⁾

原料ガスが連続的に供給され、前駆体である活性炭表面に熱分解炭素が堆積するCVDプロセスは非平衡過程であり、通常分子動力学(MD)シミュレーションでは検討が困難である。このため、MD法によるCVD原料ガスを拡散・反応させる試行と、グランドカノニカルモンテカルロ(GCMC)法による気相密度を調整する試行を交互に反復するGCMD法を採用した。計算に用いたGCMDセルを図2に示す。セルの中央に前駆体活性炭モデルを配置し、その両端に気相密度調整のためのGCMCセルを設けた。V1で原料CVDガスを供給し、V2で活性炭表面と反応することなく細孔内を透過したものを削除した。炭素原子間相互作用には、Reaction State Summation ポテンシャル^{5, 6)}を用い、CVD温度は1000 Kとし、Nosé-Hoover法により系の温度を制御した。運動方程式の数値積分には速度Verlet法を用い、時間刻みは0.05 fsとした。CVD炭素源には、仮想的な芳香族炭素分子(C₆, C₇, C₉)を用い、GCMDシミュレーションは10種の異なる乱数列を用いて試行した。得られたCMS構造モデル(CMS-C₆, C₇, C₉)に対して遷移状態理論(Transition state theory: TST)^{7, 8)}によって吸着質分子の拡散係数(k_{TST})の推算を行うことでN₂に対するO₂選択係数($S_{TST}(O_2/N_2) = k_{TST}(O_2)/k_{TST}(N_2)$)を評価した。

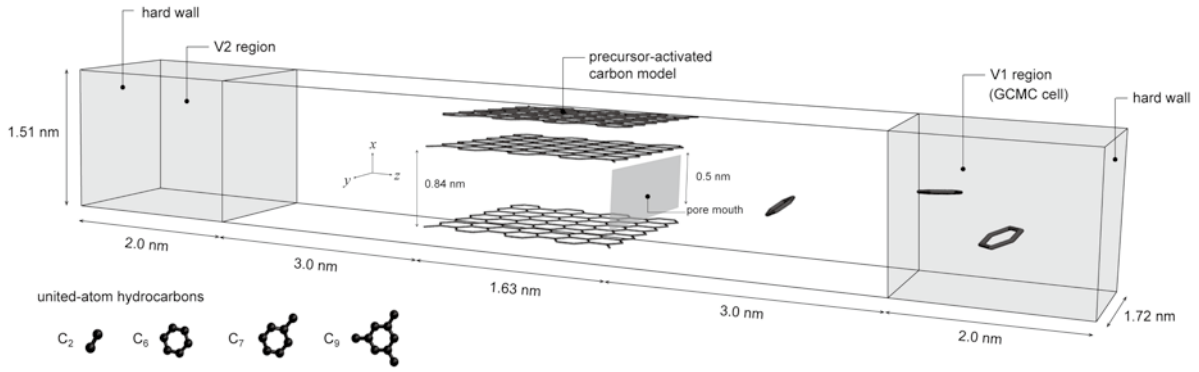


図2 CVDシミュレーションで用いたGCMCセル

CMS-C₆モデルおよびCMS-C₇モデルのスナップショットおよび各CMSモデルにおけるO₂およびN₂の自由エネルギープロファイルを図3に示す。スナップショットから明らかな通り、前駆体活性炭の入口近傍に熱分解炭素が堆積して細孔入口が狭窄され、インクボトル状の細孔が形成されていることを確認した。また、C₆由来の熱分解炭素はアモルファス状である一方で、C₉由来の熱分解炭素は小さなグラフェンユニットで構成されたシート様の構造であることが分かった。さらに、CMS-C₆モデルは、単一のエネルギー障壁を

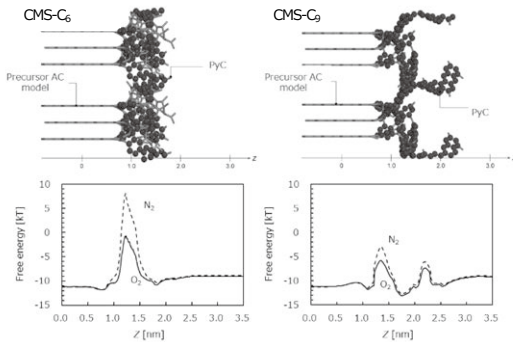


図3 CMS-C₆モデルおよびCMS-C₇モデルのスナップショットおよび各CMSモデルにおけるO₂およびN₂の自由エネルギープロファイル

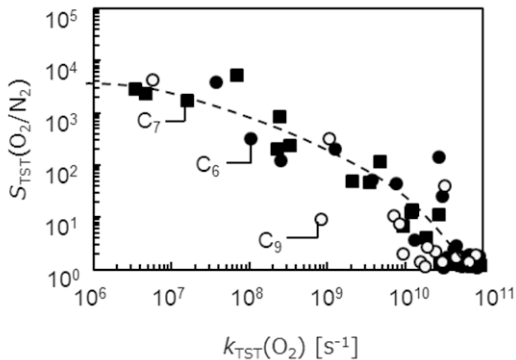


図4 CMS-C₆, C₇, C₉モデルにおける $k_{TST}(O_2)$ と $S_{TST}(O_2/N_2)$ の関係

持つが、CMS-C₉モデルは、エネルギー障壁が2つに分かれており、障壁の高さもCMS-C₆モデルよりも小さく、CVD炭素源の違いによりガス分離特性に影響を与えることが示唆された。

得られた自由エネルギープロファイルに遷移状態理論を適用して求めた $k_{TST}(O_2)$ と $S_{TST}(O_2/N_2)$ の関係を図4に示す。CMSを用いたガス分離では、ガス選択性が高いことのみならず単位時間当たりの処理能力が高いこと、つまり、吸着速度が速いことが求められるため、図4において右上ほど高性能であることを意味する。また、一般的に市販されるCMSのO₂/N₂選択係数は30程度あることから、 $S_{TST}(O_2/N_2)$ が30を超えるかどうか指標とした。CMS-C₆とCMS-C₇モデルでは、 $k_{TST}(O_2)$ と $S_{TST}(O_2/N_2)$ が相反する1本の特性曲線に整理され、高 $S_{TST}(O_2/N_2)$ を発現する頻度が大いことが確認された。その反面、CMS-C₉モデルでは、高い $S_{TST}(O_2/N_2)$ を持つ頻度は小さく、特性曲線を下回るものが多いことが明らかとなった。

これらの違いを理解するために、スナップショットやエネルギープロファイルから得られた特徴を基に、より強調したシンプルなモデルを用いて細孔構造と分離特性の関係を調べた(図5)。モデルには、スリット細孔モデルを模したシングルテラスモデル(ST)、

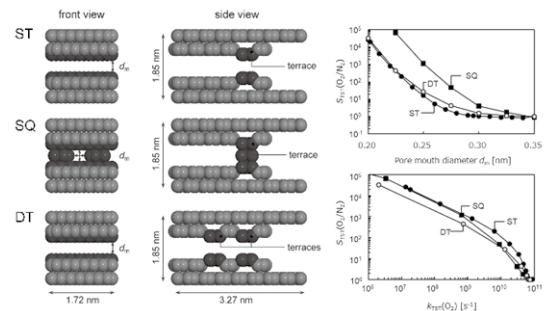


図5 計算に用いたシンプルモデル(左)、 d_m と $S_{TST}(O_2/N_2)$ の関係(右上)および $k_{TST}(O_2)$ と $S_{TST}(O_2/N_2)$ の関係(右下)

CMS-C₆, C₇で良く見られたスクエア状細孔モデル (SQ)、CMS-C₉で見られたようなテラスが2組のダブルテラスモデル (DT) の3つを採用し、それぞれのモデルの細孔入口径 (d_m) と $S_{TST}(O_2/N_2)$ の関係と $k_{TST}(O_2)$ と $S_{TST}(O_2/N_2)$ の関係を確認した。

STとSQと比べたとき、細孔入口径が同じ場合、SQの方がSTよりも選択係数は大きい一方で、速度定数と選択係数の関係でみたときは、 $S_{TST}(O_2/N_2) = 30$ 付近ではSTの方がSQよりも選択係数が高いことが明らかとなった。これは、細孔入口のアスペクト比を制御することよりも開口面積を大きく保つことの方が効果的であることを示唆している。さらに、STとDTモデルを比べたとき、テラス (エネルギー障壁) の数に関係なく d_m が同じであれば S_{TST} は同等であるが、同一の S_{TST} を持つモデル同士を比較すると、DTの方が $k_{TST}(O_2)$ が小さいことから、複数のエネルギー障壁は、分離特性の低下を招くことが明らかになった。

シミュレーションで得られた知見の検証のために、ベンゼン、トルエン、メシチレンを用いたCVD処理によってCMSを合成し、細孔入口径および O_2/N_2 分離特性を評価した。CMS試料は、Cabreraら⁹⁾ および Kawabuchiら¹⁰⁾ の方法に準じて調製し、前駆体活性炭には、円柱ペレット状ヤシ殻活性炭 [KP-448大阪ガスケミカル] を使い、キャリアガスとして窒素ガスを流通して、1000 Kの石英反応管内へベンゼン、トルエン、メシチレンを注入・気化させてCVD処理を行った。前駆体活性炭および得られたCMS試料 (CMS-BE, TO, ME) の細孔入口径分布は分子プローブ法によって求め、吸着速度曲線は自作の容量法装置を用い 298 Kで行った。得られた吸着速度曲線について線形推進力 (LDF) モデルを用いて解析することにより、 O_2 および N_2 の吸着速度定数 $k_{LDF}(O_2)$,

$k_{LDF}(N_2)$ を評価し、吸着速度の比を動的選択係数 $S_{ex}(O_2/N_2)$ とした。

分子プローブ法の結果から、CVDによって細孔が狭窄されて 0.40 nm以上の細孔容積が顕著に低減している一方で、0.37 nm以下の細孔容積はCVD前と比べて殆ど変化していないことから、スナップショットでみられたようなインクボトル構造が形成されていることが確認された。さらに、各CMS試料の $k_{LDF}(O_2)$ と $S_{ex}(O_2/N_2)$ の関係から、CMS-BE, CMS-TOは、シミュレーション結果と同様に1本の特性曲線で整理され、CMS-MEは、CMS-BEおよびCMS-TOに比べて $S_{ex}(O_2/N_2)$ が低いことが明らかとなった (図6)。また、非常に興味深いことに、細孔入口径と $k_{LDF}(O_2)$ の関係から、同程度の $k_{LDF}(O_2)$ を持つ試料を比較したとき、CMS-MEの細孔入口径はCMS-BEおよびCMS-TOに比べて顕著に大きいことが分かった。これは、シミュレーションで予見された通り、CMS-MEは複数のエネルギー障壁が形成されたためと推察される。

以上より、高 O_2/N_2 分離特性を発現するCMSを合成するためには、単一のエネルギー障壁を形成することが重要であり、それを達成するためのCVD炭素源およびCVD条件はアモルファスな熱分解炭素を形成するものを選択することが重要であることを明らかにした。

3. C_3H_6/C_3H_8 分離用CMSの開発^{3, 4)}

プロピレン (C_3H_6) は、ポリプロピレンの原料として重要な産業ガスであり、主にナフサのクラッキングガスを蒸留によって分離することで製造される。しかし、プロパン (C_3H_8) との沸点差が小さい (2 MPaで C_3H_6 は 323 K, C_3H_8 は 332 K) ことから、高压下で 150~250段の蒸留塔が必要であり、エネルギー消費の小さい非熱駆動型の分離プロセスへの置き換えが検討

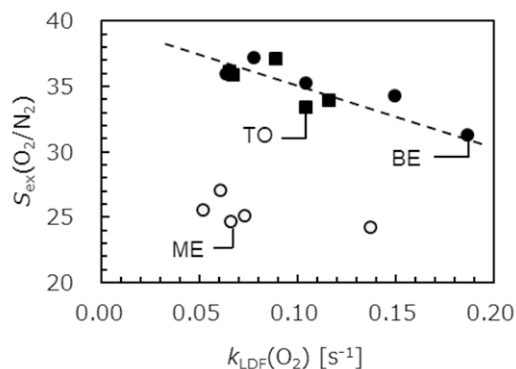


図6 CMS-BE, TO, MEにおける $k_{LDF}(O_2)$ と $S_{ex}(O_2/N_2)$ の関係

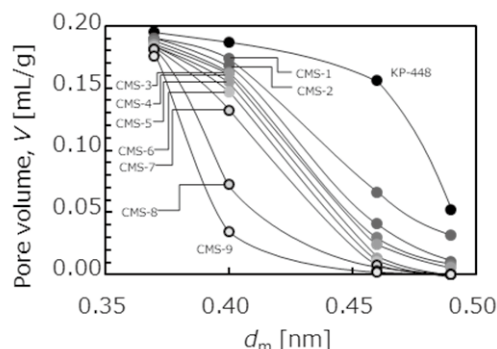


図7 KP-448およびCMS試料の細孔入口径分布

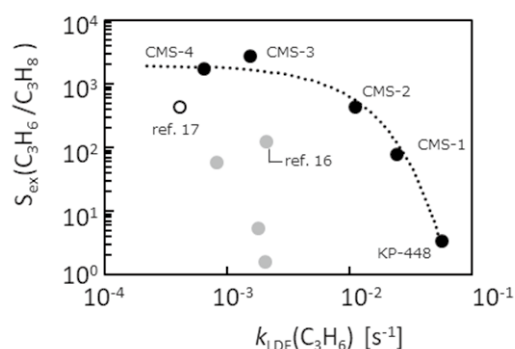


図8 CMS-1, 2, 3, 4における $k_{LDF}(C_3H_6)$ と $S_{ex}(C_3H_6/C_3H_8)$ の関係

されている¹⁾。分子篩効果を利用した分離法も代替法として検討されており、ゼオライト¹¹⁻¹³⁾、MOF^{14, 15)}や樹脂の熱分解法によって合成されたCMS^{16, 17)}等を用いた研究結果が報告されている。しかし、これらの多くの吸着材がケージ-ウィンドウ構造であり、多重のエネルギー障壁を形成している可能性が高い。そこで、 O_2/N_2 分離の検討で得られた指針に従い、細孔内での C_3H_6 の拡散を阻害しない程度に大きい細孔を有する前駆体を CVD 処理によって細孔入口を狭窄することで高 C_3H_6/C_3H_8 分離能を発現する CMS の合成を試みた。

CMS 合成は、前駆体に前述の KP-448 を、CVD 炭素源にベンゼンを用いて 1000 K で行い、CVD 時間を変動することで異なる細孔入口径を持つ CMS を得た。図 7 から明らかな通り、CVD 時間の増加に伴って細孔入口径の狭窄が進行していることが分かる。

得られた CMS のプロピレン吸着速度定数 $k_{LDF}(C_3H_6)$ と C_3H_8 に対する C_3H_6 の選択係数 $S_{ex}(C_3H_6/C_3H_8)$ の関係を図 8 に示す。ここで、ポリプロピレンの原料としてのプロピレン純度は 99.5% 以上が要求されるため、PSA を用いた 1 段の分離でこの純度を達成するために必要な $S_{ex}(C_3H_6/C_3H_8)$ は 250 を超えると予想され、この値を達成できるかどうかは 1 つの目安となる。図 8 から明らかな通り、前駆体の KP-448 では、 $S_{ex}(C_3H_6/C_3H_8)$ が小さい一方で、CVD 時間の延長に伴って $S_{ex}(C_3H_6/C_3H_8)$ が増大し、 O_2/N_2 でみられたような 1 本の特性曲線で整理できることが確認された。これは、特性曲線上であれば、CVD 時間の変更だけで C_3H_6/C_3H_8 分離特性を任意に制御できることを示しており、PSA のサイクルタイムなどの運転条件の自由度を上げることに寄与する。また、驚くべきことに、CMS-3, 4 では、 $S_{ex}(C_3H_6/C_3H_8)$ が 1000 を超える極めて大きな値を示し、CMS-3 の $S_{ex}(C_3H_6/C_3H_8)$ は、同

程度の $k_{LDF}(C_3H_6)$ を有する既報のデータ（樹脂の熱分解法で合成された CMS）の約 4 倍であった。

前駆体である KP-448、既報 CMS 程度の $k_{LDF}(C_3H_6)$ を維持しつつ高い $S_{ex}(C_3H_6/C_3H_8)$ を示した CMS-4、吸着速度測定において C_3H_6 はゆっくりとながら吸着するが C_3H_8 は約 1 ヶ月の期間放置しても全く吸着しなかった CMS-9 の 3 つを用いて C_3H_6/C_3H_8 混合ガスの分離実験を行った ($P=500$ kPa, $T=293$ K, $C_3H_6 : C_3H_8 : He=0.45 : 0.15 : 0.40$, $F=16.7$ mL/s, 試料充填量 80 g)。その結果、KP-448 は、 C_3H_6 と C_3H_8 のいずれも吸着した後 (C_3H_6 と C_3H_8 の吸着量は、破過曲線の面積積分により、それぞれ 1.84 mmol/g と 0.22 mmol/g)、 C_3H_8 を先に破過した (図 9)。これは、吸着速度の測定から予想されるように、KP-448 が C_3H_6 と C_3H_8 の分離を促進しないことを示している。一方で、CMS-4 を用いた場合では、 C_3H_8 が直ちに破過し、その濃度は C_3H_6 の破過開始前に約 30% に達している。これは、 C_3H_8 が CMS-4 にほとんど吸着していないことを示している (C_3H_6 のみを選択的に吸着した場合の気相中 C_3H_8 濃度は、 $100 \times C_3H_8 / (C_3H_8 + He) = 100 \times 0.15 / (0.15 + 0.40) = 27\%$ と見積もられる)。実際、破過曲線の面積積分を用いて算出した CMS-4 への C_3H_8 の吸着量はほぼゼロである。一方、破過曲線から得られた C_3H_6 の吸着量は 2.02 mmol/g であり、KP-448 の C_3H_6 と C_3H_8 の合計吸着量 (2.05 mmol/g) と極めて近い値を示した。この結果は、CMS-4 がベンゼンを用いた CVD によって C_3H_8 を除くために細孔入

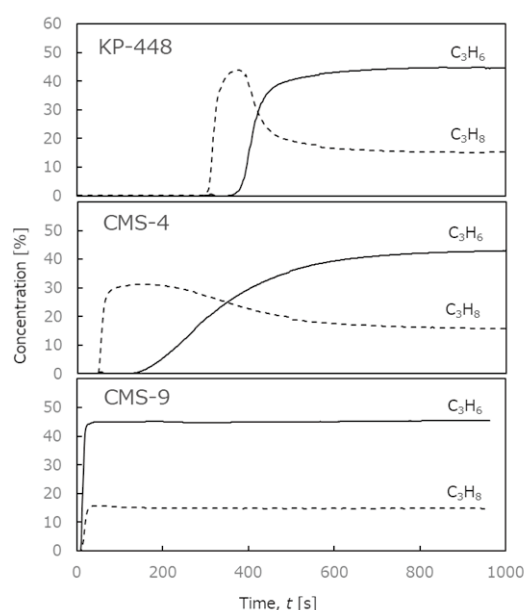


図9 KP-448およびCMS4, 9に対する C_3H_6 および C_3H_8 の破過曲線

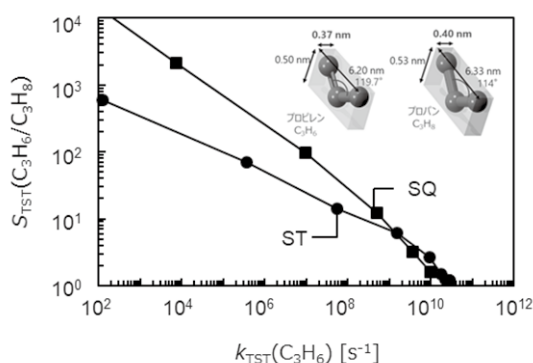


図10 STモデルおよびSQモデルにおける $k_{\text{TST}}(\text{C}_3\text{H}_6)$ と $S_{\text{TST}}(\text{C}_3\text{H}_6/\text{C}_3\text{H}_8)$ の関係

口が効果的に狭められ、堆積した熱分解炭素によって細孔入口が塞がれることなく細孔容積が完全に維持されたことを強く示唆している。CMS-9を用いて得られた破過曲線は、 C_3H_6 と C_3H_8 の吸着速度が遅いため、直ちに破過したことを示している。また、CMS-9への C_3H_6 の吸着量は、破過曲線の面積積分値から推定すると0.07 mmol/gと極めて僅かであった。このことは、高性能CMSの開発において、吸着速度定数と選択性の両立が重要であることを明確に示している。

さらに、本研究で得られたCMS-3,4を用いて自作のPSA装置で圧力スイング吸着実験を行った結果、 $\text{C}_3\text{H}_6:\text{C}_3\text{H}_8=1:1$ の混合ガスをポリマーグレード(C_3H_6 純度99.5%)まで精製することに成功している。

我々の合成したCMSが極めて高い $\text{C}_3\text{H}_6/\text{C}_3\text{H}_8$ 分離特性を発現することが確認されたが、ここで一つ疑問が生じる。 C_3H_6 と C_3H_8 のそれぞれの最小分子径0.37 nmと0.40 nmであり、その差(0.03 nm)は、 O_2 (0.30 nm)と N_2 (0.33 nm)の差と変わらないが、分離特性は大きく異なることは不思議に思える。そこで、前述のシンプルモデルを用いた解析を行った。図10から明らかな通り、 $250 \leq S_{\text{TST}}(\text{C}_3\text{H}_6/\text{C}_3\text{H}_8)$ の領域において、SQはSTを上回り、細孔入口径の形状が分離能に大きな影響を与えることが確認できた。これは、 O_2 および N_2 が3結合により原子間距離が短く球に近い形状であるのに対し、 C_3H_6 と C_3H_8 は、3原子分子であり、角度によって分子径が大きく異なるためと考えられる。さらに、この結果は、 $\text{C}_3\text{H}_6/\text{C}_3\text{H}_8$ 分離特性を向上させるためには、 O_2/N_2 分離とは異なり、開口面積を犠牲にしてでも細孔入口のアスペクト比を制御することが重要であることを示している。

以上より、蒸留では分離困難とされる $\text{C}_3\text{H}_6/\text{C}_3\text{H}_8$ 分離において、PSA運転において実用に足る吸着速度を

有し、且つ、 $S_{\text{ex}}(\text{C}_3\text{H}_6/\text{C}_3\text{H}_8)$ が1000を超える極めて高い分離能の合成に成功し、その分離機構と合成指針を明らかにした。

4. D_2/H_2 分離への応用

重水素(D_2)は、水素の安定同位体であり、長寿命大規模集積回路、光減衰を低減した光ファイバー、重水素医薬品等の多くの用途に利用される重要なガスである。 D_2 は、極低温蒸留法(選択係数:1.5(K))、化学交換法(Girdler Sulfide法, 選択係数:2.3)、遠心濃縮法等によって製造されるが¹⁸⁾、天然存在量が軽水素(H_2)に対して0.015%程度と少ないことと、 H_2 と D_2 の間に熱力学的・化学的特性の差異が殆どないことから分離にかかるエネルギーコストは大きいため、代替技術の開発が望まれており、吸着技術を用いた研究も盛んに行われている¹⁹⁻²²⁾。

自由空間における H_2 分子の量子的な揺らぎは室温では無視できるほど小さいが、ナノスケール且つ低温の空間に置かれた場合、その効果は無視できず、77 Kにおける分子径は、質量の重い D_2 の方が H_2 に比べて約0.01 nm小さい。これは、 D_2/H_2 分離に速度論的な量子篩効果を適用することの有用性を示唆しているが、分離に有効な細孔入口径等の設計指針には不明な点が多かった。また、77 Kにおける D_2 および H_2 の吸着速度を測定することは手間がかかるため、試行錯誤に頼った方法では、検討に時間がかかることが懸念された。そこで、我々はGCMD法によって合成したCMSモデルに対してFeynman-Hibbs有効ポテンシャル^{23, 24)}を用いた遷移状態理論を適用して D_2 および H_2 の吸着速度評価を行うことで、高 D_2/H_2 分離特性を発現するCMSの設計指針の探索を行い、その結果を基にCMSの合成(実験)と評価を行った。

シミュレーションによって得られた $S_{\text{TST}}(\text{D}_2/\text{H}_2)$

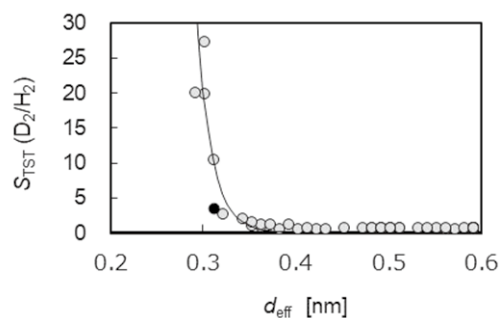


図11 GCMDシミュレーションで作製したCMSにおける $S_{\text{TST}}(\text{D}_2/\text{H}_2)$ と d_{eff} の関係 (黒丸は O_2/N_2 選択係数の計算に使用したモデルに対応)

と有効細孔入口径 d_{eff} の関係を図 11 に示す。 d_{eff} が小さくなるほど $S_{\text{TST}}(\text{D}_2/\text{H}_2)$ は増大し、 d_{eff} が 0.33 nm より小さくなると、 $S_{\text{TST}}(\text{D}_2/\text{H}_2)$ が化学交換法による選択係数 2.3 を超えることが分かった。また、 $d_{\text{eff}} \leq 0.35$ nm における $S_{\text{TST}}(\text{D}_2/\text{H}_2)$ の立ち上がりは急峻なことから、細孔入口径の制御には 0.01 nm 以下の精密な細孔制御が求められることも分かった。しかし、分子シミュレーションから得られる細孔入口径と実験で求められる細孔入口径の絶対値は必ずしも一致しないため、 d_{eff} だけではスクリーニングの指標としては十分ではないと考えられた。

ここで、 $S_{\text{TST}}(\text{D}_2/\text{H}_2)$ が 3 を超える CMS モデル（図中の黒丸）を用いて 298 K における O_2/N_2 選択係数を計算したところ、 $S_{\text{TST}}(\text{O}_2/\text{N}_2)$ は 48 であり、市販の O_2/N_2 分離用 CMS ($S_{\text{ex}}(\text{O}_2/\text{N}_2) = 30$) の選択係数よりもわずかに細孔の狭窄を進めることで高い D_2/H_2 選択係数を達成できる可能性を見出した。これは、77 K での D_2 および H_2 の吸着速度測定を行うことなく、298 K での O_2 および N_2 の吸着速度測定によってスクリーニングを行えることを示唆している。そこで、CVD 時間を変えて複数の CMS 試料を調製し、その中で 298 K における $S_{\text{ex}}(\text{O}_2/\text{N}_2)$ が 29.4, 34.7, 49.5 の試料を選定して（それぞれの試料を CMS-29, CMS-35, CMS-50 とする）、77 K での D_2 および H_2 の吸着特性を評価した。

KP-448, CMS-29, CMS-35 に対する 77 K における D_2 および H_2 の吸着速度曲線（吸着分率 F を時間に対してプロットした）を図 12 に示す。KP-448 に対する D_2 および H_2 の吸着速度はいずれも速く、吸着開始後 30s 程度で平衡に到達し、 D_2 および H_2 の間に明確な差異はみられなかった。その一方で、CMS-29 および CMS-35 では、 D_2 の吸着速度は H_2 に比べて明らかに速く、また、細孔狭窄の進んだ CMS-35 の方が、CMS-29 に比べて吸着速度差が大きいことがわかった。

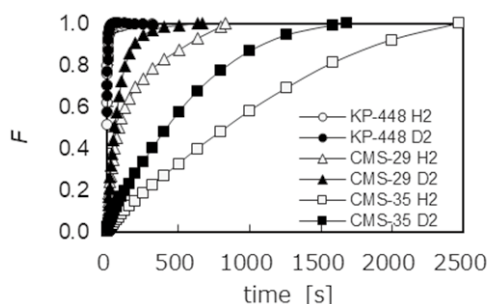


図 12 KP-448 および CMS-29, 35 に対する H_2 および D_2 吸着速度曲線

CMS-29 および CMS-35 の H_2 に対する D_2 選択係数 $S_{\text{ex}}(\text{D}_2/\text{H}_2) = k_{\text{LDF}}(\text{D}_2)/k_{\text{LDF}}(\text{H}_2)$ は、それぞれ、1.64 と 2.42 であり、CMS-35 の $S_{\text{ex}}(\text{D}_2/\text{H}_2)$ は、化学交換法を選択係数 2.3 を超えることが分かった。なお、CMS-50 は、3 つ CMS の中で最も狭窄を進めたもののため、CMS-35 と同等以上の $S_{\text{ex}}(\text{D}_2/\text{H}_2)$ になることが期待されたが、 D_2 および H_2 の吸着速度が遅く、 $S_{\text{ex}}(\text{D}_2/\text{H}_2)$ を求めることは出来なかった。

さらに、77 K における KP-448, CMS-29, CMS-35 に対する D_2 および H_2 の破過曲線から ($P = 101$ kPa, $T = 77$ K, $\text{D}_2 : \text{H}_2 = 1 : 1$, $F = 0.167$ mL/s, 試料充填量 1.9 g)、吸着相における H_2 に対する D_2 選択係数 S_B を求めた（ここでは、吸着相における D_2 と H_2 のモル分率の比をガス相における D_2 と H_2 のモル分率の比で除算したものと定義した）。KP-448 は、 D_2 および H_2 の両方を吸着し、ポテンシャルカーブおよび吸着等温線からも予測された通り D_2 を多く吸着したことで H_2 が先に破過し、 S_B は 1.2 だった。CMS-29 も KP-448 と同様に H_2 および D_2 どちらも吸着したが、 H_2 および D_2 の破過時間は KP-448 より短くなり、 S_B は 1.4 と僅かながら向上した。CMS-35 は、CMS-29 よりもさらに破過時間が短くなり、特に D_2 は破過後の立ち上がりが顕著に緩やかになることが明らかとなった。 S_B は破過が完了するまでの間増大し続け、最大値は 3.3 と、極めて大きな値を示すことを見出した。これは、既報の中で最良であるゼオライトを用いた選択係数 3.05²²⁾ を上回るものであり、 D_2/H_2 分離において CMS を用いた分離が有用であることを示している。

5. おわりに

分子シミュレーションと実験の両面から CMS の合理的設計指針と用途展開に関する我々の成果について紹介した。本研究で確立した前駆体活性炭への CVD 過程を再現し、ガス透過性を遷移状態理論で評価する手法によって、高 O_2/N_2 分離特性を発現するためには、分子篩炭素細孔入口のエネルギー障壁を単一にすることが重要であることを明らかにした。また、この指針に従い、プロパンに対するプロピレンの選択係数が 1000 以上の CMS を合成した。この選択係数は既報の約 4 倍である。さらに、量子効果を考慮した計算により、 H_2 に対する D_2 の選択係数が従来技術である深冷蒸留の 1.5 や化学交換法の 2.3 を上回ることを予測し、実際に選択係数が 3 を超える CMS の合成に成功した。

本研究の成果が今後のガス分離市場、ひいては、持

続可能な社会へ発展の一助になれば幸甚である。なお、我々は、製造方法は異なるが、ここで紹介したものと同等の分離能を発現するCMSの量産を既に可能としている。一緒に、検討をしていただける方が居られれば、是非、お声がけいただきたい。

6. 謝辞

本研究は、社会人ドクターとして京都大学大学院工学研究科化学工学専攻界面制御工学研究室に在籍していた際に行われたものである。宮原教授および田中教授をはじめとするご指導いただいた先生方、共に研究した共同研究者の皆様にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

7. 参考文献

- 1) D. S. Sholl, R. P. Lively, *Nature* **532** 435-437 (2016).
- 2) Y. Yamane, H. Tanaka, M.T. Miyahara, *Carbon* **141** 626-634 (2019).
- 3) Y. Yamane, M. T. Miyahara, H. Tanaka, *ACS Appl. Mater. Interfaces* **14** 17878-17888 (2022).
- 4) 阿部益宏, 山根康之, 特開 2019-171375.
- 5) Y. F. Shi, *J. Chem. Phys.* **128** 234707-234711 (2008).
- 6) X. Mi, Y. Shi, *Mater. Res. Soc. Symp. Proc.* **1224** FF10-10 (2010).
- 7) T. X. Nguyen, S. K. Bhatia, *J. Phys. Chem.C* **111** 2212-2222 (2007).
- 8) T. X. Nguyen, S. K. Bhatia, *Langmuir* **24** 146-154 (2008).
- 9) A. L. Cabrera, J. E. Zehner, C. G. Coe, T. R. Gaffney, T. S. Farris, J. N. Armor, *Carbon* **31** 969-976 (1993).
- 10) Y. Kawabuchi, M. Kishino, S. Kawano, D. D. Whitehurst, I. Mochida, *Langmuir* **12** 4281-4285 (1996).
- 11) C. A. Grande, E. Basaldella, A. E. Rodrigues, *Ind. Eng. Chem. Res.* **43** 7557-7565 (2004).
- 12) C. A. Grande, A. E. Rodrigues, *Ind. Eng. Chem. Res.* **44** 8815-8829 (2005).
- 13) D. M. Ruthven, S. C. Reyes, *Micropor. Mesopor. Mater.* **104** 59-66 (2007).
- 14) C. Zhang, R. P. Lively, K. Zhang, J. R. Johnson, O. Karvan, W. Koros, *J. Phys. Chem. Lett.* **3** 2130-2134 (2012).
- 15) H. Wang, X. Dong, V. Colombo, Q. Wang, Y. Liu, W. Liu, X. L. Wang, X. Y. Huang, D. M. Proserpio, A. Sironi, Y. Han, J. Li, *Adv. Mater.* **30** 1805088 (2018).
- 16) J. Liu, Y. Liu, D. K. Talay, E. Calverley, M. Brayden, M. Martinez, *Carbon* **85** 201-211 (2015).
- 17) J. Liu, E. M. Calverley, M. H. McAdon, J. M. Goss, Y. Liu, K. C. Andrews, T. D. Welford, D. E. Beyer, C. S. Han, D. A. Anaya, R. P. Golombeski, C. F. Broomall, S. Sprague, H. Clements, K. F. Mabe, *Carbon* **123** 273-282 (2017).
- 18) 同位体の化学, 学会出版センター化学総説: No. 23 (1979)
- 19) H. Tanaka, H. Kanoh, M. El-Merraoui, W. A. Steele, M. Yudasaka, S. Iijima, K. Kaneko, *J. Phys. Chem. B.* **108** 17457-17465 (2004).
- 20) H. Tanaka, M. T. Miyahara, *J. Chem. Eng. Jpn.*, **45** 355-363 (2011).
- 21) Y. Jiao, A. Du, M. Hankel, S. C. Smith, *Phys. Chem. Chem. Phys.* **15** 4832-4843 (2013).
- 22) S. Niimura, T. Fujimori, D. Minami, Y. Hattori, L. Abrams, D. Corbin, K. Hata, and K. Kaneko, *J. Am. Chem. Soc.* **134** 18483-18486 (2012).
- 23) M. SeSé, *Mol. Phys.* **81** 1297-1312 (1994).
- 24) M. SeSé, *Mol. Phys.* **85** 931-947 (1995).



山根 康之
大阪ガスケミカル株式会社
活性炭事業部 研究開発部
商品開発チーム
チームマネージャー
博士 (工学)

2007年 3月 信州大学大学院工学系研究科
修士課程修了
2007年 4月 日本エンバイロケミカルズ株式会社
2015年 4月 大阪ガスケミカル株式会社
(統合による社名変更)
2016年 4月 同チームマネージャー (現職)
2022年 3月 京都大学大学院工学研究科博士課程修了

報 告 記 事

2023年度吸着基礎セミナー開催報告

横浜国立大学 稲垣 怜史

千葉大学 大場 友則

徳島大学 堀河 俊英

マイクロトラック・ベル 吉田 将之

この吸着基礎セミナーは2021年1月にオンラインでの好評を受けて、2021年9月、2022年7月にも実施してきた経緯がある。今回もオンラインにて吸着基礎セミナー「吸着等温線の解析の実際」を2023年6月7日にオンラインで開催した。このセミナーでは、吸着材料の評価に携わる方々に吸着等温線の評価に関する正確な知識や技術を身につけていただくことを目的とし、吸着研究で活躍されている3名の講師による講義を実施した。

冒頭に本学会会長である金沢大学の児玉昭雄先生からご挨拶をいただいた。それに続いて最初の講義として「吸着および吸着材料の基礎」との題目にて信州大学の飯山拓先生にお話しいただいた。

物理化学の教科書にある「吸着」の項目を中心的な話題として、初学者にもわかりやすく吸着の基礎理論を解説いただいた。特に自作のシミュレーションプログラムを活用した吸着分子のふるまいを可視化していただいたのは、参加者の皆様に具体的にイメージする助けになったと思われる。

2件目には「吸着等温線の測定と解析の実際」との題目にて産業技術研究所の遠藤明先生に登壇いただき、吸着等温線の測定時に測定者が留意すること、試料の秤量方法、フリースペース（死容積）測定を行うタイミングなど、正しいデータを得るために役立つ情報を紹介いただいた。また、解析での注意点についても紹介いただいた。特に吸着実験の経験が浅い研究者にとって、論文等では得ることのできない現場のノウハウを得られたことが大変有意義であったと思われる。

最後に「吸着の基礎理論と等温線の解析法」と題して信州大学の田中秀樹先生に登壇いただき、物理吸着の理論、吸着材料の細孔構造の解析には欠かすことのできない、「理論吸着等温線（GCMC/NLDFT）を用いた細孔径分布の解析」についてお話しいただいた。理解しやすいようにスライド中の複雑な計算式を極力削

除し、直感的に理解できるように非常によく考えられた図を用いて説明くださったので、初学者の方にも満足して頂けたのではないかとと思われる。

参加申し込み者数は69名で、その内訳は学会会員21名、学会非会員6名、学生42名であった。事後アンケート（回答29件）によると、「吸着測定の経験なし（38%）」、「1年未満（28%）」、「1年以上3年未満（24%）」と約90%の方が吸着測定経験の少ない研究者であり、吸着の初学者向けに企画したこのセミナーに期待する参加者の方に集まっていたのだと思われる。

実施後のアンケートでは、「吸着について理解できる範囲が増えました」、「基礎的な話が聞けて良かったです」、「普段行っていない解析の話は難しかったが勉強になりました」といった声を数多く寄せていただき、おおむね好評であった。また、「内容が重複しても良いので、また話が聞きたい」などの声も寄せられた。

また、過去3回のオンラインセミナーと同様に、当日の視聴資料の印刷冊子を製作し、事前に参加者の皆様に郵送する対応を実施した。

本セミナーの開催にあたり、広告掲載での支援を含めて多方面の方々にご協力いただいて開催の運びとなった。この場を借りて、ご参加いただいた方々を含めて皆様にお礼申し上げる次第である。

会 員 探 訪

徳島大学大学院創成科学研究科理工学専攻化学プロセス工学講座 加藤雅裕（分離工学）研究室

1. 研究室の概要

分離工学研究室は、徳島大学の3つのキャンパスの一つである常三島（じょうさんじま）キャンパスの化学生物棟の3階にあります。常三島キャンパスへは、徳島駅から徳島城博物館のある徳島中央公園を散策しつつ20分です。北へ10分程歩くと、四国三郎として有名な吉野川が雄大に流れ、土手はジョギングやウォーキングを楽しむ人々でいつも賑わっています。

当研究室は、2020年10月に加藤が教授に昇進したことを契機に発足し、吸着や膜分離を中心とした分離工学分野と化学工学の基礎となる伝熱工学分野の研究を展開してきました。本年4月には、九州大学より花田隆文助教が着任し、新たに抽出のテーマが加わっています。メンバーは、博士前期課程9名（内留学生1名）、学部生7名に、私と花田助教をあわせて18名です。

研究室の行事としては、毎月1回の月間報告会、前期・後期の雑誌会、7月と12月の中間発表会があります。就職後は様々な分野と関わることになる学生達には、伝熱工学から種々の分離操作まで幅広く接する機会を与え、自分の研究テーマとは異なる分野の議論にも積極的に参加する、広い視野をもつ学生の育成をめざしています。研究室独自の行事としては、毎年七夕飾りをしています。研究の目標から就職やプライベートな願いまで、研究室メンバー全員の願い事を七夕に託し、吉野川の支流である新町川に流します。また、コースの行事としては、ボーリング、阿波踊り、ソフトボールがあり、研究室として積極的に参加しています。



願いを託した七夕飾りを前に（昨年7月7日）

2. 研究内容

現在、展開している研究テーマを紹介します。

(1) 吸着と膜分離

①ゼオライト膜による二酸化炭素の分離回収

カーボンニュートラルが求められる中、二酸化炭素を少ないエネルギーで分離回収する技術が求められています。我々はシリカライトのもつ二酸化炭素の選択吸着性を活かした膜分離に注目し、選択性と透過性を両立する膜の成膜をめざしています。

②パラジウム膜による水素分離

水素は燃やしても水しか生じないことからクリーンなエネルギーとされています。我々は、高純度水素をワンステップで得られる膜型反応器に注目しています。水素を高選択的に透過するパラジウム膜の薄膜化をめざし、ハンドリングに優れた多孔質SUS管を支持体として採用しています。しかし、表面が粗いため中間層として微粒子を導入することで平滑化を図り、水素の透過性向上を実現します。

(2) 抽出

資源の枯渇・偏在の危機にあるレアメタルは、その安定供給が世界的な課題となっています。抽出グループでは花田助教を中心に、環境に優しい新溶媒であるイオン液体や深共晶溶媒を駆使する抽出分離技術を開発し、レアメタルの製錬やリサイクルに応用することをめざしています。

(3) 伝熱

加藤と地元企業との共同研究をきっかけに、プレート式熱交換器の伝熱面へマイクロ微細加工を施すことで、水の沸騰条件下で飛躍的な伝熱性向上を実現しました。

3. おわりに

理系の大学生生活の醍醐味は4年生の卒業研究です。毎日、研究室に通い、大学院生の先輩と共に相談しながら実験を進め、教員と議論する。この日々の積み重ねが学生達を大きく成長させ、これからの長い人生において高め合える価値ある仲間と出会うことができます。私は、このような貴重な切磋琢磨する場として分離工学研究室が存在できるように努めています。



研究室の集合写真（研究室の通称 C-4を手で表すメンバー）

徳島大学大学院社会産業理工学研究部理工学域応用化学系

加藤雅裕

〒770-8506 徳島市南常三島町 2丁目 1番地

TEL & FAX : 088-656-7429

E-mail : kato@tokushima-u.ac.jp

HP : <https://www.chem.tokushima-u.ac.jp/C4/>

会 告

第 36 回日本吸着学会研究発表会

主 催

日本吸着学会

共 催

金沢大学新学術創成研究機構

協 賛（依頼中の団体を含む）

（公社）化学工学会、（公社）環境科学会、（公社）高分子学会、（一社）資源・素材学会、（一社）触媒学会、（一社）日本ゼオライト学会、炭素材料学会、日本イオン交換学会、（公社）日本化学会、日本キチン・キトサン学会、日本原子力学会、（公社）日本生物工学会、日本熱測定学会、（公社）日本表面真空学会、（公社）日本分析化学会、日本膜学会、（公社）日本水環境学会、（公社）日本薬学会、日本溶媒抽出学会、（一社）廃棄物資源循環学会、分離技術会（五十音順）

会 期

2023年 12月 7日(木)、8日(金)

会 場

石川県立音楽堂（石川県金沢市昭和町 20-1）金沢駅すぐ横

交通アクセス（https://ongakudo.jp/c_access/417）

開 催 方 式

対面

発 表 要 領

口頭発表：講演 12分、質疑 7分、交代 1分。プロジェクター使用。

ポスター発表：発表時間 1時間 30分（予定）

参加登録費

事前登録（1次）：（2023年 10月 27日(金)まで）

日本吸着学会・協賛学会会員（官・学・産）：6,000円、学生：2,000円

非会員（官・学・産）：8,000円、学生：3,000円

事前登録（2次）：（2023年 11月 24日(金)まで）

日本吸着学会・協賛学会会員（官・学・産）：8,000円、学生：3,000円

非会員（官・学・産）：10,000円、学生：6,000円

懇 親 会

日時：2023年 12月 7日(木) 18時～

会場：ホテル金沢 5階アプローズ（石川県金沢市堀川新町 1-1）

参加費：9,000円

主なスケジュール

発表申込期限：2023年 9月 29日(金)

要旨提出期限：2023年 10月 27日(金)

第 1次予約参加登録・懇親会申込期限：2023年 10月 27日(金)

第 2次予約参加登録・懇親会申込期間：2023年 10月 28日(土)～11月 24日(金)

※懇親会への参加受付は 1次予約申込で終了する場合があります。

※当日参加受付の有無につきましては、第 2次予約参加登録期間にお知らせします。

そ の 他

Webサイト（<https://www.j-ad.org/annual-meeting/>）に詳細を掲載致しますので、ご参照下さい。なお、上記の研究発表会の実施要領は予定であり、変更となる場合があります。変更がありました場合は、Webサイトにて告知いたします。

実行委員会（問い合わせ・連絡先）

〒920-1192 石川県金沢市角間町

金沢大学 新学術創成研究機構

児玉 昭雄

E-mail：jsad-36kanazawa@ml.kanazawa-u.ac.jp、TEL：076-264-6472/6474

関連学会のお知らせ

第 60回炭素材料夏季セミナー (長崎県・伊王島)

第 60回の炭素材料夏季セミナーは、対面実施で長崎県長崎市にある伊王島にて開催いたします。炭素材料分野あるいは関連分野において国内および国際的にも活躍されている研究者の方々による講演会、企業の研究トピックスおよび会社紹介、学生によるポスター発表を二日間に渡って開催する企画を進めています。今年も学生ポスターセッションでは優秀な研究発表を行う学生にポスター賞を授与します。また、学生・企業研究者との交流の機会である「企業セッション」も開催します。

本セミナーは 2014 年末に設置された次世代の会の中心的活動の一つとして、若手研究者有志が独自に企画運営することを特長としており、炭素材料の研究に携わる産学官の研究者・技術者および若い学生が一堂に会し、身近に接し議論をする機会として年々好評を博しています。今後の炭素材料会を担う学生の方々にとっては、先輩研究者あるいは企業の方との交流を図る絶好の場でもあります。

新型コロナウイルス感染症の影響はまだ続いていますが、感染対策に十分留意した上で、対面での開催を企画しました。例年とは異なる点も多々ありますが、世代や所属の垣根を越えた研究交流を深め、炭素材料科学の発展を促進すべく、学生、若手、ベテラン問わず多数の大学、企業、公的研究機関の皆様のご参加を歓迎申し上げます。

主 催：炭素材料学会 次世代の会

日 程：2023 年 9 月 4 日(月)～ 9 月 5 日(火)

会 場：伊王島 MINATO HOTEL <https://www.islandnagasaki.jp>

〒851-1201 長崎県長崎市伊王島町 1-3277-7

TEL：095-898-2202

<送迎バス（定期便）、長崎港大波止ターミナル（20分）>

<https://www.islandnagasaki.jp/access/>

定 員：100名

内 容：講演会、企業による研究トピックスおよび会社紹介、学生によるポスター発表

1. プログラム

(1) 講演会

学術講演：湯村 尚史 先生 (京都工芸繊維大学)

：田中 秀樹 先生 (信州大学)

特別講演：Dr. Fernando Vallejos-Burgos (Morgan Advanced Materials and Technology Inc.)

：山根 康之 先生 (大阪ガスケミカル株式会社)

：主原 愛 先生 (東京大学)

(2) 企業の研究トピックスと会社紹介（企業セッション）

企業ごとに個別のブースを設け、ポスター形式にてご紹介頂く予定です。学生への事業内容、研究紹介や参加者同士の交流の場としてご活用下さい。

(3) 学生によるポスター発表

優秀な発表に対してポスター賞を授与します。奮ってご参加下さい。

(4) 自由討論会

新しい研究の芽や流れを創出するために、学生・若手研究者、学術・企業の垣根を超えた自由な討論の場を

設けています。

2. 参加費

炭素材料学会・協賛学会員 28,000円、学生* 18,000円、炭素材料学会賛助会員・協賛法人会員 33,000円、非会員 38,000円 ※非会員であっても学籍を持つ方であれば対象となります。

3. 申し込み方法

WEB上の手続きによる申し込みをお願いいたします。詳細については、セミナーの web ページ (<https://sites.google.com/view/60th-css>) にてお知らせいたします。受付開始は5月上旬予定です。

4. 参加申込締切日

2023年 7月 31日(月)

5. その他

クールビズ推奨の世情を鑑み、またリラックスした雰囲気のセミナーにしたいため、是非とも軽装での参加をお願いいたします。実行委員も軽装にて参加いたします。

参加申込に関するお問合せはこちら

炭素材料夏季セミナーヘルプデスク Email : tanso-summer@conf.bunken.co.jp

(実行委員長 瓜田幸幾 (長崎大学) Email : urita@nagasaki-u.ac.jp)

第 50 回炭素材料学会年会

開催日：2023年 11月 29日(水)～12月 1日(金)
(次世代の会を 11月 28日(火)に開催)

開催場所：東京エレクトロンホール宮城 URL：<https://miyagi-hall.jp/>
〒980-0803 宮城県仙台市青葉区国分町 3丁目 3-7
JR「仙台」駅からバス：約 12分 地下鉄「勾当台公園」駅から徒歩 5分

会合の内容：

今年の特別セッションのテーマは「次元性の拡張による炭素材料の高機能化」です。このセッションでは、共催、協賛学会会員であれば、炭素材料学会の会員以外でも講演することができます。インターナショナルセッションは世界的な新型コロナウイルス感染症の蔓延により、海外研究者の招聘が困難なため、今年はインターナショナルセッションを行いません。「次元性の拡張による炭素材料の高機能化」特別セッションに多数のご参加をお願いいたします。

連絡先：炭素材料学会

〒162-0801 東京都新宿区山吹町 358-5 アカデミーセンター
(FAX) 03-5227-8632
(E-Mail) tanso-desk@conf.bunken.co.jp

参加費：

<事前受付>

事前割引料金 (10月 31日まで)

炭素材料学会正会員・賛助会員・共催・協賛学協会会員 9,000円

炭素材料学会学生会員・協賛学協会学生会員 4,000円

非会員 18,000円

学生非会員 8,000円

通常料金 (11月 1日以降：クレジット決済のみ)

炭素材料学会正会員・賛助会員・共催・協賛学協会会員 13,000円

炭素材料学会学生会員・協賛学協会学生会員 6,000円

非会員 26,000円

学生非会員 12,000円

会議の HP <http://www.tanso.org/contents/event/conf2023/index.html>

第41回 関西界面科学セミナー 泡の構造・性能・機能～基礎から応用まで～

主催：日本化学会コロイドおよび界面化学部会関西支部

協賛（予定）：化学工学会、高分子学会、色材協会、電気化学会、ナノ学会、日本吸着学会、日本材料学会、日本生物物理学会、日本接着学会、日本表面真空学会、日本膜学会、日本油化学会、粉体工学会、日本粉体工業技術協会、日本化粧品技術者会

泡は、私たちの日々の生活や工業プロセスにおいて、欠かすことのできない存在です。洗浄・化粧品分野ではボディソープ、シャンプー、化粧水、飲料分野ではビール、シャンパン、サイダーやコーラなどの炭酸飲料、工業分野では放射性金属や色素、汚水を除去するための泡沫分離などに広く用いられています。私たちの生活を豊かにする上で泡は重要な役割を果たし、パーソナルケア製品に含まれる界面活性剤は、汚れを落とすだけでなく、泡を安定化させる役割も担っています。そのため泡の起泡力や弾力性が高まり、結果として、シャンプーなどの使用時に私たちに楽しみや喜びを与えてくれます。本セミナーでは、最近注目されている泡について、この分野でご活躍されている先生方をお招きして、基礎から応用までわかりやすく解説していただきます。また、学生および若手研究者の希望者によるポスター発表も行います。

4年ぶりの対面開催となります。多数のご参加をお待ちしています。

日時：2023年7月29日(土) 10:00～18:30

会場：奈良女子大学 コラボレーションセンター3階（Z308講義室）【講演】

奈良カレッジズ交流テラス（法人本部棟1階）【ポスター発表】

アクセス：<http://www.nara-wu.ac.jp/nwu/intro/access/map/>

キャンパスマップ：<http://www.nara-wu.ac.jp/nwu/intro/access/campusmap/>

（【講演】会場は番号③、【ポスター発表】会場は番号③の建物です。）

プログラム

【講演1】10:00～10:50

「泡の基礎と泡沫の新たな構造解析法」

東京理科大学 工学部工業化学科 助教 矢田 詩歩 氏

【講演2】10:50～11:40

「界面吸着の熱力学を基盤とした泡膜の状態制御」

広島大学 大学院先進理工系科学研究科 准教授 松原 弘樹 氏

（昼休み：11:40～13:00）

大学周辺には食事ができる店は多数あります。会場への昼食の持ち込みも可能です。

【講演3】13:00～13:50

「ギネスビールの泡が織りなす模様の力学と数理」

京都工芸繊維大学 機械工学系 助教 渡村 友昭 氏

【講演 4】 13：50－14：40

「高濃度エタノール水溶液の泡沫安定性を高めるには？」

東京理科大学 創域理工学部先端化学科 准教授 酒井 健一 氏

(休憩：14：40～14：55)

【講演 5】 14：55－15：45

「心地よさだけではない～皮膚洗浄における泡の機能～」

花王株式会社 スキンケア研究所 研究員 園田 純子 氏

【講演 6】 15：45－16：35

「バイコンティニュアスマイクロエマルション泡沫によるメイク落とし」

武庫川女子大学 薬学部 教授 渡辺 啓 氏

【ポスター発表】 16：50－18：20 学生・若手研究者によるポスター発表

－18：30 審査・表彰

参加申込方法：下記 URLからお申し込みください。

<https://colloid.csj.jp/form/view.php?id=29826>

Webサイトからの申込がうまくいかない場合は、氏名、所属、住所、電話、E-mail、参加費種別を明記し、下記問合先までお知らせ下さい。

参加申込締め切り：7/24(月) ただし、定員（60名）に達し次第締め切ります。

参加費

主催協賛団体会員 8,000円、一般非会員 10,000円、学生（日本化学会会員 orコロイドおよび界面化学部会会員）無料、学生（非会員）2000円

お支払いは銀行振込となります。お振込み情報につきましては、お申込み時にご連絡します。

収納業務は(株)ソウブン・ドットコムへ委託しております。

原則、お申込み後のキャンセルは受け付けません。下記のメールアドレスへメールでご相談下さい。

※特定商取引法に基づく表記

<https://www.chemistry.or.jp/others/tokusho.html>

詳細につきましては、コロイドおよび界面化学部会ウェブサイトをご確認ください。

<https://colloid.csj.jp/link/kansai>

問合せ先：〒630-8506 奈良市北魚屋西町 奈良女子大学理学部化学生物環境学科

コロイドおよび界面化学部会関西支部 支部長 吉村 倫一

電話 0742-20-3393 E-mail：kansai[at]colloid.csj.jp [at]は @に置き換えて下さい。

「第 74 回コロイドおよび界面討論会」

討論会 HP : <https://confit.atlas.jp/guide/event/colloid2023/top>

主 催 : 公益社団法人日本化学会コロイドおよび界面化学部会

共 催 : 信州大学

会 期 : 令和 5 年 9 月 12 日(火) - 15 日(金)

会 場 : 信州大学長野 (工学) キャンパス他

開催形式 : 口頭発表 対面 + オンラインのハイブリッド
ポスター発表 対面のみ

主 題 : コロイド・界面化学がつなぐ時間と空間

プログラム

(1) 総合講演 信州大学 金子克美「20年後社会へのナノ空間材料科学の展開」

(2) 特別講演 : 社会医療法人財団慈泉会 相澤病院 信州大学 小平奈緒「唯一無二の自己表現へ」

(3) Lectureship award 受賞講演、奨励賞受賞講演

(4) 一般研究発表 (口頭およびポスター)

①界面活性剤と両親媒性物質、②分子膜、③ソフトマターとバイオシステム、④微粒子・ナノ粒子・ナノマテリアル、⑤分散・凝集、⑥固体表面と濡れ・吸着・接着

(5) 一般シンポジウム

(6) 国際シンポジウム

2023年度第1回微粒子ナノテクノロジー分科会のご案内 「故宮原稔先生を偲ぶ会」

主催：（一社）日本粉体工業技術協会微粒子ナノテクノロジー分科会

コーディネータ 京都大学 渡邊 哲

副コーディネータ 横浜国立大学 飯島 志行

名誉コーディネータ 東京農工大学 神谷 秀博

代表幹事 スペクトリス(株) 鳥居 経芳

副代表幹事 マジェリカ・ジャパン(株) 池田 純子

協賛：（一社）触媒学会、日本吸着学会

微粒子ナノテクノロジー分科会では、2023年度第1回分科会を、“故宮原稔先生を偲ぶ会”と題しまして、当分科会にて長年副コーディネータを務められ、昨年8月に御逝去されました宮原先生を偲び、ゆかりのある先生方からの御講演をいただく予定といたしております。

ご多用中とは存じますが、多数のご参加をお待ち申し上げます。

記

主 催：一般社団法人 日本粉体工業技術協会 微粒子ナノテクノロジー分科会

日 時：分科会 2023年8月10日(木) 13:00～17:00

懇親会 同 17:00～18:30

開催場所：分科会 京都大学桂キャンパス 船井哲良記念講堂

懇親会 同 国際連携ホール

<https://www.kyoto-u.ac.jp/ja/access/campus/map6r-k>

プログラム：

13:00～13:05 注意事項の連絡 事務局

13:05～13:15 開会挨拶 微粒子ナノテクノロジー分科会コーディネータ 渡邊 哲

13:15～14:15 講演その1

「微粒子、ナノ粒子のナノテクノロジー（20年、分科会を宮原先生と共に）」

東京農工大学 理事・副学長 神谷 秀博先生

14:15～15:15 講演その2

調整中

東北大学 材料科学高等研究所 教授

（東北大学ディスティングイッシュトプロフェッサー）阿尻 雅文先生

15:15～15:30 休憩

15:30～16:15 講演その3

「微粒子・ナノ粒子の研究開発を振り返って、宮原先生思い出しながら」

日本モリマー株式会社 経営戦略本部テクニカルセンター（前当分科会代表幹事）

福井 武久様

16:15～16:45 故宮原名誉コーディネータを偲び業績ご紹介

16:45～16:50 閉会挨拶 微粒子ナノテクノロジー分科会副コーディネータ 飯島 志行

移動

17:00～18:30 懇親会

参 加 費：日本粉体工業技術協会、および協賛団体会員の方～ 5,000円

非会員～ 7,000円

学生～ 3,000円（全て税込）

なお、「講演会のみ御参加の方」は所属を問わず無料です。

申込方法：PEATIXからの申込とします。以下の URL よりお申し込みください。

<https://appienanotech2023-1.peatix.com/view>

なお、PEATAX からの申し込みが難しい際には、本ご案内文書の最後にございます

問合せ先へご一報ください。

定 員：100名

申込締切：8月3日(木)定員になり次第締め切りますので、お早目にお申し込みください

キャンセル：PEATIXより主催者にご連絡ください。

（キャンセル料につきましては PEATIX の規定に従います。下記リンクをご参照ください）

主催者にチケットのキャンセルを依頼する：Help attendee (peatix.com)

領 収 書：PEATIXより発行される領収書データをご利用ください。下記リンクをご参照ください。

領収書にアクセスする：Help attendee (peatix.com)

個人情報の管理について：

- ・いただいた個人情報は当分科会が責任を持って管理し、当分科会と協会からの案内にのみ使用します。他の用途には一切使用しません。
- ・クレジットカード情報は PEATIX 経由でのお支払いであり当会で把握することはありません。

問合せ先：

スペクトリス(株)マルバーンパナリティカル事業部 鳥居経芳

E-mail：tsuneyoshi.torii@malvernpanalytical.com

以上

追 悼

田門 肇先生を偲んで

株式会社クラレ 大塚 清人

田門 肇先生（写真）が、令和 5 年 3 月 31 日にご病気のために 71 歳で逝去されました。先生は、1974 年 3 月に京都大学 工学部 化学工学科、1976 年 3 月に京都大学 大学院工学研究科 修士課程 化学工学専攻を修了されました。1977 年 4 月 京都大学 工学部 助手（工学科）、1986 年 8 月 京都大学 工学部 助教授（化学工学科）、1998 年 4 月 京都大学 大学院 工学研究科 教授（化学工学専攻）、2017 年 4 月 名誉教授となりました。本学会では、第 11 代の会長を務められました。化学工学会代表理事、分離技術会副会長なども歴任されました。先生のご専門は、物質の分離・精製のための新規分離技術と、それに伴う高機能な吸着剤の研究開発でした。吸着と分離技術は、化学プロセスの基盤技術であるという信念を持たれ、吸着剤と分離技術の発展に、多大な貢献をされました。



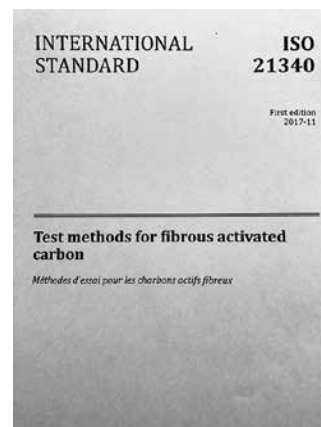
先生には、本学会の委員会である、標準化委員会において、長い間、委員長を務めて頂きました。私が、先生との面識を頂きました貴重な機会は、日本産業規格である“JISK1477：繊維状活性炭試験方法”を作るための原案作成委員会でした。JISK1477は、1995 年 4 月 1 日に制定されましたから、もう 30 年も前になります。私は、JISK1477を制定するための、実験担当者の一人でした。当時から、先生は日本の吸着技術の権威でしたから、田門先生と同席する JIS 制定のための技術委員会に参加する事は、企業の技術者として、光栄でもあり、緊張する場面であった事を記憶しています。その頃から、現在に至るまで、標準化委員会は、先生のご指導を仰ぎながら、委員会としての活動を継続して来ました。今回、標準化委員会を代表して、追悼文を書かせて頂くにあたり、先生の産業界における功績について、先生の思い出も交えて書かせて頂きます。

標準化委員会は、“JISK1477：繊維状活性炭試験方法”の原案作成委員会として活動をスタートさせました。標準化委員会には“繊維状活性炭技術連絡会”という別名がありますが、それは、本委員会の発足が、JISK1477の原案作成委員会に由来しているからです。分科会の委員は田門先生と各社の技術者でした。参加企業はアドール、大阪ガス、大阪ガスケミカル、ユニチカ、東洋紡績、東洋紡テクノサービス、日本カイノール、フタムラ化学、東邦テナックス、クラレケミカルでした（株式会社は省略）。日本発の繊維状活性炭の技術を、標準化を通じて、世界に広めたいという期待がありました。JIS 原案作成委員会を、標準化委員会とし、日本吸着学会の中の委員会とされたのは、田門先生の発案だったと思います。本会を、繊維状活性炭に限らず、吸着技術に関する標準化を進めるための委員会としたい、というのが先生の本会への期待でした。標準化を進める事は、技術を広め、世界に普及させる事につながります。日本産業規格である JIS を制定し、それを基に、ISO 規格（世界標準化規格）を制定する事が、本会の目的でした。本会は、田門先生を囲んで、各企業の技術者が自分の技術を再確認するようなどころもありました。企業内においては、近視眼的になりがちな自分達の技術を、先生との会話を通じて、俯瞰的に考える機会にも出来ました。吸着技術の権威の田門先生には、何でも、質問をさせて頂けました。写真は、沖縄の吸着学会後の懇親会において、沖縄民謡で踊られている時のものです。



標準化委員会の活動として、経済産業省からの働きかけもあり、JISK1477を基に、ISO 規格の制定にチャレンジする事になりました。先生は、常々、JISK1477を ISO 規格にしたい、という気持ちを述べられていましたから、それが経済産業省に伝わったのだらうと思います。委員会での田門先生の言葉には、強い決意が感じられ、本会と

して、ISOへの挑戦をする事になりました。本会が、JIS原案作成委員会から、ISO原案作成委員会となりました。ISO制定のための、最初の活動は、国際学会での報告です。2008年には、分離技術国際学会、北東アジア標準化フォーラムで発表し、ISO規格への活動を具体化して行きました。ISO規格の策定は、委員会メンバーは誰も経験が無く、各企業のメンバーは、半信半疑でやり始めました。ISOに向けて、行った事も、通った事も無い暗い道を、田門先生に付いて行く、という感じでした。各企業の技術者は、所属する企業が違うので、ある意味、砂のような物です。握っても、一つに固まる事は出来ません。しかし、ISO規格を作るとなると、その目標に向けて、持てる力を合わせないと、国際標準化規格である ISO規格は作れません。日本からの ISO提案として、日本の技術実績と考え方を示しながら、国際採択を通すための道筋は、初めて経験する、高く険しい道でした。各企業の枠を超えて、全員が協力出来たのは、先生の深い知識と、皆が“自分は先生の弟子である”という、誇りを持っていたからだろうと思います。ISO21340：Test methods for fibrous activated carbonは2017年11月に発行出来ました（写真はISO21340の表紙）。先生の思い出は、JISとISOの一連の作業と重なり、標準化委員会（繊維状活性炭技術連絡会）一同の心に残っています。標準化活動を通じて、吸着技術を中心に様々な事を御指導頂いた、田門先生への感謝の念は尽きません。ご冥福を心よりお祈り申し上げます。



維持会員一覧

維持会員として、以下の企業各社にご協力を頂いております。

（令和5年4月現在、50音順）

株式会社アドール
 エア・ウォーター株式会社
 大阪ガス株式会社
 オルガノ株式会社
 株式会社キャタラー
 栗田工業株式会社
 株式会社重松製作所
 株式会社島津製作所
 株式会社西部技研
 株式会社タカギ
 帝人ファーマ株式会社
 東洋紡株式会社
 富士シリシア化学株式会社
 マイクロトラック・ベル株式会社
 株式会社レゾナックユニバーサル

株式会社アントンパール・ジャパン
 MHIソリューションテクノロジーズ株式会社
 大阪ガスケミカル株式会社
 関西熱化学株式会社
 株式会社クラレ
 興研株式会社
 システムエンジニアーズ株式会社
 水ing株式会社
 太陽日酸株式会社
 月島環境エンジニアリング株式会社
 東ソー株式会社
 ニチアス株式会社
 フタムラ化学株式会社
 三菱重工業株式会社

編 集 委 員

委員長 向井 紳 (北海道大学)

委 員 岩村振一郎 (東北大学)

佐藤 弘志 (理化学研究所)

宮崎 隆彦 (九州大学)

山本 拓司 (兵庫県立大学)

(五十音順)

大坂 侑吾 (金沢大学)

田中 俊輔 (関西大学)

山根 康之 (大阪ガスケミカル株式会社)

余語 克則 (RITE)

Adsorption News Vol. 37 No. 2 (2023) 通巻 No.145 2023年 7月 31日発行

事務局 〒 162-0801 東京都新宿区山吹町 358- 5アカデミーセンター

Tel : 03-6824-9370 Fax : 03-5227-8631 E-mail : info@j-ad.org

編 集 岩村振一郎 (東北大学)

Tel : 022-217-6378 Fax : 022-217-6379 E-mail : shinichiro.iwamura.b7@tohoku.ac.jp

日本吸着学会ホームページ <https://www.j-ad.org/>

印 刷 〒 850-0875 長崎県長崎市栄町 6-23 株式会社昭和堂

Tel : 095-821-1234 Fax : 095-823-8740

General Secretary

THE JAPAN SOCIETY ON ADSORPTION (JSAD)

Academic Center, 358-5, Yamabuki, Shinjuku, Tokyo, 162-0801, JAPAN

Tel : 03-6824-9370 Fax : 03-5227-8631 E-mail : info@j-ad.org

Editorial Chairman

Professor Shin R. MUKAI

Faculty of Engineering, Hokkaido University

N13W8, Kita-ku, Sapporo, Hokkaido 060-8628, JAPAN

Tel : +81-11-706-6590 E-mail : smukai@eng.hokudai.ac.jp

Editor

Shinichiro IWAMURA, AIMR, Tohoku University

Katahira 2-1-1, Aoba-ku, Sendai, Miyagi, 980-8577, JAPAN

Tel : +81-11-217-6378 E-mail : shinichiro.iwamura.b7@tohoku.ac.jp

Home Page of JSAd : <https://www.j-ad.org/>

本誌に記載された著作物を許可なく複製・公開することを禁ずる。

© 2023 The Japan Society on Adsorption