

Adsorption News

Vol. 5, No. 1 (January 1991) 通巻 No. 15

目 次

巻頭言

開発科学と後処理科学.....鈴木 喬	2
第2回吸着討論会に参加して.....吉田 弘之	3
吸着シンポジウムの報告.....安部 郁夫	4

Tea Break

PSA談義 鈴木謙一郎	5
研究ハイライト	
吸着性指標AIとその利用 安部 郁夫	6

技術ハイライト

溶剤回収装置の最近の動向.....峯元 雅樹	10
------------------------	----

会員紹介

二村化学工業株式会社.....	13
-----------------	----

海外レポート1

Ralph Iler Memorial Symposium on the Colloidal Chemistry of Silicaに参加して	神鳥 和彦 14
--	----------

海外レポート2

「第2回日韓合同分離技術シンポジウム」に参加して	泉 順 17
-----------------------------------	--------

研究紹介.....	18
-----------	----

会 告.....	20
----------	----

日 本 吸 着 学 会

The Japan Society on Adsorption

巻 頭 言

開発科学と後処理科学

鈴木 喬



先日、テレビで日本の昭和30年代の高度成長時代にドブ川と化した隅田川の水質が、50年代には急速に良くなったがその後は伸び悩んで今日に至っていると報じていた。まさにその通りで昭和45年の公害国会に代表されるように環境問題に対する世論の高まりは昭和40年代にピークになり、それなりの対策もなされたのであるがその後中だるみになっていたのが実状である。ところが昨今、特に平成時代になって海洋汚染、地球温暖化等の地球規模での環境悪化が顕在化するにつれ環境問題はもはや人類の存亡にかかわる大問題として、中だるみなどと悠長に構えてはいられなくなってきた。しかし、環境問題は人間の生存あるいは生活活動そのものが自然を破壊し、環境を悪化させる原因となっているのでその本質的な解決はきわめてむずかしく、事実IPCC（気候変動に関する政府間パネル）の全体会議でも地球温暖化の元凶とされるCO₂の削減目標は先送りとなっている。真の解決策はむずかしいのであろうか？。そんな事はないように筆者には思える。後処理科学の発想である。そもそも人間はご飯は喜んで食べるが茶碗を洗うのは嫌がるの例のように後始末を本性的に嫌う傾向がある。したがって科学研究の分野においても開発研究には喜んで取り組んできたが後処理研究は成果を評価してもらえないとか、儲からないとかと何か理由をつけては敬遠してきたのである。そこで先ず開発科学ではなく後処理科学こそ人間の生存自体を追求する真の科学であると全員で意識的に認識を逆転してみるのである。そうすれば後は非常に楽になる。例えば筆者に関係のある後処理科学の一分野である水処理剤の化学について考えてみよう。筆者は従来からヒドロキシアパタイト〔Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂〕、トバモライト〔Ca₅Si₆H₂O₁₈・4H₂O〕等の種々の新しい無機系イオン交換体を合成し、それらの水中におけるイオン交換特性を検討している。その結果、特にヒドロキシアパタイトはPb²⁺イオンを選択的にイオン交換除去することを見出している。すなわち、ヒドロキシアパタイトは水中の有害イオンであるPb²⁺の除去剤として十分活用可能で、まさに水後処理剤として有望である。あとはこのヒドロキシアパタイトを認識を逆転させた後処理科学の立場から研究しさえすればよいわけで何もむずかしいことはないのである。賢明な本 Adsorption News の読者諸氏はすでに気付かれたと思うが、従来の

開発科学で追求していた研究対象、手法はそのままそっくり後処理科学に活用可能なのである。日本は米国の経済誌フォーチュンによれば半導体、コンピューター等のハイテク産業分野での占有率が10年後には世界一になる、すなわち世界最強の工業開発国になると予想されている位に開発科学の先進国である。その優れた開発科学の手法を後処理科学に生かしさえすれば良いのである。ただ厳に注意しなければならないことがある。今話題のフロンのように確かに機能性は高いがオゾン層なる自然環境を破壊するような合成品は後処理科学製品として当然失格にすべきである。したがって水後処理剤についても人間を含めた環境を破壊しない、環境にやさしい処理剤が後処理科学の世界では合格となる。幸いヒドロキシアパタイトは一種のリン酸カルシウム塩であり、自然の土壌成分と親類なので自然になじんでおり、自然を破壊しないので後処理科学製品として合格である。このように後処理科学製品は厳に環境にやさしくしなければならないが、そのためには従来から自然界に存在していた「もの」、あるいはそれらと類似の「もの」の中に気付かれずに秘められていたすばらしい特性を見出し、活用することである。すなわち、真の後処理科学製品とは自然流の製品であり懸命に知恵をしぼって無理をしてつくった自然と調和しない開発科学的製品ではないのである。

長々と述べてきたが、要するに先ずは後処理科学に開発科学と同様に喜んで（嫌わない）、熱心に取り組まさえすればよいのである。このような熱心な取り組みを持続して行くと、実は従来の開発科学と称していたものは前処理科学にすぎず、したがって後処理科学があって初めて完全であることに気付く筈だからである。吸着・イオン交換の分野は後処理科学の主役になり得る特性を有しているので日本吸着学会に期待するところきわめて大である。

鈴木 喬 山梨大学工学部化学生物工学科教授
Adsorption News 編集委員長

昭和43年3月 東京大学大学院工学系研究科博士課程終了、工学博士

〃 43年4月 山梨大学工学部応用化学科講師

〃 43年11月 〃 助教授

〃 56年4月 〃 教授

趣味：スポーツ、特に野球

第2回吸着討論会に参加して

大阪府立大学 吉田 弘之

8月17日(金)、第2回吸着討論会が公立学校共済京都堀川会館において開催された。参加者数は前回の38名を大幅に上回る62名で、午前10時から午後5時まで、熱のこもった講演と非常に活発な質疑応答が行われ、大盛会であった。

講演は、①「量子化学的手法に基づく吸着剤と吸着質の相互作用の検討」(田門肇氏、京都大学)、②「CVD法によるzeoliteのミクロ孔入口径の調整」(丹波幹氏、名古屋大学)、③「宇宙ステーション内の空気再生システム」(峯元雅樹氏、三菱重工業㈱高砂研究所)、④「酸化チタン顔料のアンモニア吸着法による酸性度の評価と塗料中での分散挙動」(影山洋行・小林敏勝氏、日本ペイント㈱中央研究所)の4件で、講演時間は各1時間半と、演者にとっても聞くほうにとっても、ちょうど良い長さであったように思う。

①の講演では、現在経験に基づいている場合が多い吸着剤の設計に、ある程度の体系化を加えようとする最近の田門先生の研究成果を、1)分子間相互作用の概説、2)気相吸着における相互作用、3)液相吸着における相互作用、4)金属添着活性炭の設計、5)有機化合物と金属イオンの安定度定数、の5つのセクションに分けて分かり易く説明された。吸着剤を設計する場合、細孔構造のコントロール以外に、吸着剤表面の化学的性質を目的とする吸着質に適するように、うまくコントロールすることが重要である。そのために、吸着剤表面と吸着質との相互作用を理解する必要があるが、田門先生は、この相互作用を量子化学的手法(分子軌道法)を用いて体系化することを試みられている。まず、既存の吸着剤(活性炭、グラファイト、シリカゲル、多孔性ガラス、活性アルミナ、スチレン・ジビニルベンゼン系吸着剤)と種々の吸着質との平衡関係の実測値をフロンティア軌道理論から計算した相互作用エネルギーに対してプロットすると一つの体系化が得られること、またこのプロットから、平衡関係の吸脱着の履歴が起こるかどうかとも予測出来ることを示された。即ち、量子化学的手法(分子軌道法)によって求めた相互作用エネルギーが吸脱着の特性を表す指標となる可能性があるという結論を導き出されている。さらに、この理論が、新しい吸着剤の設計に適用できるかどうかを明らかにするため、表面処理(酸化処理)活性炭および金属添着活性炭について検討し、酸化処理

活性炭では、未処理活性炭に比べ液相吸着量が小さくなることが予測できること、金属添着活性炭では、どのような金属ハロゲン化合物を添着すればよいかが判断できるという極めて興味深い結果を示された。今後さらに体系化を進められ、吸着剤の設計に汎用的な指標を作っていかれることを期待しています。

②の講演では、CVD(化学的気相蒸着)法によりゼオライトのミクロ孔入口径を精密制御し、ゼオライトの持つ分子篩機能をさらに高めようとする新しい試みを紹介された。ゼオライトの孔径は結晶構造によってステップ的に異なり、中間の孔径は存在しない。丹羽先生は、テトラメトキシシラン($\text{Si}(\text{OCH}_3)_4$ 、以下TMSと略)をCVD法によりゼオライト表面に固定化させ、ミクロ孔径の精密制御を行った。本法の大きな特徴は、1)TMSは分子径約9Åでゼオライトの孔には入らない、2)ゼオライト表面のヒドロキシル基はTMSと良く反応する、3)TMSはゼオライト表面で重合により大きくなる、4)シリカの上に同じシリカを乗せるため、分解などが起こらない、等で、非常にうまく考えられたと感心した。このようにして作ったゼオライトが未処理のゼオライトとどのように違うかを、触媒反応と吸着分離について多数の実験例を基に説明された。触媒反応では反応物のみならず生成物についても形状選択性があらわれるという面白い結果が示された。例えば、未処理の3型モルデナイトでは、3メチルペンタン(5.5Å)とイソオクタン(6.2Å)の両者が反応するが、TMSを0.8wt%蒸着すると、ほとんど3メチルペンタンのみが反応に関与する。また生成物もTMSの蒸着量の増加に伴い、n-ブタンが増加し、iso-ブタンが減少する。吸着分離では、TMSを蒸着することにより、平衡吸着量はほとんど変わらないが、孔径に近い大きさの分子の吸着速度をかなり遅くすることができるため、吸着速度の差を利用した高度な分離が可能になることを、(水、ヘキサン、p-キシレン)および(酸素、窒素)の分離を例に示された。本法は、簡便でしかも精度の高い孔径制御が可能であるため、今後ゼオライトの触媒、分離への応用範囲を広げるために利用されていくものと思われる。

③の講演では、宇宙ステーション内での空気再生システムとして、炭酸ガスの吸着除去と、脱着した高濃度の炭酸ガスからの酸素の生成の話を中心に、宇宙ステーションがどういうものかということまで説明され、非常に興味深かった。宇宙ステーションは、内容量約120m³で、その中で1~2名が生活する。炭酸ガスは1人1kg/day排出する。室内の炭酸ガスの濃度は1000ppm以下に保持する必要があるため、数カ月~年単位で再生可能な

炭酸ガスの吸着分離システムの開発が必要である。峯元氏は、固体アミン（アミノ基を持つイオン交換樹脂）を内径24cm高さ20cmのカラムに充填し、2 kg/dayの炭酸ガス回収システムを完成させている。吸着過程では炭酸ガスと水蒸気の同時吸着となるが、お互いに独立して吸着するとのことであった。脱着は加熱水蒸気でいい、得られた高濃度の炭酸ガスを高純度の鉄線を触媒としてボッシュ反応（ $\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{C} + \text{H}_2\text{O}$ ）により還元する。炭酸ガスは、最終的に炭素と水蒸気になるが、水蒸気はさらにチューブ式固体電解質により酸素と水素に分解される。酸素は室内に戻され、水素はボッシュ反応に使用される。峯元氏は、以上のシステムを実験的に実証するとともに、物質移動過程の解析から、エネルギーコストのシミュレーションに至るまで詳細な理論的検討も行い、あらゆる場合を想定したシステムの最適化を行っておられた。なお、人間が出す有毒ガスは、活性炭吸着と触媒酸化分解反応により処理されていた。宇宙ステーションは、今世紀中に、日本1、アメリカ2、ヨーロッパ1の計4つを打ち上げドッキングし、ステーション内で研究者が色々な実験を始めることになっているそうです。峯元氏らの研究の成功を心から祈りたいと思います。

④の講演では、酸化チタン顔料の塗料中での分散挙動を明らかにするため、顔料の酸性度及び塩基性度の評価方法についての研究成果を発表された。酸化チタンは車や建物の白色塗料の顔料として広く使われている。このような塗料を塗装して美しい光沢を出すためには顔料を溶剤中に高濃度でかつ安定に分散させ、しかもその塗料の流動性が良くなければならない。そのために、顔料と樹脂を酸・塩基の相互作用により結合させ、それを溶剤中に分散させるという方法がとられている。即ち、酸性顔料は塩基性樹脂でうまく分散し、逆に塩基性顔料は酸性樹脂で良く溶剤中に分散する。このような観点から、顔料の酸性度あるいは塩基性度の評価が重要となってくるが、演者らは、塩基性ガスあるいは酸性ガスの顔料に対する吸着等温線を測定することにより、それらを簡便に評価出来ることを見いだされている。即ち、酸化チタンが強い固体酸性を示すことから、アンモニア吸着法により、酸性度を決定された。また、酸化チタン、アルミナ、二酸化ケイソおよび酸化ジルコニウムの組成の異なる数種の混合物については、それらの酸性度および塩基性を、それぞれアンモニア吸着法および炭酸ガス吸着法により決定し、上記いずれのサンプルも、酸性度のほうが塩基性度より強いことを明らかにされている。そこで、これらの顔料と酸性樹脂、中性樹脂および塩基性樹

脂を混合し、溶剤中での分散状態を調べたところ、一部を除き、塩基性樹脂のほうが顔料の分散が良く、光沢も優れていることが分かった。これらの結果から、アンモニアガス吸着法および炭酸ガス吸着法による酸性度および塩基性度の測定は簡便で精度が良く、顔料の塗料中での分散をコントロールする指標が得られるとのことであった。

討論会終了後、45名の方々や同会館内で開かれた懇親会に参加され、討論会でやり残した議論をさらに深めたり、吸着の色々な話に花を咲かせておられた。参加者の大部分は、明日の第1回吸着シンポジウムに出席するため、同会館に宿泊されていたので、懇親会終了後、京都のあちこちに出かけ、あるいは会館内で、深夜まで仕上げて励まれていた。

吉田 弘之：大阪府立大学工学部

吸着シンポジウムの報告

8月18日（土）に前日の吸着討論会に引き続き、同じ会場にて吸着シンポジウムが開催された。シンポジウムは毎年11月の研究発表会の第2日目の午前に行われているが、夏の討論会の時にもまる一日の時間をかけて行われることになった。本シンポジウムのテーマとして吸着に携わっている者にとって関心が高いと思われる『表面積・細孔分布測定法の総合的検討』が選ばれた。出席者は103名にもなり、やはりこの問題に対する関心の高さが伺われた。

最初の講演は大阪教育大学の石川達雄先生により「固体表面の吸着現象」と題して、本シンポジウムのイントロダクションがなされた。予定では福井工業大学の近藤精一先生にお願いすることになっていたが、急病のため直前に石川先生に代理をお願いしたにもかかわらず、全般を通じて分かりやすくまとめていただき、とくに表面積や細孔分布測定の重要性和問題点を指摘していただいた。

次に日本ベル株式会社の仲井和之氏に「表面積・細孔分布の測定法と計算」と題して、実際に装置を製造、販売されている経験を交えて、測定法や計算法の問題点が指摘された。マイクロ孔の発達した吸着剤のキャラクタリゼーションにBETプロット、 t -プロット、 α_s -プロット、Langmuirプロットなどの適合性に関して熱心な

討論がなされた。

次に関西学院大学の直野博光先生に「水蒸気・窒素吸着等温線による微粒子表面・細孔構造の評価」と題して、自作の吸着装置で測定された精密な吸着データを用いて細孔構造評価法について話された。とくに水蒸気の吸着等温線の測定において、水蒸気の装置への吸着の補正の重要性を指摘され、タンパク質の構造解析への応用および吸着質として窒素と水蒸気の差にも言及された。

それから、本シンポジウムの特徴でもあるが、表面積や細孔分布の測定装置メーカーによって、それぞれの代表的な製品の紹介をしていただいた。講演していただいたのは株式会社島津製作所の鷲尾一裕氏、湯浅アイオニクス株式会社の尾野哲夫氏、Carlo Erba StrumentazioneのP. Italiano氏であった。25分という短い時間であったが、それぞれ資料を用意されての密度の濃い話であった。

最後に私が「共通試料による表面積の共同測定結果」と題して、活性炭試料を用いた窒素ガス吸着による表面積測定の共同測定の結果を報告した。この測定は活性炭技術研究会で行われたものであるが、非常に興味ある結果であるのでこのシンポジウムでも報告されることになった。表面積と細孔分布の異なる3種の活性炭について、一定の前処理の後、液体窒素温度で窒素の吸着量が測定されたが、装置によってかなり大きなバラツキが見られた。しかし各装置ごとに装置係数を決定してやれば、この装置で得られる測定値をこの係数で補正すれば常に正しい吸着量が得られることがわかった。

すべての講演が終わった後、総括討論としてとくに共同測定の結果について討論された。測定値のバラツキの原因が何によるものであるのかいろいろ議論された。触媒学会でも同様の検討がなされていることがわかり、この取りまとめをされている三菱化成株式会社の牛窪孝氏が出席されていたので概要を説明していただいた。

出席者の多くの方は今後表面積や細孔分布の測定法の確立に向けて吸着学会として継続的にこのような企画を進めていくことを希望していることがわかった。

安部 郁夫：大阪市立工業研究所



Tea Break

PSA談義

吸着装置を主に商売にしてきたわけだがPSA程もうからない商品もない。 H_2 -PSA、 N_2 -PSA、 O_2 -PSAなどはまだしも、圧縮空気のPSA除湿装置に至ってはお話にならない。

これは、米国エッソ社の基本特許切れにより、2搭式PSA装置が誰でも作れることに基因する。

減圧して出口空気の一部をバージするだけでOKなので何の技術もいらない。差別化策として3塔、4塔として収率を高める手はあるが、酸素や窒素などのガスに比して空気の負荷価値は低く回収率が向上しても採算がとれない。タイマ、電磁弁の組合せにすぎない単純かつ、安価な商品は特許でもなければ商売にならないのである。いわゆる、家電メーカーが作り出す大量生産方式が望ましい。

一方、医療用として販売されている O_2 -PSA装置がある。肺疾患治療や健康産業に売れている。このような商品は家電化が可能だ。

PSAの急速な進出も多少陰りをみせている昨今、我々は加熱再生法の利点を最大限発揮しうる省エネ型のドライヤーの開発と特許取得に成功した。これは従来の加熱再生法の1/3の省エネ効果があり、PSA法に比して1/5～1/10の省エネ性がある（圧縮空気は高い）。今後は、PSA法は比較的小型のドライヤーに使用目的をしぼり、大型のドライヤーは加熱再生法を主に販売を行っていく実的な市場を作り上げていくべきだと考えている。

最近PTS（Pressure and Thermal Swing）の方向については、吸着層を特殊ヒーターで加熱しバージ空気を大巾に節減した除湿装置が英国から発売された。サッチャー政権のもとでデザイン賞を受けた本装置は、世界的に販売を展開しており、急速に実績をのばしてきている。我々もそろそろ国際市場で堂々と勝負できる省エネ型のPSA除湿装置の開発にとりかからねばならないと考えている。

鈴木謙一郎

丸谷化工機(株)

昭和39年 横浜国立大学工学部応用化学科卒業

東京大学生産技術研究所河添研究室研究生

専攻 化学工学

現在 丸谷化工機(株)研究開発部

研究ハイライト

吸着生指標AIとその利用

大阪市立工業研究所 安部 郁夫

1. はじめに

活性炭は環境浄化のための吸着剤として欠くことのできないものになってきている。ケミカルアブストラクトによるとこの雑誌に登録されている化合物の数は数百万以上にもなり、さらにかんりのペースで増え続けている。このなかには有害物質も少なくなく、環境中に放出されているものも多い。ところが、ほとんどの化合物について活性炭に対する吸着データは存在しないし、また、すべての化合物について吸着量を測定することは不可能である。そこで吸着量の推算が必要になってくる。演者らは有機化合物の吸着等温線の推算法に関する一連の研究において、化合物の化学構造と吸着性の関係を明らかにし、種々の物性定数を用いて吸着等温線を推算できることを示している¹⁻⁷⁾。

2. Freundlich式

活性炭に対する有機化合物の水溶液からの吸着等温線は次式のFreundlich式によく適合する⁸⁾。

$$\log X = \log K + (1/N) \log C \quad (1)$$

ここでXは活性炭単位重量当たりの吸着量 (mg/g)、Cは溶質平衡濃度 (mg/L)、Kと1/Nは吸着定数である。一般に水溶液からの吸着の場合、ほとんどの活性炭と有機化合物の系について吸着定数Kと1/Nの間には次式のような関係が成立する^{9,10)}。

$$1/N = -0.186 \log K + 0.572 \quad (2)$$

ただしグリシンのように強い親水性を示し、かつ疎水基が非常に小さな化合物はこの関係から外れる傾向がある。

(1)、(2)式より次式が成立するため、Kのみで吸着等温線を表わすことができる。

$$\log K = (\log X - 0.572 \log C) / (1 - 0.186 \log C) \quad (3)$$

したがってこのK値を推算できれば吸着等温線も推算できることになる。

3. 吸着性指標AI^{11,12)}

液相における活性炭に対する種々の有機化合物の吸着等温線を推算するための理論的な取扱いがいくつかなされているが、いずれも化合物の溶解度やモル容積、密度、分極率、屈折率などの物性定数が既知でなければ用いることができない。そこで既存の物性定数の代わりに実験的に吸着性指標 (AI) なるものを決定し、このAI値を用いて推算するのが便利である。

AI値は次式のようにAとIとから成る。

$$AI = \Sigma A + \Sigma I \quad (4)$$

Aは分子中に含まれる原子や官能基の吸着性を増加させ

表1 吸着性指標AI値

A 値		I 値	
C	0.26	脂肪族化合物	
H	0.12	-OH (アルコール)	-0.53
N	0.26	-O- (エーテル)	-0.36
O	0.17	-CHO (アルデヒド)	-0.25
S	0.54	N (アミン)	-0.58
Cl	0.59	-COOR (エステル)	-0.28
Br	0.86	>C=O (ケトン)	-0.30
		-COOH (脂肪酸)	-0.03
A 値 の 補 正 値			
NO ₂	0.21	芳香族化合物	
-C=C-	0.19	-OH、-O-、N、C=O	0
Iso	-0.12	-COOH、-COOR	0
Tert	-0.32		
Cyclo	-0.28	α-アミノ酸	-1.55

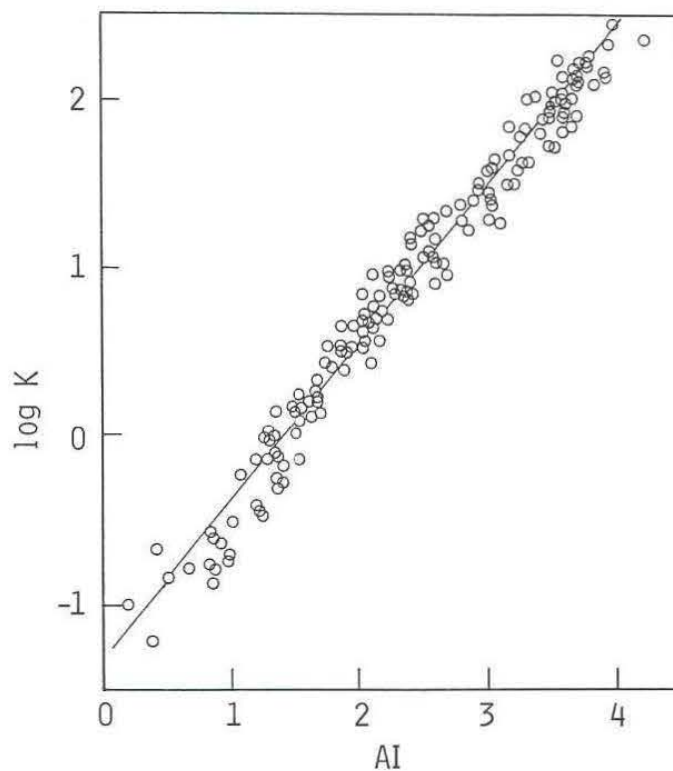


図1 Freundlich吸着定数KとAIの関係

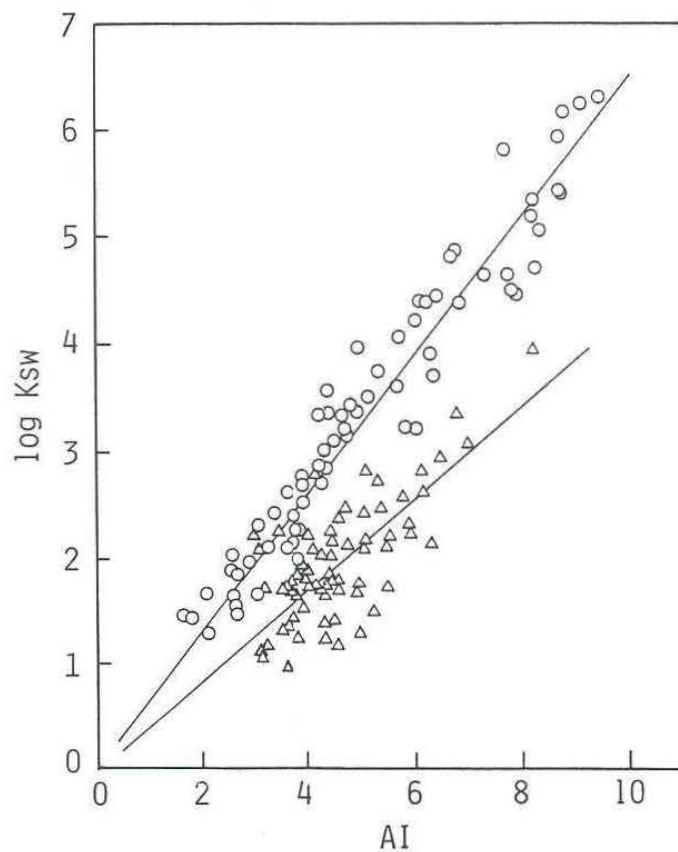


図2 有機化合物の土壌への収着係数 (K_{sw}) とAIの関係

○：疎水性化合物
△：親水性化合物

る要因を表し、I は吸着性を低下させる要因を表す。分子のAIを求めるには、その分子を構成する原子や官能基のA値とI値の和を計算すればよい。表1にA値、I値を示す。たとえばイソブチルアルコールのAI値は次のように求められる。

$$\Sigma A = 0.26 \times 4 + 0.12 \times 10 + 0.17 - 0.12 = 2.29$$

$$\Sigma I = -0.53$$

$$AI = \Sigma A + \Sigma I = 2.29 - 0.53 = 1.76$$

157の有機化合物について求めたAI値とlogKとの関係を図1に示す。両者の相関関係は次式に示すように非常に高く、AI値によって多くの有機化合物のK値を精度良く表すことができる。

$$\log K = 0.932 AI - 1.35 \quad (5)$$

$$(r = 0.986, s = 0.153)$$

表1のA、I値は他の活性炭に対しても適用できることが確かめられている。

ある活性炭について数種の化合物の吸着量の測定により次式のa、bを

$$\log K = aAI + b \quad (6)$$

決定しておけば他の多くの化合物のK値はAIから計算

のみで求めることができる。したがって(3)式を利用すれば吸着等温線も推算できる。

4. AI値の応用

AI値は活性炭のような疎水性な吸着剤への吸着性を推算するのに適した指標であるため、疎水性効果が働いている他の系にも応用ができる。図2は種々の有機化合物の土壌への収着係数(K_{sw})¹³⁾とAIとの関係を示したものである。疎水性物質に対しては高い相関を示しているが、これは土壌中の疎水性有機質への収着が重要な働きをしているためと考えられる。親水性物質の直線の傾きは疎水性物質の直線の傾きよりも小さくなっているが、これは吸着以外に分配の作用も加わったためである。

さらにAIは疎水性物質のオクタノール/水分配係数、水への溶解度、ハロゲン化合物などの魚類への生物濃縮などとの相関にも利用できる。

図3は局所麻酔薬の作用強度^{14,15)}との相関を表している。作用強度としてカエルの筋肉の神経を伝達する刺激を遮断するのに必要な最小麻酔薬濃度 (minimun nerve-blocking concentration, MBC)をとっている。

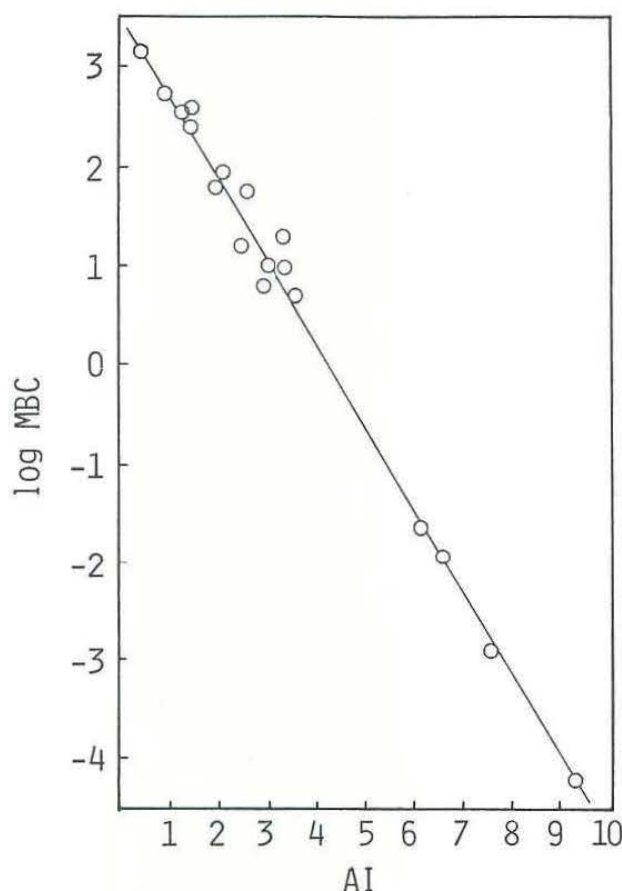


図3 局所麻酔薬の作用強度とAIの関係

活性炭への吸着力の大きい化合物ほど麻酔作用が強いことがわかる。

5. おわりに

活性炭への有機化合物の水溶液からの吸着等温線がAIを用いることによって実際に測定しなくても簡単に推算できることがわかる。しかし表1のA、I値のみでは推算可能な化合物の種類は限られており、今後新たな元素や官能基のA、I値を決定し、適用範囲の拡大を図らなくてはならない。AIの他の分野への利用としては、麻酔薬への適用に見られるように、ドラッグデザインのためのパラメータとして、従来用いられているオクタノール／水分配係数に無い新しい可能性が開かれるものと期待している。

文 献

- 1) I. Abe, K. Hayashi, M. Kitagawa, and T. Urahata, Bull. Chem. Soc. Jpn., **53**, 1199 (1980).
- 2) I. Abe, K. Hayashi, and M. Kitagawa, *ibid*, **54**, 2819, 3857(1981); **55**, 687(1982); **56**, 1002 (1983).
- 3) I. Abe, K. Hayashi, T. Hirashima, M. Kitagawa, and N. Kuroki, J. Colloid Interface Sci., **93**, 572(1983).
- 4) I. Abe, K. Hayashi, T. Hirashima and M. Kitagawa, *ibid*, **94**, 201, 577(1983); **99**, 588 (1984).
- 5) I. Abe, K. Hayashi, and M. Kitagawa, Carbon, **21**, 189(1983).
- 6) I. Abe, K. Hayashi, T. Hirashima, H. Tatsumoto and M. Kitagawa, Water Research, **19**, 1191 (1985).
- 7) I. Abe, H. Tatsumoto, N. Ikuta and T. Hirashima, Chem. Express, **2**, 197(1987).
- 8) 安部郁夫、立本英機、幾田信生、平嶋恒亮、科学と工業、**63**、96 (1989).
- 9) I. Abe, K. Hayashi, T. Hirashima, and M. Kitagawa, J. Am. Chem. Soc., **104**, 6452 (1982).
- 10) I. Abe, K. Hayashi, T. Hirashima and M. Kitagawa, Colloids and Surfaces, **8**, 315(1984).
- 11) 安部郁夫、立本英機、平嶋恒亮、水質汚濁研究、**9**、153 (1986).
- 12) I. Abe, N. Ikuta and H. Tatsumoto, International Association on Water Pollution Research and Control, 15th Biennial international Conference (Kyoto), August 1, 1990
- 13) A. Sabljic, Environ. Sci. Technol., **21**, 358 (1987).
- 14) I. Abe, H. Kamaya, and I. Ueda, J. Pharm. Sci., **77**, 166(1988); **79**, 354(1990).



安部 郁夫

大阪市立工業研究所

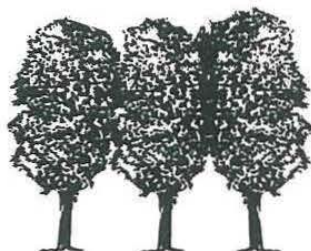
吸着化学研究室 研究主任

工学博士

1973年 大阪府立大学大学院工学研究コース修士課程修了

大阪市立工業研究所入所

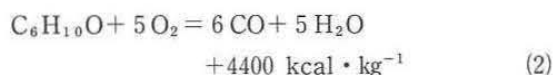
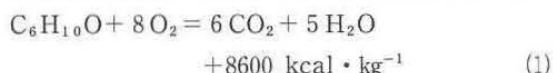
現在にいたる



溶剤回収装置の最近の動向

三菱重工業(株) 峯元 雅樹

活性炭を用いた溶剤回収装置は工場などから排出される数千ppmの溶剤を吸着させ、これが飽和に到達したら水蒸気により脱着させた後、冷却・凝縮させて回収するプロセスを中心に構成されている。このような溶剤回収装置は各種有機溶剤を使用する工場に数多く導入されており、かつ比較的順調に稼働していることから一応完成した技術として評価されがちである。しかし吸着という特殊な機能を持つ活性炭の表面での現象をミクロ的に考えると決してその本質が解明されているとはいえない、基本に戻った追求が必要と考えられる。中でも磁気テープ製造工程等を使用されるシクロヘキサノン（以下アノンと略す）は、従来使用されてきたエチルメチルケトンやイソブチルメチルケトンに比べて活性炭の触媒作用により吸・脱着時に酸化・分解あるいは重・縮合の反応を起こしやすく、その反応熱および反応生成物に起因するトラブルが発生し、根本的な対策が必要とされている。特に高濃度のアノンを含む空気を処理する場合には、(1)および(2)式に示すようにCO₂およびCOへの酸化反応により、活性炭の発熱・着火トラブルが発生しやすい。



また、アノンが重・縮合して生成する多種多様の化合物は活性炭内に蓄積し、これを劣化させる原因となる。すなわち、アノンを含む空気を処理する場合には、このような反応を極力おさえ、着火トラブルの可能性および性能劣化を低下させ得るような活性炭を使用する必要がある。そのためには活性炭の触媒性および細孔構造などの特性を十分把握する必要がある。

1. 活性炭の着火

アノンは前述の通り大きな反応熱を伴いながら酸化されてCOあるいはCO₂になる。しかし、その酸化速度は活性炭の性状に影響され着火の可能性はかなり異なる。更に、CO₂およびCOへの酸化速度は活性炭に残留するアノン量に比例しており、これを少なくするために脱着性の良い比較的マクロポアに富んだものが好ましい。ここでは代表例として以下の5種類の活性炭について、検討結果を紹介する。この中で、活性炭AおよびBは通常マクロポア炭と呼ばれアノン回収用として特に開発された半径10Å以上の細孔に富み、アノンの分解作用の低いとされているものである。一方、活性炭CおよびDはミクロポア炭と呼ばれ通常の溶剤回収に使用されている半径10Å以下の細孔に富んだものである。更に、活性炭Eは脱硫用として開発された触媒性が高いとされているものである。

実機に供した活性炭AとCについてアノン残留量の経

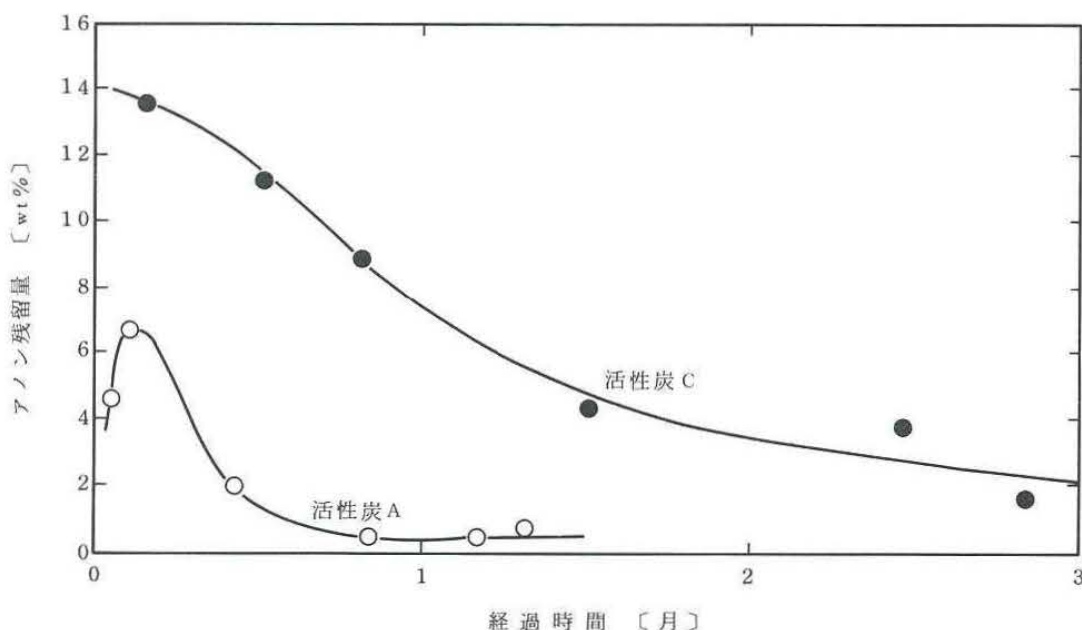


図1 実機に供した活性炭内のアノン残留量の経時変化

表1 活性炭着火の可能性

活 性 炭 種 類	温 度 [°C]	O ₂ 濃 度							
		21 [%]				2 [%]			
		ア ノ ン 残 留 量 [wt%]							
		15	10	5	2	15	10	5	2
A	30	○	○	○	○	○	○	○	○
	50	○	○	○	○	○	○	○	○
	70	×	×	×	○	○	○	○	○
B	30	○	○	○	○	○	○	○	○
	50	○	○	○	○	○	○	○	○
	70	×	○	○	○	○	○	○	○
C	30	×	×	○	○	○	○	○	○
	50	×	×	×	×	○	○	○	○
	70	×	×	×	×	×	×	○	○
D	30	○	○	○	○	○	○	○	○
	50	×	○	○	○	○	○	○	○
	70	×	×	○	○	○	○	○	○
E	30	×	×	×	○	○	○	○	○
	50	×	×	×	×	×	×	○	○
	70	×	×	×	×	×	×	×	○

×：着火、○：着火せず

時変化を図1に示す。ここに示すように、活性炭Aの場合、アノン残留量は最大6～7wt%程度であるが、活性炭Cの場合、最大14wt%程度である。これは活性炭の細孔構造に起因する脱着性の差によるもので、マクロポアに富んだものがアノン残留量が少ないことがわかる。

また、(3)および(4)式に基づいて着火の可能性が高いプラント停止時における活性炭層の昇温状況のシミュレーション計算を行い各活性炭が100hの間に着火する可能性の有無を表1にまとめた。

$$-dq/dt = k_A \cdot q \cdot X \cdot \exp(-E_A/R \cdot T) + k_B \cdot q \cdot X \cdot \exp(-E_B/R \cdot T) \quad (3)$$

$$(q \cdot C_{PS} + C_P) \cdot dT/dt = k_A \cdot q \cdot X \cdot \exp(-E_A/R \cdot T) \cdot Q_A + k_B \cdot q \cdot X \cdot \exp(-E_B/R \cdot T) \cdot Q_B \quad (4)$$

ここで、qは活性炭内に残留するアノン量、Tは活性炭層温度、Xはガス中のO₂濃度、Rは気体定数、C_{PS}、C_Pはそれぞれ残留アノンおよび活性炭の比熱、k_A、k_B、E_A、E_BはそれぞれCOおよびO₂への反応速度定数および活性化エネルギー、またtは経過時間である。

この計算結果によると、アノン回収用として開発された活性炭は発熱着火の可能性が極めて低いことがわかる。

2. 活性炭の劣化

アノンは活性炭内で酸化・分解されるだけでなく、重縮合して1・2シクロヘキサジオンあるいは2・1シクロヘキセニルシクロヘキサノンなど多様な高沸点の難脱着性物質が生成する。これらは細孔内に蓄積し、活性炭を劣化させる原因になっている。実機に供した活性炭の劣化状況は図2に示すように層下部すなわちガス流れの上流側から徐々に進行し層上部に移行していく。この図は活性炭の種類による劣化状況の差を示す一例である。いずれの活性炭も酸洗により触媒性の原因となる灰分を少なくしたものであるが、(a)はアノンの脱着性を良くしたマクロポア炭を下層に敷いた場合であり、(b)は通常のミクロポア炭だけを充填した場合である。マクロポア炭とミクロポア炭を組み合わせた場合は層上部へ劣化の進行が低減される傾向にあるが、ミクロポア炭のみを充填した場合は層上部の劣化が早くから始まり、同時に排気への溶剤のリーク量も多くなる。これは活性炭の吸着力よりもむしろ脱着性に起因するものと推定される。すなわちマクロポア炭の場合はアノン残留量が少なく、その劣化が低減されたものである。活性炭の脱着性は前述の活性炭の着火のみならず劣化にも重要な影響を及ぼしている。

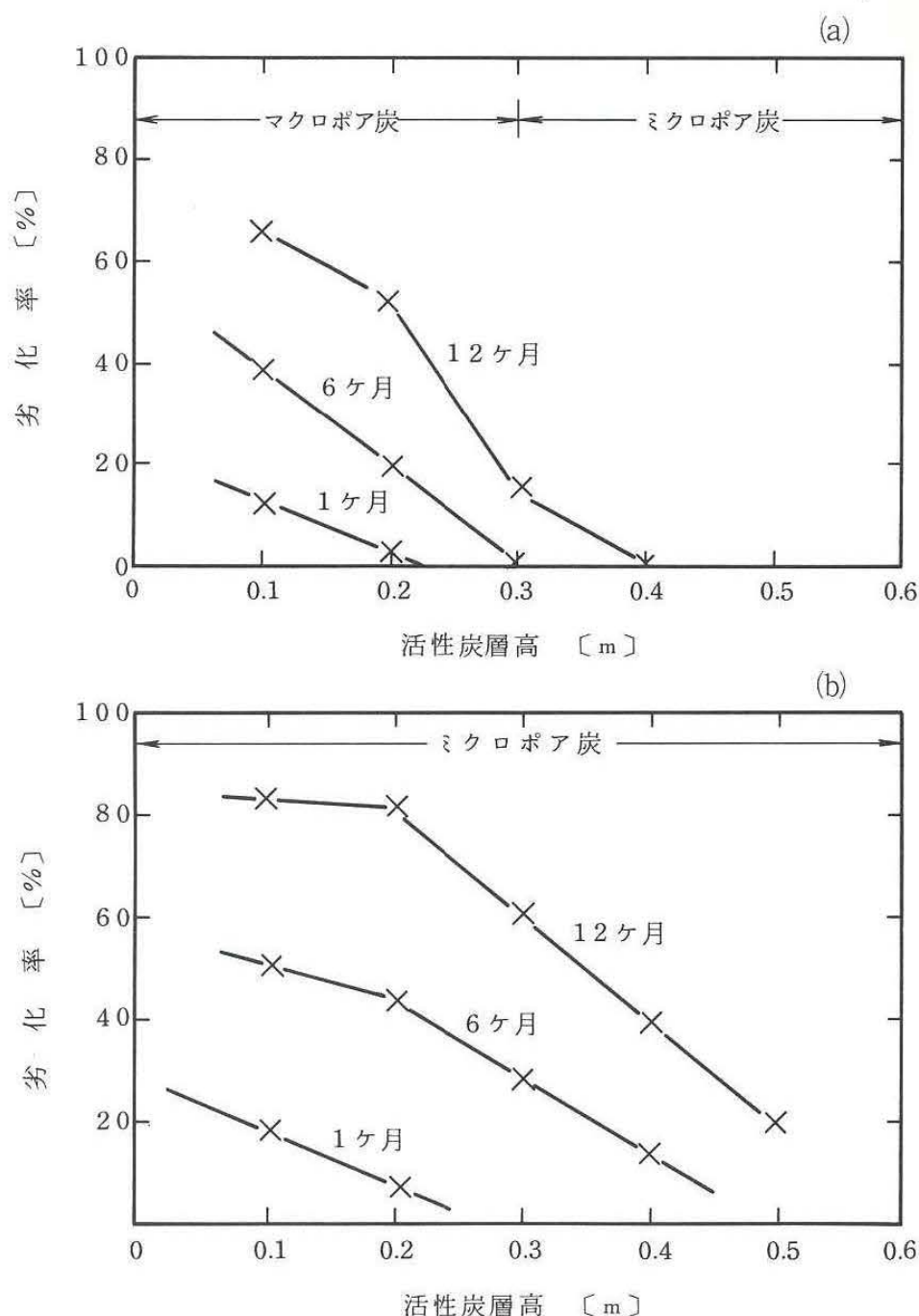


図2 実機に供した活性炭の劣化状況

3. 活性炭の劣化および着火トラブルの防止方法

アノン含有量空気を処理する場合に活性炭の着火および劣化を防止するためには、運転温度の低減化、空気水蒸気流れの均一化を図るなどと共に、プラントの停止に当たっては、脱着を極力完全に行い、槽内を N_2 などの不活性ガスで置換し O_2 濃度を低減させるなどの対策を行うことが望ましい。更に、これに加えて使用する活性炭の触媒性および細孔構造などにも十分注意を払う必要がある。すなわち、アルカリ金属などの含有量を少な

くし触媒性を低くすると共に、半径 $10\text{\AA}$ 以上の比較的大きな細孔に富んだ活性炭を使用することが望ましい。

以上述べたように、アノンのような反応性の高い溶剤を回収する場合には、活性炭の性状が大きく影響するため十分な注意が必要である。これらの問題に適切に対応していくためには、我々プラントメーカーと活性炭メーカーが協力して実機の追跡調査を行いながら対象となるプロセス条件に真に適した活性炭を選定あるいは開発していく必要があり、今後共努力していきたいと考える。

会員紹介

二村化学工業株式会社

常に明日を見つめ新しい時代に対応しています。

昭和25年、活性炭メーカーとして発足した当社は、ポリプロピレンフィルム、セロハン、活性炭の分野で業界No.1のシェアを誇る企業です。今や生活の中に欠かせないこれら商品を優れた製造技術、商品開発により国内外に送り出しています。

創業企業として薬品賦活法活性炭製造、販売を始めたのは昭和25年であり、その後、生産拠点を岐阜県美濃加茂市に移し現在に至っています。本工場以外に国内に3工場、海外に1工場を持っており、粉末、粒状活性炭の生産、販売を行っています。

又、二村化学の活性炭製品には「太閤」のブランドがつけられていますが、これは当社発祥地名古屋の生んだ英雄、太閤秀吉にあやかっただけのものであり、たゆみのなき研究努力によって国家社会に貢献したいとの希いがこめられています。

太閤製品は常に明日を見つめ新しい時代に対応しています。

〈当社のプロフィール〉

昭和22年4月 現代表取締役会長 二村富久が二村化学研究所を創設

昭和25年10月 二村化学工業株式会社を設立
昭和27年2月 岐阜県美濃加茂市へ工場新設、薬品賦活法粉末活性炭の生産開始
昭和37年1月 水蒸気賦活法粉末活性炭の生産開始
昭和43年4月 ヤシ殻水蒸気賦活法活性炭の生産開始
昭和48年2月 フィリピン ダバオにてヤシ殻水蒸気賦活炭の生産開始
昭和50年8月 (株)ツルミコールの経営に参加
昭和60年12月 本社新社屋完成
昭和61年7月 広島工場を新設、薬品賦活法活性炭の生産開始

平成元年10月現在

資本金 5億円
代表者 取締役会長 二村 富久
取締役社長 大口 正美
営業品目 活性炭 ポリプロピレン・フィルム
ポリエステル・フィルム セロファン
不織布 フェノール積層板 メラミン
化粧板 ぶどう糖 異性化糖 水飴
段ボール原紙 澱粉

従業員数 1,700名

年商 620億円

本社所在地 名古屋市中村区名駅二丁目29-16

岐阜工場所在地 岐阜県美濃加茂市御門町二丁目

2-62

〈太閤活性炭の種類と銘柄〉

区 分	賦 活 方 法	原 料	銘 柄	用 途
粉 末 炭	薬 品 賦 活 炭	木 質	S FC SA1000	精糖、澱粉糖、各種アミノ酸類 工業薬品の脱色精製 排水3次処理 医薬、酒造等高純度製品の精製
	水蒸気賦活炭		A KA KS K M W P AP B5	工業薬品の脱色精製 上水の高度処理 排水3次処理 カイロ用
粒 炭	薬 品 賦 活 炭	木 質	SG SGP	ドライクリーニング 工業薬品の脱色精製
破 砕 炭	水蒸気賦活炭	ヤシ殻 石 炭	CG CW GL GF	各種プロセス排気、溶剤回収 上下水の脱臭精製 工業薬品の脱色精製 上水の高度処理
造 粒 炭	水蒸気賦活炭	石 炭	TG TA TS TM	中性ガス成分の除去 塩基性ガス成分の除去 酸性ガス成分の除去 有機硫黄ガスの除去



海外レポート 1

Ralph Iler Memorial Symposium on the Colloidal Chemistry of Silicaに参加して

1990年8月26-30日、アメリカ合衆国のワシントンD.C.にて開催されたRalph Iler Memorial Symposiumに参加する機会を得た。本シンポジウムはIler博士(1909-1985、Iler博士のBiographicalを別添した)のシリカに関する偉業を記念して開催されるもので、博士が在籍していたDu Pont社の研究者(主としてDr. Bergna博士)を中心とした約10人で世話されていた。日本では、星薬科大学の中垣教授がregional representativeになられており、近藤精一教授(現福井工大)が本討論会の世話人として尽力された。近藤先生はsession IVのchairmanになられると共に御自身も発表予定であったが、御身体の調子がすぐれず欠席され大変残念であった。

さて会議の方は特に第200回ACS National Meetingとジョイントし、ACSのコロイド界面化学部会と合同で開催された。発表はワシントン市内の5つのホテルを会場として利用し、表記のシンポジウムは主としてMarriott Hotelで開かれた。会議の事務局も会場内に設けられ、Du Pont社の人たちが交代で運営に当たられていたようである。このように多数のホテルで同時開催されたため、期間中は参加者の便宜を図るためチャーターバスが3つのルートに分かれて各ホテルを10-15分間隔で終日回っており、ワシントン市内全てがACSの学会で一色になった感さえあった。発表内容は、シリカゲルの調整、シリカゲルの物性、応用ならびにシリカによる表面処理に関して(気相と液相の両系から)など非常に広

い分野にわたっていた(セッションテーマをTable 1に示した)。発表は9件の招待講演、171件の口頭発表の計180件からなり、日本からは11件の発表があった。日本をはじめオーストラリア、カナダ、中国、ヨーロッパ、ニュージーランドそしてアメリカ合衆国から多数の参加者がありソビエトからの発表予定も多数あったが、発表者へのビザの発給が遅れほとんどのソ連の発表はキャンセルされ残念であった。とかく学会が大きくなると発表会場が増え、発表者と聴衆の関係は一方的になりがちであるが、今回のシンポジウムでは同一フロアの8つの小会場に分けていたので、発表を終えた講演者に直接質問するなど非常に内容の濃いものであった。会場では英国Brunel大学のSing教授、Bristol大学のVincent博士、Lehigh大学のFowkes教授、Pennsylvania State大学のSteel教授、Clarkson大学のMatijevic教授らと面識が出来とても勉強になった。特に、VincentならびにFowkes博士らとは本討論会の前週8/21-25日カリフォルニア州San Diegoで開催されたFine Particle Societyの学会(この学会で筆者は発表した)でも御会



写真1：発表会場にて(左から千葉大学金子先生、Steele教授、Sing教授そして筆者)富士化学(株)磯部 弘氏撮影

いしており、ワシントンD.C.でさらに親交を深められたことは私にとって大変有意義であった。

さて、このような学会が開催されたワシントンD.C.は計画都市として出発したため非常に整備された緑の美しい町であり、御存知のようにアメリカ合衆国の首都として発展してきた。市の中心には多くの美術館、博物館、国の中央機関があり、これらの間をツアーモービルと呼ばれる小さな2両編成のバス（1日8ドルで乗り放題）が10分間隔で連絡している。非常に驚いたのは、ほとんどの博物館が入場無料であるという点である。その他、ワシントンについての思い出はたくさんあるが、余りにも有名な地でありいまさら紹介するまでもないと思うのでここでは省略する。

最後に私事に至るが、筆者は昨年4月より大阪教育大学へ赴任し、石川達雄教授の下「単分散微粒子の調製とそれら固体表面のキャラクタリゼーションに関する研究（主として吸着の立場から）」を始めたばかりである。前任者の近藤精一先生はあまりにも著名であるが、私も先生のような立派な研究者になりたいものと常々考えている。先に勤務していた東京理科大学では北原文雄先生ならびに今野紀二郎先生の下、主に「非水系におけるコ

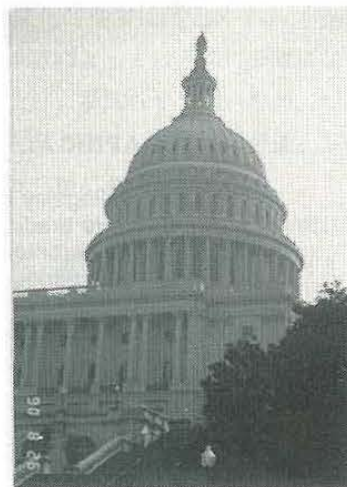


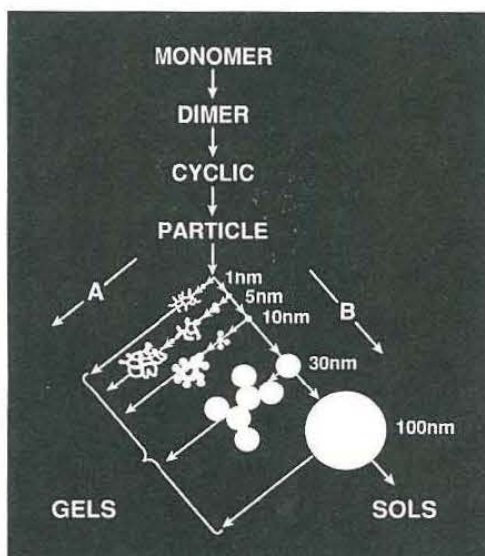
写真2：朝日に輝くWashington D.C.のキャピトル

ロイド粒子の調製とその分散安定性に関する研究」を行ってきた。したがって、微粒子にはなじみはあるものの吸着に関する研究ははじめてであり、これからも吸着の研究をされている方々にはいろいろお世話になることと思います。どうか宜しく御願います。この紙面を借りてご挨拶致します。

Iler Memorial Symposiumのシンボルマーク



Division of Colloid and Surface Chemistry
American Chemical Society



Ralph K. Iler Memorial Symposium on the Colloid Chemistry of Silica

at the
200th ACS National Meeting, Washington, D.C.
August 26-30, 1990

Ralph K. Iler
Personal and Professional Background

I. BIOGRAPHICAL

Dr. Ralph Kingsley Iler was born near Kingsville, Ontario, Canada on July 12, 1909. He graduated with a B.Sc. degree in chemical engineering from the University of Toronto, Canada, in 1930, and a Ph.D. in the same field in 1933. During this period from 1930-1933, he served as an assistant in the School of Engineering Research at Toronto. He then joined Canadian Industries, Ltd., in Montreal, and from 1933-1936 was employed in development work in industrial explosives and heavy chemicals.

Dr. Iler emigrated to the U.S. in 1936, and became a naturalized citizen of this country in 1943. From 1936 to 1937 he was engaged in development studies in the Tire Division of U.S. Rubber Company at Detroit, Michigan.

In 1937, Dr. Iler joined the research laboratories of the Grasselli Chemicals Department of DuPont at Cleveland, Ohio, as a chemist doing research in the field of inorganic chemistry. He was appointed a Chemical and Engineering Research Supervisor in 1942, and became Manager of the Cleveland Laboratory in 1949. In 1950, he moved to Wilmington, Delaware, as a Research Section Manager when the Cleveland Laboratory was relocated there at the newly expanded Experimental Station. In 1952, he became a Research Manager and in this capacity he directed the exploratory industrial chemicals research for the Industrial and Biochemicals Department at the DuPont Experimental Station. In 1970, he was appointed Research Fellow in the Industrial Chemicals Department, the highest professional level in DuPont. He retired on July 31, 1974.

Dr. Iler was a member of the American Chemical Society throughout his career.

He was married in 1935 and had two children, a son Ralph and daughter Helen, graduates of Cornell University. Mrs. Iler (Mary), also a Canadian from the same hometown, was a medical librarian for a number of years until her retirement June 30, 1974.

Table 1 研究発表のセッションテーマ

- a. Particle Size and Characterization Techniques
- b. Surface Chemistry of Silica
- c. Silica Gels and Powders
- d. Silica, Nucleation, Polymerization and Growth, Preparation of Monodispersed Sols
- e. Uses and Colloidal Silica
- f. Silica coating
- g. Sol - Gel Technology
- h. Stability of Silica Sols

海外レポート 2

「第2回日韓合同分離技術 シンポジウム」に参加して

第2回日韓合同分離技術シンポジウムが分離技術懇話会と韓国化学工学会の分離技術部門との共催で、韓国ソウルKorean Exhibition Centerで開催された。1990年5月31日の歓迎レセプションに始まり、6月2日まで「膜分離」、「固-液分離」、「抽出」、「相平衡」、「吸着」、「蒸留」、「晶析」、「吸収」の8セッションに分かれて発表が行われた。

吸着セッションはハンヤン大学のHa教授「Adsorption Characteristics of Modified Zeolites」、熊本大学の広瀬教授「Recent Developments in Pressure Swing Adsorption」の招待講演に始まり、27件のポスターセッション（日本側18件、韓国側7件、日韓合同2件）が発表された。前回は4件とのことなのでなかなかの盛況である。

ポスターセッションに続いて討論に移ったが、

①ゼオライトを中心とする吸着剤の化学修飾と分離特性

②吸着分離操作のシミュレーション等の定量的表記

③液相吸着

④活性炭を使用した溶剤回収の最近の発展

⑤圧カスイング法の理論解析及び最近の発展

等、基礎から応用面までの幅広い項目について熱心な討論が行われた。

この討論の中にも吸着法の過去の小規模、補助的装置の位置付けから最近のプロセスの主要装置の1つへと移行した事の認識がはっきりと感じられた。

又韓国側のゼオライトのキャラクタリゼーション、化

学修飾の体系化の発表は圧カスイング法の実用化に携わっている筆者にとっては非常に参考になった。発表の終了後打ち上げに参加させて頂いたが、お互いすっかり和やかな雰囲気となり、日韓両国が近くて近い国であることをはっきり感じさせられた。

最後にチョーヨンピルの“釜山港へ帰れ”の合唱で閉会となったが、実は筆者は演歌が余り好きではなかったので、それ以降数少ない演歌の愛唱歌となっている。

テクニカルランチョンは6月2日に行われ、セッションチェアマンである竹内先生の引率で韓国民族村を訪れた。筆者は3月にも業務で韓国に行っており、そのとき街の案内板、広告等がすべてハングル語で書かれて全く判らず興味が半減した覚えがあったので、今回はハングル語の会話本を片手に見学した。

親切なガイド嬢の案内、韓国習俗に詳しい竹内先生の日韓文化比較等、ハングル語も飛び交って時間を忘れる思いであった。韓国の建築物、習俗等を今回初めて十分に見る機会があったが、第一印象としては中国と日本の中間に位置し、むしろ日本に近い様に感じた。

今回のシンポジウムに参加できたことは、何らかの形で日韓親善に関わりたと思っていたため非常に有り難かった。

最後に前回に引き続き今回のシンポジウムの開催の労をとられたチェアマンの竹内先生、鈴木先生に深甚なる謝意を表します。



泉 順

三菱重工業株式会社 長崎研究所 化学研究室 主務

1971年3月 九州大学理学部化学科卒業

1971年4月 同社入社

1977年4月 ガス分離装置開発研究

趣味：囲碁、魚釣り



研究紹介

Gas-Solid Joule-Thomson Effect for Gas-Carbon Aerosols

T. R. Rybolt

Department of Chemistry

University of Tennessee at Chattanooga

Chattanooga, Tennessee 37403 U. S. A.

From 1852 to 1862 James Prescott Joule and William Thomson (Lord Kelvin) carried out a series of experiments which demonstrated that a flowing gas can cool upon expansion from a higher to lower pressure. Rybolt and Pierotti [1] demonstrated that the presence of a high surface area powder dispersed in a gas can significantly enhance the Joule-Thomson cooling associated with a pressure drop in a flowing gas. Experimental measurements of aerosol cooling were compared to a theoretical model based on the zero pressure limit in which it was necessary to consider terms only up to the second gas and gas - solid virial coefficients. A more recent study extends the application of this model to include the effects of third order virial coefficients. [2]

Pierotti and Rybolt showed that the Joule-Thomson effect associated with a gas-solid dispersion can be expressed in terms of gas and gas-solid virial coefficients, the heat capacity of the gas-solid mixture, and the concentration of the solid component. [3, 4] Microporous carbon adsorption data for argon, krypton, and xenon reported by Cole are used in this study to obtain second and third gas-solid virial coefficients for carbon C. [5] Carbon C is a microporous carbon with a BET surface area of 1279m²/g formed from dehydrochlorination and activation of Saran 746 fiber. Third gas virial coefficients are calculated using the method of De Santis and Grande and second gas virial coefficients are obtained from the data of Getzen. [6, 7] These second and third gas and gas-solid virial coefficients and their temperature derivatives are used in conjunction with a statistical thermodynamic model to predict the magnitude of the aerosol cooling effect (gas-solid Joule-Thomson effect) as a function of temperature, pressure, and powder concentration. The gas-solid virial coefficients treat gas-solid interactions in a manner analogous to the way gas virial coefficients treat gas-gas intermolecular interactions. For the Ar-carbon C aerosol system the gas-solid Joule-Thomson coefficient, μ_{gs} , was calculated over the range of temperature, T, from 300 to 400K, pressure, P, from 0 to 2 bar, and powder loading, w, from 0 to 20 (g of powder/mol of gas).

The Figure shows the value of μ_{gs} at P=101 kPa as a function of T for w=0, 5, 10, and 20 g/mol. As the temperature is decreased, the value μ_{gs} increases. The cooling effect is enhanced as the powder concentration is increased. Note that the pure gas-solid Joule-Thomson effect is significantly enhanced by the addition of a high surface area carbon powder. At 300 K and w=20 g/mol the cooling effect is increased by about a factor of eight relative to the pure gas. However, as the pressure is increased there is an attenuation of the effect.

For the pure gases the values of μ_g (K/bar) at T=400 K and P=0 bar are μ_g (Ar) =0.21, μ_g (Kr) =0.49, and μ_g (Xe) =1.10. As an example of the values obtained for these monatomic gas-carbon C systems, one may compare the following μ_{gs} (K/bar) values at T=400 K and w=10 g/mol : for P=0 bar μ_{gs} (Ar) =0.77, μ_{gs} (Kr) =3.55, and μ_{gs} (Xe) =28.0 ; for P=2 bar μ_{gs} (Ar) =0.69 ; for P=0.5 bar μ_{gs} (Kr) =2.88 ; and for P=0.2 bar μ_{gs} (Xe) =11.6. In the zero pressure limit there is a significant predicted enhancement of the effect as one goes from Ar to Kr to Xe. However, the linear term in pressure causes an attenuation of the cooling effect in all cases and this attenuation occurs more rapidly as the gas-

-solid interaction energy is increased in going from Ar to Kr to Xe.

The results of this work make it clear that the extrapolation of the effect from the zero pressure limit to higher pressures is not simply additive. As the pressure is increased, there is an attenuation of the cooling effect. However, even with this attenuation it appears that the addition of a high surface area powder can significantly enhance the Joule-Thomson cooling effect. To determine the application of this effect in either practical refrigeration devices as suggested by Pierotti and Rybolt [8] or as a novel method to examine gas-solid interactions will require the determination of extensive experimental values of the gas-solid Joule-Thomson effect for a variety of gas-solid aerosol systems.

References

- [1] Rybolt, T. R., and R. A. Pierotti, "Investigation of the Gas-Solid Joule-Thomson Effect for Argon-, Nitrogen-, and Carbon Dioxide-Carbon Powder Aerosol Systems," *J. Phys. Chem.*, **88**, 2398 (1984).
- [2] Rybolt, T. R., "Virial Modeling of Gas-Solid Joule-Thomson Effect for Argon-Carbon Aerosol," *AIChE J.*, **35**, 2029 (1989).
- [3] Pierotti, R. A., and T. R. Rybolt, "Statistical Thermodynamics of Aerosols and the Gas-Solid Joule-Thomson Effect," *J. Chem. Phys.*, **80**, 3826 (1984).
- [4] Pierotti, R. A., and T. R. Rybolt, "The Gas-Solid Joule-Thomson Effect," *Pure & Appl. Chem.*, **61**, 1921 (1989).
- [5] Cole, J. H., D. H. Everett, C. T. Marshall, A. R. Paniego, J. C. Powl, and F. R. Reinoso, "Thermodynamics of the High Temperature Adsorption of some Permanent Gases by Porous Carbons," *J. Chem. Soc. Faraday Trans. 1*, **70**, 2154 (1974).
- [6] DeSantis, R., and B. Grande, "An Equation for Predicting Third Virial Coefficients of Nonpolar Gases," *AIChE J.*, **25**, 931 (1979).
- [7] Getzen, F. W., "The Compressibility of Gaseous Argon," Thesis, M.I.T., Cambridge (1956).
- [8] Pierotti, R. A., and T. R. Rybolt, "Method for Utilizing Gas-Solid Dispersions in Thermodynamic Cycles for Power Generation and Refrigeration," U.S. Patent 4, 321, 799 (1982).

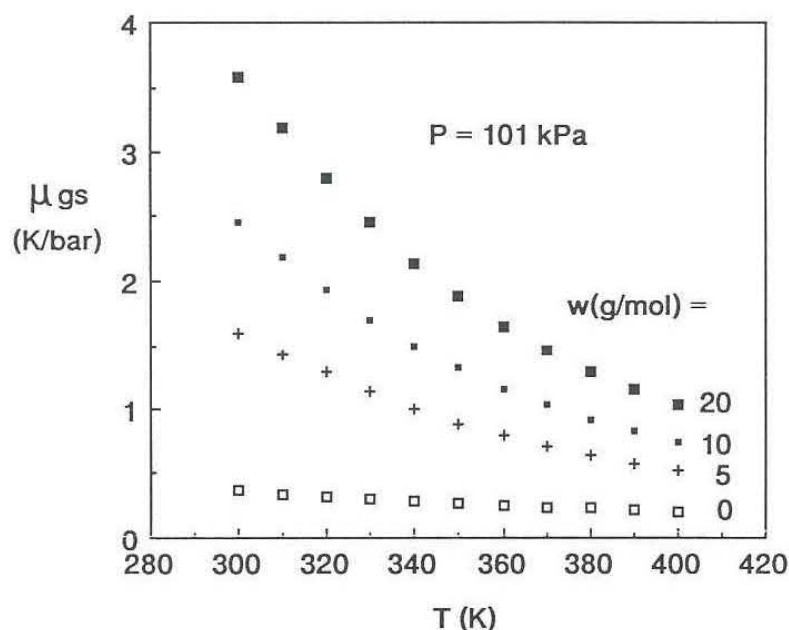


Figure 1

会 告

事務局からのお知らせ

会員の皆様のご協力により本学会の会員数も増加の一途をたどり、事業活動も順調に運んでおります。去る11月に開催されました第4回研究発表会も盛会裏に終了し、本年度の事業計画をほぼ実施することができました。御礼申し上げます。

来年度も、第4回研究発表会の折りに開催されました理事会、評議員会ならびに総会でご承認頂いた事業計画を実施したいと思います。これらの事業を円滑に遂行するため、来年度会費を2月末日までにお納め下さい（請求書は別送致します）。なお、本年度の会費未納の会員の方は、来年度会費と共に納入頂きますようお願い致します。

来年度事業計画

- ① Adsorption News Vol. 5 刊行
- ② 会員名簿 刊行
- ③ 第5回研究発表会 主催
- ④ 第2回吸着シンポジウム
- ⑤ 第3回吸着討論会
- ⑥ 吸着技術講習会 共催
- ⑦ 東京大学生産技術研究所シンポジウム
“吸着分離の科学と工学” 共催
- ⑧ 理事会、常任理事会、編集委員会、学会賞選考委員会等の開催

(事務局 松村 芳美)

編集委員

委員長 鈴木 喬 (山梨大学 工学部)
委員 金子 克美 (千葉大学 理学部)
古藤 信義 (オルガノ㈱)
迫田 章義 (東京大学生産技術研究所)
鈴木 謙一郎 (丸谷化工機㈱)
田門 肇 (京都大学 工学部)

茅原 一之 (明治大学 工学部)
初鹿 敏明 (山梨大学 工学部)
原 行明 (日鉄化工機㈱)
古谷 英二 (明治大学 工学部)
水嶋 清 (北炭化成工業㈱)
若泉 章 (日本酸素) (五十音順、敬省略)

Adsorption News Vol. 5 No. 1 通巻No. 15 1991年1月15日 発行

発 行 日本吸着学会 The Japan Society on Adsorption

事 務 局 〒214 川崎市多摩区長尾 6-21-1

産業医学総合研究所労働環境研究部 松村 芳美 部長室

Tel. 044-865-6111

印 刷 〒112 東京都文京区小石川 2-3-4 川田ビル

アイオニクス株式会社

General Secretary

Dr. Y. Matsumura

National Institute of Industrial Health 6-21-1,

Nagao, Tama-ku, Kawasaki-214

Tel. 044-865-6111

Editorial Chairman

Prof. T. Suzuki (Yamanashi University)