

Adsorption News

Vol. 22, No. 2 (July 2008)

通巻No.85

目 次

- 巻頭言..... 2
バイオマス活性炭化事業と地球温暖化対策 澤井正和
- 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
細孔内吸着分子の構造解析
～実験でつなぐ吸着現象のミクロとマクロ
飯山 拓
- 技術ハイライト..... 9
VOC濃縮装置の高度化
藤岡 裕次、岡野 浩志
- 掲示板.....13
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
- 関連シンポジウム等のお知らせ.....19

日本吸着学会
The Japan Society on Adsorption

巻頭言

バイオマス活性炭化事業と地球温暖化対策

(株) テクノプラン 澤井 正和



今回、私への巻頭言執筆依頼の趣旨を推測してみると、5年前の本学会のセミナーで紹介させていただいた、下水汚泥を原料とする活性炭化技術に関して、その後の実用化や事業化の成果報告が求められているのだと認識した次第です。以下に、バイオマスの活性炭化における環境対策上の意義や、粉末活性炭化製品（バイオ炭）の多重利用システムによる事業化についてご紹介させていただきます。

バイオマスの炭化と活性炭化は、その用途と有価性で大きな違いがあります。炭化物は土壤改良材や燃料として利用されますが、輸送コストを上回る販売先を確保することが困難です。一方、バイオ炭は吸着材としての用途が期待され、より長距離の輸送費を見込んでも販売事業の採算性が期待できます。炭化炉は下水汚泥の焼却炉で発生する温暖化ガスである N_2O を抑制できることが評価されていますが、活性炭化炉も同様に、焼却炉に比べて地球温暖化ガスの発生を約 1/3 に抑制できます。炭化物の燃料化は CO_2 を発生しますが、バイオマス燃料であるためカーボン・ニュートラルな利用方法として評価されています。一方、バイオ炭を吸着材として利用した後、燃焼せず埋め立て処分する場合は、炭酸ガスの固定化策として評価できます。バイオマスの揮発性可燃物は燃料として利用し、灰分に炭素分を残留させて環境浄化材として利用した後埋め立て処分する方法は、カーボン・ニュートラルからバックへと方向転換できます。

このような考え方で、現在、大量に埋め立て処分されている下水汚泥からバイオ炭を製造し、下水処理場の脱臭材や水処理材として利用した後、最終的に脱水汚泥に添加して汚泥の消臭と減量化のための事業を提案しています。この事業化研究については、平成 18 年と 19 年度の経済産業省の「地域新生コンソーシアム事業」（産官学による委託研究事業）で採択され、滋賀県の下水処理場で実証試験を行い、民営事業として採算性を確保できる見通しを得ました。現在、関係企業と経済産業省の「新連携事業」として、

来年度の事業化を目指して活動しています。私は、これまでは、活性炭化炉メーカーの開発責任者として、連携体を側面から支援する役割でした。しかし、本事業を成功させるための主体的な役割の必要性を感じて、昨年 9 月の定年退職の機会に、バイオ炭の用途開発と販売事業を行う会社を設立しました。

本事業のビジネスモデルは、自治体の環境事業であるごみ焼却炉や下水処理場を市場とし、バイオ炭を脱臭材、水処理材、汚泥処理材、等で多重利用（カスケード利用）して経費削減を保証する事業です。この場合のキー技術となるのは、吸着装置としてバグフィルターを利用した微粉末バイオ炭による吸着システムです。バグフィルター濾布表面に塗布された数ミリの粉末バイオ炭層のガス通過時間は 0.1 秒以下と推定されますが、酸性の H_2S やアルカリ性の NH_4 等の臭気成分を高速で吸着できます。バグフィルターの濾布に塗付した微粉バイオ炭層内での高速吸着機能は、微粉化がバイオ炭表面の物質移動境界面積を増大させ、充填層内の乱流で境界厚さが薄くなる効果の相乗効果と理解しています。バグフィルター式吸着装置の高速性は、脱臭装置の大幅なコストダウンを可能にしました。

バイオマスの再資源化事業の採算性は、環境やエネルギー事業との最適システム化が重要で、これらの課題の解決策として吸着技術が役立つものと確信しています。日本吸着学会が単位操作の研究の場としてだけでなく、社会システム的な課題についても問題提起と解決策を提案できる、議論や交流の場になることを期待しています。

澤井正和 (株) テクノプラン 代表取締役 (工学博士) 略歴

昭和 46 年 3 月 神戸大学工学部化学工学科 修了

同年 4 月 川崎重工業 (株) 入社、環境装置の開発に従事

平成 19 年 8 月 汚泥活性炭化炉開発後、同社を定年退職

平成 19 年 9 月 (株) テクノプランを設立し現在に至る

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。
- 交 通：JR 鹿児島本線大野城駅前
- 宿 泊：各自でご手配願います。
- 総 合 受 付：九州大学筑紫キャンパス総合研究棟（C-Cube）1 階 ロビー
- 講 演 会 場：九州大学筑紫キャンパス総合研究棟（C-Cube）1 階 筑紫ホール
- ポスター会場：九州大学筑紫キャンパス総合研究棟（C-Cube）3 階 ギャラリー
- 発 表 要 領：口頭発表：講演 12 分、質疑 8 分。ビデオプロジェクター（Power Point）で発表願います。
：ポスター発表：発表時間 1 時間 30 分。パネル寸法は発表者に直接連絡します。
- 発 表 申 込：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）
- 要 旨 集 原 稿：A4 版用紙 1 ページに、講演題目、1 行あけて所属（略称）、氏名（発表者に○）、1 行あけて要旨を 1 行当
り 45 文字、1 段送りで記載し、最下行に連絡先（Tel、Fax、e-mail）を記入してください。原稿はなるべく
e-mail の添付書類(MS-Word ver.6.0 以上)として下記宛にお送りください。なおホームページに原稿のテ
ンプレートファイルを用意しますのでご利用ください。参照できない場合には下記までご連絡下さい。
- 懇 親 会：10 月 24 日（金）九州大学筑紫キャンパス ビスタホール
- 参加登録費：学会会員 8,000 円（官、学）、10,000 円（産）、4,000 円（学生）
非会員 10,000 円（官、学）、12,000 円（産）、4,000 円（学生）
但し、予約（9/26♫）申込者は 2,000 円割引。参加登録費には要旨集代も含まれます。
（要旨集のみ購入の場合 3,000 円）
- 懇 親 会 費：一般 7,000 円、学生 5,000 円。ただし、予約（9/26♫）申込者は 1,000 円割引。
- 参加予約申込：e-mail または Fax で 1. 氏名、2. 所属（勤務先・学校名等、郵便番号、所在地、Tel、Fax、e-mail）3. 懇
親会の参加、不参加を記入し、下記宛にお申し込みください。同時に、参加費、懇親会費共に下記にお振
込みにてお支払い下さい。
- 銀 行 振 込：福岡銀行 長崎支店 口座番号：817662 名義：日本吸着学会
- 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）
- 研究発表会ホームページ：http://www.mm.kyushu-u.ac.jp/lab_04/jsad2008/index.html
- 実行委員会：〒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エネルギー物質科学部門 寺岡靖剛
e-mail: teraoka@mm.kyushu-u.ac.jp Tel: 092-583-7526 Fax: 092-583-8853
- 申込・連絡先：〒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エネルギー物質科学部門 草場 一
e-mail: jsad2008@mm.kyushu-u.ac.jp Tel: 092-583-7527 Fax: 092-583-8853

研究ハイライト

細孔内吸着分子の構造解析 ～実験でつなぐ吸着現象のミクロとマクロ

Intermolecular structure of adsorbed molecules in nanospaces

～Experimental approaches to the adsorption phenomena from micro- and macroscopic measurements

信州大学 理学部

Faculty of Science, Shinshu University

飯山 拓

Taku Iiyama

1. はじめに

微小な空間中の分子の分子間構造や分子状態を知ること、吸着科学をはじめ、触媒科学、電気化学、生物学等の非常に広い分野で渴望されている。特に近年では MOF (Metal Organic Frameworks) やカーボンナノチューブに代表される新規多孔性物質の合成法の進展により、目的とする分子プロセスに合わせたナノ空間デザインの可能性が示され、細孔内現象にはさらに大きな注目が集まっている。しかしながらナノ空間は固体に囲まれた空間であり、その内部の情報を得るための方法は限られる。我々はアモルファスである活性炭を主たるターゲットとして、X 線回折(XRD)法や X 線小角散乱(SAXS)法により細孔内の分子集団について直接的な構造解析を行ってきた¹⁻³⁾。活性炭の X 線回折図を見ると、散乱角 $2\theta = 40^\circ$ 以上の広角領域にグラファイト網面構造に由来するピークが、 $2\theta = 25^\circ$ 付近にグラファイト面の積層による 002 面ピークが現れ、さらに小角には $2\theta = 0^\circ$ を中心とした緩慢な散乱が見られる(角度は $\text{CuK}\alpha$ 線の場合)。よく知られているように、物質に含まれる「構造の大きさ」と回折角には反比例の関係が成立しており、回折図には、広角領域に現れるグラファイト構造中の炭素原子の並びに相当するような「ミクロ」な情報(0.1 nm \sim)から、極小角領域に現れる炭素繊維の直径($\sim 50 \mu\text{m}$)に相当する「マクロ」な情報までが連続して連なっている⁴⁾。吸着状態の *in situ* 測定を行うことにより、それぞれの角度領域の散乱強度から、細孔内分子について異なったオーダーの構造情報が得られる。

通常、吸着相は液体様の「乱れた」構造を持つために、広角領域(XRD)にブロードなピークのみを示し、結晶構造解析法を適用することができない。我々は液体における構造表現法である動径分布関数法を吸着系に初めて適用し、活性炭中の水の秩序構造形成やその相転移異常¹⁾、四塩化

炭素やクロロホルム分子の特異な分子間構造の形成²⁾などを見いだしてきた。また吸着に伴って活性炭の小角 X 線散乱強度が大きく変化する現象⁵⁾に対して、密度ゆらぎと相関距離の概念を導入することによって定量的な構造解析を行い、ミクロ孔性活性炭-水吸着系において水分子が細孔内でクラスター様の分子集団を形成していること、また吸・脱着過程におけるその分子集団の大きさ・形状の違いが V 型の吸着等温線における吸着ヒステリシスの原因となっていることを明らかにした³⁾。

分子間構造や表面に対する分子の配向のようなミクロな情報と、吸着量や吸着熱のようなマクロな実験値を組み合わせることで、吸着現象はよりよく理解される。本稿では近年取り組んでいるリバースモンテカルロ(RMC)法の吸着相への適用と、新しいマクロな物理量の測定法である圧力フィードバック式吸着装置について紹介する。

2. RMC 法を用いた吸着相の 3 次元な分子間構造決定

前述のように、吸着状態の XRD プロファイルには細孔内分子集団の分子間構造情報が含まれており、吸着分子による X 線吸収の補正等を行ったのちにフーリエ変換することで、吸着系の動径分布関数(任意の分子を中心とした、距離と密度の関数)を仮定なしで得ることができる。しかしながら動径分布関数は 1 次元の構造表現法であり、吸着分子や、吸着分子と細孔壁面間の直接的な構造情報であるものの、これらを分離しわかりやすい形で示すことはできていなかった。細孔内のどこに、どのような密度(分子間構造)で吸着分子が存在しているかを、見てきたかのように表すことはできないであろうか? そのような欲求を満たすために、リバースモンテカルロ(RMC)法⁶⁾を吸着相に適用することを考えた。RMC 法はコンピュータシミュレーションの一手法であり、MC 法と同じように乱数を用いて分子の配置を決定する方法であるが、分子間のポテンシャルを用いず、コンピュータ上のセル中の分子集団が生じる回折強度を計算し、これが実験値と近づくように分子配置を変えていく方法である。この方法によって、実験で得られた XRD プロファイルを再現するような 3 次元の分子配置を推定することができる。吸着系への MC 法の適用では、[細孔形状]と、[吸着分子間、および吸着分子-壁面間のポテンシャル]という 2 つの仮定を用いるが、本法では[細孔形状]のみを仮定することによって RMC 法を吸着系に適用した。

RMC 法は複数種の分子を同時に用いた計算を行うことができ、2 種以上の分子が細孔内に同時に存在する混合吸着系についても適用が期待できる。混合吸着系は、細孔を用いた分子の分離、精製など多くの実用的局面において非常に重要であるが、成分別の吸着量決定等の実験的困難もあり、ミクロな視点からの研究は十分には進んでいない。X 線から得られる構造情報では、異種分子間の相関、両種

分子の壁面との相関等が重なってしまうために、動径分布関数で細孔内の分子の混合状態を表すことは困難だった。これらの情報を分離して分子混合状態を表すことができれば、細孔を用いた分子プロセスの解明や、目的に即した細孔デザインに大きく寄与できるものと思われる。

<解析法>

RMC法は、計算機上のセル内の分子集団が生ずるXRD強度を計算し、乱数を用いて分子の挿入、削除、移動の各試行を繰り返し、実測のXRDに近づくような試行のみを採択することによって実験値を再現する分子配置を推定する構造解析法である。純粋なRMC法は入力としてXRDプロファイル(または他の実験から得られる構造情報)のみを用い、ポテンシャルに関する仮定を必要としない。本法ではまず①吸着に伴って固体試料の近距離(~2 nm)の平均構造は変化しないこととして、分子未吸着の固体試料自身のXRDプロファイルを実験値から差し引き、②窒素吸着解析から得た細孔径を持つ単純なスリット型の細孔モデルを用いて、吸着分子の空間的な制限と、吸着分子-固体間の干渉項の計算を行った。XRDが2 nm程度までの近距離の構造情報を主として含んでいることを考えると、このモデルは細孔内の分子から見た活性炭の構造としては妥当であると考えられる。

<実験法>

本報では(株)アドール製の活性炭素繊維(ACF)への水、エタノール吸着系および水/クロロホルム混合吸着系について得られた結果を紹介する。混合吸着系では先に水を吸着させ、水の分圧が常にこの時の平衡圧を保つようにしてクロロホルムを導入し測定を行った。細孔モデルは2層ずつのグラファイト面を向かい合わせた単純なスリット型で、グラファイト面に平行な方向のセルの大きさは6 x 6 nmとして周期境界条件を課した。(XRD測定条件: MoK α , 40 kV, 100 mA, 透過法, 298 K, 測定範囲; $s = 0.7 \sim 12 \text{ \AA}^{-1}$)

<結果・考察>
RMCにより得られた分子間構造はいずれもXRDの実験値をよく再現した。本解析ではシミュレーションセル内の分子数として各成分の吸着量も得られ(試料の細孔分率を利用してmg/g単位に変換する)、これは容量法による知見と概ね一致した。図1に水吸着系($w = 1.63 \text{ nm}$)で得られたsnapshotを示す⁷⁾。水分子は表面被覆層を形成せず、2つの表面をブリッジするクラスターを形成していることがわかる。RMCでの解析にはSAXS領域の強度は用いずXRD領域の強度のみを用いているので、広角の情報からも水分子のクラスター形成が支持されたといえる。得られた分子配置から水分子間、水-カーボン間の干渉項が別々に得られるので、系の動径分布関数をそれぞれの寄与に分離することができる(図2)。それにより水-カーボン間の寄与を除いた水分子間のみ寄与による動径分布関数は、第

1隣接分子によるピーク(a)よりも第2隣接分子によるピーク(b)が強く、水分子集団が室温においても氷類似の秩序構造を持つことが確かめられた。

また、 $w = 0.82 \text{ nm}$ へのエタノール吸着では、細孔充填率が低い場合でもエタノール分子が表面上に偏って吸着し、2分子層から成る島状の分子集団を形成していることが示された⁸⁾。0.82 nmはほぼエタノール分子2分子に相当し、エタノール分子間に形成される鎖状の水素結合が、層内だけでなく層間にも生じていることを示唆し、分子間の相互作用が吸着現象に強い影響を与える系であることを示している。

図3に水/クロロホルム混合吸着系のsnapshotを示す。混合吸着時の分子間構造は、単成分吸着時と全く異なっている。図1で見られた単成分吸着時の水のクラスター構造はクロロホルム分子を加えることにより破壊され、クロロホルム分子を水分子が取り囲むような構造が現れている。カーボン表面との相互作用はクロロホルムの方が水よりもはるかに大きい、クロロホルム分子が表面近傍を占めるような構造とはなっていない。微小空間中では水とクロ

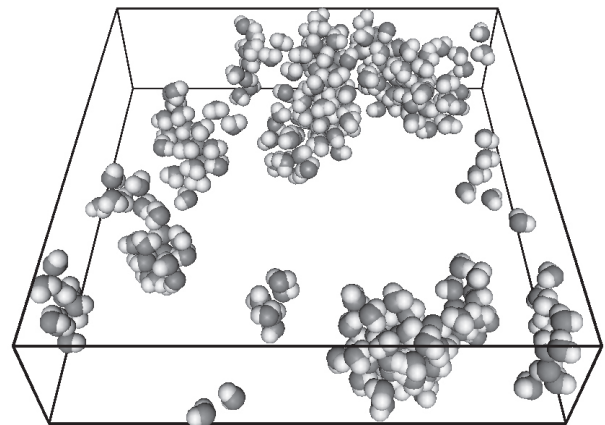


図1 *in situ* XRD測定、RMC法によるカーボン細孔中の水分子集団のsnapshot($w = 1.63 \text{ nm}$, $\phi = 0.15$, 298 K)。上面、下面はグラファイト表面。

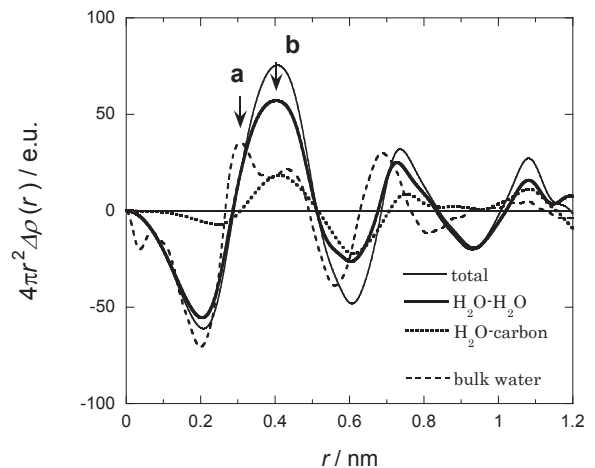


図2 RMC法により算出される成分別の動径分布関数($w = 1.63 \text{ nm}$, $\phi = 0.15$, 298 K)。

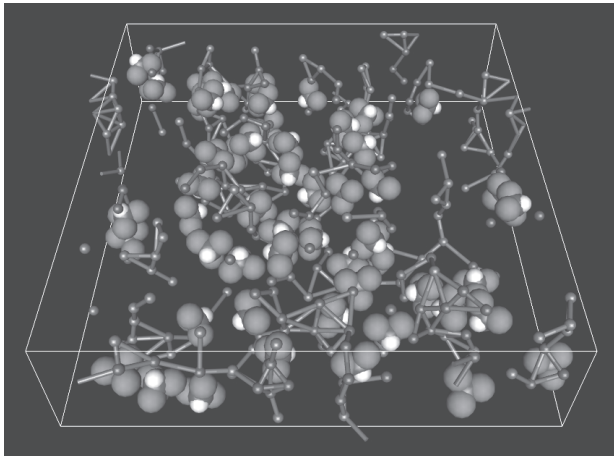


図3 カーボン細孔中の水/クロロホルム混合状態の snapshot($w = 1.63 \text{ nm}$, $\phi_w = 0.12$, $\phi_c = 0.14$, 298 K)。小球は水の酸素原子、Rodは $r < 0.56 \text{ nm}$ のO-O結合を示す。

クロロホルムというバルクでは混合しにくい分子でさえも協同的に振舞うことがこの結果から示唆される。

この方法は1次元の構造情報であるXRDプロファイルを3次元構造に展開する方法であるので、得られる構造が一意であるかどうか特に混合系で問題となる。Gubbinsらは、アモルファス多孔体自体の構造決定にRMCを適用する際に、原子間のポテンシャル計算を併用する方法を提案している⁹⁾。現在、多孔体モデルの最適化や他の実験との組み合わせによる、方法の精密化に取り組んでいる。

in situ XRD測定とRMC法によるこの方法は、実験値を元にした、これまでにない細孔内分子の3次元な描像を与えてくれる。多孔体側の局所構造の影響や、長距離構造(SAXSによる情報)とのつなぎ、解の一意性の保証などこれから解決していかなければならない問題も多いが、吸着相に対してはモデルレスであり適用範囲はきわめて広い。今後、混合吸着系を含む様々な系に適用を行っていきたいと考えている。

3. 圧力フィードバックによる新しい吸着量決定法の開発

マクロな物理量である吸着量は、多孔体のキャラクターゼーションにおいて最も重要な情報である。新規多孔体の開発が活発に行われ、圧力などの刺激による細孔構造の不連続な変化等を利用した新しい機能の開発も開始されており¹⁰⁾、吸着等温線だけでなく、吸着量の温度依存性(=吸着等圧線)や刺激に対する吸着量応答量など、目的に即した吸着量測定法の開発が必要とされている。吸着等温線は、多孔体の比表面積や細孔構造を決定する重要な情報であるが、その測定は主として重量法または容量法に依っている。これらの方法はいずれも①一定量のガスを系内に導入し②平衡を待って吸着量を算定するという手順を繰り返すことによって行われ、得られる吸着量の情報は圧力に対して不連続となる。これらの方法では圧力 P 、温度 T を

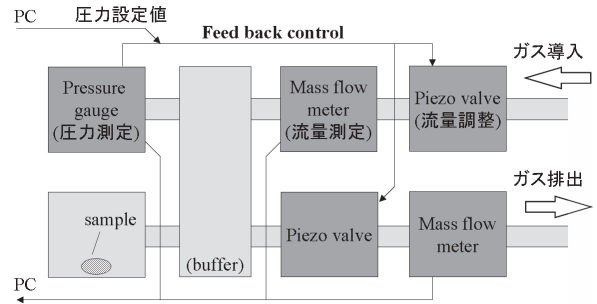


図4 圧力フィードバック吸着量測定装置の概略図

一定に保ったまま吸着系に刺激を与えたときの吸着量変化は測定できなかった。

我々は、フィードバック制御を用いて能動的に系内の圧力を一定に保ち、系へのガスの流入量(または排出量)をカウントするという新しいアイデアによって、吸着等圧線、および刺激(温度、磁場など)に対する吸着量変化の決定を試みた¹¹⁾。

<装置>

図4に装置の概略図を示す。装置はピエゾ素子によって電氣的に開度を調整できるバルブとフローメータの組を導入側、排出側に備えている。試料セルの圧力を入力としてバルブの開度をフィードバック制御し、セル内の圧力をPCから設定した目標圧力に保つ。このときセルへの物質の流入・排出量をフローメータで計測する。圧力を一定に保ったまま、試料セルの温度を変更し、その際の系内の物質質量変化を流量から決定すれば、吸着量の温度依存性を直接決定できる。市販されているマスフローメータ(熱式質量流量センサ)の測定精度は $2 \mu\text{l} / \text{sec}$ (STP)で、物質質量では $0.1 \mu\text{mol}$ (窒素換算で $2 \mu\text{g}$)程度に相当し、重量法、容量法に匹敵する精度が得られる。試料の温度を一定に保ち、目標圧力を変化させてその際の物質質量変化を測定し、プラ

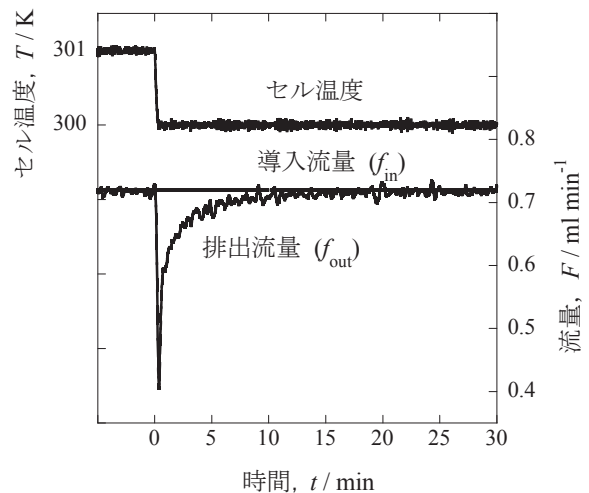


図5 温度変化時の流量変化

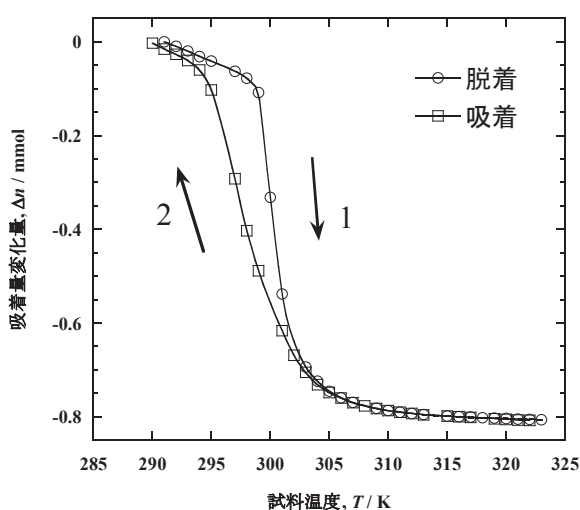


図6 圧力フィードバック装置で測定したACFの水吸着等圧線
($w = 0.82 \text{ nm}$, 13.02 Torr)

ンクを差し引くことで吸着等温線の測定も行える。

<結果、考察>

活性炭($w = 0.82 \text{ nm}$)の水吸着等圧線を測定した際の流量変化の例を図5に示す。試料セルの温度と水蒸気圧を一定に保ち(301 K, 10.04 Torr)平衡とする。その後、ペルチェクーラーとヒーターによる温度調整機構により試料セルの温度を1 K下げ、300 Kとする($t = 0$)。温度の低下により吸着量が増加し、系の圧力は低下しようとするが、フィードバック回路の働きにより流量が調整され、圧力は一定に保たれる(圧力変動は $\pm 0.1 \text{ Torr}$ 以内)。再び吸着平衡に達するまでの導入流量と排出流量の差を積分した値が系内に導入された物質質量、すなわち吸着量変化となる(温度変化による試料セル内の気相の物質質量変化分を差し引く必要があるが、この場合はほとんど無視できる)。この操作を連続して行うことで図6のように吸着等圧線の直接測定を行うことができる。従来、このような吸着等圧線を測定するためには温度を変えて測定した多数の吸着等温線測定を必要としたが、本測定では直接に目標圧力での吸着等圧線を測定できる。図6では、温度変更に対する吸着ヒステリシスが現れており、極めて興味深い。

この方法により、吸着実験において温度 T だけでなく圧力 P を制御可能な変数(variable)として扱い、吸着量が決定可能となる。水素やメタンなどの超臨界流体の貯蔵では、低温での高い吸着量をいかに室温近傍の高い温度まで保つかが重要である。この場合、容器などの制限によって定まる一定の圧力下における吸着量の温度依存性の決定が必要となる(Temperature Scanning Adsorption Measurement)。今回開発を行った測定装置は、このような吸着等圧線測定を直接に行える。またこの方法は、圧力一定の条件で吸着量の変化が測定できるため、磁場などの刺激に対する吸着量応答量の決定¹²⁾にも有効である。現在(株)日本ペルとの共同研究を開始しており、精度を向上さ

せるとともに、適用できる圧力範囲(現在 4 Torr ~ 3 atm)を広げ、様々な物性測定に利用していきたいと考えている。

4. まとめ

これまで行ってきた X 線を用いた細孔内分子集団の構造解析法のひとつである RMC 法の吸着系への適用と、新しい吸着量測定法である圧力フィードバック法について紹介した。高温、高圧のような大きなエネルギー消費を必要とすることなく、より穏やかな条件で分子を集めることのできる吸着現象は今後ますます重要となっていくと思われる。MOF に代表される細孔デザインが可能な物質系の登場により、吸着科学は新しい展開の時期を迎えている。ナノ空間のよりよい利用のために、細孔内現象の理解の進展に寄与していきたい。

[参考文献]

- 1) T. Iiyama, K. Nishikawa, T. Otowa, K. Kaneko, *J. Phys. Chem.*, 1995, **99**, 10075., T. Iiyama, K. Nishikawa, T. Suzuki, K. Kaneko, *Chem. Phys. Lett.*, 1997, **274**, 152.
- 2) T. Iiyama, K. Nishikawa, T. Suzuki, T. Otowa, M. Hijiriyama, Y. Nojima, K. Kaneko, *J. Phys. Chem. B*, 1997, **101**, 3037., T. Iiyama, Y. Kobayashi, K. Kaneko, S. Ozeki, *J. Coll. Surf. A*, 2004, **241**, 207.
- 3) T. Iiyama, M. Ruike, K. Kaneko, *Chem. Phys. Lett.*, 2000, **331**, 359., T. Iiyama, Y. Kobayashi, K. Kaneko, S. Ozeki, *J. Coll. Surf. A*, 2004, **241**, 207.
- 4) 西川恵子, 最新の炭素材料実験技術(分析・解析編), サイベック, 7章.
- 5) K. Kaneko, Y. Fujiwara, K. Nishikawa, *J. Colloid Interface Sci.*, 1989, **127**, 298.
- 6) R. L. McGreevy, L. Pusztai, *Mol. Simul.*, 1988, **1**, 359.
- 7) T. Iiyama, R. Aragaki, T. Urushibara, S. Ozeki, *Ads. Sci. Technol.*, 2006, **24**, 815-821.
- 8) T. Iiyama, K. Hagi, T. Urushibara, S. Ozeki, *J. Coll. Surf. A*, 投稿中.
- 9) S. K. Jain, R. J.-M. Pellenq, J. P. Pikunic, K. E. Gubbins, *Langmuir*, 2006, **22**, 9942.
- 10) A. Kondo, H. Noguchi, S. Ohnishi, H. Kajiro, A. Tohdoh, Y. Hattori, W.-C. Xu, H. Tanaka, H. Kanoh, K. Kaneko, *Nano Lett.*, 2006, **6**, 2581.
- 11) 特開 2007-64731
- 12) 葛西邦生、飯山拓、尾関寿美男、第 21 回日本吸着学会研究発表会, P-29



飯山 拓

信州大学理学部化学科

1998年 千葉大学自然科学研究科物質科学専攻 修了

1998年～99年 東京工業大学応用セラミックス研究所 日
本学術振興会特別研究員(PD)

1999年 信州大学理学部化学科助手 2007年 同 助教

2008年より准教授(現職)

技術ハイライト

VOC濃縮装置の高度化 Advancement of VOC Concentrator

株式会社 西部技研
SEIBU GIKEN CO., LTD.
Research & Development Div.

藤岡 裕次、岡野 浩志
Yuji Fujioka, Okano Hiroshi

1. はじめに

揮発性有機化合物(Volatile Organic Compounds 以下、VOCとする)は、塗装、印刷等様々なプロセスで多くの種類が使われており産業界にとって必要不可欠な材料である。しかし大気中に排出されたVOCが、窒素酸化物や硫黄酸化物(以下、 NO_x 、 SO_x)との混合気体になり、紫外線が関与して大気汚染物質である光化学オキシダントや浮遊粒子状物質(SPM)を生成する。いわゆる光化学スモッグが社会問題となっている。これまで、 NO_x 、 SO_x についてはそれぞれ自体の有害性も高いため厳しい規制が行われてきた。しかし、 NO_x 、 SO_x の削減は効果を上げているものの大気汚染の状況は未だ深刻な状況である。その対策を図る為、もう一つの原因物質であるVOCの、排出規制に関する大気汚染防止法が平成16年(2004年)に改正された。

改正大気汚染防止法では、VOC排出量を平成22年度迄に平成12年度比3割減とする目標を立てているが、法規制に依って削減されるのは1割と見られており、残り2割は自主的取り組み等に依って削減されなくてはならないとしている。

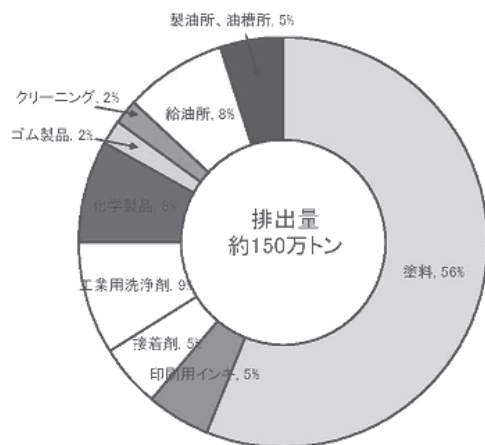


図1 環境省による固定発生源に係るVOC排出量の推計(2000年度)

2. VOCの排出状況と市場ニーズ

日本におけるVOCの使用量は270万トン/年で、そのうち120万トン/年は燃焼法により無害化処理されているものの、半分以上の150万トン/年が大気中に放出されて大気汚染の原因になっているといわれている。回収リサイクルされているのはわずかに20万トン/年である。

市場のニーズとしては、VOC対策装置は製造工程で必要な装置では無く生産に寄与しない装置である為、VOC対策装置普及促進の為にはイニシャルコスト(初期投資)、ランニングコスト(装置運転費用、維持管理費)と共に出来る限り低廉な装置を開発する事が重要であるとされている。又、図1に示す様に、VOC排出量の半数以上が塗装(塗料)関係からの排出である。これらの業種は中小企業も多く、VOC対策装置を設置するための十分なスペースも無いケースが多いため、出来る限りのコンパクトな装置が望ましいとのニーズもある。

3. VOC処理装置概要

VOCの無害化処理には原理的な簡便さ、高い信頼性と広範囲なVOCに対応可能なことから燃焼法が最も普及している。高濃度のVOCは自己燃焼が可能なので直接燃焼法で処理可能であるが、排気濃度が低くなると自己燃焼が困難になるため、低い濃度でも自己燃焼処理できる触媒燃焼法、蓄熱燃焼法が開発されてきた。

表1に代表的な3種類の燃焼法によるVOC処理装置の特徴と問題点を示す。

低濃度大風量の場合に、燃焼法のみでVOC処理しようとした場合装置自体が大型となり、又低濃度VOCを燃焼させるには燃料が多く必要である為、ランニングコストも膨大なものとなる。このような背景から燃焼法とVOC濃縮装置を組み合わせさせた濃縮燃焼法が開発され普及してきた。

表1 VOC対策装置(酸化分解方式)概要

	直接燃焼法	触媒燃焼法	蓄熱式燃焼法
概要	直接、火炎に接触させて水と二酸化炭素に酸化分解させる	白金等の触媒によって低温で酸化分解させる	セラミック等の蓄熱体を使用し、この蓄熱体による熱交換により昇温させて酸化分解する
特徴	広範囲のVOCに対応可能 高濃度VOC処理に最適	自然状態が容易に得られ、燃料費が直接燃焼法より安価	高い熱回収効率が見られ、ランニングコストが安価
問題点	燃料費が高価なため、徹底した排熱回収が必要	触媒毒、特に有機シリコンに対して注意が必要	広い設置スペースが必要 有機シリコン含有排気の処理には不向き

4. VOC濃縮装置構成と原理

VOC濃縮装置は、ハニカム状に成型したセラミックペーパーに吸着材として疎水性ゼオライトを担持させたVOC濃縮ロータ、ロータ駆動装置、各ゾーンを仕切るエアースील

材、ゾーン仕切りを持つ前後チャンバ、再生用熱源（ヒータ、コイル、熱交換器等）、送風機、VOC濃縮ロータを塵埃等から保護するプレフィルタ及びそれらを取り囲むケーシング等で構成されている。

VOC濃縮装置の原理は、図2に示す様に、連続的に回転しているVOC濃縮ロータに工場等からのVOC含有空気を導入する事によって、95%以上の高い除去効率にてVOCがVOC濃縮ロータに吸着され、浄化された空気は清浄空気として大気に放出される。VOCを吸着したロータ部は回転して再生ゾーンに移動する。再生ゾーンでは、熱風に依りロータに吸着したVOCを濃縮して脱着させる。

再生後のロータ部は冷却ゾーンへ回転移動する。冷却ゾーンでは再生直後で熱いロータ部が通風冷却され、再吸着可能な温度まで予冷されて再び吸着ゾーンへと移動する。冷却ゾーンを通過した空気は熱交換により加熱され、その空気をさらに加熱して再生用空気として使用するため、熱回収効果により再生用熱源の低インシヤル、低ランニングコスト化に繋がる。VOC濃縮装置は以上の様に、連続してVOCを除去し、連続的に濃縮して取り出せる装置である。

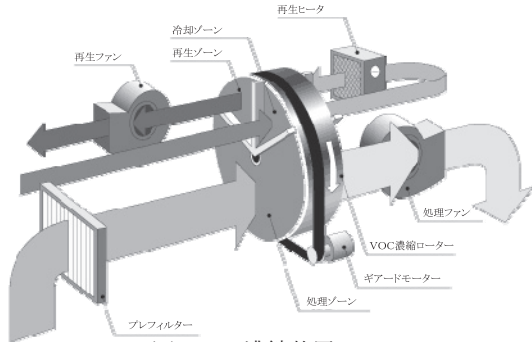


図2 VOC濃縮装置フロー

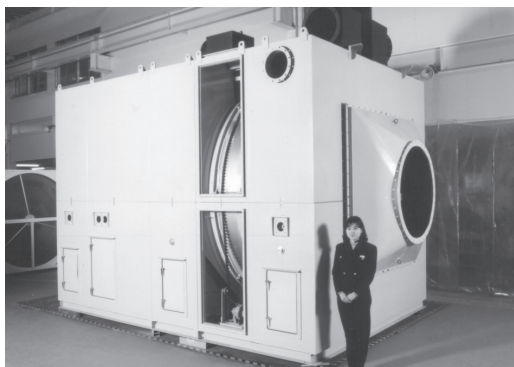


写真1 VOC濃縮装置外観

5. VOC濃縮燃焼システム

VOC濃縮装置と組み合わせて、燃焼法による低濃度大風量処理の経済的処理を可能にしたVOC濃縮燃焼システムを図3に示す。

VOC濃縮装置と組み合わせる事により、処理すべき排気風量は約5～15分の1となり、燃焼処理装置も5～15分の1にできる為、インシヤルコストが削減できる。逆にVOC

の濃度は、VOC濃縮装置にて5～15倍に濃縮される為、自然状態（VOCが燃焼法の燃焼エネルギーとなる）を保つ事が容易となり、ランニングコストも抑えられ、送風機以外のエネルギーはほとんど不要な省エネルギー型環境浄化装置を実現できる。

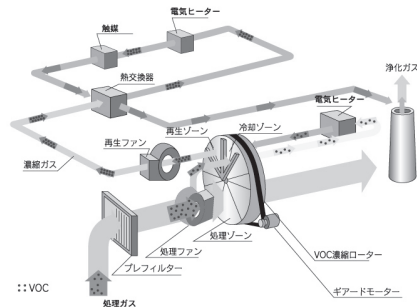


図3 VOC濃縮除去システム

6. VOC濃縮ロータについて

VOC濃縮ロータは、1977年～1979年に活性炭繊維ペーパーをハニカムロータ化する事で大風量を処理する技術として確立された。しかし活性炭であるためアルコールなどに対する吸着性能の不足や耐熱性の不足、あるいはシクロヘキサノンやイソホロン等のヘビーケトンが含まれる場合に発火焼損する可能性が極めて高い等使用に制限があった。

1988年に当社が世界で初めて疎水性ゼオライトを吸着材として使用したVOC濃縮ロータ(UZCR)を開発した。これに依り、これまで活性炭では処理出来ないとされていたヘビーケトンや、活性炭では吸着しにくいアルコール等を含む排ガスについてもVOC濃縮装置を幅広く適用出来る様になった。又、セラミック繊維を基材としたハニカムは不燃性で耐熱性が高く、疎水性ゼオライト自体も無機の結晶体である為、ロータが発火する等の危険性は大幅に低減された。

疎水性ゼオライトは別名ハイシリカゼオライトとも呼ばれ、アルミナをほとんど含まないように合成または脱アルミ化処理することにより疎水性となり、VOCのみを選択的に吸着するようになる。疎水性ゼオライトの吸着特性は、細孔径、疎水化度（シリカアルミナ比）等の違いに依り変わるが、細孔径、シリカアルミナ比が同じでも異なった性能を示すことが多く、小型ロータを試作して動的性能を確認しながら吸着材メーカーと共同開発している。VOC濃縮ロータは疎水性ゼオライトのグレードを換える、あるいはミックスすることにより種類の異なる混合VOCにも対応可能である。当社では、これまでに各種溶剤、用途向けに最適化した表2に示す6種類のロータを開発製品化した(KCPRは活性炭ロータ)。

表中数値1～5は5が最適、1は不適、×は使用不可を表す。各種ロータはそれぞれ固有の特徴があり、適用される条件

によって使い分けている。

表2 ロータ選定表例

VOC	UZCR					KCPR
	I	II	III	IV	V	
トルエン	4	5	5	4	5	5
キシレン	5	5	1	5	1	5
スチレン	×	×	5	×	5	×
エタノール	3	4	4	3	5	2
シクロヘキサン	5	5	3	×	3	×
シクロヘキサン	1	1	1	1	1	5
アセトン	3	4	5	3	5	4

例えば図4はアセトンの場合の各種ロータによる濃縮性能を示す。V型が最も除去率が高いが、VOC濃度が600ppm前後になればV型とIII型の除去率はほぼ同じとなる。

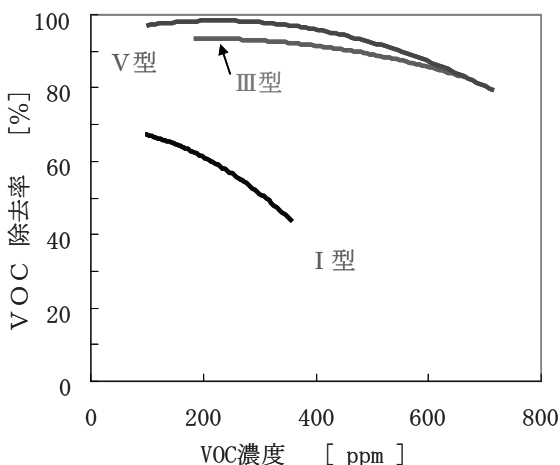


図4 各種ロータのアセトン除去性能

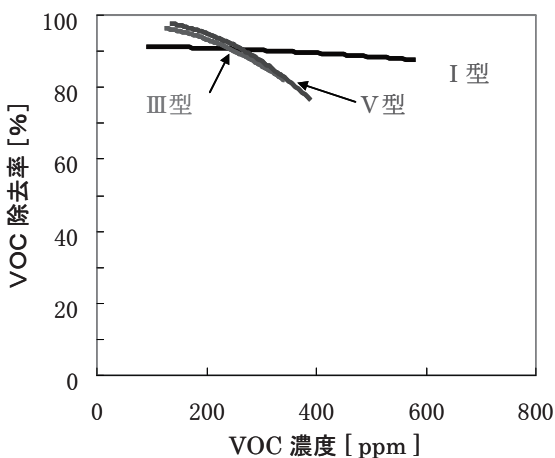


図5 各種ロータのトルエン除去性能

さらに図5にトルエンの場合の各種ロータによる濃縮

性能を示すが、200ppm まではIII型、V型が良いが、200ppm 以上になるとI型の性能が他を上回る。

VOCの種類によってあるいは濃度域によって各種ロータの優劣が入れ替わることが分かるように、VOCの種類によってどのような濃縮ロータを選定するかは大変重要である。混合VOCの場合には総てを満足することが難しい場合もあるが、合計での除去率が最大になるように選定している。(グラフ中に条件を明記していないが、性能表自体秘守事項なのでご理解いただきたい。)

7. 用途例

VOC濃縮装置が、具体的にどのような産業分野で用いられているか、表3に実績を記す。この表から図1のVOC排出源となる工場の大部分に対応可能である事が分かる。

表3 用途例

業種	VOC使用設備	発生VOC	適用ロータ種類例
塗装業界 自動車造船、電気製品、建築	塗装ブース乾燥炉	トルエン、キシレン、エステル、アルコール類	II、I
印刷業界	印刷機乾燥炉	トルエン、キシレン、エステル、アルコール類	II、I
接着業界 粘着テープ磁気テープ	コーティング洗浄装置	ケトン類(MEK、シクロヘキサン、MIBK)	II、III
化学品製造業界	石油化学	芳香族、有機酸類、アルデヒド類、アルコール類	II
合成樹脂、接着メーカ	プラスチック製造合板の製造	スチレン、アルデヒド類、エステル類	III
半導体製造	洗浄装置	アルコール類、ケトン類、アミン類	III、V
液晶製造	製造装置	アルコール類、ケトン類アミン類	III、V

8. VOC濃縮ロータ及び装置の高度化

弊社では、市場ニーズに応えながらVOC濃縮ロータ、VOC濃縮装置の更なる高度化開発を行ってきた。

(1) 低圧損タイプロータ

基材となるセラミック繊維を再検討、最適化し2003年に従来タイプに加え、低圧損タイプのロータを開発した。従来品とほぼ同じ性能であるにも関わらず、圧力損失値を当社従来品の約3分の2程度に低減させた製品である。

この新開発ロータに依り、装置に使用する送風動力のランニングコストを更に減少させる事に成功した。

(2) 高性能VOC濃縮ロータ

疎水性ゼオライト及びバインダー等、材料を再検討し、更に製造方法も根本から見直したロータの開発を行い、高性能VOC濃縮ロータ(VSロータ)の開発に成功した。

これは従来の標準ロータに比べ同一条件下にて、約1.5倍程度の高除去率を可能にした(図6参照)。これに依り、コンパクト化が要求される場合には高性能ロータを採用して1ランク小型のVOC濃縮装置でも標準ロータと同等の性能を発揮出来る為、低コスト化が可能になる。

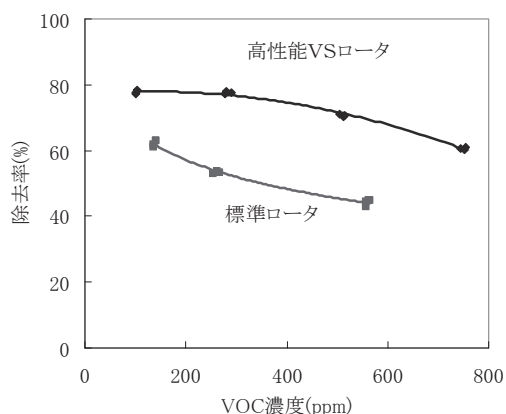


図6 高性能ロータのメタノール除去性能

(3) 装置システムの高度化

処理空气中に高沸点 VOC が含まれていると、VOC がロータ内で脱着不良を起し、ロータに蓄積して性能低下を引き起こすだけでなく、蓄積した VOC が燃料となり、本来不燃性の濃縮ロータが発火焼損してしまう可能性があり、以前は使用出来なかった。この問題に対して水洗浄装置（写真2）でロータに蓄積した VOC を洗い流す方法を開発した。この方法は、水溶性 VOC については非常に効果的な方法であり半導体工場にて多数実績がある。

しかし、非水溶性 VOC に対しては水洗浄では効果が無い為、装置上で 300°C の高温熱風に依りロータを賦活再生させる高温賦活システムを開発した。この開発に当って特に問題となったのは再生空気が他のゾーンへリークしない様にロータ面を摺動するシール材である。標準機に用いる耐熱性のゴムシール材では、高温賦活運転時の高温空気に耐えられない。その問題を解決する為、2005 年に金属シール、テフロン系シール、及びシール性の優れた耐熱ゴム系材料を段階的に組み合わせたハイブリッドシールを開発した。このハイブリッドシールによりコストアップを抑えながら高い耐熱性と、高シール性を両立することに成功した。



写真2 水洗浄装置

おわりに

本稿で述べたように、VOC 濃縮ロータの高性能化及び濃縮装置の高度化、省エネルギー化によってこれまで採用出来なかった工場にも VOC 濃縮燃焼装置が採用出来る様になった。又、改正大気汚染防止法に依る VOC 排出規制や環境対応に関する要求の高まり等もあり市場が拡大している。海外においても VOC 排出規制の厳しい諸外国にて出荷実績が着実に伸び、VOC 濃縮装置の販売実績は、2004 年以降 2 倍、3 倍の伸びを示している。

この様に、VOC 濃縮装置は大気汚染防止の観点から、VOC 処理には無くてはならない技術であるが、この技術は大気汚染防止目的だけではなく、大気汚染物質である VOC を酸化分解する際に使用する化石燃料の削減、引いては、昨今クローズアップされている CO₂ 削減にも貢献出来る技術であると期待される。



藤岡 裕次
株式会社 西部技研
技術開発本部 VA 技術開発部
アシスタントマネージャー
1996 年 福岡県立香椎工業高等学校卒
同年 ㈱西部技研 入社
至現在



岡野 浩志
株式会社 西部技研
技術開発本部 取締役本部長
1977 年 九州産業大学工学部
機械工学科卒業
同年 ㈱西部技研 入社
2001 年 熊本大学工学部大学
院自然科学研究科博士課程終了
至現在

掲 示 板

平成 19 年度 吸着関連の卒業論文・修士論文・博士論文題目の紹介

大阪教育大学教育学部 無機物理化学研究室（神鳥 和彦）

(E-mail: kandori@cc.osaka-kyoiku.ac.jp)

○卒業論文

- 小田 祥平 β -アラニンを用いたポジティブ性カルシウムヒドロキシアパタイト粒子の調製とタンパク質吸着特性
- 多田 貴理 縮合リン酸塩の加熱加水分解法による球状リン酸カルシウム粒子の調製とその性質
- 大西 真平 加熱加水分解法によるヘマタイト粒子生成に及ぼすアニオンの影響

○修士論文

- 西澤 初音 加熱加水分解法によるヘマタイト粒子生成に及ぼすタンニンの影響

岡山理科大学理学部 ナノ空間化学研究室（森重 國光）

<http://www.chem.ous.ac.jp/%7Ekaimen/>

(E-mail: morishi@chem.ous.ac.jp)

○卒業論文

- 安木 翼 不規則性シリカ多孔体 CPG と規則性炭素多孔体 CMK-3 内での窒素のヒステリシス臨界点
- 佐伯 英剛 同等な細孔径を有する MCM-41 と SBA-15 の合成
- 松谷 有樹 規則性炭素多孔体 CMK-8 の合成と吸着特性
- 澤村 稚子 アルカン添加による SBA-15 の細孔径の拡張
- 吉田 真史 MCM-41 へのリゾチームの液相吸着

○修士論文

- 安永 博昭 水の凝固と融解に及ぼす細孔形状の効果
- 仲原 良 規則性炭素多孔体 CMK-3 の合成と吸着特性

金沢大学工学部 技術・人間社会研究室 環境・化学機械システム分野（児玉 昭雄）

http://www.hm.t.kanazawa-u.ac.jp/gijutsu/desiccantGr_j.htm

(E-mail: kodama@t.kanazawa-u.ac.jp)

○卒業論文

安達 明彦 デシカントローター内温度分布に基づく水蒸気吸脱着挙動の解明

笠松 洋史 樹脂ペレット乾燥の効率化に関する基礎研究

関野 直規 Dual Reflux PSA による水素の高度分離・回収

○修士論文

三澤 君廣 二元還流型圧カスイング吸着を用いた低濃度 VOC 凝縮分離プロセス

山田 雄輔 デシカントロータ高効率利用のための還流多段除湿操作と
ハニカム吸着体における吸着挙動の検討

○博士論文

中村 拓也 二元還流型圧カスイング吸着プロセスの簡易設計・解析法に関する研究

辻口 拓也 水蒸気吸脱着挙動解析による吸着材デシカントローターの最適化に
関する研究

山内 恒 温度スイングハニカム吸着ローターを用いた VOC 濃縮装置の設計・運転
指針に関する研究

九州大学工学部 峯元研究室（峯元 雅樹、松隈 洋介）

<http://mac2.chem-eng.kyushu-u.ac.jp/index.html>

(E-mail: minemoto@chem-eng.kyushu-u.ac.jp)

○卒業論文

高橋 慶 ハニカム充填材内の流動と温度分布均一化のための装置自動設計手法の
研究

京都大学大学院工学研究科 化学工学専攻 分離工学分野（田門 肇, 鈴木 哲夫）

<http://www.cheme.kyoto-u.ac.jp/4koza/index.html>

(E-mail: tamon@cheme.kyoto-u.ac.jp)

○卒業論文

上松 義孝 糖水溶液中における水分子の動的挙動に関する分子動力学シミュレーシ
ョン

喜多 亮太 カーボンゲルの高密度化によるメタン吸蔵特性の向上

野添 峻司 氷晶テンプレート法を用いたシリカ-アルミナ繊維のモルフォロジー制御
山口 笑美 液パルスインジェクション法を用いた窒素包含カーボンナノファイバーの製造

○修士論文

奥村 拓也 ケイ素修飾によるカーボンナノファイバーの分散性向上に関する研究
水田 駿祐 高密度カーボンゲルの作製と電気二重層キャパシタへの応用
森 弘喜 テンプレートとして配向構造的有機ゲルを利用したアパタイトハニカムの創製の創製

京都大学工学研究科化学工学専攻 界面制御工学研究室 (宮原 稔, 田中 秀樹, 渡邊 哲)

<http://www.cheme.kyoto-u.ac.jp/2koza/>

○卒業論文

松井 伸一郎 ナノ細孔内気液平衡点特定のための分子シミュレーション手法の開発
三野 泰志 スタック型配位空間への分子吸着と構造転移
堀 善雄 マイクロデバイスをを用いた単分散シリカ粒子の生成
山本 尚志 移流集積法によるストライプ構造形成過程の直接観察
山内 隆広 電場を用いたコロイド結晶構造制御

○修士論文

藤原 直樹 規則ナノ細孔内での相転移挙動の測定
杉山 隼人 相互貫入ジャングルジム型ナノ細孔における吸着誘起構造転移の自由エネルギー解析
今田 奈緒子 可動ナノジャングルジムの吸着誘起構造転移ダイナミクスの検討
山本 大吾 Dendrimer 内における Pt ナノ粒子生成メカニズムの解明

佐賀大学理工学部化学工学研究室 (井上 勝利、原田 浩幸、大渡 啓介、川喜田 英孝)

卒業論文

中川 恭嗣 四級化キトサンを用いた凝集沈殿による 2,4,6-トリクロロフェノールの除去
松枝 美幸 Zr (IV) イオン担持型ミカンジュースカスを用いたフッ素の吸着除去

- 山田 紗耶香 栗の渋皮による金の吸着・回収
- 志岐 昌彦 細胞外ポリマー（EPS）の底質の安定性への効果
- 河野 泰訓 細胞外ポリマー（EPS）が底質の凝集に及ぼす影響
- 永塩 綾乃 カリックス[4]アレーンを基体としたホスホン酸系抽出剤の開発と様々な金属の抽出
- 山本 千尋 エーテル型ホウキ分子をイオノフォアとして用いた高感度ナリチウムイオン選択性電極の作製
- 吉永 拓央 硫黄含有ホウキ型分子による銀イオンの認識挙動に及ぼす配位元素と置換基の影響
- 吉村 優子 酵素反応で生成したデキストランによるコロイド粒子の動的分離

修士論文

- 金光 将樹 ビニル型カリックス[4]アレーンテトラ酢酸誘導体の樹脂化と金属の吸着挙動
- 花村 知宏 交差型カリックス[4]アレーンカルボン酸誘導体による希土類金属抽出選択性に及ぼすナトリウム添加効果
- 古郷 宏明 硫黄含有ホウキ型分子による貴金属の抽出
- 瀬戸 弘一 様々な酵素反応を利用したデキストラン新規機能化
- 太田 慎吾 ジチオカーバメート型キトサンの合成と金属吸着特性
- 成村 健二 ぶどう搾汁残渣によるクロムの吸着・除去
- 西浦 正紘 使用済み液晶パネルからのインジウムの回収
- 橋口 直也 銀に選択性を有するカリックス[4]アレーンピリジル型樹脂の開発と吸着挙動

信州大学理学部 物理化学研究室（尾関 寿美男, 飯山 拓, 浜崎 亜富）

<http://dione.shinshu-u.ac.jp/>

○卒業論文

- 葛西 邦生 活性炭素繊維への酸素吸着の磁場制御
- 重岡 俊裕 等圧フィードバックを用いた吸着量測定システムの開発
- 清家 敦子 細孔内分子へのリバースモンテカルロ法適用の最適化

○修士論文

- 羽木 孝輔 低温における細孔内分子集団の構造決定と相転移挙動の解明

千葉大学理学部 分子化学研究室 (金子 克美、加納 博文、大場 友則)

<http://pchem2.s.chiba-u.ac.jp>

(E-mail: kanoh@pchem2.s.chiba-u.ac.jp)

○博士論文

- 浦部 安彦 Design of new porous carbons of specific separation function
ソシ ヨンイル Fabrication of carbon nanotubes for electronic application
伊藤 努武 Catalytic activities and characterization of nanostructured metals
瓜田 幸幾 Defect-associated nature of nanocarbon materials
キム ドンヨン Assembly-structure design of single wall nanocarbons for clean fuel storage
近藤 篤 Structural analysis of soft nanoporous crystals on gas adsorption

徳島大学薬学部製剤設計薬学研究室 (嶋林 三郎)

<http://www.ph.tokushima-u.ac.jp/?&rf=114>

<http://pub2.db.tokushima-u.ac.jp/ERD/person/60631/profile-ja.html>

(E-mail: saburo@ph.tokushima-u.ac.jp)

○卒業論文

- 有近 裕子 非水溶性コラーゲンに対する水の吸着 (膨潤と水和) に対する添加塩の種類と濃度の効果

○修士論文

- 水野 智 セルロース系高分子に対するアニオン性およびカチオン性薬物の吸着等温線と吸着機構の解析
金久 祥史 ABA 型水溶性高分子プルロニックと非水溶性色素メチルイエロウとの相互作用 (高分子の分子量と添加塩および温度の効果)

名古屋大学大学院工学研究科 エネルギー理工学専攻 (松田 仁樹、出口 清一、窪田 光宏)

http://www.ees.nagoya-u.ac.jp/~therm_eng/

(E-mail: kubota@nuce.nagoya-u.ac.jp)

○卒業論文

- 島田 直樹 マイクロ波照射による水の脱着挙動に及ぼす初期吸着水量・マイクロ波出力の影響

○修士論文

矢部 哲 デシカントローターからの吸着水の脱着促進に及ぼすマイクロ波照射効果

明治大学工学部応用化学科 システム化学工学研究室
大学院工学研究科応用化学専攻(茅原 一之)

○卒業論文

北岸 市寛 PSA 法における溶剤回収の検討
林 真帆 クロマト法による多成分系ガスの MSC5A への吸着に関する研究
小森 隆行 クロマト法による多成分系ガスの MSC5A への吸着に関する研究
真中 響子 FAU 型ゼオライトへの有機塩素化合物の二成分吸着平衡の測定
富田 真司 FAU 型ゼオライトへの有機塩素化合物の二成分吸着平衡の分子シミュレーション
宮川 堯広 超臨界 CO₂ 中における有機化合物の Y 型ハイシリカゼオライトへの吸着測定
内田 玲央奈 吸着相促進酸化に関する研究 (東大生研迫田章義教授指導)

○修士論文

近藤 真司 FAU 型ゼオライトへの有機塩素化合物の二成分吸着平衡の測定および分子シミュレーション

東京大学大学院工学系研究科(生産技術研究所) 迫田研究室 (迫田 章義)

<http://envchem.iis.u-tokyo.ac.jp/sakoda/index-sakoda.html>

○修士論文

高橋 勇介 プレートレットカーボンナノファイバーの合成と分離材料への応用

東京大学大学院工学系研究科応用化学専攻(生産技術研究所) (小倉 賢)

<http://www.ogulab.iis.u-tokyo.ac.jp/>

(E-mail: oguram@iis.u-tokyo.ac.jp)

○修士論文

渡部 景一郎 新規ヘテロ元素導入型多孔質シリカの合成と吸着剤としての応用

関連学会のお知らせ

膜学実験法「人工膜編」講習会のお知らせ

ご好評をいただいております膜学実験法「人工膜編」講習会、今年は下記のように東京での開催が決まりました。

この講習会は膜研究に携わる企業・研究機関・大学などの研究者に、第一線で活躍する講師陣が膜作りのノウハウ、膜性能と構造の評価法などをわかりやすく解説いたします。また、膜透過評価に役立つ「パソコンを用いたシミュレーションの実習」では、実際にパソコンで分子ソフトシミュレーションを操作いたします。

企業・研究機関・大学などで新たに膜の研究を始める方や膜評価の効率化をお考えの方に最適な講習会です。多数のご参加をお待ちしています。

主催：日本膜学会

共催：先端膜工学研究推進機構

日時：第1日目 2008年10月23日(木)

第2日目 2008年10月24日(金)

会場：東京理科大学森戸記念館(新宿区神楽坂4-2-2)

プログラム(予定)

第一日 2008年10月23日(木)

高分子膜の調整法	松山秀人
逆浸透膜、ナノろ過膜および限外ろ過膜の評価法	中尾真一
精密ろ過膜の評価法および膜構造(マクロ孔)の評価法	久保田昇

第二日目 2008年10月24日(金)

無機膜の調整法と膜構造(ミクロ孔)の評価法	都留稔了
気体透過膜と浸透気化膜の評価法	永井一清
膜透過の分子シミュレーションの基礎	高羽洋充
パソコンを用いた膜透過の分子シミュレーションの実習	高羽洋光

詳細は「膜」誌33巻4号に掲載いたします。

問合せ先：日本膜学会事務局

113-0033 東京都文京区本郷5-26-5-702

電話&fax：03-3815-2818

メールアドレス：membrane@mua.biglobe.ne.jp

膜シンポジウム2008

膜シンポジウム2008を下記の要領にて開催します。本年度の主題は“膜の基礎工学”とし、異なる専門領域間の研究交流・融合の場とできればと考えております。生体膜、生体模倣膜、人工膜を問わず膜を使った新しい試みをはじめ、膜構造と膜機能に関する基礎から応用までの広範囲にわたる研究発表をお寄せいただき、膜科学ならびに膜技術の発展に貢献したいと考えております。発表時間は1件あたり24分(発表15分、討論9分)を予定しており、シンポジウム参加者全員にて十分な討論を行う予定であります。充実した討論を行うために、発表当日に使用される予定の図、表などの資料は、原則として講演要旨集(和文A4版3頁、英文A4版1頁)に含めて頂くよう

お願いいたします。発表内容は、十分に討論できる内容であれば未発表、既発表を問いませんので奮ってお申込み下さい。なお、春に開催される年会に対して、研究討論に重点をおくシンポジウムとして平成元年にスタートしました膜シンポジウムも本年で20回目となります。今年度開催の大阪大学は大阪の北部に位置し交通アクセスも便利です。併せて、秋の北摂/京阪神の旅もお楽しみ下さい。

記

開催日：2008年11月14日(金)、15日(土)

会場：大阪大学 基礎工学部 国際棟Σホール
郵便番号560-8531 大阪府豊中市待兼山町1-3 (豊中キャンパス)
<http://www.osaka-u.ac.jp/jp/accessmap.html>

研究発表申込み締切り：8月8日(金)必着

下記事項を記入の上、E-mailで下記宛お申込み下さい。

(1) 研究発表題目、(2)所属、(3)研究者(発表者に○印、ただし、討論に責任の持てる方。研究者中に会員がいる事が必須となります。)、(4) 発表内容(200字程度)、(5) 連絡先(氏名、所属、住所、電話、FAX、E-mail)

講演要旨原稿締切り：10月3日(金)必着

執筆要領は研究発表申込者に後日郵送いたします。

申込み・問合わせ先：日本膜学会事務局膜シンポジウム2008係 担当：木下
〒113-0033 東京都文京区本郷5-26-5-702
Tel & Fax : 03-3815-2818, E-mail : membrane@mua.biglobe.ne.jp

主催：日本膜学会

協賛学協会(交渉中)：化学工学会・環境科学会・酵素工学研究会・高分子学会・触媒学会・ゼオライト学会・繊維学会・日本化学会・日本海水学会・日本機械学会・日本人工臓器学会・日本腎臓学会・日本生化学会・日本生物工学会・日本生物物理学会・日本生理学会・日本セラミックス協会・日本透析医学会・日本物理学会・日本分析化学会・日本水環境学会・日本薬学会・日本薬剤学会・日本油化学会

● 参加要領

参加費：主催・協賛学会員6,000円(当日7,000円)、非会員9,000円(当日10,000円)、学生3,000円、法人(5名まで参加可)25,000円

懇親会：11月14日(金)18時30分より大阪大学豊中キャンパス内レストランにて
会費5,000円(当日6,000円)

参加申込み：E-mailで(1)氏名、(2)所属、(3)連絡先、(4)懇親会参加の有無を明記の上、上記メールアドレスまでお申し込み下さい。なお、準備の都合上、シンポジウム、懇親会ともできるだけ事前にお申し込み下さいますようお願いいたします。事前申込みの締め切りは10月31日(金)です。参加費、懇親会費は郵便振替用紙(00140-9-705802 日本膜学会シンポジウム)でお支払い下さい。

第35回 炭素材料学会年会

主催：炭素材料学会
共催：応用物理学会ほか
協賛：日本分析化学会ほか
後援：炭素協会

会期：2008年12月3日(水)～6日(土)
会場：筑波大学(大学会館・総合交流会館)

参加費(要旨集代込) : 炭素材料学会正会員・賛助会員 8,000 円, 共催・協賛学協会会員 8,000 円,
非会員 14,000 円, 学生 3,500 円

懇親会 : 2008 年 12 月 4 日(木)18:00 会場 : 大学会館レストラン PLAZA

(懇親会費は後でご連絡いたします)

特別企画

本年会では例年どおりの口頭・ポスター発表のほか特別企画として最終日の 12 月 6 日(土) 9:30~13:00 に「21 世紀を担う炭素材料を知る」というテーマで一般公開展示「炭素のふれあいコーナー」と特別企画講演を行います。

一般公開展示では炭素材料関連企業・大学(研究室)・研究機関からの炭素(製品)展示ならび炭素材料研究紹介(ポスター・簡易デモ実験など)を募集します。また特別企画講演では 2000 年ノーベル化学賞を受賞された白川英樹博士をお招きし、高校生(招待)を主な対象とした一般講演をお願いする予定です。

問合先 : 炭素材料学会事務局

〒101-0025 東京都千代田区神田佐久間町 1-25 秋葉原鴻池ビル 3F

TEL : 03-5207-8813 FAX : 03-5207-8816 年会関連 e-mail : cb-nenkai08@tanso.org

炭素材料学会ホームページ <http://www.tanso.org>

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)
(五十音順)

Adsorption News Vol. 22 No. 2 (2008) 通巻 No. 85 2008年7月18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内
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 IYAMA, 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>