

# Adsorption News

Vol.17, No.4 (December 2003)

通巻No. 67

## 目 次

○巻頭言	
「ペットボトルをリサイクルしてきたの！」…さて、活性炭は どうなる、どうする？ ……………真野 利男	2
○平成15年度日本吸着学会賞 ……………	3
奨励賞を受賞して ……………	4
技術賞を受賞して ……………	5
○報告	
第14回吸着シンポジウムの報告 ……………広瀬 勉	7
第17回日本吸着学会研究発表会を終えて ……………湯浅 晶	7
CARBON2003に参加して ……………堀川 俊英	8
第3回環太平洋吸着会議参加レポート ……………清田 佳美	10
○スポットライト	
カリックスアレーン誘導体を基体とした分離分析技術の開発に 関する研究 ……………篠原 隆明	11
研究発表会ポスター賞受賞者特集 ……………吉留 昭仁、若杉 玲子、福田 剛之、坂田 美和	15
○会告	
平成16年度日本吸着学会賞受賞候補者推薦のお願いと要領 …	19
8th International Conference on Fundamentals of Adsorption (FOA8) 参加登録料の援助について ……………	19

日本吸着学会  
The Japan Society on Adsorption

## 巻 頭 言

「ペットボトルをリサイクルしてきたの！」  
…さて、活性炭はどうなる、どうする？

三菱化学カルゴン(株) 眞野 利男

先日、小学生の娘から表題の「リサイクル」という言葉と、都市ごみ焼却の話聞いたときには、正直なところ、私が小学生だった頃との隔世の感を禁じ得ませんでした。ここ数年、「公害」という言葉を聞くことが少なくなり、これに代わって「環境汚染」、「リサイクル」、「エコ〜」といった新しい単語が、毎日のように新聞に載るようになりました。環境問題とその対策の必要性が、私が思っていた以上に、この世の中に浸透し、認知されてきている事が感じられます。

活性炭の世界でも、使用済活性炭の再使用・再利用の可能性、あるいは廃棄といった、使用した後の処理まで含めた質問が増えてきております。とくに一般家庭をユーザーとする産業からは、プロセスの初期検討の段階から「ゼロエミッション」と同時に「ノー廃棄物」を前提条件とする例が増えてきました。

活性炭は、基本的には物理吸着による濃縮容器のようなものですから、例えば熱による吸着物質の脱着・熱分解等がなければ、吸着された物質は活性炭に乗って濃縮されて、結局、何処かに行く訳で、吸着対象物質の本質的な処理、処分ではありません。これまで活性炭メーカーは、より高機能・高性能、高付加価値、あるいはコストパフォーマンスに優れた製品を開発し、生産販売することに努力してきましたが、環境問題がクローズアップされている現在、活性炭利用にリサイクルや処理を加えておかないと、いつかは自らの首を締めることになるのではという気もしてまいります。

現場で活性炭を使う場合、吸着塔を据付けてから活性炭を充填して運転を開始し、活性炭が劣化した後は、塔内の活性炭を入れ替え、再生が可能な場合は再生炉で適切な再生を行ない次回の交換に備えるといった、一連の作業が必ず発生します。また活性炭は、排水・排ガスの処理から、食品・化学プロセス、環境浄化まで幅広い分野で使用されており、その使命を終えた劣化炭の性状は多種多様です。トリクロロエチレンに代表される VOC や PCB・ダイオキシン類の有害物質を吸着していることもあります。使用済炭に有害物質が吸着されている場合には、その取り扱いにも注意を払わなければなりませんし、お客様の立場に立てば、再生により性能が回復できる場合には適切な再生を行ない、再生が不可能な場合には産廃処理のアレンジが望まれます。こうして考えると、活性炭メーカーは、安全な運用をするための「セーフティシステム」を持つことは勿論、活性炭の「再生リサイクルシステム」、さらに再生不可能な場合にも対応できる「廃棄システム」もアレンジできることが理想的と言えます。



これらをまとめた「トータルサービスシステム」を実現するためには、使用済炭の安全性評価を含めた受入ならびに再生の可否判断、劣化した活性炭の輸送管理、再生時に発生する排ガス・排水の処理、再生炭の品質管理等、多くの課題があります。そしてこれらは現状の様々な規制に基づいた適切な運用が行われなければならない、仮に国や自治体が定めている規制に至らない場合があったとしても、メーカーは現実に即した最善の方法を追求していく必要があります。また、使用現場では、活性炭取り扱い時の作業性と環境を含めた安全対策をより一層考慮した、活性炭吸着塔のような機器も「トータルサービスシステム」に含むことが効果的な場合も出てくると思います。

バブルの時代から10年余りを経過し、今は低成長時代と言われております。しかし、最初に述べたように、世の中は確実に変化しつつあり、「リサイクル」、「エコ〜」と言う言葉で表れているように、日本の産業構造は「リニューアル」の時期を迎えているように思います。活性炭を始めとする吸着は、有史以前から存在する長い歴史を持つ技術ですが、最近の社会変化の中で、いま一度、長所と短所を把握し、「リニューアル」の可能性を考える時期が来ているのではないのでしょうか。

活性炭の「トータルサービスシステム」の実現には、まだまだ多くの課題が残されております。活性炭を御利用頂いている様々な業種の皆様、プラントエンジニアリングメーカー、行政、そして学界の諸先生方からのご助言とご協力を頂ければと考えております。

眞野 利男 (まの としお)

三菱化学カルゴン株式会社 取締役  
機器サービス事業本部長  
工学修士

略歴 1982年 3月 早稲田大学大学院理工学研究科  
(化学工学専修) 卒業  
1982年 4月 三井東圧化学(株)入社と同時に  
東洋カルゴン(株)に出向  
2000年 8月 東洋カルゴン(株) 営業2部長  
2002年 3月 東洋カルゴン(株) 代表取締役  
社長  
2002年10月 三菱化学カルゴン(株)設立時より  
現職

趣味 クラシック音楽、スキー

## 平成15年度日本吸着学会学会賞

かねて会員の皆様にご推薦をお願いしておりました平成15年度日本吸着学会学術賞、奨励賞(三菱化学カルゴン賞)、技術賞につきましては、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17回研究発表会に合わせて9月26日(金)に開かれました日本吸着学会総会において報告され、引き続き表彰式にて各賞の顕彰が行われました。

### 学術賞

鈴木 喬氏 (山梨大学名誉教授 工学博士)

受賞対象研究：吸着とイオン交換の融合による環境浄化材料の開発研究

鈴木 喬氏は、約35年前からイオン交換と吸着現象を利用した萌芽的研究を開始した。その後主に有機系イオン交換体を利用する吸着とイオン交換に関連する界面化学的研究、無機イオン交換体を利用する吸着現象の研究へと展開させ、有害金属イオンの除去などの環境浄化に関する優れた業績を挙げてきた。これらのイオン交換、吸着およびその材料に関して、学術的に優れた140報以上の原著論文等を発表している。

同氏は吸着とイオン交換反応の融合により環境の世紀と言われている21世紀の初頭において実用化の期待できる数多くの環境浄化材料を開発してきており、その成果は日本吸着学会の学術賞を授与するにふさわしいものである。

### 奨励賞 (三菱化学カルゴン賞)

関 建司氏 (大阪ガス株式会社エネルギー技術研究所 博士(理学))

受賞対象研究：金属錯体を用いた新規マイクロポーラス吸着材の創生およびメタン吸着材としての応用研究

精緻に分子設計された二次元および三次元ジカルボン酸銅錯体を合成し、その構造解析、ガス吸着に対する基礎物性測定等から、本錯体は細孔サイズ、空隙率および吸着特性が、ジカルボン酸や軸配位子の種類、三次元化により自由に制御可能である新しいタイプの吸着剤であることを明らかにした。さらに、インターペネトレート構造をもつ錯体は、吸着による相変化と細孔構造変化を起こす非常に興味深い吸着挙動を示すことを明らかにし、新しいコンセプトを持った分離材としての可能性を見出した。

以上の研究は、金属錯体における吸着の基礎と応用、新規吸着材の創生に大きく貢献するものである。よって、同氏の研究は日本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

株式会社アドール

松本充司氏、篠原研一氏、故島道彦氏、片山竜男氏、中島弘行氏、中東義貴氏

受賞対象技術：ピッチ系活性炭素繊維の開発

故島氏らは、コールタールピッチを原料にした溶融紡糸、不融化、賦活の優れた要素技術を確認し、理論炭化収率が90%以上と極めて高く、生産効率、コストパフォーマンスに優れた疎水性のピッチ系活性炭素繊維の連続製造プロセスを完成させ、5 Åから50 Åの間の異なる平均細孔径と500~2500m<sup>2</sup>/gの比表面積をもつ、細孔構造を制御した活性炭素繊維の安定供給を実現した。本活性炭素繊維は疎水性で優れた有機蒸気吸着性を示し、浄水器、空気浄化、公害防止装置など多くの吸着関連技術に応用され、年産200トン規模(平成13年度)で生産されている。

以上のように、環境関連技術において極めて重要な活性炭素繊維の製造に関する本技術は、日本吸着学会の技術賞を授与するにふさわしいものである。

### 技術賞

共同産業株式会社、谷口商会株式会社\*

山路太郎氏、谷口亀三郎氏\*

受賞対象技術：浮遊活性炭を使用したオイルマット・オイルフェンスの開発製造

従来のオイルマットおよびオイルフェンスはA重油、灯油、軽油などの低粘度の油の吸着回収には適さなかった。これに対し、山地氏、谷口氏は、産業廃棄物(抽出後のコーヒー豆)をリサイクルした浮遊活性炭「スミレイ」とこれを利用した低粘

度油の吸着回収が可能な高性能なオイルマット・オイルフェンスを共同して開発した。これらは、国土交通省、日本道路公団、地方自治体など日本全国に納入されており、優れた性能が証明されている。

以上のように、産業廃棄物を利用した環境保全吸着技術という二重に環境に適合した本技術は、日本吸着学会の技術賞を授与するにふさわしいものである。



学術賞を受賞された鈴木喬氏



平成15年度日本吸着学会賞表彰式風景

---

編集局より：学術賞を受賞されました鈴木喬氏には次号への記念寄稿をお願いいたしました。

---

## 奨励賞を受賞して

受賞対象研究：

金属錯体を用いた新規マイクロポラス吸着材の創生およびメタン吸着材としての応用研究

大阪ガス株式会社エネルギー技術研究所

関 建司



この度は、栄誉ある日本吸着学会奨励賞（三菱化学カルゴン賞）を授与いただき、誠に光栄に存じます。本受賞対象研究は、従来のメタン吸着材の理論限界値を超える材料の合成という現在で言うところのイノベーションへの挑戦でした。当社は10数年前より

メタンの新しい貯蔵法として活性炭を用いた吸着貯蔵の研究を行ってきました。しかしながら、活性炭系の吸着材を使用していたため、メタン吸着に対して理想構造に近い状態のものを合成しない限り、実用に供するレベルの性能を得ることができない状況でした。言わずとも、その研究は日の目を見ることはありませんでした（もちろん活性炭を使用している他機関も同じ結果でした）。その後私が入社し、その数年後にある大学の先生との出会いにより、本対象研究がスタートしました。その先生から、10数年前にCahnの電子天秤を用いて磁化率を測定している際に偶然、液体窒素温度下で窒素を大量に吸う錯体を見つけたと言うことを伺いました（何度繰り返しても、温度安定のために少量の窒素を導入すると天秤が安定しなくなるが、その時は原因が不明でした。→実は窒素を吸着したため天秤が大きく傾いていました）。この偶然の発明こそまさにセレンディピティ（神のさきやき）であると思い、社内からの「このテーマは君で4代目や」等の反対意見に負けずに研究を始めました。この時点で、吸着のことを全く知らなかった私はまず、「吸着」と「吸着と化学」という本を買ひ、とりあえず最後まで読み、吸着材の評価の方法を学習しました。次に先生が10年前に合成されたものを追合成し、その材料がメタン吸着性能を有していることを確認

しましたが、残念ながらさほど性能が高いものではありませんでした。しかしながら、外部の評価機関により測定していたアルゴン吸着等温線の結果は、ゼオライト並みに細孔径が均一であり、原料種により細孔径制御が可能であることを知りました。ここから、本格的に錯体の研究に着手し、シミュレーション等を用いた最適なメタン吸着材の設計および合成が始まりました。その後、これらの結果をまとめて初めて1996年に吸着学会にてポスター発表を行い、ポスター賞をいただきました。ここまでは順調に研究が進んでいましたが、その後約3年間は大きな合成上の問題に阻まれ全く成果が出ず、テーマ終了の危機が何度もありました。この時点ぐらいから、解決先を求めて、社外の専門化、関連学会に足を運び、技術情報および解決のヒントを得るために、外部シーズ・知識活用等の外部アライアンス活動が始まりました。その結果、ある物質を使用することで、これまで進行しなかった反応が進行し、大きな合成に対する壁のブレイクスルーが可能となり、吸着性能が飛躍的に向上する錯体の合成に成功しました。これが、今回の受賞対象材料である活性炭の理論限界値を凌駕した三次元型錯体でありました。私は今回の開発を通じて、以下の2点の重要性を学びました。一つ目は、画期

的な研究を行なうためには、他関連分野との交流による他分野の技術の取り込みまたはその応用が重要であり、これによりこれまでにない材料または発想が生まれます。そのためには、多くの分野の方々と幅広い交流が必要であると思いました。二つ目は、やはり新たな発見は実際に手を動かし、注意深く観察することにより偶然に発見されます。その際に重要なのは、その現象（神のささやき）が新しい発見であることがわかるだけの知識を事前に習得していることであります。

このようにして、現在では錯体系吸着材は少なくとも吸着および錯体の学会においては、活性炭、ゼオライトおよびシリカゲルに並ぶ第4の吸着材の関（席でした）を確保できたと思います。今後は、本材料の実用化によるお客様への価値創出ならびに新たなオリジナリティのあるイノベーション的技術開発に向けた努力により、少しでも世の中の技術の発展に貢献する所存であります。

最後になりましたが、本研究を進めるあたりご指導、ご鞭撻、ご支援をいただいた多くの方々にこの誌面をお借りして厚く御礼申し上げます。

## 技術賞を受賞して

受賞対象技術：

ピッチ系活性炭素繊維の開発

株式会社アドール

松本 充司、篠原 研一、故島 道彦  
片山 竜男、中島 弘行、中東 義貴



この度は弊社の「ピッチ系活性炭素繊維の開発」が日本吸着学会技術賞を受賞し、社員一同真に光栄に感じております。これも日頃から御指導・御鞭撻を頂いております先生方のおかげであるとこの紙面をお借りし感謝申し上げます。

弊社は、石炭ピッチを原料とした活性炭素繊維の開発生産を昭和63年に開始してから、浄水器、溶剤回収、空気清浄等の用途に拡大を続け、現在では年産200トンの生産能力を有しています。

弊社活性炭素繊維の細孔制御生産技術は、ユニチカ(株)のスパンボンド紡糸技術を応用した“石炭ピッチの熔融紡糸”、また大阪ガス(株)の技術である“ピッチ繊維の不融化”、“不融化繊維の賦活”を制御可能な設備に実現させた生産工程にあります。更には工業生産効率化のために紡糸されたピッチ繊維を繊維束でシート形状に積層させ、このシートを不融化炉、次いで賦活炉内に特殊コンベアで搬送し、製品を定量梱包させる“紡糸→不融化→賦活→梱包”連続生産システムを採用しています。

現状ではピッチ系活性炭素繊維は様々な用途で広く一般に普及しておりますが、ここに至るまで我々は10年以上の歳月を費やしました。

ピッチ系活性炭素繊維の開発において我々が検討を要したのは、紡糸・不融化・賦活工程を経て安定した品質の製品を効率良く生産するための、各工程設備改善です。

開発当初は、まず紡糸ピッチ繊維のシート形成が雰囲気湿度や気流等の小さな外乱でも影響することから、原料ピッチの改質、紡糸設備の改良等を繰り返し検討する必要性がありました。そして連続で行う不融化反応では、ピッチ繊維シートと雰囲気温度勾配および空気量の関係を把握する事が難しく、ピッチ繊維シートの燃焼および板状硬化によるシートの不連続性が発生しました。このため、温度および空気量、更には搬送コンベア形状等、数多くの条件検討を要しました。また賦活工程は水蒸気を混入した賦活炉内の精密な高温制御が必要であり、理論収率に近づけるため、水蒸気量や炉内温

度分布等の多くの検討を行いました。

小規模実験とは異なり全てが始めての事で、状況観察と分析を強化しつつ設備改善や適正製造条件の探索を繰り返し、問題点を解決してきました。これらの取り組みは、現在の生産技術、新製品開発の礎となっております。

そして現在、活性炭素繊維の細孔分布解析や繊維物性解析も格段の進歩を遂げ、500m<sup>2</sup>/gから2500m<sup>2</sup>/gまでの比表面積を持つマイクロ細孔型活性炭素繊維およびマイクロ細孔を有しながらメソ細孔を形成させた活性炭素繊維等が製造可能なま

でに躍進し、様々な用途に対応可能な素材を御提供しております。

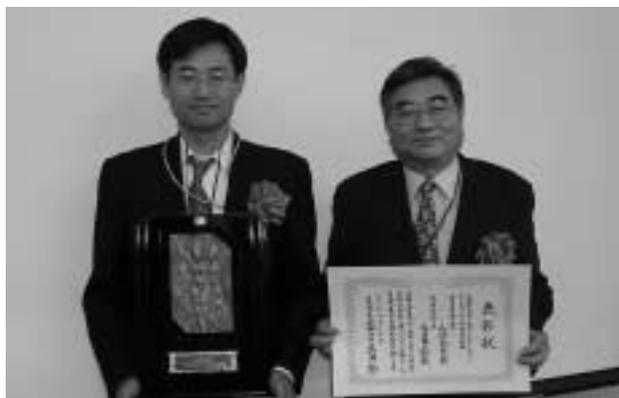
今後は更に生産技術力・解析評価技術力を高め環境改善素材を主とした製品開発を進めて参ります。そのためにも日本吸着学会殿や協賛学会殿の御支援が必要であると考えており、これまで以上に親密なお付き合いをさせて頂き、研究成果を社会に反映させる企業活動を行っていきたいと考えております。

## 受賞対象技術：

### 浮遊活性炭を使用したオイルマット・オイルフェンスの開発製造

共同産業株式会社、谷口商会株式会社\*

山路 太郎、谷口 亀三郎\*



今回は、以前から世界的にもトップクラスの活性炭研究者が集まっていると側聞していた日本吸着学界から、名誉ある技術賞をいただき、誠に光栄に感じております。

また、受賞対象となった炭化物は「スマレイ」という商品名で数年前から販売していましたが、最近「浮遊活性炭」という一般名称もつけていただき、これもありがたいことです。「もし本当に活性炭をよく知っている専門家だったら、こんなものは作れなかった」と、ある研究者からコメントされたことがあります。

確かにこれは活性炭を作ろうとして作ったものではありません。ただ、河川管理者の、まだ言葉にはできていない隠れたニーズ（ウォンツという表現もあるようですが）に沿ったものを作ろうとした結果、できたものなのです。

従来のオイルマットは海洋における高粘度の油の流出を念頭において作られており、内水における低粘度（A重油、灯油、軽油等）流出油の吸着回収には向かず、短時間のうちに水に沈み、薄油膜が吸着できないものでした。

また低粘度の油はオイルフェンスにぶつかると細かい球になって潜り抜けようとするのでオイルフェンスは二重三重に

展張すべきところ、従来あったオイルフェンスは重量があって展張が困難であったり、そうでなければ短時間に沈んだりするものであったので、十分なはたらきを果たしにくいものでした。

それに比べて浮遊活性炭は、長期間水面に浮く上に、油の吸着力が強く、しかも適度な喫水を保ち、軽量で扱いが簡易であって、これまでの課題を全て解決できるものだったのです。

しかもスマレイは、産業廃棄物（コーヒーを抽出し終えたコーヒー豆）をリサイクルした製品でもあり、二重に環境に優しいことも商品のイメージアップになったと考えます。

とはいえ、当初は、谷口商会が持ちかけた製品のアイデアつまり水に浮かび油のみを吸うという性能と製造方法の基本は概ね決まっていたのですが、案に相違して、水に沈むこともままありました。安定した性能を実現するには、さらに共同産業におけるたゆまぬ努力と時間が必要でした。

スマレイという世界で初めての浮遊活性炭は、当初、性能が安定せず水に沈むようなことがあったにもかかわらず、これを購入し続け、使い続けてくれた河川管理者の支持に育ててもらったものだとも言えると思います。

またその間、もし機械に頼ったものづくりをしていたら、費用だおれとなり、とうてい商品としての日の目をみることもなかったと思います。

専門知識において劣る私達がこのような賞を頂けるほどの発明ができたのは、ユーザーのバックアップと直結し、また機械に頼らず微妙な人間の感覚を大事にしてきたからではないかと思われ、ある意味では、小企業だったからこそ、できたことではないかとも思われるのです。

浮遊活性炭スマレイを使ったオイルフェンス・マットは、発売から5年ほどたった現在においても既に相当に高い利用実績がありますが、この受賞により、この技術の有用性に対する私達の自信は確信にまで高まりました。

「商品は常に磨け」といわれています。

今後ますます改良を重ねこの受賞を汚さぬようにしたいと思っております。

そしてまた、この受賞をこれまでバックアップしてくれたユーザーも含めて広く伝え、スマレイオイルフェンス・マットを油吸着資材のナンバーワン製品にまで、育て上げたいと考えております。

ありがとうございました。

## 報 告

### 第14回吸着シンポジウムの報告

熊本大学大学院自然科学研究科 広瀬 勉

第14回吸着シンポジウムは、平成15年8月23日(土)の午後から24日(日)正午までの2日間、熊本市黒髪熊本大学工学部内のインキュベーションセンターで開催された。開催準備が遅れたが、熊本特有の極暑の中講師を含めて42名の参加を得た。今回のシンポジウムは「極限下の吸着…現象と展開」を主題にして、1日目は主として学術的な面から4件の講演を、2日目は実用的な面から2件の講演に加え見学会を実施した。

極限下といってもいろいろな極限環境がある中で、1日目の最初の講演は、温度効果という点から中野義夫先生(東京工業大学)に「感温型ヘテロポリマーゲルによる分子認識の可能性」についてベテラン教授らしくご講演いただき、ついで圧力効果の点から新進気鋭の村田克之氏(科学技術振興事業団)に「高圧吸着の基礎研究」と題してその特異性をお話いただいた。3番目は地元の先生ということで、構造効果の点から伊原博隆先生(熊本大学)には「高分子被覆シリカの機能設計と高選択性の発現」について名調子の講演を聴

かせていただいた。1日目の最後の講演は、少し視点を変えて広い視野からの極限ということで、福地賢治先生(宇部工業高等専門学校)に「相平衡から見た吸着平衡の特徴」を懇切にお話いただいた。夕方には学内の「くすの木会館」にてささやかながら恒例の懇親会が行われ、なごやかな雰囲気なかで交流を深めた。

2日目は、まず三菱重工(株)と三菱設計(株)の共同受賞となった平成14年度吸着学会技術賞の受賞記念講演として、泉順氏((財)産業創造研究所)に「省エネルギー型大気圧吸着—真空再生除湿装置(VPSA-ドライヤー)の開発」の経過と装置性能をお話いただいた。ついで真野利男氏(三菱化学カルボン(株))に「粒状活性炭の環境浄化への応用」と題して、気・水・土壌汚染防止への活性炭利用技術について最新の局面を展望していただいた。最後に、児玉昭雄先生(金沢大学)の解説講演に続いて、熊本大学に設置の「太陽熱駆動吸着デシカント空調システム」の見学に移り本吸着シンポジウムが終了した。

### 第17回日本吸着学会研究発表会を終えて

岐阜大学流域圏科学研究センター 湯浅 晶

第17回日本吸着学会研究発表会は平成15年9月27日(金)と28日(土)に岐阜大学で開催されました。例年より一ヶ月早い開催のため、発表申込・参加予約申込忘れによる参加者の減少を心配しましたが、口頭発表30件とポスター発表24件の合計54件の発表申込がありました。参加予約申込は91件と例年並で、当日参加登録を加えて合計参加者は120名でした。

発表会前日には台風が近づいているとの予報のため悪天候での開催を心配しましたが、発表会当日は一転して晴れ上がりました。それどころか初秋とは思えぬほどの蒸し暑さに見舞われ、会場は冷房が必要になりました。発表会当日は他に2件の学会の開催と重なり、案内不足のため他学会の受付に行ってしまった参加者もおられたようです。また、口頭発表の会場を当日になって急遽変更したため、受付及びポスター

発表会場から少々離れた場所となってしまいました。参加者の方々にはご不便をおかけしましたが、大きな混乱もなく進行することが出来ました。予定していた口頭発表会場は155席ありましたが、プロジェクターやOHPの設置、ゆとりのある聴講などを考えると、70名程度までの着席が限界でした。変更後の口頭発表会場は250席あり、ゆとりを持って着席することが出来ましたので、変更して良かったと考えています。

一日目(27日)は、平成15年度学術賞受賞の鈴木喬先生(山梨大学名誉教授)と奨励賞受賞の関建司氏(大阪ガス株式会社)による招待講演2件、岐阜大学客員教授ドゥルスン・ザフェール・シェキヤール氏(イスタンブール工科大学)による特別講演1件、口頭発表10件、そしてポスター発表というスケジュールでした。午後のポスター発表では見栄えの良い

ポスター（中身はもちろん excellent）が多くあり、発表者と質問者の白熱した議論が展開されておりました。そのため投票では激戦となり、ポスター賞は得票上位3名の予定のところ上位同点の4名を受賞者としてしました。受賞した坂田美和（名古屋大学）、福田剛之（東京大学）、若杉玲子（熊本大学）、吉留昭仁（信州大学）の各氏には懇親会の席で記念品を贈呈し、後日に表彰状を郵送しました。おめでとうございます。ポスター発表時間の終了後すぐにポスターは撤去されましたが、せっかくの力作揃いなので2日目午前中くらいまで展示を続ければよかったようにも思います。

懇親会は口頭発表会場のすぐそばの岐阜大学生協第二食堂で行われました。岐阜大学は繁華街からだいぶ離れており、キャンパスの裏には山が迫っております。昼間は緑豊かな景色が楽しめますが、夜になると辺りは真っ暗となり、昼間の蒸し暑さが消えて涼くなりました。会長の広瀬勉先生のご挨拶と元会長の堤和男先生の乾杯ではじまった懇親会では、格別めずらしい料理や酒などは用意出来ませんでしたが、なごやかにご歓談下さいましてありがとうございました。二次会も柳ヶ瀬でお楽しみいただけたことと想像しております。

二日目（28日）は口頭発表30件のみとなりました。参加者の大半は一日目に受付を済ませており、二日目の受付は静かなものでした。一日目に特別講演と招待講演を行ってしまったにもかかわらず、二日目も口頭発表会場は大変に賑やかで、16時40分の発表終了まで多数の参加者がいました。

今回の口頭発表30件の内容を勝手に分類すると、吸着の理論・メカニズム8件、吸着剤の製造・構造8件、気相吸着8件、液相吸着6件でした。私自身は衛生工学・環境工学・土木工学系の学科に長年所属して水処理における活性炭吸着の

研究にたずさわっておりますが、口頭発表・ポスター発表のあまりにも幅広い内容から（というよりも、私の理解が及ばない内容の発表がとても多いので）、吸着に関する科学と技術の裾野の広さと奥の深さを実感します。

吸着というキーワードで繋がっている広範な分野の方々との交流は私の色々な学会活動の中で格段に楽しい部類に属します。日本吸着学会の研究発表会を岐阜で開催することができて本当によかったと思っています。研究発表会の準備・運営に当り、前回実行委員長の尾関寿美男教授（信州大学）と学会事務局の寺岡靖教授（九州大学）はじめ、多数の方々のご協力とご支援を頂戴致しました。ここに深く感謝申し上げます。



ポスター賞受賞者（左から、吉留昭仁さん、若杉玲子さん、福田剛之さん、坂田美和さん）

## CARBON2003に参加して

関西大学大学院工学研究科 堀河 俊英

CARBON2003はオビエド（Oviedo, Spain）で7月6日から10日にかけて開催された。7月にスペインでの開催とあって、私は猛暑（気温40℃を超える）をイメージしていたのだが、実際、オビエドに到着したときには、どんよりとした曇り空で今にも雨が降り出しそうで肌寒ささえ感じた。

オビエドはスペイン北部・アストゥリアスの州都で人口18万人の緑豊かな街だ。オビエドは観光ガイドブックにも、ほんの小さなスペースにしか紹介されていない、ほとんどの日本人が知らない街である。街は大聖堂を中心に町づくりが進み、古さと新しさが調和し、建物ひとつひとつが個性をもち、北スペインでもっとも美しい町であると言われている（実際にそうだった）。

スペイン北部に位置していて、それほど多くの観光客が訪

れないからなのか、街の中では、ほとんど英語が通じず（information centerでも）、レストランにも英語のメニューもなく、食事をするのにも苦労した。オビエドに到着して昼食を取るため、私の所属する研究室の林 助教授と、M2の水野君の3人でオープンテラスのあるレストランに入った。ウェーターがメニューを持ってきてくれるが何を言っているのかさっぱり理解できない。とりあえず飲み物を頼もうとやっぱりビールでしょと、ビールをメニューから探したが見つからない…。Beerと英語で言えば通じるだろうと声をかけるが全然ダメ。すると、隣のテーブルで食事をしていた女性が英語で声をかけてくれ、メニューの説明までしてくれた。ビールはスペイン語でセルベッサということが判明。そして、メニューから料理を選びなんとか注文することができた。しか

し、待てども待てども料理が運ばれてこない。注文できてなかったのじゃないかと不安になっていた頃にやっと料理が運ばれてきて(注文してから45分)、私たちのお腹はやっと満たされた。ここでは、とつものんびりしたレストランだ、というくらいの認識でしかなかった。

長い前置きだったが、そろそろ本題に…。本学会の開催前に発生した SARS の影響で、参加予定だった中国人が多く参加できないという残念なこともあったが、516件の講演が行われた。その内訳はスペイン23%、日本14%、フランス9%、中国8% (多くが参加できず)、ポーランド7%、アメリカ6%、ドイツ5%、その他28%と、日本からの参加者がスペインについて2番目多いことに驚かされた (こんなに遠い国の小さな街に…。日本は本当に不況なのだろうか)。学会会場はオビエド市内にある Auditorio Principe Felipe であった。会場には多くの人が集まっており、Coffee break のときにはメインロビーは参加者であふれていた。ここでは発表時間だけでは議論が十分でなかった研究者同士での討論も繰り広げられており大変活気があった。本学会は昼食が用意されていて個々がテーブルにつきサーブされる形式である。しかも昼からワインが…。こんなにのんびり食事をして午後からの講演がちゃんと始まるのかと思っていたら、案の定、午後の講演が終了したのは予定より1時間も後になってからだった…(2日目からは改善されていたが)。ここで私の認識が間違っていることがわかった。到着した日に昼食を取ったレストランが特別のんびりしているわけではなく、そこに生活している人の『時を刻むリズム』がゆっくりしているのだという認識にかわった。講演は4会場が同時に開催されていたため、興味ある講演のすべてを公聴することが残念ながらできなかった。Adsorption and surface science 分野、Fibres and Composites 分野の講演が半数くらいを占めていた。これらの研究分野の講演には多くの公聴者が集まり大変盛り上がりがあった。その他の分野においても活発な議論のやり取りが行われていた。私の発表は最終日のポスターセッションであった。私はM2のときにベルリン(ドイツ)で行われた1st World Conference on Carbon で口頭発表の経験があったため、そのときと比べて緊張感はほとんどなかった。ポスターセッションの時間は1時間20分であり、多くの人からいろいろな質問や意見を頂き、無事終了した。

学会期間中には毎晩何かの催しが企画され、私はすべてに参加した。2日目の夜に Conference dinner が Hotel Reconquista で開かれた。ここでもスペイン人がのんびりしていることを再認した。参加者が Hotel に集まり始めたのが8時過ぎ、そこから中庭でお酒が振舞われ、その後、席について料理が運ばれてきたのが9時半過ぎで、そのあと深夜12時を過ぎてもまだ宴は続いていた。しかし、次の日にはケロっとした顔で学会に参加している人たちには脱帽した。日本人の参加者の顔には明らかに疲れが…。3日目の夜には Espicha (アストリウリアス地方のパーティー) がヒホン (オビエドから

バスで30分)で行われた。この地方特有のお酒、シドラ (リンゴ酒)、製造の樽がたくさん置かれた会場で行われた。形式としては立食でテーブルに生ハム、チーズなどの酒の肴などが用意され、会場内にある樽から直接シドラを注いでくれるという、見ていても楽しいものだった。私はそこでベルギー、韓国、日本から参加していた学生、そのほかにもアメリカから家族で参加していた先生らといろいろな話をする機会が得られ、とても楽しく有意義な時間が過ごせた。

学会は10日夕方閉会し、そのあとカテドラルでトランペットとオルガンによる小さなコンサートですべての日程を終了した。

明朝、私はポルトガルのリスボンに向けて一人旅に出た…。



CARBON2003 typical Asturian party (9 July, 2003) in Llagar Cortina, Gijon の会場にて

左上から Prof. RH Hurt (Brown Univ., USA)、Prof. Hurt's wife, GH Cho (Seoul National University、博士課程1年)、水野克彦 (関西大学大学院、修士過程2年)、左中から Prof. Massoud's son, Prof. RA Massoud (UIUC, USA)、堀河俊英 (関西大学大学院、博士課程3年)、長谷川貴洋 (京都大学大学院、博士課程3年)、中央 Prof. PA Thrower (Editor-in-Chief, CARBON, UK)



堀河俊英

関西大学大学院工学研究科

1999年 関西大学工学部化学工学科  
卒業

現在 関西大学大学院工学研究科  
化学工学専攻・博士課程後  
期課程3年

主な研究テーマ：

カーボンエアロゲルの細孔構造の制御と形成機構に関する研究

## 第3回環太平洋吸着会議参加レポート

財団法人 産業創造研究所 清田 佳美

第3回環太平洋吸着会議（The Third Pacific Basin Conference on Adsorption Science and Technology）は、本年5月25～29日の5日間に渡り、韓国・延世大学のC-H. Lee教授をチェアマンとして韓国の慶州にて行われた。“千年の古都”新羅の秘境がそのまま残されている慶州郊外の普門湖畔に建つ慶州ヒルトンホテルを会場として行われ、連日、活発な討論が繰り広げられた。本会議は、新しい吸着科学技術の発展と成長を促進することを主目的として、基礎から応用に至る様々な吸着に関する分野をカバーする貴重な会議であった。会議の内容は、吸着・イオン交換の基礎、新材料（吸着剤）、吸着のキャラクタリゼーション、吸着が関わる新プロセス、エネルギー・環境関連プロセスに関するもので、それぞれ、PlenaryとInvitedセッション12件、一般口頭発表とポスター発表のセッションで107件の研究発表がなされた。

PlenaryとInvitedのセッションでは、Queensland大学のDo教授は、亜臨界・超臨界雰囲気における多孔性、非多孔性炭素の吸着平衡計算ツールの長所・短所を総括的に示した。Maine大学のRuthven教授は、ゼオライト結晶中の拡散係数の実験的な測定方法についてレビューし、実験手法に依存して異なる拡散係数が得られる原因と真の拡散係数を求める手法を示した。KAISTのRyoo教授は、メソポーラスシリカをテンプレートに用いてメソポーラスな炭素を得る手法とそのキャラクタリゼーションについて報告した。千葉大学の金子教授は、極低温での $\text{AlPO}_4-5$ におけるNeの吸着挙動とシングルウォールカーボンナノホーンにおける $\text{H}_2$ 、 $\text{D}_2$ の吸着挙動について検討し、シングルウォールカーボンナノホーン上の水素吸着における量子効果の存在を提唱した。Pennsylvania大学のMayers教授は、既存のType I等温線の解析式が高圧域において適用できないことを指摘し、高圧における吸着等温線を予測する手法を提唱した。Michigan大学のYang教授は、液体輸送燃料の脱硫用のカチオン交換Y型ゼオライト吸着剤の開発について報告した。Lehigh大学のSircar教授は、PSA、TSA、MSC膜、SSF膜などの様々なガス分離技術についてその現状と展望を示した。国連大学の鈴木教授らは、炭素複合膜（カーボンウイスキー膜）についてその構造と濾過特性ならびに細孔構造制御手法について示し、水処理における濾過の諸課題を克服する材料設計法とこれを利用した膜分離プロセスの可能性を示した。K.U. LeuvenのJacobs教授らは、不均一触媒液相反応系を例として、触媒マイクロ孔における吸着、拡散現象が反応速度や生成物選択性を決定する主要素であることを示し、反応に最適な溶媒と触媒担体を選定する上で吸着・拡散現象を理解することが極めて重要であることを示した。

一般発表のセッションでは日本からの発表件数が多く、この分野における日本の先駆的役割がうかがえた。京都大学の田門教授らは、エアロゲル前駆体の乾燥というマクロな操作によってメソ孔性炭素の細孔構造調整を図る手法について報告した。東京大学の迫田教授らは、ハイシリカゼオライトにオゾン进行吸着・濃縮して効率よく水中有機物を酸化分解する水処理法について報告した。京都大学の宮原助教授らは、原子間力顕微鏡を用いてスリット型のナノ空間における液体の凍結温度上昇現象について報告し、ナノ空間における相挙動を把握する上で本現象の重要性を指摘した。三菱重工の泉らは、種々のゼオライトのCO同位体分離特性について検討し、Na-LSXの有効性を報告した。明治大学の茅原教授らは、超臨界 $\text{CO}_2$ 雰囲気におけるBTXのMSC吸着についてクロマト手法により検討し、超臨界におけるBTXの吸着平衡ならびに吸着ダイナミクスについて報告した。大阪府大の吉田教授らは、高温水蒸気を用いた有機廃棄物の炭化手法について検討し、本法は有機廃棄物からアンモニア吸着剤を作製する上で有効な手法であることを報告した。九州大学の寺岡教授らは、Pt担持ゼオライトの $\text{C}_2$ 、 $\text{C}_3$ 炭化水素吸着特性について検討し、自動車の炭化水素cold-start emission用材料としてPt担持フェライトゼオライトが有効であることを報告した。吸着現象の観測、解析のいずれにおいても吸着剤、吸着質の分子、量子レベルの検討が盛んとなっており、より精密・詳細に吸着現象を理解する学理が蓄積されていることを実感した。このような学理の発展・体系化と相まって、より高度で精密な分離技術、分離プロセス開発が推し進められている。



清田 佳美

財団法人 産業創造研究所  
柏研究所  
原子力化学工学センター兼化学  
研究部 主任研究員

新潟市出身

昭和62年3月

平成元年4月

平成6年4月

平成13年4月

趣味

東北大学工学部資源工学科卒

静岡大学工学部化学工学科助手

東京工業大学大学院化学環境工学専攻

助手、同化学環境工学専攻講師を経て

現職

無計画な旅、ななめ読み、もの創り

# スポットライト

## カリックスアレーン誘導体を基体とした 分離分析技術の開発に関する研究

Development of separation and analytical technology  
based on the Calixarene derivatives.

栗田工業株式会社  
Kurita Water Industries Ltd.

篠原 隆明  
Takaaki Shinohara

### はじめに

カリックスアレーンはホルムアルデヒドと *p*-アルキルフェノールとの縮合反応により得られる環状のオリゴマーである<sup>1)</sup>。カリックスアレーンはその特異な形状から、認識機能を有する分子として注目され、多くの研究が行われてきた。カリックスアレーンをイオノフォアとして利用する場合、(1)他の大環状化合物よりも官能基の導入が比較的容易である、(2)剛直な環構造による認識能の向上、(3)カリックスアレーン自身が多座の配位子であるためのキレート効果による安定度の向上などが特徴として挙げられる。

Ohtoらは種々の官能基をフェノール性水酸基に導入し、種々の金属イオンとの錯形成挙動を溶媒抽出法により検討してきた。それらの中で、Fig. 1に示す、*p*-tert-オクチルカリックス[4]アレーンカルボン酸誘導体 (<sup>1</sup>Oct[4]CH<sub>2</sub>COOH)<sup>2)</sup>および *p*-tert-オクチルカリックス[4]アレーンメチルケトン誘導体 (<sup>1</sup>Oct[4]CH<sub>2</sub>C(O)CH<sub>3</sub>)<sup>3)</sup>がそれぞれ鉛イオンおよび銀イオンに対して非常に高い選択性を有することが示された。

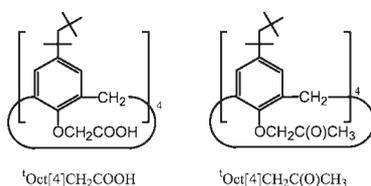


Fig. 1 Chemical structures of carboxylate and methyl ketonic derivative.

しかしながら、この様な高い性能を有しているカリックスアレーン誘導体も、様々な問題点を有していることが同時に明らかとなった。その代表的な問題点としては、①有機溶媒などに対する低溶解性、②錯形成速度の遅さ、③経済性の悪さがあげられる。これらの問題点の中で、①および②の問題点はカリックスアレーン誘導体の物性と密接な関連があり、溶媒抽出法においてこれを改善することは容易ではない事が予想される。そこで、これらの高い選択性を利用し、溶媒抽出以外の応用として、イオン交換樹脂およびイオン選択性電

極の素子としての利用を検討した。

イオン交換樹脂への適用法としては、(1)高分子母体への化学修飾、(2)多孔性の高分子母体への含浸(含浸樹脂)、(3)カリックスアレーン骨格の架橋(架橋樹脂)、(4)重合部位を導入したカリックスアレーンからの調製などがあげられる。

博士論文では、<sup>1</sup>Oct[4]CH<sub>2</sub>COOHの類縁体を用いる含浸樹脂<sup>4)</sup>および架橋樹脂<sup>5)</sup>への応用を検討し、その吸着挙動を明らかとした。また、<sup>1</sup>Oct[4]CH<sub>2</sub>C(O)CH<sub>3</sub>をイオン選択性電極の感応素子とした応用<sup>6)</sup>についても検討した。本報では、カリックスアレーンの架橋樹脂の開発およびその金属吸着特性について紹介させて頂く。

カリックスアレーン誘導体を吸着剤として使用した報告例は少なく<sup>7-9)</sup>、その中にはウラニルの吸着<sup>10)</sup>に関する報告などがある。

### 1. 架橋型カリックスアレーン樹脂開発の背景

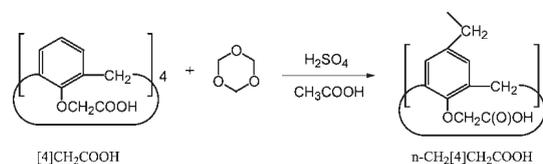
カリックス[4]アレーンカルボン酸誘導体の含浸樹脂は調製法が単純であり、樹脂としての利用が容易に行えた。また種々の誘導体に対して適用可能であった。その吸着選択性は溶媒抽出実験で得られた選択性を保持していることが明らかとなった。しかしながら樹脂への金属イオンの充填容量が低いという問題が示された。

この問題点の解決策として、カリックスアレーンのパラ位のアルキル鎖を取り除き、分子同士をアルキル鎖で架橋できる反応点として利用することに着目し、合成方法の検討を行った。また、その合成樹脂の鉛イオンに対する選択性や吸着メカニズムの検討を行った。

### 2. 実験

#### 2.1 イオン交換樹脂の調製

カリックスアレーン骨格を架橋することによる、イオン交換樹脂の合成経路を Scheme 1 に示す。



Scheme 1 Preparation of cross-linked calix[4]arene tetracarboxylate.

架橋型のイオン交換樹脂は脱ブチル化カリックス[4]アレーンカルボン酸誘導体([4]CH<sub>2</sub>COOH)とトリオキサンを、硫酸存在下での縮合反応により調製した。また合成の際に、[4]CH<sub>2</sub>COOHとトリオキサンの混合比率を1:1、1:3、1:5と変化させ、架橋度の異なる樹脂を合成した(以後それぞれ、1:1-resin、1:3-resin、1:5-resinと略す)。また、合成した樹脂中のカリックス[4]アレーン部位の含有量を、カルボキシル基の中和滴定による定量から決定した。

#### 2.2 吸着実験

金属イオンの吸着実験は、バッチ法とカラム法により行った。

バッチ法では、適当な塩と金属塩を含む水溶液に、所定量の樹脂を加え、30℃恒温槽中で平衡になるまで振盪した。平衡後、水相中の pH と金属イオン濃度をそれぞれ、pH メーターと原子吸光分光光度計により定量した。

カラム法では、希酸により適当な pH に調整した鉛と亜鉛を含む水溶液を、所定量の樹脂をガラスビーズと共に充填した Fig. 2 に示す恒温ジャケット付きカラムに通液した。破過後、カラム内を蒸留水で十分洗浄し、適当な溶離液により樹脂に吸着した金属を溶離した。金属イオン濃度は原子吸光分光光度計により定量した。

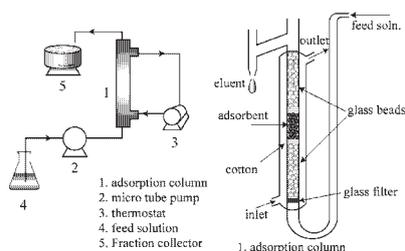


Fig. 2 Schematic device of column operation.

### 3. 結果と考察

#### 3.1 架橋樹脂の物性

吸着試験を行うにあたり、合成した架橋樹脂の官能基量と種々の溶媒に対する溶解性について調べた。

カルボキシル基の定量により決定した各樹脂中のカルボキシル基とカリックス[4]アレーン部位の含有量を Table 1 に示す。カリックス[4]アレーンのパラ位すべてが反応に寄与し、メチレン鎖で架橋されるとして計算される含有量と各樹脂の測定値は良い一致を示した。

Table 1 Calix[4]arene content in unit weight of dry-resin.

	carboxyl group [mol kg <sup>-1</sup> ]	calix[4]arene fraction [mol kg <sup>-1</sup> ]
1:5-resin	5.2	1.3
1:3-resin	6.1	1.5
1:1-resin	6.0	1.5
theoretical value	5.6	1.4

Table 2 に溶解性試験の結果を示す。表中、○は可溶性を、×は不溶性を示す。各樹脂の溶解性は架橋剤(トリオキサンの少ない樹脂が、溶解しやすいことが分かった。これは

Table 2 Solubility test for various solvent.

	concentration [mol dm <sup>-3</sup> ]	1:5-resin	1:3-resin	1:1-resin
H <sub>2</sub> O	—	×	×	×
NaOH	0.05	×	○	○
	0.1	○	○	○
NH <sub>4</sub> OH	0.1	×	○	○
HNO <sub>3</sub>	0.1	×	×	×
HCl	0.1	×	×	×
chloroform	—	×	×	×
methanol	—	×	×	×
ethanol	—	×	×	×
DMSO	—	×	×	×
acetone	—	×	×	×

架橋度の違いに依存すると考えられる。

#### 3.2 吸着におよぼす pH の影響

架橋樹脂は官能基としてイオン解離性であるカルボキシル基を有している。よって、吸着反応は水素イオンとのイオン交換反応に従って進行すると考えられる。そこで吸着におよぼす水相平衡 pH の影響を検討した。Fig. 3 の(a), (b), (c) は合成した 3 種の樹脂(それぞれ、1 : 5-resin, 1 : 3-resin, 1 : 1-resin) の金属イオンの吸着におよぼす平衡 pH の影響を示す。また、比較として、Fig. 3 の(d) に市販のカルボン酸系吸着剤である DIAION WK 11 (Mitsubishi Chemical CO., LTD) による鉛と亜鉛の吸着曲線を示し、Fig. 4 にその構造式を示す。

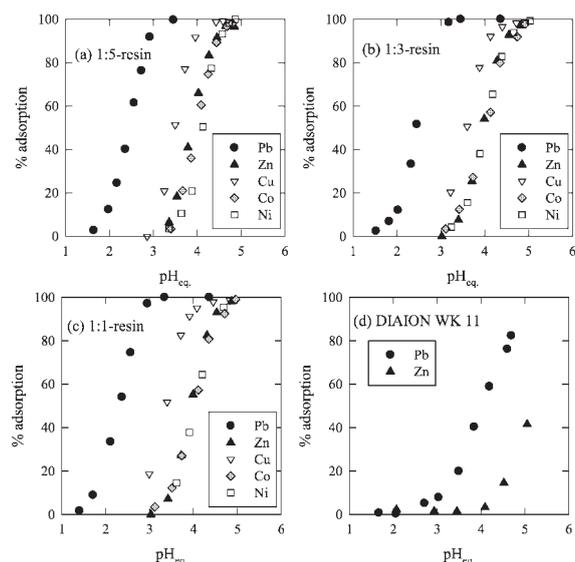


Fig. 3 Effect of equilibrium pH on percent adsorption of metal ions.

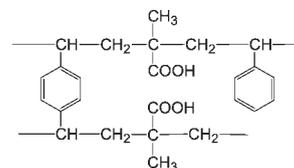


Fig. 4 Chemical structure of commercial carboxylate type ion exchanger (DIAION WK 11).

それぞれの樹脂はほぼ同様の pH 領域で非常に類似した吸着挙動を示すことが分かる。これは、溶液中の金属イオンに対して樹脂中の官能基が大過剰の状態では吸着を行なっているために、架橋度の影響がないため、類似しているものと考えられる。各樹脂の吸着能の序列は鉛(II) >> 銅(II) > 亜鉛(II) = ニッケル(II) = コバルト(II) となることが分かった。これは、カリックス[4]アレーンカルボン酸誘導体を用いる溶媒抽出実験とほぼ同様の吸着序列であり<sup>3)</sup>、鉛に対して十分な選択性を有していることが言える。

また、市販のイオン交換樹脂である DIAION WK 11 と比較すると、本研究で合成した樹脂は、いずれもより低い pH から吸着が起こっており、吸着能が優れていることが分かる。

さらに、鉛と他の2価金属との吸着pH領域の違いから、鉛との相互分離が可能であり、分離性能にも優れていることが分かる。

### 3.3 飽和吸着量の決定

一般に市販の吸着剤の性能として、高い飽和吸着量（充填容量）が求められる。市販の吸着剤では1~2 mol kg<sup>-1</sup>の値が必要とされる。そこで、本研究で開発した架橋樹脂が鉛イオンに対する吸着剤としてどの程度の飽和吸着量を有しているのか検討した。Fig. 5 (a)に鉛イオン、(b)に亜鉛イオンに対する吸着等温線を示す。

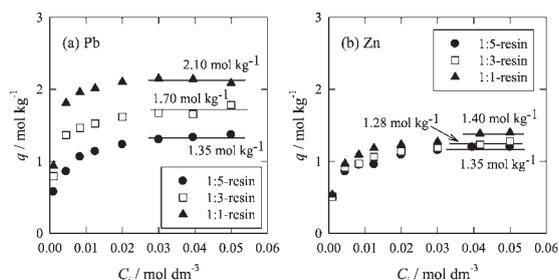


Fig. 5 Adsorption isotherms of lead and zinc ion on the resins.

Fig. 5 より、本樹脂はいずれも、ラングミュア型の吸着等温式に従って、鉛および亜鉛イオンを吸着することが分かった。Table 3 に各樹脂の飽和吸着量と先に中和滴定により求めたカリックス[4]アレーン含量との関係を示した。

Table 3 Relation between maximum loading capacity and content of calix[4]arene tetracarboxylate fraction.

	calixarene content [mol kg <sup>-1</sup> ]	maximum loading capacity	
		Pb(II) [mol g <sup>-1</sup> ]	Zn(II) k [mol g <sup>-1</sup> ] k
1:5-resin	1.30	1.35	1.20
1:3-resin	1.50	1.70	1.28
1:1-resin	1.50	2.10	1.40

それぞれの樹脂において得られた値はいずれも1 mol kg<sup>-1</sup>を超える値を示した。市販されているイオン交換樹脂と比較しても、本研究にて開発した架橋樹脂は十分な性能を有していると言える。

また、カリックス[4]アレーンカルボン酸誘導体骨格の含有量と比較すると、鉛イオンに対して、いずれの樹脂もカリックスアレーンの含有量を超える値が得られている。一方、亜鉛イオンに対してはそれぞれの樹脂のカリックス[4]アレーン含有量にほぼ等しい値が得られた。これもまた、溶媒抽出における *p*-tert-オクチルカリックス[4]アレーンカルボン酸誘導体による鉛と亜鉛の抽出挙動と同様の結果である。

### 3.4 吸着機構の推定

本架橋樹脂は、カルボキシル基の解離性水素イオンと金属イオンのイオン交換反応により吸着が起これと考えられる。

架橋樹脂、1:5-resin で得られた分配比 (*D*) と水相 pH との関係を示す。

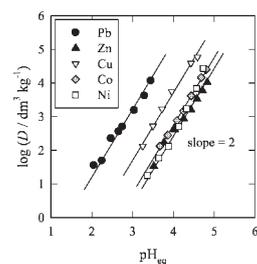


Fig. 6 Relation between equilibrium aqueous pH and distribution ratio, *D*.

3種の架橋樹脂は、それぞれ各金属イオンの分配比が、pH に対して、Fig. 6 に示すように傾き2の直線を示した。このことより、各2価金属イオンに対して、架橋樹脂は2つのプロトンの放出により金属イオンと反応することが推定できる。

また、先の飽和吸着量の結果より、単位樹脂重量中のカリックス[4]アレーン部位と亜鉛および鉛の飽和吸着量の値を比較すると、亜鉛イオンに関しては1:1の錯比にて、鉛イオンに対してはカリックス[4]アレーン部位:鉛イオン=1:2 (1:1以上) で吸着が起きている。

先の pH 依存性に対する結果と得られた錯比より、亜鉛イオンに対しては(1)式のような吸着反応式が想定される。



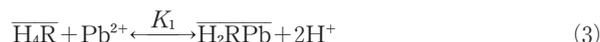
ここで、上付きのバーは樹脂相中の化学種を示し、H<sub>4</sub>R は樹脂相中のカリックスアレーン部位を示す。

さらに、鉛イオンに対してはカリックスアレーン部位:鉛イオン=1:2であるので、(2)式の吸着反応式が考えられる。

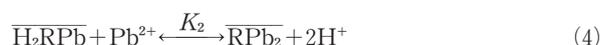


しかしながら、pH 依存性が2次の傾きを示していることにより、吸着反応式(2)は実験データと一致しない。以前に報告されている論文において、*p*-tert-カリックス[4]アレーンカルボン酸誘導体は鉛イオンに対して逐次型の抽出を起すことが示されている<sup>3)</sup>。本研究で行なった吸着に対する pH 依存性は、金属イオン濃度が樹脂に対して少ない領域で行なっている。そのために、pH に対する依存性は2次を示したものと考えられる。よって錯比を考慮すると以下のような逐次反応が予想される。

カリックス[4]アレーン部位に対する鉛の量が小さいとき、吸着は(3)式に従い起る。



また、飽和吸着量を求めた試験のように、鉛イオン濃度が十分に高い領域では、(3)式の反応に続き、(4)式の反応が起これと考えられる。



しかしながら、カリックス[4]アレーン含有量と鉛の吸着量は完全に1:2の比率にはなっていない。これは、架橋反応により生じる樹脂中での立体的な込み合いにより、吸着量が低下したためと考えられる。

### 3.5 カラムクロマト分離

イオン交換樹脂の実用的見地から、クロマト分離の評価を行う必要がある。鉛はレアメタルであるとともに、環境中での有害性が指摘されているため、効果的な回収が望まれる。また亜鉛メッキ液中には微量の鉛が存在し、メッキ工程を非効率にすることが知られている。従って、リサイクルの面からも環境の面からもその回収は重要である。そこで、バッチ法のデータを基にして、鉛と亜鉛のカラムクロマト分離について検討した。また、クロマト分離の試験に先立って、充填した鉛の溶離におよぼす酸濃度の影響について検討した。その結果、 $0.1\text{mol dm}^{-3}$ の硝酸および塩酸で、十分な溶離が達成できることが明らかとなった。

Fig. 7 に破過曲線、Fig. 8 に溶離曲線を示す。

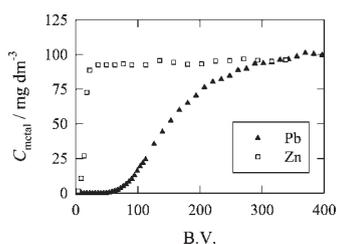


Fig. 7 Breakthrough profile of lead and zinc on 1 : 5-resin.

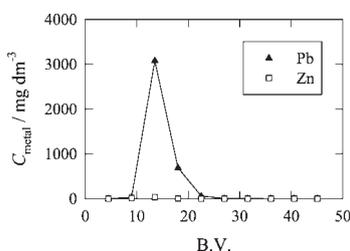


Fig. 8 Elution profile of lead and zinc on 1 : 5-resin.

図中に示している B.V. は単位樹脂体積当たりの総通液量を示す。破過曲線、溶離曲線の縦軸は金属イオン濃度を示す。

破過曲線において、鉛イオンは B.V. が約60までは完全に樹脂に吸着されていることが分かる。その後、しだいに流出しはじめ、鉛イオンの初濃度に到達している。一方、亜鉛イオンは通液後からすぐに流出液中に検出され、樹脂相への吸着はほとんど見られなかった。これにより、破過の段階において亜鉛イオンのみの回収が可能であることが分かった。

また、溶離曲線において亜鉛イオンの溶出はほとんど見られず、鉛イオンの回収のみが可能であることが明らかとなった。そして、溶離段階では最高で $3000\text{mg dm}^{-3}$ にまで濃縮された鉛イオンが回収でき、高純度化と同時に高濃縮が可能であることが分かった。

#### おわりに

本稿では、カリックスアレーンカルボン酸誘導体の架橋樹脂について、その吸着挙動について述べた。

博士論文では、カリックスアレーン誘導体の商業レベルでの使用へのアプローチとしてイオン交換樹脂としての利用、およびイオン選択性電極の感応膜としての利用について

の研究を論じている。イオン交換樹脂については種々のアプローチを行ったが、その中で架橋樹脂での吸着が最も高い性能を示した。また、ケトン誘導体をイオン選択性電極の素子として用いることにより、 $10^{-7}\sim 10^{-1}\text{mol dm}^{-3}$ の広範囲の銀イオンの定量が、希釈などの操作なしで、酸性溶液中でも可能であることを示した。

カリックスアレーンは、その構造の特異性から、多くの研究者によりイオン認識や分子認識の研究対象とされ、種々の化合物に対する特異的選択性が調べられてきた。しかしながら、実際に工業的に用いられた例は少ない。本研究で得られた知見が、今後これらの商業的な実用化へ結びつけるヒントとなれば幸いである。

最後になりましたが、本研究でご指導くださった佐賀大学の井上勝利教授、吉塚和治教授、大渡啓介助教授に感謝いたします。また、このような紹介の機会を与えて頂いた関係者の皆様に感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) C.D. Gutsche, "Calixarenes", Cambridge, UK, The Royal Society of Chemistry (1989).
- 2) K. Ohto, Y. Fujimoto, and K. Inoue, *Anal. Chim. Acta*, **387**, 61 (1999).
- 3) K. Ohto, E. Murakami, T. Shinohara, K. Shiratsuchi, K. Inoue, and M. Iwasaki, *Anal. Chim. Acta*, **341**, 275 (1997).
- 4) K. Ohto, Y. Senba, N. Eguchi, T. Shinohara, K. Inoue, *Sep. Sci. Technol.*, **37**, 1943 (2002).
- 5) T. Shinohara, S. Wakisaka, K. Ohto, K. Inoue, *Chem. Lett.*, **2000**, 640.
- 6) T. Shinohara, H. Higuchi, Y. Senba, K. Ohto, K. Yoshizuka, K. Inoue, *Anal. Sci.*, **17**, 889 (2001).
- 7) S. Hutchinson, G.A. Kearney, E. Horne, B. Lynch, J.D. Glennon, M.A. Mckerverve, S.J. Harris, *Anal. Chim. Acta*, **291**, 269 (1994).
- 8) R. Brindle, K. Albert, S.J. Harris, C. Treltzech, E. Horne, J.D. Glennon, *J. Chromatogr. A*, **731**, 41 (1996).
- 9) L.Z. Meng, H. Huang, Y.B. Bring, Y.Y. Chen, H. Wang, *J. Appl. Polym. Sci.*, **80**, 58 (2001).
- 10) S. Shinkai, H. Kawaguchi, and O. Manabe, *J. Polym. Sci., Part C, Polym. Lett.*, **26**, 391 (1988).



篠原 隆明

栗田工業株式会社

アドバンスト・マネジメント事業本部  
技術開発部 博士 (工学)

2001年 佐賀大学大学院博士後期課程  
単位取得後中退

同年 栗田工業株式会社入社

博士 (工学) 取得 (佐賀大学)

現在、汚染土壌浄化技術の開発に従事

E-mail: takaaki.shinohara@kurita.co.jp

## 研究発表会ポスター賞受賞者特集

### 容量法による臨界点周辺における活性炭への水素吸着挙動

Adsorption Behavior of Hydrogen on Activated Carbon around Critical Point

信州大学理学部化学科

Department of Chemistry, Faculty of Science,  
Shinshu University

吉留 昭仁、飯山 拓  
尾関 寿美男

Akihito Yoshidome, Taku Iiyama  
Sumio Ozeki



この度ポスター賞を頂いた事を大変光栄に思います。多くの方々にポスターを御覧頂き、同時に大変有意義なご指摘、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>

水素はその物理的・化学的性質から、将来のクリーンなエネルギー源の一つとして燃料電池自動車等への利用が期待されています。特に吸着剤への吸着を用いた貯蔵法が活発に研究されていますが、水素は非常に低温から超臨界状態となり(臨界温度: 約33K)、この温度以上における水素吸着は一般の凝縮機構で取り扱うことは困難です。本研究では臨界点(33.25 K, 1.28MPa)を下回る圧力、温度条件下での測定と、超臨界状態での吸着測定とを比較することでその吸着機構を解明する事を目的とし、当研究室で設計、製作しました容量法吸着測定装置により臨界温度周辺での高圧水素吸着挙動についての検討を行いました。

#### <実験>

水素吸着等温線の測定は当研究室で製作した容量法による吸着測定装置を用いて行いました。吸着剤として活性炭素繊維 A10 (細孔径0.84nm)、及び A7 (細孔径0.75nm) (株式会社アドール) を加熱脱気処理 (383K, 3 h) の後用いました。測定はサンプル周辺を極低温小型冷凍機(岩谷産業株式会社)を用いて各測定温度まで冷却し、臨界温度以下では測定温度での飽和蒸気圧まで、また臨界温度を超える条件のものは 8 MPa まで水素を導入して測定しました。

#### <結果と考察>

各測定温度での吸着等温線は測定温度に関わらず I 型の等温線を示し、温度の上昇に伴い同圧力における吸着量は減少しました。横軸を絶対圧とした時の低圧部 (~1.0MPa) での

各測定温度での吸着等温線を吸着剤別に示します。A10の場合 (Fig. 1) と A7の場合 (Fig. 2) とを比べると、臨界温度以下の25K では飽和吸着量は容積換算で窒素を用いて求めた細孔容量と一致しているのに対し、77K では細孔容量の違いに関わらずほぼ飽和吸着量が一致しています。またどちらの場合でも30K と40K において温度と吸着量との関係が逆転、もしくは一致している領域が存在しています。これらの結果は、吸着挙動が臨界点を超えても全体としては連続的に変化していると理解できるものの、臨界温度付近では不連続な領域も見られ、臨界温度付近で特殊な現象が起きている可能性を示唆しています。

最後になりましたが、この賞を頂いた事を励みにして今後の研究に取り組んでいきたいと考えております。今後ともご指導のほど宜しくお願いいたします。

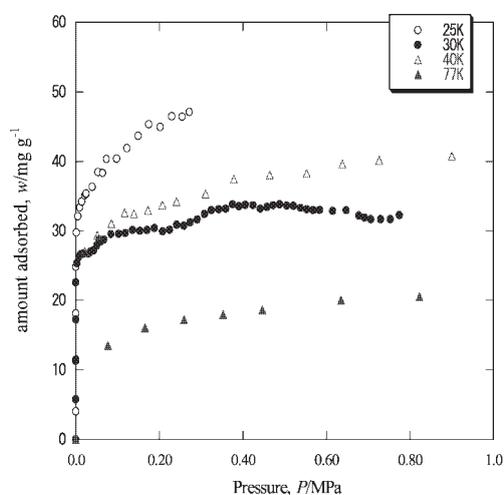


Fig. 1 A10を用いた場合の吸着等温線

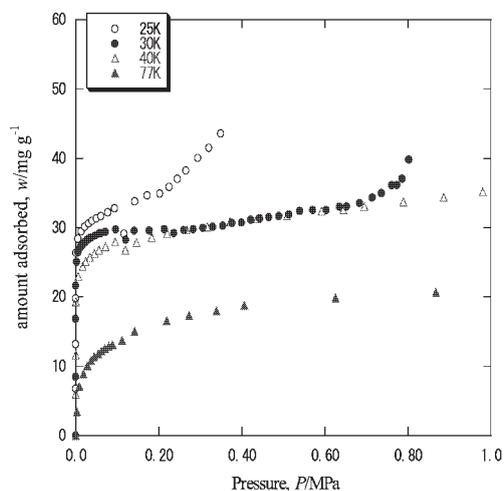


Fig. 2 A7を用いた場合の吸着等温線

# 溶剤蒸気の凝縮分離における前置 Dual Reflux PSA の性能評価

Performance of Dual Reflux PSA in Enriching Condensation of Solvent Vapor

熊本大学自然科学研究科物質・生命科学専攻  
Department of Applied Chemistry and Biochemistry, Kumamoto University

若杉 玲子・廣瀬 勉  
後藤 元信・児玉 昭雄  
Reiko Wakasugi, Tsutomu Hirose  
Motonobu Goto, Akio Kodama



この度、ポスター賞を受賞できたことを大変光栄に思います。また多くの方にポスターをご覧頂き、貴重な御指摘、御助言を賜れたことを深く感謝いたしますと共に、今後の研究の励みとさせていただきます。この場をお借りして、以下に本研究の概要を紹介致します。

## <はじめに>

大気汚染防止法など規制が強化される中、工場等から排出される揮発性有機溶剤などの有機溶剤蒸気を除去回収する必要性が高まっています。現在その除去回収プロセスとして燃焼法やコロナ放電などが施行されていますが、我々は低濃度の溶剤を対象に圧カスイング吸着 (Pressure Swing Adsorption; PSA) を利用した溶剤回収プロセスとして Dual Reflux PSA を提案したいと思います。

除去操作として通常よく用いられる Stripping PSA (Fig. 1 の回収部に相当) は軽質除去に適しており、また Enriching PSA (Fig. 1 の濃縮部に相当) は濃縮プロセスとして優れた性能を発揮します。Dual Reflux PSA は原料を吸着カラムの任意の中間地点に供給するプロセスとなっており、一つの装置内に Stripping PSA と Enriching PSA の双方の利点を併せ持ちます。よって低濃度の溶剤蒸気を高濃度に濃縮、凝縮させ液体として回収できると同時に希薄ガス中の溶剤濃度も低下させることができます。

## <実験>

今回の実験では実験室規模の二塔式 Dual Reflux PSA 装置 (Fig. 1) を製作し、Ethanol-Active Carbon 系を用いてモデル実験を行いました。カラムは内径21mm、長さ1mのステンレス製で原料供給位置を0.1mおきに移動させることができます。また、吸着材には8-32meshのヤシガラ活性炭を170g充填しました。まず原料ガスとして濃度をおよそ300ppm程度に調節したエタノール蒸気を吸着塔の中間地点へ供給し、吸着塔出口から得られる希薄ガスの一部をパージガスとして脱着塔へ供給しました。このパージガスにより前工程で吸着した溶剤を脱着させ脱着塔出口から高濃度の濃縮ガスを得ると同時に吸着材の再生を行います。濃縮ガスはその後大気圧まで加圧され、その際に飽和濃度  $C_{A0}$  (at 23°C) を越えるガスが凝縮し液状で回収されます。カラムは2minのサイクルで吸着と脱着を交互に繰り返し、連続的に希薄ガスを取り出すことができます。今回は流速比や原料供給位置の点からプロセスの検討を行いました。

## <結果と考察>

流速比の影響 (Fig. 2) では Stripping PSA 同様に流速比の増加に伴い濃度比が減少する結果が得られました。一般には最適な流速比が存在するはずですが、今回の実験条件では原料ガス濃度が希薄で吸着塔内流速の増加に対して吸着材の吸着能が充分なため上記のような結果が得られたと考えられます。また供給位置の影響 (Fig. 3) では実験結果より、吸着塔内で原料供給に最適な位置が存在することが確認できました。凝縮後吸着塔に入る飽和ガスは徐々に吸着されるため吸着塔内では濃度勾配が出来ており原料濃度に相当する濃度の位置が存在します。原料濃度が希薄な場合は等濃度の位置に供給するのが分離効率が高く結果からもその最適位置が存在することが確認できました。Dual Reflux PSA の場合、回収部、濃縮部双方の還流を介して塔内流速が複雑に影響し合うため現象は極めて複雑となっています。今後は更に従来法との比較を検討した上でシミュレーション結果を含めた最適条件の探求を課題としています。

最後になりましたが、本研究を進めるにあたってご指導下さいました廣瀬 勉、後藤元信両先生、並びにセッションを通じてご助言下さいました諸先生方に深く感謝の意を表します。

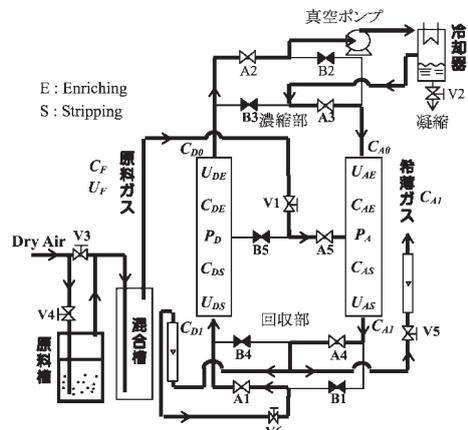


Fig. 1 Dual Reflux PSA 実験装置略図

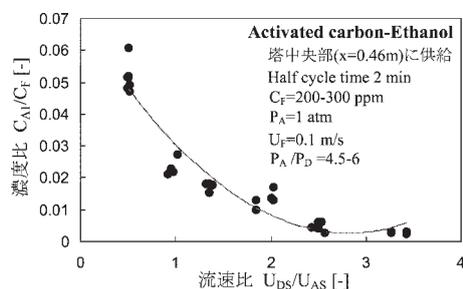


Fig. 2 流速比に対する濃度比の比較

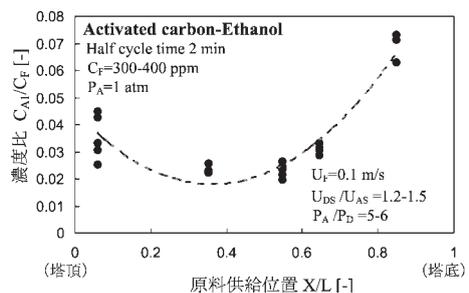


Fig. 3 濃度比に対する原料供給位置の影響

# クロマト法によるテレフタル酸/4,4'-ピピリジン銅錯体のガス吸着速度の検討

Chromatographic Study on Gas Adsorption onto  
Metallo-Organic Complex Adsorbents

東京大学生産技術研究所  
Institute of Industrial Science, University of Tokyo  
大阪ガス株式会社\*  
Department of Research and Development,  
Osaka Gas Co., Ltd.,\*



福田 剛之、関 建司\*  
藤井 隆夫、下ヶ橋 雅樹  
迫田 章義  
Takayuki Fukuda, Kenji Seki\*  
Takao Fujii, Masaki Sagehashi  
Akiyoshi sakoda

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御覧頂き、有意義なご指摘・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＞

特定の応用プロセスに特化した非汎用吸着剤の開発はますます重要となります。合成金属錯体は細孔構造が制御できるばかりでなく、金属元素の配位状態などを設計することが可能であることなどから、多方面に応用可能な新規な吸着剤として有望な吸着剤のひとつです。本研究では、そのような金属錯体の一例として、雰囲気気圧力などの外場に対して細孔構造を変化させるテレフタル酸/4,4'-ピピリジン銅錯体<sup>1)</sup>に注目し、天然ガスあるいはバイオガス吸蔵への応用の第一歩として、メタンの吸着平衡および吸着速度をパーティションクロマト法モーメント解析により検討しました。

## ＜実験＞

### テレフタル酸/4,4'-ピピリジン銅(II)錯体

テレフタル酸/4,4'-ピピリジン銅錯体は、テレフタル酸メタノール溶液を用いる既報の合成方法<sup>1)</sup>とは異なり、収率上昇のため新たにテレフタル酸溶解性の高いN,N'-dimethylformamido (DMF) を溶媒として用いる方法により合成しました。さらに、合成した金属錯体のメタン吸着特性を評価するため、25℃における吸着平衡関係を、重量法吸着装置を用いた回分吸着実験により求めました。

### モーメント解析

吸着平衡実験において、本錯体はメタン圧力1.0~3.0MPaの範囲で急激な細孔構造の変化を起しました。そこで、この範囲よりも低い圧力領域(0.5MPa)と高い圧力領域(6.75MPa)で、マクロ粒子径を2340 $\mu$ m、780 $\mu$ m、580 $\mu$ mに調整

した本錯体に対するメタンの吸着を、パーティションクロマト法モーメント解析により解析しました。クロマト応答曲線のモーメント解析から、吸着平衡定数および、ミクロ孔拡散律速あるいはマクロ孔拡散律速と仮定した場合のそれぞれの拡散係数を算出し、仮定の妥当性を検討しました。

## ＜結果と考察＞

1次モーメント解析で得られた本金属錯体におけるメタンの吸着平衡定数は、0および3.0MPaにおける吸着等温線の傾きと一致しました。また、2次モーメント解析で得られた吸着速度定数を、マクロ孔拡散支配と仮定した場合、マクロ孔径(ミクロ粒子の間げき)は測定圧力領域およびマクロ粒子径により異なった値を示す(Fig. 1)ため、物理的に考えてこの仮定は否定されました。また、ミクロ孔拡散支配と仮定した場合にはゼオライト4Aの場合とほぼ同等なミクロ孔拡散係数が得られました。(Fig. 2)本錯体の結晶構造<sup>1)</sup>から、この仮定が妥当と判断されました。

以上の結果から、クロマト法モーメント解析より、拡散の律速段階はミクロ孔拡散が律速であると示唆されました。

最後になりましたが、この賞を頂いたことを励みに、今後の研究に取り組んでいきたいと思っております。今後ともご指導・ご鞭撻のほどよろしくお願いいたします。

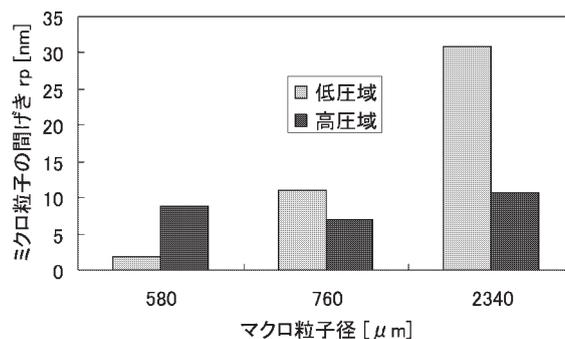


Fig. 1 マクロ孔拡散支配と仮定した場合のミクロ粒子の間げき

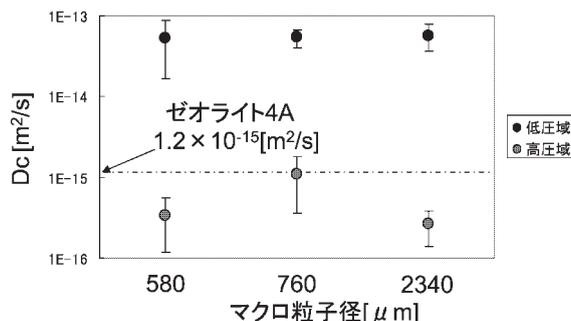


Fig. 2 ミクロ孔拡散支配と仮定した場合のミクロ孔拡散係数

1) Seki K, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 4, 1968, (2002)

# PCB 残渣を原料とした KOH 賦活活性炭の製造

Production of Activated Carbon from Waste of PCB  
Using KOH Activation

名古屋大学大学院工学研究科分子化学工学専攻  
Department of Chemical Engineering,  
Nagoya University  
名古屋大学大学院工学研究科エネルギー理工学専攻+  
Department of Energy Engineering and Science,  
Nagoya University+  
トヨタ自動車株式会社\*  
TOYOTA Motor Corporation\*



坂田 美和、渡辺 藤雄+、  
小林 敬幸、架谷 昌信+、  
松山喜代志\*、布尾 悦朗\*  
Miwa Sakata, Fujio Watanabe+,  
Noriyuki Kobayashi,  
Masanobu Hasatani+  
Kiyoshi Matuyama\*,  
Etuaki Nunoo\*

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き、有意義なご指摘を賜り心よりお礼申し上げます。以下に研究の概要を紹介させていただきます。

## <はじめに>

PCB 廃棄物の無害化処理プロセスの一貫として処理生成物が適正に処分または有効利用されることが望まれております。PCB の金属ナトリウム分散体重合無害化法による処理では残渣として固体状のビフェニル重合物が生成します。本研究ではその有効利用方法として KOH 賦活活性炭化を提案し、その活性炭化を行うことを目的として、活性炭を製造し、原料特有の細孔構造と賦活条件の関係及び 2 種類の吸着質 ( $H_2O$ 、 $C_6H_6$ ) に対する吸着性能について検討を行いました。

## <実験>

活性炭の原料には金属ナトリウム分散体重合無害化法により生成された PCB 残渣を用い、原料に KOH を含浸した後ステンレス製のボートに移し賦活用電気炉で賦活を行いました。

賦活条件は賦活温度 773~973K、賦活時間 30~120min の範囲で行い、含浸させる KOH 濃度は (KOH の重量)/(原料の重量) を 1.0 としました。比較のため、PCB 残渣を予め洗浄した原料についても活性炭を製造しました。

得られた活性炭の 77K における窒素の吸着等温線を測定し、この吸着等温線に基づいて比表面積、細孔分布を算出しました。

賦活温度を変化させて得られた細孔構造の異なる活性炭に

ついて  $H_2O$  (極性物質)、 $C_6H_6$  (無極性物質) の吸着等温線を測定しました。

## <結果と考察>

PCB 残渣原料活性炭は一般の活性炭と同等の比表面積をもち (Table 1)、窒素吸着等温線にみられるヒステリシスより、予め原料の洗浄を行わない活性炭ではインクボトル型の入口と考えられる細孔とミクロ孔の二つの領域の細孔構造により形成される二元細孔構造となることがわかりました (Fig. 1)。二種類の吸着質に対する吸着等温線の形状は、 $H_2O$  で V 型、 $C_6H_6$  で IV 型を示し、得られた活性炭は無極性物質との間に強い吸着エネルギーをもつことがわかりました。一方、 $H_2O$  吸着における低相対圧域での吸着等温線の立ち上がりは細孔が非常に小さいことに関係し、このことが極性物質の吸着にも有効に機能することを示しています (Fig. 2)。以上の結果より PCB 残渣を原料とした活性炭はその細孔径を制御することにより様々な吸着質の多成分吸着材として利用できることが示唆されます。

Table 1 Properties of activated carbon

Activated Carbon	Activation Temperature [K]	Activation Time [min]	Pre-Washing	Surface Area [ $m^2/g$ ]	Yield [%]
AC1	773	60	×	532	15.0
AC2	873		×	1470	8.0
AC3	973		×	1876	7.5
AC4	773	30	×	356	15.8
AC5		120	×	999	9.0
AC6		60	○	303	17.0

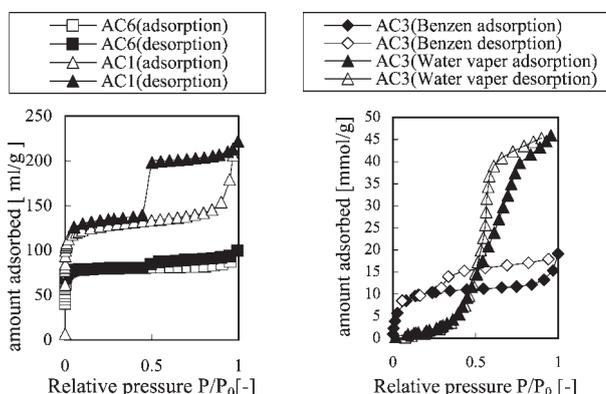


Fig. 1  $N_2$  isotherm (77K)

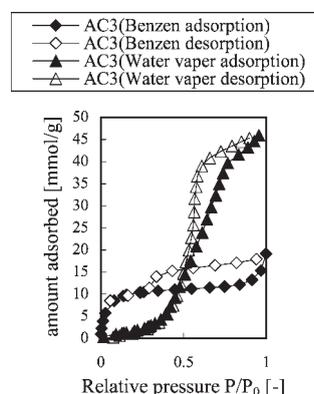


Fig. 2  $H_2O$ ,  $C_6H_6$  isotherm (303K)

## 会 告

### 平成16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. 受賞対象研究名、6. 研究概要(800字以内)、7. 受賞対象研究に関連する論文、著作等のリスト、8. 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(三菱化学カルゴン賞)

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歳未満の正会員とし、3名程度を選考する予定です。選考は過去3年間に発表された3件程度の論文に関して行います。

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(年齢)、3. 所属、4. 略歴(学歴、職歴、研究略歴)、5. 受賞対象研究名、6. 研究概要(800字以内)、7. 対象となる論文リスト、8. 対象となる論文の別刷りあるいはコピー

#### 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名・氏名)、4. 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、5. 実用歴(納入先一覧で可)

#### ●表彰式

2004年9月中旬の第18回研究発表会期間中に開催予定の2004年度総会の席上で行います。

#### ●受賞講演

学術賞および奨励賞(三菱化学カルゴン賞)の受賞者は、2004年9月中旬開催予定の第18回研究発表会において、それぞれ特別講演および依頼講演をお願いする予定です。技術賞受賞者は、2005年の夏に開催される吸着シンポジウムでの講演をお願いする予定です。

#### ●送付先

〒816-8580 福岡県春日市春日公園6-1 九州大学大学院総合理工学研究院物質科学部門内  
日本吸着学会事務局(担当:寺岡靖剛)

#### ●締切

2004年4月1日(事務局必着)

## 8th International Conference on Fundamentals of Adsorption (FOA8) 参加登録料の援助について

本会は、吸着関連分野を研究する学生諸君が、最先端の研究成果について学びながら海外の研究者と直接交流できる国際会議に積極的に出席することを奨励し、将来国際的に活躍する広い視野を持った研究者に成長してもらうことを願って、吸着関連の国際会議に出席し自らの研究を発表する博士(後期)課程大学院学生諸君に、審査の上参加登録料を援助しています。

今回、2004年5月23-28日に米国の Sedona, Arizona で開催される標記会議 (FOA8) への参加登録料の援助の募集を下記の要領で行ないますので、奮ってご応募下さい。

## 募集要項 (FOA8参加登録料援助)

**応募資格:** FOA8に出席して自ら研究発表を予定する博士(後期)課程大学院生で、応募時に日本吸着学会会員である者(会員でない場合は応募時に入会して頂ければ結構です)。ただし本会以外の団体(学会、法人等)から援助が見込まれる者あるいは既に決定している者は除く。

**援助の条件:** 援助を受けられる場合は、以下の事柄を了解していただきます。

1. 本会会員である大学院学生にふさわしいしっかりとした研究発表をすること。
2. 世界各国から集まる優れた研究者の最新の研究について学び、彼等と積極的に交流して、学術・文化に関するより深い知見を得るよう努めること。
3. 会議終了後、速やかに参加報告書を提出すること(本会機関紙“Adsorption News”に掲載予定です)。

**援助額:** 概ね FOA8学生参加登録料(早期登録料)に相当する円貨額。

**応募方法:** 下記の事項をもれなく記入の上、日本吸着学会事務局に郵送、FAX あるいは e-mail にて送付して下さい。

1. 申請者氏名、2. 会員番号(申請中の場合はその旨明記)、3. 所属・学年、4. 連絡先(住所、所属(研究室名まで記入)、TEL、FAX、e-mail アドレス)、5. 指導教官名、6. FOA8での講演番号およびタイトル

**応募書類送付先および問い合わせ先:**

〒816-8580 福岡県春日市春日公園6-1 九州大学大学院総合理工学研究院物質科学部門内  
日本吸着学会事務局(担当:寺岡靖剛)  
TEL: 092-583-7526 FAX: 092-573-0342 E-mail: jsad@mm.kyushu-u.ac.jp

**応募締切り:** 2004年3月31日(木)(必着)

---

## 編集委員

委員長 迫田 章義(東京大学)	
委員 加納 博文(千葉大学)	近沢 正敏(東京都立大学)
川井 雅人(日本酸素株式会社)	茅原 一之(明治大学)
神島 和彦(大阪教育大学)	中原 敏次(栗田工業株式会社)
田門 肇(京都大学)	湯浅 晶(岐阜大学) (五十音順)

Adsorption News Vol. 17 No. 4 (2003) 通巻 No. 67 2003年12月19日発行

事務局 〒816-8580 福岡県春日市春日公園6-1 九州大学大学院総合理工学研究院物質化学部門内  
Tel: (092) 583-7526 Fax: (092) 573-0342 E-mail: jsad@mm.kyushu-u.ac.jp

編集 望月 和博(東京大学)  
Tel: (043) 251-4327 Fax: (043) 251-1231 E-mail: mochi@iis.u-tokyo.ac.jp

ホームページ <http://envchem.iis.u-tokyo.ac.jp/jsad/>

印刷 〒108-0073 東京都港区三田5-14-3 昭和情報プロセス株式会社  
Tel: (03) 3452-8451 Fax: (03) 3452-3294

General Secretary

THE JAPAN SOCIETY ON ADSORPTION (JSAd)

Department of Molecular and Material Science, General School of Engineering Sciences  
Kyushu University, Kasuga-shi, Fukuoka 816-8580, JAPAN

Tel: +81-92-583-7526 Fax: +81-92-573-0342 E-mail: jsad@mm.kyushu-u.ac.jp

Editorial Chairman

Professor Akiyoshi SAKODA

Institute of Industrial Science, University of Tokyo, Meguro-ku, Tokyo 153-8505, JAPAN

Tel: +81-3-5452-6350 Fax: +81-3-5452-6351 E-mail: sakoda@iis.u-tokyo.ac.jp

Editor Kazuhiro MOCHIDZUKI, University of Tokyo

Tel: +81-43-251-4327 Fax: +81-43-251-1231 E-mail: mochi@iis.u-tokyo.ac.jp

WWW of JSAd: <http://envchem.iis.u-tokyo.ac.jp/jsad/>