

Adsorption News

Vol. 23, No. 3 (September 2009) 通巻No.90

目 次

- 巻頭言…………… 2
ベトナムで思うこと 迫田 章義

- 第23回日本吸着学会研究発表会のお知らせ…………… 3

- 吸着学会学術賞受賞記念寄稿…………… 4
ゲル/液マイクロ反応・分離システムの構築
中野 義夫

- 技術ハイライト…………… 9
ドライ粉末活性炭注入装置 猪狩 智

- 国際吸着学会 (FOA10) のお知らせ…………… 14

- 関連学会のお知らせ…………… 15

日本吸着学会
The Japan Society on Adsorption

巻 頭 言

ベトナムで思うこと

東京大学生産技術研究所 迫 田 章 義



吸着に関する研究や教育にご多忙の会員の皆様に、ひとときの気分転換になればと、この題目にした。

ふとしたことがきっかけで、2004年末からベトナムのホーチミン市（旧サイゴン）にあるホーチミン市工科大学などと地域バイオマスの利活用に関する共同研究を行ってきたが、このたび2014年頃までやや大型の国際共同研究（吸着研究を含む。）を行うこととなった（予定）。この機会に、ベトナム人の方々と共同研究を通じてのお付き合いで、筆者が感じていることを書いてみたい。ただし、ごく限られたベトナムの方々と高々5年弱のお付き合いをさせて頂いての感想なので、認識不足や誤解もあるであろうことを予めお断りしてお許し頂きたい。

まず、日常の暮らしについて。「ベトナム人の6つの夢」という話を紹介する。1人の配偶者と2人の子供に恵まれ、3階建の自宅に住んで、4輪のマイカーを持ち、いつかは5大陸を旅して、最後は6面体（棺）の中で眠りたい、ということらしい。そういうと、現地での立派な新築の家の多くは3階建でベランダには四季折々の美しい花がある。4輪車はまだまだ庶民のものではないようで、地下鉄はなくバス網も整備されているとは言い難く、通勤や通学の足はもっぱらオートバイである。2人乗りはあたりまえで、3人乗り、4人乗りも今や非合法だそうだがよく目にする。ベトナム人の同業者（大学教員）は、「1と2は達成したが、3から5は厳しく、6は大丈夫だろう」と笑っている。

ベトナムの食事は基本的にはおいしいが、現地の人々の日々の食事は、大盛りライスにちょっとしたおかずと質素である。そして、鍋料理が大好きである。暑い中で汗だくになって鍋をつつく。南部のホーチミンでの具は、ドジョウ、大きな川魚、エビ、コメでできた麺、タケノコの皮、ドクダミなど多種で大量の草類などなど、すべて田んぼと周辺の溝や運河、養殖池でとれるものと思っていよう。一方で、お酒については豪快で、昼食時にビール、コメ焼酎の類、ウイ

スキー、ウオッカも平気である。

次に、仕事のやり方について。責任や義務、資金の使い方を分担するというのを避け、リーダーがすべて自分の仕事にしたがるようだ。一個人の問題かと思っていたが、最近になってベトナムで仕事をやられている複数の方々からほぼ同じことをお聞きしたので、ある程度一般的に言えることのようにだ。分担者の下克上を恐れるのだろうか、研究チームの編成は、当該課題に相応しい人物を当てるのではなく、自分に対するイエスマンしか入れない。当方から見れば些細と思われることでも、同僚や部下などが独断で進めることを許さない。これでは、リーダー自身がプロジェクト進行の「律速段階」になってしまうのである。何度かこの点を話しあったが「大丈夫、自分は一日に48時間、4本の手を使って働くから」と言う。最初は冗談と聞き流しても、2度目も3度目も同じ答え。最近になって、やや改善してもらえそうな気配も出始めたので、気長に待つことにする。

ベトナムに限らず、こういう問題を乗り越えてゴールに達するプロセス自体が、国際共同研究の大きな成果のひとつになるのだろうと思っている。

（ベトナム、ホーチミン市にて）

迫田章義 東京大学生産技術研究所 教授

略歴 1979年3月 東京大学工学部化学工学科卒業
1984年3月 東京大学大学院工学系研究科
化学工学専攻博士課程修了（工学博士）
1984年4月 東京理科大学理工学部助手
1987年8月 米国ミシガン大学工学部博士研究員
1989年10月 東京大学生産技術研究所助手
1990年12月 同所講師
1992年12月 同所助教授
2000年7月 同所教授、現在に至る

第23回日本吸着学会研究発表会のお知らせ

日本吸着学会研究発表会は、昭和62年に豊橋技術科学大学で第1回が開催されて以来、学会員の皆様のリレーによって毎年各地で開催され、吸着分野の学術・技術の向上に貢献してきました。第1回の開催から22年経ち、日本中の開催地をほぼ一巡したことから、豊橋技術科学大学で再返の第1回にあたる第23回発表会を開催することとなりました。今後の日本吸着学会の一層の発展のため、多数の皆様のご参加をお願いいたします。

- 会 期 : 平成21年11月27日(金)、28日(土)
会 場 : 豊橋技術科学大学A棟 (〒441-8580 豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1)
詳細はキャンパスマップ (<http://www.tut.ac.jp/intr/in01/in0113/index.html>) をご参照ください。
- 交 通 : JR東海道線・東海道新幹線、名鉄本線 豊橋駅下車。豊橋駅2番バスのりばから豊鉄バス「技科大前」行(路線番号34番)、「りすば豊橋」行(35番)、「福祉村」行(36、37番)のいずれかに乗車して「技科大前」下車(所要時間30分、運賃430円)。タクシーの場合、運賃は約3,000円。
- 宿 泊 : 各自で手配をお願いいたします。
- 総合受付 : 豊橋技術科学大学A棟1階ロビー
講演会場 : 豊橋技術科学大学A棟2階A101大講義室
ポスター会場 : 豊橋技術科学大学福利厚生施設内 ひばりラウンジ
- 発表要領 : 口頭発表: 講演15分、質疑5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。ポスターボードの掲示可能な範囲は、縦118cm×横88cm。
- 発表申込 : 次の1~5の事項を記入し、E-mail (23kyuchaku@tutms.tut.ac.jp) またはFax (0532-48-5833) 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」のいずれかを指定してください。) 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行あたり45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以上)として、下記実行委員会宛てお送りください。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連絡先までお問い合わせください。
- 懇親会 : 11月27日(金) 豊橋技術科学大学福利厚生施設内 ひばりラウンジ(ポスター会場と同じ)
- 参加登録費 : 日本吸着学会・協賛学会会員: 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)
上記は当日登録者の登録費です。参加登録費には要旨集代を含みます。下記要領で10月26日までに参加予約をして参加登録費を振り込まれる場合は、上記参加登録費から2,000円減額してください。(要旨集のみ購入の場合は1冊3,000円)
- 懇親会費 : 一般7,000円、学生5,000円。ただし、10月26日までに予約の場合は1,000円割引いたします。
- 参加予約申込 : 次の1~3の事項を記入し、下記E-mailまたはFaxでお申込下さい。1. 氏名、2. 所属(勤務先・大学名等、郵便番号、所在地、TEL・FAX番号、E-mailアドレス)、3. 懇親会の参加、不参加。また、お申し込み後は速やかに参加登録費(当日登録費から2,000円を引いた額)と懇親会費を下記銀行口座にお振込みください。(振り込み手数料はご負担ください。)
- 銀行口座 : 三井住友銀行 豊橋支店、普通預金、口座番号3520867、口座名義 第23回日本吸着学会研究発表会実行委員会
- 発表申込締切 : 平成21年9月25日(金)(必着)
要旨集原稿締切 : 平成21年10月26日(月)(必着)
参加予約締切 : 平成21年10月26日(月)(必着)
研究発表会ホームページ : <http://23kyuchaku.tutms.tut.ac.jp/>
(逐次更新します。最新情報はホームページでご確認ください。)
- 実行委員会(申込・連絡先) :
〒441-8580 豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1
豊橋技術科学大学工学部物質工学系 松本明彦
E-mail : 23kyuchaku@tutms.tut.ac.jp、TEL : 0532-47-0111(代表)、FAX : 0532-48-5833

ゲル／液マイクロ反応・
分離システムの構築

Creation of gel / liquid separation system

東京工業大学 大学院総合理工学研究科
Department of Environmental Chemistry and Engineering,
Interdisciplinary Graduate School of Science and
Engineering, Tokyo Institute of Technology

中野 義夫
Yoshio Nakano

この度、平成20年度日本吸着学会学術賞を賜り、誠に光栄に存じます。受賞研究は過去数十年に渡り、研究室の学生諸君の協力の下で進めたものであります。その成果の一端を紹介させていただきます。

1. はじめに

ポリマーの集合体あるいは架橋構造を有するポリマーゲルは、単なる材料としての機能発現のみならず、

複数のプロセスが集積した『場』を形成する。1次元のヘテロポリマーはヘテロ構造体を形成し、2次元・3次元へと高次構造化を図ることで、様々な構造が生れる。構造形成に伴って、多種多様な機能の発現『場』が形成される。これは、正に、1次元のアミノ酸配列の分子が α ヘリックス、 β シートを形成し、さらに、その組み合わせによる様々なタンパク質の創製、生命体としての神秘的な生体機能の発現場の創成と類似している(図1)。

形成された『場』の界面構造、『場』を形成しているポリマーの化学構造・形態・立体構造およびこれらの自律応答機能を巧みに利用あるいは操作する化学工学的手法は高分子系素材を基盤とする新たな機能性材料システムの開発につながる。

2. 構造化／場(相)の形成に伴う機能発現

ゲル構造体の多機能発現と反応・分離場構築の一例を図2に示す。イオン交換・キレート結合・酸化還元能を有するヘテロなゲル構造体は、自発的に溶液中の重金属・貴金属・白金族・ランタノイド・アクチノイド等の金属元素を効率よく分離する場を提供する。金属イオンを含む水溶液中に添加した環境応答型ポリマーは、金属イオンの還元・金属クラスターの形成・成長過程で、ナノ粒子の粒径制御のみならず形態制御(面制御も含む)のための反応場を提供する。ポリマー

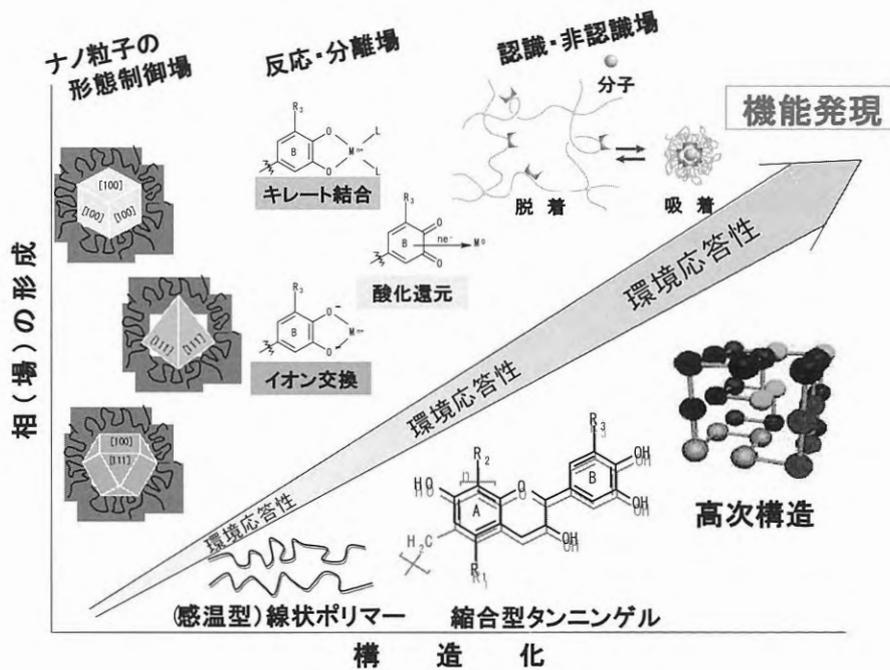


図1 構造化と相(場)の形成に伴う機能発現

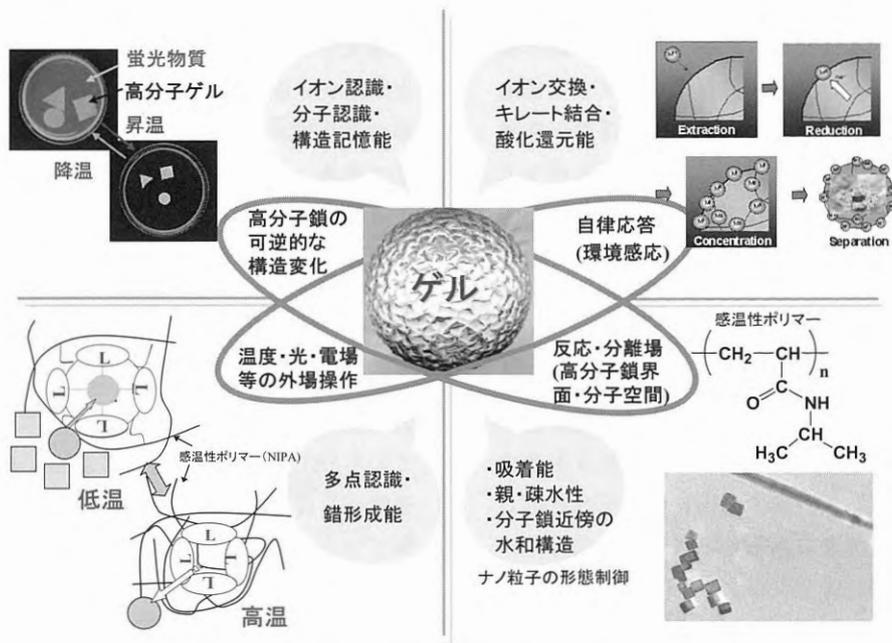


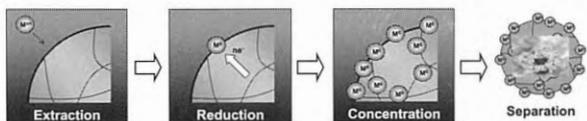
図2 ゲルの多機能発現と反応・分離場の構築

の集合体・ゲル構造体は、2次元・3次元へと高次構造化を図ることで、より高度なイオン認識・分子認識・構造記憶・触媒機能といった機能発現場を提供する。

場を形成している『界面』および『分子空間』で起る上述の様々な複数の機能を巧みに活用あるいは操作することでゲル/液マイクロ反応・分離システムを構築することができる。その一例として、①自律応答機能を有する天然由来のポリマー、②熱(温度)、光、超音波等のエネルギー供給/除去操作によって分子鎖の立体配置あるいは物性が可逆的に変化する環境感応型ポリマー、を用いた金属・タンパク質等の有用物質、重金属・環境ホルモン等の有害物質の分離・濃縮・回収システムを紹介する。

3. 自律応答型マイクロ反応・分離システム

自律応答型マイクロ反応・分離システムの特長は、図3に示す様に、水溶液中の金属イオンあるいは錯体



ゲル/液抽出プロセスの特長

- ・単位操作をゲル高分子鎖上で行うことが可能 → シンプルなシステム
- ・還元剤、凝集剤等の化学薬品の添加不要 → 二次廃棄物の大幅な減容化

応用例: 携帯電話1トン当り⇒Ag 2 kg, Au 0.28 kg, Pd 0.14 kg, Cu 140 kg
cf>金鉱山⇒0.003-0.005 kg/ton

図3 貴金属・白金族高度分離のためのゲル/液抽出プロセスの開発

の抽出/還元/濃縮/分離といった一連の単位操作全てをゲル構造体を構成している分子鎖表面および分子空間内で行うことにある。その結果、本システムは極めてシンプルなシステムであると同時に、金属イオンあるいは錯体の抽出/還元/濃縮/分離に必要な不可欠な抽出剤、還元剤、凝集剤等の薬剤の添加が不要である。このことは処理に伴う二次廃棄物の大幅な減容化につながる。その一例として、天然由来のタンニン分子をゲル構造体とするタンニンゲル分離剤を紹介する。図4に示す様に、タンニン分子は炭素、酸素、水素元素で構成され、その分子鎖中にはポリヒドロキシフェニル基が多数存在している。タンニン分子の元素構成から使用済みタンニンゲル分離剤はCO₂、H₂Oとして自然界に還元され、引き続き、光合成を介してタンニ

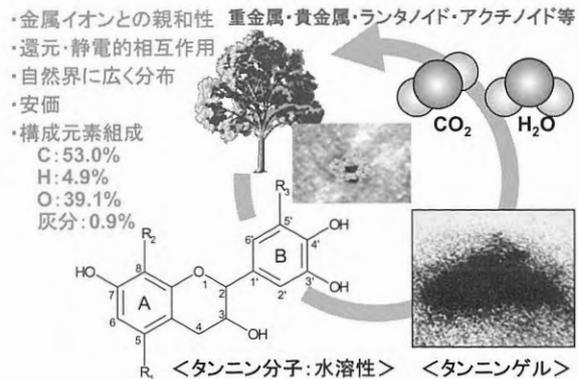
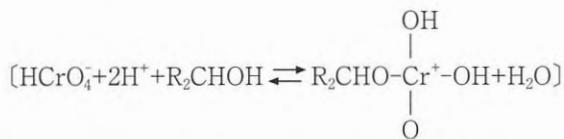
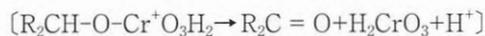


図4 タンニン分子(縮合型)の化学構造と構成元素

ン分子を含む樹木（ミモザ等）として再生する。タンニン分子は様々な樹木の樹皮、柑橘類の外皮、柿・茶渋等に含まれており、自然界に豊富に存在する安価な有機資源の一つである。タンニン分子は水溶性であることから、これら植物から容易に抽出できる。従って、抽出したタンニン分子に不溶性（ゲル化）処理を施すことでタンニンゲル構造体を合成することができる。タンニンゲル構造体を用いた六価クロム（Cr（VI））の分離・濃縮・回収プロセスを紹介する。図5にタンニンゲル構造体によるCr（VI）の抽出／還元／濃縮／分離のメカニズムを示す。酸性水溶液中のCr（VI）イオンは溶液のプロトン（H⁺）と共にタンニンゲル構造体内に拡散する。ゲル構造体内において、Cr（VI）はプロトンと反応してクロム酸エステルを生成し、



同時に、タンニン分子鎖の一部〔R₂CHOH〕は自発的に酸化、カルボニル基を生成



する。この過程で6価クロムは3価クロム（Cr（III））に還元される。ここで、Cr（III）は新たに生成したカルボニル基（カルボキシル基：COOH）とタンニン分子由来の水酸基（OH）を介し、静電的相互作用によってゲル構造体内に固定される。その際、タンニン分子鎖の立体配置の自由度と分子空間がCr（VI）の吸着量を左右する。このことはタンニンゲル構造体の含水率で評価することが可能である。含水率が40.1%と低い（立体配置の自由度が低い）タンニンゲルでは、乾燥ゲル1gに固定できるクロムは225mg-Cr/g-dry tannin gelであるのに対して、含水率が78.9%と高い（立体配置の自由度が高い）タンニンゲルでは、クロ

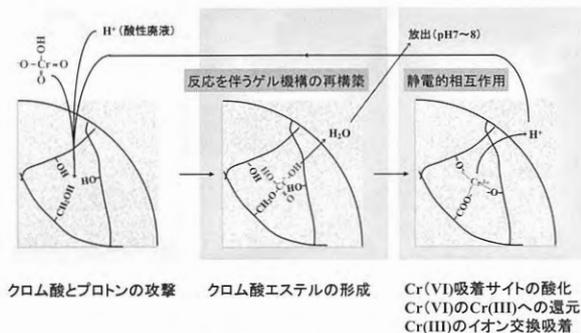


図5 タンニンゲルによるCr（VI）吸着機構

ムの吸着容量は540mg-Cr/g-dry tannin gelと飛躍的に増大する。タンニンゲル構造体は重金属イオンの抽出／還元／濃縮／分離のみならず、Au、Ag、Pt、Pd等の貴金属・白金族の選択的分離に対しても極めて有効である。

酸性水溶液中に存在している貴金属・白金族イオンは、タンニン分子と接触すると自発的に還元が起る。ここで、還元剤であるタンニン分子は自ら酸化されて電子を放出する。この電子を金属イオンが受け取ることで、金属イオンは金属としてタンニン分子鎖表面に析出する。このシステムではタンニン構造体を構成している分子鎖が抽出・還元・凝集・固液分離といった多機能を荷っている。選択的分離のポイントは各種金属イオンの酸化還元電位（図6）とタンニン分子の酸化還元電位（+0.74V）の違いを利用することと同時に各種金属イオンの化学形態を規定する水溶液の組成（塩酸水溶液ではpH、pCl）を制御することにある。特に、PdとPtは水溶液の組成に応じて、複数の塩化物錯体を形成する。これら塩化物錯体の内でClイオンの配位数が少ない錯体ほどタンニンゲルとの配位子交換が起り易いことから、この錯体の存在量が多い液組成を選ぶことが重要である。その結果、配位子交換の起り易い錯体はタンニンと結合し、還元される。一連の素反応を通じて、配位子交換が起りにくい錯体もル・シャトリエの原理に従ってタンニンと結合して還元されることになる。図7はこれら有価金属イオンの選択的な分離操作とそのシステムの概念を示している。一連の操作を通して、Au、Ag、Pt、Pdを含む混合酸性溶液からそれぞれの金属イオンを金属の形で分離・濃縮・回収することができる。その結果、金イオン（酸化還元電位：Au³⁺/Au +1.52V）の吸着容量は

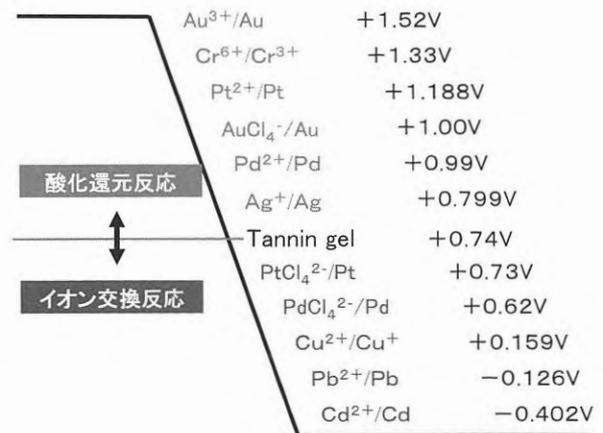


図6 タンニンゲルと各種金属イオンの酸化還元ポテンシャルと反応・分離

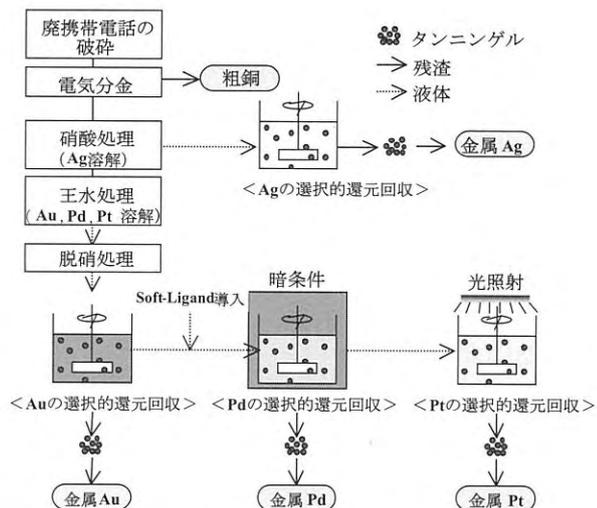


図7 タンニンゲルによるAu、Ag、Pd、Ptの選択的分離システム

8000mg-Au/g-dry tannin gel、銀イオン（酸化還元電位： $Ag^+/Ag +0.799V$ ）の吸着容量は2900mg-Ag/g-dry tannin gelと他に類を見ない極めて高い値を得ている。さらに、この反応・分離システムは化学的性質が類似しているPdとPtに対しても極めて効果的である。タンニン分子鎖に SCN^- 等のソフトリガンドを導入し、加えて、Pt(IV)の錯体形成反応速度の感光性を利用した光照射の操作を行うことで、より効率的にPdとPtを完全分離することが可能である。

4. 環境応答型マイクロ反応・分離システム

感温型ヘテロポリマーゲルは、熱（温度）・光等に応答して、ゲルを構成している分子鎖のコンフォメーションを可逆的に変えることができる。このような特長を有する感応型ヘテロポリマーゲル（熱・光駆動型ゲル）を用いた分子、錯体、イオン等の吸着・分離・回収プロセスは、従来の「化学推進力」を利用する溶媒抽出法等に比べて、抽出剤・溶離剤（薬剤の添加に

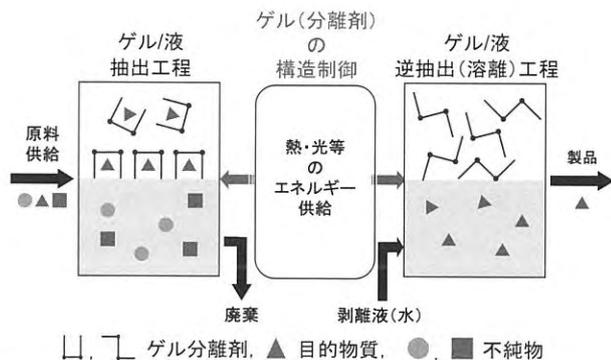


図8 熱・光応答型ゲル/液抽出プロセスによる重金属の分離・回収

伴う二次廃棄物の発生）を必要としない環境低負荷型のプロセスと言える。図8に熱・光応答型ゲル/液抽出プロセスの概念を示す。熱・光等のエネルギーを分離剤であるゲル構造体に供給することで、ゲルを構成しているネットワークのコンフォメーションを自由に変えることができる。その結果、本プロセスでは、同一の分離材（熱・光応答型ゲル）が抽出と溶離の両方の役目を果たすことになる。このシステムの特長は、ゲル分離材のコンフォメーションを外部から操作することで目的物質を抽出、次に、このコンフォメーションを外部からの操作で別の立体配置に変えることで濃縮分離した物質を溶離することが可能となる。

感温型ポリマーゲルを用い、温度スイング操作により、目的物質を抽出・分離/濃縮/溶離する温度スイングプロセスについて紹介する。図9は感温性を示すN-isopropylacrylamide (NIPA) gelと両性高分子電解質 (Sodium styrene sulfate (SSS) — Vinylbenzyl trimethylammonium chloride (VBTA)) gelを用い、温度スイング操作 (298K \leftrightarrow 353K) により芳香族化合物であるBisphenol-Aの吸脱着を繰返し行った結果を示している。NIPA gelは306K（相転移温度）を境にそれ以下で親水性を、それ以上で疎水性を示す。従って、353KではNIPA gelは疎水化するためにBisphenol-Aを吸着（抽出）し、298Kでは親水化するため脱着（脱離）する。一方、SSS-VBTA gelはNIPA gelとは逆の温度依存性を示す。298KでBisphenol-Aを吸着（抽出）し、353Kで脱着（脱離）する。SSS-VBTA gelは高分子電解質の共重合体であるために、温度に対して親疎水のバランスが微妙に変化し、温度が高くなると相対的に親水化の方向に向かう。いずれにしても、ゲル構造体のコンフォメーション変化に伴う物性変化を利用することで、目的物質の吸脱着を温度スイング操作のみで行うことが可能であ

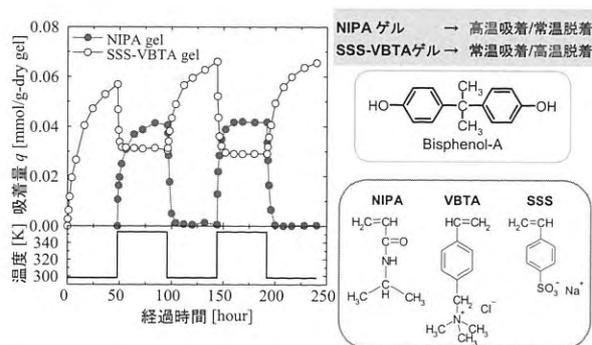


図9 温度スイング法によるBisphenol-Aの吸脱着挙動

る。この温度スイング操作による分離・濃縮は分子のみならずイオン、錯体、タンパク質に対しても可逆的に行うことができる。

上述の感温性ゲル構造体を用いて目的物質（生理活性物、各種イオン・分子・錯体等）を連続的に抽出・脱離するシステムとして、図10に示す多孔性無機多孔体（多孔質ガラス等）の細孔内にゲルを塗布・固定化した2塔式温度スイングクロマト分離システムを開発している。

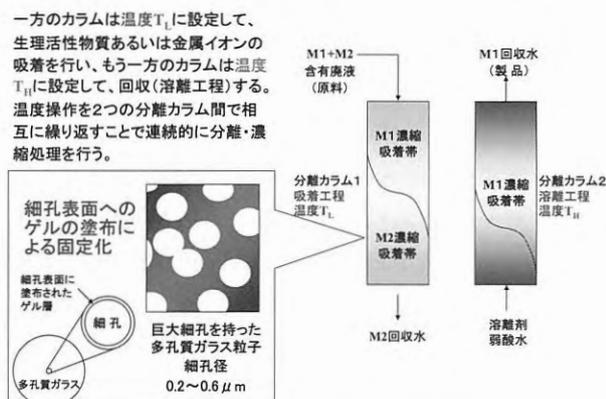


図10 温度スイングクロマト分離プロセスの開発

5. おわりに

1次元のヘテロポリマーは2次元・3次元へと高次構造化を図ることで様々な3次元網目構造を有するゲル構造体を創製することができる。ゲル構造体のゲル化に伴う構造形成過程を操作することで、ゲルネットワーク構造およびネットワーク内の分子空間を制御することができる。この操作・制御によって重金属・貴金属・白金族等に対して吸着・分離性能の高いゲル分離材をデザインすることが可能となる。さらに、環境応答型のヘテロポリマーゲルを利用する分離プロセスでは、温度のみを操作することで目的物質を選択的に吸着・分離する温度スイングクロマト分離プロセスを構築することができる。このような固液共存型のしなやかな構造を有するヘテロポリマーゲルを用いた分離システムは、分子認識・イオン認識機能を有する分離

材を搭載した次世代のシステムとして期待できる。

[参考文献]

- 1) A. Miyazaki, and Y. Nakano, *Langmuir*, **16**, 7109 (2000).
- 2) Y. Nakano, K. Takeshita, and T. Tsutumi, *Water Research*, **35**, 496 (2001).
- 3) T. Ogata, and Y. Nakano, *Water Research*, **39**, 4281 (2005).
- 4) Y. Nakano, M. Saito, and Y. Hirokawa, *Adsorption*, **11**, 675 (2005).
- 5) Y. Nakano, *J. of Chem. Eng. Japan*, **38**, 605 (2005)
- 6) Yeon-Ho Kim, T. Ogata, and Y. Nakano, *Water Research*, **41**, 3043 (2007).
- 7) K. Takeshita, K. Ishida, Y. Nakano, and T. Matsumura, *Chem. Lett.*, **36**, 1032 (2007).



中野 義夫
東京工業大学大学院 教授
工学博士

- 1868年 名古屋工業大学 卒業
 1970年 東京工業大学大学院理工学研究科
 化学工学専攻 修士課程終了
 同上 博士課程を経て
 1974年 東京工業大学資源化学研究所 助手
 1977年 静岡大学工学部化学工学科 助教授
 1981年 アメリカ合衆国 カリフォルニア大学
 (バークレー校) 客員助教授
 1984年 静岡大学大学院電子科学研究科 助教授
 1986年 静岡大学工学部化学工学科 教授
 1992年 東京工業大学大学院総合理工学研究科
 化学工学専攻 教授
 現在に至る

技術ハイライト

ドライ粉末活性炭注入装置

The Injection System of
Dry Powdered Activated Carbon

荏原エンジニアリングサービス株式会社
上水技術グループ
Municipal Water Plant Engineering Group
Ebara Engineering Service Corporation
猪狩 智
Satoshi Igari

1. はじめに

近年の水道原水の水質悪化、水利用者の環境問題への関心の高まりに伴い、「安全でおいしい水」を供給することが望まれていることから、凝集・沈澱・ろ過という一般的な浄水処理では除去が困難とされる、異臭味原因物質、有機化学物質、消毒副生成物、微量有害物質に対する処理として、浄水場において粉末活性炭を注入する例が増えている。粉末活性炭は既設の浄水場において、突発的な原水水質悪化が発生したときの応急的あるいは短期間の使用に適しており、粒状活性炭を使用したときのように大規模な施設を設置する必要がないのが利点である。

粉末活性炭の注入方式は様々であるが、粉末活性炭を溶解槽にてスラリー化して、ポンプやインジェクタなどで注入する方式が従来から多く採用されており、ウェット炭（水分50%）を使用する湿式型、ドライ炭（水分5%以下）を使用する乾式型に大別されている。図1に乾式型の設備例を示す。

溶解槽を使用する従来方式は、スラリー液を連続的に生成するために場内給水を常時供給する必要があり、スラリーを注入点まで移送する際にも、大量の場内給水を使用するケースがある。又、粉末活性炭をスラリー化するための溶解時間を要することから、常に計画的な運転管理が要求される設備となっている。

今回、紹介するドライ粉末活性炭注入装置は、ドライ炭を注入点まで粉体のまま吸引移送し、注入点において原水と混合・接触を行う方式を導入した装置であり、従来必要であったスラリー溶解を必要としないシ

ンプルでかつ緊急対応性にも優れた装置である。

以下に本装置の概要と特徴、運用事例につき紹介する。

2. 装置の構成

本装置は、粉末活性炭を貯蔵する貯槽ユニットと粉末活性炭を定量的に排出する定量供給装置、そして装置最大の特徴である空気吸引機構を有する吸引式攪拌機で構成される。設備フローを図2に示す。

1) 貯槽ユニット

ローリー車などから粉末活性炭を受入れて貯蔵保管する活性炭貯槽と集塵機、振動排出機、空気源機器などで構成される設備である。

活性炭貯槽は、鋼板製円筒型の貯槽であり下部は

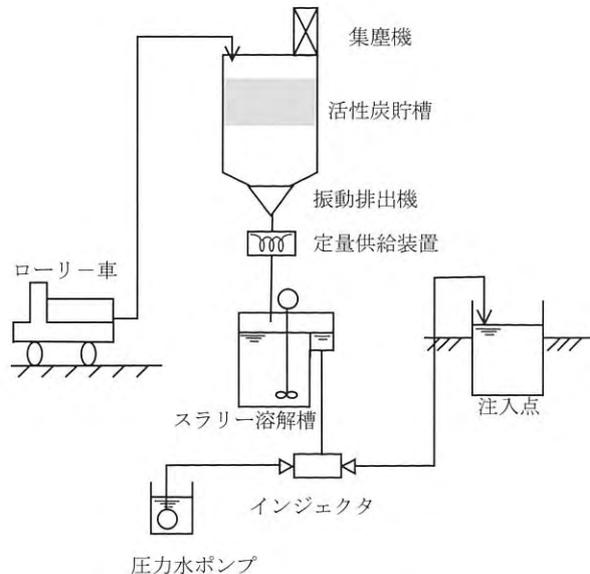


図1 従来乾式型 粉末活性炭注入装置の例

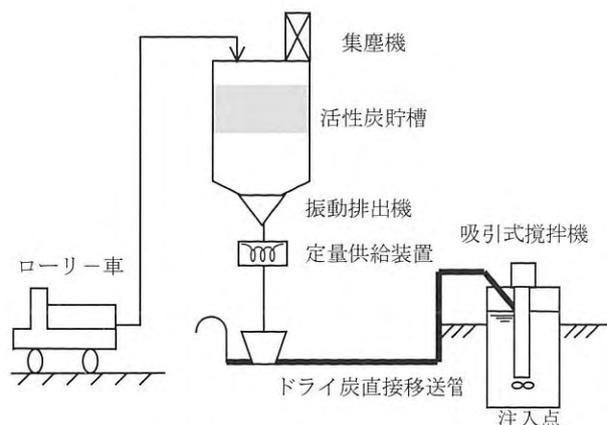


図2 ドライ粉末活性炭注入装置の例

コーン形状となっている。粉末活性炭の受入量や注入運転中における槽内の粉体量を監視するための粉面計や重量計などが付属している。また、貯槽下部の排出口における架橋現象の発生を抑制するための防止装置（外部衝撃型、内部パルスエア噴射型など）を付属している。

集塵機は、ローリー車からの粉末活性炭受入時において発生する粉塵をフィルタにて捕捉・除塵する装置である。ローリー車からの空気移送において槽内で飛散する粉塵を集塵機内のフィルタで捕捉し、外部へはろ過された後のクリーンエアのみを放出する。

また、フィルタ表面の目詰まりを解消するために、洗浄用パルスエアの間欠噴射を行う機構となっている。集塵機は、貯槽上部に設置（トップマウント型）され

ているため、洗浄で除去された粉塵は、活性炭貯槽へそのまま落下する。

振動排出機は、後段注入装置へ円滑な粉体排出を行うことを目的として、活性炭貯槽のコーン下部に防振ゴムを介して設置される装置である。

バイブレータで本体及び内蔵されているバッフルプレートを開欠的に振動することにより、粉末活性炭を下部装置へ排出する機構となっている。一般的には大型貯槽に付属させるケースが多く、受入面積が大きいため、貯槽コーン部の高さを縮小させることができるメリットもある。

空気源機器は、貯槽付属の架橋防止装置（内部パルスエア噴射型）や集塵機へ除湿空気を供給する機器であり、空気圧縮機、除湿機、空気槽などで構成される。



写真1 集塵機

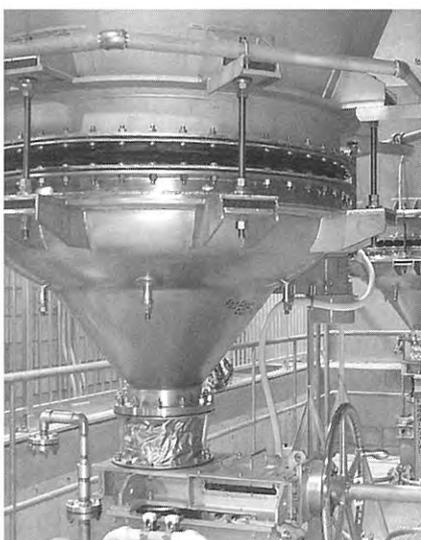


写真2 振動排出機

2) 定量供給装置 (図3)

振動排出機より供給された粉末活性炭を上部ロータと下部ロータを経由して、設定された供給量分を定量的に排出する容積式回転供給装置であり、ロータは一定量の容積マス構造となっており、容積マスに充填された粉末活性炭は連続的に排出される。ロータの回転数制御を行うことで、供給量の制御を行う。

ロータを上・下の2段構造としているため、装置にて受入れた粉末活性炭の堆積量変動による自重圧の影響をほとんど受けないため、容積マスへの充填状態は常時一定であることから、安定した定量性を有している。

また、下部ロータの容積マスに充填された粉末活性炭の重量を専用のロードセルにてリアルタイムに計測し、その計測結果にもとづく供給量自動補正機能（回

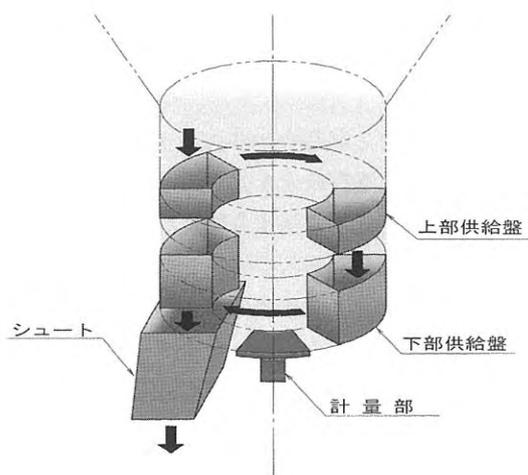


図3 定量供給機 構造参考図

転数補正機能)を付属させて、さらに定量性を向上させることも可能な装置である。

4) 吸引式攪拌機

①構造と機能

本攪拌機は、注入点となる活性炭接触池や着水井などに、攪拌用ロータが水没する高さとなるよう設置を行う。

水没したロータの高速回転により原水をステータ上部より吸込み、ステータ下部より噴流させることで、ステータチューブ内に真空層を作り強い吸引力を発生させる。この空気吸引力を利用して粉末活性炭をステータチューブ内に誘導し、ステータ内にて瞬時に水



写真3 吸引式攪拌機運転状況

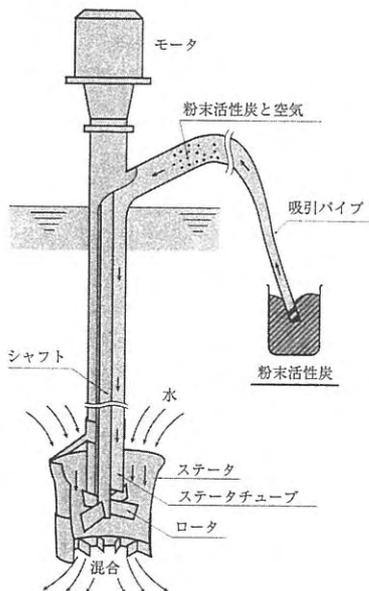


図4 吸引式攪拌機の構造

に溶解させる。(写真3、図4)

よって、本攪拌機1台で粉末活性炭の吸引移送と原水との攪拌・混合を同時にかつ迅速に行うことができる。

②定量供給装置との接続

本攪拌機のステータチューブには、粉末活性炭の注入管が接続されており、注入管は、定量供給装置下部に接続した混合槽出口へ接続されている。

混合槽は、定量供給装置より排出された粉末活性炭を受入れて、付属するノズルから取込まれた外部空気と槽内で混合させる機能があり、攪拌機の安定した吸引移送をアシストする役目をはたしている。

又、外部空気取込み配管には風速計を接続しており、攪拌機にて吸引される空気量(風速値)を計測・監視することで、吸引状態や注入配管の異常の有無を常時監視している。

3. 装置の特徴

ドライ粉末活性炭注入装置の特徴は以下のとおりである。

- 1) 独自の吸引機構を採用することにより、粉末活性炭貯槽から注入点への移送、原水への溶解、槽内の攪拌を同時にかつ瞬時に行うことができる。
- 2) 粉末活性炭を粉体のまま、直接注入点まで輸送できるため、従来方式のような溶解装置や移送装置が不要となり、システムが簡略化され貯槽ユニット廻りの省スペース化が可能となる。
- 3) 吸引式攪拌機の独自の吸引機構により、高い真空度が得られ、粉末活性炭の移送距離が大きくとれるので、貯槽ユニットや注入場所などの配置の自由度がある。
- 4) 粉体直接注入のため、運転開始から注入までの応答速度が速くなり、原水への油混入事故などの突発性水質事故発生時における緊急対応に優れている。
- 5) 吸引式により負圧で移送するため、万一注入配管の破損が生じて粉末活性炭の噴き出しがおこらないなど、粉塵飛散対策に優れ、作業環境に対しても十分配慮されている。

4. 装置導入計画について

ドライ粉末活性炭注入装置の導入にあたっては、粉末活性炭の必要注入量の設定を行い、吸引式攪拌機の必要数や、装置の配置条件などにあわせて設備構成を決定していく必要がある。導入計画を進めるにあたっての基本留意事項を述べる。

1) 粉末活性炭接触時間

粉末活性炭の接触時間は少なくとも20分以上とし処理効果を十分得るためには1時間程度が望ましい。必要な接触時間は原水水質、除去対象物質などによって異なるので、実験によって決定することが望ましいとされている。¹⁾

滞留時間が多くとれる活性炭接触池や沈砂池に注入し接触時間を確保することが望ましいが、実際には着水井を注入点として運用しているケースも多い。吸引式攪拌機を設置した場所の実績としては、着水井が約50%、沈砂池が約25%、活性炭接触池が20%、その他が約5%である。

2) 粉末活性炭注入率

注入率は、処理しようとしている水についてジャーテストなどで実験し、除去対象物質に対する処理効果を調べて決定する。通常使用されている注入率は、水質、除去対象物質の種類、濃度などによっても異なるが、異臭味除去の場合は10~30mg/L(ドライ換算値)、トリハロメタン前駆物質除去の場合は30~100mg/L(ドライ換算値)の範囲が多い。¹⁾

3) 粉末活性炭の注入量

粉末活性炭の注入量は、原水処理水量と注入率より決定され、注入量に応じて吸引式攪拌機の設置台数などの選定を行う。吸引式攪拌機1台あたりの吸引移送量は移送距離にもよるが、1.0kg-AC/minを標準としている。よって、注入量が多いケースでは吸引式攪拌

機を複数台で構成する場合もある。原水処理水量と注入率、及び注入量の関係を表1に示す。

4) 粉末活性炭の吸引移送距離

吸引式攪拌機による吸引移送可能距離は、水平方向で50m、垂直方向で20mを目安としている。この範囲においては、貯槽ユニットの設置位置は自由に配置が可能である。

5) 活性炭貯槽容量

活性炭貯槽容量の設定は、常時注入量、注入運転頻度などから必要貯蔵量を算定し、貯槽ユニットの設置スペースや活性炭の受入体制なども加味した上で、ローリー補充が可能な大型貯槽タイプ、又は、フレコンバッグからの人力投入が可能な小型ホッパーの何れかを選定する。

表2に使用頻度や使用目的などに応じて種別した各種型式をまとめる。

表2 型式選定表

型式	呼称	使用頻度	使用目的
FY型	フレコン投入小型ユニット型	・数年に1回 ・年に数回	水質事故対策 異臭味対策 トリハロメタン対策 農薬対策
FS型	フレコン投入車両搭載型	・年に数回	水質事故対策 異臭味対策 トリハロメタン対策 農薬対策
FT型	フレコン投入定位置型	・数年に1回 ・年に1ヵ月連続	水質事故対策 異臭味対策 トリハロメタン対策 農薬対策
S型	貯槽設置型	・年に1ヵ月連続 ・年に3ヵ月連続 ・年間通じて	異臭味対策 トリハロメタン対策 農薬対策

表1 活性炭注入量(移送量表)

水量 注入率	10,000m ³ /日	30,000m ³ /日	50,000m ³ /日
10 mg/L	0.07kg/min	0.22kg/min	0.37kg/min
30 mg/L	0.22kg/min	0.66kg/min	1.10kg/min
50 mg/L	0.37kg/min	1.10kg/min	1.83kg/min
100 mg/L	0.73kg/min	2.19kg/min	3.66kg/min

5. 実施例の紹介

吸引式攪拌機及び貯槽ユニットの設置例を写真とともに紹介する。

1) 吸引式攪拌機

写真5は、原水取水口を注入点とした事例であり、開水路に専用の鋼製架台を設けて設置したものである。

2) 貯槽ユニット

写真6は、大型貯槽ユニットの事例であり、吸引式

攪拌機を除く全ての機器を集約している。写真7は、フレコンバッグより活性炭を投入する小型ユニットの事例であり、吸引式攪拌機を除く全ての機器を同一の架台に搭載している。移動式のため、ユニット全体を

注入点近郊に設置することができる。

6. おわりに

近年、「安全でおいしい水」を供給することを目的として、粉末活性炭注入のニーズは、ますます増加するものと思われる。このような状況において、独自の機構を有するドライ粉末活性炭注入装置は、緊急対応性や安全性の向上へ寄与する、非常に有効な装置である。

この度の日本吸着学会技術賞の栄誉ある受賞を糧とし、今後もドライ粉末活性炭注入装置の更なる技術力向上を目指しながら、装置の普及と発展に努め、浄水場の安全な水づくりに貢献していく所存である。

[参考文献]

- 1) (社)日本水道協会 水道施設設計指針(2000)P.290, p.291.



猪狩 智
荏原エンジニアリングサービス株式会
社
上水技術グループ

- 1993年 旭川工業高等専門学校 工業化学課卒業
同年 荏原インフィルコ(株)入社
1994年 (株)荏原製作所
2006年 荏原環境エンジニアリング(株)
2009年 荏原エンジニアリングサービス(株)
現 在 同主任

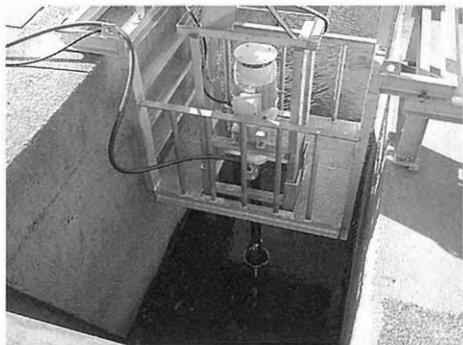


写真5 吸引式攪拌機 開水路設置例



写真6 大型貯槽ユニット 設置例



写真7 小型貯槽ユニット 設置例

国際吸着会議 (FOA10) のお知らせ

The 10th International Conference on Fundamentals of Adsorption (FOA10)

第10回国際吸着会議講演申し込みのご案内

主 催：日本吸着学会

共 催：International Adsorption Society

協賛 (順不同)：日本化学会，化学工学会，日本分析化学会，日本表面科学会，触媒学会，日本生物工学会，
日本膜学会，日本ゾルゲル学会，日本熱測定学会，ゼオライト学会，日本イオン交換学会，
炭素材料学会他

吸着分野最大の国際会議であるFOAが、2010年5月に、Westinリゾートホテルとコンプレックスを形成する淡路夢舞台国際会議場で開催されます。約30年の長い伝統である、吸着の基礎から応用までの全領域を対象とするプログラム構成に加えて、今回は、近年その開発がめざましい多孔性配位錯体などの結晶性ナノ多孔体にもスポットを当て、そのユニークな吸着挙動の理解と応用の深化を目指します。会員の皆様の奮っての講演申し込みをお願いいたします。会議の詳細、講演申し込みは下記ウェブサイトをご参照ください。

会 期：2010年5月23日(日)～28日(金)

Web：http://www.cheme.kyoto-u.ac.jp/foa10

会 場：淡路夢舞台国際会議場 (淡路市)

講演申込締切り (予定)：2009年9月15日(火)

問 合 先：京都大学大学院工学研究科化学工学専攻 宮原 稔

FAX：075-383-2652, E-mail：foa10@cheme.kyoto-u.ac.jp

関連学会のお知らせ

第62回コロイドおよび界面化学討論会

主催： 社団法人日本化学会コロイドおよび界面化学部会
会期： 平成21年9月17日(木)～19日(土)
場所： 岡山理科大学（岡山市北区理大町1-1）
内容： コロイド・界面化学に関する研究発表会

主たるイベント

[総合講演] 辻井薫氏（北大）、受賞講演 Martien Cohen Stuart 氏（Laboratory of Physical Chemistry and Colloid Chemistry Wageningen University）

[一般シンポジウム] ソフト界面の物性・構造科学の最前線Ⅱ、表界面緻細構造がおりなす新しい科学、界面デザインによるエンジニアリング、物質の吸着の応用と進展

[国際シンポジウム]

[一般研究発表]

懇親会： 平成21年9月18日(金) 夕刻より 岡山全日空ホテルにて開催

参加登録費： 部会員 8,000円、協賛会員 11,000円 一般 14,000円

懇親会費： 一般 8,000円 学生 4,000円

事前送本手数料： 1,000円

問合せ先： 〒101-8307 東京都千代田区神田駿河台1-5 TEL 03-3292-6163 / FAX 03-3292-6318
E-mail : 62colloid@chemistry.or.jp URL http://colloid.csj.jp/div_meeting/62th

編 集 委 員

委員長 黒田 泰重 (岡山大学)
委員 遠藤 明 (産業技術総合研究所) 清田 佳美 (日本原子力研究開発機構)
大久保貴広 (岡山大学) 中原 敏次 (栗田工業株式会社)
神田 英輝 (電力中央研究所) 向井 紳 (北海道大学)
児玉 昭雄 (金沢大学)

(五十音順)

Adsorption News Vol. 23 No. 3 (2009) 通巻 No. 90 2009年9月1日発行

事務局 〒770-8506 徳島市南常三島町 2-1 徳島大学工学部化学応用工学科内
Tel & Fax : 088-656-7429 E-mail : jsad@chem.tokushima-u.ac.jp

編集 大久保 貴広 (岡山大学)
Tel & Fax : 086-251-7843 E-mail : ohkubo@cc.okayama-u.ac.jp

ホームページ <http://www.j-ad.org/>

印刷 〒700-0942 岡山市南区豊成 3-18-7 広和印刷株式会社
Tel : 086-264-5888 Fax : 086-262-1525

General Secretary

THE JAPAN SOCIETY ON ADSORPTION (JSAd)
Department of Chemical Science and Technology, The University of Tokushima
2-1 Minamijosanjima-cho, Tokushima 770-8506 JAPAN
Tel & Fax : +81-88-656-7429 E-mail : jsad@chem.tokushima-u.ac.jp

Editorial Chairman

Professor Yasushige KURODA
Faculty of Science, Okayama University, 3-1-1 Tsushima-naka, Kita-ku,
Okayama 700-8530 JAPAN
Tel & Fax : +81-86-251-7844 E-mail: kuroda@cc.okayama-u.ac.jp

Editor

Takahiro OHKUBO, Okayama University
Tel & Fax : +81-86-251-7843 E-mail : ohkubo@cc.okayama-u.ac.jp

WWW of JSAd : <http://www.j-ad.org/>