

Adsorption News

Vol. 27, No. 4 (January 2014)

通巻 No.107

目 次

○巻頭言.....	2
「立体吸着」って何？	宮原 稔
○平成 25 年度日本吸着学会学会賞	3
○技術ハイライト.....	6
酸素 PSA 用 LiLSX 吸着剤の開発およびその生産技術の 開発	平野 茂
○ホットトピックス.....	11
多孔質炭素材料への水蒸気吸着	堀河 俊英
○第 27 回日本吸着学会研究発表会開催報告	18
	加納 博文
○第 27 回日本吸着学会研究発表会ポスター賞	20
○会告.....	24
平成 26 年度日本吸着学会賞受賞候補者推薦のお願いと要領	
○関連学会のお知らせ.....	25
○維持会員一覧.....	26

日本吸着学会
The Japan Society on Adsorption

巻 頭 言

「立体吸着」って何？

京都大学工学研究科 宮 原 稔



「え？巻頭言ですか？ このあいだ書いたような。。。』とは言ってみたものの、前はもう3年以上前のこと。また、「副会長として」との編集局の指令であれば断れる道理もない。寺岡会長をお支えすべき2013、14年度の副会長として、巻頭に、たまたま駄文を綴らせていただくこと、どうかお許しを願いたい。

しかし、お引き受けはしたものの、頭にずっと主題が浮かんで来ない。昨年暮れと正月に「吸着う～吸着うう～」と唱え続けていたところ、日頃から気になっていた事項がようやく見えてきた。あまり高尚な文とはなり得ないが、一つの問題提起——というよりは「(巻頭でなく)年頭の雑談」ほどに、お目汚しにて失礼をさせていただければ有り難く拝する。

浮かんできた事項は、「クイックル」という某大手会社のお掃除用シートのテレビCMである。某個性派俳優の出演で頻繁に画面に出てくるので、ご承知の向きも多かろう。気になるのは、かの商品を「立体吸着シート」と称していることである。

●「付着」なのに「吸着」？： 無粋ながらその会社のHPをたぐると、「クイックルワイパー立体吸着ウェットシートは、凹凸のあるシートにすることで、花粉や細かなハウスダスト、髪の毛、ホコリまでの多様な汚れも一度にとりやすくなっています」(http://www.kao.com/jp/qa/qkl_wetsheet_06.html)。……これは……つまり……「付着」ですよ。……

ついでに、日頃からやはり気になっていた「吸着」を挙げてみると、以下の2件も当てはまる。

●これも「吸着」？？： 工業用磁石や一般消費者向けマグネットフックなどの会社でのQ&Aの例：

Q. 吸着力 [Kg] とは？

A. 鉄板（その磁石自身以上の厚さ）に吸着させ、垂直磁化方向に引っ張った際に掛かる重量 Kg のこと

(http://www.magfine.co.jp/magnetjapan/user_data/question.php)。

……これは、、、何と言っていいか分からんが、少なくとも Gibbs が言う表面過剰の現象ではないことは確かだ。。。。

●たしかに「吸って着いて」る？？？： 電子部品・自動車部品などを搬送するための真空パッドのことを、ある会社は「吸着パッド」と呼び、その支持力を「吸着力」と呼んでいる (<http://www.ohtani-eng.com/techinfo/force.htm>)。これは「ミクロボアでの強い物

理吸着力」などとはまったく別の現象だが、たしかに「吸って着いて」いるからなんとも反論しにくい。。。昨秋・千葉での3次会で、某理事が綺麗どころに「我々は『すいつく学会』です～」と説明していたこともあるし、、、ねえ。。。。

各位ご承知のとおり、理化学事典をひもとけば、吸着とは「気相または液相中の物質が、その相と接触するほかの相（液相または固相）との界面において、相の内部と異なる濃度で平衡に達する現象」とされている。「濃度」という単語が暗示するとおり、ここで指す「物質」とは「分子」という我々の前提であるが、他方、「ワイパー表面でホコリの濃度は高い」「鉄板表面で磁石の『濃度』は高い」と、無理やり、言えなくもない。。。。

ここで重要なのは、おそらく、彼らに「それらは『吸着』じゃない」といちゃもんを付けることの方ではなく、我々がもっと、底辺を広げ、吸着の専門家でない技術者も対象に、時には高校生や中学生をも対象に、吸着という現象・操作の世間的認知度を上げていく活動の展開と思う。

——昨年に、ある研究プロジェクトの申請を行い、面接ヒアリングまで行ったが、ナノ多孔体や無機膜の専門家たる審査員ですら、「吸着は、付けたら付けっぱなしで、使い捨ての操作」のように（つまりクイックルワイパーのように）思われていたことに驚いた。巧妙な周期的定常操作である P/TSA、SMB などの認知がまったく不足しているように感じた次第である。

一事が万事。まずは「クイックル」「マグネット」「真空パッド」などの誤解解きに達すべく、地道に認知を広めませんか？

宮原 稔 京都大学工学研究科化学工学専攻 教授
略歴 1982年3月 京都大学工学部化学工学科卒業
1985年3月 京都大学大学院工学研究科修士課程化学工学専攻修了 (84/8-85/7 文部省派遣留学生：米国 Wisconsin 大学化学工学専攻)
1985年4月 住友化学工業
1987年1月 京都大学工学部助手 (95/8-96/7 文部省在外研究員：米国 Cornell 大学化学工学専攻)
1997年12月 京都大学工学研究科助教授
2004年10月 京都大学工学研究科教授

平成 25 年度日本吸着学会学会賞

会員の皆様にご推薦をお願いしておりました平成 25 年度日本吸着学会学術賞、奨励賞（カルゴン カーボン ジャパン賞）、技術賞につきまして、学会賞選考委員会における審議を経て、以下のように受賞者が決定されました。第 27 回研究発表会に合わせて開催された日本吸着学会総会において、受賞者の報告がなされました。引き続いて、表彰式において各賞の顕彰が行われました。（各賞の受賞者名、団体名は上記報告順）

学 術 賞

該当者なし

奨励賞（カルゴン カーボン ジャパン賞）

岡 伸樹 氏（三菱重工業株式会社 長崎研究所）

受賞対象研究：吸着法を用いる同位体分離技術の開発

岡氏は、化学工学的な実験やプロセスシミュレーションおよび分子シミュレーションを有機的に活用し、従来適用が困難であった、同位体分離という微小な吸着力差を分離源とする吸着種の吸着分離技術に対して、工業プロセス化の可能性を見出した。従来、同位体分離は、交換反応、相変化、遠心分離やレーザーによる選択励起などの分離方法が盛んに研究されている。例えば、ライフサイエンス用では、医療や食品改良の研究のための標識化合物として ^{13}C 、 ^{15}N 、 ^{18}O などのニーズがあり、原子力発電分野では、将来的な高速炉の窒化物燃料向けの ^{15}N や中性子吸収材としての ^{10}B などのニーズがある。しかしながら、製造コストが高いことから、市場への流通は様々なニーズのうちのわずかな用途に限られているのが現状である。

岡氏は社内の指導者、同僚とも協力し、吸着分離の原理的考察のため、触媒・吸着剤の性能向上およびその評価のために取り組んできた分子シミュレーションの技術も取り入れながら、微小な吸着力の差を分離に活用できるように改良した同位体選択性吸着剤調製技術を組み合わせて、同位体分離濃縮方法として工業的な適用の可能性を見出した。同位体を吸着分離する本技術を工業的に成立させるには更なるシステムの改良や各種研究開発が必要ではあるが、高い分離効率、簡素な設備、低廃棄物発生量、そして、卓越した経済的優位性に期待が持てる。以上、岡氏の研究成果は、同位体の吸着分離に関して、実用化に向けた重要な指針を与えるものであり、吸着学会奨励賞を授与するにふさわしいものである。



岡本久美子 氏（三菱樹脂株式会社）

受賞対象研究：基材に担持した AIPO 系ゼオライトの水蒸気吸脱着挙動解明と装置実装

岡本氏は、S 字型の水蒸気吸着等温線を示す ALPO 型ゼオライトの特



徴を低温排熱駆動による省エネルギーが期待されるデシカント空調機や吸着冷凍機に生かすべく、基材担持状態にある吸着剤の水蒸気吸脱着速度を測定し、その挙動変化を考察するとともに、数値計算において最重要パラメータとなる物質移動係数の与え方を検討した。まず、デシカントロータ小片の湿度スイング操作における吸脱着量変化から水蒸気吸脱着速度を導き、操作変数およびロータ材料の構成比率との関係を詳細に調べ、ある吸着量（境界吸着量）を境に吸脱着速度と吸着推進力との関係が変化することを見出した。また、吸着熱変化と関連付けることで、この境界吸着量前後で支配的な吸着機構が変化することを示唆した。これらの知見に基づき、デシカントロータの吸脱着速度を線形推進力モデルで表現する場合には、吸着機構の変化を物質移動係数の変化として考慮すべきことを述べている。なお、境界吸着量は、無機結合材を用いてロータ基材に水蒸気吸着材を担持する形式のデシカントロータにも存在し得るもので、本研究成果は同手法で製造されるデシカントロータ全般に適用できるものと考えられる。以上、岡本氏の研究は、デシカントロータなど基材担持型吸着材の物質移動に関する基礎理論を強化することで実機開発に貢献するものであり、学術および工学の両面で評価できる。よって、吸着学会奨励賞を授与するにふさわしいものである。

技 術 賞

ユニオン昭和株式会社

松倉 実 氏、石崎 英司 氏、
谷川 博史 氏、大井 敏夫 氏

受賞対象技術：安定固化可能な Cs 及び Sr 選択性吸着剤の実用化技術開発



福島第一原子力発電所の事故で発生した汚染水の除染処理が急務である。汚染水の処理に使用する吸着剤は Cs、Sr の高吸着性能を有するだけでなく、吸着後のその剤の長期安定保管も重要な技術ポイントである。

該社は、米国スリーマイル事故処理で実績があった該社の親会社である UOP 社製の吸着剤を、福島の実状に合わせて Cs、Sr の吸着性能の向上を図り、国産吸着剤として A-51 J などを実用化した。また、東北大学の三村教授の指導の下、Cs を吸着したフェロシアン化物に対し、ゼオライトを混合加熱処理する事によって長期安定保管が可能である事を見出した。これはフェロシアン化物の熱分解により揮発する Cs を高比表面積のゼオライトでトラップすることにより、Cs を雰囲気中に揮発することなく安定固化できるためである。この技術は、福島原発内の汚染水処理で最初に稼働したフランス／アレバ社システムで採用されているフェロシアン化物の処理にも応用可能であり、熱分解し易く、還元性雰囲気ではシアンガスの発生が懸念されている Cs を吸着した使用済みフェロシアン化物の長期安定保管への道筋を開いた。

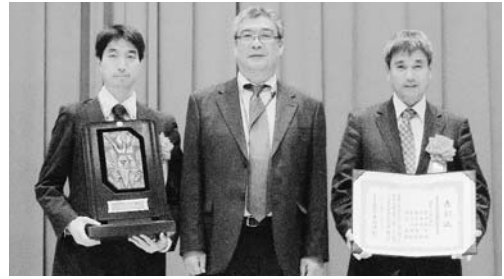
更に、本安定固化法を適用し、フェロシアン化物を付加したゼオライト系吸着剤の開発にも成功している。具体例として、Sr 吸着能に優れる A-51 J に Cs 吸着能力の高いフェロシアン化物を付加することにより、Cs と Sr を同時に吸着除去し、かつ Cs を雰囲気中に揮発させる事無く安定固化できるハイブリッド吸着剤、AF-51 J を開発した。

以上、これらの高性能 Sr 選択性吸着剤、フェロシアン化物安定固化法、安定固化可能な Sr 及び Cs のハイブリッド吸着剤開発等の実用化技術は、福島第一原子力発電所事故の収束に向けて幅広い適用が期待され、日本吸着学会技術賞を授与するにふさわしいものである。

日本ベル株式会社

仲井 和之 氏、千賀 義一 氏、
高木 和輝 氏、家上 治雄 氏、
中村 薫 氏

受賞対象技術：高圧多成分吸着量測定装置の開発



多成分ガスの各成分の吸着測定は、吸着分離剤の開発・性能評価ならびに選択的吸着分離プロセスの設計において大変重要である。多成分ガスを構成する各成分ガスの吸着等温線を得るには、吸着平衡圧における各成分の分圧を正確に測定する必要がある。この測定は、吸着平衡時に成分ガスの組成を分析する必要があり煩雑なことから、これまで多成分ガスの構成成分ガスそれぞれの吸着等温線は、単一成分ガスの吸着等温線から理論的に推測される場合が多かった。しかし実際の多成分ガスの吸着では、吸着分子と固体表面の相互作用だけではなく、吸着分子同士の相互作用が起こるため、吸着挙動の正確な解析には各成分ガスの吸着等温線の測定が望まれていた。今回、技術賞の対象となった開発技術は、定容量式吸着装置にガスクロマトグラフィーを連結して吸着平衡前後の各成分ガスの組成を決定する方法（Volumetric - Chromatographic 法）を利用した高圧多成分吸着量測定装置の開発である。この装置の開発によって複数の成分ガス共存下で各ガスの分圧を高精度に測定することが可能となり、多成分ガス中の成分ガスの吸着等温線の測定が可能となった。この装置はすでに日本ベル株式会社から BELSORP-VC として販売され、2008 年の上市以来、国内外に 7 台の納入実績を有している。よってこの開発技術は日本吸着学会技術賞を授与するのにふさわしいものである。



平成 25 年度日本吸着学会賞授賞式風景

技術ハイライト

酸素 PSA 用 LiLSX 吸着剤の開発 およびその生産技術の開発

Development of LiLSX adsorbent for
oxygen-PSA and its production technology

東ソー株式会社 南陽研究所
Tosoh Corporation Nanyo Research Laboratory

平 野 茂
Shigeru Hirano

1. はじめに

酸素 PSA は吸着剤を用いて、常温で空気中の窒素と酸素を分離する方法であり、吸着剤にはゼオライトが使用される。ゼオライトによる空気分離の場合、ゼオライト中のカチオンの静電場と窒素の四重極子モーメントとの相互作用により窒素が選択的に吸着され、窒素と酸素の吸着容量の違いによって分離される。このため酸素 PSA の性能は装置の運転方法だけでなく、ゼオライトの吸着性能に大きく依存する。1970 年代には 3 塔式あるいは 4 塔式の PSA 装置に、Ca 交換された A 型ゼオライト (CaA) が吸着剤として使用され、操作圧力範囲は約 3 気圧～大気圧であった。1990 年代になって、CaA よりも窒素の吸着選択性が高い Ca 交換 X 型ゼオライト (CaX) が開発され、これに伴って操作圧力は吸着圧力が約 1.5～2.5 気圧、脱着圧力が 0.25～0.35 気圧へと低圧化し、装置も 3 塔式あるいは 2 塔式へと変化した。90 年代の後半には、CaA、CaX よりも窒素の吸着選択性が高い吸着剤として、Li 交換 X 型ゼオライト (LiX) あるいは低シリカ X 型ゼオライト (LiLSX) が開発され、更に酸素コストが低減された。

LSX ゼオライトの構造は X 型ゼオライトと同じ FAU (フォージャサイト) であり、Si/Al 比は 1.0 である。LSX ゼオライトは、Wolf ら¹⁾により 1960 年代に合成されたが、純度の高い LSX ゼオライトを工業的な規模で合成することは極めて困難であった。しかしながら、弊社において、独自の合成技術開発によって、工業規模で高純度の LSX ゼオライトを合成できる生産技術を確立した。

また、酸素 PSA において、分離性能の重要な因子である有効窒素吸着量 (圧力スイング幅における窒素吸着量) と各種カチオンの分極能を評価した結果、Li カチオンが酸素 PSA において、最適なカチオンであることが示された。更に、LiLSX ゼオライトの構造解析を行い、窒素吸着容量との相関を評価した。その結果、窒素の吸着サイトはサイト III⁰のリチウムであること、LSX ゼオライトは X、Y 型ゼオライトに比べてサイト III⁰のリチウム個数が最大となり、窒素吸着容量が増大することを明らかとした。

商用の酸素 PSA 装置では、吸着剤は成形体として使用されるため吸着速度に優れることが重要である。成形体のマクロ細孔構造と PSA 性能に関する解析を行った結果、マクロ細孔の物質移動抵抗が律速であること、マクロ細孔の平均細孔直径が PSA 性能に影響することを明らかとした。本稿では、これらの酸素 PSA 用 LiLSX 吸着剤の開発について紹介する。

2. LSX ゼオライトの合成について

LSX ゼオライトの系統的な合成検討は Kuhl ら²⁾によって行われたが、アルミ原料とシリカ原料を混合した時に生成するアルミノシリケートゲルの熟成を室温以下の低温で、静置で結晶化させるものであった。商業生産においてはこのプロセスは採用できないため、工業規模で高純度の LSX ゼオライトの生産技術の検討を行った。その結果、工業的製造において問題点であった LSX ゼオライトの高純度合成と耐熱性の向上に対して、反応原料ゲルの粘度及び BET 比表面積の制御、合成時の攪拌の制御などにより、高純度な LSX ゼオライトの工業的な合成と従来品よりも 10℃ 以上優れた耐熱性を達成することができた。

3. Li カチオンの優位性

イオン種を変化させた LSX 型ゼオライトの窒素吸着量 (25℃) を図 1 に示す。イオンの価数とイオン半径の比 Z/r (イオンの分極能) を横軸とし、酸素 PSA の窒素吸着分圧および脱着分圧の一例である 830、250 mmHg における窒素吸着量を示している。図 1 によると、圧力に関わらずイオンの分極能が大きいほど窒素吸着量は大きくなる傾向がある。これはイオンの分極能が大きいほど、イオンによる静電場と窒素の四重極子モーメントの相互作用が大きくなるからである。

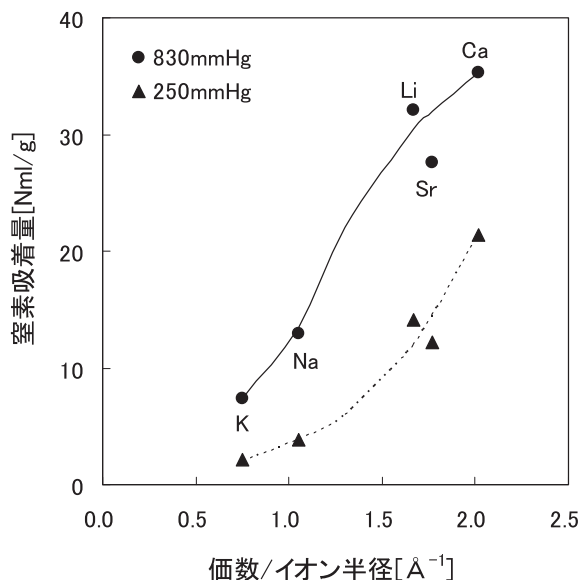


図1 イオン交換LSXの窒素吸着量(25℃)

しかし、PSAでは吸着-脱着の繰返しにより窒素が系外へ排気されるため、これら圧力における吸着量の差、いわゆる有効窒素吸着量を考える必要がある。有効窒素吸着量とイオンの分極能の関係を図2に示す。Liより分極能が大きくても小さくても有効窒素吸着量は小さくなり、Liが酸素PSA法にとって最適なイオンであることが示されている。Caは分極能が大きすぎるため、脱着圧での窒素吸着量も大きく、有効窒素吸着量は大きくならない。Liは分極能が適度であり、窒素吸着量は脱着圧で小さく吸着圧で大きいため、有効窒素吸着量は大きくなる。

なお、以上の議論はLSXについての結果であり、

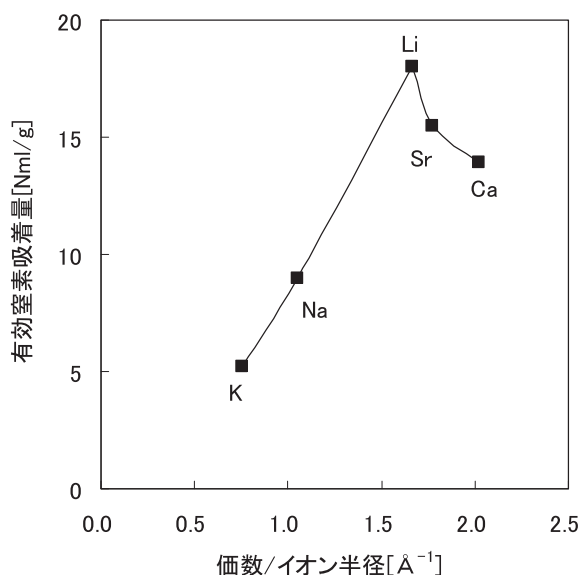


図2 イオン交換LSXの有効窒素吸着量

ゼオライト種が変わると変化する場合がある。それは、吸着量がイオンの位置に大きく依存するからである。また酸素PSAは、経済的な面から室温および大気圧付近で運転されているが、温度、圧力等が変化すれば、最適なイオンは変わってくる。

4. LSXゼオライトの優位性

図3に示すフォージャサイト(FAU)型構造のゼオライトにおいて、Si/Alを変化(Si/Al=1.00のLSX、1.23のX、1.69のY)について、Liイオン交換率を変化させたときの窒素吸着量(25℃、700mmHg)を図4に示す。横軸はLi交換率、縦軸はゼオライト1g当たりの窒素吸着量で示している。(Li、Na)FAUの窒素吸着量は、交換率が高くなると途中から急激に増加しており、その閾値はY、X、LSXの順に低くなっている。また外挿した交換率100%で比較すると、

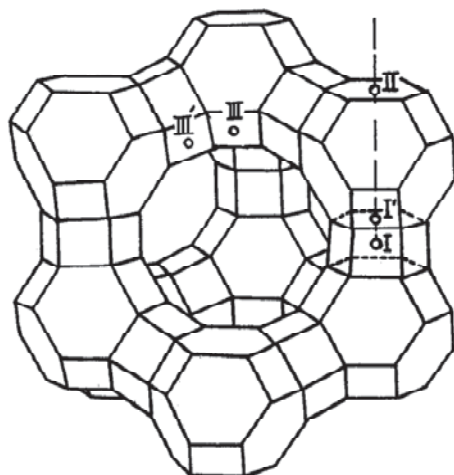


図3 FAU型構造

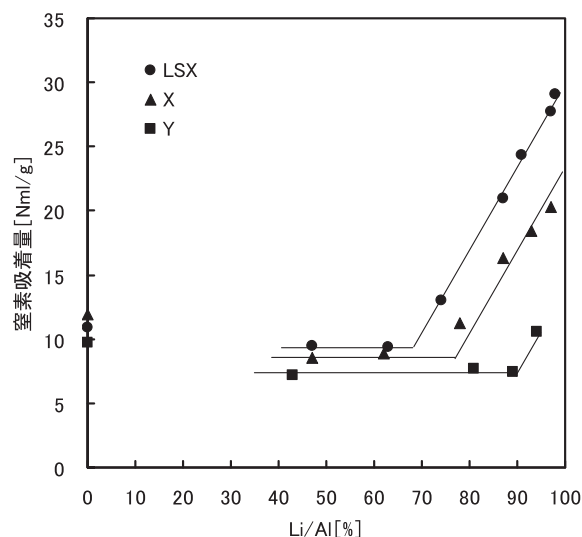


図4 (Li、Na)FAUの窒素吸着量(25℃、700mmHg)

LiLSX は LiX の約 1.3 倍の吸着量を有している。これは単純なユニットセル当たりの Li 数の比 ($96/86 \div 1.1$) より、かなり大きくなっている。

この結果及び文献の解析結果^{3,4,5,6)}から (Li, Na)FAU のイオンの位置について図 5 に示す仮説を立てた。横軸はユニットセル当たりの Li 数と LSX、X、Y 毎の Li 交換率、縦軸は各サイトにおけるユニットセル当たりの Li 数と Na 数で示している。この仮説では、Si/Al に関わらずユニットセル当たり 64 個以上の Li で、Li はサイト III^o を占め始めるとしている。

次に窒素吸着量と Li、Na の位置との関係を明らか

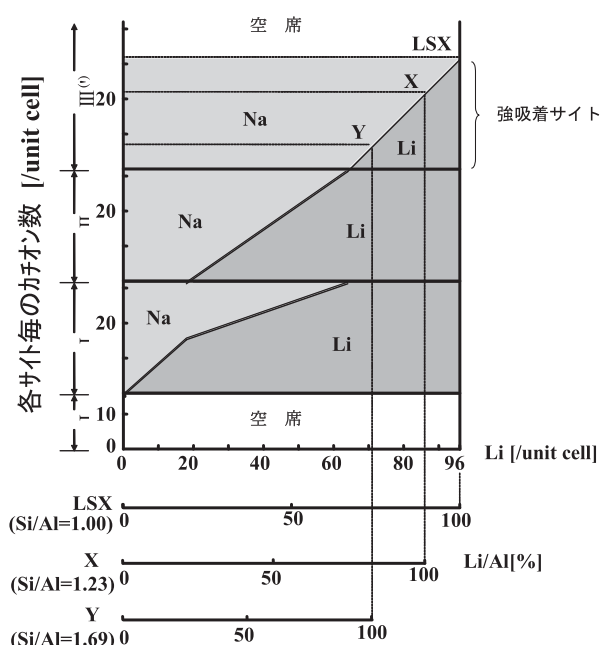


図 5 (Li, Na) FAU のカチオンの位置 (仮説)

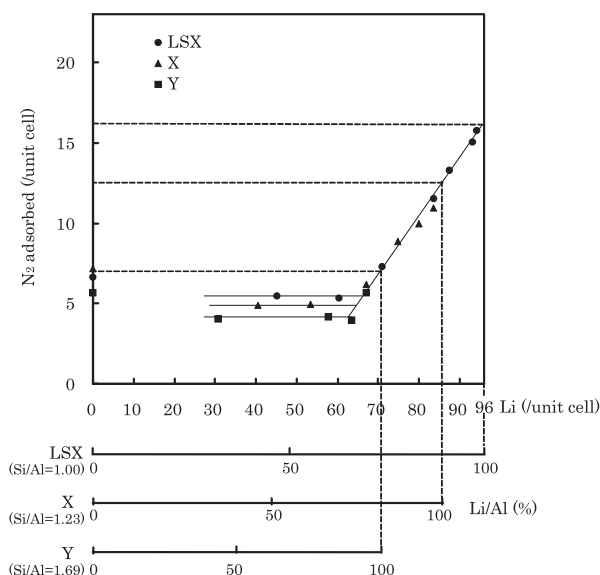


図 6 (Li, Na) FAU の窒素吸着量 (25℃、700 mmHg)

にするため、図 4 の結果を単位変換した。横軸を図 5 と同じユニットセル当たりの Li 数と LSX、X、Y 毎の Li 交換率、縦軸をユニットセル当たりの窒素吸着分子数で示したものを図 6 に示す。窒素吸着分子数は、LSX、X、Y で良く一致しており、ユニットセル当たりの Li が 64 個以上で急激に増加している。これはサイト III^o の Li が窒素の吸着サイトであることを示し、図 5 の仮説を支持している。

サイト III^o は図 3 に示したように、4 員環という小さい環に位置し、窒素の通り道であるスーパーケージの方へ突き出ている。この特異的な位置が原因でサイト III^o の Li は、窒素吸着に特に有効になっていると考えられる。これに対し、サイト I および I' はスーパーケージに面していない。またサイト II は、スーパーケージに面しているが、6 員環に位置しているため、イオン半径の小さな Li は突き出しておらず、サイト III^o と比べて窒素吸着にはあまり有効ではない。

LiLSX は、このサイト III^o の Li 数が X、Y と比べて特に多いため、窒素吸着量が多く、酸素 PSA 用ゼオライトとしての性能が優れていると考えられる。

5. LiLSX ゼオライト成形体のマクロ細孔構造

酸素 PSA 用吸着剤として LiLSX が優れることは上述の通りであるが、商用の酸素 PSA においては LiLSX ゼオライトは、球状、円柱状などの成形体として使用される。LiLSX ゼオライト成形体を使用される酸素 PSA プロセスでは、その高い窒素の吸着選択性を生かして、吸着塔を小型化して酸素の生産性を高めるために短サイクル時間で運転されることが多い。短サイクル時間での運転では、ガス流速が速くなるため動的な吸着特性が重要な性能要素となる。工業的な吸着プロセスでは、ほとんどが吸着剤粒子内部の物質移動速度 (吸着速度) が律速であり、吸着剤の小粒化がよく知られた吸着速度の改善方法であるが、吸着塔の圧力損失が多くなってエネルギー消費量の増加を招くことがある^{3,4)}。圧力損失を変えないで吸着速度を改善するために、吸着剤のマクロ細孔構造を制御する検討を行った。

吸着剤の窒素・酸素吸着量、粒子径、マクロ細孔容積を同じとして、マクロ細孔の平均細孔直径のみを変化させた吸着剤の酸素 PSA 性能の結果を図 7 に示す。平均細孔直径を大きくすることにより、酸素 PSA の酸素発生量と回収率が向上することが確認できた。

図 8 に示す細孔内の拡散係数の基礎的な計算から、

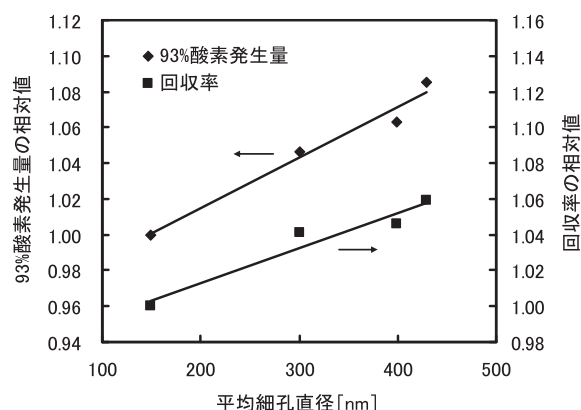


図7 マクロ細孔の平均細孔直径と PSA 性能の関係 (25℃)

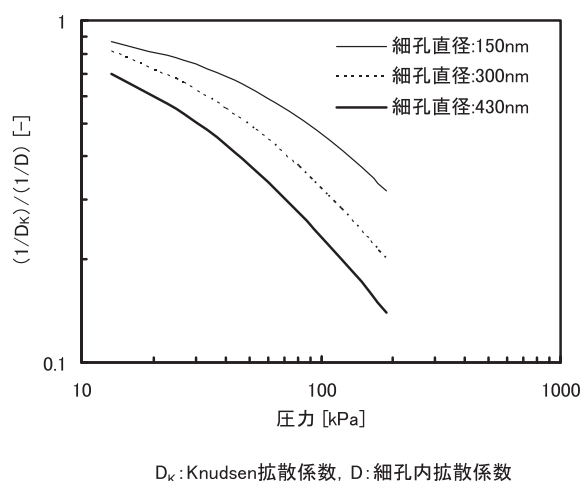


図8 細孔内拡散抵抗と Knudsen 拡散抵抗の比

脱着圧に相当する低圧領域ほど Knudsen 拡散による物質移動の抵抗の寄与が大きくなる一方で、細孔直径が大きくなるに従い Knudsen 拡散による物質移動の抵抗の寄与が小さくなりマクロ細孔内の物質移動抵抗も小さくなることから明らかとなった。同一粒子径の吸着剤の場合、酸素 PSA の性能は、高い圧力の吸着工程よりも低い圧力で行われる脱着工程でマクロ細孔内の物質移動抵抗が大きく影響すると考えられる。

6. LiLSX 吸着剤の残存水分量の影響

酸素 PSA 用吸着剤に限らず、ガス分離用の吸着剤の分離機能を発現させるためには、吸着剤に含まれる水分を脱離させる必要があることは周知のとおりである。ここでは LiLSX 吸着剤に残存する水分が、窒素・酸素吸着量に及ぼす影響を検討した。

その結果を図9に示す。水分子1個の吸着によって、窒素分子0.3個の吸着が阻害されること、酸素よりも窒素の方が水分の影響を受けやすいことがわかった。

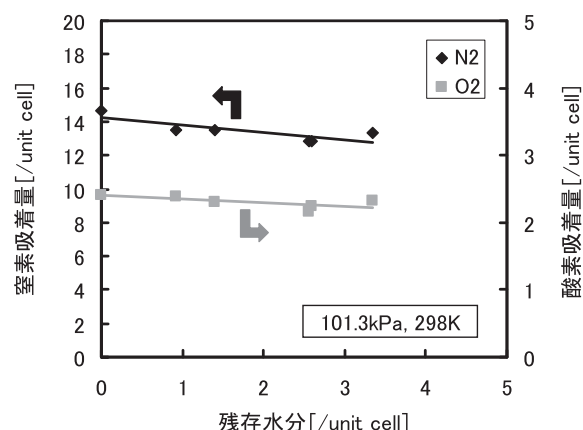


図9 吸着剤の残存水分量と窒素・酸素吸着量の関係

7. おわりに

1999年にゼオラム NSA を上市後、国内外の中・大規模酸素 PSA プラント 170 基以上に継続的にご使用頂き、鉄鋼、パルプ・製紙業をはじめとする燃焼プラントにおける高効率（低 CO₂ 発生）・低 NO_x といった、エネルギーの高効率利用と環境保全に貢献でき、嬉しく思う。今後も安定した品質の製品を供給するとともに、未知なる可能性を秘めたゼオライトを基剤とした吸着剤の開発を通じて、社会に貢献していきたい。

8. 謝 辞

2012 年度の吸着学会にて技術賞を受賞できたことを大変光栄に思います。酸素 PSA 用 LiLSX 吸着剤の開発と生産技術の確立には、多くの方の協力によって成し得たものであります。ご協力いただいた皆様に対し、あらためて感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) F.Wolf, H.Furtig, and E.Lemintz, DDR Pat.43221 (1966)
- 2) G.H.Kuhl, *Zeolites*, 7, 451 (1987)
- 3) C.Forano, R.C.T.Slade, E.K.Andersen, I.G.K. Andersen and E.Prince, *Journal of Solid State Chemistry*, **82**, 95(1989)
- 4) H.Herden, W.-D.Einicke, R.Schollner, W.J.Mortier, L.R. Gellens and J.B.Uytterhoeven, *ZEOLITES*, **2**, 131(1982)
- 5) Y.F.Shepelev, *ZEOLITES*, **10**, 61 (1990)
- 6) H.Herden, W.-D.Einicke, R.Schollner and A.Dyer, *Journal of Inorganic Nuclear Chemistry*, **43**, 2533

(1981)



平野 茂

東ソー株式会社 南陽研究所

略歴 1993 年 3 月 岡山大学大学院工学研究科修了

1993 年 4 月 東ソー株式会社入社

専門：無機材料化学

ホットピックス

多孔質炭素材料への水蒸気吸着

Water adsorption on porous carbons

徳島大学 大学院ソシオテクノサイエンス研究部
先進物質材料部門
Department of Advanced Materials, Institute of
Technology and Science,
The University of Tokushima

堀 河 俊 英
Toshihide Horikawa

1. はじめに

水は我々の生活に必要不可欠であり、幸運にも我々の住む地球上には豊富に存在する。その水が持つ特徴の一つは、水が水分子間に生じるとも強い相互作用“水素結合”を形成することである。水分子は酸素原子1つと水素原子2つの原子3つから成る単純な分子であるにも関わらず、水1分子内の酸素原子と水素原子間で生じる分極のため、その酸素原子は近隣の他分子の水素原子と指向性を有する“結合”をする。それが水分子間で生じる水素結合である。この水素結合を有する水は、生命活動のみならず、様々な場面において非常に重要な役割を果たしているが、時として厄介な存在でもある。その理由は、水が形成する水素結合により生じる相互作用のため、化学、生物、ナノテクノロジーなど各分野において水に関わる現象が非常に複雑となり、現象の詳細なメカニズムの把握を非常に困難にするためである。吸着分離技術において適用する吸着剤の性能は分離性能を大きく左右することになるが、吸着剤の設計・高機能化には吸着現象メカニズムの詳細な理解が必要である。

多孔質炭素への気相吸着に関する研究は、1773年に Scheele、1775年に Priestley、1777年に Fontana が charcoal への吸着現象をそれぞれが報告したのを皮切りに、すでに200年以上継続されている^{1)~3)}。もちろん、水蒸気吸着に関する研究も進められてきた。炭素表面（グラファイト）への水蒸気吸着はアルゴン、窒素などの極性を持たない単純分子の吸着とは大きく異なる。アルゴンなどが炭素表面に吸着する場合は炭素表面へ吸着分子が層を形成しながら吸着が進行するのに対して、水分子の場合は電荷の偏りがある表面（表

面官能基など）と指向性を持った配置、すなわち、その系で水分子がより自由エネルギーの低くなる配向をとるように水素結合により吸着し、その水分子を起点にさらに水分子が水素結合によりクラスターを形成することで水蒸気吸着が進行する⁴⁾。近年では、急速に発展したコンピュータシミュレーション技術により、実験系データから考察することが困難であった微視的挙動観察が可能となっている。このように単純な系から、実験、シミュレーションによって徐々に水蒸気吸着メカニズムの解明に近づいているのではないかと思われる。

しかしながら、水蒸気吸着に関する研究論文数は、実験、シミュレーションの何れの場合においても、他の希ガスなどの単純分子の吸着に関する研究論文数と比べて圧倒的に少なく、まだまだ検討の余地があり大変面白い研究ターゲットであると著者は思っている。本稿では、著者の研究グループで取り組んでいる水蒸気吸着に関する研究結果について紹介する。

2. 水蒸気吸着等温線

活性炭など一般的な多孔質炭素材料への298 Kにおける水蒸気吸着等温線を図1に示す⁵⁾。活性炭の水蒸気吸着等温線は図1に示すように一般的にIUPACのV型の形状をとり、相対圧0.5付近で大きく急激な水蒸気吸着等温線の立ち上がりを示し、著しい吸着ヒステリシスを示す。相対圧0.5付近における急激な吸着量の増加は、Kaneko ら^{6)~8)}の研究グループ、2000年に報告されたDo ら⁹⁾のDDモデルなどにより、次の

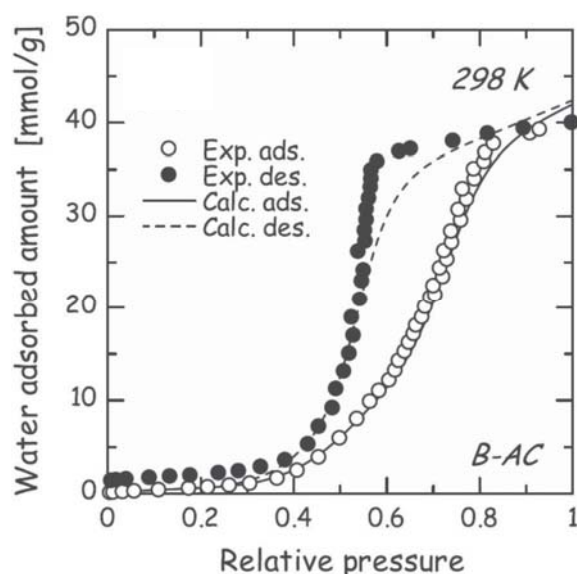


図1 298 Kにおける竹活性炭の水蒸気吸着等温線⁵⁾

ように簡潔に説明できる。表面官能基に水分子が水素結合により吸着し、さらにその官能基に吸着した水分子に水分子が水素結合で吸着が進行することによりクラスターが形成され、水クラスターの成長に伴い静電的寄与が緩和されることで、細孔内への吸着が進行する。クラスターがあるクラスターサイズに成長するまで細孔に吸着できないため低相対圧部では吸着量は僅かな増加に留まり、十分なクラスターサイズに成長する相対圧 0.5 付近で大きく吸着量が増加する。

DD モデルは吸着等温線のみを表現し、水クラスターは水分子 6 個で形成するように提案されていたが、2009 年に Do らによりクラスターを構成する水分子数

は任意に変更でき、さらに脱着等温線も表現できるように改良された¹⁰⁾。この改良された DD モデルは非常によくマイクロ孔リッチな活性炭などの水蒸気吸着等温線を再現でき、吸着等温線の立ち上がる位置が相対圧 0.2–0.6 の範囲であってもクラスターを構成する水分子数が異なることでうまく表現されていた。すなわち、水蒸気吸着等温線が 0.2 付近の低相対圧で立ち上がる場合にはクラスターを構成する水分子数は少なく、0.6 付近の中相対圧で立ち上がる場合には水分子数が増加する。

しかしながら、著者が調製したマイクロ孔、メソ孔を有するレゾルシノール–ホルムアルデヒド (RF) カーボンプライオゲルの水蒸気吸着等温線は、一般的な活性炭の水蒸気吸着等温線とは異なり、2 段階の立ち上がりを示した¹¹⁾。この RF カーボンプライオゲルの細孔径分布は活性炭のようなマイクロ孔からメソ孔への連続的な分布ではなく、マイクロ孔とメソ孔がそれぞれ独立した二峰性を持つ様な分布である。図 2 に RF カーボンプライオゲル (RF-200) の水蒸気吸着等温線と、改良 DD モデル¹⁰⁾による Fitting 結果を、図 3 に 77 K における RF カーボンプライオゲルの窒素吸着等温線を示す。図 2 から明らかなように、RF-200 の水蒸気吸着等温線に改良 DD モデルを適用して Fitting すると、相対圧 0.5 以上の中高相対圧部において水蒸気吸着等温線と大きなズレが生じてしまう。

2010 年までに著者が調査した多孔質炭素材料への水蒸気吸着に関する報告の大半は、様々な条件で調製されたマイクロ孔リッチな活性炭への水蒸気吸着に関するものであった。そして、メソ孔を有する材料を用いて報告されていたのは 1997 年の Hanzawa と Kaneko による大きなメソ孔を有する RF カーボンエアロゲルを用いた水蒸気吸着結果¹²⁾のみであった。前者は先に述べたように、図 1 のような水蒸気吸着等温線を示し、後者もまた、メソ孔を有しているが吸着には寄与しなかったため、図 1 と同様の 1 段の吸着等温線結果が報告されていた。そのため、多くの研究者は多孔質炭素材料への水蒸気吸着にはマイクロ孔のみが寄与すると考えていたのではないと思われる。DD モデルもその例外ではなく、マイクロ孔への吸着だけを取り扱っていた。また、DD モデルでは、モデル内に窒素吸着等温線から得られたマイクロ孔容積を水蒸気が吸着可能な容積として用いて表現したモデルであるため、図 3 に示す RF-50 のように窒素吸着を示さない材料の水蒸気吸着等温線を説明することはしていない (図 4 – a 参

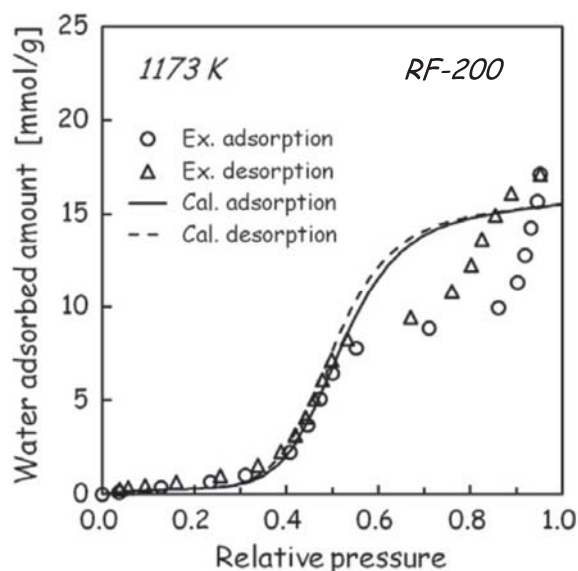


図 2 298 K における RF カーボンプライオゲルの水蒸気吸着等温線と改良 DD モデルによる Fitting 結果¹¹⁾

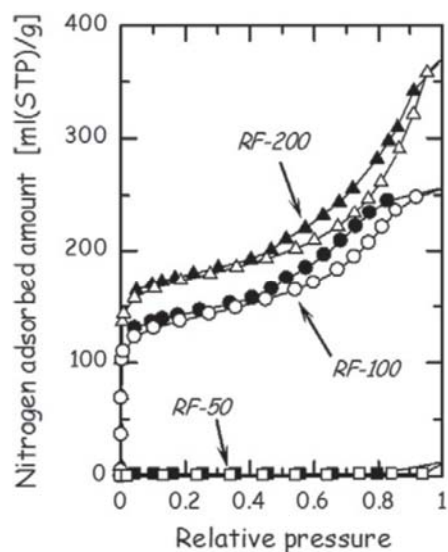


図 3 77 K における RF カーボンプライオゲルの窒素吸着等温線¹¹⁾

照)。

そこで、改良 DD モデルをさらに改良して Horikawa-Do (HD) モデルを提案し、また、パラメータの一つである多孔質炭素のミクロ孔容積には二酸化炭素吸着から得られた結果を採用することにした¹¹⁾。

HD モデルを式(1)、(2)に示す。

吸着等温線：

$$C_{\text{total}} = C_{\mu s} \frac{K_{\mu} \sum_{n=a1+1}^m x^n}{K_{\mu} \sum_{n=a1+1}^m x^n + \sum_{n=a1+1}^m x^{n-a1}} + C_{ms} \quad (1)$$

$$\times \frac{K_m \sum_{n=a2+1}^m x^n}{K_m \sum_{n=a2+1}^m x^n + \sum_{n=a2+1}^m x^{n-a2}} + S_0 \frac{K_f \sum_{n=1}^m n x^n}{1 + K_f \sum_{n=1}^m x^n}$$

脱着等温線：

$$C_{\text{total}} = C_{\mu s} \frac{K_{\mu} (1 + K_{R1}) \sum_{n=a1+1}^m x^n}{K_{\mu} (1 + K_{R1}) \sum_{n=a1+1}^m x^n + \sum_{n=a1+1}^m x^{n-a1}} + C_{ms} \quad (2)$$

$$\times \frac{K_m (1 + K_{R2}) \sum_{n=a2+1}^m x^n}{K_m (1 + K_{R2}) \sum_{n=a2+1}^m x^n + \sum_{n=a2+1}^m x^{n-a2}} + S_0$$

$$\times \frac{K_f \sum_{n=1}^m n x^n}{1 + K_f \sum_{n=1}^m x^n}$$

(C_{total} ：全吸着量、 $C_{\mu s}$ ：ミクロ孔への飽和吸着量、 C_{ms} ：メソ孔への飽和吸着量、 S_0 ：表面官能基濃度、 $a1$ ：ミクロ孔吸着に対するクラスターサイズ (水分子数)、 $a2$ ：メソ孔吸着に対するクラスターサイズ ($a1 < a2$)、 K_{μ} ：ミクロ孔吸着に対する吸着平衡定数、 K_m ：メソ孔吸着に対する吸着平衡定数、 K_f ：(表面官能基への吸脱着平衡定数) / (表面官能基へ吸着した水への吸脱着平衡定数)、 K_{R1} ：ミクロ孔に対する緩和平衡定数、 K_{R2} ：メソ孔に対する緩和平衡定数、 x ：相対圧)

HD モデルの詳細な説明については割愛するが、各項の $C_{\mu s}$ 、 C_{ms} 、 S_0 は実験結果から得られる値をパラメータとして使用する。また、 $C_{ms} = 0$ のとき、すなわち、メソ孔への水蒸気吸着が認められないとき、式(1)、(2)は改良 DD モデルに一致する^{10)、11)}。

図 4 に RF-50、RF-100、RF-200 の 298 K に お け

る水蒸気吸着等温線と HD モデルによる Fitting 結果を示す。図 2 の改良 DD モデルで大きなズレを示していた中高相対圧部分の Fitting 結果が、HD モデルを適用した図 4 - c では非常にうまく表現できている。また、ウルトラミクロ孔のみを有する RF-50、そして、RF-200 と同じくミクロ孔とメソ孔を有する RF-100 への水蒸気吸着等温線も HD モデルで再現されていることが確認できる。これらの結果から次の 3 つの知見が得られた。

- 1) ミクロ孔への全水蒸気吸着量は 298 K の二酸化炭素吸着結果から得られたミクロ孔容積の 62% 程度である
- 2) 水蒸気吸着等温線の 1 段目の立ち上がり起因する水クラスターサイズよりも、2 段目の立ち上がり起因する水クラスターサイズの方が大きい
- 3) 各段の水蒸気吸着量から、1 段目の立ち上がりはミクロ孔、2 段目の立ち上がりは小さいメソ孔に起因する (2 段目の水蒸気吸着容量は、窒素吸着結果から Dollimore-Heal 法により算出した吸着剤のメソ孔容積よりもかなり小さいことから、サイズ依存性があり、大きなメソ孔へは吸着できないことを示唆)

1) の結果は、ミクロ孔内へ水分子が吸着する場合、細孔内で水分子が水素結合による構造を取ることで、細孔内に吸着した水の密度が通常バルク水の密度よりも小さいことを示唆している。

2) の結果より、多孔質炭素への水蒸気吸着にはウルトラミクロ孔から、大きすぎない比較的小さいメソ孔までが寄与しており、より小さい細孔への吸着には小さいクラスターサイズが、大きい細孔へは大きいクラスターサイズが必要であることが示唆される。1 段目の中相対圧部までの等温線の立ち上がりの位置がよ

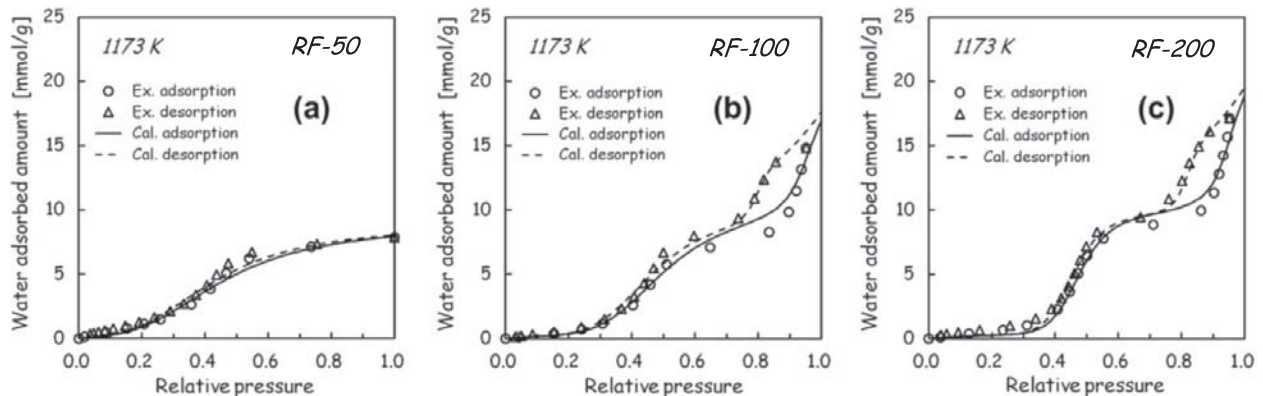


図 4 298 K における RF カーボンライオゲルの水蒸気吸着等温線と HD モデルによる Fitting 結果¹⁰⁾

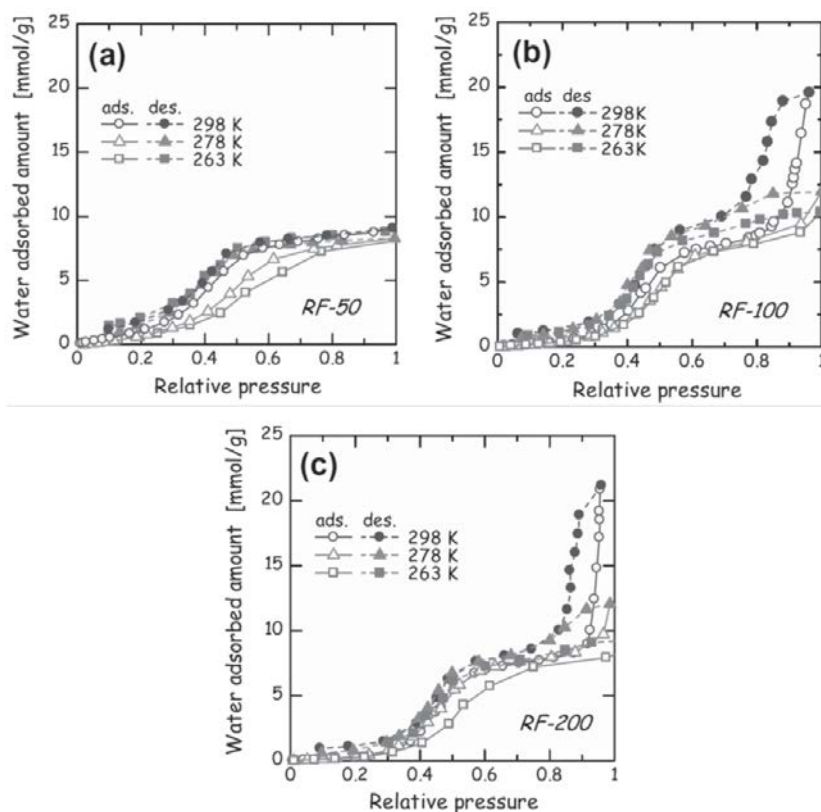


図5 263-298 K における RF カーボンクライオゲルの水蒸気吸着等温線¹³⁾

り低圧部寄りであるほど、吸着に必要なクラスターサイズが小さくなる。2 段目も同様に、より高相対圧部で立ち上がる場合には必要なクラスターサイズはより大きくなる。水蒸気吸着等温線が 2 段になるのは、多孔質炭素のミクロ孔とメソ孔がそれぞれ独立した二峰性の細孔径分布を有するため、連続した細孔径分布を持つ場合には、等温線の立ち上がりは緩やかな 1 段になる。

先に紹介した Hanzawa と Kaneko が報告した¹²⁾ミクロ孔とメソ孔がそれぞれ独立した二峰性の細孔径分布を有する RF カーボンエアロゲルの水蒸気吸着等温線が RF-100、RF-200 の場合と異なり 1 段の等温線となった理由は、そのメソ孔サイズが水クラスターの吸着には大きすぎ吸着に必要なサイズの水クラスターまで成長できずメソ孔へ吸着できなかったため、ミクロ孔への水蒸気吸着のみが観測されたためであると考えられる。この結果は、水蒸気が大きなメソ孔へ吸着できないことの証拠であると考えている。著者らの水蒸気吸着測定温度が Hanzawa と Kaneko の測定温度 303 K より 5 K 低い 298 K で測定していることを考慮すべきであるが、残念ながら 303 K での測定が行えないため同温度での比較をしていない。しかし、次に示

す水蒸気吸着等温線の温度依存性の挙動をみると特に証拠として問題ないと考えている。

3. 吸着温度依存性

水蒸気吸着に関する研究報告数がアルゴン、窒素などの一般的な吸着質と比較して少ないことを前述したが、その少ない水蒸気吸着に関する報告のほとんどの吸着測定温度は、室温、または、室温より少し高い温度に設定されており、室温よりも低温における水蒸気の吸着データは非常に少ない。そこで、吸着温度を 298 K 以下に設定して、図 4 で示したのと同じ 3 つの RF カーボンクライオゲルへの低温における水蒸気吸着測定を行った (図 5)¹³⁾。

ウルトラミクロ孔のみを有する RF-50 の水蒸気吸着等温線は、吸着温度を 263 K から 298 K に変化させても、ほぼ同じ吸着量であった。しかし、ミクロ孔とメソ孔がそれぞれ独立した二峰性の細孔径分布を有する RF-100、RF-200 の水蒸気吸着等温線は、温度の低下と共に高相対圧部 (2 段目) の吸着量が減少し、吸着温度が 263 K のときには、RF-50 と類似した 1 段の水蒸気吸着等温線となった。二酸化炭素吸着結果から得られたミクロ孔容積は RF-50、RF-100、RF-200

共にほぼ等しいことから、吸着温度 263 K において、水蒸気はミクロ孔にのみ吸着することが示唆された。また、吸着温度が低温になるにしたがって、吸着等温線が高相対圧側へシフトした。この現象は吸着測定条件である平衡時間の設定が短すぎるため充分吸着平衡に達しておらず等温線が高相対圧側へシフトしているのではないかという疑念があったが、平衡時間設定を 1 点あたり十数時間になるよう変更したが 263 K における吸着等温線はほぼ一致したことから、平衡時間がその要因ではない。著者らは吸着温度が水蒸気のクラスター成長に影響を及ぼし、細孔に吸着するのに必要なクラスターサイズに成長するにはより高い相対圧、すなわち化学ポテンシャルが必要となり、低温時に等温線が高相対圧側へシフトしたと考えており、現在それを証明すべく研究を進めているところである。

吸着温度の低下に伴う水蒸気吸着量の減少は、メソポーラスシリカへの水蒸気吸着等温線でも観察されており、細孔径が小さいメソポーラスシリカでは吸着温度が 258 K まで低下しても吸着量は減少せず、より細孔径の大きいメソポーラスシリカで吸着量が減少する結果が報告されている¹⁴⁾。この傾向は著者らの結果と類似している点があり大変興味深い。この報告によるとメソポーラスシリカの水蒸気吸着量が減少したとき、その吸着温度が 258 K 以下と低温であったことから、吸着量の減少は吸着温度の低下に伴い表面に吸着した水蒸気が凝固し、凝固水が細孔をブロックしたため吸着量が減少したと結論付けている。しかしながら、図 5 に示す RF-100、RF-200 の水蒸気吸着等温線では、バルク水の凝固点以上の 278 K で吸着量が減少していることから (RF-200 では 293 K でも吸着量が減少)、凝固した水が細孔をブロックすることにより吸着量が減少したとするメソポーラスシリカへの吸着メカニズムとは明らかに異なる。温度低下に伴う吸着量の減少についても、吸着温度がクラスター成長に影響を及ぼすことでメソ孔に吸着する水蒸気の吸着量が変化するからであると考えている。

詳細なメカニズムはまだ検討中であるが、RF カーボンクライオゲルのような二峰性を有する材料を用いたことで、吸着温度低下に伴う吸着量の減少はメソ孔への吸着量の減少に起因することが明らかになった。そこで次に、図 1 に示した比較的連続的な細孔径分布を有する竹活性炭の水蒸気吸着等温線の温度依存性について検討した結果を紹介する。

図 6 に 263-298 K における竹活性炭への水蒸気吸着

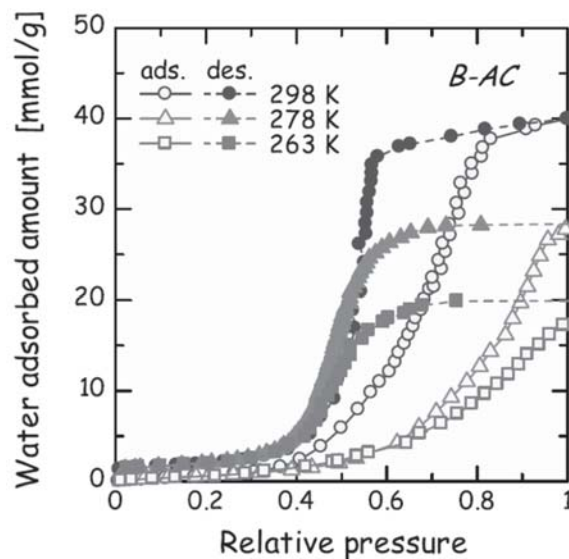


図 6 263-298 K における竹活性炭の水蒸気吸着等温線¹³⁾

等温線を示す。竹活性炭の水蒸気吸着等温線も、RF-200 と同様に吸着温度の低下に伴い吸着量が減少した。RF-200 の結果から、竹活性炭の水蒸気吸着量の減少も、メソ孔に吸着した水蒸気吸着量の減少に伴うものであると考えられるが、RF-200 のように 2 段階の等温線ではないので等温線から直接判断するのは難しい。そこで、各吸着温度の等温線に HD モデルを適用して Fitting を行うことで、その結果から解析を行った。その結果、263 K の水蒸気吸着量は二酸化炭素から算出した竹活性炭のミクロ孔容積の 62% とほぼ一致し、さらに、298 K の吸着量はミクロ孔のみに吸着した場合の吸着量を大きく上回ることが明らかになった。したがって、吸着温度低下に伴う竹活性炭の水蒸気吸着量の減少も、RF-200 の場合と同様に、メソ孔に吸着した水蒸気吸着量の減少に伴うものであると結論できた。これまで活性炭の水蒸気吸着等温線で一般的に報告されている V 型の等温線の中には、ミクロ孔への吸着だけでなく連続的に小さいメソ孔まで吸着が起こっていると考えるのが妥当であると思われる。

4. 水蒸気吸着を利用したキャラクタリゼーションの可能性

2.、3. で紹介した水蒸気吸着等温線の結果から、多孔質吸着剤の細孔構造、表面特性などに対して水蒸気が非常にセンシティブなプローブになり得ることが予見できる。Krakow, Poland で 2012 年に開催された Carbon 2012 の国際学会において、M. Thommes が水蒸気によるキャラクタリゼーションの可能性について

講演した後に、さらに著者が 3. で紹介した水蒸気吸着の細孔構造と温度依存性の発表をしたので、質疑応答では M. Thommes、他の研究者も巻き込み水蒸気吸着メカニズムをテーマに白熱したディスカッションとなり、セッションがかなり盛り上がったことがあった。話が逸れたが…、M. Thommes は彼の論文の中で、水蒸気の吸着が薬品賦活、ガス賦活、市販活性炭のウルトラミクロ孔を持つ材料の表面化学特性をセンシティブに把握するためのツールになると述べている¹⁵⁾。著者も同意見であり、実際に共同研究者の Do らとキャラクターゼーションについて検討している^{16), 17)}。

著者らは、吸着初期のヘンリー則が成り立つ領域で、グラファイト表面－水分子間の相互作用のみで理論的に得られるヘンリー定数 K_B よりも、実際の水蒸気吸着等温線から実験的に得られるヘンリー定数 K の方がはるかに大きいことを発見した¹⁶⁾。これは、水蒸気がグラファイト表面のエッジに存在する表面官能基と強く水素結合するためであり、表面官能基－水分子間の相互作用は水分子－水分子間の相互作用と同程度の強さを持ち、グラファイト表面－水分子間の相互作用よりはるかに強いことを示した。さらに、この相互作用の強さの違いを利用して、表面官能基－水分子間の相互作用を、さらに表面官能基をカルボキシル基、フェノール性水酸基、カルボニル基のそれぞれ 3 つに設定し、それらの各官能基－水分子間から得られる理論ヘンリー定数をそれぞれ求めた。その得られた理論ヘンリー定数と、吸着温度 263-298 K で測定した水蒸気吸着等温線の吸着初期の温度依存性を利用して、多孔質炭素の表面に存在する表面官能基の新規定性・定量法を提案した¹⁷⁾。この提案した表面官能基量の定性・定量法は、現在一般的に適用される Boehm 滴定、XPS などによる定性・定量法に直ちに取って代わることはないかもしれないが、Boehm 滴定、XPS などによる定性・定量法にもそれぞれ長所と欠点があるので、今後、より多くのデータを蓄積し改良を加えていくことでお互いの欠点を補完する強力な手法となることを期待している。

5. おわりに

RF カーボンクライオゲルへの水蒸気吸着結果を中心に細孔構造、吸着温度が水蒸気吸着等温線に及ぼす影響について紹介した。ミクロ孔、メソ孔の二峰性を有する多孔質炭素への水蒸気吸着等温線が中相対圧、

高相対圧領域の 2 段階で立ち上がり、吸着温度の低下に伴い高相対圧領域のメソ孔への水蒸気吸着量が減少することがわかった。しかし、水蒸気吸着の温度依存性に関する研究では、吸着温度を低温に設定した実験データ、情報がまだまだ少なく、今後さらなる検討が必要である。

水蒸気をプローブとした表面官能基のキャラクターゼーション法について文章のみで簡潔に紹介したが、水蒸気をプローブとしたキャラクターゼーション法は高いポテンシャルを秘めており、今後さらなる発展が期待できる。

今回は割愛したが、著者は、窒素ドープした多孔質炭素への水蒸気吸着挙動について検討し、大変興味深い結果を得ている^{18), 19)}。多孔質炭素を窒素ドープング、表面酸化などにより改質することで、水蒸気を含むガス分離や水蒸気吸着式ヒートポンプなどに適した高機能化吸着剤を設計するためにも、今後より多くの水蒸気吸着に関する系統だった研究データ、情報が必要で、より詳細に水蒸気吸着メカニズムを解明し、ユニバーサルな吸着理論の構築が望まれる。

謝 辞

本研究は、JSPS 優秀若手研究者海外派遣事業、科学研究費補助金からの研究支援を受けて行われた。また、2010 年から 1 年間の滞在を快諾して下さった Queensland 大学 Do 教授、留守の間ご迷惑をおかけした所属学科の諸先生方、さらに学生諸君のサポートにより推進したものである。ここに謝意を示す。

【参考文献】

- 1) F. Rouquerol, J. Rouquerol, K. Sing, Adsorption by powders and porous solids. London: Academic Press (1999).
- 2) S. J. Gregg, K. S. W. Sing, Adsorption, surface area and porosity, 2nd. London: Academic Press (1982).
- 3) S. Kiefer, E. Robens, *J Therm Anal Calorim* **94**, 613 (2008).
- 4) V. T. Nguyen, D. D. Do, D. Nicholson, *Carbon* **66**, 629(2013).
- 5) T. Horikawa, Y. Kitakaze, T. Sekida, J. Hayashi, M. Katoh, *Bioresour Technol* **101**, 3964 (2010).
- 6) T. Suzuki, T. Kasu, K. Kaneko, *Chem Phys Lett* **191**, 569 (1992).
- 7) Y. Fujiwara, K. Nishikawa, T. Iijima, K. Kaneko, *J*

Chem Soc Faraday Trans **87**, 2769 (1991).

- 8) T. Ohba, H. Kanoh, K. Kaneko, *J Am Chem Soc* **126**, 156 (2004).
- 9) D. D. Do, H. D. Do, *Carbon* **38**, 767 (2000).
- 10) D. D. Do, S. Junpirom, H. D. Do, *Carbon* **47**, 1466 (2009).
- 11) T. Horikawa, T. Sekida, J. Hayashi, M. Katoh, D. D. Do, *Carbon* **49**, 416 (2011).
- 12) Y. Hanzawa and K. Kaneko, *Langmuir* **13**, 5802 (1997).
- 13) T. Horikawa, N. Sakao, D. D. Do, *Carbon* **56**, 183 (2013)
- 14) K. Yamashita, A. Endo, H. Daiguji, *J Phys Chem C* **117**, 2096 (2013).
- 15) M. Thommes, C. Morlay, R. Ahmad, J. P. Joly, *Adsorption* **17**, 653 (2011).
- 16) V. T. Nguyen, T. Horikawa, D. D. Do, D. Nicholson, *Carbon* **61**, 551 (2013).
- 17) V. T. Nguyen, T. Horikawa, D. D. Do, D. Nicholson, *Carbon* **67**, 72 (2014).
- 18) T. Horikawa, N. Sakao, T. Sekida, J. Hayashi, D. D. Do, M. Katoh, *Carbon* **50**, 1833 (2012).
- 19) T. Horikawa, N. Sakao, J. Hayashi, D. D. Do, M. Katoh, K. Sotowa, *Adsorpt Sci Technol* **31**, 135 (2013).



堀河俊英

徳島大学 大学院ソシオテクノサイエンス研究部

講師

博士（工学）

2004年3月 関西大学大学院 工学研究科 化学工学専攻 博士後期課程 修了 博士（工学）取得

2004年4月 徳島大学 工学部 化学応用工学科 助手

2007年4月 徳島大学 大学院ソシオテクノサイエンス研究部 先進物質材料部門 助教

2008年2月 現職

2010年3月－2011年2月 豪州 Queensland 大学 School of Chemical Engineering 客員准教授

専門：化学工学

第 27 回日本吸着学会研究発表会開催報告

千葉大学大学院理学研究科 加 納 博 文

第 27 回日本吸着学会研究発表会が、2013 年 11 月 21 日(木)および 22 日(金)に千葉市の千葉大学西千葉キャンパスで開催された。千葉大学での開催は 1993 年以來ちょうど 20 年ぶりであった。20 年前の千葉大学での研究発表会を思い出し、千葉大学の風景も大きく変わったことを確認しながら、20 年の時の流れを改めて実感した。

前回のつくばに引き続き関東での開催となり、参加者数について例年並みになればと期待していたところ、発表件数は特別講演 1 件、招待講演 2 件、口頭発表 37 件、ポスター発表 43 件（計 83 件）となり、ここ 10 年くらいの中では最多となった。事前申込を促進したので多くの参加を見込んでいたが、当日参加者も例年より多く、予想した 150 名を大幅に超え、招待講演者、企業展示者を含め、総勢 198 名に上った。ご参加いただいた方々に、厚く御礼申し上げる次第である。

ただ、困ったことに研究発表会要旨集が 1 日目の午前中になくなってしまった。当日参加の多くの皆様に要旨集をお渡しできず、大変ご迷惑をかけてしまった。参加者の人数の読み間違いであったと大いに反省した。アベノミクス効果によるものか、企業からの参加もしやすくなっていたのかもしれない。

口頭発表件数は 37 件であったが、申込件数はそれを上回り、多くの方にポスター発表に回ってもらった。これに関しても口頭発表希望者の方には迷惑をおかけした。こういった事情でプログラムも例年と比べ、時

間的に余裕がないものになった。例年 1 日目は、10 時くらいから開始されていたのだが、9 時開始とし、2 日目はより早い 8 時 40 分開始とした。また、2 日目の最後は 17 時 20 分終了ということであったが、多くの方が最後まで残って熱心な議論を繰り広げ、非常に活発な研究発表会であったといえる。

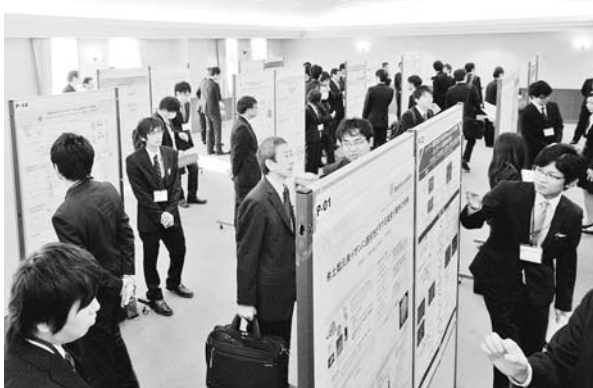
会場は千葉大学西千葉キャンパスのけやき会館を利用し、1 階大ホールで口頭発表を、3 階のレセプションホールでポスター発表を行った。1 日目は、午前中に口頭発表 8 件と招待講演 1 件の発表が、午後はポスター発表と 7 件の口頭発表、および、特別講演の発表があった。午前中の招待講演は本年度奨励賞（カルゴンカーボンジャパン賞）を受賞された三菱重工(株)の岡伸樹氏による「吸着法を用いる同位体分離技術の開発」であった。

ポスター発表は例年並みの件数で比較的広いスペースを確保したつもりであったが、参加者の人数が多いため大変混雑し、熱気に満ちて室温も議論も熱い中での発表がなされた。例年のように学生以外の全参加者の投票によりポスター賞の選考が行われ、最優秀ポスター賞 1 件、優秀ポスター賞 4 件が選定された。ポスターの内容も年々質が向上しており、本来であればもっと時間を割いて行いたいところであるが、口頭発表件数を確保したいことや昼休みに理事・評議会を行い、夕方には総会を行うなど、いくつかの制約がある中で行っている都合上、短い時間になっていることは今後の検討課題ともいえる。

夕方の総会の前に行われた特別講演は産業技術総合研究所の大井健太氏による「酸化物多孔性結晶—イオンふるい作用と応用—」であった。アルカリ金属イオンや陰イオンの分離剤となるイオンふるい型酸化物結晶について講演いただいた。総会の後、本年度の学会賞の中で奨励賞と技術賞を受賞された方々への授与式があり、続いて千葉大学生協食堂内で懇親会が開催された。懇親会も当日参加の方も多く、予定していた食べ物や飲み物では大幅に足りなかったため、できる限りの範囲で追加してもらった。何とか懇親を深めていただけたようではあったが、新しく装いを変えた会場



口頭発表会場の様子



ポスター発表会場の様子

にもかかわらず音響設備が貧弱なために、司会進行や会長挨拶、乾杯の発声、途中で行われたポスター賞の授与式、最後の次期実行委員長の挨拶における声が全く届かず、まとまりに欠けた懇親会になってしまった。けやき会館の古いプロジェクターもそうであるが、そういった設備面に対してもっと充実したものにしていく必要があることを、千葉大学関係者として強く実感した。

2日目は前日のお酒も残らず、朝早くからにもかかわらず多くの聴講者の中発表会が始まり、口頭発表22件と1件の招待講演があった。招待講演は前日同様、本年度奨励賞（カルゴンカーボンジャパン賞）を受賞された三菱樹脂㈱の岡本久美子氏による「AIPO系ゼオライトの水蒸気吸脱着挙動とその応用」であった。2日間を通じて、研究発表内容もここ数年多様性を増してきていると言える。二酸化炭素吸着はもちろんのこと、セシウムなどのイオンの吸着もあり、また、企業研究者を中心として化学工学的研究成果の発表もあり、日本吸着学会の目指す研究発表会として、今後の発展につながるものとなった。

昨年まで運営委員長であったこともあり、今回の研究発表会の実行委員長を引き受け、何とか無事に研究発表会を終えることができた。発表会において座長を務めていただいた先生方や懇親会で挨拶いただいた皆様感謝し、また一緒に準備してきた大場友則助教と馬場真純氏、前日からの準備、当日のいろいろな係に携わってくれたシュテファン・テュルマー助教、および学生の皆に感謝する。特に吸着学会事務局の児玉昭雄先生には参加登録など様々な面でお世話になった。深く感謝する次第です。

その他にも様々な形でご支援いただいた。特に財政面の支援として、要旨集への広告掲載や当日の企業展示をしていただいた、カンタクロムインストルメント

ジャパン、日本ベル、マイクロメリティクスジャパン、オプトシリウスおよび島津製作所の各社に深謝する。来年は北海道札幌市で、より素晴らしい研究発表会が開催されることを期待する。

第 27 回日本吸着学会研究発表会ポスター賞

レイヤー積層型配位多孔体の Atomistic モデル構築およびゲート吸着挙動の解明 (ポスター番号：P-02)

京都大学大学院工学研究科化学工学専攻

平出翔太郎、沼口遼平、田中秀樹、渡邊 哲、宮原 稔

この度はポスター賞を頂き、大変光栄に存じます。多くの方々に発表ポスターをご覧いただくとともに、有意義なご意見を賜り、心より御礼申し上げます。以下に本研究の概要を紹介させていただきます。

ELM-11 ($[\text{Cu}(4,4\text{'-bipyridine)}_2(\text{BF}_4)_2]_n$) は柔軟な構造をもつ MOF/PCP の一種であり、室温下で CO_2 のゲート吸着を生じることから^[1]、 CO_2 の回収や吸着ヒートポンプ用材料としての応用が期待されています。現在までに、 CO_2 吸着時の ELM-11 のフレームワーク構造は、XRPD パターンを用いた Rietveld 解析によっておおその推定がなされています^[1] (Fig. 1 a)、 CO_2 を含めた正確な構造および CO_2 吸着誘起構造転移のメカニズムは明らかにされていませんでした。そこで本研究では、Rietveld 解析と分子シミュレーションを組み合わせた独自の構造精密化法により高精度な結晶構造を有する Atomistic モデルを構築し、そのモデルに対する CO_2 吸着シミュレーションを実施することで、ゲート吸着挙動の解明を試みました。

推定されているフレームワーク構造に対し、3 つの手順 (① CO_2 吸着シミュレーションによる吸着位置の推定、②構造緩和シミュレーションによる CO_2 吸着構造の決定、③得られた CO_2

吸着構造を初期構造モデルとして用いた Rietveld 解析) を実施することで、Fig. 1 b に示す構造モデルを得ました。Rietveld 解析の解析信頼度を表す R_{wp} 値は 4.86% であり、高精度な結晶構造を構築することに成功したと言えます。また、この構造モデルに対する CO_2 吸着シミュレーションを援用した自由エネルギー解析により、ゲート吸着挙動の温度依存性の予測を行ったところ、極めて良い精度で実験結果を予測することに成功しました (Fig. 2)。

最後になりましたが、本研究を進めるにあたり御指導を賜りました、宮原稔教授、田中秀樹講師、渡邊哲助教、また、実験データをご提供いただきました東京農工大 近藤篤助教、千葉大 加納博文教授、信州大 金子克美教授に厚く御礼申し上げます。

[参考文献]

1) A. Kondo *et al.*, *Nano Lett.* **6**, 2581 (2006)

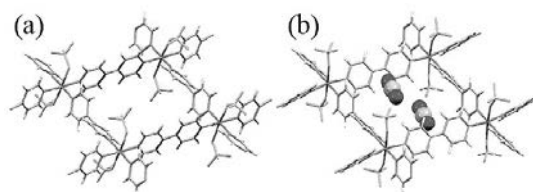


Fig. 1 ELM-11 のスナップショット：
(a)構造精密化前^[1]、(b)構造精密化後

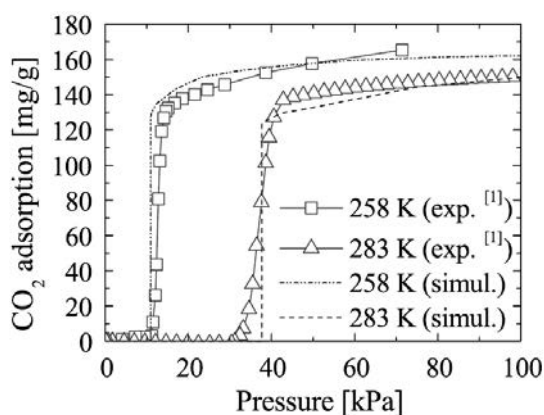


Fig. 2 ゲート吸着挙動の予測

チタン化合物を担持した吸着繊維によるストロンチウムイオンの除去 (ポスター番号：P-16)

千葉大学大学院工学研究科共生応用化学専攻¹、(株)環境浄化研究所²
河野通亮¹、海野 理¹、後藤駿一¹、小島 隆¹、河合(野間) 繁子¹
梅野太輔¹、斎藤恭一¹、藤原邦夫²、須郷高信²

この度はポスター賞をいただき、大変光栄に存じます。多くの方々に発表ポスターを御覧いただくとともに、有意義な御指摘、貴重な御意見を賜りましたこと、心より御礼申し上げます。以下に本研究の概要を紹介させていただきます。

東京電力福島第一原子力発電所港湾内1～4号機取水路前の海水には、放射性ストロンチウム(Sr-90)が告示濃度以上溶存しています。海水中にはもともと非放射性Srおよび化学的性質が類似するマグネシウムおよびカルシウムが放射性Srと比較して多量に溶存しています。そのため、吸着材にはSrに対して高い選択性と吸着容量が必要です。

本研究では、放射線グラフト重合法を用いて、市販のナイロン繊維にグラフト高分子鎖を付与し、Srに対して選択吸着性を持つチタン酸ナトリウムの粒子を担持することで、海水に直接浸漬可能な吸着繊維(Sr吸着繊維と名付ける)を作製しました。さらに、Srの吸着量を増加させる工夫として、チタン酸ナトリウムを担持する際に、繊維表面にチタン酸ナトリウムの前駆体である含水酸化チタンを繰り返し析出させた後、チタン酸ナトリウムに転化する手法を用いて、チタン酸ナトリウムの担持量を増加させました。

グラフト高分子鎖を付与したナイロン繊維重量あたりのチタン酸ナトリウム担持量およびSr吸着繊維重量あたりの海水中でのSr平衡吸着量と繰り返し析出回数との関係をFig. 1に示します。繰り返し析出回数の増加に伴い、チタン酸ナトリウムの担持量およびSr平衡吸着量は増加しました。これは、 $\text{Ti}(\text{OH})_2^{2+}$ の吸着反応および $\text{Ti}(\text{OH})_2^{2+}$ と水酸化物イオン(OH^-)との沈殿反応を交互に繰り返すことによって、含水酸化チタンを繰り返し析出できるためです。また、繰り返し5回以上のSr吸着繊維は市販品の粒子状Sr吸着材である『SrTreat』(フィンランドのFortum社製)の24時間でのSr吸着量を上回りました。

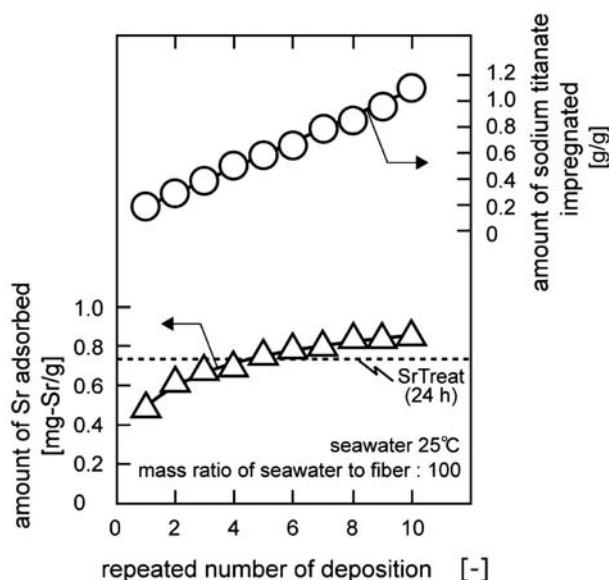


Fig. 1 チタン酸ナトリウム担持量およびSr吸着量と繰り返し析出回数との関係

中性子回折による CCl_4 の細孔内における構造の温度依存性 (ポスター番号：P-28)

(信州大理¹・茨城大フロンティア応用原子科学センター²)
吉元政嗣¹、飯山 拓¹、牧野浩之¹、浜崎亜富¹、尾関寿美男¹、石垣 徹²、星川晃範²

この度はポスター賞をいただき、大変光栄に存じます。多くの方々に発表ポスターをご覧いただき、有意義なご意見賜りましたことと心より御礼申し上げます。以下に本研究の概要を紹介させていただきます。

バルク状態の CCl_4 は、ある温度領域において結晶と液体の中間相であるプラスチック結晶(PC)相をとります。PC相とは、分子の重心位置に規則性があるものの、配向性が無い状態の固体のことです。本研究では細孔中での

CCl_4 の構造を調べるため中性子回折 (ND) を行いました。中性子は原子核と相互作用して散乱が起こり、また X 線回折に比べ広い逆格子ベクトル範囲が測定できるため、より詳細に構造情報を得ることが出来ます。本研究では CCl_4 を活性炭に吸着させ、分子間構造への温度変化による影響を ND 測定により検討しました。

測定した吸着 CCl_4 の構造因子の第 1 ピーク強度の温度依存性を図に示します。吸着状態では、180、230 K 付近で相転移していることが観測されました。吸着状態の相転移温度は、バルク状態の相転移温度 228.5、250.4 K に比べ低温にシフトしていることが分かります。また吸着状態では PC 相が存在する温度範囲が、バルク状態の温度範囲に比べ約 30 K 広がっていることが分かりました。

今後当研究室で使用しているリバースモンテカルロ法 (RMC) を利用し、ポテンシャルを考慮した吸着構造の検討を進めたいと考えております。

最後になりますが、本研究を進めるにあたりご指導いただきました飯山先生をはじめとする先生方、J-PARC 物質・応用生命科学実験施設 (MLF) における iMateria (BL 20) の利用にあたり、お世話になった茨城大学フロンティア応用原子科学研究センター石垣徹先生・星川晃範先生に深く御礼申し上げます。この賞をいただいたことを励みに、今後さらに研究を発展させるように努力いたします。

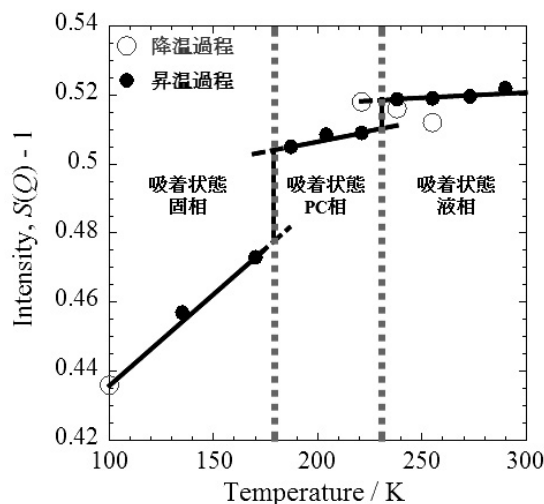


Fig. 構造因子の第 1 ピーク強度の温度依存性

CO₂ 分離回収材の反応 (5) アミン含浸メソポーラスシリカ (ポスター番号: P-33)

地球環境産業技術研究機構、奈良先端科学技術大学院大学
山田秀尚、Duc. S. Dao、藤木淳平、余語克則

この度のポスター賞受賞、大変喜ばしく光栄に存じます。発表に際しましては、多くの方にご関心を持っていたき、貴重なご意見を賜りましたこと、心より御礼を申し上げます。

私たち、地球環境産業技術研究機構 (RITE) は、石炭火力発電所や製鉄所などの大規模 CO₂ 排出源から、CO₂ を分離回収する技術の開発を行っています。この技術は、産業活動を維持しつつ CO₂ 排出量を削減することを実現し、回収した CO₂ の有価利用などにも適用可能な有望な温暖化対策技術の一つです。

CO₂ を排ガスから分離するために、最もよく利用される化学反応はアミン (R^1R^2NH) による CO₂ 吸収です。アミン水溶液を用いる場合、CO₂ はカルバメート ($R^1R^2NCOO^-$) 或いはバイカーボネート (HCO_3^-) として溶液中に選択的に吸収されます^{1,2)}。吸収された CO₂ は加熱によって放散させて回収し、溶液を再生して繰り返し利用します。その際、再生プロセスに多くのエネルギーを要するため、その削減が課題とされています。代替として、我々が開発しているものの一つが、多孔質材料の細孔内にアミンを含浸担持した固体吸収材です (図 1)。溶媒として水を使用しない本材料系に対しては、いくつかの要因から、大幅な再生エネルギー削減が期待できます。本発表では、メソポーラスシリカに複数種のアミンを混合した吸収剤を含浸担持し、CO₂ 吸着容量に対するアミンの混合効果を調べました。その結果、ある種のアミノ基 ($R^1R^2R^3N$) の組み合わせにおいて、高い相乗効果が得られることを見出しました。その機構についても、分子レベルでの詳細な議論を行いました。詳しい内容につきましては、発表論文をご覧ください³⁾。

発表者の一人、Dao さん (ハノイ工科大学講師) は、奈良先端科学技

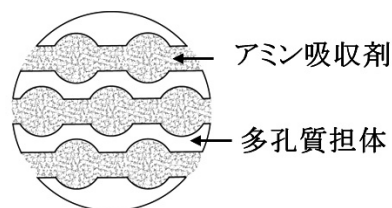


図 1 アミン含浸固体吸収材

術大学院大学（NAIST）博士後期課程に在籍中の留学生です。CO₂問題は世界で協力して取り組むべきものであり、私たちもそのような意識の下、国際的な研究開発活動を推進して参ります。

本発表は、経済産業省委託事業「二酸化炭素回収技術高度化事業（二酸化炭素固体吸収材等研究開発事業）」の成果です。

【参考文献】

- 1) H. Yamada et al., *J. Mol. Model.* **19**, 4147 (2013).
- 2) H. Yamada et al., *Int. J. Greenhouse Gas Control* **17**, 99 (2013).
- 3) D. S. Dao et al., *Ind. Eng. Chem.* **52**, 13810 (2013).

各種アミン修飾メソ多孔体の合成と二酸化炭素吸着性能評価 (ポスター番号：P-41)

¹ 奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学研究科 / ² 地球環境産業技術研究機構（RITE）
打谷一晃¹、西坂洋輔¹、余語克則^{1,2}

この度はポスター賞をいただき、大変光栄に存じます。多くの方々に発表ポスターをご覧いただき、有意義なご意見を賜りましたこと、心より御礼申し上げます。以下に本研究の概要を紹介させていただきます。

地球温暖化対策技術の一つとして、発電所等からCO₂を分離回収し地中に貯留する技術が検討されていますが、今後の普及には消費エネルギーとコスト低減が課題となっています。したがって、消費エネルギーが小さく低コストの革新的なCO₂分離回収技術の開発が必要であり、これまでに我々はメソ細孔シリカの表面へアミノ基を化学修飾し、CO₂との親和性を向上させた耐水蒸気型の吸着剤を開発しています（図1）¹⁾。アミンを高密度に担持したメソ多孔体は水蒸気共存下においてもCO₂の吸着が阻害されないことから、吸着分離法での除湿工程の省略とCO₂の分離回収エネルギーの低減が期待できます。

本研究では、メソ多孔体に対して3-アミノプロピルトリエトキシシラン（APS）、N-(2-アミノエチル)-3-アミノプロピルトメトキシシラン（AEAPS）、トリメトキシシリルプロピルジエチレントリアミン（TA）の各アミノシランを用いて吸着剤を作製し、担持したアミン種がCO₂吸着性能に及ぼす影響について検討を行いました。

その結果、APS、AEAPS、TAを修飾した吸着剤は、1.13 mol/kg、1.65 mol/kg、2.14 mol/kgのCO₂吸着量を示し、TA吸着剤のCO₂吸着量が最も多い結果となりました。また、これらの吸着剤に対して、アミン効率の検討を行った結果を図2に示しています。図2(a)よりAPSは、低い表面アミン密度でも高いアミン効率を有していることが分かりました。これはCO₂を吸着する際に、末端にある一級のアミノ基がアルキル鎖中にある二級のアミノ基に比べて、カルバメート結合をより形成しやすいためだと考えられます。またTA吸着剤において、表面アミン密度が増加すると、アミン効率が増加しました。これは、表面アミン密度が増加したことで、図2(b)に示したようなアミンのペアサイトを形成しやすくなり、カルバメート結合がより形成しやすくなったためと考えられます。

最後になりましたが、本研究を進めるにあたり御指導を賜りました、余語克則客員教授に感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) N. Hiyoshi, K. Yogo* and T. Yashima, *Chem. Lett.*, **2004**, 33(5) 510-511.

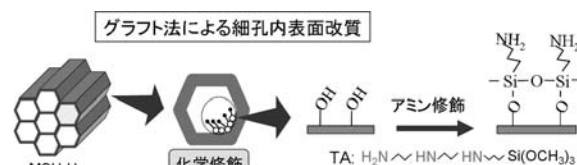


図1 メソ多孔体のアミン修飾

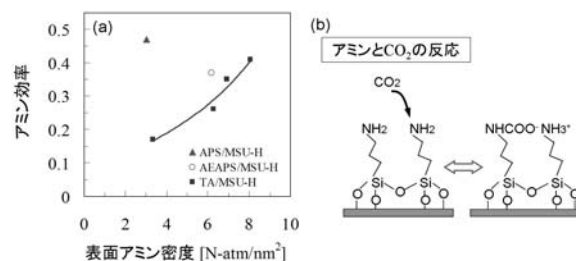


図2 アミン修飾メソ多孔体のCO₂吸着特性とアミン効率

会 告

平成 26 年度日本吸着学会賞受賞候補者推薦のお願いと要領

学術賞

賞状、副賞ならびに記念品の授与をもって表彰致します。受賞対象者は吸着における科学技術に関する一連の論文、著作等、学術的研究成果が特に優れた正会員とし、1 名程度を選考する予定です。

候補者をご推薦ください。自薦、他薦は問いません。推薦される方は下記の事項と論文のコピーを事務局にお送りください。

<送付事項・書類>

1. 候補者氏名、2. 生年月日、3. 所属、4. 略歴（学歴、職歴、研究略歴）、5. 連絡先（住所、電話番号、E-mail アドレスを含む）、6. 受賞対象研究名、7. 研究概要（800 字以内）、8. 受賞対象研究に関連する論文、著作等のリスト、9. 代表的な論文等の別刷りあるいはコピー（3 件程度）

奨励賞（カルゴン カーボン ジャパン賞）

賞状、副賞ならびに記念品の授与をもって表彰致します。受賞対象者は受賞年度において 45 歳未満の正会員および維持会員である企業等に所属する者とし、3 名程度を選考する予定です。選考はおおむね過去 5 年間に、原著論文、著書、特許、学協会が主催する研究発表会・年会等における口頭発表およびポスター発表、社報、ニュースリリース等により対外的に発表された研究開発の成果に関して行います。

候補者をご推薦ください。自薦、他薦は問いません。推薦される方は下記の事項と業績のコピーを事務局にお送りください。

<送付事項・書類>

1. 候補者氏名、2. 生年月日（年齢）、3. 所属、4. 略歴（学歴、職歴、研究略歴）、5. 連絡先（住所、電話番号、E-mail アドレスを含む）、6. 受賞対象研究名、7. 研究概要（800 字以内）、8. 対象となる業績のリスト、9. 対象となる業績の別刷りあるいはコピー等（5 件以内）

技術賞

賞状および記念品の授与をもって表彰致します。受賞対象は維持会員である法人に属する技術者または技術グループが開発した技術とし、実用歴、実施例を考慮して 2 件程度を選考する予定です。

候補技術および開発にあたった技術者（5 名以内）をご推薦ください。自薦・他薦は問いません。推薦される方は候補者に関する下記の事項を事務局にお送りください。

<送付事項・書類>

1. 維持会員名、2. 対象技術、3. 対象技術の開発を担当した技術者名（原則 5 名以内。グループで開発にあたった場合は全員の職・氏名）、4. 連絡先（住所、電話番号、E-mail アドレスを含む）5. 設計図、試験成績書あるいは学会発表など候補技術を証明するもの、6. 実用歴（納入先一覧で可）

●表 彰 式 2014 年秋に北海道大学で開催予定の第 28 回研究発表会会期中に執り行います。

●受賞講演 学術賞および奨励賞（カルゴン カーボン ジャパン賞）の受賞者は、2014 年秋開催予定の第 28 回研究発表会において、それぞれ受賞特別講演をお願いする予定です。技術賞受賞者は、受賞後に開催される吸着シンポジウム等での講演をお願いする予定です。

●送 付 先 〒920-1192 金沢市角間町

（問合せ先） 金沢大学理工研究域機械工学系内 日本吸着学会事務局（担当 児玉 昭雄）

（電話：076-264-6472 FAX：076-264-6496 E-mail：info@j-ad.org）

※メール添付による応募書類提出も受け付けます。但し、大きなサイズのファイルは送受信に支障が出る場合がございますので、送信後には必ず送信の旨をご連絡下さいますようお願いいたします。

●締 切 2014 年 3 月末（事務局必着）

関連学会のお知らせ

NIMS Conference 2014 開催概要

ソフトマテリアルが拓く未来社会 A Strong Future from Soft Materials

金属やセラミックスなどのハードマテリアルのカウンターパート概念であるソフトマテリアルは、高分子、コロイド、生体分子に代表されるように、そのサイズ、形状、機能も多岐にわたっており、物質としての広がりを見せている。複雑な階層構造が交錯しながら物性、機能が発現するソフトマテリアルは、新たな物質の合成に加え、ナノレベルでの組成制御・構造制御を施すことにより未踏物性・機能を引き出せる可能性を秘めている。今回のNIMS Conference では、環境、エネルギー関連分野へ貢献し、未来社会を拓くソフトマテリアルを展望する。

日 時：平成 26 年 7 月 1 日(火)～3 日(木)、3 日間

場 所：つくば国際会議場エポカル 大ホール他（茨城県つくば市竹園 2-20-3）

主 催：独立行政法人物質・材料研究機構

参 集：800 名（予定）

<開催趣旨>

身のまわりにあるポリマー、コロイド、生体分子に代表される柔らかい物質・材料はソフトマテリアルと呼ばれ、現代社会を支える重要な材料の一つです。金属やセラミックスなどのハードマテリアルのカウンターパート概念でもあるソフトマテリアルは、そのサイズ、形状、機能も多岐にわたっており、物質としての広がりを見せています。

ソフトマテリアルは、構成物質が鍵となり枝をつくり木となりやがて森を形成するように、複雑な階層構造が交錯しながら物性、機能が発現します。そのため、基本となる物質を生み出す合成手法の開発、ナノレベルでの組成制御あるいは構造制御から導かれる階層構造の評価と理論の構築、物質内外部の電子・光に関わる物性、またイオンや低分子・高分子の拡散／輸送、ガスや液体の吸着／濾過、膨潤／放出などの機能に関する研究分野が大きな発展をみせています。このことは、未来社会の中心的材料となりうるソフトマテリアルを展望するためには、バイオ材料から構造材料までの広い用途に関わる有機材料を対象とし、合成、物性、機能、理論、計測、応用という学問領域から俯瞰する必要があることを示しています。特に、新たな物質の合成に加え、ナノレベルでの組成制御・構造制御を施すことにより未踏光・電子物性、未開拓機能を引き出せる可能性を秘めている有機、高分子材料は、環境・エネルギー関連分野へ貢献する材料として期待されています。

この度、物質・材料研究機構では、多様な分野の研究者が集まり、7 月 1 日(火)～3 日(木)の 3 日間、NIMS Conference 2014 を開催致します。「ソフトマテリアルが拓く未来社会」をテーマとして、有機・バイオ・高分子材料に関連する基礎課題ならびに環境、エネルギー関連分野へ貢献する光、電子機能などについて広く議論を交わしたいと考えています。

NIMS Conference 期間中には、ソフトマテリアル分野の研究・開発に大きな功績のあった研究者を讃える NIMS 賞*授与式および受賞記念講演、国内外の著名研究者による基調講演をはじめ、個別課題を議論するテクニカルセッションが行われます。多数の皆様の参加をお待ちしております。（講演・討論は基本的に英語で行われます。）

*NIMS 賞とは、物質・材料科学分野で優れた業績を挙げ、当機構の発展に貢献くださる研究者の方々に NIMS が授与する賞で、NIMS Conference 2014 の開催期間中に授賞式を行い、顕彰いたします。この NIMS 賞は NIMS Conference 企画実行委員および関連分野の NIMS 研究員から構成されるノミネーションワーキンググループによる候補者の推薦にもとづいて、NIMS 賞選考委員会が最終的に選考を行います。

プログラム概要：

7 月 1 日(火) NIMS 賞授与式、受賞記念講演、基調講演、バンケット

7 月 2 日(水) オーガナイズドセッション、ポスターセッション、ポスター賞授賞式

7 月 3 日(木) オーガナイズドセッション、ポスター賞レビュー、まとめ、総合討論

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。

(平成 26 年 1 月現在、50 音順)

(株)アドール	ローム・アンド・ハース・ジャパン(株)
大阪ガス(株)	(株)エア・ウォーター総合開発研究所
オルガノ(株)	大阪ガスケミカル(株)
カンタクローム・インスツルメンツ・ジャパン合同会社	カルゴンカーボンジャパン(株)
(株)キャタラー	協和化学工業(株)
クラレケミカル(株)	栗田工業(株)
興研(株)	(株)重松製作所
システムエンジニアサービス(株)	水 ing 株式会社(株)
(株)西部技研	大陽日酸(株)
谷口商会(株)	千代田化工建設(株)
月島環境エンジニアリング(株)	帝人ファーマ(株)
東京ガス(株)	東ソー(株)
東洋紡績(株)	日本エンバイロケミカルズ(株)
日本たばこ産業(株)	日本ベル(株)
富士シリシア化学(株)	フタムラ化学(株)
マイクロメリテックスジャパン合同会社	三菱樹脂(株)
三菱重工業(株)	ユニオン昭和(株)
ミドリ安全(株)	

編 集 委 員

委員長 森口 勇 (長崎大学)

委 員 瓜田 幸幾 (長崎大学)

大場 友則 (千葉大学)

岡 伸樹 (三菱重工業株式会社)

神田 英輝 (名古屋大学)

田中 秀樹 (京都大学)

宮部 寛志 (立教大学)

三輪 聡志 (栗田工業株式会社)

山崎 誠志 (静岡理工科大学)

(五十音順)

Adsorption News Vol.27 No. 4 (2014) 通巻 No. 107 2014 年 1 月 25 日発行

事務局 〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学理工研究域 機械工学系 内

Tel : 076-264-6472 Fax : 076-264-6496 E-mail: jsad@se.kanazawa-u.ac.jp

編 集 森口 勇 (長崎大学)

Tel & Fax : 095-819-2669 E-mail: mrgch@nagasaki-u.ac.jp

日本吸着学会ホームページ <http://www.j-ad.org/>

印 刷 〒854-0036 長崎県諫早市長野町 1007- 2 株式会社昭和堂

Tel : 0957-22-6000 Fax : 0957-22-6690

General Secretary

THE JAPAN SOCIETY ON ADSORPTION (JSAd)

School of Mechanical Engineering, College of Science and Engineering,

Kanazawa University

Kakuma-machi, Kanazawa, Ishikawa 920-1192, JAPAN

Tel : +81-76-264-6472 Fax : +81-76-264-6496 E-mail: jsad@se.kanazawa-u.ac.jp

Editorial Chairman & Editor

Professor Isamu MORIGUCHI

Graduate School of Engineering, Nagasaki University, 1-14 Bunkyo-machi,

Nagasaki 852-8521, JAPAN

Tel & Fax : +81-95-819-2669 E-mail: mrgch@nagasaki-u.ac.jp

Home Page of JSAd

<http://www.j-ad.org/>