

Adsorption News

Vol. 25, No. 2 (July 2011)

通巻No.97

目 次

○巻頭言.....	2
吸着の科学と工学	尾関寿美男
○技術ハイライト.....	3
活性炭素繊維を用いる大気浄化技術	吉川 正晃
○ホットトピックス.....	8
炭素材料の水素吸着特性と貯蔵性能の向上	高木 英行
○会 告.....	14
第25回日本吸着学会研究発表会のお知らせ	
○関連学会のお知らせ.....	15
○維持会員一覧.....	21

日本吸着学会
The Japan Society on Adsorption

巻 頭 言

吸着の科学と工学

信州大学理学部

尾 関 寿美男



原子力発電の功罪や是非の議論は重要であるが、事が起こった直後の重大事ではない。目下の関心事は汚染水、汚染土壌、汚染大気、汚染環境にどう立ち向かうかである。

福島第一原子力発電所の放射性物質の除去に際して、イオン交換や吸着技術が適用され、逆浸透による淡水化までのプロセス化がなされているが、日本のシステムではない。汚染領域活動用ロボットも然りである。優れた技術やロボットが日本にあるにも関わらずである。界面科学や吸着技術による除去に声を上げるべきという提案に、少なくとも私は声をなくした。経験してきた吸着の科学から遥かに遠く、工学系や企業に期待したが、大規模の実在系に対応するのは企業といえども容易ではないようだ。システムとしての対応を企業が出来る状況にあっても、リスクや採算上不可能なかもしれない。

展開力のある材料や技術でさえも、用途や条件指定されるとすぐには対応できない。曖昧さのある見込みの話では、一人歩きが始まると対処できないし、批判も大きい。学の側にいると、成果の達成度が基礎に偏り、産の側もおそらく見込みでの対応のリスクは冒せないだろう。結果的に学会として緊急事態への対応力の低さを痛感することになった。学会は基本的にアカデミアなので、基礎から応用までが対象で、応用といえども実用化とは遠く離れた存在であることを改めて実感した。

水力、火力、原子力発電と時代とともに功と罪とを冠せられて今に至っている。現在推進中の自然エネルギー発電も例外ではないだろう。潜在的に危ない原発は停止に追い込まれ、先頃までの脱CO₂は置き去りにされつつある。短期的には火力発電が強化され、CO₂の削減、除去がますます重要度を増している。途上国はCO₂問題や大気汚染、水問題を抱え、その上原発推進がこれからとなれば、日本の果たすべき役割は大き

い。かつてスリーマイル島やチェルノブイリ原発などの経験の上に築きあげた汚染事故対応が、いま日本の事故に貢献しているように、将来の原発事故に際して、日本に丸投げされるほどの技術を蓄積することは責務である。唯一の被爆国でありながら結果的な原発推進国として汚染に対してなすべきことを怠ってきたことを戒めて、今度こそ日本の英知を集結して、汚染に対応できる科学技術を築くべきである。緊急の対応として東電と請負企業とで対応しているが、多方面の専門家が関われるように体験を共有して、将来の世界の事態に備える必要がある。

昨今の吸着学会のアクティビティーは、迫田会長の指摘のように、ナノ多孔材料の開発や吸着シミュレーションに偏ると同時に、化学工学的研究が手薄になっている。MOFの開発という新しい展開はあったものの、特に基礎研究者の参入が増えている訳ではなく、工学系研究が手薄になっているのではないかと危惧している。これはプロセスの開発やシステム化の沈滞であり、実用化技術の停滞をもたらす。このような状況の打破の方途の一つとして発展途上国向けの吸着材開発やプロセス技術の開発が提案された。吸着の科学は社会を、工学はシステム化を意識して、世界に貢献していく道である。

尾関 寿美男 (副会長)

信州大学理学部 教授

略歴	1976年 3月	名古屋大学理学部卒業
	1981年 3月	名古屋大学大学院理学研究科 博士課程修了 (理学博士)
	1981年10月	千葉大学理学部化学科助手
	1986年 7月	千葉大学理学部化学科講師
	1989年 2月	米国ワシントン大学 (セントルイス) 博士研究員
	1992年 8月	千葉大学理学部化学科助教授
	1997年 8月	信州大学理学部化学科教授 現在に至る

技術ハイライト

活性炭素繊維を用いる大気浄化技術

Air Pollution Reduction Technology by Activated Carbon Fibers

大阪ガス(株)エネルギー技術研究所
Energy Technology Laboratories, Osaka Gas co., ltd.

吉 川 正 晃
Masaaki Yoshikawa

1. はじめに

現在、弊社が供給する都市ガスは天然ガスであるが、1990年に天然ガスへの転換が完了する以前の約50年間は、主要な供給ガスは石炭から得られるコークス炉ガスであった。この長年に渡る石炭ガス製造期間に、副産物としてベンゼン等の芳香族化成品、コールタール、コークス、ピッチ等カーボン材料を取り扱う技術蓄積を行ってきた(図1)。そしてこの技術に応用し、電池材料、高分子材料、炭素繊維、活性炭素繊維などの多様な材料製品を開発してきた。本稿では、活性炭素繊維の最近の応用例として、道路沿道等の大気浄化への適用を紹介する。

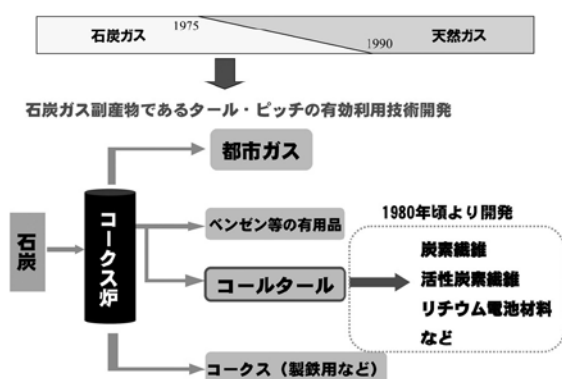


図1 大阪ガスグループの炭素材料開発

2. 活性炭素繊維 (ACF)

弊社のカーボン材料の中で、活性炭素繊維(Activated Carbon Fibers: 以下ACFと略)は、優れた吸着能力を付与した繊維状の活性炭で、従来の活性

炭(粒状炭・粉末炭など)に代わる高性能吸着材として、浄水器、空気清浄機などへ製品展開している。その製造方法は、ピッチを溶融紡糸、不融化(耐炎化)する工程までは、ピッチ系炭素繊維と同一であるが、その後に高温下で水蒸気賦活を行い、多孔質の炭素繊維としたものである¹⁾。

この製造技術開発は、コールタールの精製・重合による紡糸用ピッチの開発を主に弊社で、紡糸工程を共同開発先であるユニチカ(株)が行い、現在両社の合弁企業である(株)アドールが製造を行っている(図2)。



図2 ピッチ系ACFの製造工程

ACFは、活性炭に比べまだ歴史が浅く、1980年代後半から工業的に製造され始め、また、世界的に見ても、日本でのみ工業生産されている、汎用の活性炭に代わる高機能吸着材料である。図3にその外観と、電子顕微鏡写真を示す。ACFは、従来の粒状活性炭と異なり、太さ10~20 μ m程度の繊維状であり、汚染物質との接触面積となる外表面積が10倍以上大きい。その繊維表面には、孔径2nm以下のミクロポアが発達しており、吸着質の細孔への拡散速度が速くなる。このため、粒状活性炭と比較し、10倍以上吸・脱着速度が早く、吸着容量が高い、などの特徴を持つ。また、軽量で、成型加工の自由度が高く、炭粉の飛散が無いことから、ペーパー、フェルト、モールド等様々な形状に加工され、浄水器カートリッジや空気清浄機フィルターに用いられている。



図3 活性炭素繊維 (ACF)

現在、工業的に製造されているACFは、その原料により、レーヨン系、PAN(ポリアクリロニトリル)系、フェノール樹脂系、及びピッチ系の4種類に大別される。表2に工業生産されているACFの物性を示す。主として、石炭ピッチを原料とするACFは前述の(株)

アドールで工業生産しており、PAN系 ACF は東邦テナックス（株）、フェノール系 ACF はクラレケミカル（株）、セルロース系 ACF は東洋紡（株）が、それぞれ製造している。ACF の生産量の正確な統計は無いが、数百 t / 年規模と、活性炭より 2 桁小さいと推定される。

表 1 工業生産中の ACF

	ピッチ系 ACF	PAN 系 ACF	フェノール系 ACF	セルロース系 ACF
原料組成式	$[\text{C}_{12}\text{H}_9\text{NO}]_n$	$[\text{C}_3\text{NH}_3]_n$	$[\text{C}_{63}\text{H}_{55}\text{O}_{11}]_n$	$[\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5]_n$
原料中炭素 (%)	93.1	67.9	76.6	44.4
繊維径 (μm)	10~18	7~15	9~11	5~19
外表面積 (m^2/g)	0.2~0.6	0.9~2.0	1.0~1.2	0.2~0.7
比表面積 (m^2/g)	700~2500	500~1500	900~2500	950~1500
細孔容積 (ml/g)	0.3~1.6		0.22~1.2	
細孔径 (nm)	1.0~2.0	2~4	1.8~4.4	1.0~1.8
ベンゼン吸着量 (%)	22~68	17~50	22~90	30~58
沃素吸着量 (mg/g)	900~2200		950~2400	
メチレンブルー脱色力	~400	~300	~380	

表 1 に示す通り、現在工業生産されている ACF は、比表面積、吸着特性等に大きな違いはないが、原料中の炭素含有率が最も高いものはピッチ系である。炭素含有率は賦活収率と密接に関係するので、炭素含有率の高いピッチが ACF 原料として原料原単位で優位であることが容易に理解される。大規模な排ガスや大気の浄化処理のためには、大量に用いる触媒・吸着剤のコストが大きな意味を持ち、また、以下に述べる触媒作用面での優位性もあり、現在、ピッチ系を中心とした検討を続けている²⁾。

3. ACF による NOx 除去反応

3. 1 基本となる反応

活性炭は細孔構造が発達し、比表面積が $1,500\text{m}^2/\text{g}$ 以上に達し、耐酸性、耐アルカリ性も高いので、触媒成分の担体として古くから応用されている。さらに、活性炭自身が、特異な表面特性を持ち、種々の反応に対し触媒活性を示す事が知られている³⁾。しかし、その活性がどのような物性にに基づくものかは十分に解明されていない。従来の研究では、活性炭の電子伝導性や、表面のラジカル及び酸化性官能基を中心に解析されているが、近年ではそのミクロポアの反応分子に与えるポテンシャルに焦点が当てられ⁴⁾、ナノ細孔の作用に関するコンピューターシミュレーション解析も進んできている⁵⁾。

ACF により排ガス中や大気中の窒素酸化物 (NOx) を除去する手法には、活性炭と同様の触媒酸化反応を利用する方法と、アンモニア等の還元剤を用いる方

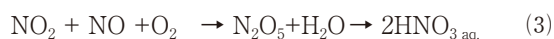
法⁶⁾の 2 通りを検討している。このうち、酸化反応とは、NO を常温で NO₂ に酸化し、水に吸収・洗浄除去するもので、酸化チタン等を用いる光触媒反応と類似している。反応式は、以下の通りであるが、メカニズムの詳細は検討中である。



ACF



ACF



(水への吸収・洗浄)

ACF を用いる NO 酸化反応は、常温で高活性であり、水洗により簡易に性能が再生できる、低コストの NOx 除去技術として、検討・利用されている。簡易な装置で、大気中等の常温の NO を除去するプロセスに好適である。しかし、NO の除去は、排ガス中や大気中の水分の阻害を強く受けるため、現在も改良・高活性化を開発している。

3. 2 ACF による NOx 除去反応の特性

ACF による NOx 酸化反応の基礎特性として、表 1 に記載した 4 種の ACF を比較した結果を図 4 に示す⁷⁾。入口条件は NO380ppm、相対湿度 60%、酸素 4%、反応温度 25℃ である。ACF 当たり接触時間は、 $W(\text{ACF 質量})/F(\text{ガス流量}) = 0.01\text{g} \cdot \text{min}/\text{ml}$ とした。ガスの分析は、化学発光式 NOx 計及び赤外 (FT-IR) ガス分析計を用いた。

図の様に、反応初期は NO の吸着が起きており、徐々に NO が出口に検出されてくる。いずれの ACF も、約 35 時間経過した時点では、出口の NOx は入口濃度に等しい 380ppm となった。しかし、NOx の内 NO はその濃度に達していない。即ち、差分 (NOx - NO) が NO₂ に酸化されたものと考えられる。4 種の比較では、フェノール系 ACF とセルロース系 ACF は、約 10 時間で完全破過し、約 300ppm の NO が定常的に排出されている。これに対し、PAN 系、並びにピッチ系は、吸着量が多く、緩やかに出口 NOx が増加し、約 30 時間で完全破過する。しかし、NO として検出される割合は、前述の 2 種に比べ少なく、特に、ピッチ系では、出口 NOx の内 NO は 85ppm に過ぎず、NO の約 80% が NO₂ に酸化されている。

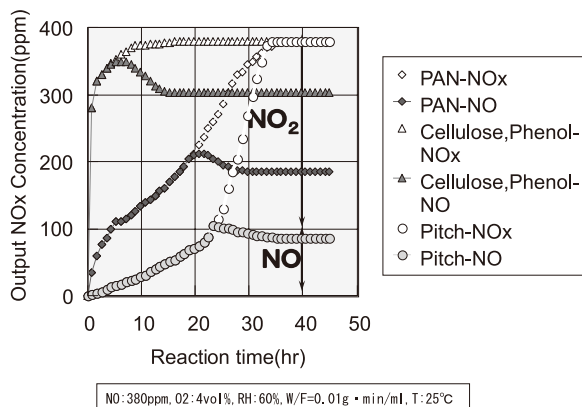


図4 ACF上でのNO酸化反応基礎特性

この常温下でのNOの酸化反応メカニズムは詳細を解析中であるが、ACFのミクロポアが反応場としてNO及びO₂分子の物性に強く作用している事が推察される。

一方、NOの酸化反応は、従来から相対湿度、即ち、共存する水分が強く阻害する事が知られている。そこで、ピッチ系ACFを窒素中で熱処理し、表面を疎水化する効果を調べた。図5に熱処理温度と相対湿度のNO酸化率への影響を示す。

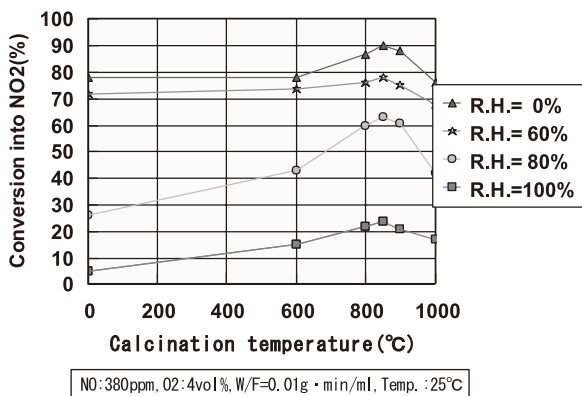


図5 ピッチ系ACFの熱処理とNO酸化率

熱処理無しの場合に比べ、600～850℃の熱処理では、NOの酸化率が向上した。しかし、それ以上の高温では、逆にNO酸化率が低下した。これは、ACFの細孔構造が破壊された為と考えられる。水分の阻害は明らかで、熱処理無しのACFはRH=0%では、70%以上の高いNO酸化率を示したが、RH=80%になると26%に低下した。この阻害は、熱処理により顕著に改善でき、850℃処理品はRH=80%でも酸化率が60%以上となった。しかし、RH=100%となると、依然NOの酸化率は低く、さらなる改善が必要である。

ここで、この窒素中の熱処理の効果を、イメージとして図6に示す。図のように、元々ACFの表面には、-OH、-CO、-COOHなど親水性を示す酸素官能基が多量に存在する。これらの酸素官能基は、気相の水蒸気を吸着し易く、NOの吸着を阻害する。これらを、窒素中で加熱し、CO、CO₂として除去して、疎水性の表面に変換することにより、NOの吸着と、酸化により生成する硝酸類の水による脱離が促進され、連続的なNOの浄化が可能となる。

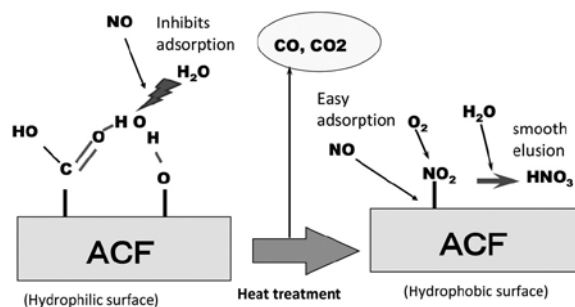


図6 ACFの熱処理によるNO吸着促進効果

4. NOx除去に向けたACFの最適化

次に、大気中NOx除去に向けたACFの最適化について述べる。ACFの優れた性能を道路沿道などの大気汚染対策、特に自動車排ガスの60%以上を占めるNOの除去に用いるために、ミクロポア径の最適化を検討した。まず、分子動力学シミュレーションによる検証を行った。使用したプログラムは東北大学で開発したグランドカノニカルモンテカルロ法ソフトMONTAである⁸⁾。図7に結果を示す。ACFのミクロポアを簡易に再現するため、サイズ2×4 nmの炭素平面間の空間を細孔と仮定し、その平面間距離を0.5～1.0nmの範囲で変えNOの吸着量を求めた。ここで

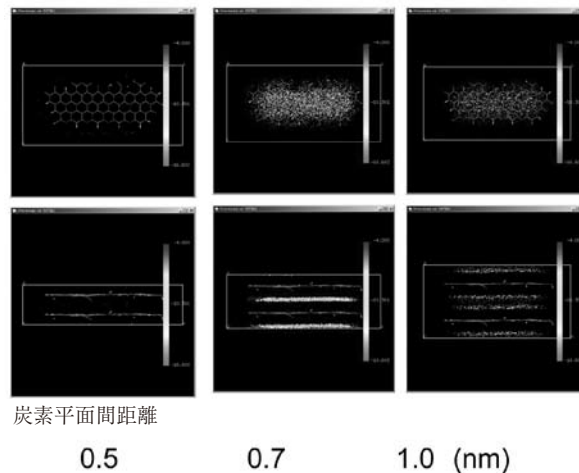


図7 NO吸着量の分子動力学シミュレーション結果

は、系内に存在するNO分子の内、炭素平面により安定化を受け、エネルギーが -4kJ/mol 以下である分子を吸着分子として求めた。その結果、ミクロポア 0.75nm 付近でNO吸着量は最大となり、それより小さくても大きくても吸着量は減少することが判った。

このモデルを実験で確認する必要があったが、表1の様に通常のピッチ系ACFは 1.0nm 以上のミクロポアを持つため、ミクロポア平均径 0.75nm のACFを(株)アドールの協力を受け製造した。そのACFと従来品の平均ミクロポア径とNO吸着量の相関を図8に示す⁹⁾。

図のように、NO吸着量はミクロポア平均径に反比例する傾向があり、 0.75nm 付近で最大となった。よりミクロポアの小さいACFは工業プラントでの製造が困難であった為、参照として、細孔径 $0.3\sim 0.5\text{nm}$ の分子ふるい炭素(MSC)のNO吸着量を調べたところ、細孔径が 0.5nm 以下の物は逆に吸着量が減少する傾向が認められ、シミュレーションの結果と良好に一致した。

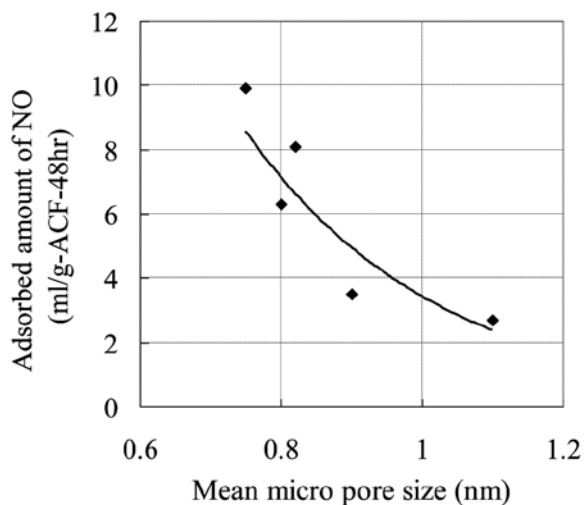


図8 ACFのミクロポア平均とNO吸着量

5. 道路沿道における大気浄化

道路沿道等での大気浄化用ACFの大気汚染対策としての実用化のためには、現場施工が可能で、電気動力等を用いずに、自然風や車両の走行風のみで大気を浄化する構造が必要である。そこで、様々な試行錯誤を繰り返した後、図9に示すようなACFフェルトと通気性セパレーターをスリット状に配置して、平行流で大気を浄化する構造とした。また、アルミ製外枠と一体化することで、現場での取付けや交換が容易な

ACFユニットとした^{10,11,12)}。

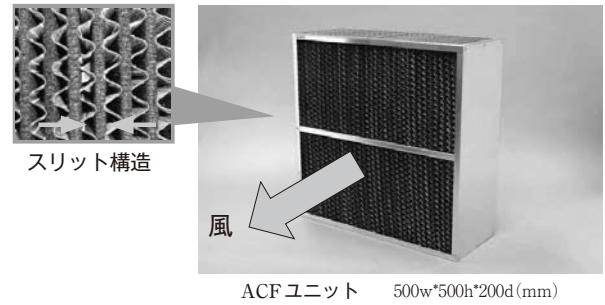


図9 大気浄化用ACFユニットの構造

開発したACFユニットは、従来に無い高効率の沿道等における大気汚染対策技術として、現在下記の地点で施工され実証試験が進められている。

- (1) 大阪市西淀川区国道43号 出来島地区 (図10)
- (2) 大阪市港区国道43号 市岡元町地区
- (3) 中華人民共和国 北京市 清華大学構内 (図11)

この大気浄化性能の測定は、国土交通省を中心に進められており、大阪市の国道43号で計測した結果では、 NO_2 除去率84%、NO除去率19%という浄化性能が観測された。図12に国道における自然風速と NO_x 除去率の相関を示す。 NO_2 除去率は風速に対し比較的安定であったが、NO除去率は風速の増大に伴い低下する傾向があった。NOの除去にはより長い接触時間が必要であると考えられる。また、ここでのACFユニットの通風率(=自然風に対するユニットを通過する風速の比率)は、平均22%であった¹³⁾。除去率と通風率とから、ACFユニットの NO_x 浄化量を算出すると、 $1.4\text{ g/m}^2\text{-ACFユニット}\cdot\text{日}$ となる。従来の光触媒を



図10 大気浄化用ACFユニットの設置例
(大阪市西淀川区 国道43号)

塗布した遮音壁のNO_x浄化量は0.009 g / m²・日と報告されており¹⁴⁾、ACFユニットはその100倍以上大きい浄化量を持つと言える。



図11 大気浄化用ACFユニットの設置例
(中華人民共和国 北京市 清華大学構内)

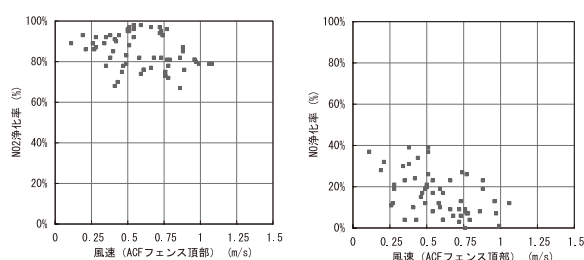


図12 国道におけるACFユニットのNO_x除去性能

6. おわりに

ACFを用いる大気浄化は、従来にない簡易で省エネルギー型の技術となり、大気汚染が長年改善されない道路沿道等への設置が期待される。また日本国内だけでなく、経済成長著しい中国を初めとするアジアの大都市部での大気汚染改善に役立てる事ができる。本技術にさらなる改良を加えて、大気汚染の改善と、環境技術による新産業の創出に努めていきたい。

【参考文献】

- 1) 持田 勲、吉川正晃 他、活性炭の応用技術、第1章5節 (2000)
- 2) 吉川正晃 他、環境触媒、第7章4節 (2001)
- 3) 活性炭－基礎と応用、炭素材料学会編 (1986)
- 4) 瀬戸山徳彦、金子克美、材料科学 Vol. 32 No. 5 (1995)
- 5) 宮本明 他、表面科学、Vol.21、(2000)
- 6) Yoshikawa et al., Applied Catalysis A: General, 173 (1998)
- 7) Mochida et al., Energy & Fuel, Vol.8, No.6 (1994)
- 8) http://www.aki.che.tohoku.ac.jp/software_top.htm
- 9) 吉川正晃、下原孝章、持田勲、大気環境学会発表要旨 (2006)
- 10) 吉川正晃、下原孝章、松井敏彦、大気環境学会発表要旨 (2007)
- 11) 特許第4637126号
- 12) 吉川正晃、下原孝章、松井敏彦、北田敏廣、大気環境学会発表要旨 (2008)
- 13) 松井敏彦、杉岡清博、鴻野宏志、下原孝章、吉川正晃、大気環境学会発表要旨 (2008)
- 14) 国土交通省近畿地方整備局大阪国道事務所 記者発表資料 (2002)



吉川 正晃
大阪ガス株式会社
エネルギー技術研究所
博士 (工学)

1987年 京都大学大学院工学研究科
石油化学専攻修士課程修了
同年 大阪ガス株式会社入社
至現在

ホットトピックス

炭素材料の水素吸着特性と 貯蔵性能の向上

Hydrogen adsorption property of carbon
materials and enhancement of storage capacity

(独) 産業技術総合研究所 エネルギー技術研究部門
Energy Technology Research Institute,
National Institute of Advanced Industrial Science and
Technology

高 木 英 行
Hideyuki Takagi

1. はじめに

水素を利用したエネルギーシステムを構築していく上で、効率的な貯蔵・輸送技術の確立は非常に重要である。現在までに、水素貯蔵技術として、高压ボンベによる圧縮貯蔵、液体水素による貯蔵および水素貯蔵材料（水素吸蔵合金、炭素材料、有機・無機系ハイドライド等）の利用が提案されている。この中で、炭素材料は、軽量で資源量も豊富であることから、1997年に高い水素貯蔵能が報告されて以降¹⁾、注目と期待を集めてきた。これまでに、カーボンナノチューブやナノファイバーを含む各種炭素材料の水素貯蔵特性が評価され、多くの研究報告が行われている²⁻⁴⁾。しかし、室温、10MPaまでの圧力で10wt%以上の高い水素貯蔵量が得られるものから、0.5wt%以下という報告までさまざまあり、また再現性の問題も指摘されたことから、実用化の可能性に対しては不透明な状況となっている。その要因としては、1)水素貯蔵量評価法の精度および2)炭素材料の純度と構造解析の不十分さ、さらに3)水素と炭素表面との相互作用や水素貯蔵機構に関する知見の不足が考えられる。水素は他の気体と比較して吸着量が小さく、また軽量であることから、容量法や重量法で高精度な評価を行うためには、装置のリーク、温度制御や使用ガスの純度など配慮すべき点が多い。また、カーボンナノチューブやナノファイバーの水素貯蔵特性を議論する際には、その特異なナノ構造だけではなく、混入する触媒金属や前処理に伴う構造変化等についての理解も重要である。

したがって、十分な構造解析を行った試料に対し、精度の高い技術を用いて貯蔵量を評価し、それらの知見に基づいて、炭素材料の水素貯蔵機構および貯蔵量向上法について議論する必要があると考えられる。本稿では、筆者らが行ってきた炭素および多孔性材料の水素吸着特性評価に関する研究を紹介する⁵⁾。また、スピルオーバー現象を利用した炭素材料の水素貯蔵量の向上についても紹介する⁶⁾。

2. 炭素材料の水素吸着特性と細孔構造との関係

2.1. 炭素及び多孔性材料の水素吸着特性

活性炭素繊維（ACF: Activated Carbon Fiber）、単層カーボンナノチューブ（SWCNT: Single-Walled Carbon Nanotube）およびゼオライトについて、水素吸着特性を評価した。ACF試料には、比表面積の異なる4種類のフェノール樹脂系ACFを使用した。また、ACF-1試料に対し、 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 水溶液を用いて処理することで、酸化処理試料（O-ACF-1）を調製した。SWCNTは、高純度処理試料（HiPcoTM, Carbon Nanotechnologies Inc., USA）を用いた。SWCNTを3M硝酸中、室温下で60h攪拌した。次に、5M塩酸中で24h攪拌し、精製水で繰り返し洗浄後、383Kで12h乾燥し、硝酸処理SWCNT（SWCNT_{HNO3}）試料を得た。さらに、SWCNT_{HNO3}試料を、水素雰囲気下、973Kで熱処理し、H₂-SWCNT_{HNO3}試料を得た。ゼオライトとしては、触媒学会参照触媒のY型ゼオライト（YZ）およびZSM-5を使用した。表1に77Kに

表1 各試料の細孔構造パラメータ

Sample	S_{micro}^a (m ² /g)	V_{micro}^b (cm ³ /g)	W_{ave}^c (nm)
ACF-1	980	0.38	0.77
ACF-2	1380	0.53	0.77
ACF-3	1810	0.72	0.79
ACF-4	2250	1.04	0.92
O-ACF-1	840	0.27	0.65
SWCNT	320	0.12	0.76
SWCNT _{HNO3}	360	0.14	0.78
H ₂ -SWCNT _{HNO3}	710	0.24	0.71
YZ	710	0.27	0.75
ZSM-5	330	0.15	0.92

^a specific surface area of micropore.

^b micropore volume.

^c average micropore width.

における窒素吸着等温線から a_s プロットを用いて算出した各試料の細孔構造パラメータを示す。平均細孔径 (W_{ave}) は、 S_{micro} および V_{micro} (ミクロ孔比表面積及び容積) から算出した。

303K、0–3.5MPaにおける水素吸着等温線は、自作の高圧水素吸着測定装置を用いて、容量法により算出した。測定装置を空調の効いた部屋に設置し、さらに測定系全体を空気恒温層内に入れることで、温度を常に 303 ± 0.1 K に保持した。また、より高い精度を得るために以下の点に留意しながら、測定を行った。1) 約 1 g と通常の吸着測定と比較して多い量の試料を用いた。2) 測定前に、393K、1Pa 以下で 24h 以上の脱気処理を行った。3) 測定には、高純度水素 (純度 99.9999%) を使用した。4) 圧力平衡時間は 30min とした。5) LaNi_5 の圧力–組成等温線を測定し、以前報告された吸蔵量と一致することから装置の精度を確認した。6) 吸着等温線だけではなく脱着等温線も測定した。

図 1 に、各試料の 303K における水素吸着等温線を

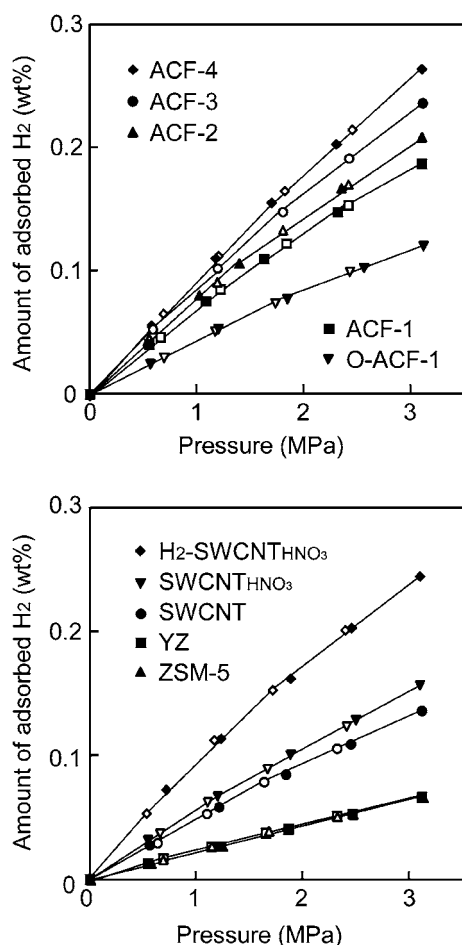


図 1 303K における水素吸着等温線 (Filled symbols, adsorption; open symbols, desorption).

示す。すべての試料において、吸着と脱着等温線が一致していることから、吸着が可逆的であり、また測定精度が十分に高いことが分かる。ACF 試料の吸着量は、その比表面積が大きくなるに従って増加し、ACF-4 の水素吸着量は、3.1MPa で 0.26wt% である。SWCNT の 3.1MPa での吸着量は 0.14wt% であり、ACF-1 よりも小さい。しかしながら、硝酸処理及びその後の熱処理によって、SWCNT 試料の水素吸着量は著しく増加する。一方、YZ および ZSM-5 の吸着量は、ACF や SWCNT 試料と比較して小さい。

図 2 は、自動吸着測定装置 (日本ベル社製) を用いて測定した 77K における水素吸着等温線を示す。この場合も、吸着と脱着等温線は一致している。吸着量は、303K の場合よりも 10 倍程度多いが、試料の吸着量の大小関係は 303K の場合と等しい。以上の知見は、水素の貯蔵機構が、77K、303K ともミクロ孔への物理吸着によって説明できることを支持している。

活性炭の水素吸着量が酸化処理することで増加するという報告⁷⁾もあるが、本研究では、O-ACF-1 の水

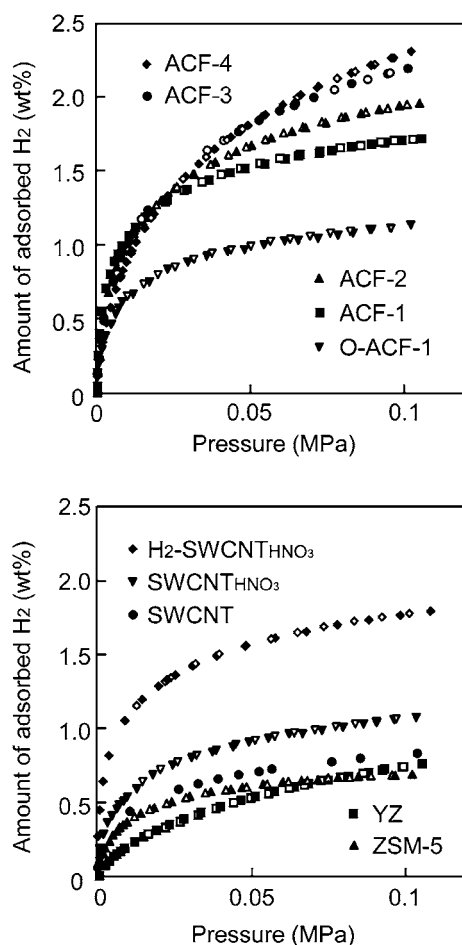


図 2 77K における水素吸着等温線 (Filled symbols, adsorption; open symbols, desorption).

表2 TPD測定による脱離ガス量と酸素含有量

Sample	CO (mmol/g)	CO ₂ (mmol/g)	H ₂ O (mmol/g)	O ^a (wt%)
ACF-1	1.17	0.28	0.19	3.07
O-ACF-1	5.10	2.31	1.04	17.20
SWCNT	0.31	0.18	1.18	2.96
SWCNT _{HNO₃}	0.94	0.55	1.27	5.30
H ₂ -SWCNT _{HNO₃}	0.16	0.01	0.13	0.50

^a Oxygen calculated from amounts of CO, CO₂, and H₂O.

素吸着量は、77K、303Kいずれの場合も、ACF-1よりも小さい値を示した。昇温脱離 (TPD: Temperature-Programmed Desorption) 測定を用いて、ACF-1およびO-ACF-1試料の含酸素官能基量を評価した。表2には、1223KまでのCO、CO₂およびH₂Oの脱離量と酸素含有量を示す。COの脱離は、カルボン酸無水物、フェノール性水酸基、エーテル、カルボニル基およびキノンの分解に起因する。一方、CO₂の脱離はカルボキシル基、ラクトンおよびカルボン酸無水物の縮合・分解に、H₂Oの脱離はカルボキシル基の縮合・分解による⁸⁾。酸化処理の結果、CO、CO₂およびH₂Oの脱離量が著しく増加していることから、含酸素官能基の導入が明らかである。表1から、O-ACF-1試料の S_{micro} および V_{micro} は、ACF-1試料よりも小さい値となっていることから、含酸素官能基が、ミクロ孔の入り口あるいは内部に導入されることで、水素吸着量も減少したことが推察できる⁹⁾。

SWCNTの水素吸着量は、硝酸処理および熱処理の結果、増加した。SWCNT試料のSEMおよびTEM像からは、硝酸処理によるバンドル構造の変化と、切断されたチューブの存在が確認された¹⁰⁾。一方、Ramanスペクトルからは、硝酸および熱処理の前後でチューブ径は変化しないことが明らかになっている。したがって、硝酸処理によりチューブが切断された結果、チューブ内壁への水素の吸着が可能になったことで、吸着量が増加したことが推察できる。また、チューブの束がほぐれ、チューブ間に新たに強い吸着ポテンシャルをもつサイトが形成されたことも考えられる。表2には、TPD測定から得られたSWCNT試料の1223Kまでの各ガスの脱離量および酸素含有量を示す。硝酸処理の結果、SWCNT試料の酸素含有量は2.96wt%から5.30wt%への増加していることから、含酸素官能基が導入されたことが明らかである。また、熱処理し

たSWCNT試料における酸素含有量の著しい減少は、含酸素官能基の分解・除去を示している。以上から、硝酸処理中にチューブ切断部へ導入された官能基が、熱処理により分解・除去されたことで、水素吸着量が増加したと考えられる。

2.2 水素吸着量と細孔構造との関係

図3に、303K、3.1MPaにおける各試料の水素吸着量とミクロ孔容積との関係を示す。重量当たりの吸着量は、基本的には試料のミクロ孔容積に依存し、高表面積ACF試料が、最も高い吸着量を示す。一方、SWCNTでは、窒素吸着等温線から得られたミクロ孔容積に対し、他の試料と比較してより高い水素吸着量が得られた。シミュレーションを用いた研究からは、水素の物理吸着について、チューブ型、スリット型どちらの場合でも、最も高い吸着ポテンシャルが得られる径 (幅) は、0.7nm程度であることが報告されている¹¹⁾。従って、幅広い細孔径分布を持つACF試料と比較して、SWCNT試料の方が、チューブ内あるいはチューブ間に、物理吸着に適したサイトをより高い割合で有するために、ミクロ孔容積に対し高い吸着量が得られたと考えられる。

以上のことから、物理吸着に最適な細孔のみを有する理想的な材料が開発できれば、より高い貯蔵量が得られることが期待できる。しかしながら、筆者らの結果、あるいは他のグループから報告された実験・シミュレーション結果^{12,13)} から、物理吸着による水素貯蔵量の最大値を推算したところ、室温、10MPaにおいて2wt%を超えるのは困難であった。従って、より高い貯蔵性能を達成するためには、物理吸着以外の相互作用を導入する必要があると考えられる。

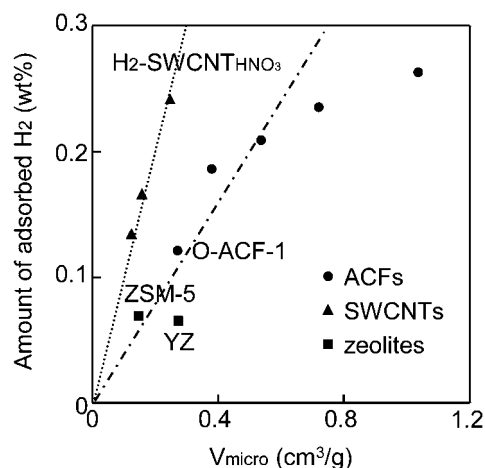


図3 303K、3.1MPaにおける水素吸着量とミクロ孔容積との関係

3. スピルオーバー現象を利用した水素貯蔵量の向上

物理吸着以外の相互作用としては化学吸着、すなわち、水素の原子状態での吸着・貯蔵が考えられる。しかしながら、室温下において、炭素表面が水素分子を解離できる能力は、極めて小さい。従って、水素解離能を持つ金属種を担持し、水素原子を炭素表面に拡散させる方法、すなわちスピルオーバー現象を利用する方法が考えられる。スピルオーバー現象が起こる系は、貴金属のように水素を解離吸着するサイトと、水素を比較的安定に受容し得るサイトからなる(図4)。固体超強酸やZSM-5のようなゼオライトに金属種を担持した系では、担体表面に存在する酸点がスピルオーバー水素の受容サイトとして機能することが明らかになっている¹⁴⁾。一方、金属を担持した炭素材料の触媒活性に関しても多くの報告がある¹⁵⁾が、スピルオーバーした水素と炭素表面との相互作用や受容サイトについてはほとんど明らかになっていない。

そこで、筆者らは、白金を担持したACF試料(Pt-ACF)の水素貯蔵特性を評価し、スピルオーバーした水素と炭素表面との相互作用について議論することを試みた。図5に、Pt-ACF、ACFおよびPt-black試料の303~673Kにおける水素吸着等温線を示す。Pt-ACF試料のPt担持量は10.6wt%であり、Ptの平均粒子径は5.7nmである。また、本研究で用いたPt-black試料の表面積は5.7m²/gであり、Pt-ACF試料中のPt粒子の表面積5.4m²/gとほぼ等しいことから、図5において定量的な比較が可能である。303KにおけるPt-ACFの水素吸着量は、ACFとPt-blackの吸着量の和と一致することから、白金担持による水素吸着量の増加は、白金への化学吸着量に相当すると考えられる。すなわち、白金表面で解離した原子状水素がカーボン表面へスピルオーバーし、ACFの水素吸着量を増加させるという現象は、室温では見られない。373、

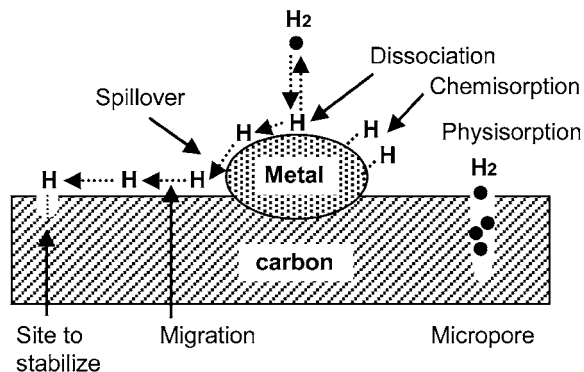


図4 炭素表面における水素のスピルオーバー現象

573Kの吸着温度におけるPt-ACFの水素吸着量は、303Kにおける吸着量よりも低い値を示した。しかしながら、673Kにおける水素吸着量は、ACFとPt-blackの和よりも著しく高い値を示した。Pt-ACF試料の水素雰囲気下におけるTPDスペクトルを測定した結果、673K以下ではメタンの生成はほとんど見られなかった。従って、673Kにおける高い水素吸着量は、スピルオーバー現象によって説明できると考えられる。

水素脱離特性は、TPD法を用いて評価した。TPD測定前に、試料に対し、アルゴン気流中、673K-30minの条件で乾燥処理を施し、373Kまで温度を下げた。流通ガスを重水素(純度99.995%)に切り替え、昇温し、重水素圧0.1MPa、673Kで30min保持後、373Kまで冷却した。流通ガスを再度アルゴンに切り替え、物理吸着した重水素の除去を目的として373Kで30min保持した。その後、5K/minで1223Kまで昇温し、その間に脱離したD₂、HDおよびH₂の量を、質量分析計を用いて評価した。図6に、Pt-ACF、ACFおよびPt-black試料のD₂、HDおよびH₂の脱離プロファイルを示す。Pt-ACFのD₂脱離プロファイルにおける450K付近の小さなピークは、Pt-blackのプロファイルと一致することから、白金表面に化学吸着した重水素の脱離に起因し、一方、800及び1200K付近のピークは、カーボン表面に吸着した重水素の脱離に起因すると考えられる。Pt-ACFからのD₂及びHDの脱離量は、それぞれ0.058及び0.255mmol/gであり、トータ

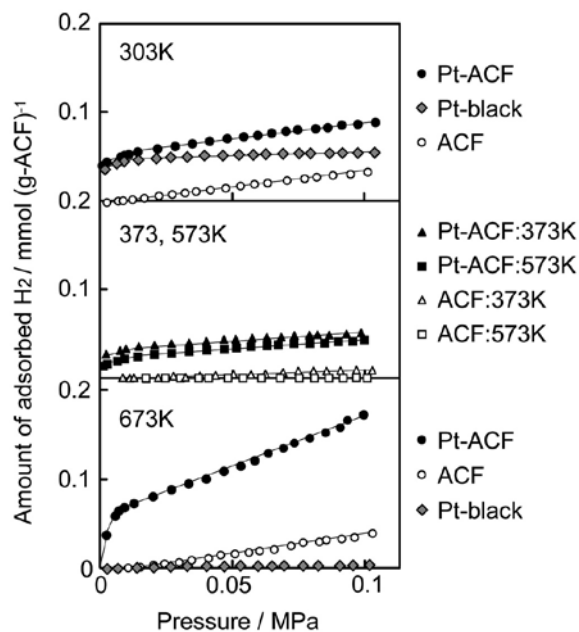


図5 Pt-ACF、ACFおよびPt-black試料の303~673Kにおける水素吸着等温線

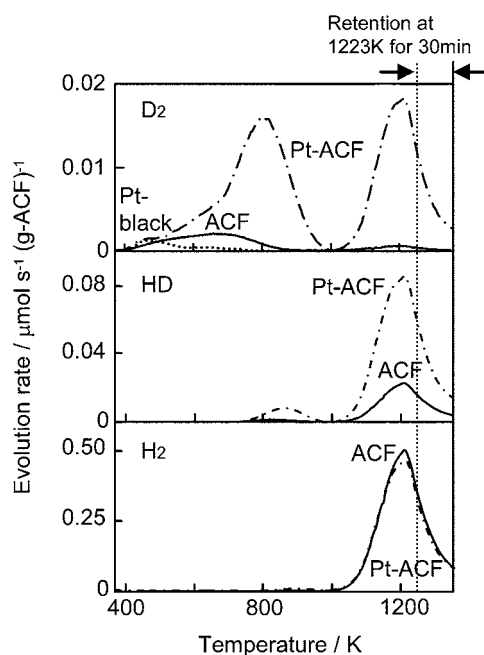


図6 Pt-ACF、ACF及びPt-black試料のD₂、HD及びH₂の脱離プロファイル

ルのD₂脱離量は0.186mmol/gである。これは、水素吸着等温線から算出した673K、0.1MPaにおける水素吸着量0.176mmol/gとほぼ一致する。一方、ACFについても、トータルのD₂脱離量は0.039mmol/gであり、吸着等温線からの値0.04mmol/gとほぼ等しい。

以上のように、Pt-ACF試料の水素吸着特性を評価した結果、673Kにおいてスピルオーバー現象による吸着量の増加が確認された。また、D₂脱離プロファイルにおいて800Kと1200Kの2つのピークが見られることから、スピルオーバー水素のカーボン表面における吸着（結合）状態としては2種類あると考えられる。1200Kのピークは、グラファイトのエッジ構造におけるC-D(H)共有結合からの（重）水素の脱離に起因すると考えられるが、一方、800Kのピークについては、それよりも小さいエネルギーでの吸着（結合）、すなわち“弱い化学吸着”であり、これまでに、その可逆性も確認している¹⁶⁾。

4. まとめ

水素を利用したエネルギーシステムは、エネルギー問題に対する有力な解決法の一つとして期待を集めており、特に近年では、燃料電池を中心に水素利用技術に関する研究開発が急速に進んでいる。水素は、二次エネルギーであり、水素源として、化石資源だけではなく、太陽光、風力等の再生可能エネルギーを含め多

様な一次エネルギーが利用可能である。また、化学エネルギーと電気エネルギーの相互変換が可能、すなわち水素・電力間の相互変換が可能であり、電気が有する低コストかつ高効率な大量貯蔵が困難であるという欠点を補完できる二次エネルギーとして重要な役割を果たすことが出来ると考えられている。しかしながら、現在までに効率的な貯蔵・輸送技術は確立されておらず、水素貯蔵材料開発への期待は大きい。

新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の水素貯蔵技術ロードマップでは、2015年頃までに5.5wt%の水素貯蔵量を有する材料を開発し、2020年頃までには貯蔵量をさらに6wt%へと向上させることを目標として掲げている。現在、水素吸蔵合金、有機・無機系ハイドライド、またMOF（Metal Organic Framework）についても活発に研究開発が進められているが、いずれも克服すべき課題を多く抱えている。一方、炭素材料についても、スピルオーバー現象を利用した方法も含めて研究が進められている^{17,18)}が、貯蔵量の向上や詳細な機構解明など課題も多い。

目標値の達成が可能な、革新的な水素貯蔵材料の開発に向けてはブレークスルーが必要な状況にあり、昨今の状況を鑑みると、短期的には、現在すでにある材料を組み合わせる方向で技術開発を進め、一方、中長期的には、貯蔵量というパフォーマンスに執着するのではなく、機構解明を中心とした基礎的知見の集積と新しい概念に基づいた材料設計に取り組む必要があると考えられる。

【参考文献】

- 1) A. C. Dillon, K. M. Jones, T. A. Bekkedahl, C. H. Kiang, D. S. Bethune, M. J. Heben, *Nature* **386**, 377 (1997).
- 2) H. M. Cheng, Q.H. Yang, C. Liu, *Carbon* **39**, 1447 (2001).
- 3) K. M. Thomas, *Catal. Today* **120**, 389 (2007).
- 4) Y. Yürüm, A. Taralp, T. N. Veziroglu, *Int. J. Hydrogen Energ.* **34**, 3787 (2009).
- 5) H. Takagi, H. Hatori, Y. Soneda, N. Yoshizawa, Y. Yamada, *Mater. Sci. Eng. B* **108**, 143 (2004).
- 6) H. Takagi, H. Hatori, Y. Yamada, *Chem. Lett.* **33**, 1220 (2004).
- 7) R.K. Agarwal, J.S. Noh, J.A. Schwarz, P. Davini, *Carbon* **25**, 219 (1987).
- 8) 高木英行, *TANSO* **237**, 67 (2009).

- 9) H. Takagi, H. Hatori, Y. Yamada, S. Matsuo, M. Shiraishi, *J. Alloys Compd.* **385**, 257 (2004).
- 10) H. Takagi, Y. Soneda, H. Hatori, Z. H. Zhu, G. Q. Lu, *Aust. J. Chem.* **60**, 519 (2007).
- 11) M. Rzepka, P. Lamp, M.A. Casa-Lillo, *J. Phys. Chem. B*, **102**, 10894 (1998).
- 12) V. Meregalli, M. Parrinello, *Appl. Phys. A*, **72**, 143 (2001).
- 13) M. A. Casa-Lillo, F. Lamari-Darkrim, D. Cazorla-Amorós, A. Linares-Solano, *J. Phys. Chem. B*, **106**, 10930 (2002).
- 14) 服部英, 触媒 **45**, 327 (2003).
- 15) 中村育世, 藤元薫, 石油誌 **38**, 291 (1995).
- 16) H. Takagi, H. Hatori, Y. Yamada, *Carbon* **43**, 3037 (2005).
- 17) Y. Li, R.T. Yang, *J. Phys. Chem. C*, **111**, 11086 (2007).
- 18) H. Nishihara, P. X. Hou, L. X. Li, M. Ito, M. Uchiyama, T. Kaburagi, A. Ikura, J. Katamura, T. Kawarada, K. Mizuuchi, T. Kyotani, *J. Phys. Chem. C*, **113**, 3189 (2009).



高木 英行
 (独) 産業技術総合研究所
 エネルギー技術研究部門
 博士 (工学)

2000年 九州大学大学院工学研究科博士課程修了
 2000年 日本学術振興会特別研究員 (PD)
 2001年 (独) 産業技術総合研究所 入所
 2005～2006年 豪州クイーンズランド大学客員研究員

会 告

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@mm.kyushu-u.ac.jp、TEL：092-583-7526

尚、研究発表会の最新情報は日本吸着学会のホームページ（<http://www.j-ad.org>）に掲載する予定です。

関連学会のお知らせ

第5回触媒道場

主 催：触媒学会
協 賛：日本化学会、近畿化学協会、化学工学会、石油学会、ゼオライト学会、日本吸着学会（予定）
日 時：9月5日(月) 13:00～9月6日(火) 18:00
会 場：関西セミナーハウス (<http://www.kansai-seminarhouse.com/>)
〒606-8134 京都市左京区一乗寺竹ノ内町23
TEL: 075-711-2115 FAX: 075-701-5256

触媒学会では、産学の若手研究者の研修、交流を目的として、第5回目となる「触媒道場」を開催します。修学院離宮近くの閑静な環境での1泊2日の研修を通して触媒化学の基礎から最先端までを学びます。学生参加者によるポスター発表及び企業参加者による企業PRも同時に行い、選抜された学生諸君（M2以上）によるショート講演会も開催いたします。

1. 講義（60分）（タイトルは仮題）

「触媒科学の原点・未来へ」	（大阪大学）	山下 弘己
「Pdを中心とした金属触媒」	（徳島大学）	杉山 茂
「酸化物系光触媒」	（大阪府立大学）	松岡 雅也
「均一系酸化触媒反応」	（日本触媒）	米原 宏司
「環境触媒」	（名古屋大学）	薩摩 篤
「in situ キャラクタリゼーション」	（鳥取大学）	奥村 和

2. トピックス講演（45分）（タイトルは仮題）

「不均一系触媒によるオレフィンメタセシス」	（東京大学）	尾中 篤
「新規酸化反応触媒系の開発」	（大分大学）	永岡 勝俊

3. ポスターセッション・企業PR

学生参加者によるポスター発表、企業参加者による企業PR（ポスター1枚分）を初日の夕方の時間を使って行いますので、奮ってご参加ください。

また、選抜された学生諸君（M2以上）によるショート講演会（30分）も開催いたします。

参 加 費：（宿泊、食事代を含む）

触媒学会・協賛学会会員（法人会員社員も同じ）：40,000円

非会員：60,000円

学 生：20,000円

参加申込方法：氏名、所属（学生の場合は所属研究室まで）、メールアドレス、電話番号、ポスター発表または企業PRの有無、ポスター発表の場合はA4判1ページのPDF原稿（4ページまで可）、下記申込先までE-mail またはFAXにてお申し込みください。

詳しい内容はHP (http://www.moleng.kyoto-u.ac.jp/~moleng_04/dojo/index.html) をご覧ください。

ポスター発表及び企業PR 申込締切：8月12日(金)

参加申込締切：8月19日(金)

申込先・問合せ先：〒615-8510 京都市西京区京都大学桂
京都大学大学院工学研究科分子工学専攻
田中庸裕・寺村謙太郎
TEL：075-383-2174 FAX：075-383-2175
email：teramura@moleng.kyoto-u.ac.jp

膜学実験法「人工膜編」講習会のお知らせ

ご好評をいただいております膜学実験法「人工膜編」講習会を、今年度は大阪で開催いたします。膜学実験法「人工膜編」(改訂版)の執筆者が講師となり、膜作りのノウハウ、膜性能と構造の評価法などをわかりやすく解説します。近年、注目されている気体バリア性評価法についても丁寧に講義します。さらに、「膜透過の分子シミュレーション基礎と実習」では、実際にパソコンで分子ソフトシミュレーションを操作することで、膜内を分子が透過するイメージがクリアになります。2日間13時間にもおよぶ講習で、膜学実験法「人工膜編」の基礎と応用について、広い範囲に渡って十分学ぶことが出来ます。企業・研究機関・大学などで、新たに膜の研究を始める方や膜評価の効率化をお考えの方に最適な講習会です。多数のご参加をお待ちしております。

日本膜学会 会長 半田 哲郎
講習会担当委員 都留 稔了、馬越 大

主 催：日本膜学会
共 催：先端膜工学研究推進機構
日 時：第1日目：2011年10月24日(月)・第2日目：2011年10月25日(火)
会 場：大阪大学基礎工学部シグマホール/セミナー (<http://www.es.osaka-u.ac.jp/access/index.html>)

●プログラム

10月24日(月)

10：00～12：00	無機膜の調製法と膜細孔径の評価法	広島大学 都留 稔了
13：00～15：00	逆浸透膜、ナノ濾過膜、限外濾過膜	工学院大学 中尾 真一
15：15～17：15	気体透過膜とバリア膜の評価法	明治大学 永井 一清

10月25日(火)

9：20～10：50	浸透気化/蒸気透過法	京都工芸繊維大学 吉川 正和
11：00～12：30	精密濾過膜の評価法と膜構造の評価法	旭化成ケミカルズ(株) 久保田 昇
13：10～15：10	高分子膜の調製法	神戸大学 松山 秀人
15：20～17：20	膜透過の分子シミュレーション基礎と実習	東北大学 高羽 洋充

参 加 費：(テキスト代含む) 日本膜学会会員・協賛団体会員：30,000円/非会員：42,000円/学生：8,000円

テ キ ス ト：日本膜学会編膜学実験法「人工膜編」CD版(膜透過の分子シミュレーションソフトウエア付属)

注 意 事 項：本講習会のテキストは、CDで配布いたします。また、会場にて分子シミュレーションの実習を行います。各自、ノートパソコン(Windows、CDドライブ付)をご持参ください。なお、初めの方もその場で分子シミュレーションソフトが操作できるように実習アシスタントがサポートする予定です。

申込方法と申込先：①日本膜学会事務局まで、名前・所属・連絡先・会員・非会員・学生の別を記載してメールでお申し込みください。協賛学協会告知をご覧の方はその旨お書きください。②請求書必要の有無と送付先(申込人と住所が異なる場合)もお知らせください。

日本膜学会事務局 〒113-0033 東京都文京区本郷5-26-5-702

Tel & Fax : 03-3815-2818

Email : membrane@mua.biglobe.ne.jp

送 金 方 法 : 参加申し込みの方には振込手数料事務局負担の郵便振替票をお送りいたします。銀行振込の場合は
お手数ですが、振込手数料のご負担をお願い申し上げます。

郵便振替・日本膜学会膜編集委員会00100-2-46574

銀行振込・みずほ銀行本郷支店普通口座0961801

膜シンポジウム2011 主題“人工膜と生体膜の接点を探る”

膜シンポジウム2011を下記の要領にて沖縄で開催します。本年度の主題は“人工膜と生体膜の接点を探る”とし、
異なる専門領域間の交流・融合の場とできればと考えております。

生体膜、生体模倣膜、人工膜を問わず膜を使った新しい試みをはじめ、膜構造と膜機能に関する基礎から応用ま
での広範囲にわたる研究発表をお寄せ頂き、膜科学ならびに膜技術の発展に貢献したいと考えております。発表内
容は、十分に討論できる内容であれば未発表、既発表を問いませんので奮ってお申し込み下さい。本年は一般発表
のほかに、学生発表のセッションを企画しております。学生の皆様からの発表も歓迎いたします。

主 催 : 日本膜学会

開 催 日 : 2011年11月18日(金)～19日(土)

会 場 : 健康文化村 カルチャーリゾートフェストーン <http://festone.jp/>

〒901-2224 沖縄県宜野湾市真志喜3丁目28番1号

発 表 時 間 : 一般発表(発表12分、討論8分)、学生発表(発表10分、討論5分)(予定)

研究発表申込締切 : 8月6日(土) 必着

以下の事項を記入の上、E-mailにて日本膜学会事務局にお申し込み下さい。

- (1)発表題目、(2)所属、(3)研究者(発表者に○印、ただし研究者に会員がいることが必須)、
- (4)発表内容(150字程度)、(5)一般か学生の区別、(6)連絡先(氏名、所属、郵便番号、住所、電話、E-mail)

講演要旨締切 : 9月23日(金) 必着 執筆要領は申込者に連絡致します。

懇 親 会 : 11月18日(金) 18時より会場にて会費5,000円(当日6,000円)

膜シンポジウム2011 運営委員長 後藤雅宏

副委員長 丸山 徹

申込み・問合せ : 日本膜学会事務局 担当 : 木下

〒113-0033 東京都文京区本郷5-26-5-702

Tel/Fax : 03-3815-2818、E-mail: membrane@mua.biglobe.ne.jp

運営委員長連絡先 : 〒819-0395 福岡市西区元岡744 九州大学工学研究院応用化学部門

E-mail : m-goto@mail.cstm.kyushu-u.ac

2011年 日本イオン交換学会・日本溶媒抽出学会連合年会 (第27回日本イオン交換研究発表会・第30回溶媒抽出討論会)

主 催：日本イオン交換学会、日本溶媒抽出学会
協 賛：日本吸着学会 他
開 催 日：平成23年11月25日(金)～26日(土)
会 場：フェニックスシーガイアリゾート シーガイアコンベンションセンター
(宮崎県宮崎市山崎町浜山 Tel：0985-21-1111、HP：http://www.seagaia.co.jp/index.html)

連合年会のHP・講演申込：

HP：http://www.cc.miyazaki-u.ac.jp/jsie-jase/index.html

申 込 先：jsie-jase@cc.miyazaki-u.ac.jp

講演申込締切：平成23年9月12日(月)

講演申込方法：以下の講演申込書式内容をメール本文に明記の上、上記申込先にご送信ください。なお、できる限り同じ研究室・所属の参加者は、研究室毎にとりまとめてお申込み願います。

- (1)講演題目
- (2)講演する学会(日本イオン交換学会または日本溶媒抽出学会)
- (3)発表様式(口頭またはポスター)
- (4)所属
- (5)発表者(講演者に○印)
- (6)申込者氏名
- (7)申込者連絡先(所属部課、所在地、電話番号、FAX番号、電子メールアドレス)
- (8)100字程度の講演概要
- (9)英文による題目、氏名、所属

発表形式：一般講演 口頭発表(12分、質疑3分)、ポスター(90分)

[注1] 口頭発表申込件数が多い場合、ポスター発表に変更させていただく場合があります。

[注2] ご自身のPC使用を原則とします。念のため、USBメモリにデータ(Windows Power Point 2007に限る)をご持参ください。

講演要旨：連合年会HPに掲載の書式に従って作成し、メールにて下記アドレスに送信ください。

講演要旨原稿締切：平成23年10月11日(火) 必着

提出先：jsie-jase@cc.miyazaki-u.ac.jp

参加登録：大会および懇親会への参加登録は、連合年会HPのリンクからお申し込みください。

(支払方法はコンビニ決済または銀行振込)

【事前参加登録締切】 平成23年11月11日(金)

正会員・協賛学会会員 6,000円、学生 1,000円、会員外 7,000円

【当日参加登録】 事前参加登録締切以降は当日会場でお支払いください。

正会員・協賛学会会員 7,000円、学生 2,000円、会員外 8,000円

懇 親 会：平成23年 11月25日(金)

会 場：シーガイアコンベンションセンター

懇親会参加費：【事前参加登録締切】 平成23年11月11日（金） 7,000円

【当日参加登録】 事前参加登録締切以降は当日会場でお支払いください。 8,000円

問 合 先：〒889-2192 宮崎市学園木花台西1丁目1番地

宮崎大学工学部物質環境化学科

実行委員長 馬場由成

Tel：0985-58-7307、Fax：0985-58-7323、E-mail：t0g202u@cc.miyazaki-u.ac.jp

実行委員 大島達也

Tel：0985-58-7321、Fax：0985-58-7323、E-mail：oshimat@cc.miyazaki-u.ac.jp

第38回 炭素材料学会年会

主 催：炭素材料学会

共 催：（順不同、予定）応用物理学会、日本化学会、日本セラミックス協会、日本学術振興会炭素第117委員会

協 賛：（順不同、予定）エネルギー・資源学会、環境資源工学会、化学工学会、高分子学会、資源・素材学会、電気学会、電子情報通信学会、日本エネルギー学会、日本吸着学会、日本金属学会、日本結晶学会、日本結晶成長学会、日本材料科学会、日本材料学会、日本生化学会、日本生物工学会、日本生物物理学会、日本トライボロジー学会、日本熱測定学会、日本農芸化学会、日本バイオマテリアル学会、日本表面科学会、日本ファインセラミックス協会、日本複合材料学会、日本水資源学会、バイオメカニズム学会、プラズマ・核融合学会、電気化学会、情報処理学会、日本バイオインフォマティクス学会、石油学会、触媒学会、繊維学会、日本分析化学会、日本薬学会、炭素繊維協会、日本化学繊維協会、紙パルプ技術協会、日本ゴム協会、光化学協会、有機合成化学協会

後 援：炭素協会

会 期：2011年11月29日（火）～12月1日（木）

会 場：名古屋大学豊田講堂

〒464-0813 名古屋市中種区仁座町（名古屋大学東山キャンパス内）、電話：052-789-5924、

JR名古屋駅より地下鉄東山線「本山」駅で、名城線へ乗り換えて「名古屋大学」駅下車、2番出口より徒歩3分

参加費（要旨集代込）：

事前受付

炭素材料学会正会員・賛助会員・共催・協賛学協会会員 7,000円

炭素材料学会学生会員 3,000円

非会員 14,000円

学生非会員 6,000円

当日受付

炭素材料学会正会員・賛助会員・共催・協賛学協会会員 8,000円

炭素材料学会学生会員 3,500円

非会員 15,000円

学生非会員 6,500円

懇親会：2011年11月30日（水）夕刻

会 場：名古屋大学東山キャンパス内のレストラン「花の木」、会場より徒歩5分、電話：052-783-8707

会 費：一般7,000円、学生3,000円

問合せ先：

1. 炭素材料学会事務局（※学会への入会、会員登録情報の更新に関するお問い合わせはこちら）
TEL：03-5389-6359 E-mail：tanso-post@bunken.co.jp
2. 炭素材料学会ヘルプデスク（※年会参加・発表登録に関するお問い合わせはこちら）
〒169-0075 東京都新宿区高田馬場4-4-19 (株)国際文献印刷社内
FAX：03-3368-2827 E-mail：tanso-desk@bunken.co.jp
3. 炭素材料学会年会準備委員会（※その他の年会全般に関するお問い合わせはこちら）
〒470-0392 豊田市八草町八千草1247
愛知工業大学工学部応用化学科 中島 剛、大澤 善美
TEL：0565-48-8121 内線2201、2217 FAX：0565-48-0076
E-mail：nakajima-san@aitech.ac.jp、ohzawa@aitech.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)

編集局より

2011年4月にAdsorption News25号1巻をお届けしました。その際、会告に「事務局移転のお知らせ」を掲載したにも関わらず、編集・印刷作業中の手違いで一部の会員の方には旧事務局の連絡先が記載された封筒でお届けしてしまいました。旧事務局と新事務局のご担当者、並びに関係の会員各位にお詫び申し上げます。

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）

大久保貴広（岡山大学）

神田 英輝（電力中央研究所）

清田 佳美（東洋大学）

田中 秀樹（京都大学）

中原 敏次（栗田工業株式会社）

宮部 寛志（富山大学）

向井 紳（北海道大学）

（五十音順）

Adsorption News Vol. 25 No. 2 (2011) 通巻 No. 97 2011年7月29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/>