

# Adsorption News

Vol.8, No.4 (October 1994) 通巻 No.31

## 目 次

### ○巻頭言

Techno-/Science-phobic Syndrome ..... 広瀬 勉 2

○日本吸着学会第8回研究発表会..... 荒井 康彦 3

○第6回吸着シンポジウム報告..... 尾関寿美男 10

### ○研究ハイライト

周波数応答法による吸着速度スペクトル..... 安田 祐介 7

層状シリケートから合成したメソ多孔結晶..... 稲垣 伸二 11

Impressions of Japan and uniformed mesoporous  
materials..... Peter J. Branton 14

### ○会員紹介

日本無機株式会社..... 15

### ○海外レポート

第3回日中米吸着シンポジウムに出席して..... 須藤 義孝 16

Adsorption Session in Carbon '94 (グラナダ,  
スペイン) に参加して..... 瀬戸山徳彦 18

○関連学会のお知らせ..... 19

○新入会員紹介..... 19

日 本 吸 着 学 会

The Japan Society on Adsorption

## Techno-/Science-phobic Syndrome

広瀬 勉



若者の間にいわゆる「理工系離れ」という現象があるらしい。文部省でも「大学の理工系学部の魅力向上に関する懇談会」に諮っていくつかの提言を行っている。理・工学部長の4人に3人は、近年、優秀な学生が理工系の学部を志願しなくなっている、と憂慮している。物理系の学会では理科教育のあり方について声明を発している。科学技術が社会に果たしてきた役割からもっと人気があっていい筈だという期待値を尺度にすると、若者の意識は理工系離れに映るし、Science-phobicなり Technology-phobicな傾向は確かに見て取れる。

何か事が起こると識者の犯人探しが始まる。大学教育だ、入試だ、初等教育だとのなすり合いの末に、立場の弱い家庭教育とどのつまり母親のせいになることが多い。ところで、理工系離れの犯人は理工系の科学技術そのものです、とりわけ自動車とコンピューターが主犯です、と名乗り出てみたらどうだろう。

ノーベル賞の福井先生の話で、野山に虫を追う子供の頃の話がよくでてくる。台所でボールを転がしていたら庭へ落ち、垣根を越えたボールを路地で追っているうちに広場へ来てしまう。寝そべっている犬を見てボールの事はどうでもよくなってしまった。しばらく犬と楽しくじゃれあっていたところ、急に犬が吠えかかったのでびっくりして家へ逃げ帰り、母に抱かれて泣きべそをかく。お母さんの懷は温かった。40~50年前まではごくありふれた話であった。ボールを追うワクワクも犬に吠えられたビックリも、知的好奇心を駆り立てる未知との遭遇である。この自然との関わりが幼児にとっての発見と創造の始まりである。もう犬はいないだろうが、明日は今日とは違ったワクワクとビックリが台所-庭-路地-広場と続く空間に隠されている。新しい発見と創造がある。おそらくこの延長上に虫追い少年福井君がいたことになる。

モータリゼーションの波は、この気ままに動ける幼児の空間を一変させた。母親は危険地帯と化した路地に子供を出そうとしなくなった。そして家の庭と街角の広場が分断された。庭の垣根は、同時にワクワクとビックリの高い垣根になった。母に連れら

れてしか行けなくなった街角の広場には、ボールを追って自分で発見した広場のようなワクワクがない。わが子の安全を守る母親の善意が、ワクワクビックリの回路を断ち切ることになった。

路地遊びが消えたところに、情報機器を満載したラジコン玩具とコンピューターゲームがどっと入ってきた。おもちゃの犬はいつも優しく、たいてい自分の意のままに動いてくれる。広場の犬のように突然吠えだしたりはしない。答えの判っている分だけワクワクもビックリも少ない。コンピューターゲームは一見知的に見える。キーボードを介して高度なシステムに接近していく。しかしこれは自然界での未知との遭遇と同じ次元の話ではない。私達は、既知情報の伝達に過ぎない情報化社会に期待を抱き過ぎ情報ナルシズムに陥っていないだろうか。期待すべきは未知情報の発見と創造、ワクワクビックリに満ちたポスト情報化社会である。

自動車とコンピューターが理工系離れの元凶であるとしても、この二つは科学技術の最高傑作であるからこの社会からなくしてしまうわけにはいかない。それは、ワクワクを求めて子供を路地に追い出す母親と同じくらい馬鹿げた行いである。技術-技術連鎖は短期的、技術-社会連鎖は中期的とすれば、理工系離れといった人間の意識の問題、いわば技術-文化連鎖は世代にまたがる長期的現象である。とりあえずは各自の持ち場で理工系離れの対症療法が必要であろうが、文化としての長期的現象に気配りが欲しい。

|      |                         |
|------|-------------------------|
| 広瀬 勉 | 熊本大学工学部教授               |
| 略歴   | 1963年 京都大学工学部卒業         |
|      | 1969年 Waterloo 大学博士課程修了 |
|      | 1963年 名古屋大学工学部助手        |
|      | 1965年 九州大学工学部助手         |
|      | 1982年 熊本大学工学部助教授        |
|      | '87年より現職                |

# 日本吸着学会第8回研究発表会

主 催：日本吸着学会

共 催：化学工学会、日本化学会コロイドおよび界面化学部会、環境科学会、触媒学会、ゼオライト研究会、日本接着学会、日本塗装技術協会、日本防錆技術協会、腐食防食協会、北九州化学工学懇話会

協 賛：日本トライボロジー学会、日本油化学協会、日本イオン交換学会、分離技術懇話会

日 時：研究発表会：平成6年11月10日（木）、11日（金）

懇 親 会：平成6年11月10日（木）18：30より

会 場：研究発表会：都久志会館4F会議室（福岡市中央区天神4-8-10、（TEL）092-741-3335）

懇 親 会：福岡ガーデンパレス（福岡市中央区天神4-8-15、（TEL）092-713-1112）

交 通：JR博多駅より約10分（地下鉄天神駅）

福岡空港より約15分（地下鉄天神駅）

地下鉄天神駅より約10分（徒歩）

宿 泊：天神駅または博多駅近辺が便利です。

11月上旬から中旬にかけては、大相撲九州場所が福岡市で開催される関係で、宿泊関係がかなり込み合いそうです。早めに宿泊予約をされることをおすすめします。



参加申し込み方法：

ハガキもしくはハガキ大の用紙（1人につき1枚）に①氏名、②所属、③連絡先、④懇親会参加の有無を記入して、下記に郵送（またはFAX）してください。なお、参加費、懇親会費は、郵便局備え付けの郵便振込用紙または銀行振込にて、下記の口座に払い込みください。

名 義：第8回日本吸着学会 実行委員会 郵便口座番号：福岡 2-86775

銀行名義：第8回日本吸着学会 実行委員会 代表者 荒井康彦

銀行口座：西日本銀行箱崎支店 普通 1287465

参加登録費：関連学会会員：5,000円、非会員：6,000円、学生：2,500円（予約外は1,000円増）

懇親会参加費：6,000円

参加申し込み締切：10月17日（月）（延期しましたので多数の参加をお願いします。）

申し込み・問い合わせ先：九州大学工学部化学機械工学科 荒井 康彦

〒812 福岡市東区箱崎6-10-1

TEL 092-641-1101 (5561) FAX 092-651-8616

## 日本吸着学会第8回研究発表会プログラム

第1日(11月10日(木))

9:00~9:30(座長) 荒井 康彦

依頼講演-1 活性アルミナへの同位体水分子多層吸脱着  
(九州大学工学部) 古藤 健司 氏

9:30~10:00(座長) 松村 芳美

依頼講演-2 拡散型サンプラーにおける有機溶剤蒸気の吸着  
(産業医科大学) 保利 一 氏

10:00~10:30(座長) 鈴木 基之

依頼講演-3 疎水性ゼオライトの開発とその応用  
(東ソー(株)開発生産部) 原田 雅志 氏

10:30~10:40 休 憩

10:40~11:10(座長) 茅原 一之

依頼講演-4 ゼオライト吸着剤の圧力スイング法への適用  
(三菱重工業(株)長崎研究所) 泉 順 氏

11:10~11:55(座長) 岡崎 守男

特別講演 周期操作による気体の分離  
(熊本大学工学部) 広瀬 勉 氏

11:55~13:00 昼 食(理事会・評議会)

13:00~14:20(座長) 迫田 章義

1. ホウ素吸着剤設計における基礎的研究ーポリオールモデル化合物とホウ酸イオンの錯形成ー  
(四国工業技術研究所) ○苑田晃成・廣津孝弘・高木憲夫・大井健太
2. 冷蔵庫用脱臭剤の検討  
(金星社) 洪 尚義・崔 用福 (クラレケミカル) 花本哲也・○田中栄治
3. 高表面積活性炭(MAXSORB)の脱塩素能と脱トリハロ能  
(関西熱化学) ○音羽利郎・野島 隆・伊藤正雄
4. チタニアをコートしたシリカゲルの液体クロマトグラフィー特性  
(富士シリシア化学) ○信原一敬・加藤幹男 (静岡大・工) 中村 基・高見昌宜・金子正治

14:20~15:20(座長) 田門 肇

5. キトサン・デキストラン DEAE 複合化分離剤の開発  
(阪府大・工) ○吉田弘之・藤原有一・片岡 健
6. 2、3の塩基性指示薬の吸着に対する圧力の影響  
(東北大・工) ○安生徳幸・山崎達也・小沢泉太郎
7. 廃タイヤ活性炭の性能向上について  
(阪市工研) ○中野重和・福原知子

15:20~16:20(座長) 吉田 弘之

8. 低温プラズマ加熱により調整した金属酸化物粉体の表面特性  
(埼玉大・工) ○杉山和夫・中野 寧・島田哲治・斉藤紀彦・松田常雄
9. ヒドロキシアパタイトへのポリ-L-リシン吸着における2次構造の役割  
(千葉大・理) ○大谷国広・尾関寿美男
10.  $\delta$ -FeOOHより生成したマイクロポーラスヘマタイトの構造  
(阪教大) ○石川達雄 (富士シリシア化学) 折井隆二 (阪教大) 安川あけみ・神鳥和彦

16:20~17:40(座長) 尾関寿美男

11. モルデナイト膜の吸着挙動  
(豊橋技科大) ○山崎誠志・堤 和男

12. Ca<sub>6</sub>-A ゼオライト中の O<sub>4</sub> 分子  
(豊橋技科大) 高石哲男
13. シリカゲル担持酸化鉄磁性多孔質体の構造と特性  
(物質研) ○野村 明・水上富士夫 (クボタ) 新 重光
14. 結晶成長と吸着のアナロジー  
(山口大・工) 村上次雄・○土屋 晋

17:40~18:10 総 会 (都久志会館 4 F 大会議室)

18:30~20:30 懇 親 会 (福岡ガーデンパレス)

## 第 2 日 (11月11日(金))

9:00~10:00 (座長) 後藤 元信

15. カルシウム-ストロンチウムヒドロキシアパタイトへのタンパク質の吸着  
(阪教大) ○神島和彦・斎藤美和・斎藤博志・安川あけみ・石川達雄
16. 高性能タンパク質クロマトグラフィーの分離特性  
(山口大・工) 山本修一・○Alois Jungbauer
17. The Sorption of Lysozyme and Ribonuclease on Ferromagnetic Nickel Powder  
(National Taiwan Univ.) ○Hwai-Shen Liu・Yu-Chi Wang  
(Yamaguchi Univ.) Shuichi Yamamoto

10:00~11:20 (座長) 福地 賢治

18. 吸着剤、溶媒、吸着質の極性が吸着に与える影響  
(阪市工研) ○安部郁夫・幾田信生
19. 有機化合物の活性炭による液相吸着  
(産医研) 松村芳美
20. フェノール系活性炭素繊維によるリジンの吸着：破渦・溶離曲線  
(阪府大・工) ○吉田弘之・福中唯史・片岡 健
21. 五酸化バナジウム水和物層間における水分子の動力学的性質 (I) 吸着-脱着速度  
(岡山理大・理) ○橋高茂治・志水 透

11:20~12:05 (座長) 堤 和男

特別講演 極微小制約空間中における分子組織体  
(千葉大学理学部) 金子 克美 氏

12:05~13:10 昼 食

13:10~14:20 ポスター発表 (掲示は、第 1 日 13:00 より第 2 日 14:20 まで)

14:20~15:40 (座長) 安部 郁夫

22. スーパー分子計算によるシリカゲル気相吸着相互作用の検討  
(京大・工) ○田門 肇・伊藤泰朗・早川達也・鈴木哲夫・岡崎守男
23. NO-H<sub>2</sub>O 混合気体のマイクロポアフィリング  
(千葉大・理) ○藤江和彦・鈴木孝臣・金子克美
24. 高比表面積活性炭担持ハニカム体による各種有機溶剤蒸気の回収について  
(明大・理工) 竹内 雍・○吉村幸大 (関西熱化学) 音羽利郎・野島 隆
25. グラファイト結晶凝集体モデルによる活性炭のガス吸着特性の検討  
(東大・生研) 鈴木基之・○岡 伸樹・迫田章義

15:40~17:00 (座長) 音羽 利郎

26. ピストン駆動超高速 PSA による合成燃焼排ガスからの CO<sub>2</sub> の分離回収  
(東大・生研) 鈴木基之・○鈴木貴紀・迫田章義 (三菱重工) 泉 順

27. Concentration Distributions in PSA Beds and Optimal Operation during Simultaneous Removal and Concentration of CO<sub>2</sub>  
(Kumamoto Univ.) ○Doudou Diagne, Motonobu Goto, Tsutomu Hirose
28. 活性炭電気二重層キャパシタの単極過渡応答  
(京大・工) ○岩崎 訓・奥迫芳明・宮原 稔・岡崎守男
29. シリカゲル／水系吸着ヒートポンプにおける伝熱的検討  
(富士シリシア化学) ○伊藤睦弘 (名大・工) 渡辺藤雄・架谷昌信

13:10～14:20 ポスター発表

- P 1. 活性炭のマイクロ波低温プラズマ処理とその吸着特性(2)各種活性炭の処理  
(重松製作所) ○蔵野理一・山田比路史 (埼玉大・工) 杉山和夫
- P 2. シリカエアロゲルの調整とキャラクタリゼーション  
(京大・工) ○田門 肇・北村武人・曾根庸行・岡崎守男 (Łodz 工科大) Pawel Wawrzyniak
- P 3. カーボンエアロジェルの細孔構造  
(千葉大・理) ○半沢洋子・鈴木孝臣・金子克美
- P 4. メソ多孔結晶の細孔構造と吸着特性  
(豊田中研) ○稲垣伸二・福嶋喜章 (早大・理工) 黒田一幸
- P 5. シリカ系微粉体の水吸着特性  
(九大・工) ○松尾祥吾・北條純一 (三菱重工) 安武昭典・泉 順
- P 6. ナイロン中の低分子量物質の拡散挙動  
(山口大・工) 山本修一・○栗田 武
- P 7. 活性炭の置換吸着現象に及ぼす諸因子に関する研究  
(関西大・工) ○板屋宏明・三原久和・森 泰郎・小田廣和
- P 8. 各種活性炭素繊維によるリジンの吸着：平衡関係  
(阪府大・工) ○吉田弘之・福中唯史・片岡 健
- P 9. 架橋キトサン繊維および DIAION WA30 による L-グルタミン酸の吸着平衡  
(阪府大・工) 吉田弘之・○岸本 昇・片岡 健
- P 10. 架橋キトサン繊維による 2,4,5-T 水溶液の吸・脱着  
(東京高専) ○須藤義孝・元柳真美 (阪府大・工) 吉田弘之 (東大・生研) 鈴木基之
- P 11. フィブロネクチンの吸着配向と接着依存性動物細胞の増殖・機能発現の関連の検討  
(東大・生研) 鈴木基之・○伊藤雅教・酒井康行・迫田章義
- P 12. 非等温圧カスイング吸着における温度履歴  
(熊本大・工) ○宮島秀樹・後藤元信・広瀬 勉
- P 13. 多孔質吸着剤への吸着の分子シミュレーション  
(明大・理工) 茅原一之・○加藤直樹・竹内 雍
- P 14. 添着活性炭による空気中の低濃度 NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub> 混合ガスの処理  
(明大・理工) 竹内 雍・○田中祐輔 (荏原製作所) 青木慎治・岡本恭一・鈴木良治・岩崎亜細希子
- P 15. ゼオライトを用いた超臨界相吸着による 2,6-および 2,7-ジメチルナフタレンの分離  
(九大・工) ○内田博久・松本智裕・網屋通隆・古屋 武・岩井芳夫・荒井康彦
- P 16. Application of the FMO Theory on the Adsorption Equilibria  
(東亜大) ○孫 晉彦・李 成植
- P 17. 活性炭－有機化合物多溶質水溶液系の吸着平衡の推算  
(宇部高専) ○福地賢治 (山口大・工) 小渕茂寿 (九大・工) 荒井康彦
- P 18. Study of Ultramicroporous Carbon by Sorption Techniques  
(Nuclear Research Centre Neger, ISRAEL) Jacob E. Korsh
- P 19. The adsorption of Gases and Vapours by MCM-41, a Model Mesoporous Adsorbent  
(Chiba Univ.) Peter J. Branton

# 研究ハイライト

## 周波数応答法による吸着速度スペクトル

富山大学理学部  
安田 祐 介

### 1. まえがき

周波数応答 (Frequency Response) 法によると、「ガス/固体表面」の吸着平衡系の動的な挙動が、かなり詳細に調べられることを示す。

微結晶の表面は、ミラー指数の異なる様々な面やエッジから成り、格子欠陥や時には微細孔もあるため、そこに吸着する分子種も必然的に多種多様である。さらに、吸着種間の相互作用も加わると、「ガス/表面」の系は見かけよりはるかに複雑な系になっている。

FR 法では“吸着速度スペクトル”を観測するので、同時に起こっている諸現象を (各種の分光法に似て) 各現象に分離して測定することが出来る。従って、FR 法は複雑な系になる程その力を発揮する。

以下では、分子の状態を区別するために、

X : ガス相中の分子、A : 外表面に吸着した分子、C : 細孔内の分子、

の各記号を用いる。

### 2. 周波数応答法<sup>1)</sup>

吸着平衡にある (閉鎖) 系の体積  $V$  を (以下、複素数表示を用いる)

$$V(t) = \bar{V} + \Delta V(t) = \bar{V} \{1 - v \exp(i\omega t)\} \quad (1)$$

の様に、角速度  $\omega$  で正弦波的に、相対振幅  $v$  (普通、 $< 5\%$ ) で変動させる (図 1 参照)。すると、圧力  $P$  も従って吸着量  $A$  も正弦波的に変動し、それぞれは一般に

$$P(t) = \bar{P} + \Delta P(t) = \bar{P} [1 + p \exp\{i(\omega t + \varphi)\}] \quad (2)$$

$$A(t) = \bar{A} + \Delta A(t) = \bar{A} [1 + a \exp\{i(\omega t + \phi)\}] \quad (3)$$

と書ける。

一方、吸着速度式が  $T, P, A$  の関数として、一般に

$$dA/dt = S_A(T, P, A) \quad (4)$$

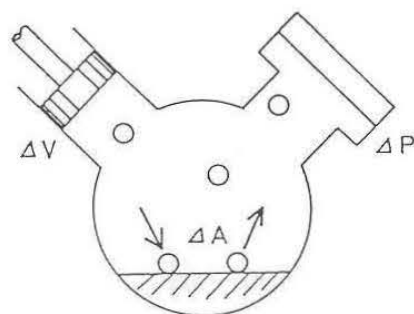


Fig. 1 Schematic diagram of the FR method. The volume of the gas space is varied sinusoidally,  $\Delta V$ , and the response due to  $\Delta A$  is monitored by  $\Delta P$  in the chamber.

と書けるとする。温度  $T$  は一定として、(2)(3)式を(4)式に代入して  $\Delta P, \Delta A$  について Taylor 展開し、( $v$  が小さいので)  $p$  と  $a$  の一次の微小量までとると、

$$\Delta A(t) = K' \{ \kappa_{-A} / (\kappa_{-A} + i\omega) \} \Delta P(t) \quad (5)$$

が得られる。ここで、

$$K' \equiv d\bar{A}/d\bar{P} \quad (= \text{吸着等温線の勾配}); \quad (6)$$

$$\kappa_{-A} \equiv -(\partial S_A / \partial A)_P \quad (= [A \text{ の緩和時間}]^{-1}) \quad (7)$$

系は閉鎖系なので、保存式

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \{X(t) + A(t)\} \\ = \frac{d}{dt} [\{P(t)V(t)/RT_0\} + A(t)] = 0 \end{aligned} \quad (8)$$

に(1)、(2)、(5)式を代入して、左辺の実数部分 = 0、虚数部分 = 0 から得られる 2 つの関係式を整理すると

$$\begin{aligned} (v/p) \cos \varphi - 1 &= K [1 / \{1 + (\omega/\kappa_{-A})^2\}] \\ &\equiv K \alpha_c(\kappa_{-A}; \omega) \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} (v/p) \sin \varphi &= K [(\omega/\kappa_{-A}) / \{1 + (\omega/\kappa_{-A})^2\}] \\ &\equiv K \alpha_s(\kappa_{-A}; \omega) \end{aligned} \quad (10)$$

$$K = (RT_0/\bar{V}) \cdot (d\bar{A}/d\bar{P}) \quad (11)$$

が得られる (図 2 参照)。左辺は  $p$  と  $\varphi$  の  $\omega$ -依存性の実測値から得られる “FR-スペクトル”、右辺の  $\{\alpha_c, \alpha_s\}$  は速度式  $S_A$  から導かれるので “吸着系の

特性関数”と呼ぶことにする。

この系の in-phase 成分を表わす理論式  $\alpha_c$  と out-of-phase 成分を表わす  $\alpha_s$  のグラフを図 3 に示す。

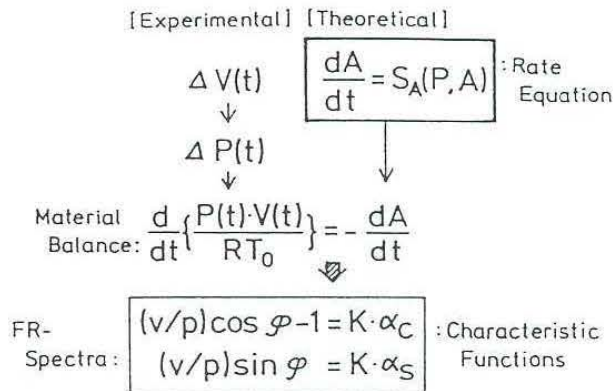


Fig. 2 Background of the FR method. FR-spectra on the left side can be experimentally obtained from the data on  $\Delta V(t)$  and  $\Delta P(t)$ . On the other hand, characteristic functions on the right hand side can be theoretically derived from the solution for the rate equation,  $\Delta A(t)$ . To correlate them the material balance is essential. Matching the FR-spectra to the characteristic functions, we can determine rate constants contained in the rate equation.

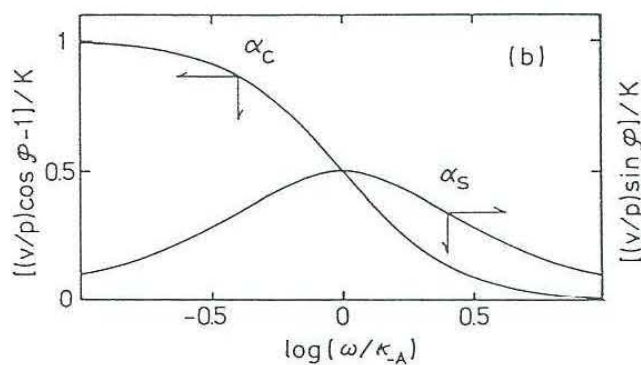


Fig. 3 In-phase and out-of-phase characteristic functions,  $\alpha_c(\omega)$  and  $\alpha_s(\omega)$ , respectively, versus the angular frequency,  $\omega/\kappa_A$ . They contain only one parameter,  $\kappa_A$ .

### 3. 吸着平衡系: $X \rightleftharpoons A$

#### 3.1 二種の吸着種が存在する場合

簡単のためただ 2 種だけの吸着種が存在するとした時に、FR 法で得られる結果の out-of-phase 成分を図 4 に示す。この様に  $A_I$  と  $A_{II}$  の寄与に分離できる様子が分光法のスペクトルに似ているので、“吸着速度スペクトル”と呼ばれた (Naphtali and Polinski, 1963)<sup>2)</sup>。

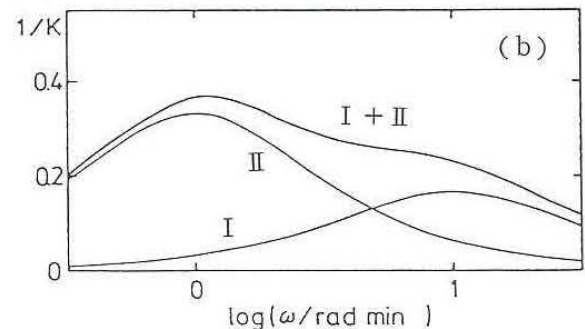


Fig. 4 Out-of-phase components of a FR-spectrum in a typical two-component system; two curves corresponding to  $\alpha_s(\omega)$  in Fig. 3 can be superposed; the parameters are postulated as  $\kappa_{-I} = 10 \text{ min}^{-1}$ ;  $K_I = 1$  and  $\kappa_{-II} = 1 \text{ min}^{-1}$ ;  $K_{II} = 2$ . This was named an “adsorption-rate spectrum” by Naphtali and Polinski (1963).

#### 3.2 吸着種間に相互作用がある場合<sup>3)</sup>

この時の速度式が、Langmuir 式を基にして

$$\begin{aligned} dA/dt &= k_d P N_s (1 - \theta_A) \exp(-g \theta_A) \\ &\quad - k_d N_s \theta_A \exp(h \theta_A); \theta_A \equiv A/N_s \end{aligned} \quad (12)$$

と書けるとする。ここで、 $g$  と  $h$  は相互作用の強さを示すパラメーターである。

吸着系の特性関数に含まれるパラメーター、 $\kappa_{-A}$  は Langmuir 式 ( $g = 0$ ,  $h = 0$ ) の場合には

$$\kappa_{-A} = k_d \bar{P} + k_d \quad (13)$$

となるが、(12)式の場合には当然  $g$  と  $h$  を含むもっと複雑な式になる:  $\kappa_{-A}(g, h; \bar{P})$ 。しかしながら、平衡圧  $\bar{P}$  を変えて FR 測定を繰り返して  $\kappa_{-A}$  の  $\bar{P}$ -依存性を求めることによって、(12)式に含まれる 5 個

のパラメーター値のそれぞれを、決めることが出来る。

### 3.3 吸着熱の効果<sup>4)</sup>

吸着（脱離）熱が、吸着（脱離）速度にどのような影響を与えるかについては、いろいろ議論されているが、それらを実証することは容易ではない。

熱収支式は

$$(-\Delta h) dA/dt = D' \Delta T + C_P dT/dt \quad (14)$$

と書ける。ここで、 $-\Delta h$  はモル吸着熱； $D'$  は熱の拡散係数； $C_P$  は熱容量である。

吸着種の量  $A$  が正弦波的に変化する時には温度  $T$  も正弦波的に変化している筈なので、

$$dA/dt \rightarrow i\omega \Delta A, \quad dT/dt \rightarrow i\omega \Delta T \quad (15)$$

と書けるので、(14)式から

$$\Delta T(t) = \{i\omega(-\Delta h)/(D' + i\omega C_P)\} \Delta A(t) \quad (16)$$

が得られる。

この結果を(4)に入れて、2. と同様に手続を繰り返すと、(9)、(10)式に似た

$$(v/p) \cos \varphi - 1 = K \alpha'_c(\kappa_{-A}, \tilde{h}, \tilde{d}; \omega) \quad (17)$$

$$(v/p) \sin \varphi = K \alpha'_s(\kappa_{-A}, \tilde{h}, \tilde{d}; \omega) \quad (18)$$

$$\tilde{h} \equiv (-\Delta h/C_P) \cdot (-d\bar{A}/d\bar{P}), \quad \tilde{d} \equiv D'/(C_P \kappa_{-A}) \quad (19)$$

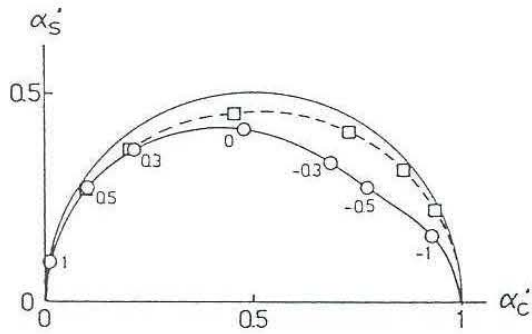


Fig. 5 Characteristic functions for an  $X \rightleftharpoons A$  system affected by heat of adsorption-desorption,  $\alpha'_c(\omega)$  and  $\alpha'_s(\omega)$ , where the parameters are postulated as: (O)  $\tilde{h} = \tilde{d} = 0.2$ ; (□)  $\tilde{h} = 0.2, \tilde{d} = 1$ . Deviation of each curve from the semicircle demonstrates the effect due to the heat of adsorption-desorption. The number beside each symbol indicates the value of  $\log(\omega/\kappa_{-A})$ .

が得られる。これ等の特性関数を x-, y-軸として図 5 に示す；( $T$  = 一定とした時に得られた)  $\alpha_c$  と  $\alpha_s$  を同様のプロットとすると、図中の半円になるので、半円からのずれが吸着熱による寄与だということになる。

### 4. 多孔性物質上の吸着系： $X \rightleftharpoons A \rightleftharpoons C$ <sup>5)</sup>

ゼオライトのように吸着媒が多孔性物質である場合、吸着に引き続いて細孔内への拡散が起こっている。この時の速度式は一般に

$$dX/dt = -S_A(P, A) \quad (20)$$

$$dA/dt = S_A(P, A) - S_C(A, C) \quad (21)$$

$$dC/dt = S_C(A, C) \quad (22)$$

と書けよう。

いま、細孔内の運動は Fick の拡散式で表わせるとすると、膜（厚さ  $L$ ； $n = 1$  次元）と球（半径  $a$ ； $n = 3$  次元）の場合には解析的に  $C(t)$  を求めることが出来る。この結果を保存式

$$\frac{d}{dt} [P(t)V(t)/RT_0 + A(t) + C(t)] = 0 \quad (23)$$

に入れて実数部分 = 0、虚数部分 = 0 とすることによって

$$(v/p) \cos \varphi - 1 = K \cdot \alpha \delta_{nc}(a\kappa_{-A}, \tilde{D}_n; \omega) \quad (24)$$

$$(v/p) \sin \varphi = K \cdot \alpha \delta_{ns}(a\kappa_{-A}, \tilde{D}_n; \omega) \quad (25)$$

$$a \equiv (d\bar{A}/d\bar{P}) / \{d(\bar{A} + \bar{C})/d\bar{P}\} \quad (26)$$

$$\tilde{D}_n (= \text{拡散の時定数}) : \tilde{D}_1 = D/L^2, \quad \tilde{D}_3 = D/a^2 \quad (27)$$

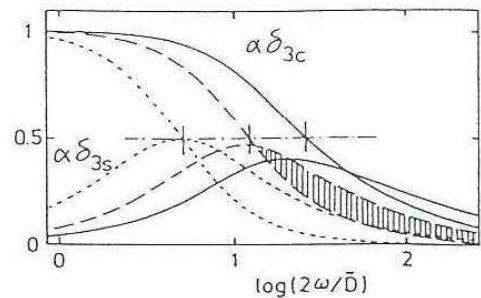


Fig. 6 Characteristic functions for an  $X \rightleftharpoons A \rightleftharpoons C$  system,  $\alpha \delta_{3c}(\omega)$  and  $\alpha \delta_{3s}(\omega)$ . The parameters are:  $\zeta (= a\kappa_{-A}/\tilde{D}_3) = 50$  (—), 10 (---), and 3 (·····).

が得られる。この時の特性関数  $\alpha\delta_{3c}$  と  $\alpha\delta_{3s}$  のグラフを図6に示す。勿論、これらは  $\tilde{D}_3 \rightarrow \infty$  (or  $\zeta \rightarrow 0$ ) とすると、それぞれ  $\alpha_c$  と  $\alpha_s$  に一致する。

## 5. あとがき

i) FR スペクトル解析から得られる2つのパラメーター値  $K$  と  $\kappa_{-A}$  の内で、 $K$  値は吸着媒の量に比例しているが、 $\kappa_{-A}$  値は(吸着媒の量には依らず)吸着サイトに固有の値である；例えば、(3)式で  $\bar{P}$ -依存性の測定によって  $k_a$  と  $k_d$  がわかると、 $k_a$  からはAの付着確率が、 $k_d$  からはAの平均寿命がわかる。

これは、図4のFR スペクトルの加算性と共に、FR 法の大きな利点である。

ii) ‘ガス/表面’ という不均一な系にFR 法を適用するとき、多彩な特性関数  $\{\alpha_c, \alpha_s\}$ 、 $\{\alpha'_c, \alpha'_s\}$ 、 $\{\alpha\delta_{nc}, \alpha\delta_{ns}\}$ 、が現われることは注目すべきである。その結果、他の方法では得難い情報を得ることが出来る。

不均一な系では、(均一な)双極子の誘電緩和理論(Debye, 1929)で導入されたDebye関数に対応しているのは、 $\{\alpha_c, \alpha_s\}$  だけである。

iii) 吸着熱の効果は、 $\tilde{h}$  と  $\tilde{d}$  値を求めることによって知ることが出来る。この時、A種間の相互作用が大きくても小さくても  $\alpha'_c$  や  $\alpha'_s$  の形は変わらないので、この熱効果だけを求めることが出来る。

以上、「平衡系」に話を限ってきたが、「非平衡系」にもFR 法を拡張することができる<sup>4)</sup>。反応が進

行中の吸着・脱離挙動には、平衡系では現れなかった新しい挙動が見られ<sup>6)</sup>、近い将来に新しい展開が期待される。

## 参考文献

- 1) Y. Yasuda, J. Phys. Chem., **80**, 1867 (1976).
- 2) L. M. Naphtali and L. M. Polinski, J. Phys. Chem., **67**, 369 (1963).
- 3) Y. Yasuda and M. Saeki, J. Phys. Chem., **82**, 74 (1978).
- 4) Y. Yasuda, Heterogeneous Chemistry Reviews, Ed. D. Avnir; Wiley, 1994; Vol. 1, 103
- 5) Y. Yasuea, Bull. Chem. Soc. Jpn., **64**, 954 (1991).
- 6) Y. Yasuda, to be published.



安田 祐介

富山大学理学部教授

理学博士(京都大学、1969年)

1967年 京都大学大学院理学研究科博士課程を単位取得して退学

1970年 富山大学文理学部(現理学部)講師

1972年 同助教授を経て、1994年より現職

## 第6回吸着シンポジウム報告

札幌とはいえ猛暑の中、吸着シンポジウムが通産省工業技術院北海道工業技術研究所(札幌市月寒)で、8月22日~23日に開催された。当所の野田良男先生のお世話で、最新のビデオシステムを使って、「最近の吸着研究」と題してのシンポジウムとなった。茅原先生を中心とした運営で、和やかに活発な討議が行われ、25名の参加者も満足されたことと想像します。北海道からの参加者は名簿上3名で、他は本土組でした。岡崎会長をはじめ、松村副会長、鈴木基之先生も参加され、企業からは9名の方が参加され、当シンポジウムの役割を改めて感じさせられました。

北海道工業技術研究所関口逸馬博士からのご挨拶のあと、若手の一番手として話題提供していただい

たのは宮原稔先生(京大工)の「表面拡散機構の解析および細孔特性に基づく等温線の理解」で、興味深く拝聴しました。続いて、湯浅晶先生(岐阜大流域環境研究センター)が「浄水処理・排水処理における活性炭吸着」、宮部寛志先生(栗田工業)が「逆相液体クロマト分離系における吸着挙動」および鈴木義丈先生(明大理工)が「天然物鉱物による重金属イオンの吸着について」と題して、それぞれ専門のお立場から研究を紹介・解説していただいた。巾広い話題を短時間でカバーできる良いシンポジウムであったと感じています。

懇親会やバーベキュー昼食会も盛り上がり、次年度のシンポジウムに向けて意気盛んといったところでしょうか。シンポジウムをお世話いただきました先生方に心より感謝申し上げます。

(千葉大理 尾関寿美男)

# 層状シリケートから合成した メソ多孔結晶

Mesoporous crystal derived from  
a layered silicate

株式会社豊田中央研究所

稲垣伸二

## 1. はじめに

1990年、Yanagisawaら<sup>1)</sup>は均一なメソ孔を持つシリカ多孔体の合成を世界で初めて報告した。その後、我々は層状シリケートを出発原料とするYanagisawaらの合成法を最適化することにより、六方構造のX線回折パターン及び蜂の巣状の透過電顕像を示すメソ多孔結晶(FSM-16)の合成に成功し、1993年に報告した<sup>2)</sup>。一方、モービルは、液晶の‘鋳型’法による同様なメソ多孔結晶(MCM-41)の合成を1992年に発表した<sup>3)</sup>。これらの報告を機に、メソ多孔結晶に対する関心が一気に高まり、触媒、吸着、ナノ機能材料など幅広い分野で一斉に研究が開始され、既に幾つかの報告<sup>4)</sup>が他のグループからも成されている。

吸着の分野では、Singらがこの材料に注目し、均一なメソ孔に基づく特異な吸着等温線から、吸着研究の格好のモデル材料になることを指摘した<sup>5)</sup>。我々も、合成したメソ多孔結晶の細孔構造及び吸着特性の解析結果を報告してきている<sup>6)</sup>。ここでは、層状シリケートから合成したメソ多孔結晶について、これまで得られた吸着に関する我々の知見をまとめて報告する。

## 2. 結晶構造

FSM-16の結晶は、理想的なシリンドー状細孔が規則的に配列した構造をしている。Fig. 1 (a)の透過電顕写真は細孔の断面を撮ったもので、均一な細孔が蜂の巣状に配列している構造が観察される。この写真から読み取った細孔の直径は約3 nmであった。Fig. 1 (b)は、シリンドー状細孔を横から撮ったもので、一次元の細孔が500nm以上も連続的に延びていることが分かる。細孔を隔てる壁は、 $\text{SiO}_4$ 四面体が1~2層から成るシートから構成され、無機物では極限に近い薄さになっていると考える。後で紹介す

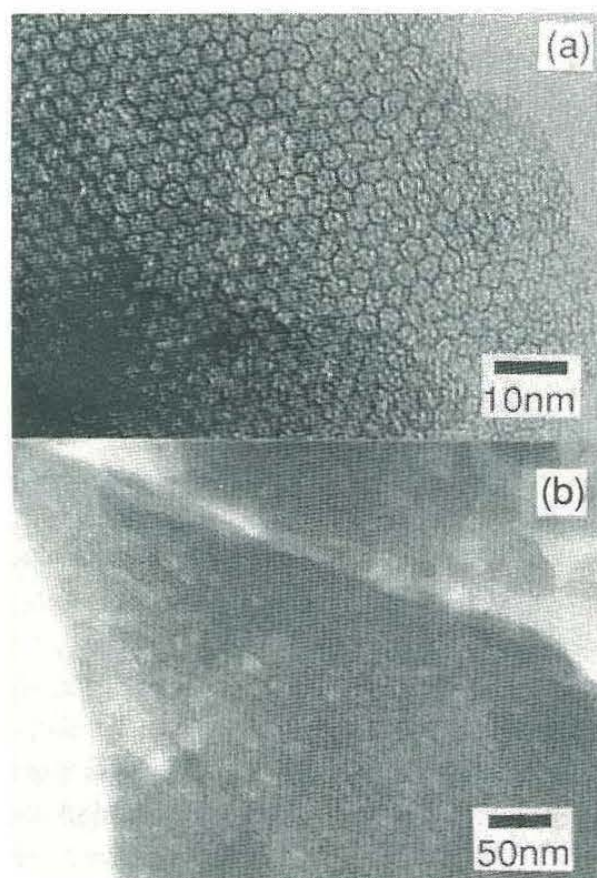


Fig. 1 Transmission electron micrographs of FSM-16. a) Perpendicular and b) parallel plane to the channels.

る極端に大きな比表面積あるいは細孔容積が、この薄い細孔壁構造の根拠の一つになっている。粉末X線回折では、単位軸(a)が4.4nmの六方構造を示す回折ピークが観察され、従来の結晶とは異なりナノオーダーの長周期の規則性を持った構造であることが分かる。

## 3. 窒素吸着等温線

Fig. 2 に代表的なFSM-16の窒素吸着等温線を示した。P/P<sub>0</sub>=0.3でメソ孔への毛管凝縮を示す急激な立ち上がりが見られるが、細孔の均一性を反映してほぼ垂直に立ち上がっている。また、脱着等温線との間で、P/P<sub>0</sub>=0.3付近にはほとんどヒステリシスが見られなかった。従来のメソ多孔体(シリカゲル、活性炭)には、ほとんどの場合にヒステリシスが観察され、ヒステリシスが現われる原因についても幾つかの理論が提出されていた。しかし、ヒステリシスを示さないメソ多孔体が初めて合成されたことで、これらの理論の見直し及び新たな理論の進展

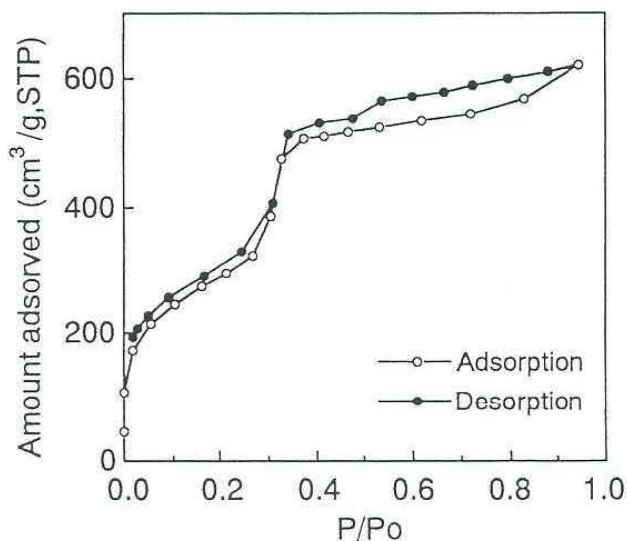


Fig. 2 Adsorption isotherms of N<sub>2</sub> on FSM-16.

が見られるものと思われる。

この窒素吸着等温線から計算した比表面積と細孔容積を Table 1 に示した。比表面積は、BET法と  $\alpha_s$ -プロットの直線部分のそれぞれから求めた。通常のBET法では、等温線の  $0.05 < P/P_0 < 0.35$  の範囲のデータを用いるが、この場合、毛管凝縮が  $P/P_0 = 0.3$  あたりで起こっているため、多層理論であるBET式はこの部分では成り立たない。そこで、BETプロットが直線関係にある  $0.05 < P/P_0 < 0.25$  の範囲のデータを用い計算した結果、比表面積は  $1029 \text{ m}^2/\text{g}$  となり、 $0.05 < P/P_0 < 0.35$  のデータを用いた値 ( $1279 \text{ m}^2/\text{g}$ ) より小さくなった。一方、 $\alpha_s$ -プロット (Fig. 2) の直線部分の傾き ( $s$ ) から求めた比表面積は  $1015 \text{ m}^2/\text{g}$  となり、計算範囲を限定したBET表面積の値とほぼ一致した。このことから、このメソ多孔結晶の比表面積の値は  $1015 \sim 1029 \text{ m}^2/\text{g}$  が正しいと思われる。また、吸着等温線からCranston-Inclay法により求めた細孔径分布では、直径  $2.8 \text{ nm}$  の位置にシャープな分布曲線が得られた。同法からもとめた細孔容積は、 $1.0 \text{ cc/g}$  と比表面積と同様に大きな値を示した。

Table 1 Specific surface areas ( $\text{m}^2/\text{g}$ ) of FSM-16 calculated by BET and  $\alpha_s$ -plot methods.

| B. E. T.              |                       | $\alpha_s$ -plot |
|-----------------------|-----------------------|------------------|
| $0.05 < P/P_0 < 0.35$ | $0.05 < P/P_0 < 0.25$ |                  |
| 1279                  | 1029                  | 1015             |

我々が提案しているメソ多孔結晶の構造モデルから、比表面積と細孔容積の理想値を計算で求めたところ、それぞれ  $1200 \text{ m}^2/\text{g}$  と  $1.2 \text{ cc/g}$  となった。実測値がこの値に近いことから、収率よくメソ多孔結晶が生成しているものと考えられる。

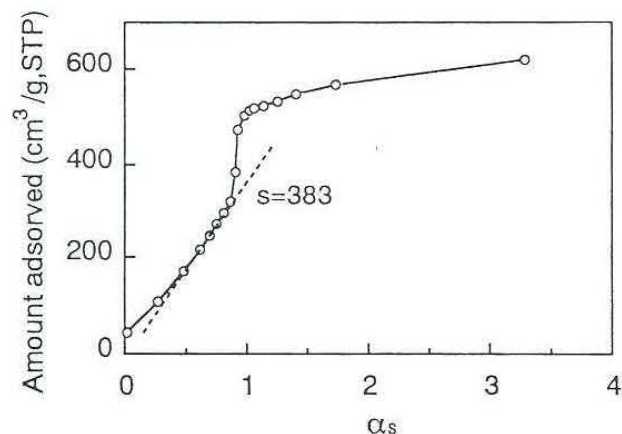


Fig. 3  $\alpha_s$ -plot for the adsorption of N<sub>2</sub> on FSM-16. N<sub>2</sub> adsorption data on non-porous silica<sup>7)</sup> were adopted as standard  $\alpha_s$ -curve.

#### 4. 細孔径の制御

このメソ多孔結晶の特徴の一つに、細孔径の異なる結晶が容易に合成できる点を上げることができる。合成時に用いる界面活性剤  $[\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{N}^+(\text{CH}_3)_3]$ ,  $n = 8 \sim 16$  のアルキル鎖の長さ ( $n$ ) を変化させることにより、結晶の格子の長さ ( $d_{100}$ ) と共に細孔直径 ( $D$ ) が  $1.5 \sim 2.8 \text{ nm}$  の範囲で変化することが確認された (Table 2)。細孔径は、層状シリケートの層間に行ける界面活性剤のミセル径により決まるためこのような制御が可能となる。窒素吸着等温線 (Fig. 4) は、用いるアルキル鎖の長さ ( $n$ ) が 16 から 8 に減少するにつれ、IV型 (メソ孔) から I 型 (マイクロ孔) に連続的に変化した。メソ孔への毛管凝縮が次第にマイクロポアフィリングに変化する過程が観察された。このメソ多孔結晶は、メソ孔とマイクロ孔の境界領域での吸着挙動の研究にも格好のモデル材料になると思われる。

更に、このメソ多孔結晶の細孔内表面にモノレイヤーの  $\text{SiO}_2$  膜を積層させることにより、より精密な原子レベルでの細孔径制御にも成功している<sup>8)</sup>。また、界面活性剤以外に有機添加物を加え合成することにより、 $5 \text{ nm}$  以上の超大孔径のメソ多孔結晶の合成もできることが確認されている。

Table 2  $d_{100}$  in XRD and pore diameters of FSM-16 prepared by using various surfactants with different alkyl-chain length.

| Surfactant chain length<br>$C_nH_{2n+1}N^+(CH_3)_3$<br>( $n =$ ) | XRD $d_{100}$<br>(nm) | Pore diameters*<br>(D)<br>(nm) |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| 8                                                                | 2.68                  | <1.5                           |
| 10                                                               | 2.84                  | 1.8                            |
| 12                                                               | 3.19                  | 2.1                            |
| 14                                                               | 3.38                  | 2.3                            |
| 16                                                               | 3.79                  | 2.8                            |

\*Pore diameters were determined from  $N_2$  adsorption isotherms by Cranston-Inclay method.

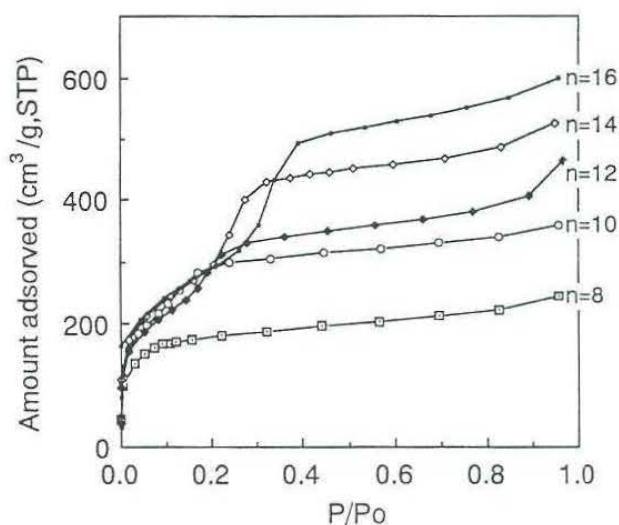


Fig. 4 Adsorption isotherms of  $N_2$  on FSM-16 prepared by using various surfactants [ $C_nH_{2n+1}N^+(CH_3)_3$ ,  $n=8\sim 16$ ] with different alkyl-chain length ( $n$ ).

## 5. 細孔内シラノール密度の制御

このメソ多孔結晶は、ベンゼン蒸気を低蒸気圧 ( $P/P_0=0.2$ ) から多量に吸着するのに対し、水蒸気は  $P/P_0$  が 0.6 以下ではほとんど吸着しない特異な特性を示した。これらの特異な吸着特性と細孔内表面にあるシラノールの密度とは、無関係ではないと思われる。このメソ多孔結晶は、通常その合成の最終

工程でテンプレートを除去するため  $550^\circ\text{C}$  以上で焼成する。そのため、多くのシラノールは脱水縮合を起こし、細孔内はシロキサン結合に基づく疎水的な表面で覆われているものと思われる。 $550^\circ\text{C}$  で焼成して合成したメソ多孔結晶の  $^{29}\text{Si}$  MAS NMR スペクトルは、4 本の手とも縮合を起こした Si に帰属される  $Q^4$  のシグナルが支配的であり、 $900^\circ\text{C}$  では更にそれが促進された。しかし、 $900^\circ\text{C}$  においても、均一なメソ細孔と  $1000\text{ m}^2/\text{g}$  以上の比表面積が保持されていることが、窒素吸着から確認されている。

テンプレートの入った状態のメソ多孔結晶を  $H^+$ /エタノール溶液で処理したところ、テンプレートと  $H^+$  が置換することにより、焼成することなくテンプレートの除去ができた。このメソ多孔結晶の  $^{29}\text{Si}$  MAS NMR スペクトルには、シラノールに起因する  $Q^3$  のシグナルが  $Q^4$  とほぼ同じ強度で観察された。この方法により、シラノールを残した状態でメソ多孔結晶を合成できることが分かった。この様に、テンプレートの除去の仕方により、細孔内のシラノールの密度制御も可能である。これにより、細孔内の疎水性の制御あるいは、シラノールを起点にした細孔内修飾も可能となるとと思われる。

## 6. おわりに

以上、層状シリケートから合成したメソ多孔結晶の細孔構造及び吸着の特徴について簡単に紹介した。この材料がこの世に現われて、まだ 2~3 年しか経っていない。そう言う意味で、まだこのメソ多孔結晶についてはほんの僅かなことしか分かっていないと言える。しかし、今まで明らかになったことから、このメソ多孔結晶が各分野で革新的な材料になることが予測される。吸着の分野においても、指摘されているモデル材料としてだけでなく、均一なメソ細孔と高い吸着容積そして耐熱性を活かした様々な用途が見いだされることが期待される。

## 7. 引用文献

- 1) Yanagisawa, T., Shimizu, T., Kuroda, K., Kato, C., Bull. Chem. Soc. Jpn., 63, 988 (1990).
- 2) Inagaki, S., Fukushima, Y., Kuroda, K., J. Chem. Soc., Chem. Commun., 680 (1993).
- 3) Kresge, C. T., Leonowicz, M. E., Roth, W. J., Vartuli, J. C., Beck, J. S., Nature, 359, 710 (1992); Beck, J. S., Vartuli, J. C., Roth,

W. J., Leonowicz, M. E., Kresge, C. T., Schmitt, K. D., Chu, C. T.-W., Olson, D. H., Sheppard, E. W., McCullen, S. B., Higgins, J. B., Schlenker, J. L., J. Am. Chem. Soc., 114, 10834 (1992).

4) 例えば、Huo, Q., Margolese, D. I., Ciesla, U., Feng, P., Gier, T. E., Sieger, P., Leon, R., Petroff, P. M., Schuth, F., Stucky, G. D., Nature, 368, 317 (1994).

5) Branton, P. J., Hall, P. G., Sing, K. S. W., J. Chem. Soc., Chem. Commun., 1257 (1993).

6) Inagaki, S., Fukushima, Y., Extended abstracts of Intl. Symp. on Zeolite and Microporous Crystals, p223 (1993): 稲垣伸二、山田有理、福嶋喜章、第7回日本吸着学会研究発表会講演要旨集、p113 (1993).

7) Sing, K. S. W., Turk, D. H., J. Colloid

Interface Sci., 38, 109 (1972).

8) Yanagisawa, T., Shimizu, T., Kuroda, K., Kato, C., Bull. Chem. Soc. Jpn., 63, 1535 (1990).



稲垣 伸二

株式会社豊田中央研究所研究員  
1984年 名古屋大学大学院工学研究科修士課程修了  
同年 株式会社豊田中央研究所入社現在に至る。  
吸着・触媒化学、無機合成化学に興味あり。

## Impressions of Japan and uniform mesoporous materials

Peter J. Branton

Department of Chemistry,  
Faculty of Science, Chiba University,  
1-33 Yayoi, Inage, Chiba 263, Japan

Having recently completed my Ph.D. in adsorption at Exeter University, England, I am spending 3 months at Chiba University researching adsorption on the new mesoporous material FSM, under the supervision of Prof. K. Kaneko. This presents an ideal opportunity to further my interest in mesoporous systems and to strengthen collaboration between the UK and Japan, which is necessary for future projects.

My first impressions of Japan are the large cultural differences the high cost of living and the absence of green fields compared with England. The laboratories of Prof. Kaneko are well equipped with a wide range of sophisticated instrumentation whereas English laboratories tend to specialise more. Space in Japanese laboratories is severely limited and as a result

safety standards are not as high as in England. In England, technicians are available for the construction and upkeep of our instruments. Teamwork plays an important role in Japanese research, much more so than in England. I have also come to realise how useful English is as a first language for a scientist.

It is well known that mesoporous adsorbents, e.g. silica gels and activated aluminas generally possess broad ranges of irregular pores. It was therefore of great interest when in 1992 Mobil scientists the preparation of a new family of highly uniform mesoporous materials designated as M41S. Since then a flurry of publications has appeared and in particular to one member of this family with uniform hexagonal mesopores in the range 1.5 to 10 nm, known as MCM-41. Equally important, but receiving less attention is FSM, based on the ion exchange reaction of a polysilicate kanemite. As well as potential catalysts, these new materials present a good opportunity to examine current theories on physisorption in mesopores and to provide a reference mesoporous and to provide a reference mesoporous material for calibration purposes. I hope to play an important part in this new research.

## 会 員 紹 介

### 日 本 無 機 株 式 会 社

当社の事業内容は、①蓄電池用セパレータ ②無機応用製品 ③グラスウール断熱吸音材 ④エアフィルタ及びその周辺機器、と大きく分けて4部門があります。

当社は設立当時から各種蓄電池用セパレータについて、絶えざる技術開発によりトップメーカーとして業界をリードしており、自動車セパレータ用はもとより、電動車、情報通信機器等の産業用、又コードレス機器等の民生用蓄電池のセパレータなど幅広く利用され皆様の生活に溶けこんでおり、その技術力は海外でも高い評価をいただいております。

無機応用製品の主な製品としては、アスベスト使用規制の動きに対応して、その代替用品として注目を集めている超耐熱ガラスクロス繊維製品「シリガラス」、電子応用機器分野に需要拡大が見込まれる「ガラスペーパー」「セラミックペーパー」、家電品や液体フィルタなどの産業分野でご利用いただいている「極細ガラス繊維フェルト」、自動車を始め各種産業の「グラスウール成形品」など幅広い分野に貢献しております。

また、皆様の生活を快適にし、さらに省エネルギー効果のある住宅やビルなどに使用するグラスウール断熱吸音材分野でも、最近では化粧天井材や撥水性グラスウール、グラスウール波形保温板などオリジナル性の高い製品を数多く上市しております。その品質には定評のあるところであります。

近年のエレクトロニクス産業、原子力産業、さらに病院、食品、薬品産業などのバイオ産業での技術の革新は、より高レベルのクリーンエアを必要不可欠としております。日本無機はまさにこの点では独自の技術開発力を駆使し、材料から一貫生産するフィルタユニットのみにとどまらず、フィルタを装着した各種の機器やクリーンルームの設計・施工に至るまでの総合エンジニアリングへと展開しております。この分野の取組みは古く1950年初頭であり、1959年には国産初の原子力用の超高性能エアフィルタ（HEPAフィルタ）を開発しました。以来この分野のリード・オフ・マンとして、日本の半導体業界を中心に多くの産業分野の発展に大きく貢献してまいりました。

た。1978年には世界初の0.1ミクロンを開発すると共に、1984年には0.05ミクロンの塵埃を99.99995%以上の効率で除去する超高性能エアフィルタを世界で初めて開発に成功、メガビット高集積半導体の量産化を可能にしました。

ガス除去フィルタの分野では、やしがら活性炭を使用した一般空調用活性炭フィルタはもとより、添着活性炭を使用し、放射性ヨウ素、ヨウ化メチルを除去する原子力・RI施設用の活性炭フィルタについても1950年代より長い実績を有します。

最近、クリーンルーム内での各種極微量のガス除去が必要とされています。外気処理系には吸着剤を使用した「ビュアスメルフィルタ」が用いられ、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>を始め、各種のガス、イオン、微量重金属除去用に使用されています。又、内部循環系には同様の目的で最近上市しましたACS（Active Carbon Sheet）フィルタが好評を得ています。

#### 会社概要

設 立：昭和14年6月

資 本 金：13億2,330万円

代 表 者：取締役社長 藤田英之

人 員：534名

本 社：〒101

東京都千代田区神田錦町3-1

TEL 03-3295-1510～5（代）

垂井工場：〒503-21

岐阜県不破郡垂井町630

TEL 0584-22-1101（代）

結城工場：〒307

茨城県結城市作ノ谷415

TEL 0296-32-2101（代）

---

日本無機（株）結城工場

フィルタ担当部長 高橋和宏

## 海外レポート

### 第3回日中米吸着シンポジウム に出席して

東京工業高等専門学校 須藤 義孝

「クァッ……、クァックァッ……」、「カッコー……、カッコー……」ホテルの周囲の槐花（アカシヤ）が茂る森からキジやカッコウの鳥の鳴き声で、大連の第一夜は明けた。ここ大連棒棰島賓館は大連の半島の最先端にあり、木々が多く窓からは沖合いに棒棰島が浮かぶ青い海が見渡らせる風光明媚な場所にある。

時計を見ると7時である。7時から朝食である。急がないといけない。いや、待てよ。昨日大連に着いたとき、日本と時差が1時間あるので1時間遅らせなければならなかったが、していなかった。今は6時なのだ。ゆっくりできる。

昨夜は歓迎パーティが立食方式で催され、多くの人が3年ぶりの再会を懐しみ夜の更けるのも忘れているようだった。ここで日本吸着学会から日本人形の贈呈を行なった。

6月6日（月）8時30分から、このホテルの会議場で大連理工大学の主催で第3回日中米吸着シンポジウムの開会式が行われた。

主催者、組織委員会メンバーが一般参加者に対する形で上座に座わり、呉平東浙江大学副学長の司会で定刻通り始まった。

最初に、このシンポジウムのチェアマンである王金渠（Jingu Wang）教授が挨拶に立った。

「中国大連政府に代って、皆様に心より歓迎の意を表します。この会議が第3回と聞くが、当市で開催されたことを慶びたい。大連市は以前から日本およびアメリカとは深い関係を持っていて、人口は500万人余です。大連理工大学の学生数は3,500人で、256の研究室をもっています。当地を訪問されたのは、皆様初めての方が多いたと思いますので、この滞在を十分楽しんで下さい。この機会に大連を良く知って戴き、交流と友好関係が共に進むことを期待します。この会議の成功を祈ります。」

次に、大連理工大学副学長の程耿東教授が挨拶し

た。

「AASST-94の開催に当りご挨拶申し上げます。当地を開催地に選んで戴き光栄に存じます。Co-chairmanの方々には今日までのご努力に対して深く感謝致します。ひと言、大連理工大学の紹介を申し上げますと、1949年に創立し、今や全国各地から秀れた学生が集まり、全国的に有名な大学になって来ました。研究も活発に進んでいることを誇りに思っています。中国政府は1974年政策を変え、外国との交流に勤めており、この機会に更らに交流が促進されることを祈り、皆様がこの滞在を楽しんで貰えるよう心より期待致します。」

なお、前夜米国側のCo-chairmanの馬教授（ウースター大学）が歓迎会に欠席されたため、ここで新たに紹介ののち、主催者側に記念品贈呈が行われた。

（以上の挨拶の部分は竹内教授のメモを戴いた）

開会式に引き続いて、シンポジウムが開始された。

セッションⅠは吸着材構造と特性で、この内容はセッションⅢまでである。トップバッターの発表は茅原先生の「CVDによるゼオライトへの吸着速度の制御」であった。午前中の発表件数は11件で、セッションⅡでは吉田先生がCo-chairmanを勤めた。午後からは吸着平衡と熱力学の関係で13件の発表があった。2件のキャンセルがあったにも拘わらず、質疑応答も活発で定刻より30分超過して、午後6時に第1日目は終了した。

第2日目の発表は、朝8時から始まり、昨日の内容の残りと、吸着動力学および吸着分離のセッションが行われ、13件の発表があった。ここでも1件のキャンセルがあり、また同じ人が2件発表するため、内容の違うものまで続けて発表することもあった。



第3日目は吸着分離・応用で発表件数は12件で、キャンセル1件があったが、最終のセッションVIIで鈴木先生がCo-chairmanになり、このシンポジウムの締め括りを行なった。

今回の要旨集には75の論文があったが、実際に発表したのは49件にとどまり、多くのキャンセルがあった。75の論文の内訳は吸着材構造と特性20論文、吸着平衡と熱力学14論文、吸着動力学11論文、吸着分離・応用30論文であった。国別でみると、中国40論文、日本20論文、米国15論文である。キャンセル数は日本は零であったが、米国が数件、中国が10数件であった。そのため、新たにプログラムを作ったが、更らに、数件のキャンセルや変更があった。

最後に発表した中国の論文のグラフが先に発表した他の論文のものと同一ではないかと指摘され、押し問答があったり、実験装置も同じものを用いたりして、今回のシンポジウムのために量産した感があった。

今回の参加者は、日本から20名、米国から10数名、中国からはホテルに宿泊した人だけで41名であった。開会式には100名以上の人々がいたが、3日目には30名余となり、大きな会場も空席が目立ち閑散となってしまった。本シンポジウムもポスターセッションや特別講演を加えて、1日間あるいは半日を2日間にしたら、まとまるのではなかろうか。勿論、論文内容は前以ってチェックする必要がある。

このように問題はあったが、王教授の下で事務局を担当した史小农(Shi Xiaonong)氏によれば、論文原稿受付、整理、連絡文の発送などで最後まで忙しく睡眠時間も3時間位で大変だったという。シンポジウム期間中も皆様大変忙しく、我々に対して、日中合弁会社の作ったまんじゅうやドラ焼き等のお



茶受けをだしてくれたり、多くの面で気を使って下さり、心より感謝の意を表したい。

6月5日の歓迎パーティ後、我々が泊っている別棟に戻り、皆で「三蛇蛤蚧酒」パーティの二次会を始めた。これは三種類の蛇とイモリづけの酒で、5ℓのガラス瓶に入っており、蛇やイモリと目が合うと飛び付いて来るのではないかと心配しながら、チビリ、チビリ飲んだ。当然この酒は薬用酒で効能の一つに精神困倦と書いてあった。誰かが、この蛇を食べようとナイフで切り刻んでいたら1人、2人と部屋を出ていってしまった。皆、この酒を飲んだので明日からのシンポジウムは大成功を納めることだろう。

6日の夕食後、明日の夜は中国側を招待する予定になっていたのも、町の下見に出掛けた。何軒か回った後、「富士山」という料理屋に入り、食べて、飲んで、歌って、躍って楽しく過した。いざ帰ろうとしたらマイクロバスに置いてあったチケットや現金の入っているバックが盗まれたという。警官を呼んだりしているうちに、幸いにも近くからバックが見つかった。現金だけとられたが、チケット類は入っていた。一安心して帰路につき、武装警官二人が昼夜の別なく物々しく警備しているホテルの正門を通り、午前様で帰館した。

7日の午後は、タイガー公園から観光船に乗って広大なノリ養殖場の間をゆき星海公園までの約1時間強の船旅を楽しんだ。夕食後、昨夜の料理屋へ40名程でいったら、マイクロバスの運転手のおばさんは「清水」という日本料理屋の方へ行こうとゴネたが、気を取り戻して一緒に仲間に入った。終盤近くなり、エキストラで一緒に来た女子学生らとダンスが始まり、日中友好の宴は夜遅くまで続いた。

8日の午後は大連理工大学の見学と碧海山荘で遊

んだ。大学の吸着関係の研究室にはX線回折計（島津製）、BET装置、PSA実験装置等があった。正門の庭では学生の勤労奉仕で芝の植え付けをしていた。碧海山荘は海岸線にある遊園地で、その帰りバスが市街地に入ったらバスの底から「バアーン」という大きな音がして止ってしまった。丁度そこはバス停だったので、交通警官は早く動かせと言うが、止まったものは動かせない。運転手はやおら運転席の横の大きなフタを開けて修理にとりかかった。バス内の戸棚から新しい部品を取り出し交換したらやっとエンジンがかかった。その間30分強であったが、何とかバンケットに間に合った。

バンケットでは、最初に主催者および日本側の鈴木、吉田両先生が紹介され宴が始まった。終わり近くになり、主催者側の先生が各テーブルを回って挨拶と乾杯をした後、閉会となった。その後、別棟に

座り、残っている「三蛇蛤蚧酒」を飲んで、大連の最後の夜を過した。

次回の、このシンポジウムは3年後の1997年に、場所は未決定であるが、広州辺りで開催が予定されている。



## Adsorption Session in Carbon'94 (グラナダ・スペイン)に参加して

千葉大学自然科学研究科 瀬戸山 徳彦

7月3－8日にグラナダで開催された炭素の国際会議に参加させて頂きました。私にとって初めての国際会議及び海外旅行となり、有意義かつ驚きに満ちた体験が出来たと感じています。本稿では学生の視点から、会議について感じた事を述べたいと思います。会議の内容はその名の通り全て炭素に関する報告で、構造、物性、反応性等多岐に渡るものでした。特に吸着関係の報告が数多く発表されており、吸着現象の研究をしている私にとって非常に得るものが多かったと感じています。但し、吸着分野の講演のタイムテーブルが会議中のほぼ全ての期間に渡っていた為、他分野の興味深い研究発表に出会う機会が少なかった事は残念でした。それでもなお私にとってこの会議への参加は大きな刺激になったことは言うまでもありません。又、普段では論文でしかお目にかかれない著名な先生方に会うこともでき、昼食の時に同じテーブルとなって非常に緊張してしまっただ事今では良い思い出となっています。英語が得手でない私にとって外国の人々と意志の交換を行う

事は非常に気苦労が耐えなかったのですが、ほとんどの人が私の話を忍耐強く聞いてくれました。子供達でさえ夜12時過ぎまで起きているというお国柄からか、バンケット・パーティ等は夜中の2時頃まで続き、翌日再び9時に会議が始まるという事が殆どで、さすがに最終日にもなると疲労の色を隠せない人達（私を含めて）が多く見受けられたように思えます。国際会議ではこれが普通なのか、それともスペインのお国柄かは解かりませんがとにかく相当のバイタリティが必要だと痛感しました。

今回の会議では前述の通り殆ど吸着分野に関連した発表のみを聞いていたので、ここではその内容について触れたいと思います。内容的には当然の事ながら吸着測定を用いたポーラスカーボンのキャラクタリゼーションが多く、例えばIsmail博士はサラン炭へのKr吸着について報告し、Kr吸着性においては異常性が見られ、Kr吸着を行った後でのN<sub>2</sub>比表面積はKrを吸着させる前の表面積より小さな値を示す事からKrのメモリー効果が影響している事を示唆していました。又、Stoeckli教授らは水吸着による活性炭類の細孔構造評価について報告していました。近年、分子シミュレーションを用いた吸着現象の考察及びその応用によるミクロ孔分布の決定法についての研究が新しい動きとして見られます。その様な状況を反映してか5つ程の研究報告に多くの研究者が集まっていました。この分野の更なる進展

が期待されている事の現れかもしれません。Quirke 教授は窒素分子の吸着シミュレーションによるミクロ孔分布の計算法について報告し、Olivier 博士はノンポーラス・グラファイトへの吸着について発表を行っていました。又、上述の事柄の関連事項でもある活性炭表面の構造（表面エネルギー）不均一性は昔から興味を持たれている課題であり、Jaroniec 教

授は活性炭の表面フラクタル構造からその考察を行っていました。本会議の委員長をつとめた Rodriguez-Reinoso 教授らのグループの発表も本人自身による講演はありませんでしたが、多岐にわたる分野について報告を行っていました。その他にも活性炭の固体構造、表面触媒反応等多くの興味深い研究発表がありました。紙面の都合で割愛させていただきます。

## 関連シンポジウム

### The 1996 INTERNATIONAL CONGRESS ON MEMBRANES AND MEMBRANE PROCESSES (ICOM '96)

Yokohama, Japan  
18th-23rd August, 1996

Sponsored by  
The Membrane Society of Japan  
Co-Sponsored by  
The European Society of Membrane Science  
and Technology  
The North American Membrane Society

SECRETARIAT  
Secretariat of ICOM '96  
c/o International  
Communications Specialists, Inc.  
Kasho Bldg., 2-14-9 Nihombashi  
Chuo-ku, Tokyo 103, Japan  
Phone: +81-3-3272-7981 Fax: +81-3-3273-2445

## 新入会員紹介

### 正 会 員

94-0008 高嵯裕圭（宇都宮大学工学部）  
94-0009 田中秀和（大阪教育大学（院生））  
94-0010 野村 明（工技院物質工学工業技術研究所）

94-0011 董 飛（大連理工大学化工学院）  
94-0012 阿部久雄（長崎県窯業技術センター）  
94-0013 金田裕孝（静岡ガス（株）静岡工場）

## 訂 正

Adsorption News Vol. 8, No. 3 (1994, July)  
研究ハイライト（福地，荒井）の正誤表

| 訂正位置                | 正      | 誤     |
|---------------------|--------|-------|
| 1 p.6 式 (1) 下から 2 行 | 右 ] なし | ] つける |
| 2 p.6 式 (5a), (5b)  | Am     | M     |

## 入会申込書・変更届（正会員）

|                                                                     |     |                |   |   |      |                  |    |       |
|---------------------------------------------------------------------|-----|----------------|---|---|------|------------------|----|-------|
| 平成                                                                  |     | 年              | 月 | 日 | 会員番号 |                  |    |       |
| フリガナ<br>氏名                                                          |     |                |   |   | 男・女  | 生<br>年<br>月<br>日 | 西暦 | 年 月 日 |
| 最終学歴                                                                |     |                |   |   | 卒業年次 |                  | 学位 |       |
| 勤務先                                                                 | 名称  |                |   |   |      |                  |    |       |
|                                                                     | 部署  |                |   |   |      |                  | 職名 |       |
|                                                                     | 所在地 |                |   |   |      |                  |    |       |
|                                                                     | 電話  |                |   |   | Fax  |                  |    |       |
| ご自宅住所（必ずしも記入の必要はありません）<br>〒 <div style="float: right;">電話/Fax</div> |     |                |   |   |      |                  |    |       |
| その他・連絡事項                                                            |     |                |   |   |      |                  |    |       |
| 連絡先                                                                 |     | 勤務先・自宅（何れかに○を） |   |   |      |                  |    |       |

変更の場合は、必ず会員番号と氏名をご記入のうえ、該当する項目のみをご記入下さい。

## 編 集 委 員

|     |       |           |
|-----|-------|-----------|
| 委員長 | 金子 克美 | (千葉大学理学部) |
| 委員  | 石川 達雄 | (大阪教育大学)  |
|     | 音羽 利郎 | (関西熱化学)   |
|     | 川井 雅人 | (日本酸素)    |
|     | 迫田 章義 | (東京大学)    |

|    |              |
|----|--------------|
| 上甲 | 勲 (栗田工業)     |
| 鈴木 | 孝臣 (千葉大学理学部) |
| 田門 | 肇 (京都大学)     |
| 近沢 | 正敏 (東京都立大学)  |
| 茅原 | 一之 (明治大学)    |

Adsorption News Vol.8 No.4 (1994) 通巻No.31 1994年10月5日発行

事務局 〒106 東京都港区六本木7-22-1

東京大学生産技術研究所 第4部 鈴木研究室気付

TEL : 03-3408-1483 FAX : 03-3408-1486

印刷 千260 千葉市中央区都町2-5-5

株式会社 正文社 TEL: 043-233-2235 FAX: 043-231-5562

General Secretary

Institute of Industrial Science, University of Tokyo  
7-22-1 Roppongi, Minato-ku, Tokyo 106, JAPAN  
Tel. 81-3-3408-1483 Fax. 81-3-3408-1486

Editorial Chairman

Prof. K. Kaneko  
Faculty of Science, Chiba University  
1-33 Yayoi, Inage, Chiba 263  
Tel. 81-43-290-2779 Fax. 81-43-290-2788