

# Adsorption News

Vol. 36, No. 2 (July 2022)

通巻 No.141

## 目 次

○巻頭言	2
「FOA14 参加報告」	川尻 喜章
○奨励賞受賞記念寄稿	3
「新規 CVD 法による多孔質ナノ複合材料の製造と電気化学デバイスへの応用」	岩村振一郎
「容量法を用いた吸着剤層内の熱・物質移動挙動の解明に関する研究」	大坂 侑吾
○第 14 回国際吸着会議 (FOA14) 特集	15
「FOA14 参加報告」	渡邊 哲
○国際交流スカラーシップ参加報告書	19
○会員探訪	22
・千葉大学・大学院理学研究員・化学部門・大場研究室	
○会告	24
・第 35 回日本吸着学会研究発表会のお知らせ	
○関連学会のお知らせ	25
○維持会員一覧	35

日本吸着学会  
The Japan Society on Adsorption

## FOA14 参加報告

名古屋大学大学院工学研究科

川 尻 喜 章



2022年5月22日(日)から27日(金)に米国コロラド州デンバー近郊にあるブルームフィールド市で行われた国際学会である、14<sup>th</sup> International Conference on Fundamentals of Adsorption (FOA14)に参加したことについて報告する。同学会はInternational Adsorption Society (IAS) が3年に一度開催する国際学会である。このたびの主催者は、筆者の元勤務先で同僚であったChristopher Jones教授、Krista Walton教授、Ryan Lively教授の3人であった。学会会場であるコロラド州はロッキー山脈で知られ、ブルームフィールド市も海拔1500メートル以上の高度だそうである。そして当学会が開催されたホテルはゴルフリゾート地に隣接され、開催前後にはゴルフを楽しむ参加者もいた。

コロナの影響もあり参加数に限りがあると思われるが、Webでのプログラムブックによると口頭およびポスター発表の総数は399件と、盛況であった。これに対し日本からの参加者は極めて少なく、Web上のプログラムで検索しても日本の所属が入った発表は11件だけであった。これはコロナに関しての渡航制限が他国に比べて日本では厳しいことが主な要因であると考えられる。一方、米国においてはコロナに対する警戒意識は低く、会場ではマスクをする人は少ない上、レセプション、バンケット、ランチ、エクスカージョンなども通常通り行われた。このように、コロナの感染者数をとにかく最小限にすることを優先している日本に比べると、米国は感染者数の増加をある程度許容しながら経済活動を再開させることに重点を置いていることを実感した。この学会のように、世界の研究者たちが最先端の学術成果を活発に公開し知的交流を再開させている一方で、日本の学界が取り残されていく現状を目の当たりにし、強い危機感を覚えた。

当学会において、日本の研究コミュニティの存在感を示すことは重要である。例年のFOA開催中には、日本から持参した日本酒を振る舞うJapan Nightを開催するのが通例になっていたものの、日本からの参加者が少なかった今回は見送りとなった。しかしながら、日本吸着学会として国際交流費から寄付を行うことが決定され、JSAdのロゴがPlatinum Sponsorとしてプログラムブックに掲載された。更にバンケットの席においては、JSAdのロゴがスクリーンに大きく映し出されるとともに、寄附についてのアナウンスがされ、各テーブルには現地にて購入された日本酒が参加者に振る舞われた。また、日本企業であるマイクロトラック・ベル社は最高レベルのスポンサーであるDiamond Sponsorとして、会場の至る所で会社ロゴ

を目にしたことも、日本の存在感をアピールする数少ない機会であった。

学会のプログラムを見てすぐに気づくのは、二酸化炭素回収に関するセッションの多さである。Carbon Captureだけでも4セッションが開かれ、大半を占めていると言っても過言ではない。地球温暖化対策において吸着技術は中心的役割を果たすと考えている研究者が多いことが、これにあらわれているのではないだろうか。その中で特に注目に値するのは、大気中の二酸化炭素直接回収技術であるDirect Air Capture (DAC) 技術に関連した発表である。発表タイトルの中にDACの文字が入った口頭およびポスター発表件数を筆者が数えたところ27件までにのぼり、注目度の高さがうかがえる。これに対し、例えば2011年のFOA10のプログラムを検索してみると、DAC関連の口頭発表はたった一件が見つかるのみである。本技術に対する見方が近年で大きく変わってきており、この分野の研究を10年近く行なっていた筆者から見ても、まさに隔世の感がある。

最後に、このFOAを日本に誘致すべく、理事会の指示のもと、一部の会員有志が活動しはじめていることを記しておきたい。次回2025年のFOA15はポルトガルで開催される予定で、その更に次は2028年にアジア太平洋地域で開催されることだけが決まっているものの、今のところ開催国は未定である。かつて日本では3度のFOAが開催されており、最後に行われたのは2010年に淡路島で開催されたきりである。米国で行われた今回の学会でも、日本が開催国として名乗りを上げたいと、参加者有志がロビー活動を行った。この誘致を成功させるべく、会員の皆様にも是非ご協力をお願いしたい。

氏名	川 尻 喜 章
所属	名古屋大学大学院工学研究科物質プロセス工学専攻
略歴	2007年7月 米国カーネギーメロン大学 Ph.D. in Chemical Engineering
	2007年10月 ドイツマックスプランク研究所 Postdoctoral Fellow
	2008年9月 米国ジョージア工科大学 Assistant Professor
	2015年7月 同校 Associate Professor、 終身在職権取得、 Thomas Malone Faculty Fellow
	2017年6月 名古屋大学大学院工学研究科 教 授、現在に至る

# 奨励賞受賞記念寄稿

## 新規 CVD 法による多孔質ナノ複合材料の製造と電気化学デバイスへの応用

### Porous Nano Composites Prepared through a CVD Technique for Electrochemical Applications

北海道大学大学院工学研究院  
Faculty of Engineering, Hokkaido University

岩村振一郎  
Shinichiroh Iwamura

#### 1. はじめに

現在、エネルギー問題や環境問題の改善に向けて、様々なエネルギー貯蔵デバイスや吸着・反応プロセスが開発・活用されている。これらに使われる吸着材料や触媒材料、電極材料などにおいて、吸着や反応は材料の表面から生じるため、形状・構造を制御して材料の比表面積を大きくすることは材料の性能向上に有効である。このため、高い表面積となるナノメートルオーダーの粒子状、繊維状など様々なナノ材料が開発されている。さらに、導電性や反応特性、細孔構造などが異なる物質をナノレベルで複合化することにより、各々の物質の利点を活用したナノ複合材料も多数開発されている。このようなナノ構造材料やナノ複合材料は応用用途に応じて構造を最適化することにより、従来のバルクの材料と比べ高い性能が期待できるため、実用的な利用が検討されている。しかし、このような材料を製造するためには高価な材料や高コストなプロセスが必要となることが多く、実用化された例は非常に限られている。

これまで、湿式手法、水熱合成法など様々な手法を活用することで多様なナノ構造材料やナノ複合材料の製造が報告されている。このような製造方法の一つとして、化学気相析出 (CVD) 法が挙げられる。CVD 法とは、ガス状の原料物質を気相中で反応させることで目的の物質を製造する手法全般を指し、プラズマや光のエネルギーを活用したプラズマ CVD や光 CVD など様々な手法が開発されている。筆者らは、様々な CVD 法の中で、加熱した管状炉に原料を導入する簡単な装置・操作だけで実施できる CVD 法を取り扱っている。このような CVD 法を実施するための装置は、キャリアガス等の雰囲気制御部と電気炉等の加熱部、炉心管等の反応器、原料導入部により構成され、特殊な機構は不要であるため、装置の製造コストは比較的安価であり、大型化も可能である。また、気相は固相や液相と比べて物質拡散性が高いため、装置の大型化による不均一化する影響が低く、ナノレベルで均一な材料を高効率に製造するために有利である。しかし、気相プロセスに活用できる原料は限られており、原料の性質に応じて最適な反応条件を設定しないと目的のナノ材料を得ることはできない。そこで、本稿では筆

者らが開発した、ナノ複合材料を高効率に製造するために気相の拡散・伝熱・反応等を化学工学的な視点から制御した新規プロセスについて解説し、得られた材料の電気化学デバイスへの応用評価した結果を紹介する。

#### 2. 炭素被覆ナノ粒子の製造プロセス

著者らの研究室ではカーボンナノファイバー (CNF) の高効率の製造方法である液パルスインジェクション (LPI) 法を開発している<sup>[1-3]</sup>。LPI 法とは、高温の縦型の管状炉にベンゼンなどの炭素源とフェロセンなどの触媒源の混合溶液を液体のまま、パルス状に導入することで実施する。導入された液体原料は高温の反応管に接触することで、気液間の迅速な熱伝導により瞬時にガス化する。ガス化した原料の中でまず触媒原料が一斉に熱分解し、径の揃った高活性な触媒ナノ粒子が高濃度の炭素源ガス中に形成される。この触媒ナノ粒子により繊維状炭素が長さ方向に成長し、その周囲に熱分解性炭素が析出することにより繊維が太さ方向にも成長する。本手法は非常に活性の高い触媒ナノ粒子を利用できるため、効率的に CNF を製造することが可能である。筆者らは、この LPI 法をさらに多様なナノ材料の製造に活用するために研究を進めている。本章では、LPI 法を用いることにより、TiO<sub>2</sub>/C 複合ナノ粒子を製造した検討結果を紹介する<sup>[4]</sup>。

TiO<sub>2</sub> は、有機物の酸化反応などに活性を示す光触媒として知られているが、電解液が安定な電位で電気化学的に Li<sup>+</sup> と反応することから安全性の高い電極材料としての活用も期待されている。いずれの用途においても、ナノ粒子など形状にして高表面積化するより反応表面積を上昇させることが有効である。また、電極に使用する場合は導電パスを確保する必要があり、炭素などの導電性物質と複合化することが有効である。TiO<sub>2</sub> ナノ粒子を気相中で製造することにより、湿式手法と比べて、分離が不要、凝集しにくいなど、様々な利点が挙げられる。しかし、気相反応に活用できるガス化可能な Ti 源は限られており、そのような物質の場合も高温での安定性が低いことがほとんどで、高効率かつ制御性の高いプロセスへの活用は困難であった。そこで、筆者らは TiO<sub>2</sub> ナノ粒子の製造に LPI 法を活用することを検討した。

LPI 法では室温で液体であり、高温にすることでガス化・熱分解する物質であれば原料に使用できる。そこで、Ti 源に室温で液体のチタンアルコキシドであるチタントライソプロポキシド (TTIP) に着目した。TTIP は沸点が 230°C ほどであるが、この温度付近で熱分解するため、安定した蒸気として供給することは困難といえる。LPI 法の場合、導入した液体原料がわずかな時間で反応が完了するため、このような気相原料として使用しにくい物質も活用できる。実験操作としては、TTIP を従来の LPI 法と同様に液体のまま高温の反応管に導入するだけである。導入された TTIP は瞬時にガス化し、まず反応管内の比較的低温部にて熱分解によりナノ粒子状の TiO<sub>2</sub> が形成される。TiO<sub>2</sub> ナノ粒子の形成反応が進行しながら、キャリアガスによりさらに高温部に流され、TTIP 中の有機基

から生じる Ti 部よりも安定性が高い有機ガスは熱分解し、炭素層として TiO<sub>2</sub> の外表面に析出する。このような反応により、実験操作としては液体原料を導入するだけに関わらず、薄い炭素層によりコーティングされた TiO<sub>2</sub> のナノ粒子を得ることができる (図 1, 2)。

本手法では高温の反応管内で瞬時にガス化した TTIP 蒸気が一斉に熱分解反応を開始するため、生じる TiO<sub>2</sub> ナノ粒子の粒子成長時間が均一になり、比較的径の揃ったナノ粒子を得ることが可能である。また、反応管内の滞留時間が粒子成長時間に対応するため、キャリアガスの流量を変更することにより、得られる TiO<sub>2</sub> ナノ粒子の粒子径を制御することが可能であった。さらに、熱安定性の低い Ti 成分が、炭素析出反応の進行する反応管内の高温部を通過するため、極めて高い Ti 収率が得られた。

得られる複合体は外表面積の大きなナノ粒子であり、導電性材料である炭素に被覆されているため、電極材料として有望である。そこで、リチウムイオン電池の負極材料として電極特性の評価を行ったところ、一般的に知られるアナターゼ型の TiO<sub>2</sub> の充放電容量の半分程度しか容量が得られていなかった。これは、TiO<sub>2</sub> を被覆する炭素量が少なすぎたため、TiO<sub>2</sub> への十分な導電パスが形成されていないことが原因と予想された。TiO<sub>2</sub> ナノ粒子に被覆する炭素層の形成反応の条件は TiO<sub>2</sub> のナノ粒子形成反応と同じ原料と反応条件で決定するため、反応条件から粒子径と炭素層の厚さを独立して制御することはできなかった。そこで、粒子径を制御したまま炭素層を厚くするために、LPI 法の原料に炭素源となる有機物を混合することを検討し

た。この結果、得られる複合体中の炭素量を増やすことに成功し、TiO<sub>2</sub> へ十分な導電パスが形成されたため、TiO<sub>2</sub> の持つ充放電容量を十分に活用することに成功した。

以上のことから、LPI 法は CNF の製造だけではなく、無機ナノ粒子や炭素被覆無機ナノ粒子の製造に活用できることが明らかとなった。このため、LPI 法は簡単な装置・操作により実施可能である利点を活かして、無機ナノ複合材料の製造に向けて工業的な利用が期待できるプロセスであるといえる。

### 3. ナノ粒子/ナノファイバー複合体の製造プロセス

前章で紹介したように LPI 法は CNF の作製だけでなく、様々な無機物質の効率的な作製に活用できることが明らかとなった。そこで、反応管への原料導入条件や内部での反応を制御することにより、さらなる高機能化が期待できる複雑な構造体の作製を検討した結果を本章では紹介する<sup>[5]</sup>。

LPI 法をはじめとする様々な手法で製造できるカーボンナノチューブや CNF は結晶性の高い炭素が繊維構造をしていることから様々な電極材料の導電補助剤として活用されている。特に、LPI 法で作製される CNF はアスペクト比が高いため、バインダーを使用することなくシート状に成形することも可能である<sup>[2,3]</sup>。しかし、単独での表面積はそれほど高くないため、電気二重層キャパシタ (EDLC) などの高表面積な炭素材料が求められる応用では、他の高表面積な炭素材料と混合して使用される。このような高表面積な炭素材料としては、活性炭が最も一般的に使用されている。特に、数~数十 μm の径の繊維状の活性炭である活性炭素繊維は、導電性が高く、ミクロ孔へのアクセス性が高いため、高性能 ELDC 電極材料として使用される。活性炭素繊維の径を小さくすることにより、更なるミクロ孔のアクセス性の向上による高性能化が期待できるが、既存の活性炭素繊維の製造法からは現状より大幅な微小径化は困難である。また、活性炭素繊維を構成する炭素の結晶性はあまり高くないため、炭素自体の導電性はあまり高くないといえる。このため、高結晶性炭素の導電性を持ち、ナノメートルレベルの繊維径を有する高表面積な炭素材料が理想的な構造といえる。そこで、筆者らは LPI 法によるナノ複合材料製造プロセスを活用することにより、このような材料の製造を検討した。

LPI 法は前述したようにナノ複合材料の製造に活用できることを見出している。これに加えて、筆者らは高表面積な炭素材料を開発するためにカーバイド由来炭素 (CDC) の製造方法に着目した。CDC とは TiC や SiC などのカーバイドに塩素処理を施すことにより、分子内の金属原子が塩化物ガスとして脱離し、構造内で炭素原子が再配列することにより得られる多孔質炭素である。LPI 法に活用できる液体原料で、熱分解によりカーバイドが得られる原料として様々な有機金属化合物が挙げられるため、LPI 法により CDC の原料となるナノ構造材料を製造可能である。そこで、筆者らは熱分解により SiC が形成される有機シランであるヘキサメチルジシラン (HMDS) を原料に活用することを検討した。本章では、この HMDS から形成され

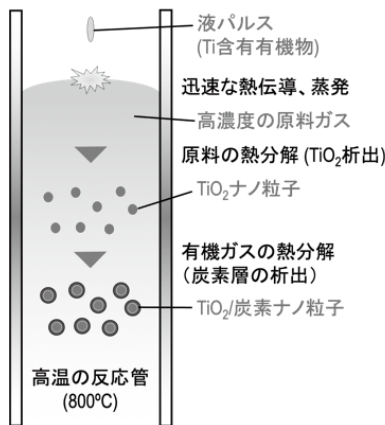


図 1. LPI 法による炭素被覆 TiO<sub>2</sub> ナノ粒子製造プロセスの概要

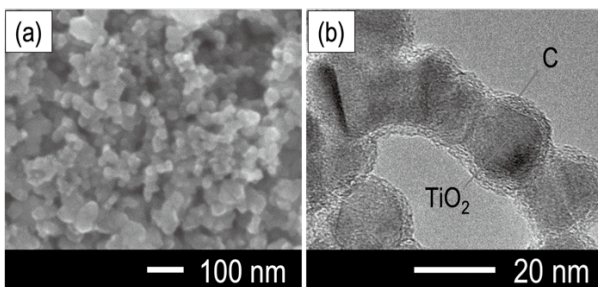


図 2. 炭素被覆 TiO<sub>2</sub> ナノ粒子の (a) SEM 像と (b) TEM 像

る SiC と CNF を複合化した材料に塩素処理を施すことにより、高表面積なナノレベルの径を持つ繊維状炭素材料を製造するプロセスを紹介する。

本プロセスでは、まず従来の LPI 法と同様に CNF の原料溶液を高温の反応管内に液パルス状に導入し、その後で HMDS を液パルス状に導入することで実施される。この操作により、まず反応管内に CNF が形成され、その後の HMDS の導入により高濃度の HMDS 蒸気が CNF 周囲に発生する。この HMDS 蒸気が熱分解することにより CNF の表面に主にナノ粒子状の SiC が析出し、CNF/SiC ナノ複合体を得ることができる (図 3)。得られた CNF/SiC 複合体を塩素雰囲気下で熱処理することにより、SiC を多孔質炭素に変換し、CNF/多孔質炭素 (PC) 複合体が得られた。この塩素処理により、SiC の形状はほとんど変化せず、ナノ粒子形状のまま多孔質炭素が CNF 周囲に複合化している構造となっていた (図 4 a,b)。本手法では、LPI 法における CNF 源溶液の導入量と HMDS 導入量の比を変更することにより複合体中の CNF と SiC の比を任意に変更することが可能である。この結果、CNF 源導入比の多い場合、塩素処理後に繊維構造が目立つ CNF リッチな複合構造となり、HMDS 導入比が多い場合はナノ粒子が目立つ多孔質炭素ナノ粒子リッチな複合構造となる (図 4 b,c)。これらの材料を窒素吸着測定により細孔構造を調査した結果を図 5 に示す。ここから、塩素処理前の試料 (図 4 SiC-P、SiC/CNF ( $X=1$ )) はほとんど細孔を有していないが、塩素処理により SiC を多孔質炭素に変換す

ることにより試料中のマイクロ孔量が大幅に増加していることがわかる (図 4 PC-P、PC/CNF ( $X=1$ ))。また、原料導入比を変更することで多孔質炭素ナノ粒子割合を増加することにより、細孔容積が増加していることがわかる。

また、LPI 法による CNF 製造の特徴として、反応条件を変更することで触媒成長による炭素の繊維成長とその後の熱分解炭素の析出による繊維太さ方向への成長のバランスを制御することが可能である。この結果、数 nm から 100 nm 程度の広い範囲で CNF 径を制御することが可能である。この繊維径の制御性は SiC と複合化する本プロセスでも有効であり、細い CNF と SiC との複合体を作製することも可能であった。この結果、CNF の重量割合を減らしても、繊維の本数を増加することができるため CNF 重量が少ないにも関わらず、繊維リッチな構造体を得ることができた (図 4 d)。この構造体は CNF が細いことから CNF 自体の表面積が高いことに加えて、多孔質炭素の割合が高いことから BET 表面積を  $1850 \text{ m}^2/\text{g}$  まで大きくすることができた (図 5 PC/t-CNF)。

これらのナノ複合体は長い CNF を含んでいることからバインダー等を加えることなく成形することが可能であり、シート状に成形することで電極として用いることが可能である。これらの EDLC の電極特性を評価したところ、試料の表面積に応じて、低速充放電時の静電容量が大きかったが、試料中の CNF 割合が大きくなるにつれて表面積の電極反応への活用効率が向上し、高速充放電特性が向上していた。以上のこと

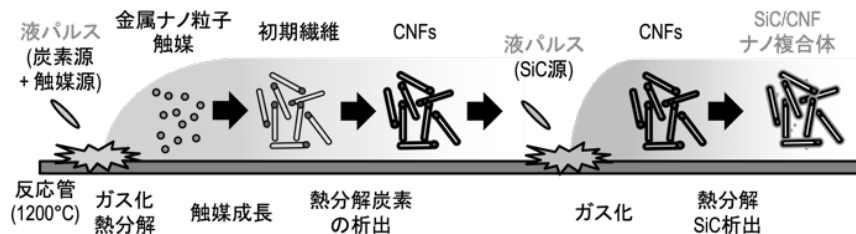


図 3. LPI 法による SiC/CNF ナノ複合体の製造プロセスの概要

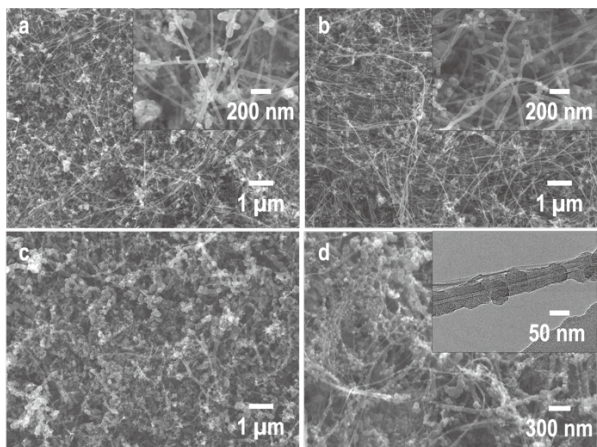


図 4. (a)SiC/CNF ナノ複合体 ( $X=1$ )、(b)PC/CNF ナノ複合体 ( $X=1$ )、(c)PC/CNF ナノ複合体 ( $X=3$ )、および (d)PC/細径 CNF ナノ複合体の SEM 像 (挿入図は各試料の TEM 像)

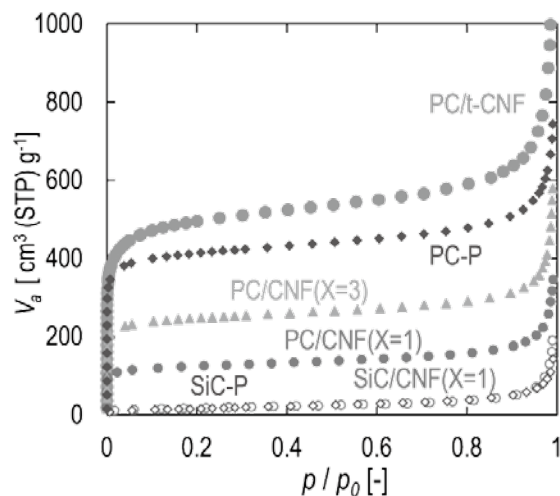


図 5. 各種 SiC/CNF および PC/CNF ナノ複合体の吸着等温線 (SiC-P および PC-P は CNF 源を導入しないで作製した粒子状試料)

から、本手法では原料導入比を変更することにより、CNF リッチな複合構造にすることでより効果的な導電パスが導入されることが明らかとなった。さらに、CNF の細径化することにより高表面積かつ繊維リッチな構造とすることで、容量と高速充放電特性を両立させることも可能であった。

以上の結果より、LPI 法において複数の原料の導入タイミングをずらして導入することにより、各素材の特徴を活かしたナノ複合材料を製造可能であることが明らかとなった。この複合体製造手法は従来の LPI 法と同様に簡便な装置・操作で実施可能であるため、様々なナノ複合材料の効率的な製造手法として活用できることが期待できる。本章で紹介した CNF/PC ナノ複合体の製造の場合、塩素という十分な設備・対策が必要な物質を使用する必要があるが、プロセス自体は単純であるため様々な用途への活用が期待できる。

#### 4. 多孔体内部へのナノ粒子担持プロセス

ここまでで紹介したように、筆者らは液相や固相よりも物質拡散性が高い気相の特徴を利用することで構造を制御したナノ材料の効率的な製造プロセスを開発してきた。本章では反応管内の圧力を制御することにより、気相反応の原料分子の移動を制御することにより、通常の CVD では困難な細孔内への金属（酸化物）の担持プロセスを紹介する。

TiO<sub>2</sub> をはじめとする金属や金属酸化物は触媒や電極材料として活性を示すことが知られている。これらの用途に使用する際に、反応物との接触面積の増加および導電性の付与に向けて、それぞれナノサイズ化や炭素などの導電性物質と複合化することが有効である。2 章でも紹介したような炭素被覆ナノ粒子形状は導電パスを有する構造体として有効であるが、さらに性能を向上させるためにはさらに微小粒子化が必要である。2 章で紹介した LPI 法では高濃度の原料ガスが炭素析出する温度まで短時間で温度上昇するため、低温部で完結する TiO<sub>2</sub> の粒子成長を制御することは困難である。TiO<sub>2</sub> の粒子成長を抑えるためには Ti 源ガスの濃度および反応温度を下げる必要がある。このため、炭素析出と同時に反応を進行させることは困難であり、微小な TiO<sub>2</sub> ナノ粒子を多孔質炭素など高表面積な炭素担体の表面へ担持することが有効といえる。多孔体への担持方法としては湿式手法が一般的に使用されて

いるが、凝集しやすく、ナノレベルで均一な担持には高コストな手法や試薬が必要になることが多い。そこで、筆者らは多孔体内部に微細な金属（酸化物）ナノ粒子を均一かつ簡単に担持するためのプロセスの開発を検討した<sup>[6]</sup>。

前述したように気相での熱分解により TiO<sub>2</sub> のような金属（酸化物）が析出する物質は非常に限られており、著者らは本検討でも 2 章と同様に TTIP を Ti 源として選択した。2 章でも記述したように TTIP のような気相反応に使用できる物質でも気相での安定性は低いため、反応の制御は困難である。一般的な反応管に連続的にガスを流通させる CVD 法の場合、反応管内の高温部に設置した担体に到着する前にかなり加熱されて熱分解反応が進行してしまうため、原料ガスが担体細孔内に拡散する前に TiO<sub>2</sub> として析出してしまい、担体外表面近傍に偏析してしまう（図 6 左）。また、反応管内の位置により TTIP の熱分解の進行度に分布が生じてしまうため、プロセスの大型化は困難である。

そこで筆者らは連続流通式の CVD の問題を解決するために、減圧液パルス(VLP)-CVD 法と名前をつけた新規 CVD 法を開発した。本手法は、担体を設置した減圧状態の反応管に TTIP のような液体の金属（酸化物）原料をパルス状に導入することで実施する。導入された原料は高温の反応管に接触することで直ちにガス化し、減圧状態の反応管内部に行き渡る。この際、担体粒子間の空隙や比較的大きな細孔内部までは圧力差からガスが行き渡る。この結果、熱分解がほとんど進行していない状態で原料ガス分子が細孔入口まで到達するため、熱分解せずに細孔内拡散する時間を確保することができる。この結果、担体細孔内に均一に金属（酸化物）ナノ粒子を担持することが可能となる（図 6 右）。また、本手法は反応管内全体に瞬時にガスが満たされるため、場所による分布が生じにくく、スケールアップによる試料の不均一化が生じにくい手法と言える。

図 7 に細孔径 150 nm の多孔質炭素担体を用いて各 CVD 法で TiO<sub>2</sub> を担持率 30% 程度析出させた複合体の TEM 像を示す。これらの TEM 像より、キャリアガスとともに連続的に TTIP を導入する CVD 法では TEM で観察しやすい担体粒子外表面近傍に粒子径が数十 nm の TiO<sub>2</sub> ナノ粒子が見られ、担体外表面もしくは細孔入口近傍に凝集した状態で偏析していること

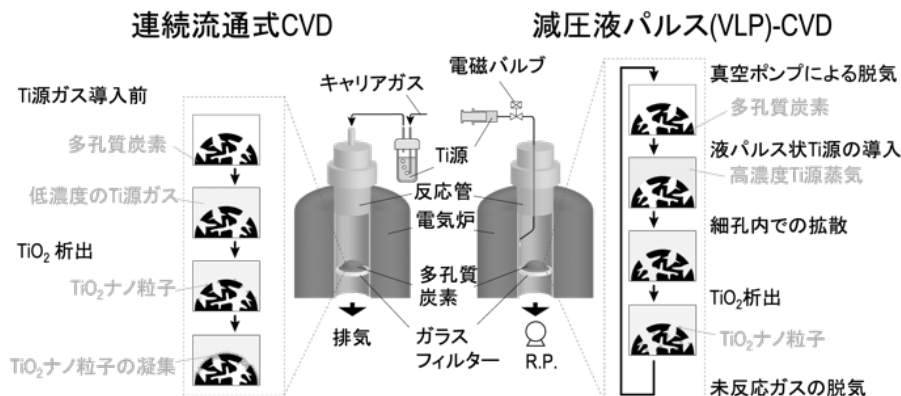


図 6. 連続流通式 CVD 法と VLP-CVD 法による多孔質炭素 /TiO<sub>2</sub> 複合体製造の概略

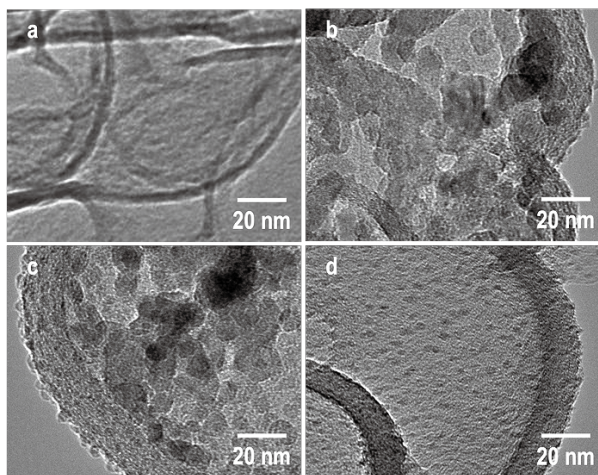


図7. (a)多孔質炭素担体および(b)N<sub>2</sub>流通下での連続流通式CVD、(c)減圧下での連続流通式CVD、(d)LPI-CVD法で作製した多孔質炭素/TiO<sub>2</sub>ナノ複合体のTEM像

がわかる(図7b)。CVDの条件を真空ポンプで減圧した状態で連続的にTTIPを導入した場合でもTiO<sub>2</sub>の析出状態の大幅な改善は見られず、かなり凝集・偏析していた(図7c)。これらに対して、VLP-CVD法で得られた試料は粒子径約4 nmのTiO<sub>2</sub>ナノ粒子が担体全体に均一に析出しており、偏析や凝集はほとんど見られなかった(図7d)。また、担体の細孔サイズ変更した検討も実施したところ、細孔径が2 nm以下のマイクロ孔性炭素担体への均一な担持は困難であったが、細孔径が4 nm以上のメソ孔性の担体を用いた場合は細孔径150 nmの担体を用いた場合と同様に微小なTiO<sub>2</sub>ナノ粒子を均一に析出させることができた。

得られた複合体は導電性物質である炭素担体に微小なTiO<sub>2</sub>が均一に析出していることから、TiO<sub>2</sub>への導電パスが十分に形成されているものと考えられる。そこで、複合体の電極特性を評価したところ、担体内のTiO<sub>2</sub>は高効率でLi<sup>+</sup>と電気化学的に反応した。特に、細孔径の大きい担体を用いた複合体が高速充放電特性に優れていたことから、担体細孔径が大きいほど電解液の拡散性が高いことが予想された。また、この複合体は1000サイクルの充放電を繰り返しても、容量の低下はわずか20%程度であったことから、複合体中のTiO<sub>2</sub>は非常に安定した導電パスを有していることもわかった。

以上より本章では、筆者らが開発した多孔質担体内部に金属(酸化物)を均一に担持することに適した手法であるVLP-CVD法を紹介した。本手法は簡単な装置・操作で実施可能であることに加えて、反応器内で原料ガスが均一に広がることから、スケールアップ性に優れた手法と言える。得られたTiO<sub>2</sub>/多孔質炭素ナノ複合体の電極特性評価の結果より、得られた複合体は高速充放電特性とサイクル特性に優れている一方で、TiO<sub>2</sub>の担持率が低い容量自体はそれほど大きくないことから、リチウムイオンキャパシタなどへの活用に適していると考えられる。また、本稿ではTiO<sub>2</sub>の析出についてのみ紹介したが、本手法は原料の種類を変更することで様々な金属(酸化物)の担持に使用可能であり、多くの分野に活用できるナノ複

合材料の製造プロセスとして期待される。

## 5. おわりに

本稿では筆者らが開発した、広く研究が進められているにも関わらず産業化に至った例はかなり限定的であるナノ構造材料やナノ複合材料の効率的な製造プロセスについて紹介した。いずれのプロセスも簡単な手順・設備で実施可能であるため、スケールアップ性が高いと言える。また、反応器内の物質拡散や反応速度、熱伝導を制御することがポイントとなるプロセスであり、原料の種類を変更することで、今回紹介した材料の製造に限定されず、多様なナノ材料の製造に活用できることが期待できる。今後は、これらプロセスのコンセプトをさらに発展させることで、エネルギー材料や吸着材料として有用な材料製造プロセスを開発する予定である。これら筆者らの取り組みが産業界での実用化に至り、エネルギー問題や環境問題の改善に向けて貢献できれば幸いである。

## 6. 謝辞

本稿で紹介した研究は共同研究者である向井紳教授をはじめとする、研究室のメンバーと共に得られた成果である。特に、これらの研究に注力してくれた卒業生である藤田和樹氏、本橋翔太氏、楠脩平氏にこの場を借りて御礼申し上げる。

## [参考文献]

- 1) S. R. Mukai, Y. Rikima, R. Furukawa, I. Ogino, *Ind. Eng. Chem. Res.* **52**(44), 15281-15286 (2013)
- 2) K. Sakai, S. Iwamura, R. Sumida, I. Ogino, and S. R. Mukai, *ACS OMEGA* **3**, 691 (2018)
- 3) K. Ushijima, S. Iwamura, and S. R. Mukai, *ACS Appl. Energy Mater.* **3**(7), 6915-6921 (2020)
- 4) S. Iwamura, K. Fujita, R. Iwashiro, and S. R. Mukai, *Mater. Today Comm.* **14**, 15 (2018)
- 5) S. Iwamura, S. Kusunoki, and S. R. Mukai, *Proceedings of IMPRES2019*, C101, (2019)
- 6) S. Iwamura, S. Motohashi, and S. R. Mukai, *RSC Adv.* **10**(63), 38196-38204 (2020)



岩村 振一郎  
北海道大学大学院工学研究院  
助教  
博士(工学)

## 略歴

- 2013年3月 東北大学大学院工学研究科 博士後期課程修了  
2013年4月 北海道大学大学院工学研究院 助教  
現在に至る

## 受賞記念寄稿

### 容量法を用いた吸着剤層内の熱・物質移動挙動の解明に関する研究

#### Kinetic Analysis on Adsorption / Desorption Behavior of Silica-gel Complex Material Layer by Volumetric Method

金沢大学理工研究域  
Institute of Science and Engineering, Kanazawa University

大坂 侑吾  
Yugo Osaka

#### 1. はじめに

近年、地球環境保全の観点から、脱炭素化社会の構築が求められている。世界全体の平均気温の上昇を、1.5℃程度の水準に抑えるためには、CO<sub>2</sub>排出量を2050年までに正味ゼロにすることが必要とされるなどの報告もされるほど、劇的な社会構造の変革が必要である。大型施設や工場などの空調分野においても、自然エネルギーの導入などが求められ、建築基準法で定められた換気基準を効率的に達成させるために、換気操作に親和性を有する熱駆動型デシカント除湿空調プロセスがより注目を集めている<sup>[1,2]</sup>。熱駆動型デシカント除湿空調プロセスは、60℃未満の排熱で駆動可能、外気を潜熱・顕熱交換させることで、内気へと直接導入できることで効率よく換気が行える潜熱/顕熱を独立して調整可能なプロセスである<sup>[3,4]</sup>。現在、実用化段階にある産業用途だけでなく、太陽熱などを利用した、家庭用空調プロセスへの用途拡大が検討されているが、低温再生条件下で高出力化を達成させる必要がある。低温での性能向上を達成させるためには、水蒸気の吸脱着時に発生する吸脱着熱を速やかに取り除くことが重要である。除湿時、水蒸気の吸着にともない、吸着材層内は昇温する。この昇温により、吸着材層内の相対湿度が増加し、水蒸気吸着容量ならびに速度が低下する。再生時は反対の事が生じ再生性能を低下させる。50℃程度の低温再生領域になると、相対湿度曲線の性質から、吸脱着熱にともなう相対湿度変化の影響は大きくなる。そのため、この吸脱着熱にともなう相対湿度変化を抑える方策が低温再生条件下での性能向上につながる。本報告では、水蒸気の吸脱着時に発生する吸脱着熱を、発生後速やかに除去を行うことで高い除湿性能を達成可能である、熱交換器に吸着材

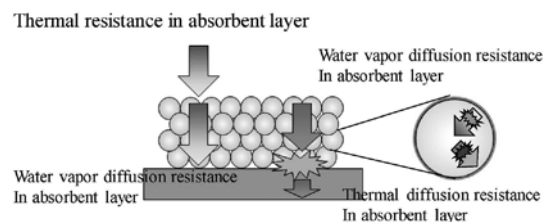


図1. 吸着材層内の熱・物質移動現象の概略図

を塗布した吸着熱交換器型等温除湿プロセスに着目している。本プロセスは、熱交換器を介して吸着材層に直接、除加熱することで伝熱を促進させ、吸脱着熱の速やかな除加熱による吸脱着速度の向上が達成される。合わせて、熱交換媒体を冷温水で行うことで、除加熱出力が大幅に向上し、サイクル切り替え時間を短縮化させることが可能となる。吸着材を塗布した吸着熱交換器を採用する際、熱交換器の伝熱特性も重要であるが、よりコンパクトで低温再生を実現させるためには、吸着材層の熱交換器への担持方法がキーテクノロジーとなる。吸着材層内の熱および物質移動現象は、図1に示すように、吸着材層内ならびに粒子内の水蒸気拡散、伝熱が同時に生じているため、吸着材の粒子径、層の厚さ、充填密度などの多くの因子で決定され、吸着熱交換器を用いた除湿性能は、ラボスケール実験による性能評価<sup>[5]</sup>、詳細モデル<sup>[6]</sup>や線形駆動力近似(LDF近似)による数値解析<sup>[7]</sup>など様々なアプローチから性能予測が検討されている。また、窪田らはクロスフロー熱交換型吸着器を用いて除湿性能に与える面風速の影響を実験的に評価した<sup>[8]</sup>。H. R. Mohammedらはシリカゲル/水の物理的特性と吸着速度の関係性があることを示した<sup>[9,10]</sup>。Y. Aristovらは、熱重量天秤を使用して等温条件下でのシリカゲル粒子の吸着速度を調査し、LDF近似モデルの適用可能な領域を明らかにし、低蒸気圧ならびに吸脱着初期の高出力時には、熱の影響でLDF近似モデルは適応困難であることを示した<sup>[11,12]</sup>。吸着材層内の熱・物質移動現象の明確化の研究が盛んに行われている。従来の熱重量天秤を用いた方法ではなく、熱移動を簡易的に行うことができる容量法による速度評価がさかんに行われるようになった。T. Beinらは、容量法を利用して、吸着速度と充填密度の影響を評価した<sup>[13]</sup>。B. Dawoudらは、吸着ヒートポンプの性能向上を目指して、非等温条件下でのゼオライトの吸着速度から、層内水蒸気拡散、粒子内水蒸気拡散、層内熱伝導度を定量化し<sup>[14,15]</sup>、その結果から、ラボスケールでの実試験結果をおおよそ予測可能であることを示した<sup>[16]</sup>。また、水蒸気系以外の反応系でも容量法による速度評価は行われてい



る。廣田らは、AC / NH<sub>3</sub> の蓄熱用途へ応用を目指して、容量法を用いて吸脱着速度の定量化を実施し、吸着材細孔内部の多層吸着領域において、各層で吸着速度が段階的に変化することを明らかにした<sup>[17]</sup>。橋本らは、MgCl<sub>2</sub> · 2NH<sub>3</sub> / MgCl<sub>2</sub> · 6NH<sub>3</sub> 系において、容量法を用いて、層内拡散ならびに伝熱の影響を取り除くことで、理論平衡線通りに反応が進行することを明らかにした<sup>[18,19]</sup>。これらの報告からわかる通り、吸脱着速度ならびに、吸着材層内の熱・物質移動現象の定量化には、容量法による評価が一般的となりつつある。我々の研究グループも、先述した、吸着熱交換器による等温除湿プロセスの低温除湿性能向上を目指して、容量法を用いた吸着材層内の熱・物質移動挙動の定量化を実施してきた<sup>[20]</sup>。シリカゲルを用いた吸着材層を作成し、厚み、充填密度が水蒸気の吸脱着挙動に与える影響を評価した。また、層内の熱伝導度の向上が吸脱着速度の向上に大きく寄与することをカーボンファイバー（:CF）を担持したカーボンファイバー担持シリカゲル層（CF 担持シリカゲル層）の検討より明確にした。

以上の背景をもとに、筆者らは、吸着熱交換器への吸着材塗布構造の最適化行い、革新的な吸着熱交換器構造による低温熱駆動型超コンパクト空調プロセスの構築を目指している。構造最適化のためには、吸着材粒子層の熱・物質移動挙動を定量的に明確にし、様々な設計因子と性能に与える因果関係を決定する必要があるが、伝熱向上のため、熱伝導助剤を添加した吸着材層内の有効熱伝導度など解析的に定量化しパラメータとして導入すると計算負荷が非現実的になる。そこで、本研究では、最適化のとりかかりとして、定常法を用いた異種材料添加シリカゲル吸着材層の有効熱伝導度を実験的に計測し、その値を用いて、シリカゲル吸着材層内の熱・物質移動挙動を定量化可能か検討した。解析モデルのポイントとしては、最適化を意識し、簡易モデルを作成することで計算負荷軽減を念頭においた。具体的には、吸着材粒子内の熱移動は微粒子を用いることで考慮しない、物質移動は物質移動係数を用いた線形推進力近似法を採用。粒子層内の熱移動は、有効熱伝導度を実験的に求めて挿入、粒子間の拡散挙動は、クヌッセン拡散と粘性拡散の和により表現するなどの工夫を施した。本報告では、種々のパラメータ下で容量法を用いて、吸着材粒子層の吸着速度を実験的に求め、解析モデルを構築して、提案解析モデルの整合性を検討した。なお、解析は、有限要素法解析ソルバーである COMSOL Multiphysics を援用して解析を実施した。本報告では、解析モデルの詳細を説明す

ることより、実験を実施するうえでの注意点や、解析モデルで工夫した点などを中心に説明していく（学術論文というよりは、ハウツー読み物としてとらえていただきたい）。

## 2. RD シリカゲル吸着材層の材料特性

対象とする吸着材として、線形に近い吸着等温線形状で汎用性が高く安価な RD タイプのシリカゲルを選定した。RD シリカゲルを粉碎の後、篩で各粒径ごとに分類した。シリカゲル、熱伝導助剤として炭素繊維ならびに接着剤としてカルボキシメチルセルロースを所定の質量割合で混合した。混合物を 20 kN でプレスし加熱乾燥後、所定のセル厚みに削り、再度加熱脱水させシリカゲル層を作成した。熱伝導助剤は、熱伝導率約 600 Wm<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup> のピッチ系炭素繊維（三菱化学製ダイアリード）を採用した。RD 型シリカゲル粒子および層内の水蒸気吸着等温線を図 2 に示す。また、図 3 にシリカゲル層の SEM 像を示す。なお、シリカゲル粒子の吸着等温線と比較することで、高压プレスならびに熱伝導助剤、バインダーの混合による細孔の閉塞などが生じていないことを確認している。

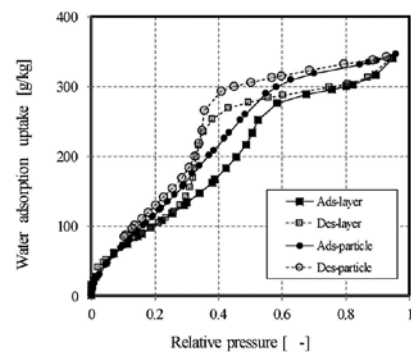


図 2. シリカゲル層ならびに粒子の水蒸気吸着等温線

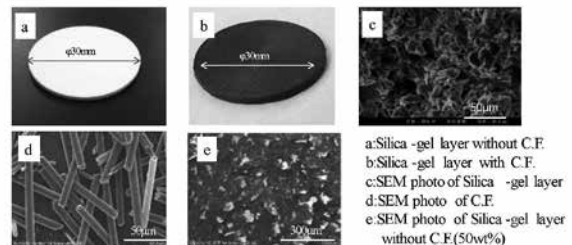


図 3. シリカゲル層ならびに CF 含有層の SEM 画像

## 3. 実験装置

### 3. 1 定常法による粒子層の総括熱伝導度評価装置

図 4 に定常法を用いた熱伝導度評価装置の概略図を示す。本研究で対象としている吸着材粒子層において、境界条件が不明慮であるため一般的な熱伝導度計

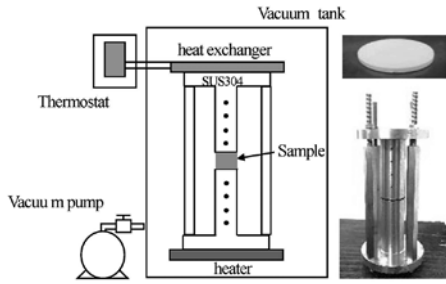


図4. 定常法熱伝導度評価装置概略図

測法である非定常レーザーフラッシュ法は使用できない。そのため、定常法による総括熱伝導度の評価装置を自作した。ステンレスで作成したロッドで対象吸着材層（φ 30mm, L:2.5 mm）を挟み、上部と下部から加熱冷却を行うことで垂直方向に熱流束を発生させる。ステンレスロッドに垂直方向に上下各4点（径方向中心点）熱電対を挿入し垂直方向の温度分布を計測した。ステンレスロッドの計測試料との接地面は、表面研磨を行うことで面精度を向上させ、熱伝導グリス（銀ペースト  $9.0 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ ）を塗布し、挟む力は、トルクレンチを用いて一定化することで、接触熱抵抗を削減ならびに一定化させる工夫を凝らした。また、ロッドの材質（ステンレス鋼）、ロッド長さなどは、吸着材粒子層内の有効熱伝導度の値を  $0.1 \sim 5.0 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$  程度であることを予測して決定した。ステンレスロッドを真空容器の中に導入して、真空雰囲気下で計測することで、ステンレス表面境界を断熱条件にした。これらの工夫のもと、本実験装置の計測精度の確認は、ステンレス円柱セルや樹脂円柱セルなど、予め熱伝導度が既知の材質を計測して、精度の予備検討している。

### 3. 1 容量法による粒子層の吸脱着速度評価装置

図5に、本研究のために自作した容量法を用いた吸脱着速度評価装置の概略図を示す。本実験装置は、シリカゲル吸着材層の水蒸気吸脱着にともなう吸脱着熱の迅速な除加熱を可能とする吸着熱交換器型反応器、水蒸気を貯めるタンク、水蒸気圧を調整するため温度を制御可能な蒸発器から構成されている。オリフィス径の大きなゲートバルブを採用することで、管内の圧力損失が水蒸気吸脱着速度に影響を与えないように工夫を施した。水蒸気吸脱着速度ならびに水蒸気吸着量は、水蒸気圧を駆動源としている。水蒸気の吸脱着開始前後で、タンクの水蒸気圧が大きく変化しないように水蒸気吸脱着量に比して、大容量の水蒸気を貯留可能なタンク容量を計算し設計した。容量法では、水蒸気圧の変化量から吸脱着量を評価するため、極小の水蒸気圧を計測可能な高性能圧力計（ULVAC、CCMT-

100D、分解能は  $0.39 \text{ Pa}$ 、フルスケールは  $13.3 \text{ kPa}$ ）により高精度で計測した。シリカゲル層の上部に熱電対の素線を接地させることで、シリカゲル層の表面温度の経時変化を計測した。シリカゲル層は、吸着セル内の温度を  $80^\circ\text{C}$  まで上昇させ、真空下（ $10^0 \text{ Pa}$  以下）で再生させた。その後、所定の温度、水蒸気圧に調整し、バルブを開けることで吸脱着させる。水蒸気圧の変化を下記の状態方程式を用いて吸脱着量を算出した。吸脱着量の経時変化から吸脱着速度を定量的に評価した。

$$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a\beta}{V(V+b)}$$

$$a = \frac{0.4247R^2T_c^2}{P_c} \quad b = \frac{0.08664RT_c}{P_c}$$

$$\beta = (1 + (0.48508 + 1.55171\omega - 0.15613\omega^2)(1 - (T/T_c)^{0.5}))^2$$

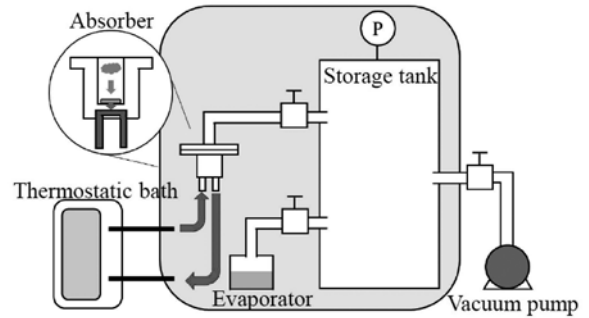


図5. 容量法による吸脱着速度評価装置概略図

## 4. 解析モデル

### 4. 1 定常法による粒子層の有効熱伝導度評価

図6に定常法測定装置と解析領域を示す。また、解析領域内の熱輸送方程式は下式により表現した。

$$\rho C_p \mathbf{u} \cdot \nabla T + \nabla \cdot \mathbf{q} = 0$$

$$\mathbf{q} = -k \nabla T$$

境界はすべて断熱されており、上下部に温度差を与えた際のロッド内の温度分布を解析により算出し、実験結果とフィッティングかけることで吸着材層の有効

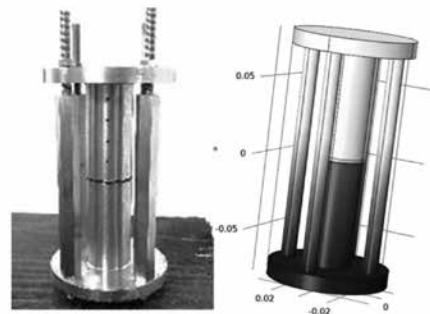


図6. 定常法熱伝導度評価装置（ステンレスロッド）と解析領域

熱伝導度を定量化した。吸着材層とステンレスロッド間の接触熱抵抗は解析では考慮していない。吸着材と熱伝導助剤として導入したCFの質量比をパラメータとして実験結果と解析モデルの比較を行った。なお、熱電対の径方向設置位置のずれにともなう計測誤差が考えられるが、解析上で径方向の温度分布は小さく、有効熱伝導度の解析誤差としては非常に小さいことを予備検討にて明らかにしている。

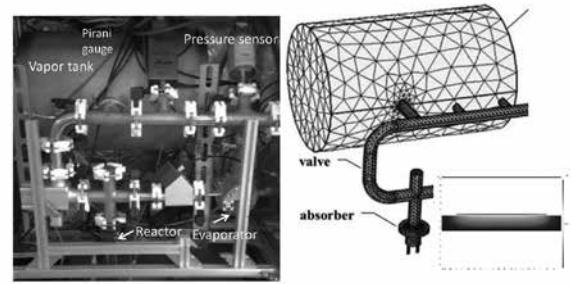


図7. 容量法装置写真と解析領域

#### 4. 2 シリカゲル吸着材層内の熱・物質移動モデル

解析領域を図7に示す。本研究では、吸着材層内の物質移動挙動を系内の水蒸気圧力変化量から評価している。実際の実験装置では、吸着反応器から離れたポイントでセラミックキャパシタンスマノメータを用いて計測している。水蒸気がタンク内から流路、ゲートバルブを介して吸着塔へ到達するまでのタイムラグが吸着速度に与える影響を解析により取り除くため容量法装置全体を解析領域にして精度向上を狙った。

吸着材層内の熱・物質移動は、下記の収支式を採用した。

吸着材層内物質収支

$$\epsilon \left( \frac{\partial C}{\partial t} \right) = v \nabla C + \nabla \cdot D_k \nabla C - (1 - \epsilon) \rho_{AD} \left( \frac{\partial \theta}{\partial t} \right)$$

$$D_E = D_k + D_V, \quad D_k = \frac{4a}{3\sqrt{n}} \sqrt{\frac{2RT}{M}}$$

$$D_V = \frac{\epsilon^3}{k_k S_V^2 (1 - \epsilon)^2} \frac{\rho}{\mu}$$

粒子内吸脱着速度評価式

$$\left( \frac{\partial \theta}{\partial t} \right) = k_{ads} (\theta^* - \theta), \quad \theta = f(C, T)$$

吸着材層内熱収支式

$$\rho_{ad} (1 - \epsilon) (C_{p,ad} + \theta_{p,water}) \left( \frac{\partial T}{\partial t} \right) = \nabla k_E \nabla T + \Delta H_{AD} \rho_{ad} (1 - \epsilon) \left( \frac{\partial \theta}{\partial t} \right)$$

吸着材層内における粒子間の拡散は、粘性拡散とクヌッセン拡散の和から推算した。また吸着材や混合しているCFの形状において、球形状粒子層に相当する拡散距離を表す屈曲度を本研究では、1.6を採用した。粒子内の吸着速度は、物質移動係数を用いた線形推進力近似により評価した。吸着材層内の総括熱伝導度は、前項の定常法を用いた手法により求められた数値を採用した。実験結果を用いることで、CFの担持割合に対する熱伝導度の影響を解析に取り入れている。吸着反応器には、図5で示したように下部より一定温度に制御された熱交換媒体（本研究では水）を流して、水蒸気吸着にともなう吸着熱を速やかに除熱している。

しかし、熱交換媒体流量、伝熱面厚みなどを考慮すると、吸着材層下部（伝熱面）を一定温度として境界条件で設定すると、実験結果を再現できない。そのため、本解析では、吸着反応器の熱交換媒体と吸着材の伝熱（正確には、ステンレス界面を介して）も解析により考慮した。また、吸着材層表面温度の計測も、実験結果と解析結果の整合性を得るために重要である。本研究では、吸着材層上部表面に所定の質量の熱伝導グリスを接着剤として熱電対素線を接合させ吸着材表面温度を計測している。解析では、熱伝導グリス質量も考慮した解析モデルを構築し、実験で得た吸着材層表面温度の経時変化と解析結果をフィッティングさせた。

### 5. 結果および考察

#### 5. 1 CFの混合率が吸着材層内の有効熱伝導度を与える影響

シリカゲル吸着材粒子径は、約  $60 \pm 10 \mu\text{m}$  に分級した材料を使用した。CFの含有量は0~80wt%まで20%刻みで作製した。増粘剤であるCMCの配合比率はCFの比率に依存せず全条件5.0 wt%とした。所定の質量比で調整した材料を、自転公転ミキサーにより均一に攪拌混合したシリカゲル吸着材層を密度  $850 \pm 50 \text{ kg/m}^3$ 、厚み2.5 mmに調整し定常法によって実験値（ステンレスロッドの温度分布）と解析値をフィッティングさせ、有効熱伝導度のCF混合割合が有効熱伝導度を与える影響を評価した。結果を図8に示す。本結果より、CF混合率が増加するにつれて、吸着材層内の有効熱伝導度は非線形的に向上した。しかし、CFの線方向の熱伝導度は、 $600 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ であり、吸着材層内の有効熱伝導度への寄与度としては小さい。これは、層内の拡散挙動を揃えるために、吸着材粒子径とCF形状を近いものにしたため、吸着材粒子とCFを単純混合させただけでは、層内の伝熱パスは、吸着材粒子とCF間の接触伝熱が支配的になったためだと推測される。今後、層内の伝熱が吸着性能を律する過程になった場合、混合方法などを検討する必要がある。本結果より単純混合下では、CF混合率

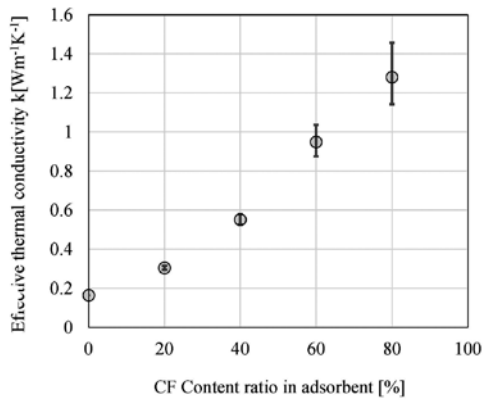


図8. CF 混合割合が有効熱伝導度を与える影響

80wt%において、最大で  $1.3 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$  の有効熱伝導度となった。この値は、CF 混合比率 0 wt% の時の値と比して 10 倍である。本結果より、異種材料が混合された吸着材層内の有効熱伝導度を定量的に評価することが可能であること、10 倍程度の有効熱伝導度が向上したことで、吸着材層内の熱・物質移動挙動における層内伝熱の影響は定量的に評価できる吸着材層の作成に成功した。

## 5. 2 シリカゲル吸着材粒子内の物質移動係数評価ならびに解析との整合性評価

解析モデルでのパラメータフィッティングにより、物質移動係数を定量的に算出する。そのためには、物質移動係数の影響を評価可能な条件での吸着速度計測が必要である。具体的には、吸着材層内の有効熱伝導度を向上（伝熱律速からの解放）、吸着材層厚みの薄膜化（層内拡散律速からの解放）させた吸着材層での吸着材層内の熱・物質移動を評価する必要がある。本研究では、容量法を用いて、圧力差から吸着容量（吸着速度）、吸着材層上部に設置した熱電対から表面温度上昇を実験的に計測し、解析モデルからフィッティングにより物質移動係数を定量化した。先述の物質移動係数の定量化を実施するため、予備検討より、実験条件を、CF 混合比率 80 wt%、吸着材層厚み 0.5 mm と決定した。実験結果と解析結果とのフィッティングを図9に示す。横軸は、時間（0秒でゲートバルブを開放し吸着開始）、縦軸は、圧力差から算出された吸着量を示している。吸着速度粒子径は  $10\sim 20 \mu\text{m}$ 、吸着温度  $30^\circ\text{C}$  で、水蒸気圧力（相対圧表示で  $0.2\sim 0.8$ ）をパラメータとした。吸着材層内の有効熱伝導度は  $1.3 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ 、で解析を行った結果、物質移動係数  $k$  は  $0.3 \text{ s}^{-1}$  の値での解析値と実験結果が良好に一致している。水蒸気圧力の増加とともに、平衡吸着量が増加するため、縦軸の水蒸気吸着容量も増加するが、吸着量が増

加するため、吸着熱の発生量も増加し、吸着材層上部の表面温度も増加する。しかし、増加量は、 $1.0^\circ\text{C}$  未満であり、本実験条件では、伝熱が吸着速度に与える影響を低く抑えられていることが見て取れる。また水蒸気圧力が物質移動係数へ与える影響は小さく、本水蒸気圧条件下（ $30^\circ\text{C}$  相対圧  $0.2\sim 0.8$  は、水蒸気圧力に変換すると、 $0.840\sim 3.36 \text{ kPa}$  に相当）において、物質移動係数は一定として解析可能であることが明らかとなった。

物質移動係数と有効熱伝導度が決定したことで、本数値を用いて、層厚みを増加させて層内拡散の影響を高めた条件、有効熱伝導度を低下（CFの混合率を低下）させ、層内伝熱の影響を高めた条件における、吸着材層内の熱・物質移動挙動を本解析モデルで推測可能か

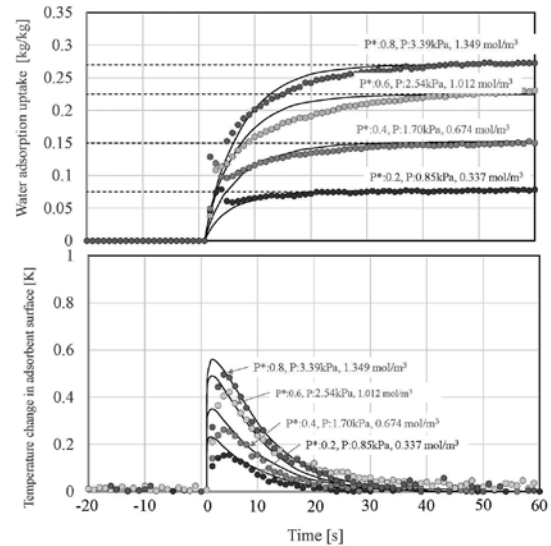


図9. 物質移動係数定量化のための容量法実験と解析結果

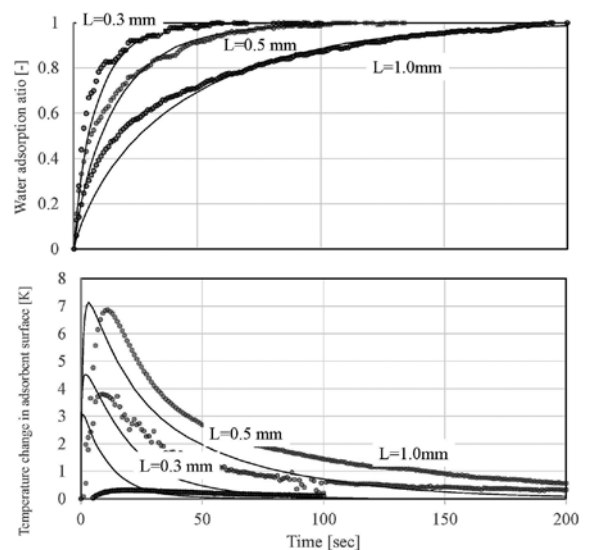


図10. 吸着材層厚みが吸着速度に与える影響

検討した。図 10 に吸着材層厚みをパラメータとして実験と解析を比較した結果を示す。縦軸は、平衡吸着量到達率を示している。CF 混合率 45 wt% (熱伝導度  $0.65 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ )、充填密度  $850 \text{ kg/m}^3$ 、水蒸気相対圧 0.4 の条件での結果である。本実験条件では、吸着材粒子層内の伝熱や粒子間の拡散の影響が大きく吸着速度に影響を与える条件である。このように、伝熱や拡散が影響を与える条件においても、解析結果は、実験結果を表現できていることが読み取れる。吸着材層厚みが増加するにつれて、吸着材層上表面の温度は最大で  $7^\circ\text{C}$  程度上昇する。吸着温度  $30^\circ\text{C}$  から  $7^\circ\text{C}$  上昇すると、相対圧は 0.4 から 0.27 へ低下する。吸着速度は LDF 近似では、平衡吸着量に依存するため、吸着推進力が低下する条件においても、本解析モデルで速度を評価可能である。ただし、ピーク温度到達時間は全厚み結果において誤差が生じている。

吸着材層厚みや、吸着材層内の有効熱伝導度をパラメータとして、解析と実験の整合性 (平衡吸着量到達率 80% に到達した時間を実験と解析で比較) を評価した。結果を図 11、12 に示す。図 11 では、粒子径  $10\sim 20 \mu\text{m}$ 、CF 混合率 80 wt% (熱伝導度  $1.3 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ )、充填密度  $850 \text{ kg/m}^3$ 、水蒸気相対圧 0.4 の条件での結果である。図 12 では、粒子径  $10\sim 20 \mu\text{m}$ 、吸着材粒子層厚み  $0.5 \text{ mm}$ 、充填密度  $850 \text{ kg/m}^3$ 、水蒸気相対圧 0.4 の条件での結果である。図 11 の結果から、吸着材層厚みの影響は、最大誤差 10% 以内に収まっている。総厚みが増加することで、拡散距離は増加するが、拡散係数は材料の膨張などはないため一定であり、厚みの影響に関しては、精度よく解析モデルで実験結果を推測可能であることが明らかとなった。今後は、吸着材層内の拡散挙動 (屈曲度と拡散係数の相関) をより定量化することで、様々な混合吸着材層でのモデル拡張していく。

一方、図 12 の結果から、CF 混合率 (吸着材層内の有効熱伝導度) の影響は、層内熱伝導度が低下する (層内伝熱が吸着挙動を律する) ごとに誤差がやや拡大している。吸着材層内の熱伝導度は、水蒸気が吸着されていない状況での実験値である。CF 混合率が小さい状況では、吸着材粒子内の吸着水が層内の有効熱伝導に与える影響が出ていると考えられる。今後、水蒸気吸着量が層内の有効熱伝導度に与える影響を、定常法を用いて実験的に評価し精度向上につなげていく。これらの検討から、吸着材粒子内の吸脱着速度を、物質移動係数を用いた LDF 近似で表現した解析モデルを提案し、混合吸着材層内の有効熱伝導度を実験的に計測することで、本研究で検討したシリカゲル吸着材

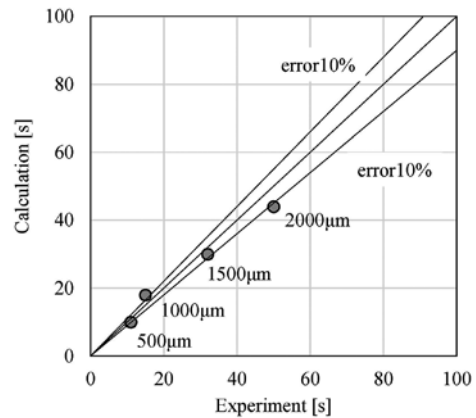


図 11. 吸着材粒子層厚みをパラメータとした解析結果との誤差

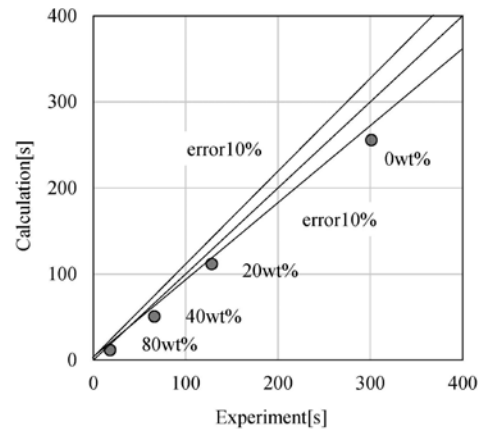


図 12. CF 混合比率をパラメータとした解析結果との誤差

層内の熱・物質移動は定量化可能であることが示された。今後は、本提案解析手法を用いて、脱着挙動に対しても表現可能か検討し、吸着材層構造の最適化を目指していく。

## 6. おわりに

本報冒頭でも述べたとおり、カーボンニュートラル社会構築への舵は大きく切られた。本国においても、2030 年度に 2013 年度比  $-26\%$  の水準にする削減目標を確実に達成することを宣言されている。再生可能エネルギーの導入や、 $\text{CO}_2$  回収技術など、破壊的イノベーションによるエネルギー利活用社会の抜本的構造改革が求められる。あわせて、1 次エネルギーの 7 割近くが最終的に熱エネルギーとして系外へ排出されている実情、特に、新エネルギー・産業技術騒動開発機構 (NEDO) が 2019 年 3 月にまとめた「15 業種の工場設備の排熱実態調査報告書」においても、 $200^\circ\text{C}$  未満の低温未利用熱量 (排ガス熱量) が未利用熱量合計の  $76\%$  を占めていることから、低温排熱の有効利

用技術のさらなる革新も求められている。

吸着現象を利用した、熱駆動型デシカント除湿空調プロセスは、低温未利用エネルギーの利用促進だけでなく、太陽熱などの自然エネルギーの利用を促進する技術であり、持続可能なエネルギー利活用社会を構築するうえで、有力な要素技術の1つとして期待している。吸着材層内の熱・物質移動挙動の定量化、解析モデルの構築により、吸着熱交換機への吸着材塗布構造の最適化、実用化へと進んでいく基盤技術となる。また、本解析手法は、吸着現象を用いた熱利用技術にも転用が可能である。今後、吸着現象を利用したエネルギー変換プロセス、材料分離プロセスなどの社会実装に向けて、尽力していきたい。

#### [参考文献]

- 1) J. Steven Brown, P.A. Domanski, *Appl. Therm. Eng.* **64**, 252-262, (2014)
- 2) S. Misha, S. Mat, M.H. Ruslan, K. Sopian, *Renew. Sustain. Energy Rev.* **16** 4686-4707, (2012)
- 3) T. Tsujiguchi, Y. Osaka, A. Kodama, *Appl. Therm. Eng.* **117**, 437-442, (2017)
- 4) A. Kodama, T. Hirayama, M. Goto, T. Hirose, R. E. Critoph, *Appl. Therm. Eng.* **21(16)**, 1657-1674, (2001)
- 5) X. Zhou, M. Goldsworthy, A. Sproul, *Appl. Energy*, **224**, 382-397, (2018)
- 6) J. Jeong, S. Yamaguchi, K. Saito, S. Kawai, *Int. J. Refrig.* **34(4)**, 928-945, (2011)
- 7) Y. Osala, T. Tsujiguchi, A. Kodama, *Transactions of the JSRAE* **29(1)**, 207-215, (2012)
- 8) M. Kubota, N. Hanaoka, H. Matsuda, A. Kodama, *Appl. Therm. Eng.* **122**, 619-625, (2017)
- 9) H. R. Mohammed, O. Mesalhy, M. L. Elsayed, S. Hou, M. Su, L. C. Chow, *Appl. Therm. Eng.* **137**, 368-376, (2018)
- 10) Ramy H. Mohammed, O. Mesalhy, M. L. Elsayed, M. Su, L. C. Chow, *Int. J. Refrig.* **86**, 40-47, (2018)
- 11) B.B. Saha, A. Chakraborty, S. Koyama, Y. I. Aristov, *Int. J. Heat Mass Transf.* **52** (1-2), 15, pp. 516-524, (2009)
- 12) Y. I. Aristov, *Int. J. Heat Mass Transf.* **32(4)**, 675-686, (2009)
- 13) H. van Heyden, G. Munz, L. Schnabel, F. Schmidt, S. Mintova, T. Bein, *Appl. Therm. Eng.* **29**, 1514-1522, (2009)
- 14) B. Dawoud, U. Vedder, E. H. Amer, S. Dunne, *Int. J. Heat Mass Transf.* **50(11-12)**, 2190-2199, (2007)
- 15) B. Dawoud, Y. Aristov, *Int. J. Heat Mass Transf.* **46(2)**, 273-281, (2003)
- 16) B. Dawoud, *Appl. Therm. Eng.* **50**, 1645-1651, (2013)
- 17) Y. Hirota, T. Yamauchi, R. Iwata, N. Setoyama, T. Shimazu, Proceedings of IMPRES2013, 495-501, (2013)
- 18) R. Iwata, T. Yamauchi, Y. Hirota, M. Aoki, T. Shimazu, *Appl. Therm. Eng.* **72(2)**, 244-249, (2014)
- 19) S. Hashimoto, T. Yamauchi, Y. Hirota, R. Iwata, T. Shimazu, Proceedings of IMPRES2013, 186-192, (2013)
- 20) Y. Osaka, S. Kotani, T. Tsujiguchi, A. Kodama, H. Huang, *Appl. Therm. Eng.* **148**, 324-330, (2019)



大坂 侑吾  
金沢大学理工研究域  
准教授  
博士 (工学)

#### 略歴

- 2007年4月 JSPS、DC1
- 2010年3月 名古屋大学大学院工学研究科化学生物工学専攻博士後期課程修了
- 2010年4月 金沢大学理工研究域 助教
- 2020年1月 金沢大学理工研究域 准教授  
現在に至る

# 報告記事

## FOA14 参加報告

京都大学大学院工学研究科 渡 邊 哲

### 1. はじめに

第14回国際吸着会議(14th International Conference on Fundamentals of Adsorption; FOA14) が、2022年5月22日から27日にかけてブルームフィールド(アメリカ合衆国、コロラド州)で開催された。2021年秋頃の Call for paper の時点から、発表できるのは現地参加者のみで、オンラインは聴講のみ、という当時の日本の状況からすると「攻めた」設定になっていたが、開催時期くらいになれば、状況も改善しているだろうという期待を持ちつつ、発表を申し込んだ。何より、コロナ禍で学会が全てオンラインで実施されるようになって2年あまりが経過し、対面での学会に参加したことがないという学生に、対面での国際会議を経験させてあげたい、という思いが強かった。ただし、外務省が設定するアメリカ合衆国の当時の渡航警戒レベルは「3：渡航は止めてください(渡航中止勧告)」であり、参加を検討するというのは相当に楽観的な考え方であったのは間違いない。幸いなことに、2022年4月1日に、渡航警戒レベルが「2：不要不急の渡航は止めてください」に引き下げられたため、紆余曲折はあったものの、博士課程学生2名とともに、現地でFOA14に参加することができた。本稿では、まず参加報告として、FOA14の概況について紹介する。その上で、今回の学会参加を通じて経験した、Withコロナ時代特有の海外渡航事情について記録しておく。

### 2. FOA14の概況

学会会場は、Omni Interlocken Hotelというゴルフ場や屋外プールが併設されているリゾートホテルであった(図1)。街の中心部からは離れたところに位置した、「のどかな」という言葉がぴったりの環境で、ホテルに缶詰の状態に学会に集中できるという、FOAらしい会場設定だと感じた。学会の参加者数は、公式なアナウンスを筆者は聞けなかったのだが、受付で確認したところ、323名とのことであった。FOA12が315名、FOA13が350名程度だったので、これまでと大きく変わらない数の参加者であった。アメリカ国外からは、筆者が把握している範囲では、アラブ首長国連邦、イギリス、インド、オーストラリア、オランダ、カナダ、韓国、サウジアラビア、スイス、ドイツ、フランス、ブラジル、ベルギー、ポルトガル(50音順)の研究者が参加していた。日本からの参加は8名で、FOA13の44名からは大幅に減っているが、これは状況を考えればやむを得ないところだろう。

学会は、5月22日(日)の夕方、チェアマンである Prof. Christopher Jones のオープニングの挨拶に続



図1 Omni Interlocken Hotel の外観

く、Prof. F. Handan Tezel による Plenary Lecture で幕を開けた。講演後は、Opening Reception が会場ホテルのホワイエで行われ、参加者同士が交流を楽しんだ。翌23日(月)から本格的にセッションが開始された。月曜日から金曜日までの会期中、セッションの基本的な構成は同じで、朝7時30分(!)からの Tutorial Session に始まり、Plenary Lecture、Keynote Session がメイン会場、コーヒープレイクを挟んだ後、一般講演が3会場のバラレルで行われた。午後は、Keynote Session に続いて、一般講演が実施された。月曜と火曜の夜にはポスターセッションが開催され、まさに「吸着」に浸った1週間となった。

Tutorial Session は FOA12 から始められた試みで、吸着分野の特定のトピックについて、専門家が基礎的な内容からわかりやすく解説してくれる、というもので、今回は、以下の5件の講演があった。

“Computational Studies of Adsorption”

Berend Smit, École polytechnique fédérale de Lausanne

“Physisorption Characterization of Nanoporous Materials-A Tutorial”

Matthias Thommes, Friedrich-Alexander-University Erlangen-Nürnberg

“Machine Learning”

Randall Snurr, Northwestern University

“The Linear Driving Force Approximation in the Simulation of Adsorption Column Dynamics”

Stefano Brandani, University of Edinburgh

“Gas Purification and Separation by Adsorption: Fundamentals, Adsorbents and Commercial Processes”

Timothy Golden, Air Products and Chemicals

対象となったトピックは、吸着の熱力学、細孔特性評価から機械学習、そして吸着プロセスに至るまで幅広い分野がカバーされており、その内容も、基礎的な

事項だけでなく最近の研究成果まで紹介されるなど、Tutorial sessionに参加することで、吸着分野を概観することができた。午前7時30分開始というのは少し驚いたが、ホテルと会場が一体となっている学会ならではの時間設定で、会場で提供されるフルーツを食べながら聴講するスタイルが自分の中で定着し、1日のリズムを作る上で大変役立った。

Plenary Lectureは1日に1件が設定され、以下の5件の講演がなされた。

“Application of Adsorbent Materials for Reducing the Effects of Climate Change”

F. Handan Tezel, University of Ottawa

“Achieving Practical Separations with Highly Stable Metal-Organic Frameworks”

George Shimizu, University of Calgary

“Porous Crystal and Process Design for Energy and Chemical Industry Applications”

Sofia Calero, Eindhoven University of Technology

“Adsorptive Separation of Carbon Dioxide from Natural Gas: adsorbent selection and process design”

Paul Webley, Monash University

“In-solid Nanostructure-Derived Routes for Future-Responsible Engineering”

Katsumi Kaneko, Shinshu University

ナノ細孔内での特異な現象から気候変動の抑制を目指した吸着分離プロセスまで、 $10^{-9}$  mから $10^3$  mとオーダーで異なるスケールの現象を対象とする吸着分野の特徴がよく現れた一連の講演だったと感じた。

一般講演のセッショントピックは、以下の通りであった。

Adsorption Fundamentals

CO<sub>2</sub> Capture

Data Science and Machine Learning

Emerging Adsorbents

Energy and Environmental Applications

Gas Storage & Separation by Adsorption

Metal-Organic Frameworks

Methods of Adsorbent Characterization

Molecular Modeling & Physical Chemistry

Process Intensification

ほとんどは、前回のFOA13でも設定されたセッショントピックであるが、Machine Learningのセッションが新たに追加されていることに目を引かれた。機械学習を利用して、吸着特性を予測しようとする試みが数件発表されていた。Tutorial sessionでのProf. Snurrによる講演も機械学習についてであったが、機械学習を利用した取り組みは今後、増えていくと考えられる。

ポスターセッションは、月曜日と火曜日の夜に、それぞれ1時間30分ずつで実施された。合計で161件の発表があり、会場では、そこそこで活発な議論が繰り広げられていた。ポスターセッションの様子を図2に示すが、大きなサイズのポスターボードが用意され、隣のポスターとの間隔を広く取ることで、スペースに余裕を持って実施しようとする運営の意図は感じた。

前後の間隔はそこまで余裕がなかったため、どうしても局部的に密な場所が生じてしまうのは避けられない状況ではあったものの、これも参加者がポスターセッションを楽しんで、充実した時間を過ごしたためと言えよう。セッション中は、軽食とビールなどの飲み物が提供され、雰囲気はかつてのポスターセッションそのままであった。



図2 ポスターセッションの様子

木曜日の夜にはバンケットが開催された。テーブルに着席する形式で、会場に入るとバンドによる生演奏が行われているなど、華やかな雰囲気では進行した(図3)。参加者は、歓談しながら、コース料理とお酒を楽しんだ。各テーブルには、赤・白のワインに加えて、日本酒のボトルが置かれていた(図4)。これは、今回のFOAでは、恒例となっているJapan Nightが残念ながら開催できなかったため、その代わりに日本酒がバンケットで提供される運びとなったためである。会の途中に、テーブルの日本酒は、日本吸着学会からの提供であることが大々的にアナウンスされた。オーガナイザーの配慮に感謝したい。提供されていたのは、TY KUというアメリカの酒造メーカーの商品で、調べてみると日本の酒造2社との合弁事業で日本産のお酒を提供しているようである。美味しい日本酒で、参加者にも好評だったようである(筆者の隣に座っていたイギリスの研究者も美味しいと言って喜んでた)。会の中盤に、この2年くらいの間に逝去された、吸着分野に大きな貢献をされた5名の先生方の、追悼セレモニーが行われた。それぞれ親交の深い先生が登壇し、人となりや功績を紹介する、というもので、金子先生(信州大)はProf. Francisco (Paco) Rodriguez-Reinosoとのエピソードを披露されていた。このような追悼セレモニーは、これまで参加した学会では経験



図3 バンケット会場の様子





図4 提供された日本酒

したことがなく、吸着分野のコミュニティーの強いつながりを感じた。続いて、IASのアワードセレモニーが開催され、新たなIASフェローの選出、博士論文賞とシニア科学者賞、そしてポスター賞の授与が行われた。会の終盤に、再び、バンドによる演奏が始まり、皆が音楽を楽しみつつ、会はお開きとなった。

最終日の金曜日は、Industryがメインのセッション構成で、TutorialはAir Products & ChemicalsのDr. Golden、一般講演もShell、ExxonMobil、Siemensなどの企業から、CO<sub>2</sub>回収に向けた材料創製からスケールアップ、プラント設計まで、実用化に向けた取り組みについての講演がなされた。続いて、博士論文賞を受賞したDr. Anne Streb (ETH Zürich)とシニア科学賞のDr. Liang Feng (Northwestern University)による、受賞講演が行われた。講演後には、閉会セレモニーが行われた。ここで、次回のFOA15は、2025年5月25日～30日にポルト（ポルトガル）にて開催されることが発表された。最後に、チェアマンのProf. Jonesからの閉会の挨拶で、会は締め括られた。

### 3. With コロナ時代の海外渡航

今回のFOA14参加に際しては、コロナ前の海外渡航にはなかった大変さがあった。ここでは、今後、海外渡航される場合の参考になるかもしれないので、渡航から帰国に至るまでの過程を、備忘録の意味も込めて記録しておく。

前述したように、そもそも、アメリカに渡航できるかどうかわからない、というのが状況としては特殊である。幸い、4月に警戒レベルが下がったため、筆者が渡航できる見込みは立った。一方で、問題は博士課程学生2名の渡航であった。当時、大学の規定で、「学会発表」を目的とした学生の海外渡航は認められていなかったためである。そこで、大学に事情を説明し、「学会発表」を目的とした海外渡航を許可してもらえるよう、検討をお願いした。その結果、4月20日に、指導教員の引率があれば渡航可という内諾の回答を得ることができ、学会1ヶ月前になって、なんとか渡航準備

を開始することができた。ちなみに正式な承認が下りたのはアメリカに着いた2日後の5月23日で、本当にギリギリの状況であった。

渡航準備を始めるにあたり、まず行ったのが、アメリカへの入国時に要求される事項である。アメリカへの入国には、ワクチン接種証明とフライトの予定時刻から24時間以内のPCR検査での陰性証明が必須であった。ワクチンについては、ちょうど、大学の職域接種が4月中旬に実施されたため、そこで3回目のワクチン接種を行った。ワクチン接種証明は、スマホのアプリで取得できたのが便利であった。PCR検査と陰性証明書の発行のために、病院を予約したが、1件あたり2～3万円が相場のように、すでにビジネス化しているように感じられる。出発前日にPCR検査を受けるのだが、そこで万一、陽性反応が出たら、筆者だけでなく、引率者がいなくなるため学生の学会参加も発表も全てがキャンセルになってしまう恐れがあった。出発が近くなると、いつも以上に、気を遣って、緊張しながらの生活を強いられた。その甲斐あってか、3名とも無事にアメリカに向けて出発することができた。

入国に必要な書類は、出発時の航空会社のカウンターで全て提出するため、アメリカの入国時には、コロナ関連で何かを聞かれることはなく、通常の入国審査で非常にスムーズであった。サンフランシスコ経由でデンバーに向かったのだが、マスクの着用率は、サンフランシスコの空港で60%程度、デンバー空港に到着すると20%程度、そして学会会場であるブルームフィールドでは、3%程度でマスクをつけている人の方が珍しい、という状況であった。事前に調べたブルームフィールドでの感染状況は落ち着いていて、1日あたり100人未満であり、アメリカではマスク着用義務も解除されたため、マスクをつけない日常が戻っているのだと察せられた。一方で、我々は一時的な滞在者であり、仮にコロナ陽性となってしまうと、帰国することができなくなってしまう。我々が抱える感染への恐れとブルームフィールドのどかな雰囲気との大きなギャップに、到着直後は気持ちの持ち方が難しかったのが率直なところである。

そんな中、学会がスタートしたが、概況説明で気づかれた方もおられるかもしれない。そう、アメリカではコロナは風邪程度の病気という扱いにすでになっており、学会は、コロナ前と全く同じスタイルで進められていた。ポスターセッションは、軽食をつまみビールを飲みながらのディスカッションであり、ノーマスクの参加者がほとんどで、マスクをしているのは5%程度であるように見えた。パンケットも、着席して、みんなで食事を楽しんだのだが、これも、今の日本では実現できないだろう。会期中の昼食はビュッフェ形式で、ホテルの庭に建てられた開放的な空間で食べることができたが(図5)、ビュッフェ形式というのも最近の日本では避けられることが多い。コーヒープレイクの様子を図6に示すが、以前の様子と変わらないことをご確認いただけるのではないかと思う。これは、世界的には、コロナに対する意識が確実に変わってき

ていることを示しており、今後も、このような形式で学会は開催されていくことが増えると思われる。そんな中、いかに自分を強く持ってマスクを着用し自衛できるかが、国際会議を安全に楽しむ上で、当たり前ではあるけれど、重要な姿勢であることを再認識した。



図5 昼食会場



図6 コーヒーブレイクの様子

今回は、学生1名が火曜日の朝に体調の異変を訴え、診察を受けた結果、コロナ陽性と判定された。ノーマスクの参加者も多く、参加者の間に意識の差があるため、注意しても防ぎきれないこともあり、不運な事象であったと思っている。しかし、1名が陽性となった以上、残りの2人は、いわゆる濃厚接触者になるため、継続して学会に参加して良いものか判断しかねた。そこで、急遽、近くのWalmartで抗原検査キットを購入し、検査を行い、陰性であることを定期的に確認してから、学会に参加するようにした。感染者が出たことを川尻先生（名古屋大）にお伝えしたところ、チェアマンのProf. Jonesに繋いでいただき、そこで、改めて状況を報告した。ただ、感染したのが学生であることを知ると、「寝てれば直るから大丈夫だね!」という感じで、ここでも、アメリカでのコロナの扱いを知ることとなった。一方で我々は、帰国できるかどうかに関わってくるので、そんなに軽く考えることはできず、感染者を実際に目の当たりにしたことで、恐怖心がさらに大きくなったため、火曜日のポスターセッションと水曜日のエクスカージョンは参加を取りやめた。概況にエクスカージョンのレポートがなかったのは、そのためである。

陰性であった学生には先に帰国してもらい、筆者はもう1名に付き添うためブルームフィールドに残り、結果的には、1週間程度滞在が延びることになった。滞在中は、今度は自分が感染したら、さらに大変なこ

とになるため、本当に緊張した時間を過ごした。先に帰国した学生が、羽田空港で陽性判定となった報告を受けたときは、いよいよ、次は自分の番か、と覚悟したが、感染していなかったのは本当に幸運だった。

日本への帰国便に搭乗するためには、フライトの72時間前以内のPCR検査による陰性証明が必要であった。渡航前は、現地でのPCR検査をどのように受けるかを心配していたのだが、ホテルのフロントで聞いたところ、出張型の検査会社を教えてもらった(covidchecktoday; 展開している都市は限られているが利用できれば便利)。ホームページから予約すると、ホテルまで検査員が来てくれて、鼻からサンプルを採取し、数時間後に検査結果がメールで送られてきた。とても簡便に検査できたが、250ドルと決して安くなく、もし陽性ならそれが無駄になるわけで、ここでもやはり緊張した。なお、到着予定時刻などは、電話番号宛のショートメッセージで届くのだが、今回、電話番号付きのsimカードを購入していたので、それが役立った。また、ブルームフィールドではタクシーがあまり走っていないようで、Uberアプリが大活躍した。食事もUber Eatsに大変お世話になった。これらのアプリも、登録に電話番号が必要だったため、アメリカ渡航の際には、値段が高くなってでも電話番号付きのsimカードが有用だと実感した。

FOA14に参加するにあたり、事前にブルームフィールドの感染状況を調べて、状況が落ち着いていることに安心していた。しかし、実際のところ、開催地の感染状況はそこまで大きな問題ではなく、いろいろな地域から多くの学会参加者が集まることが問題なのだと改めて理解した。もちろん、参加する学会の開催国によって、開催の様式は違ってくると思うが、コロナ時代に海外渡航するにあたっての留意事項として、情報共有させていただく次第である。

#### 4. おわりに

いろいろなことが起こった今回のFOA14への参加であったが、それでも参加した学生が、「参加して良かったです。研究へのモチベーションが上がりました」と言ってくれたのは、何よりの喜びであった。次回、FOA15は3年後にポルトでの開催となるが、その時には、今回のFOA14の出来事を、こんな大変な時期もあったなあ、と笑って振り返ることができると嬉しい。

実は、FOA16の開催を日本へ誘致するためのワーキンググループ(WG)が吸着学会内で立ち上がっており、今回のFOA14への参加には、そのWGのメンバーの1員としての側面もあった。会期中に十分な働きができたとはとても言えないが、日本開催の可能性について参加者と会話しただけには、好意的な反応が返ってきた。今後も、日本開催に向けての誘致活動を継続する予定であり、皆様のご理解とご支援を、この場を借りてお願いする次第である。

# 国際交流スカラーシップ報告

京都大学大学院工学研究科  
Graduate School of Engineering and Faculty of Engineering, Kyoto University  
有馬 誉  
Homare Arima

5月22日から5月27日に米デンバーで開催されたFOA14に参加し、口頭発表を行いました。英語圏に行くのが初めてで、対面学会も国際会議も初という、初物尽くしの学会だったこともあり、とても貴重な経験をさせていただきました。

今回のFOAに向けては、約1年前より準備を進めていたのですが、コロナ感染症拡大が収まる気配も見えず、大学からは原則海外渡航不可と通達されており、渡航断念もやむなしという状況でした。しかし幸運なことに、FOAの参加締め切り直前に大学側が方針転換し、晴れて、初めての対面会議への参加が決定しました。しかし不運なことにDC1不採用だった私は、DC2の準備もしていたので、そこからは繁忙を極めた一ヶ月になってしまいました。2022年のゴールデンウィークは3年ぶりの「行動制限なしのGW」だったそうですが、私にとっては、昨年以上に行動を制限したGakkai & Gakushin Weekでした。そして出国前日、PCR検査を受け、陰性証明を手に入れた私は、多忙な日々一旦別れを告げ、遥か1万km離れたデンバーへと旅立ちました。現地に到着すると、如何にもアメコミのヒーローが出てきそうなその光景に、興奮が止まりませんでした。

学会前夜は、夕方頃からOpening Receptionがあり、ビュッフェ形式の夕食と現地のクラフトビールが振る舞われました。同研究室の渡邊 哲先生にご紹介いただき、金子 克美先生やStefan Kaskel先生はじめ多くの先生方にご挨拶させていただきました。米国では、アフターコロナへの転換が進んでいて、会話の際はマスクを外し、相手の表情を読み取りながらコミュニケーションをとっていました。少し抵抗がありましたが、私も郷に従い、マスクなしでの会話やビュッフェ



Fig. 1 学会初日のビュッフェ

の食事など、現地学会ならではの空気感を最大限に楽しんでいました。その日は、興奮と時差ボケでほとんど寝られず、発表当日を迎えてしまいました。

寝不足と緊張で、当日の朝は気分が悪かったのですが、学会提供のフルーツ串とコーヒーで無理矢理リラックスさせました。朝のセッションでは、私が愛読している教科書の先生のご講演ということもあり、集中して聴講できました。その後のCoffee Breakでは、語彙が「ヤバイ」だけになるくらい緊張していましたが、同研究室の渡邊先生と飯田 裕也先輩からの激励もあり、いざ自分の番になると、おおよそ50人ほどの前でも意外と緊張せず、冷静に発表することができました。その後、Alexander V. Neimark先生、François-Xavier Coudert先生、Carlos Grandes先生、Stefan Kaskel先生、Mikhail Borisover先生からご質問いただきましたが、英語が全く聞き取れず、上手な議論をすることができませんでした。論文でよく拝見する先生方からのご意見だったのに、うまく答えられず無念の思いでした。しかし、拙すぎる質疑の後でも会場からは拍手をいただいた上に、発表後も先生方から“Nice presentation, brilliant!”などの声をかけていただき、皆さんの優しさに感動しました。その日の晩には、Poster sessionにも参加し、色んな方と議論を交わしました。ビールや軽食を片手にポスター発表をしている姿が印象的で、ピザを食べている最中の発表者との議論では、彼の手についたケチャップがポスターを汚していくのを見て、申し訳ない気持ちでいっぱいになりました。こうして、国際会議を満喫した初日でしたが、寝不足の影響か、部屋に戻るとすぐに爆睡してしまいました。

『AM2時頃「ゴホンッ」この3年、発したことのない咳で目が覚めた私は、大事をとってマスクを着け、咳を我慢しながら再度眠りにつきました。AM6時頃「ゴホンッ」二度目の不穏な咳に、嫌な



Fig. 2 抗原検査キット陽性

予感が的中したことを悟った。身体の中に、「やつ」が居る。』というわけで、学会二日目の昼頃、病院でコロナのPCR検査を行い、Positiveだと診断されました。その日の夜から2日間ほどは、咳、鼻水、熱、喉の痛み、悪寒などがあり、日本から持参していた風邪薬を服用し、学会会場のホテルで療養期間を過ごしました。日本帰国のためには、72時間以内の陰性証明書が必要だったので、米国で定められている5日間の隔離期間を終えた後に再度診療を受けたのですが、感染力は無くなったにも関わらず依然として陽性と診断されました。一度コロナに感染したら1ヶ月間ほどは、PCR検査では陰性が出にくいそうです。その後も、セルフ検査キットを使って抗原検査を行ったのですが、4連続で陽性が出たので、領事館に相談をしたところ、陰性証明に変わる証明書として、「領事レター」(回復証明書)を書いていただけることになり、無事6月6日、日本へ帰国することができました。(付き添いで一緒に延泊してくださった渡邊先生には本当に感謝しています、ありがとうございます。)

まさかのコロナ感染で、学会の20%ほどしか参加できず、本学会参加をご支援くださった方々に申し訳



Fig. 3 ホテル療養中のディナー

なく思っております。ただ、数日の参加でしたが、学会会場での色々な地域の方との交流や発表後にいただく意見の数々など、とても良い経験になりました。そして、英語ができただけで議論にならなかった悔しさから語学学習へのモチベーションができました。

最後になりましたが、このような貴重な機会・経験を得るにあたり、研究をご指導くださった宮原先生、渡邊先生、平出先生、ならびに参加をご支援くださいました日本吸着学会にこの場をお借りして改めて御礼申し上げます。FOAでの経験を今後の飛躍のきっかけにするため、これからも精進して参ります。

---

京都大学大学院工学研究科化学工学専攻  
Department of Chemical Engineering, Kyoto University  
飯田 裕也  
Yuya Iida

この度、日本吸着学会国際交流スカラーシップの支援をいただき、アメリカのコロラドにて開催されたFOA14に参加、研究発表を行いました。今回の渡航が自身初の海外であり、しっかりと研究発表をすることはもちろん、人間力を鍛えるというのも自分の中のテーマでした。

ほぼ全てのことが初の体験なので、道中は緊張したり感動したり連続でした。サンフランシスコでの入国審査は序盤一つ目の山場でした。ただでさえ大変な英語でのやりとりがコロナ禍ゆえの亚克力板に声を遮られ、単語レベルでもなかなか上手く伝わらず苦労しました。強面の審査官に長時間睨まれたのでひどく疲れましたが、無事入国を終え周囲の人の顔を見た時、海外にきて自分が「外国人」になったことを実感することができました。サンフランシスコから目的地のデンバー空港までの国内線の移動では、窓から見える雄大な自然に圧倒されました。デンバー空港に着くとマスクをしていない人が多く、マスクやコロナに対する感覚の違いも感じました。たまに黒いマスクをしている人を見かけたかと思えば、大体がたっぷり髭を蓄えたおっちゃんでした。学会会場でもあるホテルに着いたのは夕方ごろでしたが、学会が始まるのは翌日の午

後からだったので、それまではささやかながら観光も楽しみました。夜は濃い味付けのやたら大きなピザやクラフトビールを堪能し、翌朝にはホテル周辺を散策して、統一感のある街並みを眺めたり、スーパーマーケットによって極彩色のお菓子や、やはりやたら大きい洗剤や衣類を見てはしゃいだりしました。派手な観光地には行きませんでした。随所でアメリカらしさを感じ、存分に楽しむことができました。

そしていよいよ学会のスタート、Opening Receptionに参加しました。貴重な国際交流の機会を逃すまいと、外国人グループが談笑している中に一人で飛び込んでいくなど、普段の自分にはない行動力を発揮することができ、自分でも驚きました。交流する中で印象的だったのは、英語を苦手としている日本人学生が多いことを、海外の学生や先生が理解してくれていることでした。おかげで、拙い英語ながらも必死で話し、雑談や研究の話を楽しむことができました。英語に自信がなくともとりあえず話しかけていく姿勢があればなんとかなるものだなと、英語を話すことに対する障壁が下がったことは良い収穫でした。その翌日、ひどい時差ボケによる睡眠不足の頭と体を奮い立たせてポスター発表に臨みました。序盤は緊張も

あり、たどたどしい説明になりがちでしたが、説明を繰り返すうちに、相手の反応を見ながら説明ができるようになったと思います。面白いねと良い反応をいただけた時は大変嬉しく自信になりました。また、私の発表内容に興味を持ってくれた海外の先生から名刺をいただき、後日、個別にディスカッションをさせていただくこともできました。これまで参加した学会はほとんどがオンラインだったこともあり、こうした機会は初めてでした。自分の研究に好意的な印象を持ってくれた人との交流は、研究のモチベーションにもなるので、国内でも対面でのこうした機会が増やせると良いなと思いました。

国際交流、発表、聴講を通じて有意義な時間を過ごせた一方で、コロナ禍ならではの困難もありました。一緒に参加した後輩が会期中にコロナに感染してしまったのです。その後の検査で私は陰性となり、引き続き学会に参加できることになりましたが、注意していても感染し得ることを実感し、その後は積極的に話をして交流することに少し恐怖感がありました。また、先生と陰性になるまで延泊の決まった後輩を残し、初の海外からの帰国を一人で乗り切らねばならなくなったことも不安でした。実際、ロサンゼルス空港での国際線への乗り継ぎでは、ターミナル間を結ぶシャトルバスと勘違いして、違うバスに乗り込み、よくわから

ない駐車場へと連れて行かれるというトラブルも発生しました。危うくロサンゼルス夜の闇の中に一人消えていくところでしたが、周囲の人に助けを求めてなんとか空港へ戻るバスを捕まえ、予定していた日本へのフライトに間に合うことができました。私の人生の中でも割と上位に食い込むであろう危機でしたが、行動力をフル動員して乗り切れたことで、少しは人間力が高まったんじゃないかと思える経験でした。しかし、トラブルはこれでは終わらず、なんとか帰国して母国の空気を吸い込んでホッとしたのも束の間、日本到着後の空港検疫で私自身もコロナ陽性となり、一週間程度のホテルでの隔離生活を体験しました。軽症とはいえ、ずっと部屋に一人というのは心細さもあり、コロナ特有の急な症状の悪化の可能性に怯える一週間でした。

コロナ禍の国際学会参加は、準備の段階から帰宅までの各段階で様々な困難を伴いましたが、それも含めて、どれも自分の糧になる貴重な体験でした。初の海外は間違いなく、とても有意義なものになったと思います。FOA への参加にあたり、研究を指導していただいた宮原先生、渡邊先生、平出先生、渡航の許可に関して尽力くださった方々、ならびに学会参加費用の援助をしていただきました日本吸着学会に深くお礼申し上げます。



(a) 学会会場のホテル周辺風景  
(b) 講演会場  
(c) 昼食の様子



# 会 員 探 訪

千葉大学・大学院理学研究院・化学部門 大場研究室

## 1. はじめに

当研究室は金子先生の研究室、金子先生が信州大学に移られた後に加納先生の研究室で助教として研究を行わせていただき、その後に2014年に准教授に就任する際に独立して発足しました。研究室名を考える際に、基となった研究室の名を残したいと思い、金子先生の研究室名である“分子”化学研究室、加納先生の元々の研究室名である“物性”化学研究室から名前をいただき、“ナノ”を追加した分子ナノ物性化学研究室としました。正直長すぎるのであまり覚えてもらえませんが、普段は使っていないのですが、学生からもそれなりに評判が良く愛着もありますので、今後も研究室の正式名称として使っていきたいと思っています。

2014年の発足当時は学生3名と私でスタートした研究室ですが、毎年卒研生として2～3名が研究室に配属されており、合計3名のスタッフと11名の学生からなる研究室となっています。当研究室で博士号を取得した学生のうち、Khan博士、Faraezi博士はフランスでそれぞれグルノーブル原子力研究センター、グルノーブル大学でポストドクとして働いています。また、昨年修了した渡邊博士はポストドクを経て、当研究室の特任助教として働いています。これまで、吸着学会で発表する機会がなかったのですが、今後、彼の研究内容を吸着学会内、または関連発表会にて発表させていただけたらと思っていますので、ご指導のほどよろしくお願い致します。

さて、千葉大学では2020年からグローバル人材育成を目指した全員留学するプログラムが動いています。しかしながら、動き出しの段階で、COVID-19の流行で海外とのやり取りが閉ざされました。ヨーロッパやオーストラリアの国々の研究者と交換留学のスケジュールを立てていましたが、計画中止が余儀なくされ、研究活動に大きな支障となりました。このようにうまく動かなかった面も多いのですが、一方でミーティングをWeb上で行うことができるようになり、移動時間を考えることなくミーティングをセットできるようになった点は大きなメリットと感じています。現在、研究室のゼミもWeb会議形式で行っております。少数で研究の話をする場合は支障ないのですが、5名以

上の人数になってくると、発言する学生に偏りが出てきてしまっています。このように、ただ参加するのみになってしまいがちな学生に自発性を促したりする必要性や、ライブの雰囲気伝わり難かったりする課題もあり、上手い運用方法を模索しているところです。また、来年度からは、ほとんどがオンラインで講義を受けてきた学生が研究室に入ってくることになるので、オンラインからオフラインへの生活スタイルの変更に ついていけるのか不安ではありますが、大きな変革時期ということで研究室の運営の在り方について、学生達とも相談しつつ進めていこうと考えています。

## 2. 研究について

当研究室は、カーボン細孔中の分子挙動の解明を発足前から行っており、特に水蒸気吸着関係の研究を行ってきました。カーボン界面における水蒸気吸着の研究は今も行ってありますが、現在は、①グラフェン類の機能化、②触媒合成化学、③分子シミュレーションに関係した研究テーマに対し、おおよそ同程度の学生の人数割りで研究を行っています。①や②に関しては10～15年前から、細々と行ってきた研究結果がやっと成果として出るようになってきました。特に触媒関連の研究は20年前から構想し、研究成果がほとんど出ない中、趣味の研究として続けてきて、本業の研究内容と同程度に投資してきたものですので、やっと何報か成果を公表できるようになり安堵しています。大学の良いところは、すぐに成果の出ない研究テーマも誤魔化しつつ、何とか続けられるところかと思っています。今後も継続的に自分自身が面白いと思えることを細々とでも良いので、チャレンジしていきたいと思っています。

## 3. おわりに

他大学でも同様かもしれませんが、個人的には大学での最も大きな問題は教員の高齢化だと思っています。5年後には千葉大学理学部の20%の教員が退職し、15～20年後には80%近くの教員が退職になります。言い換えると、現状、若い教員がほとんどおりません。私も力及ばずながら、出来るだけ若い人がアカデミッ

クに残れるように尽力はしております。また、例えば千葉大学では博士後期課程の生活費相当額と研究費の支給をはじめとした支援を行う「全方位イノベーション創発博士人材養成プロジェクト」に採択され、プロジェクトが動いていますが、多くは留学生が受領しています。それはそれで悪いわけではないのですが、国からの支援が日本人学生のモチベーションにあまりつながっていない問題があるかと思います。それは博士取得後の就職先を懸念している点が単にあると思います。企業の皆様には是非、博士号を有した学生の“優先”採用を検討していただきたいと思います。また、学生の皆様は上記のようにアカデミックポストの募集が今後多く出てくるようになると思いますので、積極的に博士課程を、そしてアカデミックポストを目指してもらえたらと思います。



---

所属 千葉大学大学院理学研究院化学部門  
氏名 大場友則  
連絡先など ohba@chiba-u.jp  
〒263-8522  
千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33 千葉大学大学院理学研究院  
大場友則

# 会 告

## 第 35 回日本吸着学会研究発表会

### 主 催

日本吸着学会

### 共 催

信州大学先鋭領域融合研究群先鋭材料研究所、信州大学理学部理学科化学コース

### 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

2022 年 11 月 10 日(木)、11 日(金)

### 現 地 会 場

JA 長野県ビル・アクティーホール (長野県長野市)

交通アクセス (<https://www.naganoken-jabill.co.jp/access/>)

### 開 催 方 式

対面およびオンラインの「ハイブリッド方式」にて開催します。現地会場では、長野県におけるイベント開催の指針に基づき、十分な感染防止対策を行います。現地会場内におきましては、全ての参加者にマスクをご着用頂きます。なお、非接触体温計での検温により発熱が認められた方や、風邪等の症状がおありの方は、現地会場へのご入場をご遠慮頂きます。この場合、オンライン参加への切り替えなどの対応をさせていただきます。対面での参加者には接触確認アプリ COCOA への登録を推奨いたします。また、新型コロナウイルスの感染状況により、直前に全面オンラインに切り替える可能性がありますので、ご承知おき下さい。

### 発 表 方 式

5つの発表方式を設けます：口頭発表(対面)、口頭発表(オンライン)、ポスター発表(対面・オンラインコメント欄による質疑応答あり)、ポスター発表(対面・オンラインコメント欄による質疑応答なし)、ポスター発表(オンライン・オンラインコメント欄による質疑応答あり)。ポスター賞は、対面での発表を行う 35 歳以下の発表者を対象とします。

### 主 な スケ ジュ ー ル

発表申込：2022 年 7 月 15 日(金)正午～9 月 5 日(月)

要旨提出：2022 年 9 月 9 日(金)正午～9 月 30 日(金)

ポスター (PDF) および動画の提出：2022 年 9 月 30 日(金)正午～10 月 24 日(月)

第 1 次予約参加登録：2022 年 7 月 15 日(金)正午～9 月 5 日(月)

第 2 次予約参加登録：2022 年 9 月 6 日(火)正午～10 月 24 日(月)

※当日参加は受け付けませんのでご注意ください。

### 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)

〒380-8553 長野県長野市若里 4-17-1

信州大学先鋭領域融合研究群先鋭材料研究所

田中 秀樹

E-mail : [annualmeeting@j-ad.org](mailto:annualmeeting@j-ad.org)、TEL : 026-269-5181



# 関連学会のお知らせ

## 第 49 回炭素材料学会年会

**主催団体**：炭素材料学会

**開催日**：2022 年 12 月 7 日(水)～2022 年 12 月 9 日(金)

**開催場所**：姫路市市民会館

(住 所) 〒 670-0015 姫路市総社本町 112 番地

### 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。国際セッションは世界的な新型コロナ感染症の蔓延により、海外研究者の招聘が困難なため、今年は国際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

〒 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>

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

#### <当日受付>

炭素材料学会正会員・賛助会員・共催・協賛学協会会員	12,000 円
炭素材料学会学生会員・協賛学協会学生会員	5,000 円
非会員	25,000 円
学生非会員	11,000 円

会議の HP <http://www.tanso.org/contents/event/conf2022/index.html> (予定)

## 第 40 回 関西界面科学セミナー

### “「界面」をみる”～「界面」の構造・評価・機能～

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

地球上のすべての製品・物体には「界面」が存在します。「界面」とは、固体、液体、気体の物質のうちの2つが接したときにできる境目のことで、気/液、液/液、固/液、固/気、固/固の5種類の界面が存在します。界面活性剤などの両親媒性物質は、これらの「界面」に吸着してその性質を著しく変えます。この「界面」の現象は、洗浄、化粧品、医薬品、食品、紙、繊維など、さまざまな分野に密接に関係しています。本セミナーでは、「界面」に関する分野でご活躍されている先生方をお招きして、「界面」を扱うために必要な基礎知識、「界面」の構造やその評価法、機能および活用技術について、わかりやすく解説していただきます。多数のご参加をお待ちしています。ご自宅などからお気軽にご参加ください。

日時：2022年7月30日(土) 10:00～17:20

会場：Zoomによるオンライン開催

### プログラム

【講演1】10:00～11:00

「放射光を使ったソフト界面の動的構造解析」

近畿大学 理工学部理学科物理学コース 教授 矢野 陽子 氏

【講演2】11:00～12:00

「中性子反射率法を用いた界面吸着測定～原理と実用例の紹介」

高エネルギー加速器研究機構 (KEK) 物質構造科学研究所 准教授 山田 悟史 氏

(昼休み：12:00～13:00)

【講演3 (部会長特別講演)】13:00～14:00

「深海インスパイアード化学とソフトナノマテリアル」

海洋研究開発機構 生命理工学センター長 出口 茂 氏

【講演4】14:00～15:00

「気水界面を利用した多孔性分子ナノシートの創製」

大阪公立大学 大学院工学研究科物質化学生命系専攻 准教授 牧浦 理恵 氏

【講演5】15:15～16:15

「和周波発生分光で観る液体界面の分子挙動」

千葉大学 大学院工学研究院物質科学コース 教授 宮前 孝行 氏

【講演6】16:15～17:15

「和周波発生振動分光法で見た気/液・液/液界面の微視的構造とその形成要因」

東京工業大学 物質理工学院材料系 教授 大内幸雄 氏

参加申込方法：下記 URL からお申し込みください。

<https://colloid.cs.jp/form/view.php?id=17191>

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、下記問合せ先までお知らせ下さい。

**参加申込締め切り**：7/25(月) ただし、定員(100名)に達し次第締め切ります。

参加費(消費税課税、下記金額に含む)

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) 2,000 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 38 回ゼオライト研究発表会

**主 催**：一般社団法人日本ゼオライト学会

**協 賛**：一般社団法人触媒学会、一般社団法人日本エネルギー学会、一般社団法人日本粘土学会、公益社団法人化学工学会、公益社団法人石油学会、公益社団法人日本化学会、公益社団法人日本セラミックス協会、公益社団法人有機合成化学協会、日本イオン交換学会、日本吸着学会、日本地質学会、日本膜学会(予定)

**日 時**：2022 年 12 月 1 日(木)~12 月 2 日(金)

**会 場**：あわぎんホール(徳島県徳島市藍場町 2 丁目 14 番地、Tel : 088-622-8121)

URL : <https://kyoubun.or.jp/>

**テ ー マ**：ゼオライト、メソ多孔体、およびその類縁化合物に関連した研究の基礎から応用まで

**講演の種類**：1) 特別講演(討論を含めて 60 分)

2) 総合研究発表(成果がある程度まとまっている研究を総合したもの。したがって、既発表の研究成果であっても、それらをまとめた内容であればよい。討論を含めて 30 分)

3) 一般研究発表(未発表の研究成果の発表。討論を含めて 20 分)

特別講演と依頼講演のご案内

特別講演 村松 淳司 先生(東北大学)

講演題目

「よく定義された結晶性メタロシリケート合成と放射光計測による構造解明に向けて」

特別講演 松倉 実 先生(東京大学(元ユニオン昭和株式会社))

講演題目

「ゼオライトと共に歩んだ 30 年

—暮らしの中へのゼオライトの適用、福島汚染水への取り組み—

依頼講演 山田 岳 先生(ジョンソン・マッセイ・ジャパン合同会社)

講演題目

「自動車排ガス規制の歴史と触媒技術」(仮)

**発表使用機器**：液晶プロジェクター利用の発表のみ。PCは各自ご用意下さい。

**講演申込**：総合研究発表及び一般研究発表を募集いたします。総合研究発表及び一般研究発表の登壇者は日本ゼオライト学会会員に限ります（発表申込時入会申請中でも可。ただし、発表時には、年会費納入を含めて入会申込手続きが完了していること）。2022年7月1日(金)よりゼオライト学会のホームページ上の講演申込フォームに従いお申し込みください。

また、若手優秀講演賞（学生部門、および一般部門）を設けます。学生会員の発表は自動的に学生部門にエントリーされます。一般部門は一般会員または法人会員の社員で30歳以下（2023年3月31日時点）の学生ではない会員の発表を対象としますので、エントリーを希望される方は講演申込フォームのエントリー希望欄にチェックしてください。総合研究発表・一般研究発表の別は問いません。

**講演申込締切**：2022年9月9日(金)

**予稿原稿締切**：2022年11月4日(金)（9月上旬からHP上で予稿フォーマットを公開予定）

**予稿送付先**：zeolite@nda.ac.jp

**登録費**：本研究会の発表および参加には、参加登録が必要です。オンライン登録および決済（クレジットカード、コンビニ・ATM（ペイジー）・オンライン決済）を行います。2022年10月17日(月)以降、下記URLから参加登録と参加費の支払いを行ってください。会員資格および登録手続きを行われた期間により参加費が異なります（下表）。なお、研究発表会当日の参加登録は ございませんのでご注意ください。  
[https://jza-online.org/events/registration\\_meeting](https://jza-online.org/events/registration_meeting)

	事前第1期	事前第2期
申込期間	2022年10月17日(月) ～ 2022年11月17日(木) 24時まで	2022年11月18日(金) ～ 2022年11月30日(水) 12時まで
会員資格		
日本ゼオライト学会会員（個人会員）（不課税）		
一般会員	5,000円	6,000円
シニア会員・学生	2,000円	3,000円
法人会員会社社員	5,000円	6,000円
他学会の個人会員等（税込）		
本学会の協賛学会の個人会員	5,500円	6,600円
本学会の協賛学会の学生会員	2,200円	3,300円
会員外（税込）		
非会員	11,000円	13,200円

**講演予稿集について**：研究発表会の予稿集は「ゼオライト研究発表会講演予稿集」として参加登録者限定で、学会会場受付にて配布いたします。（2022年12月1日発行予定）

**講演のキャンセルポリシー**：講演予稿集の発行をもって発表が成立したと見なします。したがって、予稿原稿の提出以降に講演を取り下げることはできません。予定していた登壇者が当日に発表できない場合は、共同研究者に代理発表をお願いいたします。

**懇親会**：2022年12月1日(木) 講演終了後、会場・参加費等は調整中（新型コロナウイルス感染症の感染状況により、中止もあり）。

**新型コロナウイルス感染症に関わる対応**：現地開催を前提として研究発表会の開催準備を進めておりますが、状況によりオンライン開催となることがあります。研究発表会の開催に関する最新の情報はホームページに随時掲載いたしますので、適宜ご覧いただきますようお願い申し上げます。

**問い合わせ先**：加藤雅裕（徳島大学）

E-mail：katoh@tokushima-u.ac.jp、TEL&FAX：088-656-7429

# 炭素材料学会基礎講習会

## 「多様な炭素材料の物性・機能の基礎」

炭素材料は、原子番号6の元素である炭素を主成分とする多種多様な材料の総称で、黒鉛、木炭、活性炭、カーボンブラック、炭素繊維、ダイヤモンドなどが含まれます。近年、ナノカーボンとも呼ばれる、カーボンナノチューブ、フラーレン、グラフェンなどの材料も現れ、多彩な材料が、多岐にわたる分野で用いられています。その理由は、炭素材料が有用な物性を示し、機能が多岐にわたるためです。例えば、リチウムイオンとの層間化合物形成機能は、未だに記憶に新しい2019年ノーベル化学賞「リチウムイオン電池の開発」の受賞理由の根幹をなしています。

このように炭素材料は多様ではありますが、1つの元素から構成されていることは共通しており、したがって、形態、物性、機能は相互に関連しているといえるでしょう。多様な材料について幅広く理解、知識を習得することが、炭素材料を正しく理解して応用開発をめざすためにも有益です。本セミナーでは、各種炭素材料とその特性、機能についての基礎知識について学べる2日のコースを企画いたしました。炭素材料に興味をもたれている方々、かかわっている方々が、知識やスキルを修得・深化する場として是非ご利用ください。

なお、どちらか1日を選び参加することもできます。

事前質問は、10月19日(水)まで学会HPから受け付けます。質問内容によっては回答できない場合もありますので、ご了解ください。なお、質問内容に関する秘密保持はできかねますのでご注意ください。

皆様のご参加をお待ちしております。

**日 時**：2022年10月27日(木)10:00~18:00

2022年10月28日(金)9:30~17:30

**形 式**：オンライン開催

**主 催**：炭素材料学会

**協 賛 (予定)**：日本化学会、電気化学会、応用物理学会、日本セラミックス協会、日本表面真空学会、日本吸着学会、大阪科学技術センター

**参加費 (消費税およびテキスト代を含む)**：

【個人料金 (1名のみ接続可)】

〈2日コース〉正会員 (協賛学協会含)・賛助会員 50,000円、学生会員 (協賛学協会含) 10,000円、非会員 75,000円、学生非会員 20,000円

〈1日コース〉正会員 (協賛学協会含)・賛助会員 30,000円、学生会員 (協賛学協会含) 5,000円、非会員 50,000円、学生非会員 10,000円

【グループ料金 (参加申込者を含む最大5名接続可)】

〈2日コース〉正会員 (協賛学協会含)・賛助会員・学生会員 (協賛学協会含)・学生非会員からなるグループ 75,000円、学生会員 (協賛学協会含) のみのグループ 15,000円、学生非会員のみまたは学生会員 (協賛学協会含)・学生非会員からなるグループ 30,000円、非会員を含むグループ 112,500円

〈1日コース〉正会員 (協賛学協会含)・賛助会員・学生会員 (協賛学協会含)・学生非会員からなるグループ 45,000円、学生会員 (協賛学協会含) のみのグループ 7,500円、学生非会員のみまたは学生会員 (協賛学協会含)・学生非会員からなるグループ 15,000円、非会員を含むグループ 75,000円

(※グループ選択は、以下の例をご参考ください。例3のように、個人参加とグループ参加とを組み合わせたほうがお得となる場合もございます。)

例1：正会員 (協賛学協会含) 2名、学生会員 (協賛学協会含) 2名、学生非会員 1名のグループが2日コースを希望の場合

⇒ 「〈2日コース〉正会員（協賛学協会）・賛助会員・学生会員（協賛学協会）・学生非会員からなるグループ（75,000円）」

例2：正会員（協賛学協会）1名、非会員1名、学生会員（協賛学協会）2名のグループが1日コースを希望の場合

⇒ 「〈1日コース〉非会員を含むグループ（75,000円）」

例3：正会員（協賛学協会）1名、学生会員（協賛学協会）3名のグループが2日コースを希望の場合

⇒ 「〈2日コース〉正会員個人（協賛学協会）1名＋〈2日コース〉学生会員（協賛学協会）のみのグループ（50,000円＋15,000円＝65,000円）」

#### 申込方法：

学会 HP (<https://www.tanso.org/event/academic/event2022/octseminar2022/>) からお申し込みください。

グループ参加の場合、申込者は受講者の代表者であり、申込者を含め、すべての受講者の情報を入力してください。

郵便振替での支払を希望される方は、10月11日(火)までにお申し込みください。登録完了後、郵便振替票付請求書をお送りさせていただきます。参加費は10月18日(火)までにご納入ください（払込期日厳守）。

クレジットカードでの決済の場合は、10月23日(木)まで受付可能です。

### プログラム

<10月27日(木)>

- 10：00～11：30 人造黒鉛材料の製造、構造解析、高温物性  
（産業技術総合研究所） 岩下哲雄
- 1) 人造黒鉛材料の製造（原料と炭素化）
  - 2) 黒鉛化の現象（ソフトカーボン・ハードカーボン）
  - 3) 黒鉛化による物性の変化（電気抵抗と熱伝導）
  - 4) 人造黒鉛材料の高温物性（熱膨張や機械特性）
- 11：30～12：45 昼食
- 12：45～14：15 炭素化物・活性炭の製造とその利用  
（関西大学） 林 順一
- 1) 炭素化と賦活について
  - 2) 炭素化物・活性炭の細孔構造の評価
  - 3) ガス分離剤としての利用
  - 4) ガス吸蔵剤としての利用
- 14：15～14：30 休憩
- 14：30～16：00 グラフェンの合成・物性・応用、そして2.5次元物質への広がり  
（九州大学） 吾郷浩樹
- 1) 単層グラフェン
  - 2) 二層グラフェン
  - 3) グラフェンへのインターカレーション
  - 4) 他の二次元物質の最新研究
- 16：00～16：15 休憩
- 16：15～17：45 カーボンナノチューブの基礎とエネルギーデバイスへの応用  
（名古屋工業大学） 川崎晋司
- 1) カーボンナノチューブの構造と分類
  - 2) 単層カーボンナノチューブの電子構造

- 3) 単層カーボンナノチューブの電池電極特性
- 4) 分子内包単層カーボンナノチューブの次世代電池への応用
- 5) 単層カーボンナノチューブの光触媒への応用

18:00 終了

<10月28日(金)>

- 9:30~11:00     カーボンブラックの基礎~応用  
                  (東海カーボン株式会社) 石井崇史
- 1) カーボンブラックとは
  - 2) カーボンブラックを使用した材料特性
  - 3) 最新動向 (ニーズと研究開発)
- 11:00~11:15     休憩
- 11:15~12:45     炭素繊維の基礎と複合材料展開  
                  (東レ株式会社) 田中文彦
- 1) 炭素繊維とは?
  - 2) 炭素繊維の力学特性
  - 3) 炭素繊維の微細構造
  - 4) 炭素繊維とその複合材料
- 12:45~14:00     昼食
- 14:00~15:30     鋳型法によるナノカーボン材料の合成  
                  (東北大学) 西原洋知
- 1) 鋳型法とは
  - 2) 鋳型法による材料調製のポイント
  - 3) 鋳型法で調製される様々な材料
  - 4) 鋳型法の周辺技術
- 15:30~15:45     休憩
- 15:45~17:15     ダイヤモンドの電極材料への応用展開  
                  (慶應義塾大学) 栄長泰明
- 1) ダイヤモンドの合成と基礎物性
  - 2) ダイヤモンド電極の電気化学特性
  - 3) 環境・医療用高感度センサーとしての応用
  - 4) CO<sub>2</sub>還元用電極としての応用

17:30 終了

■参加申込に関するお問い合わせはこちら

炭素材料学会 基礎講習会ヘルプデスク  
E-mail: tanso-koshukai@conf.bunken.co.jp  
FAX: 03-5227-8632

## 第73回コロイドおよび界面化学討論会

テーマ：異分野融合・学際領域として広がるコロイド・界面科学

主催：日本化学会コロイドおよび界面化学部会

討論会 URL： <https://confit.atlas.jp/guide/event/colloid2022/top>

開催日時：2022年9月20日(火)～22日(木)

開催場所：広島大学 東広島キャンパス 及び ZOOM によるリモート

開催概要：

1. 総合講演（9月21日(水) 午後）  
「チョコレート品質と結晶化」（仮題）上野 聡（広島大学）  
「講演題目未定」田中 求（Heidelberg 大学／京都大学）
2. 特別講演（9月21日(水) 午後）  
「分子マシン手動操作、ナノカーボン合成、幹細胞分化制御、すべて液体界面でできること」有賀 克彦（物質・材料開発機構／東京大学新領域）
3. 令和4年度奨励賞受賞講演  
科学奨励賞  
「水熱環境下における界面形成を利用した糖からのカーボンナノ構造および多孔体の新規合成手法の開発」久保 史織（産業技術総合研究所）  
「Fine structure and formation of solid solution alloy nanoparticles synthesized by sputter deposition onto low volatile liquid polymer」（仮題）Mai Thanh Nguyen（北海道大学）  
技術奨励賞  
「長鎖アルキルアミドアミン乳酸塩／高級アルコール／水混合系が形成する $\alpha$ ゲル構造の解明と制御」齋藤隆儀（花王株式会社）  
「界面活性剤の溶解性改善に関する研究並びに製品への応用」（仮題）森垣 篤典（ライオン株式会社）
4. 一般研究発表
  - 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. 国際シンポジウム  
本討論会の国際化を進めるために、国際交流委員会が主体となって国際シンポジウムを企画・実施します。
6. 一般シンポジウム  
シンポジウム1「異分野融合・学際領域として広がるコロイド・界面科学」（9/20(火)午後）  
シンポジウム2「最先端電子部品にかかわるコロイド・界面化学」（9/22(木)午前）  
シンポジウム3「光学材料の新展開 ～界面由来の新規光学特性～」(9/20(火)午前)  
シンポジウム4「界面が織りなす生命性」(9/21(水)午前)

参加費：

括弧内早期割8/1迄、正部会員 ¥18,000 (¥13,000)、日本化学会員・協賛学会員 ¥23,000 (¥18,000)、非会員 ¥26,000 (¥21,000)、学生部会員 ¥7,000 (¥3,000)、日本化学会学生会員・協賛学会学生会員 ¥7,000 (¥3,000)、学生非会員 ¥11,500 (¥7,500)、シニア部会員 ¥7,000 (¥3,000)、外国籍一般 ¥11,500 (¥7,500) 外国籍学生 ¥7,000 (¥3,000)

連絡先：第73回コロイドおよび界面化学討論会 事務局

e-mail： [secre.dm@colloid.csj.jp](mailto:secre.dm@colloid.csj.jp)



## 第 41 回溶媒抽出討論会

**主催**：日本溶媒抽出学会

**協賛**：日本化学会、化学工学会、日本分析化学会、日本イオン交換学会、日本吸着学会、  
日本原子力学会、環境資源工学会、資源・素材学会、日本ポーラログラフ学会、  
日本素材物性学会（依頼中を含む）

**日時**：2022 年 11 月 24 日(木)～11 月 25 日(金)

**場所**：東京工業大学大岡山キャンパス西 8 号館（E）10 階 大会議室（口頭発表会場）  
北地区 3 号館 環境エネルギーイノベーション多目的ホール（ポスター発表会場）  
〒152-8550 東京都目黒区大岡山 2-12-1 電話：03-5734-3845  
アクセス <https://www.titech.ac.jp/0/maps>  
キャンパスマップ <https://www.titech.ac.jp/0/maps/ookayama/ookayama>

### 講演申込

- ・締切：2022 年 7 月 4 日(月)～2022 年 8 月 12 日(金) 17：00
  - ・申込方法：学会ホームページ（<http://www.solventextraction.gr.jp/symposium/>）の「講演申込」からお申込みください。指定の書式に従って必要事項を入力、送信してください。
  - ・発表形式：口頭（発表 12 分 & 質疑応答 3 分）またはポスター（90 分）。
- ※発表はオンサイトのみを予定。  
口頭発表申込み件数が多い場合、ポスター発表に変更させていただく場合があります。  
口頭発表形式：Power Point に限る。

### 【注】

自身の PC 使用を原則とします。念のため、USB データ（Power Point に限る）を持参してください。  
ポスター発表形式：ポスター掲示用ボードのサイズは横 90 cm、縦 180 cm です。  
ポスター発表賞：学生によるポスター発表の中で、優秀な発表には賞を贈呈します。

### 講演要旨

- ・締切：2022 年 8 月 29 日(月)～10 月 7 日(金) 17：00  
学会ホームページ（<http://www.solventextraction.gr.jp/symposium/>）のトップページ「研究発表会」の「執筆要領」、「見本」に従って要旨原稿を作成してください（A4 版縦 1 枚、Word ファイルに限ります）。

### 参加申込

- 第 41 回溶媒抽出討論会のホームページ（<http://www.solventextraction.gr.jp/symposium/>）からお申込みください。
- ※オンサイト参加とオンライン参加（口頭発表の視聴）2 種類を予定しています。
- ・締切：2022 年 8 月 29 日(月)～10 月 7 日(金) 17：00 予約外は開催当日に受付でお申込みください。
  - ・参加費：オンサイト参加・オンライン参加ともに  
予約 会員・協賛学会員（6,000 円）、学生（1,000 円）、会員外（7,000 円）  
※オンライン参加は、予約のみとなります。  
当日 会員・協賛学会員（7,000 円）、学生（2,000 円）、会員外（8,000 円）  
※当日の参加受付は、オンサイト参加のみとなります。  
要旨集のみ（6,000 円）

懇親会は主催大学での対応方針、並びに都内での開催という状況を鑑みて、オフィシャルには開催しないこととしました。参加者各位の責任においてご実施ください。大岡山駅周辺は学生街で多数の飲食店があるほか、渋谷、新宿等も容易にアクセスできます。

- ・ 申込方法：溶媒抽出討論会ホームページ (<http://www.solventextraction.gr.jp/symposium/>) からお申込みください。

### 参加費支払方法

郵便振替の場合

加入者番号：17730-18482371

加入者名：日本溶媒抽出学会討論会実行委員会

銀行からの場合

銀行名：ゆうちょ銀行

支店名：七七八（ナナナナハチ）店（778）

預金種目：普通

口座名称（漢）：日本溶媒抽出学会討論会実行委員会

口座名称（カナ）：ニホンヨウバイチュウシュツガツカイトウロンカイジツコウイインカイ

口座番号：1848237

### 問い合わせ先

〒152-8550 東京都目黒区大岡山 2-12-1 N1-2

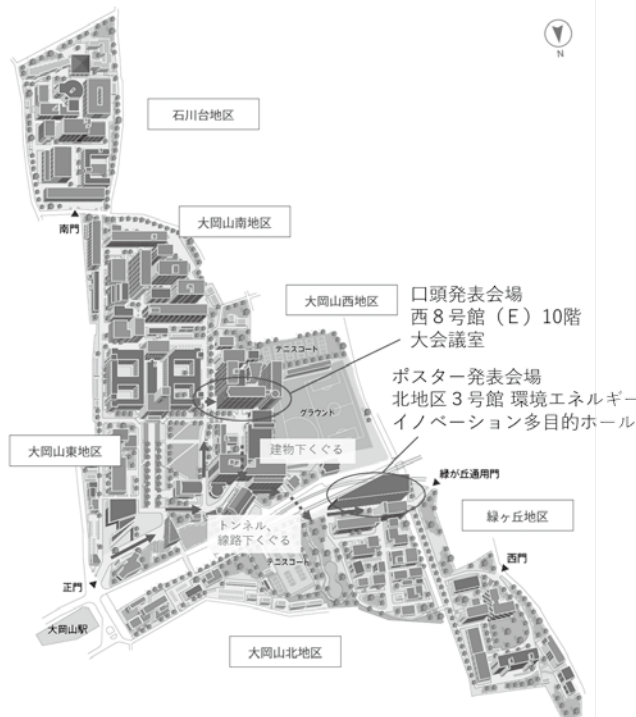
東京工業大学科学技術創成研究院福島復興再生研究ユニット 竹下研究室

第41回溶媒抽出討論会実行委員長 竹下健二（Tel：03-5734-3845）

E-mail：takeshitak.ab@m.titech.ac.jp

同実行副委員長 中瀬正彦（Tel：03-5734-3846）

E-mail：nakase.m.aa@m.titech.ac.jp



## 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4年7月現在、50音順)

株式会社アドール	株式会社アントンパール・ジャパン
エア・ウォーター株式会社	MHIソリューションテクノロジーズ株式会社
大阪ガス株式会社	大阪ガスケミカル株式会社
オルガノ株式会社	関西熱化学株式会社
株式会社キャタラー	株式会社クラレ
栗田工業株式会社	興研株式会社
株式会社重松製作所	システムエンジニアリング株式会社
株式会社島津製作所	水ing株式会社
株式会社西部技研	大陽日酸株式会社
株式会社タカギ	月島環境エンジニアリング株式会社
帝人ファーマ株式会社	東ソー株式会社
東洋紡株式会社	ニチアス株式会社
富士シリシア化学株式会社	フタムラ化学株式会社
マイクロトラック・ベル株式会社	ユニオン昭和株式会社

## 編集委員

委員長 向井 紳 (北海道大学)  
委員 岩村振一郎 (北海道大学) 大坂 侑吾 (金沢大学)  
佐藤 弘志 (理化学研究所) 田中 俊輔 (関西大学)  
二村 竜佑 (信州大学) 宮崎 隆彦 (九州大学)  
山根 康之 (大阪ガスケミカル株式会社) 山本 拓司 (兵庫県立大学)  
余語 克則 (RITE) (五十音順)

Adsorption News Vol. 36 No. 2 (2022) 通巻 No.141 2022年7月29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 (北海道大学)  
Tel : 011-706-6592 Fax : 011-706-6593 E-mail : iwamura@eng.hokudai.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

Shinichiroh IWAMURA, Hokkaido University  
Tel : +81-11-706-6592 E-mail : iwamura@eng.hokudai.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。

©2022 The Japan Society on Adsorption