

Adsorption News

Vol. 25, No. 1 (April 2011)

通巻No.96

目 次

○巻頭言.....	2
会長をお引き受けして	迫田 章義
○研究ハイライト.....	3
単分散カーボンクライオゲルビーズの合成に関する研究	山本 拓司
○ホットトピックス.....	10
機能性両親媒性物質の界面吸着挙動	酒井 健一
○会 告.....	17
平成23年度日本吸着学会賞受賞候補者推薦のお願いと要領	
第25回日本吸着学会研究発表会のお知らせ	
事務局移転のお知らせ	
○関連学会のお知らせ.....	19
○維持会員一覧.....	25

日本吸着学会
The Japan Society on Adsorption

巻 頭 言

会長をお引き受けして

東京大学生産技術研究所

迫 田 章 義



このたびの東北地方太平洋沖地震、さらにこれに伴う津波、原子力発電所の事故などにより、被災されました会員および会員のご家族、ご友人、ご関係の皆様、心よりお見舞い申し上げます。被災地の1日も早い復旧・復興を心からお祈り申し上げます。日本吸着学会としまして、何をなすべきか、何ができるかを、少し時間をかけて検討し行動していくべきだと思います。

2011年度と2012年度の日本吸着学会の会長をお引きすることとなり、まことに光栄に思いますと共に、身の引き締まる思いで一杯でございます。微力ながらこれから2年間、全力で取り組む所存でございます。副会長、理事の皆様をはじめ、会員各位のご協力をよろしくお願いします。

さて、小生の略歴を本頁右下に示しておりますが、吸着に入門したのは大学院で、吸着剤充填槽内の伝熱と吸着熱を利用する熱プロセスが最初の吸着研究でした。その後、東京理科大では活性炭素繊維の水処理への応用と直列多塔式速度分離PSA、ミシガン大では吸着によるバイオセパレーション、東大生研では環境・化学工学の研究室に所属、そして運営する立場として水処理、物質循環、ゼロエミッション等に携わり、現在は吸着、水環境、バイオマスの3本柱の境界領域に研究テーマを見出しているつもりです。このようなことから、自分は「純」吸着の専門家ではなく、吸着を様々な分野に展開する研究をしてきたと思っております。

そんな小生が、最近の日本吸着学会の研究発表会等で感じることがあります。それは、工学系の研究、あるいはプロセス開発の再活性化が必要ではないかということ。自分自身が工学系ですので、自分自身への戒めでもあります。会員の皆様には言うまでもなく、また本会の設立趣旨でもありますように、吸着現象の

基礎、それに基づいた吸着剤の開発、それを用いたプロセスの開発が一体となって、初めて吸着が社会に役立つのだと思います。現状は、ナノ材料である吸着剤の開発にやや偏りすぎる傾向があるのではないのでしょうか。ナノ材料の研究開発はもちろん重要で、「世界一」をめざす研究、チャンピオンデータをとる実験はわが国でやるべきことのひとつだと思います。むしろ、プロセス開発の方がやや沈滞気味であって、その原因のひとつが向かう先が不透明ということであれば、再活性化の突破口のひとつに開発途上国向けのプロセス開発があると思います。安価な吸着剤を製造するプロセスもこれに含まれます。これもわが国でやるべきことのひとつではないのでしょうか。このあたりは小生の思い込みの感もあり、会員の皆様、特に企業会員の皆様と議論していければ幸いに思います。

さて、日本吸着学会は2012年5月に25周年を迎えます。そこで、第25回日本吸着学会研究発表会は、寺岡靖副会長（九州大学）に実行委員長をお願いし、日本吸着学会創立25周年記念大会として2011年11月に沖縄産業支援センターにおいて開催予定です。このような節目の時期に会長をお引き受けし、力むことなくしっかりと責任を果たすべし、と改めて自分に言い聞かせております。皆様のご協力をお願いします。

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	同講師
	1992年12月	同助教授
	2000年7月	同教授、現在に至る

研究ハイライト

単分散カーボクライオゲルビーズの合成に関する研究

Preparation and characterization of monodisperse carbon cryogel beads

産業技術総合研究所 環境化学技術研究部門
Research Institute for Innovation in Sustainable Chemistry,
National Institute of Advanced Industrial Science and
Technology (AIST)

山本 拓司
Takuji Yamamoto

1. はじめに

メソ孔（IUPACの定義では直径が2-50nmの細孔）やマイクロ孔（細孔直径2 nm以下）の発達した多孔体は、種々の化学プロセスにおいて吸着剤や触媒担体として利用されている。多孔体の工業利用には、細孔特性の制御に加えて粒子形状の制御が極めて重要である。多孔体の充填物は、工業的には微粉体状の多孔体にバイ

ンダー（固着剤）を添加してビーズ状やペレット状に成型する方法で製造されるが、バインダーに含まれる成分が多孔体の細孔構造を閉塞することで、吸着剤や触媒担体としての性能を低下させてしまう場合がある。バインダーを用いずに、すなわちバインダーフリーで、多孔体の粒子形状を制御するための技術を確認できれば、多孔体を成形する上で有用であると考えられる。

カーボクライオゲル（以下、CCと略記）は、図1に示す様に、フェノール類とアルデヒド類のゾルゲル反応によって得られる有機湿潤ゲルを凍結乾燥し、さらに炭化することで得られるメソ孔性炭素である¹⁻³⁾。CCは大きさを制御可能なメソ孔を多数有しているため、マイクロ孔の発達した従来の活性炭とは異なった特性を有することが期待され、吸着剤、触媒担体、電気二重層キャパシタやリチウムイオン2次電池用負極材料としての応用が検討されてきた⁴⁻⁷⁾。CCの細孔特性制御に関する研究はこれまでに数多く報告されている⁸⁾が、粒子形状の制御に関しては未だ検討すべき課題が多い。特に、CCを単分散のビーズ状に成型することができれば、反応器やカラムへの充填が容易になると考えられる。

そこで本研究では、CCを単分散ビーズ状にバインダーフリーで合成するための手法を検討した。造粒法として、液滴固化造粒法と膜乳化法をそれぞれ用いて、

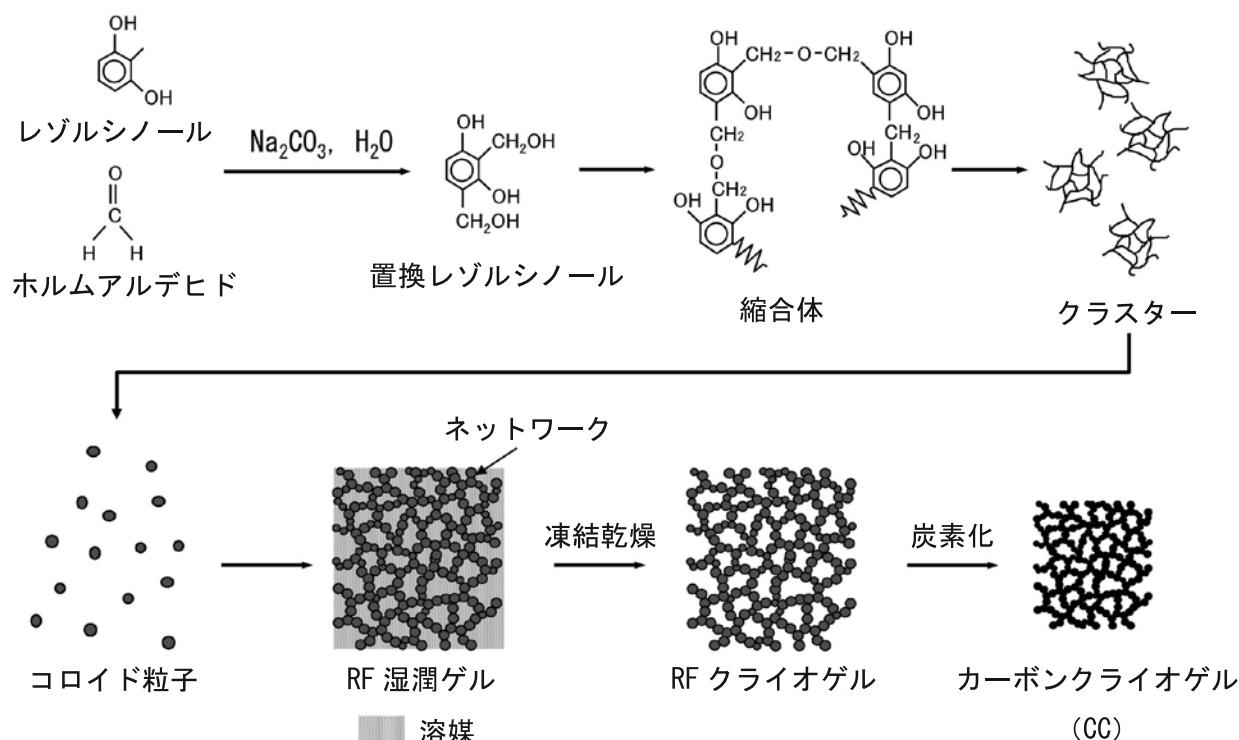


図1 カーボクライオゲルの細孔形成過程の模式図

合成条件がCCビーズの粒子径分布や細孔特性に与える影響を検討した。また、単分散CCビーズに金属を担持することで触媒を作製し、オゾン促進酸化反応による水中フェノールの分解反応をモデル反応として、CCビーズの触媒担体としての性能を評価した。

2. 液滴固化造粒法

CCの前駆体である有機湿潤ゲルの原料としてレゾルシノール・ホルムアルデヒド (RF) 水溶液を用いた。また、RF水溶液のゾル-ゲル反応の触媒として炭酸ナトリウムを使用した。RF水溶液中のレゾルシノールと炭酸ナトリウムのモル比 (R/C) を100~800の範囲で調節した。

本方法には図2に示す様な装置を製作して用いた。本装置ではシリンジポンプを用いて、RF水溶液をシリンジ針 (針の内径300 μ m) の先端から一定の流量で吐出させた。一方、円管内にはシリコンオイルを一定速度で送液した。シリコンオイルを送液するポン

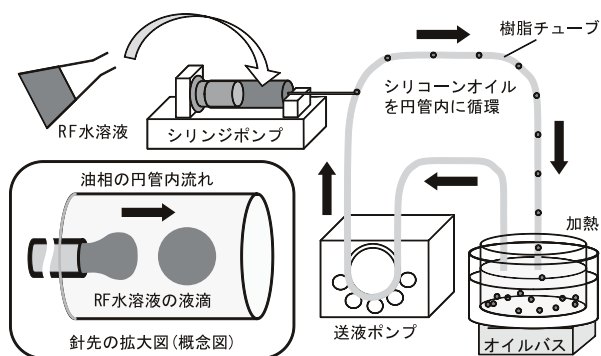


図2 液滴固化造粒法で使用した装置の概略図

プの脈流により、RF水溶液は一定の時間間隔でシリンジ針の先端から採取され、シリコンオイル中で球形の液滴を形成した。これらの液滴は363Kに温度調節したオイルバスに輸送され、真球形を保ったまま短時間でゲル化し、その結果、ビーズ状のRF湿潤ゲルが得られた。本実験では、シリコンオイルの円管内での平均線速度がCCビーズの粒子径に与える影響と、RF水溶液のR/C比が細孔特性に与える影響をそれぞれ検討した。なお、RF水溶液は炭酸ナトリウムの触媒作用により、室温でもゾル-ゲル反応が進行し徐々に粘度が増加する。そのため、本実験には粘度変化が小さい、すなわちゲル化反応が比較的初期の段階のRF水溶液を使用した。

粒度分布を比較するために、従来法である逆相乳化重合法を用いてもRF湿潤ゲルビーズを合成した。逆相乳化重合法の詳細については既報を参照して頂きたい⁹⁾。本方法では、界面活性剤ソルビタンモノオレエートを使用し、シクロヘキサン中にRF水溶液を注入し

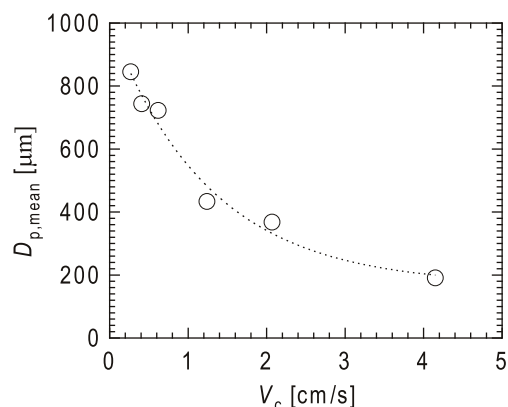


図4 CCビーズの平均粒子径に対するシリコンオイルの円管内平均線速度の影響

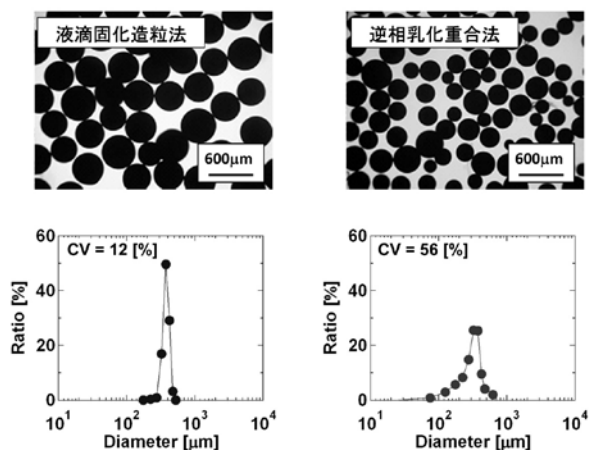


図3 CCビーズの光学顕微鏡写真と粒度分布

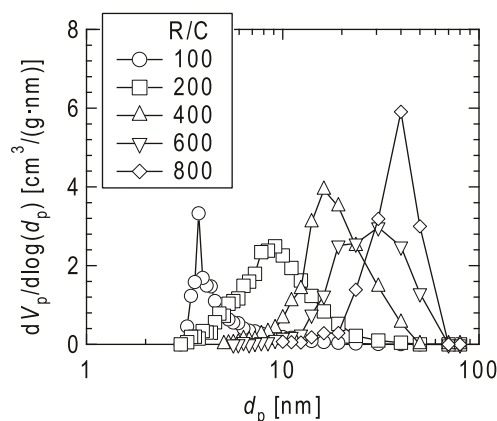


図5 液滴固化造粒法で作製したCCビーズの細孔径分布のR/C比への依存性

た後、機械的に攪拌しRF水溶液をシクロヘキサン中に分散してゲル化させることで、ビーズ状のRF湿潤ゲルを合成した。

液滴固化造粒法と逆相乳化重合法を用いてそれぞれ合成したRF湿潤ゲルビーズは、細孔内の水を主成分とする溶媒をトルブタノールで置換した後に凍結乾燥し、窒素雰囲気中で1273Kで炭素化することでCCビーズを作製した。CCビーズは光学顕微鏡または電子顕微鏡（SEM）で観察し、画像を解析することで粒子径分布を求めた。粒子径分布の変動係数(CV: Coefficient of Variation)は、ガウス分布を仮定して求めた粒子径分布の標準偏差と平均粒子径を元に、式(1)を用いて算出した。また、CCビーズへの窒素ガス吸脱着等温線を77Kで測定し、等温線を解析することで細孔特性を評価した。

$$CV[\%] = (\text{粒子径分布の標準偏差}) / (\text{平均粒子径}) \times 100 \quad (1)$$

液滴固化造粒法と、逆相乳化重合法でそれぞれ作製

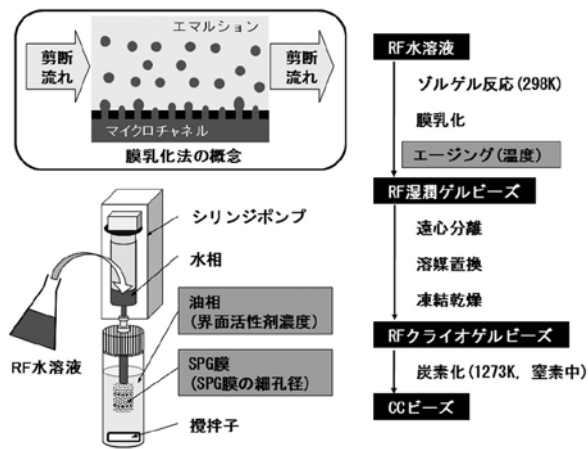


図6 膜乳化法の原理と実験手順

表1 界面活性剤濃度のCCビーズの粒子径分布への影響

Cs [wt.%]	平均径 [μm]	標準偏差 [μm]	CV [%]
0.4	9.0	1.2	13
1.0	8.4	1.1	14
2.0	8.3	1.0	12
3.9	7.8	2.6	34
7.8	5.3	2.1	40
16	4.5	2.1	48
31	3.4	1.6	47

したCCビーズの光学顕微鏡写真と粒子径分布を図3に示す。逆相乳化重合法の場合には粒度分布のCVが50%程度と大きくCCビーズは多分散になるのに対し、液滴固化造粒法の場合にはCVは10%程度まで減少した。この結果から、液滴固化造粒法は単分散CCビーズの作製に有効な方法であることを確認した。また、図4に示す様に、CCビーズの粒子径はシリコンオイルの円管内での平均線速度を変えることで、制御可能であることが分かった。

一方、単分散CCビーズの細孔径分布は、図5に示す様にR/C比に依存して変化した。R/C比を100~800 [-]の範囲で調節することで、細孔径分布のピーク値を3~40 [nm]の範囲で制御可能であることを確認した。以上の様に、液滴固化造粒法を用いて、単分散CCビーズの粒子径と細孔径を、それぞれ独立に制御するための技術を確立した¹⁰⁾。

3. 膜乳化法

膜乳化法はマイクロチャネル乳化法とも呼ばれており、サブミクロン~数十ミクロンの均一な大きさの貫通孔を有する乳化素子を用いてエマルションを調製する方法である^{11, 12)}。本方法は機械的乳化法に比較して均一なエマルションを効率的に調製可能であり、食品や医薬品の製造に実用化されている。膜乳化法は、原理的には図6に示す様に剪断流れ中にマイクロチャネルから水相（または油相）を油相（または水相）中に

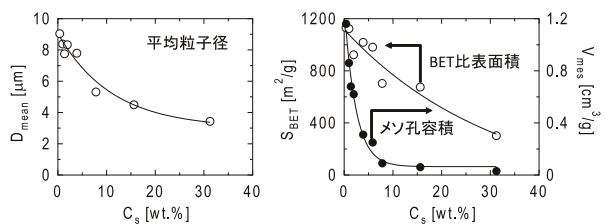


図7 膜乳化法で作製したCCビーズの平均粒子径と細孔特性に与える界面活性剤濃度の影響

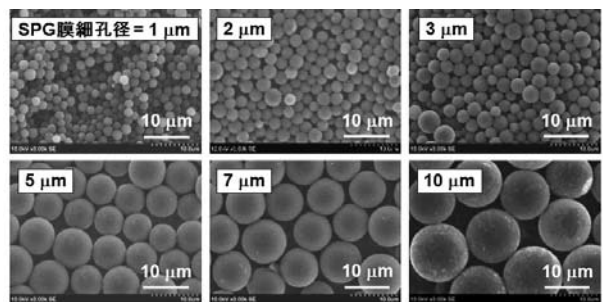


図8 膜乳化法で作製したCCビーズのSEM像

連続的に吐出して微細な液滴を形成することでエマルションを調製可能であるが、均一な粒子径のエマルションを得るためには界面活性剤を適当な濃度で添加する必要がある。そこで、まず界面活性剤の濃度がエマルションの粒子径分布に与える影響を検討した。次に、使用するSPG膜の細孔径、エージングの温度がCCビーズの粒子径分布や細孔特性に与える影響についてそれぞれ検討した。また、レゾルシノールの代わりに安価なフェノール¹³⁾を原料として用いた単分散CCビーズの合成についても併せて検討したので報告する。

図6に膜乳化装置の概略図とCCビーズの作製手順を示す。乳化素子としてエス・ピー・ジーテクノ株式会社製の、表面を疎水化処理したShirasu-Porous-Glass (SPG) 膜を使用した。界面活性剤としてソルビタンモノオレエートを使用し、RF水溶液をSPG膜の微細孔からシクロヘキサンまたはシクロオクタン中に吐出することで、油中水 (W/O) 型エマルションを調製した。

エマルション中のRF水溶液の液滴がゲル化した後、

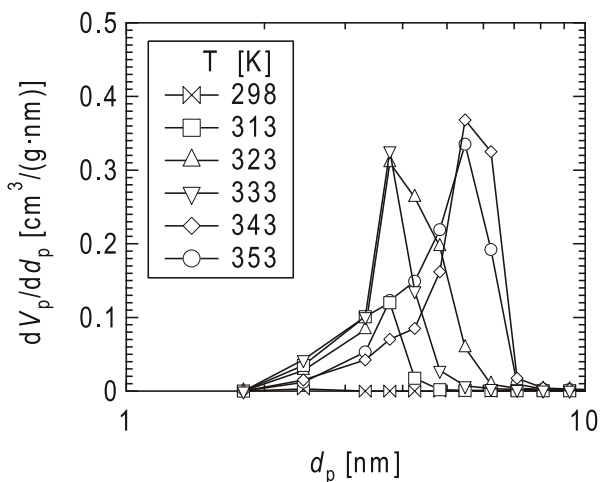


図9 エージング温度が単分散CCビーズの細孔径分布に及ぼす影響

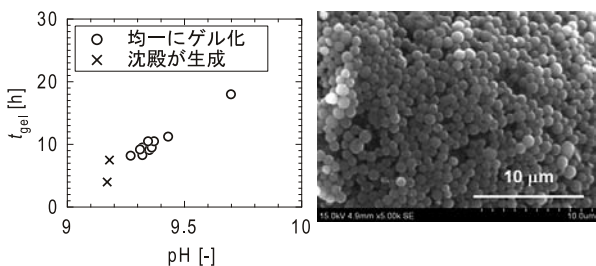


図10 (左) PF水溶液のpHとゲル化時間との相関、(右) PF水溶液から作製したCCビーズのSEM像

所定温度で保持 (エージング) して微小なビーズ状のRF湿潤ゲルを合成し、さらに凍結乾燥、炭素化することでCCビーズを作製した。RF湿潤ゲルビーズの粒子径分布は、レーザー回折式粒度分布計で測定し、式 (1) を用いて変動係数 (CV) を算出した。CCビーズの粒子径分布はSEM写真を画像解析することで求め、細孔特性は窒素ガス吸着法によって評価した。

膜乳化法では、乳化素子のマイクロチャネルから液滴がスムーズに脱離する条件では均一なエマルションが得られるのに対し、液滴が乳化素子から脱離しにくい条件ではエマルションの粒子径が多分散になってしまう。表1に界面活性剤濃度 (Cs) を変えて作製したCCビーズの平均粒子径、粒子径分布の標準偏差、CVをまとめた。Csが2 [wt.%) 以下の条件では良好な分散状態のW/O型エマルションが形成され、エマルションの粒子径分布を測定した結果、CVが10[%]程度で単分散のRF湿潤ゲルビーズが形成されていることを確認した。一方、Csが2 [wt.%) より大きい条件では、RF水溶液がSPG膜の表面に付着しやすくなり、W/O型エマルションの作製は困難であった。表1に示す様

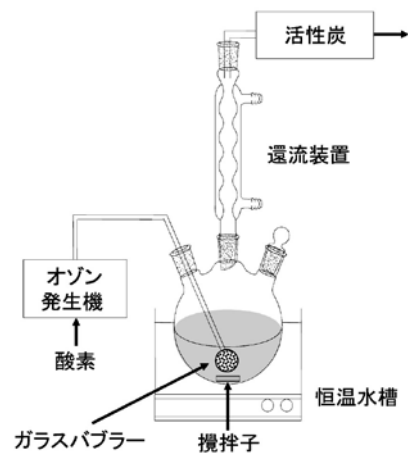


図11 オゾン促進酸化反応に使用した実験装置の概略図

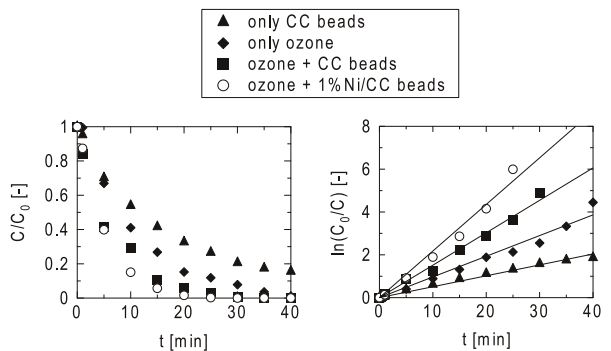


図12 水中フェノール濃度の経時変化と反応速度の解析結果 (金属担持CCビーズによる反応促進効果)

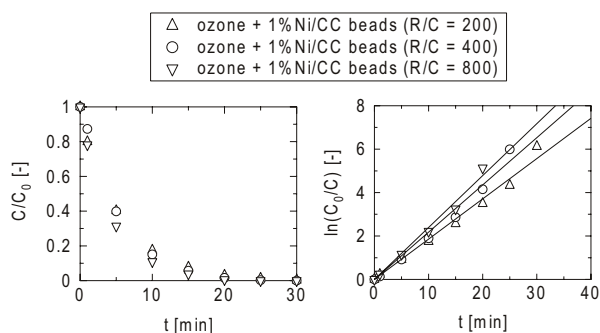


図13 水中フェノール濃度の経時変化と反応速度の解析結果
(CCビーズのメソ細孔径に対する依存性)

に界面活性剤濃度の増加に伴ってCVが大きくなることに加え、図7に示す様に平均粒子径、メソ孔容積、BET比表面積が小さくなってしまふことが分かった。以上の結果から、界面活性剤の濃度は1.0 [wt.％] に固定した。

図8に細孔径の異なるSPG膜を用いて作製したCCビーズのSEM像を示す¹⁴⁾。CCビーズの粒子径はSPG膜の孔径と概ね等しいことが確認できる。この様に、膜乳化に使用するSPG膜の細孔径を変えることでCCビーズの粒子径を制御可能であることが判明した。また、図9に示す様に単分散CCビーズのメソ孔径はエージング温度の上昇に伴って増加する傾向を示す。これは、高温でのエージング処理によってレゾルシノールとホルムアルデヒドの脱水縮合反応が促進され、より強固なネットワークが形成されるからと考えられる。

次に、フェノールを原料として単分散CCビーズの合成を検討した結果を述べる。フェノール・ホルムアルデヒド (PF) 水溶液を出発原料として用いてもメソ孔の発達したCCが合成可能であることが、これまでに報告されている¹⁵⁾。RF水溶液の場合は室温でもゲル化が進行するのに対し、PF水溶液の場合は反応速度が比較的小さく、363 [K] 程度の高温でなければゲル化が進行しない。363 [K] のPF水溶液を用いて膜乳化を検討したが、高温では界面活性作用が失われ安定したエマルションが得られなかった。そこで、PF水溶液を膜乳化前に363 [K] で一定時間保持することで、反応をある程度進行させた後、室温まで冷却してから膜乳化する方法を試みた。PF水溶液のゾル-ゲル反応の触媒として炭酸ナトリウムを使用した場合には、PF水溶液を363 [K] で反応させた後、室温まで冷却した際に沈殿が生成し、均一な溶液状態を維持することは不可能であった。そこで、炭酸ナトリウムに代えて水酸化ナトリウムをPF水溶液のゾル-ゲル

反応の触媒として用いたところ、図10に示す様に、PF水溶液のpHが9.2より大きい条件であれば、363 [K] で反応させた後、室温まで冷却しても均一な溶液状態を維持できることを確認した¹⁶⁾。pH = 9.3の条件で調製したPF水溶液を以上の様に363 [K] で反応させ冷却した後、孔径が0.5 [μm] のSPG膜を用いて膜乳化することでエマルションを調製し、CCビーズを作製した。得られたCCビーズのSEM像を図10に示す。SEM像を解析することで粒子径分布を求めた結果、CVは30 [%] であり、CVを10 [%] 程度まで低減するにはさらに膜乳化の条件を改良する必要があるが、フェノールとホルムアルデヒドを出発原料として用いても、逆相乳化重合法などの従来法に比較して粒子径の揃ったCCビーズが合成可能であることを確認した。

4. 単分散CCビーズの触媒担体としての性能を評価

本節では、液滴固化造粒法で合成したCCビーズのメソ孔に金属を担持して触媒を調製し、水中フェノールのオゾン促進酸化反応に及ぼす触媒の効果を検討した結果¹⁷⁾を報告する。実験には、図11に示す様なバッチ式反応器を使用し、反応にともなう水中のフェノールの濃度変化を高速液体クロマトグラフィーで測定した。実験条件を以下に示す。なお、オゾンはフェノールに対して大過剰で供給されているため、反応中のオゾンの濃度変化は無視し、フェノールの分解反応はフェノールの濃度に対する一次反応と仮定した。

フェノールの初期濃度	100 [wt.ppm]
フェノール水溶液の体積	200 [cm ³]
反応温度	298 [K]
触媒添加量	0.5 [g]
供給ガス中のオゾン濃度	35 [g/m ³]

まず、オゾンを供給せずにR/C = 400の条件で合成したCCビーズのみを水溶液に添加した場合、水溶液にCCビーズを添加せずにオゾンのみを供給した場合、金属未担持のCCビーズをオゾンと併用した場合、ニッケルを1 [wt.％] 担持したCCビーズをオゾンと併用した場合の結果を比較した。

図12に水溶液中のフェノール濃度の経時変化と、反応速度定数を求めた結果をそれぞれ示す。右側のグラフで、直線の傾きが反応速度定数に等しい。CCビーズのみを添加した場合には、CCビーズへのフェノールの吸着の効果のみによってフェノールの濃度が減少し、フェノールの減少速度は比較した中で最も小さい。

一方、CCビーズを添加せずにオゾンのみを供給した場合には、CCビーズのみの場合に比較して減少速度は大きくなるが、フェノールの濃度がゼロになるまでに50 [min] 程度を要する。これに対して、CCビーズを処理水に添加するとフェノールの濃度が迅速に減少し、40 [min] 以内ではほぼゼロになった。また、CCビーズの代わりにニッケル担持CCビーズを用いた場合にはフェノールの濃度はさらに迅速に減少した。以上の結果から、オゾンを用いたフェノールの分解反応におけるCCビーズを担体とする触媒の分解促進効果を確認した。

次に、メソ孔径の異なる3種類のCCビーズ (R/C = 200、400、800) を担体として、ニッケルを担持して作製した触媒をそれぞれ用いてオゾン促進酸化反応を行い、フェノール濃度の経時変化を比較した結果を図13に示す。図5で示した様に、R/C比が大きいほどCCビーズのメソ孔径は大きい。比較的大きいメソ孔を有するCCビーズを担体に用いた場合にはフェノールの濃度がより迅速に低下した。この結果から、CCビーズのメソ細孔がフェノールや分解生成物の拡散に有利に影響し、フェノールの分解反応を促進したと考えられる。

5. まとめと今後の展開

単分散のカーボンプライオゲルビーズ (CCビーズ) をバインダーフリーで合成するための方法を確立し、単分散CCビーズの粒子径や細孔特性の制御に必要な知見を明らかにした。また、水中フェノールのオゾン促進酸化反応をモデル反応として単分散CCビーズの触媒担体としての性能を評価し、反応促進効果を確認した。今後は、これまでに確立したメソ孔性カーボンの細孔・粒子形状制御技術を元に、カーボンプライオゲル以外の材料も視野に入れて、メソ孔性多孔体を用いることで高効率化・省エネルギー化を達成することが可能な化学プロセスの研究開発に携わっていきたいと考えている。

謝 辞

本研究は、私が京都大学大学院博士後期課程で取り組んだテーマを元に、産業技術総合研究所入所以来、カーボンプライオゲルの応用研究の一環として実施してきたものです。在学中にご指導を賜りました田門肇先生に心より御礼申し上げます。また、本研究を通して、国内外の大学の先生方と共同研究させて頂きまし

たが、京都大学の佐野紀彰先生、タイのChulalongkorn大学のTanthapanichakoon Wiwut先生、同Charinpanitkul Tawatchai先生、韓国のDong-A大学のKim Young-Han先生には大変お世話になりました。紙面をお借りして御礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) H. Tamon, H. Ishizaka, T. Yamamoto, T. Suzuki, *Carbon* **37**, 2049 (1999).
- 2) H. Tamon, H. Ishizaka, T. Yamamoto, T. Suzuki, *Carbon* **38**, 1099 (2000).
- 3) T. Yamamoto, T. Nishimura, T. Suzuki, H. Tamon, *Drying Technol.* **19**, 1319 (2001).
- 4) A.C. Pierre, G.M. Pajonk, *Chem. Rev.*, **102**, 4243 (2002).
- 5) S.R. Mukai, T. Sugiyama, H. Tamon H: *Appl. Catal. A: General*, **256**, 99 (2003).
- 6) T. Hasegawa, S.R. Mukai SR, Y. Shirato, H. Tamon, *Carbon*, **42**, 2573 (2004).
- 7) S. Sepehri, B.B. García, Q. Zhang, G. Cao, *Carbon*, **47**, 1436 (2009).
- 8) S.A. Al-Muhtaseb, J.A. Ritter, *Adv. Mater.*, **15**, 101 (2003).
- 9) T. Yamamoto, S.R. Mukai, T. Sugimoto, T. Suzuki, H. Tamon: *Carbon*, **40**, 1345 (2002).
- 10) T. Yamamoto, A. Endo, A. Eiad-ua, T. Ohmori, M. Nakaiwa, *AIChE Journal*, **53**, 746 (2007).
- 11) T. Nakashima, M. Shimizu, M. Kukizaki, *Adv. Drug. Deliver. Rev.*, **45**, 47 (2000).
- 12) G. Vladislavljevic, R. Williams, *Adv. Colloid Interfac.*, **113**, 1 (2005).
- 13) G. Carlson, D. Lewis, K. McKinley, J. Richardson, T. Tillotson, *J Non-Cryst. Solids*, **186**, 372 (1995).
- 14) T. Yamamoto, T. Ohmori, Y.-H. Kim, *Micropor. Mesopor. Mat.*, **112**, 211 (2008).
- 15) S.R. Mukai, C. Tamitsuji, H. Nishihara, H. Tamon, *Carbon*, **43**, 2618 (2005).
- 16) T. Yamamoto, T. Ohmori, Y.-H. Kim, *Carbon*, **48**, 912 (2010).
- 17) T. Yamamoto, S.-I. Kim, J. Chaichanawong, A. Eiad-ua, T. Ohmori, *Appl. Catal. B: Environmental*, **88**, 455 (2009).



山本 拓司
独立行政法人産業技術総合研究所
環境化学技術研究部門
化学システムグループ 主任研究員

2002年 京都大学大学院工学研究科化学工学専攻
博士後期課程修了
同年 産業技術総合研究所 環境調和技術研究部門
熱利用化学システムグループ 研究員
2006年 産業技術総合研究所 環境化学技術研究部門
化学システムグループ 研究員
2009年より現職

ホットトピックス

機能性両親媒性物質の界面吸着挙動

Interfacial Adsorption of Functionalized Amphiphilic Materials

東京理科大学 理工学部 工業化学科
Department of Pure and Applied Chemistry,
Faculty of Science and Technology,
Tokyo University of Science

酒 井 健 一
Kenichi Sakai

1. はじめに

釈迦に説法とはなるが、自然界には気／液、液／液、固／液、気／固ならびに固／固という5種類の界面が存在する。これら界面でおこる現象を明らかとし、さらにはそれを能動的に制御することが、「界面科学」における究極の目標であると考えている。筆者は幸いなことに、学生時代から一貫して、「コロイド・界面化学」と「機能物質化学」という2つの学術基盤を看板に掲げた研究室に所属することができた。とりわけ筆者が興味をもって取り組んできた研究課題は、機能性を持った両親媒性物質が織り成す自発的な吸着現象の理解とそこで形成された分子吸着層の機能解析である。ここで主に取り扱ってきた界面は、固体と液体(特に水溶液)の界面である。今回光栄にも、日本吸着学会の学会誌編集局からホットトピックスへの寄稿依頼を頂戴した。貴学会の研究発表会プログラムを拝見すると、気／固界面でおこる現象に興味をもたれている方が多いように感じられた。以下、筆者が手がけてきた研究を紹介させていただくが、貴学会においてはマイナーな位置づけとも思われる固／液界面での話にも本稿を通じて興味を持っていただければ幸甚である。

2. 固／液界面への吸着挙動を明らかにする実験手法

固体表面に両親媒性物質(界面活性剤)が液相吸着していく挙動は従来、吸着等温線を作成したり、固体表面の ζ 電位を測定したりするなどして評価されることが一般的であった。これらの知見を元に、比較的小さな分子量を有する界面活性剤については、いくつかの吸着モデル(reverse orientation model; surface

bilayer model; small surface micelle model等)が提唱されている¹⁾。

これら間接的な実験手法に加えて、1990年代の後半からは原子間力顕微鏡(AFM)による分子吸着層の直接観察が行われるようになった。AFMによる表面像観察は、極めて鋭利なプローブ先端と試料(吸着層)表面との間に働く微小な斥力を溶液中でin situ検出し、その斥力をマッピングすることで実現している(ソフトコンタクト法)²⁾。具体的な実験証例については、筆者のまとめた総説があるので、そちらも参照いただければ幸いである^{3, 4)}。

筆者が手がけている研究では、固体のサンプルが粒子状(マイクロあるいはナノサイズ)の場合には本章の冒頭で紹介したような古典的な実験手法を用いる一方、平板状の場合にはAFMのソフトコンタクト法や水晶振動子マイクロバランス(QCM-D)法^{5, 6)}、さらには光学反射法^{7, 8)}といった比較的新しい実験手法を採用している。以下ここでは、QCM-D法について概説する。

QCM-D法は、ある一定の発振周波数で振動している振動子の表面に物質が吸着すると、その質量に比例して振動数も変化することを利用した測定手法である。この比例関係はSauerbreyの式⁹⁾として知られている。また、Q-Sense社が提供しているQCM-D装置では、振動数の変化と同時に、Dissipation(エネルギー散逸)と呼ばれる値も測定できる。この値は振動子の表面に形成された吸着膜の粘弾性に関係する指標となる。QCM-D法は以下のような特長を有することから、固／液界面における分子吸着挙動を定量評価する上でたいへん有益な測定手法となっている。

- ① 気相中のみならず液相中におけるin situ反応解析にも適応でき、0.5秒程度の間隔で振動数(とDissipation値)の変化を観測できる。
- ② 高感度で質量変化を観測できる(例えば基本振動数が5 MHzのA-Tカット水晶振動子の場合、1 Hzの振動数変化で $17.7 \text{ ng/cm}^2 = 0.177 \text{ mg/m}^2$ の質量変化を観測できる)。
- ③ Q-Sense社のQCM-D装置の場合、一般的なQCM装置で用いられている金センサーだけでなく、シリカ、アルミナ、ハイドロキシアパタイト、白金、ポリスチレンなどで表面修飾したセンサーも市販されている。

一方、QCM-D法で見積もられる質量の変化を、ただ単純に「吸着量」と解釈するのは危険であり、その

吸着層中に含まれる溶媒和量¹⁰⁻¹³⁾、さらにはバルク粘性の効果¹⁴⁾なども考慮しなければならない。そのため、光学反射法やエリプソメトリー、あるいは表面プラズモン共鳴法といった物質そのものの吸着量が見積もられる測定手法とデータの照らし合わせを行うことが望ましい（一方で、このような測定手法には基板の選択性に制限がつく場合が多い）。このような背景から、筆者の場合、1つの実験手法のみに頼るというよりは、複数の実験手法から得られる知見を組み合わせるというスタイルで研究を進めている。

3. ジェミニ型界面活性剤が形成する分子吸着層

典型的な両親媒性物質として教科書レベルでも記載があるのは、一つの親水基と一つの疎水基が分子内に共存している界面活性剤であろう。このような典型的な界面活性剤をここでは、「一鎖一親水基型」あるいは「モノメリック型」と呼ぶ。このような一鎖一親水基型の界面活性剤二分子をそれらの親水基近傍で連結させた界面活性剤は「ジェミニ（双子）型」と称される（図1）¹⁵⁻¹⁹⁾。ジェミニ型界面活性剤の一般的な特徴として、極めて低い臨界ミセル濃度（cmc）を有しているにも関わらず良好な水溶解性を示すこと、表面張力の低下能や気泡の安定性にも優れること、さらには比較的低濃度からでも高次な分子集合体（ベシクルやひも状ミセル等）を自発的に形成するといったことが報告されている。すなわち、ジェミニ型界面活性剤は少量の添加でも従来型（一鎖一親水基型）以上の機能を発現できる低環境負荷の次世代材料として注目されている。しかし、ジェミニ型界面活性剤の合成プロセスは一鎖一親水基型のそれよりも煩雑となる（結果、高コスト化を招く）ため、市場に提供されているジェミニ型界面活性剤は限定的となっている。そこで筆者の所属する研究室では現在、製造コストを抑えたジェミニ型界面活性剤の開発を進めている²⁰⁻²²⁾。

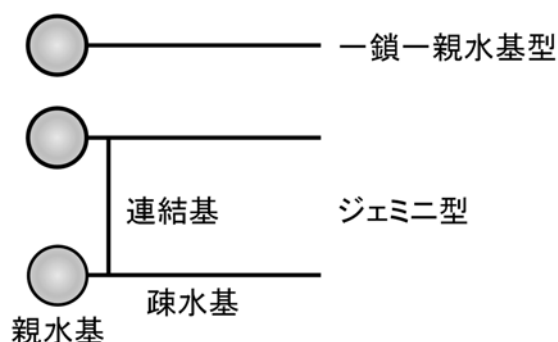


図1 ジェミニ型と一鎖一親水基型界面活性剤の模式図

このような実用化を指向した研究ももちろん重要ではあるが、ジェミニ型界面活性剤の基礎的な界面物性に関する研究も同時に進めている。本稿は固／液界面に対する機能性両親媒性物質の吸着現象を主題に据えているので、ここではジェミニ型界面活性剤の特徴的な挙動を以下にまとめておく（一鎖一親水基型との比較として記す）。

- ① 飽和吸着領域に達する濃度が極めて低い（cmcが低いことに起因）²³⁾。
- ② 一本鎖あたりで換算すると、吸着密度が高い²³⁾。
- ③ 固／液界面に形成される分子吸着層の曲率が大きい、すなわち（二分子吸着膜のような）平滑な分子吸着層が形成されやすい²⁴⁾。

筆者はこの数年間で、糖鎖を有するジェミニ型界面活性剤のシリカ表面に対する吸着挙動²⁵⁾、陽イオン性ジェミニ型界面活性剤の粘土鉱物（モンモリロナイト）に対する吸着挙動²⁶⁾、ならびに重合性反応基を有する陽イオン性ジェミニ型界面活性剤の有機（メラミンホルムアルデヒド）微粒子への吸着挙動²⁷⁾などを検討しており、上記3つの特徴に従う実験結果を見出している。

以下ここでは、ジェミニ型と一鎖一親水基型の界面活性剤を混合した場合に形成される分子吸着層の性質について述べる²⁸⁾。このような混合系に着目した理由は学術的な興味と同時に、ジェミニ型界面活性剤の示す優れた界面化学的な機能を一鎖一親水基型で「薄めた状態」、すなわち「ジェミニ型の使用量を削減し、総コストを抑えた状態」でも発現させることはできないかという発想に基づく。一例として陽イオン性のジェミニ型界面活性剤12-2-12と非イオン性の一鎖一親水基型界面活性剤C₁₂EO₈混合系のソフトコンタクトAFM画像（水溶液中in situ測定・シリカ基板）を図2に示す。これら界面活性剤の構造式も図2中に示してある。C₁₂EO₈が単独で系に添加されると、図2 (a)に示すディスク状の吸着会合体が観察される。ここに12-2-12が添加されていくと、図2 (b)に示すひも状の吸着会合体（ $a = 0.1$ 、 a は12-2-12のモル分率）を経て、図2 (c)のラメラ状二分子膜（ $a = 0.5$ ）へと構造変化した。このような二分子膜は12-2-12を単独で添加した場合にも同様に観察されることから、本結果はジェミニ型界面活性剤の使用量削減に資する基礎的知見と認められる。

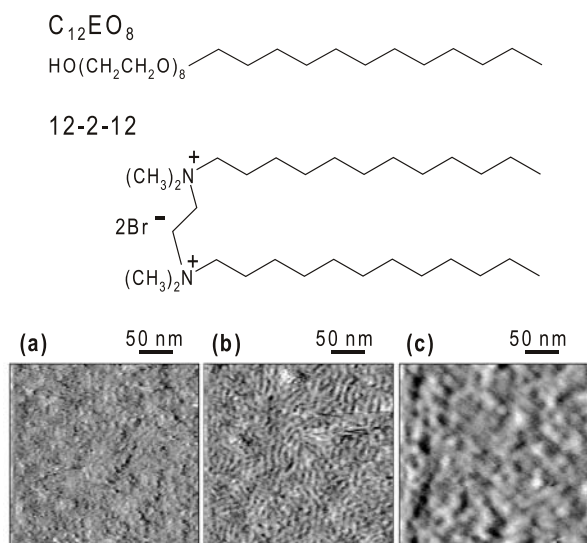


図2 12-2-12/C₁₂EO₈混合系のソフトコンタクトAFM画像
(参考文献28より転載許可を得て掲載・一部改編)

このような混合吸着挙動に対して、QCM-D法により定量的な解析も試みた²⁸⁾。図3 (a)に12-2-12とC₁₂EO₈を混合した場合の吸着等温線を示す。ここで横軸は界面活性剤の全濃度、縦軸は総吸着量である(QCM-D法では各成分の吸着量を分離して定量することはできず、また、その吸着層中に含まれる水分子の量もあわせて見積もられる)。ジェミニ型である

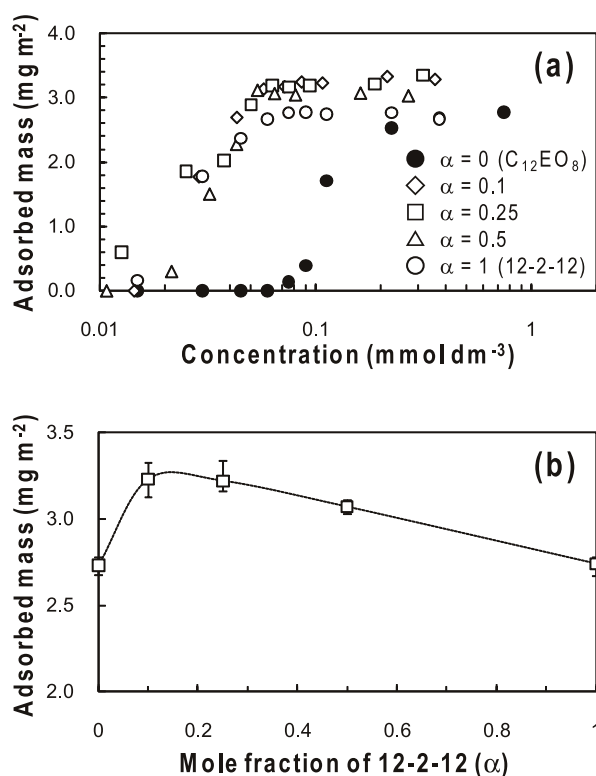


図3 12-2-12/C₁₂EO₈混合系のQCM-D測定結果
(参考文献28より転載許可を得て掲載・一部改編)

12-2-12が混合添加されることで、一鎖一親水基型(C₁₂EO₈)単独の場合に比べて吸着等温線は低濃度側にシフトした。その結果、界面活性剤の総吸着量は低濃度領域において著しく増加した。これらの結果は、シリカ表面と親和性の強い12-2-12が系全体の吸着挙動を支配していることを示唆している。飽和吸着領域における総吸着量を12-2-12の添加モル分率に対してプロットすると図3 (b)のようになる。両者を混合することで、総吸着量は増加した。水含量に関する考察が不十分ではあるものの、吸着した12-2-12分子間の静電反発を緩和するように非イオン性のC₁₂EO₈が共吸着し、総吸着量の増加を引き起こしていると考えられる。

4. 刺激応答性両親媒性物質が形成する分子吸着層

温度、塩強度、pH、あるいは光の照射など、外部からの刺激によってその物理化学的性質(とりわけ、分子間での会合・離散状態)が劇的に変化する両親媒性物質は、界面エネルギーの可逆的な制御や有用物質の捕捉・放出システムの構築といった場面で活躍を期待されている機能性有機材料である。筆者は英国リーズ大学での博士研究員時代、pH応答性のジブロックコポリマーに着目し、その水溶液物性のみならず、固／液界面への自発吸着特性²⁹⁻³¹⁾、形成された分子吸着膜のpH応答性³²⁻³⁴⁾、さらにはミセル状吸着膜の交互積層(LbL)化³⁵⁻³⁷⁾などについて検討した。その主な成果については、筆者が最近まとめた総説³⁸⁾があるのでそちらを参照頂ければ幸いである。

東京理科大学に移動後は、リーズ大学時代の経験を生かし、光に応答する固／液界面の創製を目指している。固体の表面に光応答性を付与する手法としては、一旦、反応性に富んだ膜(例えばシランカップリング剤)で固体表面を覆い、そこに光応答性の官能基を化学結合させるのが一般的である³⁹⁻⁴⁴⁾。筆者の場合、光(可視光)に応答する界面活性剤の自発的な吸着性を尊重し、水溶液中でのスマートコーティングに取り組んだ⁴⁵⁾。光に応答する両親媒性物質は、その応答に際して如何なる化学物質をも新たに添加する必要がなく、また、反応系を小型化できるなど、環境に対する配慮と工業的発展性を兼ね備えた機能性有機材料と認められる。

図4に可視光応答性界面活性剤SP-Me-6の化学構造式を示す。水中においてはSP-Me-6のメロシアニン(MC)型が安定に存在できるが、これに可視光を

照射することでスピロ (SP) 型へと異性化する (逆フォトクロミズム)。さらにこれを暗所で静置すると、MC 型へと戻っていく。ここで、MC 型はスピロ環が電荷分離した構造をしており、SP 型に比べると親水性は強まっている。すなわち、可視光の照射と暗所静置を繰り返すことで、SP-Me-6 の親水疎水性も可逆的に変化する。

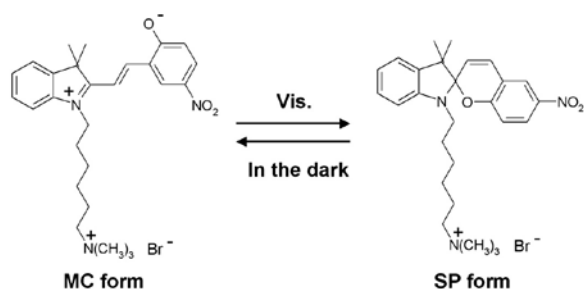


図4 可視光応答性界面活性剤SP-Me-6の逆フォトクロミズム (参考文献45より転載許可を得て掲載)

光異性化に伴う親水疎水性の変化が、シリカ微粒子懸濁液の分散安定性に及ぼす影響を評価した⁴⁵⁾。同じ時間スケールで比較した場合、SP-Me-6が系に添加されることでシリカ微粒子の沈降が促進された (SP-Me-6の無添加時、シリカ微粒子は水中で安定に分散する)。また、SP型でシリカ微粒子に吸着しているときの方がMC型での吸着時に比べて、わずかながら沈降は促進された。この理由を考察するため、AFMのin situ フォースカーブ測定を行った⁴⁵⁾。結果を図5に示す。比較的低濃度でSP-Me-6がシリカ基板上に吸着された場合、その光異性化状態に関わらず引力が観測されたが、SP型で吸着しているときの方が引力はより強くなった。また、可視光の照射と暗所静置を繰り返すことで、検出される引力の大きさは可逆的に変化した。

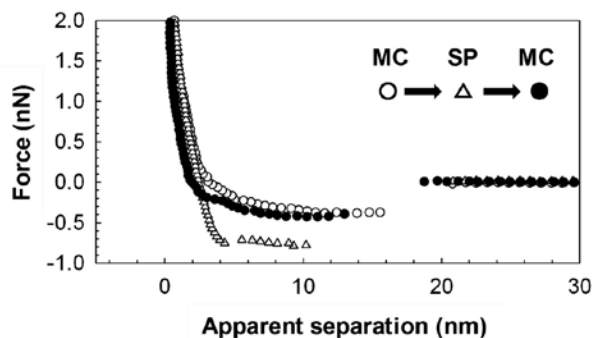


図5 SP-Me-6が吸着したシリカ基板上でのフォースカーブ (参考文献45より転載許可を得て掲載・一部改編)

シリカ微粒子上に自発形成されたSP-Me-6の分子吸着層について、減圧下で乾燥後、その光異性化状態 (可視光応答性) を反射可視吸収スペクトルで評価した (図6)⁴⁵⁾。たとえ乾燥された状態であっても、MC型の吸着層が暗所下で安定に存在しており、水溶液中と同様に逆フォトクロミズムを示した。シリカ表面のシラノール基によって、MC型の安定化が図られているものと考えられる。

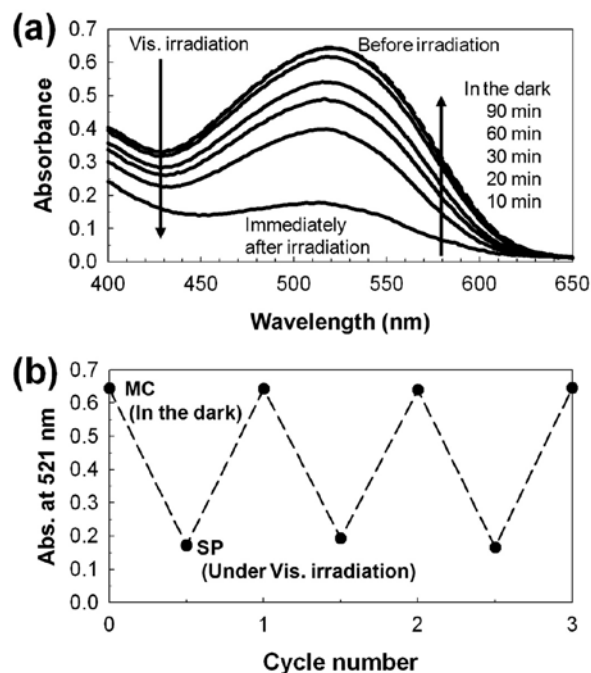


図6 SP-Me-6が吸着したシリカ微粒子の反射吸収スペクトル (参考文献45より転載許可を得て掲載・一部改編)

以上のように、本研究ではスピロピラン系界面活性剤の自発的な吸着性に基づき、シリカの表面に可視光応答性を付与できることを見出した。本研究から得られた知見は今後、水中に分散した微粒子の効率的な光回収システム、あるいは有用材料 (薬剤・香料剤等) の光照射による捕捉・放出システムの構築といった分野の発展に際し有益となることが期待される。

5. イオン液体を媒体とする吸着現象

前章までで紹介してきた研究例では、吸着種が主役であり、その活躍する場が固/液界面というパターンをみてきた。最近筆者らは、連続相として存在する液体に着目した研究も行っている。

あらためて申し上げるまでもないかもしれないが、イオン液体とは融点が100℃以下の塩 (かさ高い有機陽イオンと陰イオンを組み合わせると融点は低下す

る)であり、特に常温で液体状態のものを常温イオン液体と呼ぶ⁴⁶⁾。イオン液体は熱的安定性が高く、不揮発、不燃といった性質を有することから、有機合成反応における低環境負荷な新規溶媒として注目されている。コロイド・界面化学の分野においても、イオン液体に着目した研究例は相次いで報告されている⁴⁷⁾。筆者が現在所属する研究室でも以前、界面活性剤がイオン液体中で示す分子集合挙動について検討を行っていた⁴⁸⁾。そこでその発展として、固体／イオン液体界面に対する界面活性剤の吸着現象を検討した⁴⁹⁾。このような取り組みから得られる知見は、イオン液体に対する固体表面のぬれ性、あるいはイオン液体中における微粒子分散系の安定性を制御するといった場面で有益になると考えられる。

先行する研究として、プロトン性イオン液体中で非イオン性界面活性剤の吸着挙動を検討した例がある。グラファイトを基板として用いるとヘミシリンダー状に分子集合した界面活性剤吸着層が形成される⁵⁰⁾。一方で、親水性のシリカを基板に選択すると、吸着層の形成を示唆する結果は得られなかった^{50, 51)}。そこで筆者らは、非プロトン性のイオン液体中で同様の測定を行い、イオン液体の性質の違いが吸着挙動に及ぼす影響を考察した⁴⁹⁾。なお、イオン対間で水素結合ネットワークが形成されるイオン液体をプロトン性、そのようなネットワークが形成されないものを非プロトン性と呼び両者を区別している⁵²⁾。

非プロトン性のイオン液体EmimTFSIと非イオン性界面活性剤BPS-20の化学構造式を図7に示す。またEmimTFSI中でBPS-20の濃度を变化させた場合のフォースカーブ⁴⁹⁾もここに示す。基板としては親水性のシリカを用いた。BPS-20が添加されていないとき(すなわちEmimTFSI単独添加のとき)、少なくとも4ステップからなる構造力を見出した。そのステップ幅を勘案すると、最もシリカ基板に近い層(1層目)がEmimTFSIの陽イオン種(0.5 nm)、2 - 4層目がEmimTFSIのイオン対(0.75 nm)により積層化されていることが示唆された。ここにBPS-20が添加されると、その濃度が薄いときには引力が検出され、臨界会合濃度(cac)を超えてくると今度は斥力が現れた。このようなフォースカーブの変化は、BPS-20の添加濃度に応じてEmimTFSIの積層構造が乱されること、およびBPS-20の吸着層が徐々に成長していることを示唆している。

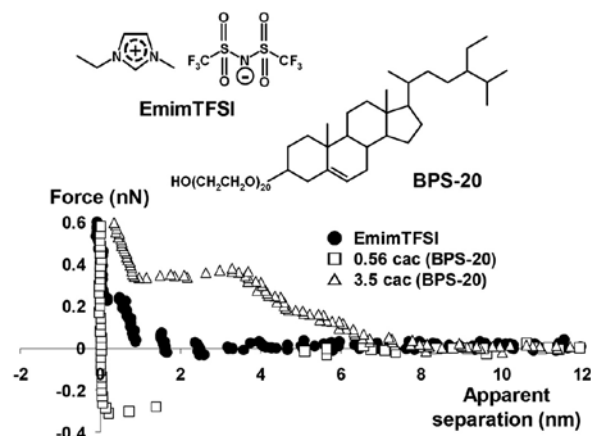


図7 BPS-20/EmimTFSI溶液中でのフォースカーブ
(参考文献49より転載許可を得て掲載・一部改編)

前述までのように、親水性のシリカに対して、プロトン性のイオン液体中では界面活性剤の吸着は観測されなかったのに対し、非プロトン性のイオン液体を用いた場合には、界面活性剤の吸着は有意となった。このような違いは、イオン液体と界面活性剤のシリカ表面に対する親和性の差に基づくと考えられる。なお、今回紹介した非プロトン性のイオン液体系において、もともとシリカ表面上に形成されていたEmimTFSIの陽イオン種あるいはイオン対による積層構造がBPS-20の吸着によって完全に崩壊しているのか、あるいは例えば1層目だけでも残された状態でBPS-20の吸着が進行しているのかという点については現段階では結論づけられず、今後の検討課題となっている。

6. おわりに

本稿では、固／液界面に対する機能性両親媒性物質の吸着挙動について、筆者がこれまでに行ってきた研究を紹介させて頂いた。紙面の都合上、各研究の詳細は割愛させて頂いたので、興味をもたれた読者におかれては以下の文献も参照頂ければ幸いである。

本稿の主題(固／液界面)とはやや離れてしまうが、最後に以下の取り組みを紹介させて頂きたい。冒頭でも述べたが、界面科学の研究分野における究極の目標は「界面でおこる現象を明らかとし、それを能動的に制御すること」にあると考えている。このような目標に合致する取り組みとして、筆者の所属する研究室では最近、機能性界面制御剤(Active Interfacial Modifier; AIM)と名付けた新たな物質概念を提唱している⁵³⁾。AIMとは通常の界面活性剤(あるいは乳化剤)とは異なり、共存する二相にそれぞれ親和性を

有するが、いずれの相にも実質的に分子溶解することはないという物質の総称である。すなわち、AIMは互いに混ざり合わない二相の界面に独立した第三相を形成し、望まれる界面制御を最大効率（必要最少量）で実現する両親媒性物質といえる。筆者らは最近、ある種の両親媒性ハイブリッド高分子材料がAIMとしての機能を発揮し、微弱な攪拌下でも分散安定性に優れる油中水滴型の乳化物を調製できること、およびその乳化物はたとえ水の含有量が30 wt%程度まで増加しても、低粘度なニュートン流動性を保てることなどを報告した⁵³⁾。今後、AIMという物質概念の拡張（たとえば、対象とする界面の多様化や新たな化合物の探索）を図り、省資源、省エネルギーといった社会的要求に合う知見をより一層、発信していきたいと考えている。

7. 謝 辞

本稿で紹介した研究の多くは、筆者が現在所属する東京理科大学理工学部工業化学科で行われたものである。研究室を主宰されている阿部正彦教授と酒井秀樹准教授のご指導に感謝申し上げますとともに、これら研究に携わった学生諸氏にお礼申し上げます。また、pH応答性ジブロックコポリマーに関する研究は英国リーズ大学Simon Biggs教授の下で行われたものである。

【参考文献】

- 1) 江角邦男: 色材 **70**, 675 (1997).
- 2) S. Manne, J. P. Cleveland, H. E. Gaub, G. D. Stucky, P. K. Hansma: *Langmuir* **10**, 4409 (1994).
- 3) 酒井健一, 江角邦男: 色材 **75**, 24 (2002).
- 4) 酒井健一, 佐田山彩紀, 吉村倫一, 江角邦男: 色材 **76**, 495 (2003).
- 5) M. Rodahl, F. Höök, A. Krozer, P. Brzezinski, B. Kasemo: *Rev. Sci. Instrum.* **66**, 3924 (1995).
- 6) M. Rodahl, B. Kasemo: *Rev. Sci. Instrum.* **67**, 3238 (1996).
- 7) J. C. Dijt, M. A. Cohen-Stuart, G. J. Fleer: *Adv. Colloid Interface Sci.* **50**, 79 (1994).
- 8) R. Atkin, V. S. J. Craig, S. Biggs: *Langmuir* **16**, 9374 (2000).
- 9) G. Z. Sauerbrey: *Phys.* **155**, 206 (1959).
- 10) F. Caruso, T. Serizawa, D. N. Furlong, Y. Okahata: *Langmuir* **11**, 1546 (1995).
- 11) F. Höök, B. Kasemo, T. Nylander, C. Fant, K. Sott, H. Elwing: *Anal. Chem.* **73**, 5796 (2001).
- 12) J. J. R. Stålgren, J. Eriksson, K. Boschkova: *J. Colloid Interface Sci.* **253**, 190 (2002).
- 13) S. M. Notley, S. Biggs, V. S. J. Craig, L. Wågberg: *Phys. Chem. Chem. Phys.* **6**, 2379 (2004).
- 14) R. Bordes, F. Höök: *Anal. Chem.* **82**, 9116 (2010).
- 15) R. Zana, J. Xia: *Gemini Surfactants, Synthesis, Interfacial and Solution-Phase Behavior, and Applications*: Chapter 1 (ed. by R. Zana and J. Xia), Marcel Dekker, New York (2003).
- 16) R. Zana: *Structure-Performance Relationships in Surfactants, 2nd ed.*: Chapter 7 (ed. by K. Esumi and M. Ueno), Marcel Dekker, New York (2003).
- 17) R. Zana, E. Alami: *Novel Surfactants: Preparation, Applications, and Biodegradability, 2nd ed.*: Chapter 12 (ed. by K. Holmberg), Marcel Dekker, New York (2003).
- 18) K. Holmberg: *Handbook of Applied Surface and Colloid Chemistry*: Part 2 Chapter 6 (ed. by K. Holmberg), John Wiley & Sons, New York (2001).; 翻訳 応用界面・コロイド化学ハンドブック (辻井薫, 高木俊夫, 前田悠監訳) 第2編第6章 (阿部正彦, 大久保貴広, 土屋好司訳), エヌ・ティー・エス (2006).
- 19) 益山新樹: 界面活性剤・両親媒性高分子の最新機能 第2章第6節 (國枝博信, 坂本一民監修), シーエムシー出版 (2005).
- 20) Y. Takamatsu, N. Iwata, K. Tsubone, K. Torigoe, T. Endo, K. Sakai, H. Sakai, M. Abe: *J. Colloid Interface Sci.* **338**, 229 (2009).
- 21) K. Sakai, Y. Sangawa, Y. Takamatsu, T. Kawai, M. Matsumoto, H. Sakai, M. Abe: *J. Oleo Sci.* **59**, 541 (2010).
- 22) 高松雄一郎, 竹内寿, 小川隆, 杉山克之, 酒井健一, 酒井秀樹, 阿部正彦: 表面 **48**, 48 (2010).
- 23) K. Esumi, M. Gojino, Y. Koide: *J. Colloid Interface Sci.* **183**, 539 (1996).
- 24) S. Manne, T. E. Schäffer, Q. Huo, P. K. Hansma, D. E. Morse, G. D. Stucky, I. A. Aksay: *Langmuir* **13**, 6382 (1997).
- 25) K. Sakai, M. Tamura, S. Umezawa, Y. Takamatsu, K. Torigoe, T. Yoshimura, K. Esumi, H. Sakai, M. Abe: *Colloids Surf. A* **328**, 100 (2008).

- 26) K. Sakai, E. Nakajima, Y. Takamatsu, S. C. Sharma, K. Torigoe, T. Yoshimura, K. Esumi, H. Sakai, M. Abe: *J. Oleo Sci.* **57**, 423 (2008).
- 27) K. Sakai, K. Izumi, H. Sakai, M. Abe: *J. Colloid Interface Sci.* **343**, 491 (2010).
- 28) K. Sakai, K. Matsushashi, A. Honya, T. Oguchi, H. Sakai, M. Abe: *Langmuir* **26**, 17119 (2010).
- 29) K. Sakai, E. G. Smith, G. B. Webber, C. Schatz, E. J. Wanless, V. Bütün, S. P. Armes, S. Biggs: *Langmuir* **22**, 5328 (2006).
- 30) K. Sakai, E. G. Smith, G. B. Webber, C. Schatz, E. J. Wanless, V. Bütün, S. P. Armes, S. Biggs: *J. Phys. Chem. B* **110**, 14744 (2006).
- 31) K. Sakai, M. Vamvakaki, E. G. Smith, E. J. Wanless, S. P. Armes, S. Biggs: *J. Colloid Interface Sci.* **317**, 383 (2008).
- 32) K. Sakai, E. G. Smith, G. B. Webber, M. Baker, E. J. Wanless, V. Bütün, S. P. Armes, S. Biggs: *Langmuir* **22**, 8435 (2006).
- 33) K. Sakai, E. G. Smith, G. B. Webber, E. J. Wanless, V. Bütün, S. P. Armes, S. Biggs: *J. Colloid Interface Sci.* **303**, 372 (2006).
- 34) K. Sakai, E. G. Smith, G. B. Webber, M. Baker, E. J. Wanless, V. Bütün, S. P. Armes, S. Biggs: *J. Colloid Interface Sci.* **314**, 381 (2007).
- 35) S. Biggs, K. Sakai, T. Addison, A. Schmid, S. P. Armes, M. Vamvakaki, V. Bütün, G. Webber: *Adv. Mater.* **19**, 247 (2007).
- 36) E. G. Smith, G. B. Webber, K. Sakai, S. Biggs, S. P. Armes, E. J. Wanless: *J. Phys. Chem. B* **111**, 5536 (2007).
- 37) K. Sakai, G. B. Webber, C. -D. Vo, E. J. Wanless, M. Vamvakaki, V. Bütün, S. P. Armes, S. Biggs: *Langmuir* **24**, 116 (2008).
- 38) 酒井健一: *色材* **82**, 554 (2009).
- 39) R. Rosario, D. Gust, M. Hayes, F. Jahnke, J. Springer, A. A. Garcia: *Langmuir* **18**, 8062 (2002).
- 40) I. Vlassiuk, C. -D. Park, S. A. Vail, D. Gust, S. Smirnov: *Nano Lett.* **6**, 1013 (2006).
- 41) A. Nayak, H. Liu, G. Belfort: *Angew. Chem. Int. Ed.* **45**, 4094 (2006).
- 42) D. Dattilo, L. Armelao, G. Fois, G. Mistura, M. Maggini: *Langmuir* **23**, 12945 (2007).
- 43) S. Samanta, J. Locklin: *Langmuir* **24**, 9558 (2008).
- 44) K. Fries, S. Samanta, S. Orski, J. Locklin: *Chem. Commun.*, 6288 (2008).
- 45) K. Sakai, Y. Imaizumi, T. Oguchi, H. Sakai, M. Abe: *Langmuir* **26**, 9283 (2010).
- 46) R. D. Rogers, K. R. Seddon: *Science* **302**, 792 (2003).
- 47) 井上亨: *オレオサイエンス* **10**, 179 (2010).
- 48) H. Sakai, T. Saitoh, T. Endo, K. Tsuchiya, K. Sakai, M. Abe: *Langmuir* **25**, 2601 (2009).
- 49) K. Sakai, Y. Onuma, K. Torigoe, S. Biggs, H. Sakai, M. Abe: *Langmuir*, **27**, 3244 (2011).
- 50) R. Atkin, G. G. Warr: *J. Am. Chem. Soc.* **127**, 11940 (2005).
- 51) R. Atkin, L. -M. D. Fina, U. Kiederling, G. G. Warr: *J. Phys. Chem. B* **113**, 12201 (2009).
- 52) R. Hayes, G. G. Warr, R. Atkin: *Phys. Chem. Chem. Phys.* **12**, 1709 (2010).
- 53) K. Sakai, R. Ikeda, S. C. Sharma, R. G. Shrestha, N. Ohtani, M. Yoshioka, H. Sakai, M. Abe, K. Sakamoto: *Langmuir* **26**, 5349 (2010).



酒井 健一
東京理科大学理工学部工業化学学科
助教
博士（理学）

2004年	東京理科大学大学院理学研究科 化学専攻 博士後期課程 修了
2004年～2007年	英国リーズ大学工学部 博士研究員
2007年～	東京理科大学理工学部工業化学学科 助教（現職）

会 告

平成23年度日本吸着学会賞受賞候補者推薦のお願いと要領

学術賞

賞状、副賞ならびに記念品の授与をもって表彰致します。受賞対象者は吸着における科学技術に関する一連の論文、著作等、学術的研究成果が特に優れた正会員とし、1名程度を選考する予定です。

候補者をご推薦ください。自薦、他薦は問いません。推薦される方は下記の事項と論文のコピーを事務局にお送りください。

<送付事項・書類>

1. 候補者氏名、2. 生年月日、3. 所属、4. 略歴（学歴、職歴、研究略歴）、5. 連絡先（住所、電話番号、E-mailアドレスを含む）、6. 受賞対象研究名、7. 研究概要（800字以内）、8. 受賞対象研究に関連する論文、著作等のリスト、9. 代表的な論文等の別刷りあるいはコピー（3件程度）

奨励賞（カルゴン カーボン ジャパン賞）

賞状、副賞ならびに記念品の授与をもって表彰致します。受賞対象者は受賞年度において45歳未満の正会員および維持会員である企業等に所属する者とし、3名程度を選考する予定です。選考はおおむね過去5年間に、原著論文、著書、特許、学協会が主催する研究発表会・年会等における口頭発表およびポスター発表、社報、ニュースリリース等により対外的に発表された研究開発の成果に関して行います。

候補者をご推薦ください。自薦、他薦は問いません。推薦される方は下記の事項と業績のコピーを事務局にお送りください。

<送付事項・書類>

1. 候補者氏名、2. 生年月日（年齢）、3. 所属、4. 略歴（学歴、職歴、研究略歴）、5. 連絡先（住所、電話番号、E-mailアドレスを含む）、6. 受賞対象研究名、7. 研究概要（800字以内）、8. 対象となる業績のリスト、9. 対象となる業績の別刷りあるいはコピー等（5件以内）

技術賞

賞状および記念品の授与をもって表彰致します。受賞対象は維持会員である法人に属する技術者または技術グループが開発した技術とし、実用歴、実施例を考慮して2件程度を選考する予定です。

候補技術および開発にあたった技術者（5名以内）をご推薦ください。自薦・他薦は問いません。推薦される方は候補者に関する下記の事項を事務局にお送りください。

<送付事項・書類>

1. 維持会員名、2. 対象技術、3. 対象技術の開発を担当した技術者名（原則5名以内。グループで開発にあたった場合は全員の職・氏名）、4. 連絡先（住所、電話番号、E-mailアドレスを含む）5. 設計図、試験成績書あるいは学会発表など候補技術を証明するもの、6. 実用歴（納入先一覧で可）

●表 彰 式 2011年秋開催予定の第25回研究発表会期間中に開催予定の2011年度総会の席上で行います。

●受賞講演 学術賞および奨励賞（カルゴン カーボン ジャパン賞）の受賞者は、2011年秋開催予定の第25回研究発表会において、それぞれ特別講演および依頼講演をお願いする予定です。技術賞受賞者は、受賞後に開催される吸着シンポジウム等での講演をお願いする予定です。

●送 付 先 〒920-1192 金沢市角間町
金沢大学理工研究域機械工学系内
日本吸着学会事務局（担当 児玉 昭雄）

●締 切 2011年5月末（事務局必着）

第25回日本吸着学会研究発表会（吸着学会創立25周年記念大会）のお知らせ

今年度の発表会は、吸着学会創立25周年記念大会として、11月10－12日の3日間の日程で沖縄産業支援センター（沖縄県那覇市）において開催します。11日に「25周年記念シンポジウム」を企画する予定です。奮ってご参加ください。

会 期：平成23年11月10日（木）、11日（金）、12日（土）

会 場：沖縄産業支援センター（〒901-0152 沖縄県那覇市字小禄1831番地1）
情報は<http://www.okinawa-sangyoushien.co.jp/>をご覧ください。

発表申込方法：以下の1～5の事項を記入し、e-mailでお申し込みください。

1. 講演題目
2. 発表者所属機関（略称）
3. 発表者氏名（講演者に○）
4. 希望発表形式（口頭、ポスター、いずれでも可）希望に添えないことがあります。
5. 連絡先（所属、住所、氏名、TEL、FAX、e-mail）

発表申込締切：平成23年9月2日（金）（必着）

講演要旨締切：平成23年10月3日（月）（必着）

参加申込締切：平成23年10月7日（金）（必着）

申込・連絡先：九州大学大学院総合理工学研究院 寺岡 靖剛
e-mail: jsad2011@imm.kyushu-u.ac.jp、TEL：092-583-7526

事務局移転のお知らせ

平成21年4月より2年間、徳島大学工学部化学応用工学科内におかれておりました本会事務局が、平成23年4月より下記に移転しました。2年間、学会運営と管理につきまして、加藤雅裕先生には大変なご尽力を賜りました。会員の皆様と共に心より感謝申し上げます。

新事務局は金沢大学理工研究域機械工学系内におかれ、児玉昭雄先生が担当されます。新体制におきましても学会運営に変わらぬご支援を賜りますよう、会員の皆様にお願い申し上げます。

尚、新事務局の連絡先は以下のとおりです。

新事務局

〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学理工研究域 機械工学系 内

連絡担当 児玉 昭雄

TEL：076-264-6472 FAX：076-264-6496

E-mail：jsad@se.kanazawa-u.ac.jp

関連学会のお知らせ

第22回キャタリシススクール

主 催：触媒学会

共催（順不同）：(株)大倉理研、(株)島津製作所、スペクトリス(株)マルバーン事業部、日本電子(株)、日本分光(株)、日本ベル(株)、(株)パーキンエルマージャパン、(株)日立ハイテクノロジーズ、(株)リガク

協 賛（予定、順不同）：日本化学会、化学工学会、高分子学会、色材協会、石油学会、電気化学会、日本イオン交換学会、日本エネルギー学会、自動車技術会、日本機械学会、日本吸着学会、日本表面科学会、日本膜学会、有機合成化学協会、粉体工学会、ゼオライト学会

会 期：平成23年6月13日（月）～17日（金）

会 場：スクーリングは東京大学（本郷キャンパス）

参加申込締切：5月6日（金）定員（50名）になり次第締切

内 容：

○講義（順不同）

- ・ 触媒反応とは何か（早大）松方正彦
- ・ 吸着と反応速度（筑波大）富重圭一
- ・ 触媒反応工学（静岡大）福原長寿
- ・ 触媒調製I（千葉大）佐藤智司
- ・ 触媒調製II（横国大）窪田好浩
- ・ キャラクターゼーションI：担持金属触媒（産総研）白井誠之
- ・ キャラクターゼーションII：酸・塩基触媒（東工大）小松隆之
- ・ 工業触媒I：不均一系触媒（コスモ石油）藤川貴志
- ・ 工業触媒II：均一系触媒（三菱化学）高橋和成
- ・ 環境触媒（名大）薩摩篤
- ・ 酸化触媒：（東工大）山中一郎
- ・ 実用触媒の開発と劣化の克服：（東京農工大）山松節男

○キャラクターゼーション実習（共催分析機器メーカーにおける実習）

○触媒研究室一日体験（大学の研究室における実習）

参 加 費：80,000円（主催／協賛学会員）、100,000円（一般）、テキスト販売10,000円

申 込 方 法：触媒学会HP（<http://www.shokubai.org/CatSchool2011.html>）より申込書をダウンロードし、下記へFAXにてお送り下さい。

問 合 ・ 申 込 先：〒180-8633 東京都武蔵野市吉祥寺北町3-3-1
成蹊大学 理工学部物質生命理工学科 里川 重夫
FAX 042-237-3871、電話 042-237-3757

2011年度 ゼオライトフォーラム 「ゼオライト温故知新」

主 催：ゼオライト学会

協 賛：未 定

会 期：2011年6月24日（金）13：30 - 17：30

会 場：東京大学工学部11号館講堂（〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1）
http://www.u-tokyo.ac.jp/campusmap/cam01_04_12_j.html

プログラム：

1. 「ゼオライトの結晶構造研究の流れ
— 特に天然ゼオライトの (Si, Al) 分配と結晶学的性質の相関について —」
（早稲田大学・理工学術院）山崎 淳司
2. 「ナノ細孔系における構造論的物理吸着研究の流れ」
（信州大学・エキゾチックナノカーボン研究拠点）金子 克美
3. 「Synthesis, Properties and Application of MOFs (MOFの実用化に向けて)」
（独BASF）Ulrich Mueller （BASF ジャパン）竹中 憲彦
4. 「自動車触媒におけるゼオライト ～ 現在・過去・・・～」
（日産自動車㈱・総合研究所先端材料研究所）赤間 弘

参 加 費：無料（下記電子メール宛に事前参加登録をお願いいたします、申込に際しては、氏名、所属、懇親会への参加の有無をお知らせ下さい）。

懇 親 会：講演会終了後、東大構内の松本楼にて懇親会を開催します。懇親会参加費は4,000円程度を予定。

申込み・問い合わせ先：大久保達也（東京大学 大学院工学系研究科 化学システム工学専攻）
TEL：03-5841-7348 FAX：03-5800-3806
E-mail：okubo_sec@chemsys.t.u-tokyo.ac.jp

第24回イオン交換セミナー

テ ー マ：挑戦するイオン交換

主 催：日本イオン交換学会

協 賛：貴学会他

日 程：平成23年7月15日（金） 9：50～17：10

会 場：産業技術総合研究所 臨海副都心センター別館11階第1会議室
〒135-0064 東京都江東区青梅2丁目4番7号

<プログラム>

10：00～10：50 ～イオン交換膜への挑戦～

「イオン交換膜電気透析の応用技術」

有富俊男（株式会社アストム）

10：50～11：40 ～イオン交換繊維への挑戦～

「放射線加工技術を利用した水処理材料の開発」

瀬古典明（日本原子力研究開発機構）

11：40～13：00 昼 食

13：00～13：50 ～イオン交換技術による製薬用水分野への挑戦～

「最新のイオン交換技術によるGMP対応の製薬用水製造設備」

榎本博之（日本錬水株式会社）

13：50～14：40 ～分析分野への挑戦～

「イオン近傍の構造解析によるイオン交換機構へのアプローチ」

原田 誠（東工大大学院）

14：40～15：00 休 憩

15：00～15：50 ～超分子化学への挑戦～

「超分子形成に基づく新しい分子機能への挑戦」

早下隆士（上智大理工学部）

15：50～16：40 ～包接技術によるコンデンサ安全化への挑戦～

「アルミ電解コンデンサの電解液噴出防止技術の開発」

森 浩一（栗田工業株式会社）

参加申込締切：平成23年7月8日（金）

参加申込方法：本会Web(<http://www.jaie.gr.jp>)より「参加申込」フォームに必要事項をご記入の上、お申し込み下さい。

参 加 費：（予 約）本会会員・協賛学会会員5,000円、非会員8,000円、学生無料
（予約外）会員・非会員ともに10,000円（学生は予約外も無料です）

懇 親 会 費：3,000円

参加費支払方法：郵便振替（加入者番号：00120-2-155043、加入者名：イオン交換セミナー）

問い合わせ先：昭和薬科大学薬品分析化学研究室 鈴木憲子
TEL/FAX：042-720-1154 E-mail：n-suzuki@ac.shoyaku.ac.jp

第49回炭素材料夏季セミナー

主 催：炭素材料夏季セミナー実行委員会

共 催：炭素材料学会

協 催：日本吸着学会 他

日 時：平成23年8月29日（月）～8月31日（水）

会 場：倉敷シーサイドホテル（岡山県倉敷市児島塩生2767-21）（児島駅より送迎有り）

定 員：50 名

1. プログラム（予定）※講演タイトルは、いずれも仮題です

○特別講演

・岡山大学 高田潤先生

「酸化鉄ナノ粒子が関与する多彩な世界 – 備前焼”緋襷模様”と微生物が作るバイオジナス酸化鉄–」

○依頼講演

・岡山理科大学理学部 森重國光先生 「規則性細孔構造をもつシリカ及び炭素多孔体へのガス吸着」

・大阪ガス株式会社 藤本宏之先生 「X線回折法による炭素の構造解析」

・ライオン株式会社 江幡勝由先生 「ケッチェンブラックの特徴と樹脂への配合技術」

・東レ株式会社 田中文彦先生 「炭素繊維「トレカ」と用途開発」

ほか

○ライジングリサーチチャートーク（博士課程学生による講演会）

・群馬大学大学院工学研究科工学専攻 神成尚克 氏

○一般発表（ポスターまたは講演）

参加申込者の中から、研究内容を発表できる方を広く募っています。

○懇親会・エクスカージョン

2. 参加費

学生25,000 円、共催・協賛学会員35,000 円、炭素材料学会賛助会員・協賛法人会員40,000円、非会員45,000円（いずれも宿泊費・食費込み）

3. 申し込み方法

郵送とE-mail で受け付けます。以下の事項を記入のうえ、平成23年7月31日までに申し込み先に送付・送信してください。ただし、定員になり次第締め切ります。

①申込者の氏名（フリガナ） ②性別 ③所属 ④連絡先（住所、電話、FAX、E-mail） ⑤会員種別（学生、協催・協賛学会員、炭素材料学会賛助会員・協賛法人会員、非会員） ⑥参加費支払方法（当日持参または銀行振込）

※学生と若手研究者の方には積極的な発表をお願い致します。発表希望の場合には以下の項目もご記入願います。

⑦希望発表形式（口頭またはポスター） ⑧発表題目 ⑨著者（連名含む）

4. 申し込み先（問い合わせ先）

〒700-8530 岡山県岡山市北区津島中3-1-1

岡山大学理学部化学科 後藤和馬

E-mail : c-ss@cc.okayama-u.ac.jp

TEL & FAX : 086-251-7776

第63回コロイドおよび界面化学討論会

主 催：日本化学会 コロイドおよび界面化学部会

会 期：9月7日(水)～9日(金)

会 場：京都大学 吉田キャンパス 本部構内

発表申込締切：5月31日(火)

予稿原稿締切：7月9日(土)

参加登録予約申込締切：8月6日(土)

討 論 主 題：ナノを越えて：メゾ領域のサイエンス

発 表 形 式：口頭発表、ポスター発表

化学者になじみが深い「ナノ領域 (1-10 nm)」と日常経験の世界「1 マイクロメートル程度以上のマクロ領域」の間にはメゾ領域という、大きな未踏の大地が広がっている。しかし、メゾ領域にも、科学技術の様々な分野でめざましい成果が得られ始めている。多くの調節性のある細胞機能は、個々の分子の単なる衝突によって果たされるのではなく、数個から数十個の生体高分子が膜構造などと共存して、絶え間ない分子運動と揺らぎの中にありながら、ほぼ間違いなくシグナル伝達などの複雑な反応と機能をやり遂げている。また高分子自己組織体、多孔性物質の協同的構造変化や、分子やイオンの複合体であるコロイド・ミセル・分子膜などはメゾ領域の科学の好対象である。本討論会では、化学・物理学・材料科学・生物科学の全ての分野で重要な課題である、メゾ領域の揺らぎの中での多様な現象、構造体、機能の普遍的原理の理解にむけて、多岐の分野にわたり、界面化学の基礎・応用の立場から討論することをめざす。

発表申込方法：下記HPにて受付

参 加 登 録 費

予 約 (8月6日まで)：コロイドおよび界面化学部会会員8,000円、協賛学会員11,000円、一般14,000円、学生 (会員) 3,000円、学生 (非会員) 5,000円

当 日 (8月7日以降)：1,000円～3,000円増

懇 親 会 9月8日(木) 夜、ホテルグランヴィア京都

懇親会費 予約 (8月6日まで)：一般8,000円、同伴者3,000円、学生4,000円、当日 (8月7日以降)：各1,000円増

参加登録予約申込方法 下記HPにてご案内

申込先/問合せ先：〒101-8307 東京都千代田区神田駿河台 1-5
第63回コロイドおよび界面化学討論会・事務局
電話 (03)3292-6163 FAX (03)3292-6318
E-mail: dcsc@chemistry.or.jp
http://colloid.csj.jp/div_meeting/63th/

第27回ゼオライト研究発表会

「第27回ゼオライト研究発表会」を下記要領で、関西大学100周年記念会館で開催いたします。関西では初の開催となります。多数の研究者・技術者ご参加され、充実した研究発表と活発な討論の場になりますよう期待しております。奮ってご参集ください。

主 催：ゼオライト学会

協 賛：化学工学会、触媒学会、石油学会、日本化学会、日本吸着学会、日本膜学会、日本粘土学会（予定、順不同）

会 期：2011年12月1日（木）～2日（金）

会 場：関西大学100周年記念会館（大阪府吹田市山手町3-3-5、TEL 06-6368-1121（代））
阪急千里線「関大前」駅下車、南口より徒歩約5分
<http://www.kansai-u.ac.jp/global/guide/mapsenri.html>

テ ー マ：ゼオライト、メソ多孔体、およびその類縁化合物に関連した研究の基礎から応用まで

講 演 の 種 類：

- 1) 特別講演（討論を含めて60分。2件予定。）
- 2) 総合研究発表（討論を含めて30分。成果がある程度まとまっている研究を総合したもの。したがって、既発表の研究成果であってもよい。）
- 3) 一般研究発表（討論を含めて20分。未発表の研究成果の発表。）

発表使用機器：液晶プロジェクター利用の発表のみ。PCは各自ご用意ください。

講 演 申 込：総合研究発表および一般研究発表を募集いたします。7月1日（金）よりゼオライト学会のホームページ（<http://www.jaz-online.org/>）上の講演申込フォームに従いお申し込みください。記入事項は次のとおりです。(1) 講演題名、(2) 発表者氏名（講演者に○印）、(3) 所属機関、(4) 講演の種類（総合研究発表、一般研究発表の区別）、(5) 研究分野（プログラム編成の参考にするため、次の分野からひとつを選んでください：鉱物学、地質学、構造、合成、イオン交換、修飾、吸着、触媒、応用（農業、洗剤など）、その他）、(6) 連絡先（郵便番号、住所、氏名、電話番号、FAX番号、e-mailアドレス）

申込をされた方には申込完了通知をメールでお送りします。完了通知の到着をもって受付完了といたします。通知が未着の場合には、問い合わせ先までご連絡ください。

*Web申込が利用できない場合は、7月15日（金）までに問い合わせ先までご連絡ください。

講演申込締切：7月25日（月）

予稿原稿申込締切：10月31日（月）（9月中旬に執筆要領をお送りします。）

予 稿 送 付 先：zeolite@cheng.es.osaka-u.ac.jp

登 録 費：会員5,000円（主催ならびに協賛等の学協会の個人会員、およびゼオライト学会団体会員の法人に所属する人を含む）、学生2,000円、非会員10,000円（予稿集代を含む。当日申し受けます。）

懇 親 会：12月1日（木）講演会終了後、同館内にて。
参加費5,000円（学生3,000円）の予定

問 い 合 わ せ 先：西山憲和（大阪大学大学院基礎工学研究科）
TEL/FAX 06-6850-6255（直）06-6850-6256（研究室）
E-mail: nisiyama@cheng.es.osaka-u.ac.jp

維持会員一覧

維持会員として、以下の企業各社にご協力を頂いております。

(平成23年4月現在、50音順)

(株)アドール	エア・ウォーター(株)
大阪ガス(株)	大阪ガスケミカル(株)
オルガノ(株)	カルゴン カーボン ジャパン(株)
(株)キャタラー	協和化学工業(株)
クラレケミカル(株)	栗田工業(株)
興研(株)	(株)重松製作所
システムエンジニアサービス(株)	水ing(株)
スペクトリス(株)マルバーン事業部	(株)西部技研
大陽日酸(株)	谷口商会(株)
千代田化工建設(株)	月島環境エンジニアリング(株)
帝人ファーマ(株)	東京ガス(株)
東ソー(株)	東洋紡績(株)
日本エンバイロケミカルズ(株)	日本たばこ産業(株)
日本ベル(株)	富士シリシア化学(株)
フタムラ化学(株)	三菱重工業(株)
三菱樹脂(株)	ミドリ安全(株)
ユニオン昭和(株)	ローム・アンド・ハース・ジャパン(株)

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（東洋大学）
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. 25 No. 1 (2011) 通巻 No. 96 2011年4月20日発行

事務局 〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学理工研究域 機械工学系 内

Tel : 076-264-6472 Fax : 076-264-6496 E-mail: jsad@se.kanazawa-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)

School of Mechanical Engineering, College of Science and Engineering,

Kanazawa University

Kakuma-machi, Kanazawa, Ishikawa 920-1192, JAPAN

Tel : +81-76-264-6472 Fax : +81-76-264-6496

E-mail : jsad@se.kanazawa-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/>