

Adsorption News

Vol. 22, No. 1 (March 2008)

通巻No.84

目 次

○巻頭言.....	2
学会と企業	安武 昭典
○第22回日本吸着学会研究発表会のお知らせ.....	3
○研究ハイライト.....	4
溶媒揮発プロセスによるメソポーラスシリカの大量合成と 省エネルギー空調技術への応用	遠藤 明
○吸着クロニクル.....	10
私の引き出し ー 静電気力・磁気力利用の分離技術 ー	渡辺 恒雄
○研究発表会ポスター賞受賞者特集.....	14
市川裕介、中野由理、八畝晋平、 久保田佳那、稲木由紀、関 建司	
○会 告.....	21
平成19年度吸着関連の卒業論文・修士論文・博士論文の 紹介に関するお願い 事業紹介・研究紹介・研究室紹介記事募集について	
○関連シンポジウム等のお知らせ.....	22

日本吸着学会
The Japan Society on Adsorption

巻 頭 言

学会と企業

三菱重工業株式会社 安武 昭典



巻頭言を依頼される順番が回ってきたのかと言う感じを持ちましたが、直前の2007年4号に森重先生が同じような趣旨の感想を書かれていまして、皆さん同じような感想を持つのかなと思った次第です。

巻頭言と言うと、今までの内容が皆、格調が高く、純粋な技術論では気後れしますので、私が吸着に関わったことと、最近の学会活動（吸着学会に限りませんが）で思ったことを書かせていただきます。

自分を振り返って、ある日突然、吸着学会の理事をおおせつかって、何も協力らしいこともやらないまま今日まで来ています。これまでの反省も含めて、自分の業務における吸着と学会と企業の相互関係について以下考察してみました。

私が吸着に出会った（キムコ等ではなくまた、教科でもなく）のは大学4年生の卒業論文研究です。と言っても調製した担体の比表面積を BET 法で同僚に測ってもらうところからでした。そもそもは触媒活性の基礎を試験するところでしたが、ところで触媒と吸着剤は何がどう違うと言うのは今もって振り返るところです。「何を言っているのか」と言うお叱りもあるとは思いますが、触媒反応は大胆なことを言えば、まずは吸着ありきではないかと。

私なりに吸着とは何かを振り返ってみたいと思います。辞書には；吸着（きゅうちゃく、Adsorption）とは、固体の表面に、原子、分子、微粒子などが着く（付着する）こと、また着いた状態。逆に、吸着していた物質が表面から離れることを脱着と呼ぶ。

また；二つの異なる物質相が接するとき、その界面で、それぞれを構成している成分が濃縮される現象。活性炭がその表面に着色溶液の色素をくっつけて脱色するなど。正吸着ともいい、逆に界面で希薄になる場合を負吸着という。吸着する物質（固体）を吸着剤、吸着される物質を吸着質と呼ぶ。比較的弱い結合（ファンデルワールス力）による物理吸着と、強い結合（共有結合など）による化学吸着が

ある。吸着物の量は、モノレイヤ又はラングミュア一等の単位で表される。エントロピーは一般に低下し、殆どが自発過程（→ギブズエネルギー）なので、多くの吸着反応は発熱反応である。（→熱力学）

こうしてみると不均一系で、吸着、吸収、反応を含めた科学と思えるのですが。より要素を多く含み、産業の基盤に立っていると言えるのでは。

「学会と企業」と銘打ちながら迷走を始めましたが、要は、立ち位置の問題かと思った次第です。

学会は長い歴史の中では、大学が中心の活動と企業参画型の活動、企業関係者の集まりなどその目的に応じて柔軟にかつ厳格に運用されてきているように思えます。最近、大学（文科省）も産業的価値を求められて、学術的要素よりも産業的要素を優先される傾向も認められます。自ずと、学会活動でも企業の要望は何？と言う命題が発生しますが、企業側は学会に何を求めてよいかと言う戸惑いがあるのではないのでしょうか。企業上層部は、昔の学会（学術的活動）をイメージし、役に立つのかとの問いと、基礎的な部分はお任せしてと思う分と並立しているようにも思えます。入会する学会の取捨選択も迫られています。

かく言う私も、現在多くの学会の会員で未だに整理しきれておらず、家計の圧迫に戦々恐々の日々です。（そろそろ顕在化するころか）価値ある学会は生き残ります。

三菱重工業株式会社 安武 昭典

略歴

昭和 56 年 3 月 九州大学大学院総合理工学研究科修士
同年 4 月 三菱重工業株式会社入社
平成 14 年 4 月 同社長崎研究所化学研究室室長
平成 17 年 1 月 同主席研究員
平成 19 年 4 月 同社広島研究所化学プロセス研究室主席研究員 現在に至る

第 22 回日本吸着学会研究発表会のお知らせ

会 期：平成 20 年 10 月 24 日（金）、25 日（土）

会 場：九州大学筑紫キャンパス（〒 816-8580 福岡県春日市春日公園 6-1）

キャンパス情報は、<http://www.tj.kyushu-u.ac.jp/> をご覧下さい。

発表申込方法：以下の 1～5 の事項を記入し、e-mail または Fax でお申込下さい。

1. 講演題目
2. 研究者所属機関（略称）
3. 研究者氏名（発表者に○）
4. 希望発表形式（口頭、ポスター、何れでも可） 希望に添えない場合があります。
5. 連絡者（所属、住所、氏名、Tel、Fax、e-mail）

発表申込締切：平成 20 年 8 月 29 日（金）（必着）

講演要旨締切：平成 20 年 9 月 19 日（金）（必着）

参加予約締切：平成 20 年 9 月 26 日（金）（必着）

申込・連絡先：九州大学大学院総合理工学研究院エネルギー物質科学部門 草場 一

e-mail: jsad2008@mm.kyushu-u.ac.jp Fax; 092-583-8853

研究ハイライト

溶媒揮発プロセスによるメソポーラスシリカの大量合成
と省エネルギー空調技術への応用

Mass Production of Ordered Mesoporous Silica and its
Application for Energy-efficient Air-conditioning
Systems

産業技術総合研究所 環境化学技術研究部門
Research Institute for Innovation in Sustainable
Chemistry,
National Institute of Advanced Industrial Science and
Technology

遠藤 明
Akira Endo

1.はじめに

地球温暖化問題への関心が高まる中、環境負荷が小さく省エネルギー性の高い空調システムとして、多孔質材料への水蒸気の吸脱着現象を利用したデシカント空調、調湿システム等が注目を集めている。これらのシステムは、適切な吸着剤を用いることにより 100℃以下の低温排熱で駆動可能であり、省エネルギー性に優れ、今後需要増加が期待されている分散型エネルギーシステムには必要不可欠なものであると考えられる。多孔質材料(吸着剤)の水蒸気吸脱着特性、すなわち吸着量とその相対湿度依存性は、これらのシステムの性能に大きく影響する。それぞれのシステムに最適な吸着剤の吸着特性は、対象とするシステムの操作相対湿度範囲における水蒸気吸脱着量できるが、操作相対湿度範囲は、システムの種類、発生温度、環境温度、駆動熱源温度(再生温度)等によってきまり、それぞれのケースに応じて最適な吸脱着挙動を示す吸着剤を設計・合成することが望まれる。例えば、吸着式ヒートポンプの代表的な操作圧力範囲は、相対湿度 0.1～0.3 であるが、この範囲で大きな吸脱着量をもつ材料が合成できれば、システム 당りに必要な吸着剤の量が飛躍的に減少し、システムのコンパクト化、省エネルギー化が実現できる。

これらのシステムにこれまで用いられてきた代表的な吸着剤としては、シリカゲルやゼオライト、活性炭が挙げられる。シリカゲルは、細孔径分布がブロードであるため特定の操作湿度範囲における吸脱着量が少なく、例えば吸着式ヒートポンプの運転条件をみると、使用しているシリカゲルの飽和吸着量は 0.5kg-水蒸気/1kg-吸着剤であるが、実運転サイクルにおいては吸着剤 1kg あたりわずか 0.03kg-水蒸気の吸脱着しか行っていない^{1,2)}。ゼオライトは結晶構造を持ち細孔径は均一であるが、一部の疎水性ゼオライト(H-ZSM-5 など)を除くと水分子との相互作用が強いことから水蒸気吸着等温線は低相対湿度でほとんど飽和し、再生温度も 150℃以上(一般的には

250℃以上)となるため、低温排熱による十分な再生は不可能である。従って低相対湿度での吸湿で高温の再生が可能な場合を除いては不向きであり省エネルギーの観点からも望ましくない。

一方、ゼオライトでは実現されていなかった数 nm の均一な細孔を有する材料として、近年 MCM-41³⁾や FSM-16⁴⁾といった新しいメソポーラスシリカが注目を集めている。MCM-41 は、1992 年にモービルの研究者らによって、FSM-16 は早稲田大-豊田中研のグループにより報告された材料で、溶液中で界面活性剤が形成する棒状ミセルをテンプレートとして合成される。これらの材料は、規則的に配列した均一なメソ細孔をもち、比表面積や細孔容積が大きく、触媒・触媒担体、吸着剤、分離膜、センサーから電子デバイス・光学デバイスまで、幅広い応用を目指した研究開発が盛んに行われている。特に水蒸気吸着剤として見た場合、従来にはない吸着容量をもち、かつ低温再生可能であるという点で、新しい吸着剤(吸湿剤)としての可能性を秘めている⁵⁾。

2. メソポーラスシリカの水蒸気吸着特性

MCM-41 や FSM-16 の合成が報告された後、水蒸気あるいは空気中の湿度に対する安定性という観点から、水蒸気吸着特性に関する研究が数多く行われてきた。例えば、稲垣らは、FSM-16 の水蒸気吸着等温線とその繰り返し特性を報告している⁶⁾。その結果によれば、FSM-16 の1回目の水蒸気吸着等温線は IUPAC で分類される V 型となり、メソ細孔内への毛管凝縮に起因する狭い相対湿度範囲における吸着量の急激な増加、および大きく非可逆的なヒステリシスが観察されている。また、2回目以降の吸着では飽和吸着量は若干減少し、シリカ表面の親水化により低湿度での吸着量が増加、および毛管凝縮の起こる相対湿度が低湿度側にシフトすることが観察されている。用いている試料は細孔径が大きく、水蒸気の吸着が相対湿度 50%以上で主に起こるものしか取り扱っていない。

大橋らは、水熱合成法により合成した Ti 含有メソポーラスシリカの水蒸気吸着特性を検討し、機能性調湿材料としての評価を行った⁷⁾。Ti 含有メソポーラスシリカは、稲垣らの結果と同じく V 型の吸着等温線を示し、その繰り返し特性より、Ti の導入により水蒸気に対する耐久性が向上したとしている。

福島らは、水熱合成法により細孔径 1.5nm のマイクロポーラスシリカ粒子の合成とその水蒸気吸着特性について報告している⁸⁾。この材料は、相対湿度 0.2 における水蒸気吸着量が 0.2ml/g であり、吸着ヒートポンプ用の吸着剤として適しているとしている。

メソポーラスシリカへの水蒸気吸脱着は、ナノサイズの細孔への水蒸気の毛管凝縮/蒸発が支配的因子であり、特定の相対湿度において急激な吸脱着量の変化を示す。このことから、メソポーラスシリカは低温再生が可能な省エネルギー型吸着システム用の新規高性能吸着剤となりうるが、実用化を考えると、試験段階でも大量の試料を必要とすることや、水蒸気

に対する耐久性が問題となる。しかし、通常これらの材料の合成は水熱合成法により行われ、実験室レベルで数グラム以下の試料しか得ることが出来ない。吸着剤としての実用化のためには、水蒸気に対する耐久性の向上とともに量産化技術の確立が急務である。

そこで、著者らは、比較的簡便に合成が可能な溶媒揮発法に注目し、規則性メソ多孔体の大量合成のための基盤技術の確立と低温再生型吸着剤としての基本性能の検証を行ってきた。本稿では、溶媒揮発法によるメソポーラスシリカの大量合成法と水蒸気耐久性の向上、および省エネルギー空調システム用吸着剤としての性能評価について述べる。

3. 溶媒揮発法によるメソポーラスシリカの合成

メソポーラスシリカ(メソポーラスシリカ)は、溶液中で形成される界面活性剤の自己集積構造をテンプレートとして合成される。高温高压のオートクレーブ中でのケイ酸の縮重合による水熱合成法が最もよく用いられるが、筆者らは低温で連続合成が可能であり量産に適した溶媒揮発法に注目し、合成されるメソポーラスシリカの量産化について検討を行った。

溶媒揮発法によるメソポーラスシリカの合成は、かなり早い段階から報告されていた。小川は、テトラメトキシシラン(TMOS)の部分加水分解物と界面活性剤(アルキルトリメチルアンモニウム臭化物)の水溶液を酸性条件下で混合し、得られた用途を基板上にスピンコートすることにより、メソポーラスシリカ薄膜が極めて簡便に合成可能であることを報告した⁹⁾。このほか、スピンコート法やディップコート法により様々な種類のメソポーラスシリカ薄膜が合成されているが、規則構造形成のためには、溶媒の迅速な揮発が必要であるとされている。例えば、スピンコート法の場合、液膜は数分以内に乾燥して固体薄膜となる。

一方、溶媒揮発法により大量の試料を合成しようとすると、溶媒の揮発には長時間が必要となる。例えば、スピンコート法と同じ溶液を用いて、常温・常圧で溶媒の揮発を行った場合、1g程度の合成でも溶媒揮発だけで8時間以上必要となる¹⁰⁾。

溶媒が揮発する過程において、溶液中では 1)シリカ原料の縮重合によるシリカネットワークの形成 および2)界面活性剤分子集合体の形成が同時に進行する。高規則構造を形成するためには、これらの速度過程がちょうど良くバランスすることが重要となる。

溶媒の揮発を促進させるために温度を上げると、上記の速度バランスが崩れてしまい、規則性の高いメソポーラスシリカの合成はできない。そこで、温度を維持したまま、ロータリーエバポレータなどにより真空を利用して溶媒揮発を行う(真空蒸発法)ことにより、溶媒の揮発のみを促進させ、高規則性のメソポーラスシリカを合成することが可能となった¹¹⁾。図1に、合成方法の概要を示す。エタノールに界面活性剤(ヘキサデシル

アンモニウムクロリド、 C_{16} TAC)、TEOS、塩酸水溶液(pH=3)を、1 TEOS : 0.2 C_{16} TAC : 10 EtOH : 1.8×10^{-4} HCl : 10 H_2O のモル比で混合し、原料溶液とし、室温で1時間攪拌した後、ロータリーエバポレータによる溶液の濃縮を25℃、 7×10^3 Paで1時間行った。溶液は次第に粘度を増してペースト状になり、最終的には発泡した後に白色の固体となった。さらに残存した溶媒を揮発させるため、 1×10^3 Paでの乾燥を行い、最終的に得られた粉体(フレーク状)を600℃で5時間焼成することにより界面活性剤を除去してメソポーラスシリカを得た。図2に得られた試料のTEM像を示す。ナノメートルレベルで高い構造規則性を有していることがわかる。また、原料ゾルを固化させる直前に、ノズルより液滴を噴霧することにより、微粉末のメソポーラスシリカも合成可能である。

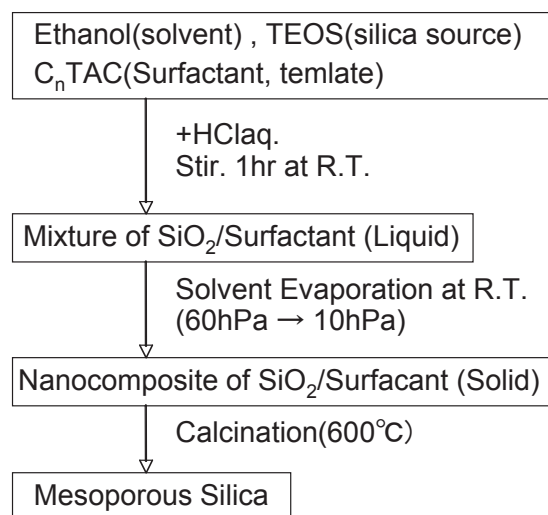


図1 真空蒸発法によるメソポーラスシリカの合成

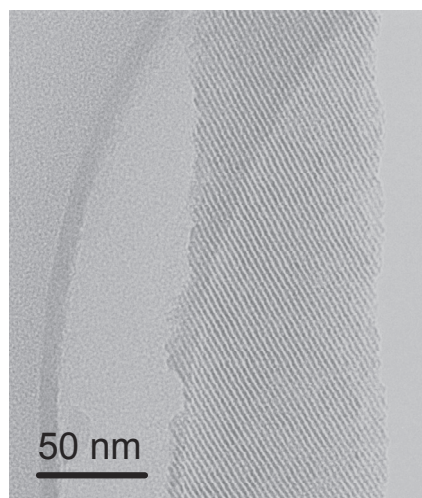


図2 TEM 像

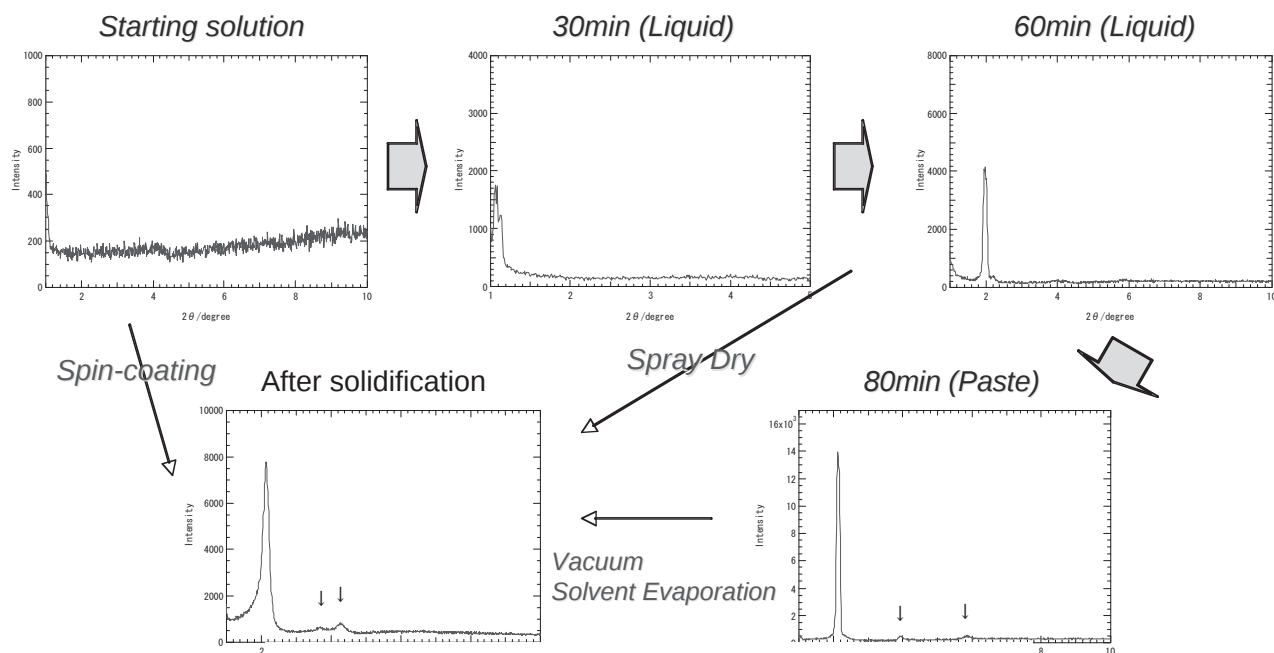


図3 溶媒揮発過程における規則構造形成

図3に、原料溶液から溶媒揮発を進めていく過程での各段階におけるX線回折パターンを示す。溶媒揮発前の溶液では、回折はなにも得られないが、溶媒揮発後30分の溶液では1°付近に規則構造形成を示す回折があらわれ、60分経過後には2°付近に非常に強い回折線があらわれる。さらに溶媒の揮発を進めると、80分経過後には溶液の粘度がかなり大きくなり、溶液がペースト状になるとともに、高次の回折ピークも明瞭にあらわれてくる。溶媒揮発前の溶液を基板上にスピコートしたもの、溶媒揮発後30分の溶液を140℃で噴霧乾燥して得られた粉末、溶媒揮発をさらに進めて乾固することで得られる固体生成物は、いずれもヘキサゴナル構造を示す同様のX線回折パターンが得られる。すなわち、どの段階からでも

最終的に固体が得られる段階までに、「溶媒揮発」と「界面活性剤による規則構造形成」および「シリカ種の縮重合の度合」をうまくバランスさせることで、高規則性のメソポーラスシリカを得ることができることがわかる。

このように、溶媒揮発法で規則性の高いメソポーラスシリカ短時間で大量に合成するために、速度過程の適切なコントロールすることで、ラポレベルでも溶媒揮発5時間以下で1パッチ1kg以上の粉末状メソポーラスシリカを合成することが可能となった。また、パイロットスケールの工業用スプレードライヤーを用いても、同等の規則性を有するメソポーラスシリカの合成が可能であり、本方法により年産数トンオーダーまでの量産が可能であることを実証している。ここでは、テンプレートとして最も一般的なカチオン性界面活性剤であるアルキルアンモニウムクロリドを使用した場合を示したが、同様の方法で、ノニオン性界面活性剤であるBrijやPluronicなどを使ったメソポーラスシリカの合成も可能である。

4. メソポーラスシリカの水蒸気耐久性

メソポーラスシリカの水熱安定性が低いこと、シリカ骨格へのAlなどの導入により耐久性が向上することはこれまでも多く報告されているが、溶媒揮発法により合成したものについてはほとんど検討が行われていなかった。ここでは、スプレードライ法により合成した金属ドープメソポーラスシリカについて、水蒸気耐久性を検討した結果について紹介する。

スプレードライ法による金属ドープメソポーラスシリカの合成は以下の手順で行った¹²⁾。エタノールに界面活性剤(ヘキサデシルアンモニウムクロリド, C₁₆TAC)、TEOS、塩酸水溶液(pH=3)、および各種金属源(主として硝酸塩)を、1-0.95 TEOS : 0-0.05 metal : 0.2 C₁₆TAC : 10 EtOH : 1.8×10⁻⁴ HCl : 10 H₂Oのモル比で混合し、原料溶液とし、室温で1時間攪拌した後、エバポレータによる溶液の濃縮を25℃, 7×10³Paで1時間行った。濃縮された原料溶液を、スプレードライヤー(ヤマト科学製, GS310)に導入し、噴霧乾燥することにより粉体を得た。ノズル先端温度は140℃、噴霧圧力は0.07MPaとした。噴霧乾燥により得られた粉末は、サイクロンにより回収し、600℃で5時間焼成することにより各種金属ドープメソポーラスシリカを得た。また、水蒸気に対する耐久性の評価として、各試料と水を直接触れないようにしてオートクレーブ中に静置し、100℃で24時間保持することによりスチーム処理を行ない、その前後での構造変化および水蒸気吸着特性を調べた。

スプレードライ法により合成したメソポーラスシリカは、粒径10μm程度の球状粉体として得られた。噴霧乾燥により得られた粉末(Si/Metal=99)のX線回折パターンは、図4((a)焼成前、(b)焼成後)に示したようにヘキサゴナルの規則的構造を示す3から4個のピークが確認された。

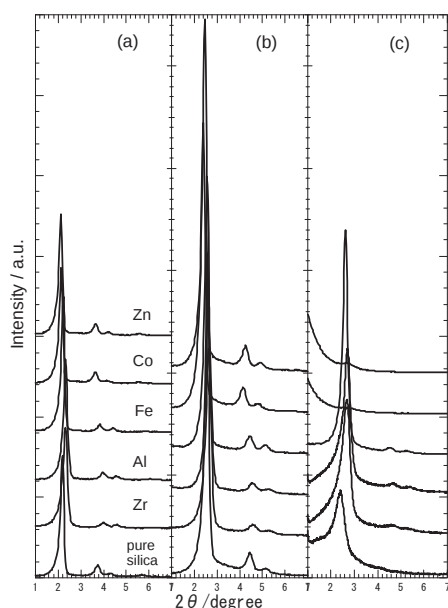


図4 各試料のXRDパターン
(a)乾燥後 (b)焼成後 (c)スチーム処理後

図5に示したように、77Kにおける窒素吸着等温線は、いずれの試料についてもMCM-41などと同じようなメソポーラスシリカ特有のIV型を示した。BET表面積、細孔径、細孔容積については結果を表1にまとめた。添加した金属種によって、細孔径・細孔容積には若干の相違がみられたが、比表面積や壁の厚みはほぼ一定であった。図4(c)にスチーム処理(100℃、24時間)後の各試料のXRD回折パターンを示す。Zr, Al, Feをドーブしたものについては、スチーム処理後も強い回折ピークが確認され、シリカのみで金属を含まない試料よりも水蒸気耐久性が向上した。一方、Zn, Coをドーブしたものは、スチーム処理後回折ピークはほぼ消失し、シリカのみの試料よりも耐久性が低いことがわかる。また、各試料の25℃における水蒸気吸脱着等温線を測定したところ、図5に示したように、Al, Zr, FeをSiに対してmol比で1%ドーブしたメソポーラスシリカは、スチーム処理前後で等温線の変化はほとんどなく、理想的なV型の等温線を示した。

表1 各試料の細孔パラメータ

Metal	d_{100} [nm]	d_p [nm]	d_w [nm]	V_p [ml/g]	S_{BET} [m ² /g]
Pure silica	3.77	3.42	0.93	0.88	1167
Zr	3.37	2.93	0.96	0.78	1180
Al	3.34	2.91	0.95	0.75	1178
Fe	3.45	3.04	0.94	0.78	1125
Co	3.69	3.37	0.89	0.86	1161
Zn	3.58	3.19	0.94	0.84	1142

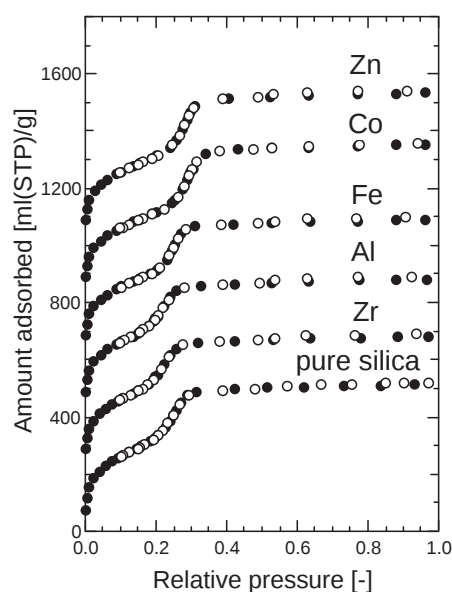


図5 各種金属ドーブメソポーラスシリカの窒素吸脱着等温線

一方、Co, Znをドーブしたものについては、もとの特徴的な吸着特性が完全に失われ、通常のシリカゲルのようなII型の等温線を示し、シリカのみの試料と比較しても耐久性が低くなった。以上から、金属種によって、耐久性の向上に非常に効果を示すものがあるが、逆に水蒸気による細孔構造の崩壊を促進するものも存在することがわかった。

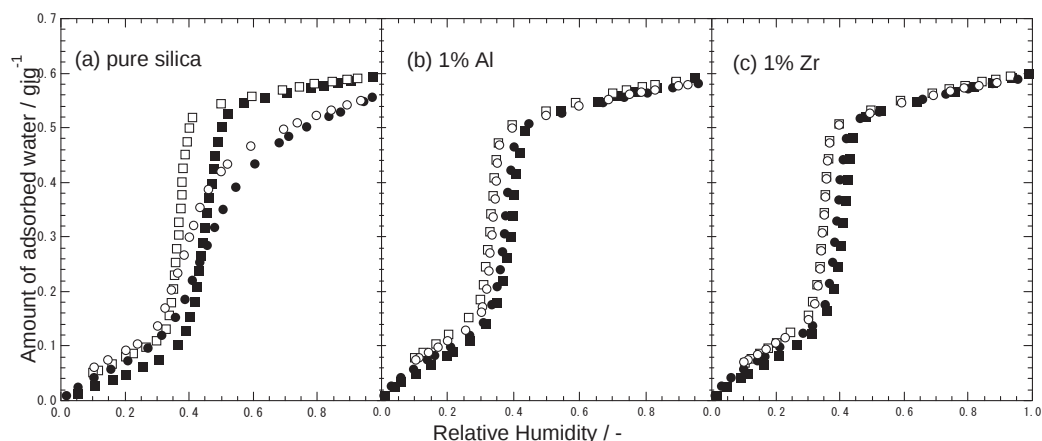


図6 スチーム処理前後の金属ドーブメソポーラスシリカの水蒸気吸脱着等温線
(■□: スチーム処理前、●○: スチーム処理後)

5. 省エネルギー型吸着システムへの応用

メソポーラスシリカを吸着剤として実際に利用する際には、微粉末のままではハンドリングが困難なため、造粒や固定化といったプロセスが必要となる。真空蒸発法で合成したメソポーラスシリカは、フレーク状であり、粉碎・分級により mm オーダーの粒子を造粒なしで得ることができる。一方、スプレードライ法で合成した粉末の粒径は $10\mu\text{m}$ 程度であるため、吸着モジュールとして利用するために、含浸法によりハニカムローターなどに担持する必要がある。著者らは、バインダーを添加したスラリーを用いて合成したメソポーラスシリカを担持した除湿ローターを作製し、その除湿性能を評価した。バインダーの添加により、メソポーラスシリカ本来の吸着特性は若干失われたものの、従来材料（ゼオライトやシリカゲル）と比較して単位重さ当たりの吸着量が多く、かつ従来困難であった 50°C 程度の低温の再生でも十分な除湿を行うことが可能であることがわかった。 50°C 程度の低温での再生が可能になることにより、従来必要であった再生用ヒーターも不要となる極めて省エネルギー性の高い除湿・調湿システムとしての稼働が実証され、早期実用化が望まれるところである。

さらに最近では、泳動電着法により、バインダー無添加で金属基板上にメソポーラスシリカ粉末を固定化する手法を検討中である。泳動電着法とは、液中で帯電したコロイド・粒子を電場印可により基板に堆積する方法である。泳動電着法を用いることで、合成したメソポーラスシリカ粒子を、元々の吸着特性を損なうことなく、数百 μm の膜厚で金属基板上に固定することが可能になり、今後の吸着モジュール形成技術として非常に有力なものと考えている。以下にその概要を説明する。

これまでの検討¹³⁾から、一般的な有機溶媒のなかでアセトンが電着浴として適していることがわかっており、例えば、10 分間の電着で、膜厚約 $250\mu\text{m}$ のメソポーラスシリカ膜が形成することが可能である。電着したメソポーラスシリカ膜は、乾燥後に再度溶媒に浸すと流れ落ちてしまうが、空气中 300°C で 8 時間焼成することにより、バインダーなしで金属基板上に固定化されることがわかった。図 7 は円筒状のステンレス管に泳動電着法によりメソポーラスシリカを固定化した例である。

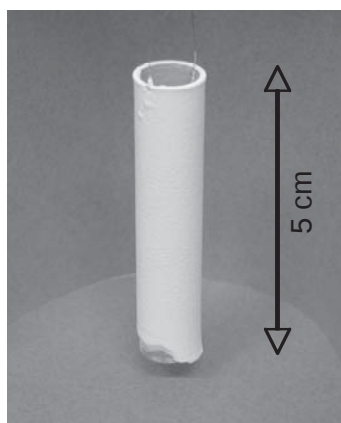


図 7 ステンレス円筒管状に製膜したメソポーラスシリカ電着膜

メソポーラスシリカ電着膜は緻密ではなく、重量と膜厚から膜の空孔率を計算したところ、約 40% であった。また、 300°C で焼成後のメソポーラスシリカ膜の X 線回折、窒素吸着等温線、水蒸気吸着等温線を測定したところ、泳動電着前後で大きな変化みられず、泳動電着および焼成過程を経ても均一で規則的なメソ構造は維持されることがわかった。

また、泳動電着膜の強度向上のために、バインダーとして電着浴への TEOS の添加効果を検討した。電着量は、TEOS 無添加の時に比べ、TEOS を 0.1wt% 添加したときの電着量は増加したが、TEOS 添加量の増加に伴い電着量は減少し、TEOS 添加量 1wt% では TEOS 無添加のときよりも電着量は減少した。電着後に空气中 300°C で熱処理した膜について、窒素吸着等温線（図 10）を測定したところ、TEOS 無添加の場合とほとんど相違はなく、規則的なメソ構造は保持されていた。また、膜の強度を 3 点曲げ試験により評価したところ、20N の応力においても剥離しない電着膜を得ることができた。

以上に示したように、泳動電着法はメソポーラスシリカ粒子を金属基板上に高速に固定化するのに非常に適した方法である。現在は多層基板や複雑形状基板上への均一な製膜法を検討中であるが、今後のメソポーラスシリカの実用化にあたって、触媒や吸着モジュール形成の手法として大いに期待できる方法と考えている。

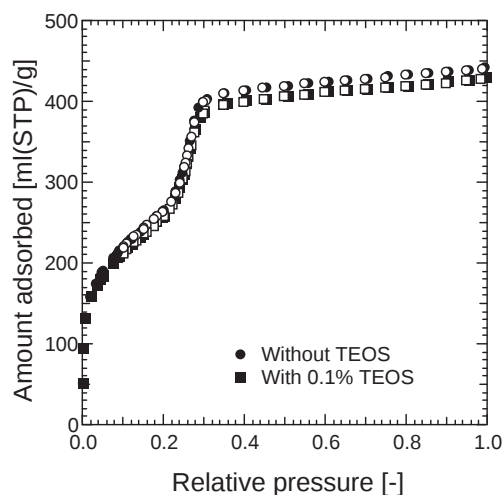


図 8 バインダー添加前後での窒素吸脱等温線

6. おわりに

メソポーラスシリカは、初めて合成法が報告されてから 20 年近くが経とうとしているが、まだその大規模実用化に向けては多くのブレークスルーが必要と思われる。そのためには、様々なアプリケーションにおける性能評価・改良が行われていくことが望まれ、本稿で紹介させていただいたような簡便で大量に試料を合成することができる方法がその一助となれば幸いである。

謝辞

本研究の一部は、NEDO技術開発機構・平成18年度産業技術研究助成事業の支援を受けて行われました。

参考文献

- 1) (社)化学工学会 蓄熱・増熱・熱輸送技術特別研究会編:「蓄熱技術—理論とその応用」第 II 編, 信山社サイテック, 167 (2001)
- 2) T. H. Eun, H. K. Song, J. H. Han, K. H. Lee, J. N. Kim : *Int. J. Refrig.* **23**, 74 (2001)
- 3) C. T. Kresge, M. E. Leonowicz, W. J. Roth, J. C. Vartuli, J. S. Beck : *Nature* **359**, 710 (1992)
- 4) T. Yanagisawa, T. Shimizu, K. Kuroda, C. Kato : *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **63**, 988 (1990)
- 5) A. Endo, K. Komori, Y. Inagi, S. Fujisaki, T. Yamamoto, T. Ohmori, M. Nakaiwa : *Trans. Of the JSRAE* **21**, 329(2004)
- 6) S. Inagaki, Y. Fukushima: *Micropor. Mesopor. Mater.* **21**, 667 (1998)
- 7) F. Ohashi, M. Maeda, K. Inukai, M. Suzuki, S. Tomura: *J. Mater. Sci.* **34**, 1341 (1999)
- 8) K. Yano, Y. Fukushima : *J. Porous Mater.* **10**, 223 (2003)
- 9) M. Ogawa : *J. Am. Chem. Soc.* **116**, 7941 (1994)
- 10) S. Nagamine, A. Endo, M. Nakaiwa, T. Nakane, K. Kurumada, M. Tanigaki : *Micropor. Mesopor. Mater.* **43**, 181 (2001)
- 11) A. Endo, Y. Inagi, S. Fujisaki, T. Yamamoto, T. Ohmori, M. Nakaiwa : *AIChE J.* **52**, 1275 (2006)
- 12) A. Endo, Y. Inagi, S. Fujisaki, T. Yamamoto, T. Ohmori, M. Nakaiwa : *Stud. Surf. Sci. Catal.* **165**, 157 (2007)
- 13) H. Negishi, A. Endo, M. Nakaiwa, H. Yanagishita : *Key Eng. Mater.* **314**, 147 (2006)



遠藤 明

博士(工学)
(独)産業技術総合研究所
環境化学技術研究部門
主任研究員

平成 10 年 東京大学大学院工学系研究科化学システム工学
専攻博士課程修了、博士(工学)取得
平成 10 年 通商産業省工業技術院 物質工学工業技術研究
所 入所
平成 13 年(独)産業技術総合研究所 研究員(組織改編)
平成 16 年 ウィーン工科大学客員研究員
平成 17 年(独)産業技術総合研究所 主任研究員

専門: 化学工学、無機材料化学

研究トピックス:

ナノ多孔体・ナノ粒子の合成と省エネルギー技術への応用
マイクロリアクターへの触媒固定化

成果が海外の研究者が評価してくれていることを知り、不思議な充実感を覚えました。

< 公害列島の中に居て >

この様に、ガス絶縁設計についての研究はその後順調に進みました。当時は、高度経済成長の中で石油コンビナートを初め日本列島のあちこちで、急激な工業化による汚染の進行が問題となり、公害列島とまで言われるようになっていました。当時の私がこだわったのは、電力供給量の増強が公害促進につながっているのではないかと、との曖昧とした疑問です。実験のない週末には、全国あちこちの石油コンビナートに出かけました。近づくところでも鼻をつく刺激臭がしました。このコンビナート巡りをする間に、将来は直接的に環境修復の仕事に近づきたい、との思いが次第に強くなって来ました。

< 大気浄化の研究が出来る >

1975年(昭和50年)頃から始まった二度に及ぶオイルショックをきっかけに、石油資源を持たない日本では、火力発電所の燃料として、これまでの石油に代えて、環太平洋に分布する石炭の活用に踏み切った訳です。このことは、液体燃料から固体燃料への転換でもあり、ボイラー燃焼後の排ガス中には100倍の大量の石炭灰が含まれることになりました。しかも、オーストラリア、中国、インドネシア、アメリカ、などの産炭地の違う炭田から供給される石炭は、高い電気抵抗を持ち逆電離現象という集塵効率の低下、集塵装置の停止、などにつながる石炭灰を出すものが多くありました。また燃料の石炭は微粉炭と呼ばれる大きさが0.1ミリメートルほどの粉にして高温ボイラー内で燃焼されましたので、ボイラー出口からは大量のサブミクロン粒子(0.1マイクロメートル以下の微粒子)が排出されるようになりました。サブミクロン粒子は人の呼吸器官の肺にまで到達する有害成分であるので、その高い効率での除去が求められています。

この状況に応じて、勤務先の研究機関では、「石炭火力発電用電気集塵装置の検討」という大きなプロジェクトチームが編成されました。スポンサーの電気事業に対して、取り組み姿勢を見せる目的もあり、名簿上では50名近い人達で構成されました。設備としては、機械と化学分野の専門家が中心となる本格的な小型燃焼炉を保有する部門と、簡単な組み立て装置で、電気集塵装置の電気特性を解析する電気分野の専門家が中心の部門とが編成されました。私はこの電気部門に参加し、念願の環境浄化研究に参加できることになりました。1980年のことです。

電気特性を解析することになっていても、その具体

的内容については不確定要素が多くありました。そこで、私は、・新しい知識を身に着ける、・納得できる研究テーマを確立する、との自己流の方針を立てて実行に移しました。新しい知識としては、静電気工学とエアロゾル科学技術の基本を選びました。早速に、8月の酷暑の名古屋で開催された第1回エアロゾル基礎講座と9月に春先のオーストラリア連邦研究機構・石炭研究所主宰の電気集じん講座に自費参加しました。また納得できる研究テーマを確立するために、勤務先から有給休暇をとって、アメリカとカナダの研究機関を訪問し実験装置見学と研究リーダーとの意見交換をしました。この納得できる研究テーマ探しの旅での問題意識には、静電気学会会長で国際電気集塵学会会長の増田閃一先生のお言葉「これからの電気集塵は経験的な技術から科学的根拠を持った科学に成長しなければならない」がありました。

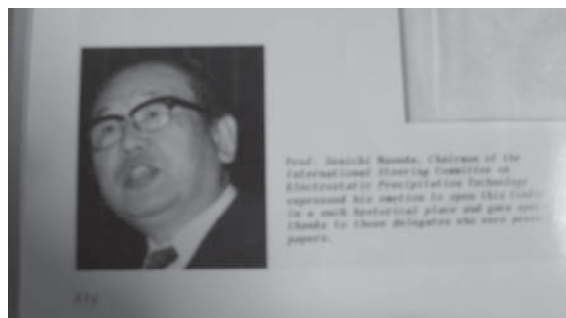


図2 国際電気集塵学会初代会長 増田閃一先生

この問題意識と合致したのは、スタンフォード大学で見た4面の金属製矩形ダクトの内、対向する2面がガラス板の実験用電気集塵装置でした。これまでの電気集塵装置は電氣的な構造から、中心に置く高電圧放電線に対してゼロ電位の集塵板の配置から、集塵装置の周囲は金属板で作られていました。ところがスタンフォード大学で見たのは、内部のダスト挙動を観察可能にするため、集塵板に相当しない2枚の上下の板に絶縁性ガラスを用いていました。このガラス板の実験装置を見たとき、ガラス張りの装置に代えてダスト粒子の可視化をすれば、電気集塵科学の世界に近づけることが出来るヒントを得ました。

帰国の飛行機の中で考え続けたのは、4面全てがガラス張りの実験装置を作ることでした。残り2枚のガラス板は金属と同じに電気を通し易い導電性の幅50cm、長さ1mの大きなサイズのものが必要でした。そこで見つけたのはITOガラスでした。ガラス表面に処理をして導電性を持たせると同時に可視光線の透過率はガラス板の80%を維持できる優れたものでした。これで可視化の目処が付きました。電気集塵科学にするには、可視化によって得るダスト挙動を説明で

きる計算機シミュレーションの結果が必要になります。そこでデンバーリサーチ研究所(当時)の山本俊昭先生が発表された EHD(電気流体力学)モデルによるダスト挙動解析シミュレーションを参考に、解析計算プログラムを三菱総合研究所の安田英典博士のご支援を得て作成し、電気集塵装置内でのダスト挙動の解析を実験と計算の両面から検討することが出来ました。図3は、1987 年のイタリアでの国際電気集塵学会で発表しました成果です。図の右端が装置の上流側に相当し、集塵極から 10cm の位置で流入したダスト粒子の運動軌跡は計算と可視化の結果が一致しています。

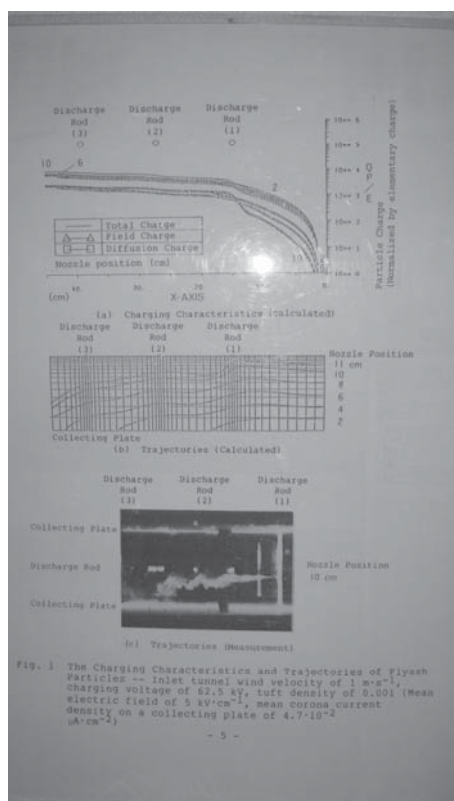


図3 可視化と計算機シミュレーションによる電気集塵装置内部でのダスト挙動解析結果

この時の私の発表は午前中のセッションの最後で、終わると昼食タイムになっていましたが、私が講演台から降りようとする前に、何と 5 人もの質問者が列を成したのです。それまで、私は国際会議で他の発表者に教を乞うときは、I am a baby of this field, Please tell me.となりふり構わず質問をして来ました。これまでずっと生徒役であったのが、このときは一気に先生役に回ったのです。此の時には、1980 年以来、静電気工学とエアロゾル工学の分野に転進して約 7 年間に渡り試行錯誤を繰り返して来た成果が出た、との強い思いが湧いて来ました。日本に戻ると、イギリスのロッジ・コットレル社の研究所から、電気集

じん装置内部での液滴ミストの挙動解析をして欲しい、との依頼 FAX が届いており、増田先生が言われる「電気集塵科学への道に入りつつある!」との思いを強く持つことが出来ました。

次に取り掛かったのはサブミクロン粒子の効率的な集塵方法の開発でした。石炭燃焼ボイラー出口からは、10 ミクロンオーダーの高抵抗の石炭灰と導電性のサブミクロンのカーボン粒子が出てくることは分析によって知られていました。そこで、大きな石炭灰粒子の周り微粒子のカーボン粒子を静電的に集める方法を考案し、検証実験をしましたところ、1 万倍の倍率で撮影した SEM 写真に、狙い通りの静電的に凝集した粗大粒子が観察できました。この実験の途中でフロリダ州立大学物理教室のデービス先生を尋ねて行きました。そこでは電子ビームを使った排ガス処理実験をしていましたが、微量のアンモニアガスを注入すると有害ガスの SOx がアンモニアと反応して固体のサブミクロン粒子に変化する方法を検討していました。後はサブミクロン粒子の高効率集塵をすれば良い段階に来ていました。

デービス先生の研究設備の見学の後、研究成果を伺って初期の目的を終わりつつあった頃に、突然にデービス先生から、「ところで、渡辺さんはどんな研究をしているのか説明してください」とのリクエストがありました。その時は、サブミクロン粒子の静電凝集実験の結果は未だ出ていなかったのですが、黒板 2 枚を使って、実験原理、実験装置、想定の実験結果、などを書いて説明した所、大変に興味深い研究であるとの評価を得ました。日本に戻ると、先にデービス先生から速達で、実験結果は日本語でも構わないから、直ぐにでも送って欲しい、との希望が書いてありました。リクエストに応じて送ったのは、図4の SEM 写真です。この写真では大きな球状の石炭灰粒子の表面に無数のサブミクロンのカーボン粒子が付着しているのが確認されます。

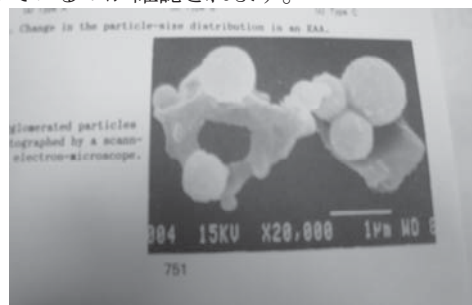


図4 サブミクロン粒子とミクロン粒子の凝集体

< 水浄化の研究分野に入る >

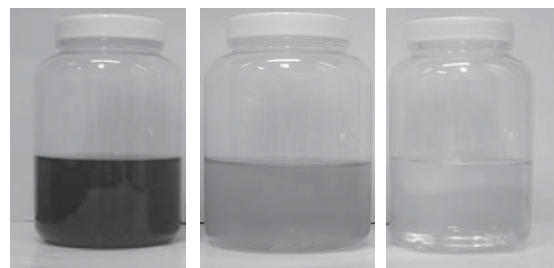
1991 年 4 月から東京都立大学工学部電気工学科へ移ったのを機会に、水浄化の研究を始めました。従来の生物処理や薬品処理ではなく、電気化学反

応を利用した新規な廃水浄化方法に挑戦しました。具体的なきっかけを切り開いたのは卒業研究生の後町昌紀君でした。彼は2枚の金属電極板の材料を銅、鉄、アルミ、の3通りに変えて金属イオンの水和物が作る凝集能力について、墨汁を薄めた水道水を使用して比較実験をしました。最初は全体が真っ黒の実験水が、時間の経過と共に凝集が進み、電気分解により発生する水素ガスの浮上に応じて水面に漂うフロックや水底に沈む凝集体によって、透明な水域が実験容器中央部から次第に広がる様子は極めて神秘的な現象です。手作りの受光装置でヘリウムネオンレーザー光の透過光測定をすることにより、凝集力の高い材料順に整理すると、アルミニウム、鉄、銅の順番になりました。この結果を見ながら、連続処理につなげるには、凝集体を連続的に分離する方法と結びつけることが必要であり、磁気力を利用することにしました。磁気力と組み合わせるには、凝集体が磁性のある物資であることが必要になります。そこで、鉄電極板を用いた電解処理方法との組み合わせを思い付き、永久磁石でその効果を確かめようとしたのですが、対象物質が常磁性体であるせいか、顕著な磁気分離作用は確認できませんでした。丁度その時期の1999年から超電導磁石を使った研究計画の募集が日本学術振興会の未来開拓学術研究推進事業で始まりました。幸い応募した研究計画が承認されたので、超電導磁石装置を購入すると共に、学術研究員の公募を行い、農学博士号を取得直後の井原一高先生(現神戸大学農学部)をポスドク研究者として採用しました。井原先生の創意によって、電解と磁気分離とを組み合わせたユニークな廃水処理システムが完成しました。



図5 電解と磁気分離とを組合せた廃水処理システム

井原先生や学生諸君によって、この新規な廃水処理設備を用いた実証実験を 東京湾埋立地の浸出水処理(2001 年度)、蓮田市と白岡町の尿処理(2002 年度)に適用した結果、最初の茶褐色の原水が中間の磁気分離、後段の電解酸化処理、に応じて顕著な処理効果が確認されました。



原水 磁気分離処理水 電解酸化処理水
図6 浸出水処理過程の処理効果

この新しい廃水処理技術は、小型分散型廃水処理法として、農畜産業廃水処理への適用について、農工連携の4大学コンソーシアム(帯広畜産大学、神戸大学、宇都宮大学、首都大学東京)を組織して2006年以來、検討を続けています。

以上の通りの研究経歴について、私自身が果たして3つの大きな挑戦をしたのかどうかは、未だ確定的なことは言える時期には来ていません。それは、2007年3月に大学を定年退職後、日本企業や中国の大学とも連携した活動の準備を進めているからです。今言えるのは、私の引き出しには、静電気力と磁気力とを利用した環境修復技術の実績が蓄えられていることです。この引き出しを必要とされる方には、喜んで協力させていただきます。紙面の関係上、研究経過に沿った発表論文リストを掲載できませんでした。ご関心のある方は下記メールアドレスまでご連絡下さい。



渡辺 恒雄

渡辺エネルギー環境研究所
代表
東京都立大学名誉教授
工学博士

1968-1991 (財)電力中央研究所
1991-2007 東京都立大学(首都大学東京)
2007- 渡辺エネルギー環境研究所
大学講義、技術コンサルタント、

電気学会論文賞、英国電気学会マクスウェル賞、
国際電気集塵学会国際貢献賞

日本学術振興会未来開拓学術研究推進事業
・複合領域(強磁場下の物質と生体の挙動)の
成果は、下記を参照願います。

<http://www.comp.metro-u.ac.jp/~jikibun/>
連絡先: watanabetsuneo@nifty.com

第 21 回日本吸着学会研究発表会ポスター賞受賞者特集

ナノ細孔内における液-液相分離現象の 分子シミュレーション検討とモデル化

Liquid-Phase Capillary Condensation in Slit Nanopore:
A Monte Carlo Study



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

市川裕介、渡邊 哲、
宮原 稔

Yusuke Ichikawa, Satoshi Watanabe,
Minoru Miyahara

この度はポスター賞を頂き、大変光栄に思います。また、多くの方々に発表ポスターを御覧頂いたうえ、有意義な御指摘、御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。

<緒言>

ナノ細孔内の分子は、バルク相に比べ細孔壁-分子間ポテンシャル場により安定化されるために、気-液2相間での毛管凝縮によく似た現象が液-液系でも確認されており、毛管相分離現象と呼ばれています。しかし、このような液-液系での現象は、気-液系に比べてこれまで検討事例が乏しいのが現状です。そこで本研究では、スリット状細孔内における相分離現象をシミュレートし、その結果をもとに現象のモデル化を試みました。

<シミュレーション手法>

分子シミュレーションは GCMC 法を用い、 x 方向にスリット状の細孔壁、 yz 方向に周期境界条件を設定しました。流体分子間の相互作用ポテンシャルとして LJ12-6 ポテンシャルを、細孔壁-流体分子間相互作用ポテンシャルとして LJ10-4-3 ポテンシャルを採用しました。流体分子は2成分で、共に Ar のパラメータを用いた対称系を扱い、異種分子間の相互作用を同種分子間より弱く設定しました。また、細孔壁にはグラファイトのパラメータを用い、細孔壁-流体分子間の相互作用をそれぞれの分子で異なる値を設定し、細孔壁-流体分子間の親和性に違いを持たせました。カットオフ距離は $5\sigma_{ff}$ とし、各細孔幅 H で、化学ポテンシャル μ を変化させてシミュレーションを行いました。

<結果・考察>

(1) 臨界相対濃度のシミュレーションによる探索

細孔幅 H を変化させたときの吸着等温線を図 1 に示します。溶質成分の相対濃度 C_2/C_{2s} の増加に伴い、細孔内での溶質成分濃度 x_2 が上昇し、ある相対濃度で急激に立ち上がり、相分離します。このとき細孔内では、Kelvin 効果と壁の引力ポテンシャル場の影響で、バルク相よりも低い濃度で相分離が生じ、また H が小さくなるほど臨界相対濃度が低くなっていることがわかりました。これは細孔壁の引力ポテンシャル場が、 H が小さくなるほどに強く働くためだと考えられます。また $H =$

5~15 σ_{ff} では、ヒステリシスが存在せず、真の臨界相対濃度を表していることを確認しました。

(2) モデル化による検討

細孔内の概略を図 2 に示します。細孔壁と親和性の高い溶質成分が吸着層を形成していき、溶質成分濃度 C_2 の増加に伴いその厚みは増加していきます。そして、ある厚み L に達したとき相分離が生じます。この現象は、気-液における毛管凝縮現象に類似しているため、気-液系のモデル式を拡張することで臨界相対濃度を計算しました。その際に必要となる吸着層厚み L は Frenkel 式より求めました。シミュレーション結果と比較したところ、図 3 に示すように細孔幅 H が小さくなるほど、臨界相対濃度を過大評価する結果となりました。これは、界面張力 γ を一定としたためだと考えられ、従って、細孔内での γ の曲率依存性を強く示唆する結果であるといえます。 γ の曲率依存性は一般に Tolman length : δ の存在により生じますが、 δ はバルク相における 2 相の密度差 $\Delta\rho$ により生じるため、本系のような対称系では、 $\delta = 0$ となり曲率依存性を持ち得ません。しかし、本系のようなナノ細孔内では、状況が異なると考えました。そこで、図 2 における ρ_1 と ρ_2 の差 $\Delta\rho$ を、それぞれの細孔幅 H で調べたところ、 H が小さくなるほど $\Delta\rho$ は大きくなり、 γ が曲率に依存し得ることが明らかになりました。この結果をもとに、臨界相対濃度を再計算すると、図 3 に示すように、 γ を一定にしたモデルと比較して、シミュレーション結果をより適確に表現できることがわかりました。このことよりナノ細孔内では、その特異性ゆえに対称系であっても、 γ の曲率依存性を考慮する必要があることが明らかになりました。これらの結果は、液-液系での相分離現象を予測する上で確かな成果だといえます。

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、宮原稔教授、渡邊哲助教に感謝の意を表します。

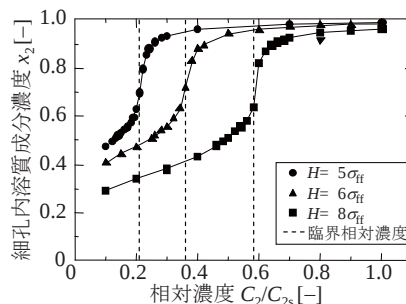


図 1 各細孔幅 H における吸着等温線

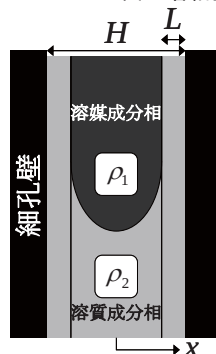


図 2 細孔内の概略図

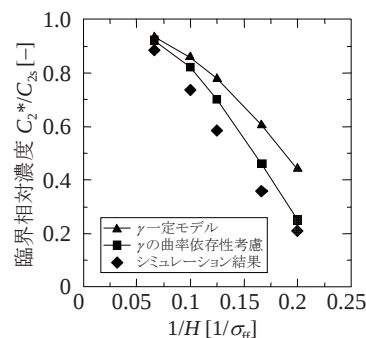


図 3 モデル比較

高分子ゲル-QCM 複合デバイスによる 生体分子センシング

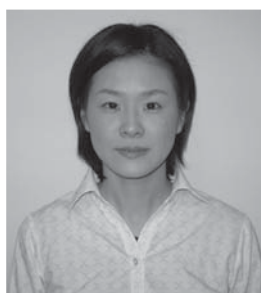
Sensing of Biomolecules by Protein-immobilized
Stimuli-Responsive Hydrogel Coupled with
Quartz Crystal Microbalance

東京工業大学大学院総合理工学研究科
化学環境学専攻

Department of Environmental Chemistry and
Engineering, Tokyo Institute of Technology

中野由理、清田佳美
瀧景子、中野義夫

Yuri Nakano, Yoshimi Seida,
Keiko Taki, Yoshio Nakano



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御覧いただくとともに、有意義なご意見を賜り、心より感謝申し上げます。以下に本研究の概要を紹介させていただきます。

<はじめに>

環境感応型高分子ゲルは高分子鎖に働く相互作用に依存して多様な相挙動を呈します。高分子鎖に外来分子が吸着すると、その近傍高分子鎖の溶媒和構造が変化することによって局所的な相変化を誘発すると考えられます。三次元的に架橋された網状構造を有するゲルでは、この局所的ミクロな相変化は、ゲルのマクロな粘弾性変化に反映されることから、分子吸着に伴うゲルの粘弾性変化を指標とする分子センシングが可能と考えられます。本研究では、高分子鎖に生体分子を選択吸着する分子を導入したゲルを合成し、これを水晶振動子(QCM)と複合化して、生体分子吸着に伴うゲルの粘弾性変化を、高感度に観測する高分子ゲル-QCM 複合生体分子センシングの可能性を検討しました。

<実験>

温度応答型高分子ゲルとして NIPA (N-isopropyl acrylamide)を主鎖とするゲルを用い、モデルタンパク質として牛血清アルブミン(BSA; Bovine serum albumin)を適用しました。BSA を化学的結合により NIPA ゲル高分子鎖に導入するために、まずビニル基修飾剤として NSA(N-succinimidyl acrylate)を用い、ビニル基修飾 BSA を合成しました。次に、ビニル基修飾 BSA を NIPA と共重合させることにより、NIPA ゲル高分子鎖に BSA を導入することを試みました。既報¹⁾の組成に基づき、QCM 電極上に 0.5 μ L の poly(NIPA) gel および BSA 導入 NIPA ゲル (BSA-immobilized gel) をそれぞれ合成してゲル複合 QCM を作製しました。ここで、図 1 に QCM 測定装置の構成

図を示します。水晶振動子化学計測システム (QCA922, SEIKO EG&G)を用い、水晶共振回路でゲル複合水晶振動子を共振させ、水晶振動子のインピーダンスを解析することにより、共振周波数変化および共振抵抗値を求めます。リン酸緩衝溶液中で、温度スイング過程におけるゲル複合 QCM の応答挙動(共振周波数変化 $-\Delta F$ および共振抵抗 R)からゲルの粘弾性特性を推察しました。ついで、BSAを抗原とする抗BSA抗体をマイクロゲルと接触・吸着させ、上述と同様の条件で QCM の応答挙動を観測しました。

<結果・考察>

図 2 に BSA-immobilized gel のリン酸緩衝溶液中における、抗 BSA 抗体溶液接触前後の $-\Delta F$ と R の関係を示します。抗体溶液接触前後において $-\Delta F$ と R に大きな変化が認められました。ゲル高分子鎖中に導入した BSA と抗 BSA 抗体が結合することにより、QCM への負荷質量が増加するとともに、ゲルの粘弾性特性が大きく変化したためと考えられます。これらの結果より、ゲルの相変化に伴う粘弾性変化を高感度に捉えることで、生体分子センシングを達成し得る可能性が示唆されました。

最後になりましたが、本研究を進めるにあたってご指導くださいました中野義夫先生、清田佳美先生、瀧景子博士に感謝の意を表します。

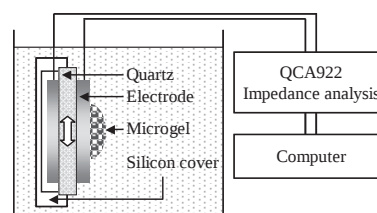


図1 QCM 測定装置構成図

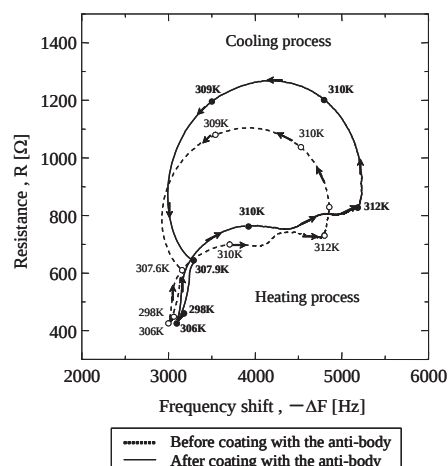


図2 抗BSA抗体溶液接触前後における
BSA 導入 NIPA ゲル複合 QCM の応答挙動

[文献]

- 1) Y. Nakano et al., *Chem. Lett.*, 36(10), 1204 (2007)

Pd(II)とPt(IV)を選択的分離する SCN⁻内包型タンニンゲル/光照射システムの提案

Proposal for Selective Separation of Pd(II) and Pt(IV) by
SCN⁻-retaining Tannin Gel/Light Irradiation System



東京工業大学
大学院総合理工学研究科
化学環境学専攻
Department of Environmental
Chemistry and Engineering,
Tokyo Institute of Technology

八鍬晋平, 金演鎬, 中野義夫

Shinpei Yakuwa, Yeon Ho Kim, Yoshio Nakano

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御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。

<はじめに>

近年、パラジウム (Pd) や白金 (Pt) は、エレクトロニクス産業や自動車触媒への急激な需要増加を背景に、貴金属含有スクラップから再資源化する手法の開発が求められています。当研究室では、天然由来の分子であるタンニンが様々な金属イオンに対して親和性を示すことに着目し、タンニン分子を不溶化処理したタンニンゲルによる貴金属・白金族の吸着・分離機構について報告しています。湿式の貴金属回収では、通常、酸濃度の高い条件下で分離・還元・回収といった一連の操作が行われています。本研究では、Pd(II)、Pt(IV)と親和性の高い SCN⁻をタンニンゲル (TG) 中に導入した分離剤 (SCN-TG)を開発するとともに、Pd(II)/Pt(IV)を高濃度の塩酸中において選択的に分離する SCN⁻内包型タンニンゲル/光照射システムを考案しました。

<実験>

タンニン分子を水酸化ナトリウム溶液に溶解させ、架橋剤としてホルムアルデヒドを加えることでTGを作製しました。塩酸濃度1 M、チオシアン酸ナトリウム濃度0.01 Mの溶液中にTGを加え(固液比:2 g/L)、298 Kで振とうすることでSCN-TGを作製しました。所定の濃度に調製したPd(II)およびPt(IV)溶液に、作製したSCN-TGを加え(固液比:1 g/L)、明条件下または暗条件下において、298 Kで吸着実験を行いました。任意の時間に紫外可視分光光度計で溶液の吸収スペクトル測定を行うことで、吸着挙動を評価しました。さらに、塩酸濃度1 Mに調製したPd(II)、Pt(IV)の混合溶液 (Pd(II)、Pt(IV) 0.1 mM) にSCN-TGを加え(固液比:1 g/L)、暗条件下、298 Kで吸着実験を行い、溶液中のPd、Pt濃度を誘導結合プラズマ発光分析装置で測定し、それぞれの吸着率を算出しました。

<結果・考察>

明条件下、暗条件下で行ったPd(II)およびPt(IV)の吸着実験の結果をFig.1に示します。Pd(II)は明暗いずれの条件下においても吸着によるものと思われる吸光度の減少が確認されます。Pt(IV)は暗条件下ではピークシフトがほとんど確認されませんが、明条件下ではピークが1時間でほぼ完全に消失しています。明条件下では、Pt(IV)とタンニンゲル中のSCN⁻との錯形成反応が促進されるため、速やかに吸着したと考えられます。Pd(II)、Pt(IV)混合系における吸着実験結果をFig.2に示します。SCN-TGを分離剤として用い、暗条件下、298 Kで吸着実験を行うことで、吸着実験開始後30分で、Pd(II)のみを選択的に約80%吸着させることに成功しています。

最後になりましたが、本研究を進めるにあたってご指導くださいました中野義夫先生、金演鎬氏に感謝の意を表します。

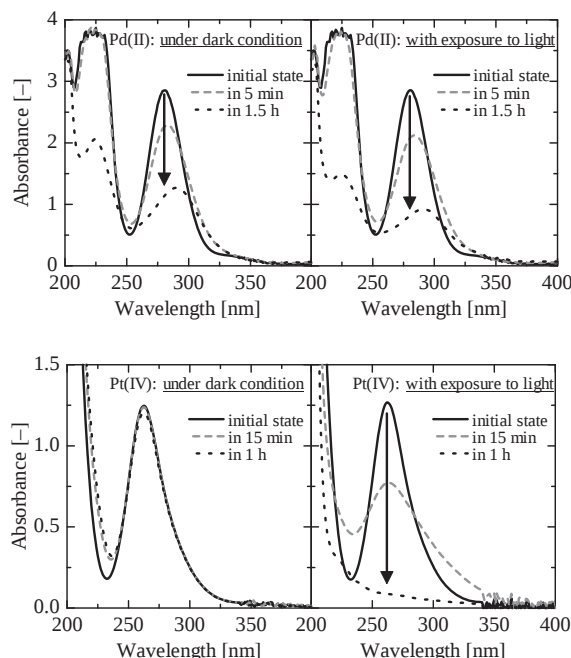


Fig. 1 Time history of UV-Vis spectra of Pd(II) (0.3 mM) and Pt(IV) (0.1 mM) solution at [HCl] 1 M, SCN-TG 1 g/L and 298 K.

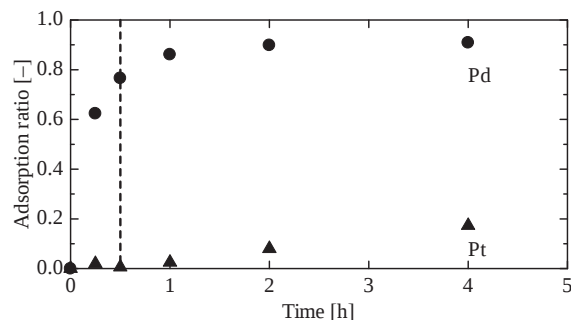


Fig. 2 Adsorption behaviors of Pd and Pt onto SCN-TG in their mixed solution (Pd 0.1 mM, Pt 0.1 mM) under dark condition at [HCl] 1 M, SCN-TG 1 g/L and 298 K.

メソポーラスシリカの一軸配向膜とヘリカルロッド Mesoporous Silica Films Oriented in One Direction and Helical Rods

信州大学大学院工学系研究科
物質基礎科学専攻
Department of Chemistry,
Faculty of Science,
Shinshu University,



久保田佳那・山根康之
阿部晴雄・尾関寿美男
Kana Kubota, Yasuyuki Yamane
Haruo Abe, Sumio Ozeki

この度はポスター賞を頂き、大変光栄に存じます。また、多くの方々に発表ポスターをご覧頂いたうえ、有意義なご指摘、ご意見を賜り心よりお礼申し上げます。以下に本研究の概要を紹介させていただきます。

<はじめに>

薄膜状メソポーラスシリカの基板における配列構造の研究が多く報告されています。吸着媒・触媒担体および物質分離等への利用の観点から、膜面に対して垂直な細孔を持つシリカ膜の研究が重要であり、細孔の構造は吸着状態や活性に大きな影響を及ぼします。本研究では、強磁場を用いて膜面に対して垂直な細孔を有する SBA-15 膜を調製し、また、ヘリックス状ハイブリッドの構造を制御することを試みました。得られたハイブリッドからメソポーラスシリカを調製し、それらの構造と吸着特性を検討しました。

<実験>

メソポーラスシリカ膜は EO₂₀PO₇₀EO₂₀ (Pluronic P123) を鋳型として、ディップコート法と滴下法とによって調製しました。成膜に用いた前駆体溶液は P123 のエタノール溶液と希塩酸を含むテトラエチルオルトシリケート (TEOS) のエタノール溶液とを混合した後、添加物としてベンゼン、ナフタレン、アントラセン等の芳香族化合物を加えて調製しました。35℃に保った磁場中 ($H \leq 30$ T) で成膜し、500℃で 4 h 焼成しました。ヘリカルシリカハイブリッドは鋳型に SDS、骨格成分に TEOS、共構造体に塩化トリメチルオキシシリルプロピル-N, N, N'-トリメチルアンモニウム (TMAPS) を用い、ゾルゲル法により調製しました。pH を調節した SDS 水溶液に TEOS と TMAPS とを加えて攪拌した後、25℃で 4 h、35℃で 21 h の間磁場中に ($H \leq 15$ T) 静

置しました。得られた SBA-膜とヘリカルメソポーラスシリカは X 線回折、SEM、TEM、77 K での窒素吸着によって調べました。

<結果と考察>

Fig. 1 の TEM 像より 15 T 以上の磁場を垂直に印加した SBA-15 膜の細孔は基板に対して垂直に、平行に印加した膜の細孔は一軸平行配向したことを確認しました。これらの SBA-15 膜の窒素吸着等温線は IV 型で、垂直磁場調製試料の飽和吸着量は無磁場で調製したものに比べ低下し、細孔径は小さくなりました。これらの結果は X 線回折に (110) 面ピークが現れることや TEM 観察とも矛盾しませんでした。また、垂直磁場調製の SBA-15 膜は平行磁場調製のそれに比べて高い飽和吸着量を示し、細孔径は小さくなりました。ランダム配向によって閉ざされていた細孔が垂直配向によって開放されたためと推定されます。

Fig. 2 の SEM 像より無磁場で調製したヘリカルシリカハイブリッドは長さ 1 μm 、太さ 200 nm の棒状の粒子であり、磁場中で調製したそれは 3 μm 以上の棒状で棒の長さが無磁場に比べ長く、螺旋を強く巻いたものと円盤状の粒子が多く見られました。ヘリカルシリカハイブリッドの成長過程に印加された磁場がその成長方向を制限してヘリカルシリカハイブリッドの成長を促進したと考えられますが、再現性を含めて検討中です。

最後になりましたが、この賞を頂きましたことを励みに研究に打ち込んで参りたいと思っております。今後とも、御指導、御鞭撻のほどよろしくお願いいたします。

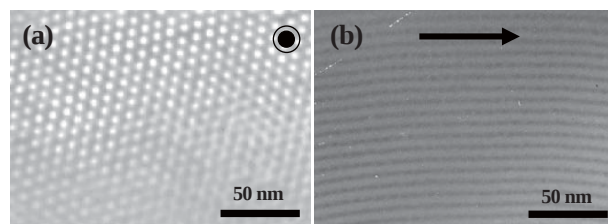


Fig. 1 TEM images of calcined SBA-15 film prepared under 30 T fields perpendicular (a) and parallel (b) to the film surface. The arrow shows the direction of applied magnetic fields.

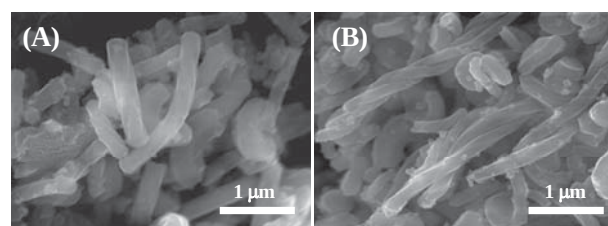


Fig. 2 SEM images of helical silica prepared under zero fields (A) and 15 T fields (B).

SBA-15 の合成条件と表面構造

Synthesis and Surface Structure of SBA-15

(独) 産業技術総合研究所
National Institute of Advanced
Industrial Science and Technology



稲木由紀、遠藤明、
魯保旺、大森隆夫
Yuki Inagi, Akira Endo,
Baowang Lu, Takao Ohmori

この度はポスター賞を頂き、大変光栄に存じます。また、多くの方々に発表ポスターをご覧頂いたうえ、有意義なご指摘、ご意見を賜り心よりお礼申し上げます。以下に本研究の概要を紹介させていただきます。

<はじめに>

代表的なメソポーラスシリカのひとつである SBA-15¹⁾は MCM-41 などと比べ大きな細孔径と厚い壁を持つことで知られ、水熱安定性に優れていることから様々な応用が期待されています。SBA-15 にはシリンダー状のメソ孔と細孔間をつなぐマイクロ孔が存在し、合成温度が上昇するにつれマイクロ孔容積が減少することも報告されています²⁾。またメソポーラスシリカの表面構造を知ることは触媒等応用面からみても重要です。近年、走査型電子顕微鏡 (SEM) の性能向上により SBA-15 の細孔構造の直接観察が可能となりました³⁾。しかし最表面の構造と温度、組成などの合成条件の詳細な検討はこれまでおこなわれておりません。そこで本研究では SBA-15 を様々な条件で合成し、ガス吸着法で細孔構造を評価するとともに SEM による表面構造の評価をおこないました。

<実験>

SBA-15 は規則性配列のテンプレートとして BASF 社製 Pluronic P123 を用い、35℃で 20 時間加熱後、エージング温度 35℃ – 130℃、P123/TEOS 比 0.014 – 0.020 で合成しました⁴⁾。その後、空気雰囲気下 500℃で 6 時間焼成しテンプレートを除去しました。得られた試料の構造規則性と細孔構造はそれぞれ粉末 X 線回折および窒素吸着測定法により評価しました。また、FE-SEM による粒子最表面の構造観察は低加速電圧におけるリターディング法⁵⁾を用いておこないました。

<結果・考察>

合成した SBA-15 は XRD および窒素吸着測定からヘキサゴナル構造を持つ細孔径 4.8 – 8.4nm のメソポーラスシリカと確認されました。図 1 に窒素吸着等温線を示します。高温でエージングしたものは細孔径が大きく、壁が薄くなりますが、合成温度の低下にともない細孔径は減少し、壁の厚さは増加しました。またマイクロ孔はエージング温度が 100℃を越えると

ほとんど存在しなくなることが確認されました。

図 2 に SBA-15 粉末の SEM 画像を示します。130℃でエージングをおこなった試料では表面にははっきりとした凹状の溝が表れておりましたが、温度が低下するにつれ最表面はシリカに覆われ、35℃のエージング試料では表面の大部分がシリカで覆われていることが確認されました。また P123/TEOS 比を変えて合成したところ、シリカ源である TEOS の増加によっても表面はシリカ壁で覆われていくことが確認されました。これはミセルの周りを囲むシリカ原料が相対的に増加するために起きると思われます。

以上から SBA-15 の合成条件の変化による細孔径や壁の厚さの変化は、SEM 画像からもその構造の相違を明確に観察することが可能であることがわかりました。さらにエージング温度の低下にしたがい、粒子最表面はシリカ壁に覆われるという構造変化が起こることもわかりました。

最後になりましたが、FE-SEM 観察では多くのご協力をいただきました日立ハイテクノロジーズ(株)・那珂アプリケーションセンタに感謝の意を表すとともに、ポスター賞をいただいたことを励みに今後の研究に取り組んでいきたいと思っております。

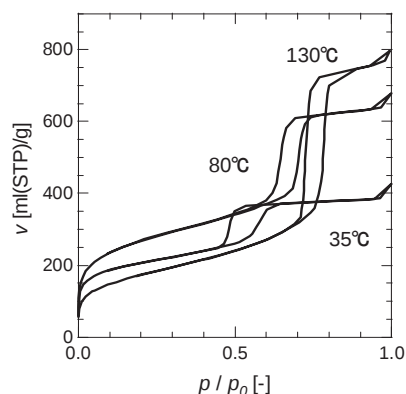


図 1 窒素吸着等温線

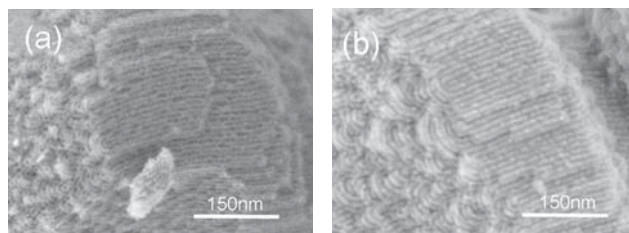


図 2 SEM 画像 エージング温度 (a) 35℃, (b) 130℃

[文献]

- 1) D. Zhao et al. *J. Am. Chem. Soc.* 1998, **120**, 6024
- 2) A. Galameau et al. *New J. Chem.* 2003, **27**, 73
- 3) S. Che et al. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2003, **42**, 2182
- 4) A. Sayari et al. *J. Am. Chem. Soc.* 2004, **126**, 14348
- 5) M. Nakagawa et al. *Proc. Microscopy and Microanalysis* 2005, **11**, 748

吸着技術を用いたバイオガス有効利用システム Biogas Effective Usage using Adsorption Technology



大阪ガス株式会社, 東京大学
Osaka Gas Co.LTD., Tokyo University

関 建司, 望月和博, 迫田章義

Kenji Seki, Kazuhiro Mochidzuki, Akiyoshi Sakoda

1. はじめに

近年、地球環境問題に加え最終処分場の深刻な枯渇の状況から廃棄物の処理問題がクローズアップされてきている。我が国では、約4億5千万トンの廃棄物が発生しておりその70数%が有機性の廃棄物と言われている。しかしながら、この大量の有機性廃棄物処理については、焼却処理を適用したシステムが広く成立しており、再生・資源化技術が整っていると言えないのが現状である。それらを単に廃棄物として捉えるのではなく、資源と捉え、それらを有効利用することによって循環型社会を構築することは極めて重要なことである。

2. エネルギーを生み出す有機性廃棄物処理

有機性廃棄物の処理法である嫌気性消化法は、豊富に含まれる有機物の生物学的な安定化、廃棄物の減量化と合わせて発生する消化ガスの利用が図れるメタン発酵プロセスとして注目され、昭和初期の導入以来65年近い実績を重ねてきている。そして、1997年12月の気候変動枠組条約第3回締結国会議(COP3)等、今日の地球温暖化を巡る情勢は再び本プロセスにより生産されるカーボンニュートラルであるバイオガスのエネルギー的価値を際立たせ、それを高度に利用して行くことが地球環境の保全に繋がるものであると言われている。現在、有機性廃棄物のエネルギーとしての有効利用率は約10%程度であり、これらを全量利用した場合約100億 m^3 のバイオガス(石油の年間使用量の約10%)を得ることができる。例えば、下水処理場では下水汚泥をメタン発酵という技術により、酸素のない状態で微生物を使い発酵させ、バイオガス(CH_4 60%、 CO_2 40%)を作り、ガス中の硫化水素等悪影響を与える不純物を取り除き、ガスエンジン等で発電し、電気、熱として有効利用している。今回、バイオガスを有効利用するに際して、また、バイオガスの完全利用を目指す立場からも必要不可欠なプロセスと位置付けられる高効率なバイオ

ガスの貯蔵、精製およびガス車両等の有効利用機器について、吸着材を応用し、実用化した新技術について記載する。

3. バイオガス有効利用システム

現在、有機性廃棄物の処理としてメタン発酵を用いたプラントが数多く建設、運転されているが、従来の焼却処理等と比べて、最終処分する廃棄物の減容化および付加価値としてのエネルギー創出等のメリットが十分に得られていないため、必ずしも経済性のある廃棄物処理システムになっていない。そこで、当社では本来のメタン発酵廃棄物処理システムのメリットが十分に発揮され、使用者にとって環境、省エネおよびもちろん経済的にもメリットが得られるような低コストで、高効率なプラントの開発を実施しており、これまでにバイオガスをエネルギーとして有効利用するためのバイオガスの高効率貯蔵、精製およびガス車両等の利用機器に関して、吸着技術を活用した新技術により、実用化を行なった。

以下に実用化した高効率なバイオガスの有効利用プラントについて記載する(図1)。^{1), 2)}

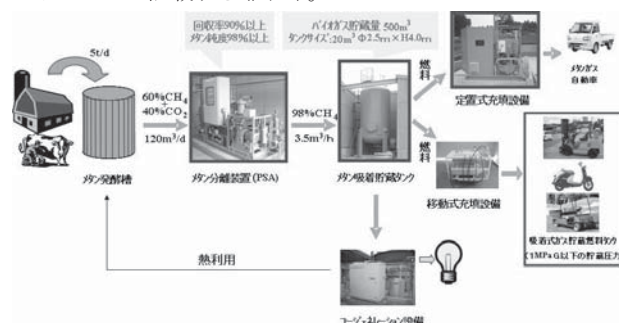


図1 バイオガス有効利用プラント

【主要機器特徴】

① 吸着式バイオガス貯蔵タンク¹⁾

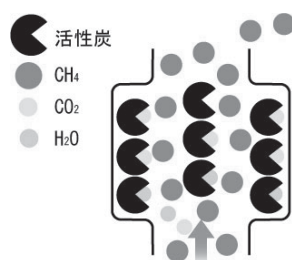
従来のガスタンクにバイオガスを高効率で吸着貯蔵できる吸着材を充填し、貯蔵することにより従来のタンクよりコンパクトで、低コストで貯蔵できる。また、あわせてバイオガス中のガスエンジン等に悪影響を及ぼすシロキサン化合物を同時に除去できる。



② バイオガス精製設備

ナノレベルに構造制御された吸着材によりメタンとその他のガスの分子サイズの違いを利用し、ガスを分離するバイオガス精製装置によって、メタンの純度を

98%以上（露点－70℃以下）と都市ガスレベルの品質に上げることにより、自動車燃料として使用可能となった。



③ 吸着式バイオガス車両

バイオガス車両に積む燃料タンクに吸着剤を充填し、貯蔵圧力の低圧化、ボンベの小型化や容器形状の自由度の向上を実現した。これにより高圧ガス保安法の対象外となり、充填設備、車両の低コスト化、保安法に係わる煩雑な業務の省略に繋がる。



4. おわりに

2002年12月に閣議決定された「バイオマス・ニッポン総合戦略」においてバイオマス利用による炭酸ガス削減と、石油の

みに依存しない社会の構築を目指して、地域の中で発生するバイオマスを原料として多種多様な有用物質や燃料を体系的に生産・利用するバイオマスの多段階利用システムの実現が求められている。バイオマスの有効利用を実現するための、一番のネックは経済性が十分に確保できないことになる。

これまでは、これらの問題を補助金により補填してきたが、今後継続して普及促進を図るためには、従来にない画期的な技術開発が必要である。特に今回のような異業種の技術応用に期待が寄せられる。また、これらの実現は民間企業の更なる技術開発だけでは困難であり、国による普及に向けた支援等、産官学のよりいっそうの連携が必要である。本講演、レポートがバイオガスの普及促進、国家的政策を考える上で少しでもお役に立てれば幸いである。

5. 文献

- 1) 関 建司, 落 修一, 月刊下水道, **21** (1998) 21.
- 2) 農林水産バイオリサイクル研究・システム実用化ユニット編:「アグリ・バイオマスタウン構築へのプロローグ」, 農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所, 2007

会 告

平成 19 年度吸着関連の卒業論文・修士論文・博士論文の紹介に関するお願い

Adsorption News 編集局では会員の皆様の交流を深めるための一助として、平成 11 年度より全国の大学および高等専門学校における吸着分野の卒業論文、修士論文、博士論文の紹介を行っております。本年度も、次号の Adsorption News (Vol. 22, No. 2) ならびに本会ホームページに平成 19 年度の研究題目を掲載させていただく予定です。掲載を希望される場合は、以下の要領にて研究題目等をお知らせくださいますよう、お願い申し上げます。

<要領>

1. 平成 19 年度の吸着分野の卒業論文、修士論文、博士論文の題目をお知らせください。
2. 題目は E-mail にて編集局（飯山宛 tiiyama@shinshu-u.ac.jp）までお知らせください。FAX や郵便での連絡は受け付けておりませんのでご了承ください。
3. E-mail のフォーマットはホームページ(<http://dione.shinshu-u.ac.jp/jsad/keijiban/apply.html>)をご参照ください。また、刷り上がりの体裁はバックナンバー (Vol. 21, No. 2) を参考にしてください。特にお願いしたい点は次の通りです。
 - (ア) Subject 欄には「研究題目」とご記入いただき、続けて所属大学、研究室の略称をご記入ください。
 - (イ) 情報は添付書類にせず、メールの本文中に直接ご記入ください。1 行目に研究室の名称および指導教員、2 行目には、ご希望であれば連絡先 E-mail アドレスと、研究室のホームページアドレスを半角英数字でお書きいただき（アドレスの掲載を希望されない場合は空行にしてください）、3 行目より卒業論文、修士論文、博士論文の順で論文提出者氏名と論文題目をお書きください。論文提出者氏名と論文題目の間は全角コンマで区切ってください。
4. 締切は 5 月 30 日(金) とさせていただきます。期限以降にご連絡をいただいた場合、Adsorption News 誌上でご紹介できないこともありますのでご了承ください。なお、その場合でもホームページには掲載させていただきます。
5. 問い合わせ先：日本吸着学会編集局 担当 飯山 拓（信州大学理学部化学科）

Tel: 0263-37-2469 Fax: 0263-37-2559 E-mail: tiiyama@shinshu-u.ac.jp

事業紹介・研究紹介・研究室紹介記事募集について

Adsorption News ではこれまで大学・研究所を対象とした「研究室紹介」記事を掲載して参りましたが、大学以外にも視野を広げ、「事業紹介・研究紹介」という形で企業や団体の取り組みについて会員の皆様に紹介することといたしました。会員企業以外も含め、記事を募集いたしますので、奮ってご寄稿ください。また従来の研究室紹介の記事も募集しております。ご興味のある方は編集局までお問い合わせください。（単なる宣伝を目的とした記事は掲載をお断りすることがあります。ご了承ください。）

関連学会のお知らせ

5TH INTERNATIONAL CONFERENCE INTERFACES AGAINST POLLUTION 2008 (IAP08 環境汚染におけるコロイド界面現象と界面科学の取り組み)

日時: 2008 年 6 月 1 日(日)~4 日(水)

場所: 京都大学時計台記念館

環境汚染対策技術の重要な基礎に界面科学があることを明らかにし、その研究の到達点と今後の方向性について討議の中で明らかにすることを目的とした国際学会です。

目標

1. 界面科学の蓄積と継承
2. 界面科学の応用分野を広げる(環境汚染と汚染対策へ)
-----空気・水・土壌の汚染対策と浄化の技術(重金属、農薬、放射性廃棄物、微生物等)
3. 界面科学の展開方向を示す
環境を扱う基礎科学としての展開の方向性を明らかにする。

このような視点でコロイド界面化学の基礎を知るメリットを様々な環境関連分野を横断して理解を深めていく。

参加申込締切: 4 月 15 日(火)

連絡先: 筑波大学 大学院生命環境科学研究科 足立泰久 iap2008@envr.tsukuba.ac.jp

学会ホームページ: <http://www.rs.noda.tus.ac.jp/iap2008/>

分離技術会 年会 2008

日時: 2008 年 6 月 6 日(金)~7 日(土)

場所: 明治大学 生田校舎

〒214-8571 神奈川県川崎市多摩区東三田 1-1-1 (<http://www.meiji.ac.jp/>)

主催: 分離技術会

分離技術会年会 2008 平成 20 年 6 月 6 日(金)~7 日(土)の2日間、明治大学において開催します。

未発表の技術、研究、データのみならず、既発表であってもそれをまとめ直したもの、あるいは萌芽的な技術や研究なども対象としますので、どうぞ気軽にご応募ください。また、分離技術に関連する最近の話題を集めた融合領域セッションも設けております。学生会員によるポスター発表に対しては「学生賞」ならびに「奨励賞」を設けて若手の育成の一助とする予定です。

本年会は最近の分離技術の動向を知り、会員相互に情報交換をする大切な場です。多数の会員、企業からの発表申し込みをお願いします。

参加費:

維持・特別会員および正会員: 6,000 円, 学生: 2,000 円,

会員外(除く学生): 11,000 円 ※ 協賛学会の会員も本会会員と同額とします。

懇親会費(参加費とは別途): 5,000 円(全参加者対象)

申し込み・問い合わせ先:

分離技術会事務局 〒107-0051 東京都港区元赤坂 1-5-11

Tel 03-3404-6468 Fax 03-3405-9769

e-mail: jimu@sspej.gr.jp Homepage: <http://www.sspej.gr.jp/>

International Conference on Carbon CARBON2008 (2008 年国際炭素会議)

日時: 2008 年 7 月 13 日(日)~18 日(金)

場所: ホテルメトロポリタン長野、ホテルサンルート長野

主催: The Carbon Society of Japan、Science Council of Japan

共催: No.117 Committee, JSPS、信州大学

カーボン国際会議は 2000 年のベルリン開催を機に、欧・米・亜の 3 極持ち回り開催というルールで運営されるようになり、2001 年レキシントン(米)、2002 年北京(亜)、2003 年オビエド(欧)、2004 年プロビデンス(米)、2005 年慶州(亜)、2006 年アバディーン(欧)、2007 年シアトル(米)という順番で開催され、2008 年長野にて開催の運びとなりました。過去に日本では 1964 年(東京)、1982 年(豊橋)、1990 年(つくば)、1998 年(東京)と国際炭素材料学会議が開催されました。1953 年に S. Mrozowski 教授によって開始されましたいわゆる International Carbon Conference はその後、上記の通り開催方式が変更になりましたが、当 CARBON'08 はこのシリーズが日本で開催されるはじめての会議となります。会場となります長野市、須坂市は冬季オリンピック開催をはじめナノカーボン国際会議などで多くの国際会議を開催していることもあって市民の意識が高く、受け入れ態勢も充実しております。わが国の優れた研究成果と産業技術を積極的に世界にむかって発信すると共に全世界から第一線で活躍する研究者の参加を得て、世界最高レベルのカーボン国際会議とする絶好の機会であります。炭素材料学会はじめ協賛学会等と協力して万全の体制で臨むべく準備を致しております。是非多くの皆様のご参加、ご支援の程をお願い申し上げます。

スケジュールの概略を以下に示しますが、詳しくは **CARBON2008 の公式ホームページ** (<http://endomoribu.shinshu-u.ac.jp/carbon2008>) をご覧下さるようお願い致します。なおプレコンファレンス及びポストコンファレンスの情報も示しますが、こちらも詳細はホームページでご確認くださいようお願い致します。

(プログラムは 2008 年 5 月ごろを目標に作成してホームページにアップする予定です)

(タイムテーブル概略)

- 7 月 13 日(日) 登録開始、チュートリアル及び Mixer、Get Together Party
- 7 月 14 日(月) オープニング、プレナリー、オーラル、昼食(ランチボックス)、
夕方からポスター(飲み物・食事つき)
- 7 月 15 日(火) 同上
- 7 月 16 日(水) 同上
- 7 月 17 日(木) 午前中セッション、エクスカーション(須坂市)、特別講演会、
バンケット(立食)
- 7 月 18 日(金) 午前中でセッション終了、閉会

(論文投稿、会議登録など)

- Short Abstract (200words) 2007 年 11 月 15 日締め切り
- Extended Abstract 2008 年 3 月 15 日締め切り
- Registration 2008 年 5 月 30 日まで早割り
(一般 85,000 円、学生 55,000 円、シニア 65,000 円)
- 登録は CARBON2008 ホームページからお願い致します。

Japan Carbon Awards

カーボンの科学と工学の発展に寄与した研究者、カーボン国際会議の発展に功績を有する研究者、CARBON2008 に優れた論文を投稿した研究者等に標記 Award を贈呈します。詳細については今後ホームページにアップしてゆく予定です。

(プレコンファレンス)

7月11日(金) Future Challenges for Carbon-Based Nanoporous Materials

問合せ先: 千葉大学 金子先生 (<http://pchem2.s.chiba-u.ac.jp/CBNM-Chiba/>)

(ポストコンファレンス)

7月19日(土) New Carbon Materials, Intercalation Compounds and Materials for Batteries

問合せ先: 兵庫県立大学 松尾先生

(<http://www.eng.u-hyogo.ac.jp/msc/ymatsuo/PSCarbon2008.htm>)

(お問合せ先: CARBON2008 事務局長 阿久沢昇 TEL 042.668.5072)

Pre-symposium on Future Challenges for Carbon-based Nanoporous Materials

日時: 2008年7月11日(金)~12日(土)

場所: Graduate School of Sci. and Tech. Building I, Lecture Hall (1st Floor), Chiba University

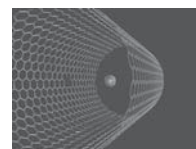
Invitation to CNM at Chiba

Carbon2008 will be held at Nagano on July 13-18. Chiba is just situated on the way to Nagano from

Tokyo-Narita airport. This time, we hope to have a more great chance for stimulation and promotion of researches on interfacial processes on nanoporous systems. Recent global warming issue requests to establish sophisticated environment-friendly technologies and thereby carbon-based nanomaterials, which have potential applications to chemistry, physics, and various engineerings, have gathered a great attention from both of science and technology. Although we can expect active sessions on Carbon2008, we need to intensify the research communications in this area in advance.

This pre-symposium can provide a fruitful chance for discussion on adsorption, separation, and other interfacial processes on nanostructured carbons including carbon nanotubes and activated carbons and organic metal frameworks.

学会ホームページ: <http://pchem2.s.chiba-u.ac.jp/CBNM-Chiba/>



編 集 委 員

委員長 尾関寿美男 (信州大学)
委 員 飯山 拓 (信州大学) 中原 敏次 (栗田工業株式会社)
岩崎 訓 (大阪市立工業研究所) 中村 章寛 (大陽日酸株式会社)
神鳥 和彦 (大阪教育大学)

(五十音順)

Adsorption News Vol. 22 No. 1 (2008) 通巻 No. 84 2008年3月31日発行

事務局 〒852-8521 長崎市文教1-14 長崎大学工学部応用化学科 応用物理化学研究室
Tel: 095-819-2669 Fax: 095-819-2669 E-mail: jsad@ml.nagasaki-u.ac.jp

編 集 飯山 拓 (信州大学)
Tel: 0263-37-2469 Fax: 0263-37-2559 E-mail: tiiyama@shinshu-u.ac.jp

ホームページ <http://dione.shinshu-u.ac.jp/jsad>

印 刷 〒399-8205 長野県安曇野市豊科2572 有限会社 大気堂
Tel: 0263-72-2425 Fax: 0263-72-8151

General Secretary

THE JAPAN SOCIETY ON ADSORPTION (JSAd)
Department of Applied Chemistry, Faculty of Engineering, Nagasaki University
1-14 Bunkyo-machi, Nagasaki, 852-8521 JAPAN
Tel: +81-95-819-2669 Fax: +81-95-819-2669 E-mail: jsad@ml.nagasaki-u.ac.jp

Editorial Chairman

Professor Sumio OZEKI
Faculty of Science, Shinshu University, 3-1-1 Asahi, Matsumoto, 390-8621 JAPAN
Tel: +81-263-37-2567 Fax: +81-263-37-2559 E-mail: sozeki@shinshu-u.ac.jp

Editor

Taku IIYAMA, Shinshu University
Tel: +81-263-37-2469 Fax: +81-263-37-2559 E-mail: tiiyama@shinshu-u.ac.jp

WWW of JSAd: <http://dione.shinshu-u.ac.jp/jsad>