

Adsorption News

Vol. 24, No. 2 (August 2010)

通巻No.93

目 次

- 巻頭言…………… 2
学会の活性化 後藤 元信
- 第24回日本吸着学会研究発表会のお知らせ…………… 3
- 研究ハイライト…………… 4
ハニカム吸着材を用いたCO₂除去・濃縮システムの
最適化に関する研究 松隈 洋介・峯元 雅樹
- ホットトピックス…………… 11
下水処理場におけるシロキサンの挙動と
吸着除去に関する基礎研究 大下 和徹

第10回国際吸着会議 (FOA10) 特集

- 第10回国際吸着会議 (FOA10) の概括 宮原 稔
- 会議レポート
大場友則・近藤 篤・森口 勇・藤田洋崇
- 参加レポート
Abul K. Mallik・鍵田裕俊・小嶋夏子・徐 東準
宋 馳・高橋勇介・鳥越裕恵・二村竜祐・沼口遼平
延澤聡美・森田優平・盧 明霞

- 第20回吸着シンポジウム(吸着夏の学校)開催のお知らせ… 35
- 関連学会のお知らせ…………… 36
- 維持会員一覧…………… 40

日本吸着学会
The Japan Society on Adsorption

巻 頭 言

学会の活性化

熊本大学バイオエレクトリクス研究センター

後 藤 元 信



名古屋大学の卒業研究で、液相での吸着やイオン交換の研究に携わって以来、主に固体界面の関与する物質移動に関する研究をしてきています。名古屋大学から熊本大学に移ってから、気相での吸着プロセスの研究が加わり、圧力スイング吸着や温度スイング吸着の周期的吸脱着操作に関わり始めました。その後、気体に加えて流体として新たに超臨界流体へ対象を広げ、超臨界流体中での吸着や圧力スイング吸着の研究開発をしてきました。最近、高電圧をパルスで付与する場でのプラズマ生成やその科学的現象の解明や工学的応用に関する研究も新たに挑戦しています。流体が液体から気体、超臨界流体そしてプラズマへと変わっても、固体表面や物質移動に着目した研究である点は今後も変わりそうにありません。

学会の活性化や会員増強が他の学会同様に吸着学会でも重要な課題となっています。吸着の理論や圧力スイング吸着プロセスなどの吸着技術はほぼ完成され、若い研究者にとって新たに挑戦するテーマが見つけないことや、研究費の獲得が困難である点などの問題があるようで、学会として意欲的な若手研究者が研究費を獲得できるシステムを整えることが必要ではないでしょうか。吸着材の開発研究においては、新規な材料や材料調製法が見出されていることにより、比較的挑戦し易いのではないのでしょうか。最近の吸着関係の学会でも吸着材の開発研究に関するテーマが多いことからその傾向が窺えます。多くの吸着研究者が参加できる魅力的なプロジェクトの立ち上げが活性化に不可欠のように感じます。

一方、多くの学会でアジア諸国との連携とアジアでの日本のリーダーシップが、切望されています。特に

私の居る九州では地理的な点からも環黄海地域を中心とした東アジアとの連携が進んでいます。学生を含めた交流を進める中で、特に最近感じているのは、日本人と韓国人・中国人との考え方の違いです。日本は欧米と対等に立ち向うためにアジアのリーダーとしてアジア諸国をまとめようとしているのに対して、韓国や中国は最初から世界の頂点を目指しているような意気込みを感じます。当然、日本がリーダーシップをとることなどできないばかりか、世界から取り残されていくことになります。本来、農耕民族である日本人ですから当然なのかもしれませんが、日本人全体が「草食系」化しているのではないのでしょうか。技術的にも、経済的にも、社会的にも日本のリーダーシップは薄れていく気がします。世界に立ち向かう野望をもった若い研究者の活躍に期待します。

後藤 元信

熊本大学バイオエレクトリクス研究センター 教授
略歴 1984年3月 名古屋大学大学院工学研究科
博士後期課程修了
1984年4月 名古屋大学工学部 助手
1988年8月 熊本大学工学部 講師
1993年10月 熊本大学工学部 助教授
2001年2月 熊本大学工学部 教授
2007年10月 より現職

第24回日本吸着学会研究発表会のお知らせ

日本吸着学会研究発表会は、吸着の基礎科学から応用技術にわたる最新の研究成果が討論される1年に一度の大会です。東北地方での開催は第9回（平成7年、仙台）以来、2回目となり、吸着学会史上最北・最東の地での開催となります。石巻の地での研究発表会に多数の皆様のご参加をお願い申し上げます。

- 会 期：平成22年11月5日（金）、6日（土）
会 場：石巻専修大学 5号館3F（〒986-8580 石巻市南境新水戸1）
詳細は研究発表会ホームページ（<http://www.isenshu-u.ac.jp/24adsorption/>）をご参照ください。
- 交 通：JR仙石線 石巻駅下車。石巻駅3番バスのりばからミヤコーバス「飯野川」、「ルネッサンス館」あるいは「石巻専修大学」行に乘車して「石巻専修大学」下車（所要時間20分、運賃250円）。タクシーの場合、運賃は約1,200円。
- 宿 泊：各自で手配をお願いいたします。
- 総合受付：石巻専修大学五号館3Fロビー
講演会場：石巻専修大学五号館3F 5301教室
ポスター会場：石巻専修大学五号館3F 学生ホール
- 発表要領：口頭発表：講演12分、質疑8分。ビデオプロジェクター（Power Point）で発表願います。
ポスター発表：発表時間1時間30分。ポスターボードの掲示可能な範囲は、縦120cm×横92cm。
- 発表申込：次の1～5の事項を記入し、E-mail（24adsorption@isenshu-u.ac.jp）でお申込下さい。1. 講演題目、2. 研究者所属機関（略称）、3. 研究者氏名（発表者に○）、4. 希望発表形式（「口頭」、「ポスター」、「何れでも可」のいずれかを指定してください。）希望に添えない場合があります。5. 連絡者（所属、住所、氏名、Tel、Fax、E-mail）
- 要旨集原稿：A4版1ページに、講演題目、1行あけて所属（略称）、氏名（発表者に○）、1行あけて要旨を1行あたり45字、1段送りで記載し、最下行に連絡先（TEL、FAX、E-mail）を記入してください。原稿はE-mailの添付書類（MS Word2000-2010、あるいはpdf形式）として、下記実行委員会宛てお送りください。なお、ホームページに原稿のテンプレート（MS Word2003形式）を用意しますのでご利用ください。参照できない場合には下記連絡先までお問い合わせください。
- 懇親会：11月5日 石巻専修大学五号館3F学生ホール（ポスター会場と同じ）
- 参加登録費：日本吸着学会・協賛学会会員：8,000円（官・学）、10,000円（産）、4,000円（学生）
非会員：10,000円（官・学）、12,000円（産）、4,000円（学生）
上記は当日登録者の登録費です。参加登録費には要旨集代を含みます。下記要領で10月8日までに参加予約をして参加登録費を振り込まれる場合は、上記参加登録費から2,000円減額してください。（要旨集のみ購入の場合は1冊3,000円）
- 懇親会費：一般7,000円、学生5,000円。ただし、10月8日までに予約の場合は1,000円割引いたします。
- 参加予約申込：次の1～3の事項を記入し、下記E-mailでお申込ください。1. 氏名、2. 所属（勤務先・大学名等、郵便番号、所在地、TEL・FAX番号、E-mailアドレス）、3. 懇親会の参加、不参加。
お申し込み後は速やかに予約参加登録費と予約懇親会費を下記銀行口座にお振込みください。（振り込み手数料はご負担ください。）
- 銀行口座：七十七銀行 石巻支店、普通預金、口座番号5861209、口座名義 第24回日本吸着学会研究発表会実行委員会
- 発表申込締切：平成22年9月3日（金）（必着）
要旨原稿締切：平成22年10月1日（金）（必着）
参加予約締切：平成22年10月8日（金）（必着）
- 研究発表会ホームページ：<http://www.isenshu-u.ac.jp/24adsorption/>（逐次更新します。最新情報はホームページでご確認ください。）
- 実行委員会（申込・連絡先）：
〒986-8580 宮城県石巻市南境新水戸1
石巻専修大学理工学部基礎理学科 山崎達也
E-mail：24adsorption@isenshu-u.ac.jp、TEL：0225-22-7716 ext. 3143 or 3203

研究ハイライト

ハニカム吸着材を用いたCO₂除去・濃縮システムの最適化に関する研究

Optimization of CO₂ removal and concentration system using honeycomb adsorption

九州大学大学院工学研究院化学工学部門
Department of Chemical Engineering, Faculty of
Engineering, Kyushu University

松隈 洋介、峯元 雅樹

MATSUKUMA Yosuke, MINEMOTO Masaki

1. はじめに

近年、地球規模の環境保護に関する関心が高まり、中でも二酸化炭素 (CO₂) を主原因とする地球温暖化が注目され、その対策が急務となっている。石炭や石油・天然ガスなどの化石燃料を大量に消費する火力発電所や各種燃焼施設からの排ガスには、10%程度と高濃度のCO₂が含まれており、地球温暖化の主な原因とされている。従来、この対策法として発電効率の高効率化など様々な研究開発が行われているが、排ガス中のCO₂を分離・回収して処分することも有望な方法の一つと考えられている。そのために、アミンやK₂CO₃などのアルカリ液による吸収・放散法、ゼオライト系を主とした各種吸着剤による吸着・脱着法および膜分離法などが研究されている。このうち、著者らは吸着法に着目した。吸着法は、従来PSA (Pressure Swing Adsorption) に関する研究が多く行われていたが、本法で大量の排ガス中に含まれるCO₂を短時間で吸着・脱着させて処理するため、高濃度・大風量のガスを処理するためには超大型の真空ポンプが必要でかつ所要エネルギーが大きいという問題があった。

そこで、著者らは乾式でかつ大型の真空ポンプを必要とせず、ボイラ廃熱の利用が可能なTSA (Temperature Swing Adsorption) による吸着・脱着の原理を用いてCO₂を分離・回収するシステムについて開発研究を行っている。吸着法では、通常粒状のCO₂吸着剤を充填した吸着塔を2塔以上設置し、吸着と脱着再生を交互に繰り返すシステムが採用されている。一方、燃焼排ガスは大量でかつCO₂濃度が10%程

度と極めて高いことを考えると、低圧損で大風量のガスを処理可能なハニカム形状の吸着剤を使用し、かつ1塔でCO₂の分離・回収が可能なシステムが有利であると考え、これの開発研究を行っている。このシステムの中心となる吸着塔には、低圧力損失を目的にハニカム形状のゼオライト系吸着剤を充填している。そのヘッダ部は、図1に示すように吸着、加熱再生 (脱着)、パージ、冷却の4つのゾーンに分割されており、このヘッダ部に挟まれたローター形状の吸着層が回転することによりCO₂を連続して分離・回収できる構造となっている。すなわち、1塔で吸着、加熱再生、パージ、冷却の操作を行うため、装置の小型化が可能であると考えられる。

ここでは、まず本システムの概要とその設計法および最適化法について研究の紹介を行う¹⁾⁻⁶⁾。次にハニカムを用いた場合に特に生じやすいと考えられるガスの偏流に注目し、この流動不均一を解消するための新たな数値計算手法を提案する。

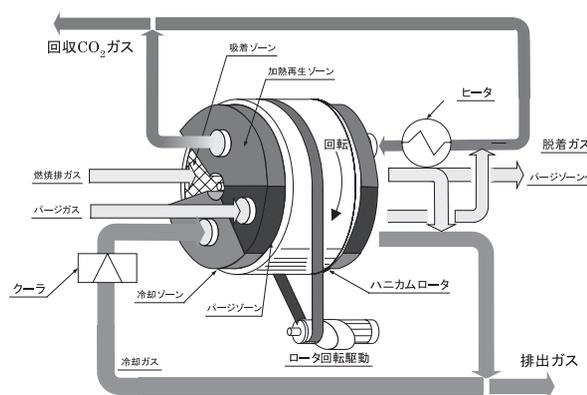


図1 装置概略図

2. 吸着法によるCO₂分離・回収プロセスの性能解析

本システムでは、高いCO₂分離・回収性能を維持するために吸着、加熱再生、パージおよび冷却の工程が繰り返され、その間CO₂吸着・脱着の物質移動と加熱、冷却の熱移動が行われる。ローター半径方向の吸着量と温度分布は一樣と仮定して導出した基礎式は、式(1)-(6)に示すように物質収支式、ガス流速変化式、物質移動速度式、流体側熱収支式、固体側熱収支式および吸着平衡関係式で、これらの偏微分方程式を連立させて解くことにより、CO₂濃度、吸着量や温度などが層高と経過時間の関数として求められる。

$$\rho_m \frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial(uC)}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

$$\rho_B \frac{\partial u}{\partial z} = -ka(C - C^*) \quad (2)$$

$$\rho_m \frac{\partial q}{\partial t} = ka(C - C^*) \quad (3)$$

$$\lambda_g \frac{\partial(uT_g)}{\partial z} = ha(T_m - T_g) - ka(C - C^*)\lambda_{gB}T_g \quad (4)$$

$$\rho_m \lambda_m \frac{\partial T_m}{\partial t} + \rho_m \lambda_B \cdot q \frac{\partial T_m}{\partial t} = \rho_m Q_{ad} \frac{\partial q}{\partial t} - ha(T_m - T_g) + \rho_m \frac{\partial q}{\partial t} \lambda_{gB} T_g \quad (5)$$

$$q = f(C^*, T_m) \quad (6)$$

この吸着、加熱再生、パージおよび冷却の各工程の計算を吸着層内が定常になるまで繰り返し行う。これより種々の計算条件でのCO₂回収性能を求めることができる。

このような計算結果の一例として、吸着、加熱再生、パージおよび冷却の計算を50回以上繰り返し行った後の各工程の開始時と終了時のCO₂吸着量分布を図2に示す。図2より、吸着工程では吸着が、加熱再生工程では脱着が行われていることがわかる。しかし、加熱再生工程の時間内では脱着が完全ではなく、CO₂が吸着剤中に残留しており、これが初期破過の原因になる

ものと思われる。一方、パージおよび冷却工程でもCO₂の吸脱着が行われており、これらの工程の挙動を把握することも重要であると考ええる。

以上述べたように、本システムでは吸着層内でのガス濃度、吸着量および温度の分布の経時変化は非常に複雑な挙動を示しており、吸着層高、各工程のガス流量、入口ガス温度、吸着部や加熱再生部などの分割角度および吸着塔の回転数などの影響を受けると考えられ、これらの最適化の検討が必要である。

次に、いくつかの条件下で行ったシステムの評価結果を示す。評価は、一例として排ガス中のCO₂の回収率とCO₂ 1 kgを回収するための再生加熱量とし、各々以下の通りとした。

- ・ CO₂回収率：対象排ガス中のCO₂量のうち、実際に濃縮して得られるCO₂量の割合とした。

- ・ 所要加熱量：再生ガスは、循環使用することを想定して、再生ガス出口温度を所定の温度まで昇温させる熱量より、所要加熱量を求めた。

システムとしては、目標のCO₂回収率を満足し、かつ所要加熱量を最少とする条件が望ましいと考えられる。なお、計算条件は、吸着塔直径14.5m、層高0.5m、処理ガス流量14000 m³(STP)・h⁻¹、処理ガス中CO₂濃度13.5%、冷却ガス流量93000 m³(STP)・h⁻¹、パージガス流量800 m³(STP)・h⁻¹で一定とし、再生ガス温度、再生ガス中CO₂濃度、再生ガス流量を変化させてその影響を検討した。

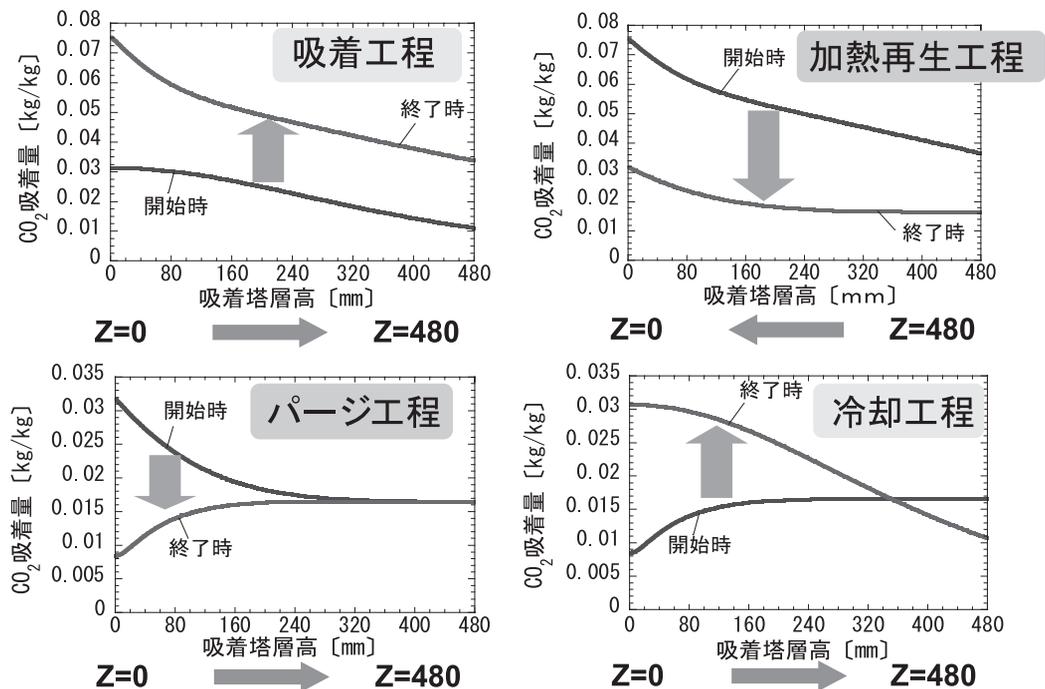


図2 各工程の吸着量の時間変化

(1) 加熱再生ガス温度の影響

CO₂の回収性能に及ぼす加熱再生ガス温度の影響を図3に示す。図3に示すように再生ガス温度が上昇するとCO₂回収率は向上するが、450 K程度以上ではその上昇割合が少なくなる傾向にある。一方、所要加熱量は再生ガス温度が423 K程度で最少となっている。これは、温度が低くなると脱着不十分となり、一方温度を高くすると過剰な脱着となるため、各々所要加熱量が大きくなり、これを最少とする温度が存在するものである。すなわち、再生温度は423 Kが最適であると考えられる。なお、この時のCO₂回収率は約77%であった。

(2) 加熱再生ガス濃度の影響

CO₂回収性能に及ぼす加熱再生ガス濃度の影響を図4に示す。これらに示すように、再生ガス濃度が高くなるとCO₂回収率は低下し、所要加熱量は大きくなる。しかし、再生ガス濃度が50%から90%になっても、回

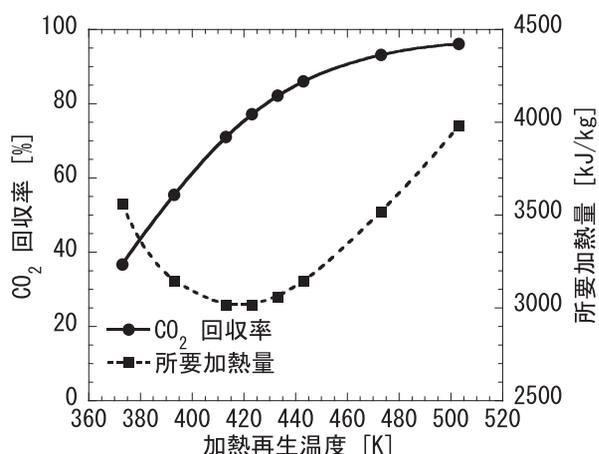


図3 回収性能に及ぼす加熱再生ガス温度の影響

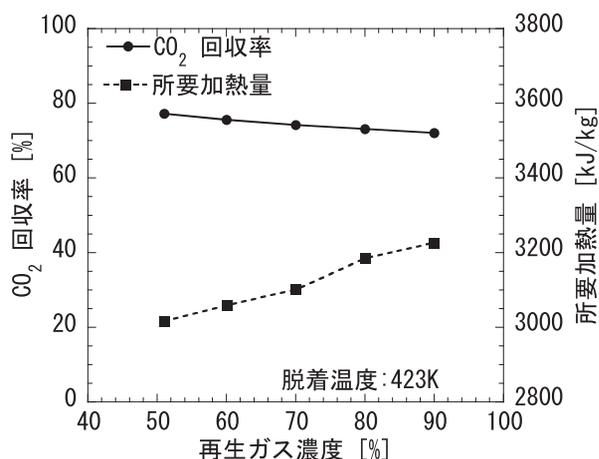


図4 回収性能に及ぼす加熱再生ガス濃度の影響

収率の低下割合は8%程度、所要加熱量の増加割合は6%程度である。この場合、再生ガス濃度が異なっても所要加熱量を最少にする最適再生ガス温度は、423 K程度であり、若干の性能低下はあるものの90%のCO₂含有ガスでの脱着再生が可能であり、目標とする90%までの濃縮が1回の操作で可能であると考えられる。

3. システム最適化

本稿で取り上げた回転吸着式の設計に必要なパラメータは、吸着層高、各工程の分割角度、加熱再生ガス温度および流量、パージガス流量、冷却ガス流量、回転数など多岐にわたっており、これらを各々最適化する必要がある。パラメータ数が少ない通常の場合の装置設計は、寸法、形状や温度などの操作条件を与えて性能を予測し最適化する方法がとられている。しかし、今回のケースのようにパラメータが多くなると、このような方法ではどの条件が最適であるのかを判断することが困難であった。そのため、著者らは以下に示す手法を提案した。

- Step 0 : 吸脱着基礎試験結果および吸着剤やガスの物性値より、基準となる操作条件の初期値を決める。
- Step 1 : Step 0の条件で、吸着層高を変化させた計算を行い、最適層高を決める。
- Step 2 : Step 1の条件で、吸着層の分割角度を変化させた計算を行い、最適分割比を決める。
- Step 3 : Step 2の条件で、パージガス流量を変化させた計算を行い、最適パージガス流量を決める。
- Step 4 : Step 3の条件で、加熱再生ガス温度を変化させた計算を行い、最適加熱再生温度を決める。
- Step 5 : Step 4の条件で、加熱再生ガス流量を変化させた計算を行い、加熱再生ガス流量を決める。
- Step 6 : Step 5の条件で、冷却ガス流量を変化させた計算を行い、最適冷却ガス流量を決める。
- Step 7 : Step 6の条件で、回転数を変化させた計算を行い、最適回転数を決める。

以上により求めた値がStep 1と同じであれば、それを最適条件として確定する。もし、両者が異なればStep 1-Step 7の計算を再度行う。この計算を繰り返し、各パラメータの値が一定となった条件を最適条件として確定する。

表1 各パラメータ最適化の検討結果

サイクル	初期値	1	2	3	4	
吸着部分割角度 [°]	40 →	20	20 →	40	40	
パージ部分割角度 [°]	40 →	20	20	20	20	
パージガス流量 [m ³ (STP)・h ⁻¹]	2000 →	500	500	500	500	
加熱再生ガス温度 [°C]	200	200	200	200	200	
再生ガス流量 [m ³ (STP)・h ⁻¹]	490000 →	320000 →	250000	250000	250000	
冷却ガス流量 [m ³ (STP)・h ⁻¹]	560000 →	430000	430000	420000	420000	
回転数 [rph]	20 →	9	9	9	9	
CO ₂ 回収率 [%]	87.1	61.2	60.1	60.0	60.0	
回収CO ₂ 濃度 [%]	81.8	92.5	92.4	92.4	92.4	
消費エネルギー [kJ・kg ⁻¹]	ヒータ	725	690	687	685	685
	ブロワ	453	249	202	196	196
	合計	1178	939	889	881	881

一例として、計算条件は処理ガス流量70000 m³(STP)・h⁻¹、吸着塔直径14.5mとし、再生ガス中CO₂濃度が90%以上でCO₂回収率60%以上を満足し、かつ所要加熱量を最も少なくできる最適条件を検討した。なお、ここでは吸着塔の圧力損失も考慮することとし、発電効率を35%として送風機の動力を熱エネルギーも換算した。また、所要加熱量のうち80%は廃熱を利用できるものとした。

計算結果例を以下に示す。まず各操作条件の初期値を表1のように決め、CO₂吸着・脱着のシミュレーション計算を行った。この時のCO₂回収率、回収CO₂濃度および回収CO₂1kg当たりの所要エネルギーは、各々87.1%、81.8%および1177 kJ・kg⁻¹であった。CO₂回収率は、比較的高かったが、回収CO₂濃度は、目標の90%以上を確保できなかった。これをStep0として、上記の方法で各パラメータを順次再度最適化した。その結果、CO₂回収率61.2%、回収CO₂濃度92.5%および所要エネルギー939 kJ・kg⁻¹となり、初期条件での結果に比べCO₂回収率は低下するものの、回収CO₂濃度は目標の90%以上を確保できるとともに所要エネルギーも20%程度低減できるとの結果を得た。各パラメータを順次変更しているため、この結果が必ずしも最適条件とは限らないため、再度上記の操作を繰り返した。その結果、上記3種のCO₂回収性能は、おのおの60.1%、92.4%および889 kJ・kg⁻¹となり、所要エネルギーをさらに低減できていることがわかる。この操作を再度繰り返すと、CO₂回収性能はおのおの60.0%、

92.4%および881 kJ・kg⁻¹となった。同様の操作をもう一度繰り返しても結果は同じであり、このときの条件が最適操作条件であると考えられる。すなわち、最適操作条件は以下のとおりと考えられる。なお、所要エネルギー881 kJ・kg⁻¹の内訳はヒータによる消費エネルギーが685 kJ・kg⁻¹、送風機動力が196 kJ・kg⁻¹であった。

- 吸着層高：0.5 m
- 吸着部分割角度：40°
- パージ部分割角度：20°
- 加熱再生部および冷却部分割角度：150°
- パージガス流量：500 m³(STP)・h⁻¹
- 加熱再生ガス温度：473 K
- 加熱再生ガス流量：250000 m³(STP)・h⁻¹
- 冷却ガス流量：420000 m³(STP)・h⁻¹
- 回転速度：9 rph

4. 実機システムのイメージ

一例として、40万kWの石炭火力発電所からの180万m³(STP)・h⁻¹の燃焼排ガス中のCO₂を除去・濃縮することを想定した実機システムの検討を行った。実機は直径14.5 m、充填層高0.5 mの装置を複数個設置することとしてその概念設計を行った。実機システムのイメージを図5に示す。この場合、180万m³(STP)・h⁻¹の排ガスを処理するためには3章の装置が26個必要となる。ここで、処理の設置スペースを小さくするため吸着層をたてに26段積み重ねる構造を

考案した。すなわち、1段当りの高さを例えばヘッダ部を含めて1mとすると、全層高は26mと予想される。

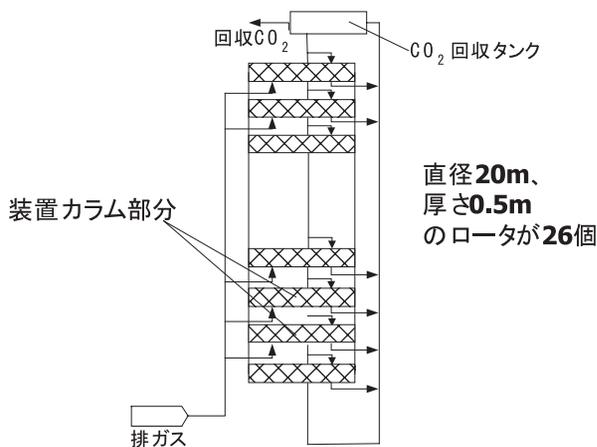


図5 実機システムのイメージ

5. ガス流速分布の不均一性

本システムを中心となる吸着塔には、低圧力損失を目的にハニカム形状のゼオライト系吸着剤を充填している。しかし、圧力損失が小さいということは、ガスの流速分布を均一にすることが困難であることを意味している。すなわち、吸着剤が粒子形状の場合には圧力損失が大きいため、それ自体がガスの分散材となるため吸着層内の流速分布が問題となることは少ない。しかし、ハニカム形状の吸着材を使用すると流速分布が生じやすく、それに起因して性能の低下のみならず、加熱、冷却あるいは発熱などを伴う場合には、温度分布に起因した熱応力による触媒の割れなどの不具合が発生する可能性がある。これらを防止するためには、ガス流速を極力均一化する必要があり、例えば吸着層内に入るガスの動圧を押さえるための邪魔板の設置、逆向きへの導入あるいは多孔板の設置等が行われているが、これらの定量的な効果は必ずしも明確にはなっていない。

そこで、ハニカム内の流速分布を均一化するための邪魔板や多孔板の最適な位置や形状を格子ボルツマン法 (Lattice Boltzmann Method: LBM) による解析により求め、さらに、多孔板の開口率を一定にしながら、開口形状を時間とともに変化させる自動設計方法を提案し、その有効性を調べることにした。自動設計手法として、圧縮性単相流の格子ボルツマン法⁷⁾で流れを計算しながら、多孔板の形状を変化させて流動が均一になるように多孔板を自動設計する。計算体系を図6上段に示す。ハニカムは幅480格子、高さ100格子で、

ハニカムは幅10格子の穴が40個設置されており、左下より横向きに流入したガスが、ヘッダ部で上向きに方向を変えてハニカムに流入する体系を用いた。このようにヘッダ部の横からガスを流入させる体系は、装置に高さの制限がある場合よく採用されている。また、図6の中段に示すように、ハニカムの前方に等間隔でN個の孔が開いた多孔板を設置した。

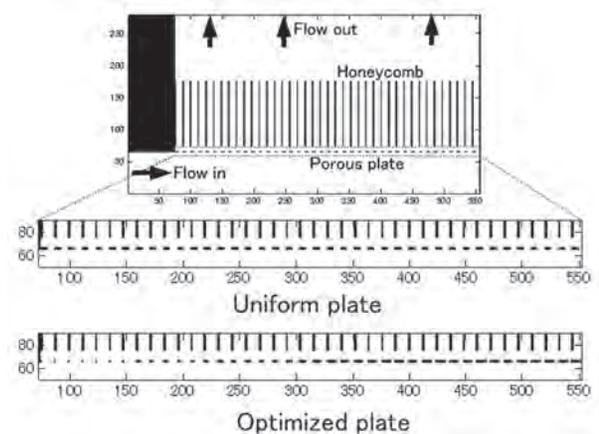


図6 流動均一化のための計算体系

この体系で流動場を計算しながら一定の時間間隔で流速の大きいチャンネル前方の多孔板の口径を狭め、小さいチャンネル前方の多孔板の口径を広げることで流速分布の均一化を図る。具体的には以下の手順を繰り返す。

- A) 流れが十分に発達した後、多孔板の各開口部から、質量と大きさの無い仮想的な粒子を自動設計を行う時間ステップごとに放出する。粒子はどの開口部から放出されたかという情報を持つ。
- B) 粒子放出後に各チャンネルの平均流速を求めると同時に、最大流速のチャンネルと最小流速のチャンネルを決定する。
- C) 最大流速と最小流速のチャンネルに流入した粒子数を数え、最も多くの粒子が放出された多孔板の空間を、最大流速の場合は1格子縮め、最小流速の場合は1格子伸ばす。

これらA)-C)の操作を繰り返すことにより、多孔板の開口率を一定に保ちながら、最大流速のチャンネルに対応する多孔板が伸び、最小流速のチャンネルに対応する多孔板が縮むことが期待され、次第に流動が均一化する多孔板の形状が自動的に求まって行くと考えられる。なお、計算は二次元で行い、ガス入口幅基準のレイノルズ数は60000とした。

解析結果は、流速分布と変動係数 C_v で流速分布の

不均一を評価する。

$$C_v = \frac{1}{u_m} \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (u_i - u_{ave})^2} \quad (7)$$

式(7)中の u_i はチャンネル番号 i ($i=1, \dots, N$)のチャンネル内の平均流速を示し、 u_{ave} はこれらの平均値である。この変動係数が小さいほど流れが均一であることを意味しており、完全な均一流れでは0となる。多孔板自動設計時の変動係数の時間変化を図7に示す。タイムステップ $\tau=15000$ までは一定の開口形状として計算を行い、その後自動設計を開始し、 $\tau=150000$ 自動設計を終了している。この図より、自動設計を開始すると0.7-0.8程度だった変動係数が、 $\tau=20000$ 後から低下しはじめ、 $\tau=60000$ でほぼ一定の0.3程度になった。すなわちこの間自動設計が行われていると考えられる。また、自動設計終了に変動係数はやや上昇するが0.35度を維持することがわかった。

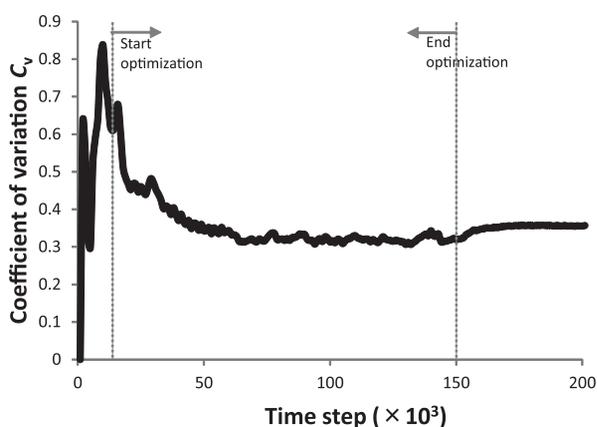


図7 変動係数の時間変化

この自動設計手法を適用した前後の各チャンネルの流速分布を図8に示す。チャンネル番号が小さいほど、ガス流入部に近いチャンネルをあらわす。均一な多孔板を設置した場合には、動圧の影響で、ガス導入部近傍のハニカムにはガスがほとんど流れず、反対側のハニカムに集中的に流れており、流速分布が大きく、この場合の変動係数は0.7である。一方、自動設計後は、入り口部分の多孔板は口径が大きくなり、反対側の口径は小さくなっており、その結果各チャンネルの流動が均一化され、変動係数が0.35まで低下したものと考えられる。

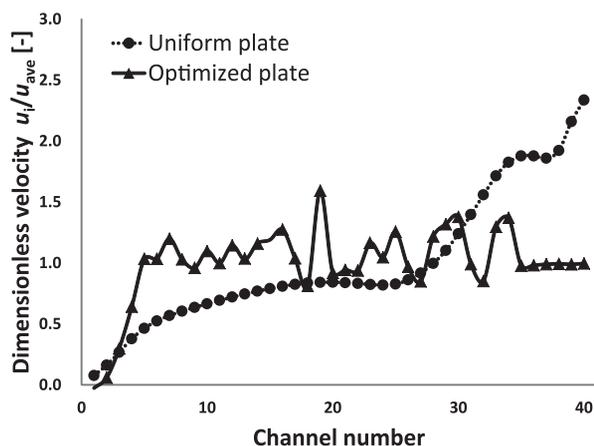


図8 流動均一化前後の流速分布の比較

6. おわりに

火力発電所からの排ガスに含有される CO_2 の回収を目的し、低圧力損失であるハニカム型ゼオライトを充填した回転式吸着塔を用いて、温度スイング吸着(TSA)方式で除去・濃縮するシステムに着目して、その最適化を目的とした。その結果、濃度90%の CO_2 を回収率60%以上で回収はできることがわかった。しかし、本システムを実用化し、世の中に広く普及させるためには、システムの最適化と並行して高性能吸着剤の開発やボイラ廃熱の有効利用システムの確立など多方面からの取り組みが極めて重要であると考えられる。このため、多孔板の開口形状を最適化する新しい自動設計のコンセプトを提案し、その有効性を確認した。その結果、流動の不均一性の指標となる変動係数を約1/2にまで低減できる可能性を示した。今後は、4章で示した実機イメージのように、直径に対する厚さがきわめて薄いハニカムに適用できるように、本計算手法の精度をさらに向上させる必要がある。

[記号表]

a : surface area of adsorbent	$[\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-3}]$
C : concentration	$[\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}(\text{STP})]$
C_v : coefficient of variation	$[-]$
h : heat transfer coefficient	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
k : mass transfer coefficient	$[\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$
P : pressure	$[\text{Pa}]$
Q_{ad} : adsorption heat	$[\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}]$
q : adsorption quantity	$[\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}]$
T : temperature	$[\text{K}]$
t : time	$[\text{s}]$
u : gas superficial velocity	$[\text{m}(\text{STP}) \cdot \text{s}^{-1}]$
z : bed height	

[m]

λ : specific heat

[kJ · kg⁻¹ · K⁻¹]

ρ : density

[kg · m⁻³]

τ : time step of LBM

[-]

< subscripts >

ave : mean value

B : adsorbed CO₂

g : gas

m : adsorbent

[参考文献]

- 1) 松隈洋介、松下雄一、垣上英正、井上元、峯元雅樹、安武昭典、岡伸樹：化学工学論文集、32巻、第2号、p138 (2006).
- 2) 松隈洋介、定形薫、垣上英正、井上元、峯元雅樹、安武昭典、岡伸樹：化学工学論文集、32巻、第2号、p146 (2006).
- 3) 松隈洋介、高谷真介、井上元、峯元雅樹、上島直幸：化学工学論文集、32巻、第5号、p402 (2006).
- 4) 松隈洋介、高谷真介、井上元、峯元雅樹、上島直幸：化学工学論文集、32巻、第6号、p477 (2006).
- 5) 松隈洋介、垣上英正、井上元、峯元雅樹、安武昭典、岡伸樹：化学工学論文集、33巻、第3号、p218 (2007).
- 6) 垣上英正、井上元、松隈洋介、峯元雅樹、安武昭典、岡伸樹：化学工学論文集、34巻、第3号、p402 (2008).
- 7) Chen, S. and G. D. Doolen, Annu. Rev. Fluid Mechanics, 30, 329-364 (1998).



松隈 洋介

九州大学大学院工学研究院

化学工学部門 准教授

1996年 東京工業大学理工学研究科原子核工学専攻
博士後期課程修了

同年 山形大学工学部 機械システム工学科 助手

2000年 九州大学大学院 工学研究院 化学工学部門 助
教授

2003年 文部科学省在外研究員として米国 Johns
Hopkins 大学に留学

現在に至る

専門：数値流体力学、多孔質体内の二相流解析

ホットトピックス

下水処理場におけるシロキサンの挙動と吸着除去に関する基礎研究

Behavior and Adsorptive Removal of Siloxanes in a Municipal Sewage-Treatment Plant

京都大学大学院工学研究科都市環境工学専攻
Dep. of Environ. Eng., Graduate School of Eng., Kyoto Univ.

大下 和 徹
Kazuyuki Oshita

1. はじめに

わが国の下水道普及率は平成20年度末で72.7%に達し¹⁾、下水汚泥の発生量も増加傾向にあり、適正な処理・処分に加えて、減量化、有効利用の重要性が増してきている。そのような状況の下で、下水汚泥を、嫌気性発酵させた時に発生する、メタンを主成分とする消化ガスを発電に利用すること(消化ガス発電)が注目されている。消化ガス発電は汚泥の減量化、有効利用に加えて、地球温暖化対策の有力な技術であり、全国で20箇所以上の下水処理場で採用されており、発電機器も従来のガスエンジンに加えてマイクロガスタービンや燃料電池が導入されてきている上、発電以外でも、自動車燃料としての利用や、都市ガスとして供給する試みも始まり²⁾⁻⁵⁾、今後、さらなる普及が期待される。

しかし、下水汚泥の消化ガス発電では、消化ガス中にシロキサン(有機ケイ素化合物)が含まれるため、ガスエンジン燃焼室内などにおいて、これが酸化されて、その酸化物がガスエンジン内部や点火プラグに付着することで、エンジンが失火したり、後段の排ガス処理触媒が被毒、失活したり、場合によってはエンジン損傷事故を引き起こしたケースもあり、トラブルの原因とされている^{6), 7)}。

下水道に流入するシロキサンの由来は、リンス、スキンケア化粧品などが主なものと考えられているものの⁶⁾、流入水や下水汚泥中に含まれるシロキサン濃度はあまり報告されていないとともに、シロキサンが処理場に流入した後、水処理・汚泥処理プロセスを経て、消化ガス中に含まれてガスエンジン等の発電機器に到達するまでの挙動は明らかになっていない。今後、消化ガス中のシロキサン対策を効率的に行っていくため

には、下水処理場全体におけるシロキサンの挙動を把握しておくことが非常に重要であると考えられる。また、消化ガス中に含まれるシロキサンを除去する手段としては、吸着による除去を中心に、国内外で様々な手法が開発されてきているが^{8), 9)}、各開発主体により、どのような物性の吸着剤が望ましいのか、統一的な指標が明確にされているわけではない。

そこで本研究では、下水処理場におけるシロキサンの挙動を把握すること、消化ガス中に含まれるシロキサンの吸着除去に必要な吸着剤の物性を明らかにすることを目的とした。具体的には実際に稼動している下水処理場において、下水・汚泥・消化ガスなどをサンプリングし、各媒体中のシロキサンの分析や組成分析を行って、処理場内でのシロキサンの挙動を濃度やマテリアルフローの観点から明らかにした。また、細孔構造や種類の異なる10種の吸着剤について、キャラクター化を行うとともに、模擬消化ガスからのシロキサンの吸着除去試験を行った。この結果をもとに吸着剤の物性の違いがシロキサンの吸着特性に与える影響を検討した。

2. シロキサン

シロキサンとは、ケイ素、酸素、水素からなる化合物のうちSi-O-Si結合(シロキサン結合)の繰り返し構造からなる高分子の総称である。シロキサンはSi-Oの結合エネルギーが高いため化学的に安定で、耐熱性、対候性、対酸化性に優れ、生分解されにくく、生理的にも不活性であるという性質を持つ。さらに電気絶縁性や気体透過性に優れ低毒性であるために、化学、電子、電気、自動車、繊維、紙・パルプ、建設、食品、化粧品産業などのきわめて広い分野において、汎用および特殊材料として利用されている^{10), 11)}。ただし、低毒性であるとされつつも、化粧品等に多く使用されているため、その生物濃縮性や環境残留性、毒性について、ヨーロッパ、カナダで、現在議論や調査が進められている側面もある¹²⁾。

シロキサンには、鎖状構造と環状構造とが存在する。鎖状シロキサンと環状シロキサンの構造例を図1に示した。特に下水汚泥由来の消化ガス中には、環状のD4、D5が多いとされるが、これらは環状である上に、分子の周囲が飽和炭化水素のメチル基で覆われているため、極性が低く、吸着に関しては、分子間の相互作用はあまり期待できないと考えられている⁹⁾。

本研究では、下水処理場での調査では、鎖状シロキ

サンとしてL2～L5、環状シロキサンとしてD3～D6を対象とした。また吸着実験では、消化ガス中に多く含まれるとされるD4、D5を対象とした。

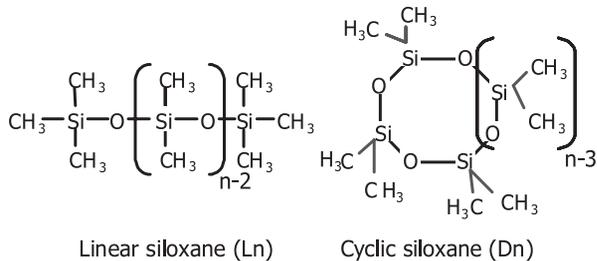


図1 シロキサンの構造

3. 下水処理場におけるシロキサンの挙動調査

対象とした下水処理場とサンプリング、分析方法

下水や汚泥、消化ガスのサンプリングはA自治体の下水処理場にて実施した。本処理場のフローおよび、各サンプルのサンプリング箇所を図2に示した。当下水処理場は晴天時日平均下水量が280,000m³の規模である。調査対象としたプロセスでは、水処理は基本的に沈澱池における固液分離と、生物処理として標準活性汚泥法により曝気槽で下水の処理がなされる。下水処理にともなって発生する汚泥の処理は最初沈澱池で発生する初沈汚泥を重力濃縮、生物処理で発生する余剰汚泥を遠心濃縮し、これらの濃縮汚泥全量を嫌気性消化し、消化ガスを発生させた後に、残渣はベルトプレス脱水し、流動焼却炉で焼却した後、焼却灰は場外へ排出し海面埋立処理している。嫌気性消化にて発生

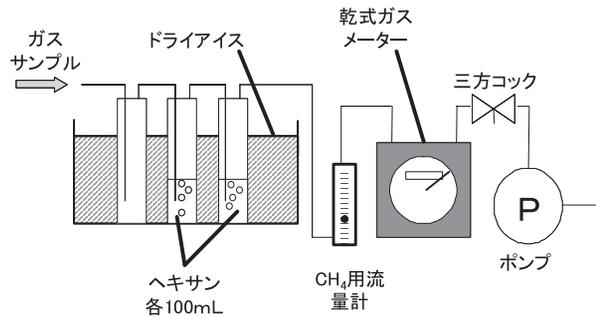


図3 ガスサンプル中のシロキサン捕集装置

した消化ガスは、脱硫塔にて脱硫され、汚泥焼却炉の補助燃料として用いられるとともに、別系統（3系）においては、400kW級のガスエンジンにより消化ガス発電が実施されている。図2におけるサンプリング箇所は下水処理・汚泥処理各工程でのシロキサンの挙動や収支が把握できるように決定した。

消化ガス、および曝気槽上部ガスサンプル中のシロキサンは、ヘキサンによる捕集を行った。具体的には各サンプリング箇所の既設採取口にテフロンチューブを接続し、図3に示した捕集装置で行った。ヘキサン中に捕集されたシロキサンはGC-MSにて定性、定量分析した。下水、汚泥、返流水（各汚泥処理からの分離水）のサンプルは、サンプリングの後、ろ過、遠心分離を行って、固形分と、液体分に分け、それぞれヘキサンによるソックスレー抽出、液液抽出を行った後、ロータリーエバポレーター等により濃縮し、これら濃縮サンプル中のシロキサンについて、GC-MSを用いて定性・定量分析した。

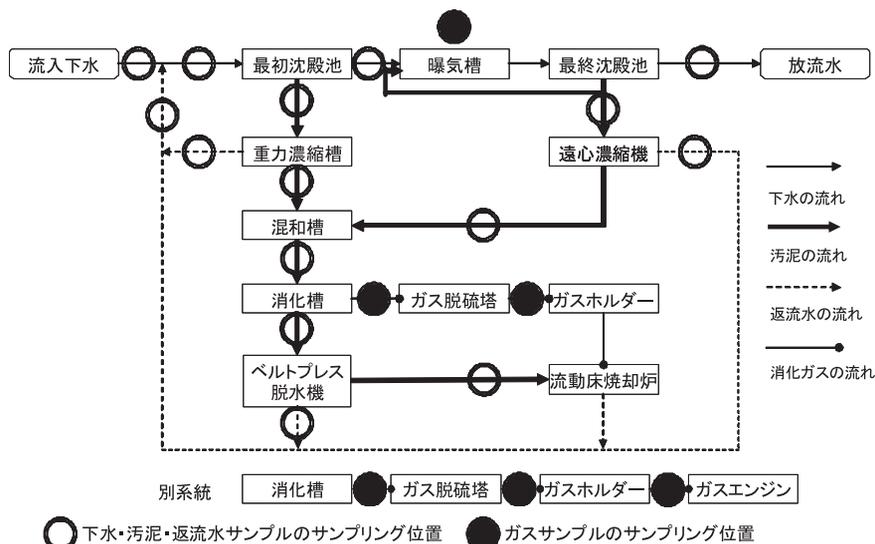


図2 調査対象とした下水処理場のフロー図とサンプリング箇所

消化ガス中のシロキサン

消化ガスおよび曝気槽上部ガスに含まれるシロキサンの測定結果を、サンプリング位置毎に全測定データの平均値および標準誤差範囲を図4に示した。全てのサンプルにおいて、L2～L5は $0.01\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$ 以下であったため、割愛した。図-4より最も多いのはD5で全体の80～90%、次いでD4が全体の10%を占めていた。このD4とD5が消化ガス中のシロキサンのほとんどを占める傾向は、他の様々な報告値^{13), 14)}と一致したが、場合によってはD4とD5の濃度が同等¹⁵⁾、もしくはD4の方が多いケース⁶⁾も報告がある。これらの違いは、消化プロセスあるいは、汚泥がそこに到達するまでの濃縮プロセスや、水処理プロセス、さらには流入水中のシロキサンの傾向などが影響しているものと推測される。また、曝気槽上部ガスについても、濃度は消化ガスに比べると1/10以下ではあるが、D4、D5が気相へ移行していることが明らかとなった。

次に、図5に、最も高い濃度で検出されたD5の濃度とサンプリング時の気温との相関を示した。この図から、気温とD5濃度には、サンプリング位置に関わらず、比較的強い相関が見られた。消化ガスは消化槽から脱硫塔などの前処理を経てガスエンジンや焼却炉まで運ばれるが、消化槽温度は1年を通してほぼ一定の 37°C を保って運転しており、消化槽からの発生量が大幅に変化しているとは考えにくく、その精製工程で通る配管中で、ガス温度の低下に伴って、D5の濃度が低下しているものと考えられる。

その原因としては、山田らが示した、D5の蒸気圧曲線⁶⁾、および図5で示した温度域やD5の濃度レベ

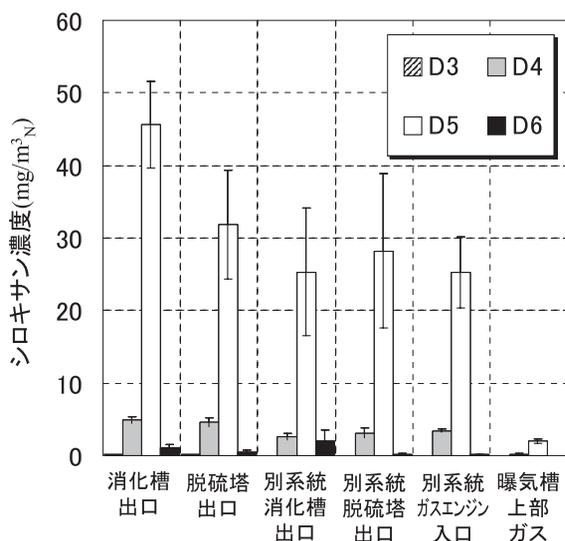


図4 ガスサンプル中のシロキサン濃度

ルからは、凝縮が生じている可能性は低いと考えられ、むしろ、D5が、ガス温度の低下に伴って、ガスエンジンや焼却炉までの配管内壁に物理的に吸着されることで、ガス中シロキサン濃度が低下していることが推測される。

流入下水のシロキサン

図6に下水処理場に流入してくる流入下水量および流入下水中のシロキサン濃度の時間変化を示した。流入水に関しても、L2～L5濃度は非常に低かったため、D3～D6の環状シロキサンに関して示した。各シロキサン濃度はろ液と固形分を合わせたトータルの値として示した。図より、測定対象のシロキサンの中ではD5の濃度が最も高くなっており、流入水中のシ

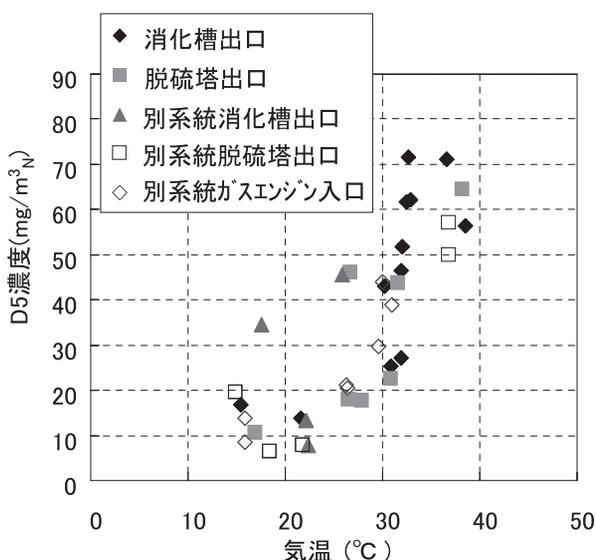


図5 気温とシロキサン：D5濃度の関係

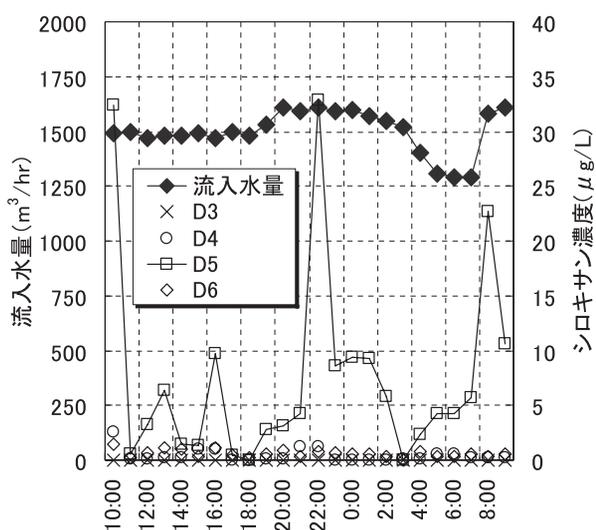


図6 流入下水中のシロキサン濃度の時間変化

られる。その場合には、シロキサンが余剰汚泥に多く含まれることや、高い揮発性を持ち、曝気槽や消化槽で気相へ移行することから、例えば汚泥に対して少量の気体を通気するストリップング方式などが有効と推測される。

4. シロキサンの吸着除去実験

吸着剤の物性

吸着除去実験には、活性炭7種(AC1~AC6)、シリカゲル1種(SG1)、ゼオライト1種(Z1)および合成樹脂吸着剤1種の(RS1, RS2)の計10種を選定し、まずそれらの物性を調査した。項目は強熱残分、TC、比重、BET比表面積等の細孔構造とした。ただし、これらの吸着剤は、吸着実験に供する際に粒径の影響がないよう、それぞれ乳鉢で破碎し、JIS Z 8801に定められた真鍮製のふるいを用いてふるい分け、0.85~2.0mmの範囲のものを物性分析、および吸着実験の試料として使用した。なお、ゼオライト(Z1)は粉末の製品であるため、加圧成型機でブリケット状にしたものを破碎してふるい分けた。樹脂吸着剤(RS1~RS2)は加圧による成型も困難であったため、もとの粒径である0.25~1mm程度そのまま使用した。

吸着剤の含水率、強熱残分、TC、比重およびBET比表面積等の細孔構造の測定結果を表1に示す。

表1 吸着剤の物性

	Ash content	TC	Bulk density	BET specific surface area : S_{BET}	Micro pore surface area : S_M	S_M/S_{BET}	External surface area : S_E	Total pore volume	Average pore diameter
unit	wt%	wt%	g/mL	m^2/g	m^2/g	%	m^2/g	cm^3/g	nm
AC1	6.5	91.3	1.54	1080	432	40	644	0.541	2.01
AC2	7.0	88.7	1.49	980	510	52	470	0.507	2.07
AC3	6.6	88.0	1.06	650	532	82	118	0.346	2.13
AC4	6.5	91.7	1.24	1060	449	42	613	0.808	3.04
AC5	5.6	86.3	1.24	1100	856	78	240	0.553	2.02
AC6	12.6	71.7	1.52	1370	334	24	1040	0.940	2.75
SG1	92.1	0.6	2.11	717	233	33	484	0.376	2.10
Z1	99.1	N.D.	2.17	712	569	80	143	0.506	2.85
RS1	0.0	90.4	1.01	936	—	—	1080	1.480	6.30
RS2	0.0	93.1	1.04	765	108	14	657	0.933	4.88

シロキサン吸着除去実験方法

実験は、吸着剤のD4、D5吸着特性を調べる目的で流通式加速破過実験として行った。実験装置模式図を図8に示す。

まず、模擬ガスは、マスフローコントローラー(コフロック製、MC-1A)を用い、1L/minに設定したN₂ガス(住友精化製、N₂ZEROA)を、D4、D5(信越シリコン製、濃度99%以上)を入れたインピンジャーに通気して試薬蒸気を発生させた。インピンジャーは、恒温水槽(東京理科器械製、液体循環装置:CAP-300、恒温水槽:SBC-11)内に保持した。本実験ではD4濃度は46±2ppmv、D5濃度は21±2ppmvとした。

吸着剤を保持する恒温槽(GL-Science製、LL75)内には2本の吸着剤充填管を設置した。片方は吸着剤を充填しない、充填管(A系)、および吸着剤を充填した充填管(B系)とした。B系への吸着剤充填方法は、吸着剤0.5±0.005gを充填し、充填した部分が円柱形になるよう吸着剤の高さをそろえ、両端をガラスウールで固定した。実験は恒温槽内を27±1℃に保って行った。恒温槽の下流では、吸着剤出口濃度の測定を行った。シロキサンの測定には、シロキサン連続分析計(大阪ガスエンジニアリング製:VA-3001S)により行った。

実験開始時はまずA系に模擬ガスを通気し、流入濃度が所定の濃度で安定していることをシロキサン連続分析計で確認したのち、吸着剤を充填したB系に模擬ガスを切り替えた。吸着剤出口での濃度変化を記録し、出口濃度が流入濃度と等しくなるまで、すなわち吸着平衡に達するまで流入を続ける加速破過試験を行った。一連の操作を、選定した10種の吸着剤について行った。

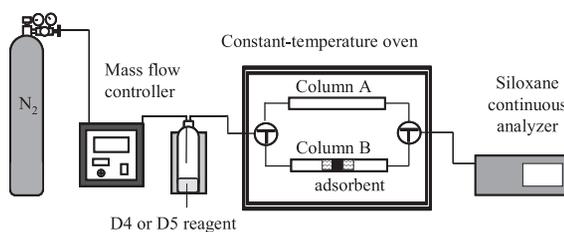


図8 流通式吸着実験装置

D4、D5平衡吸着量と吸着剤物性の関係

吸着剤の細孔構造の指標のうち、BET比表面積、t-Plotマイクロ孔面積、および外部表面積と、各吸着剤について得られた、D4、D5の平衡吸着量をプロットしたものを図9に示す。図9(a)に示すように、BET比表面積とD4およびD5の平衡吸着量との間に正の相関がみられた。また、図9(b)から吸着剤のマイクロ孔面積とシロキサン平衡吸着量の間には相関関

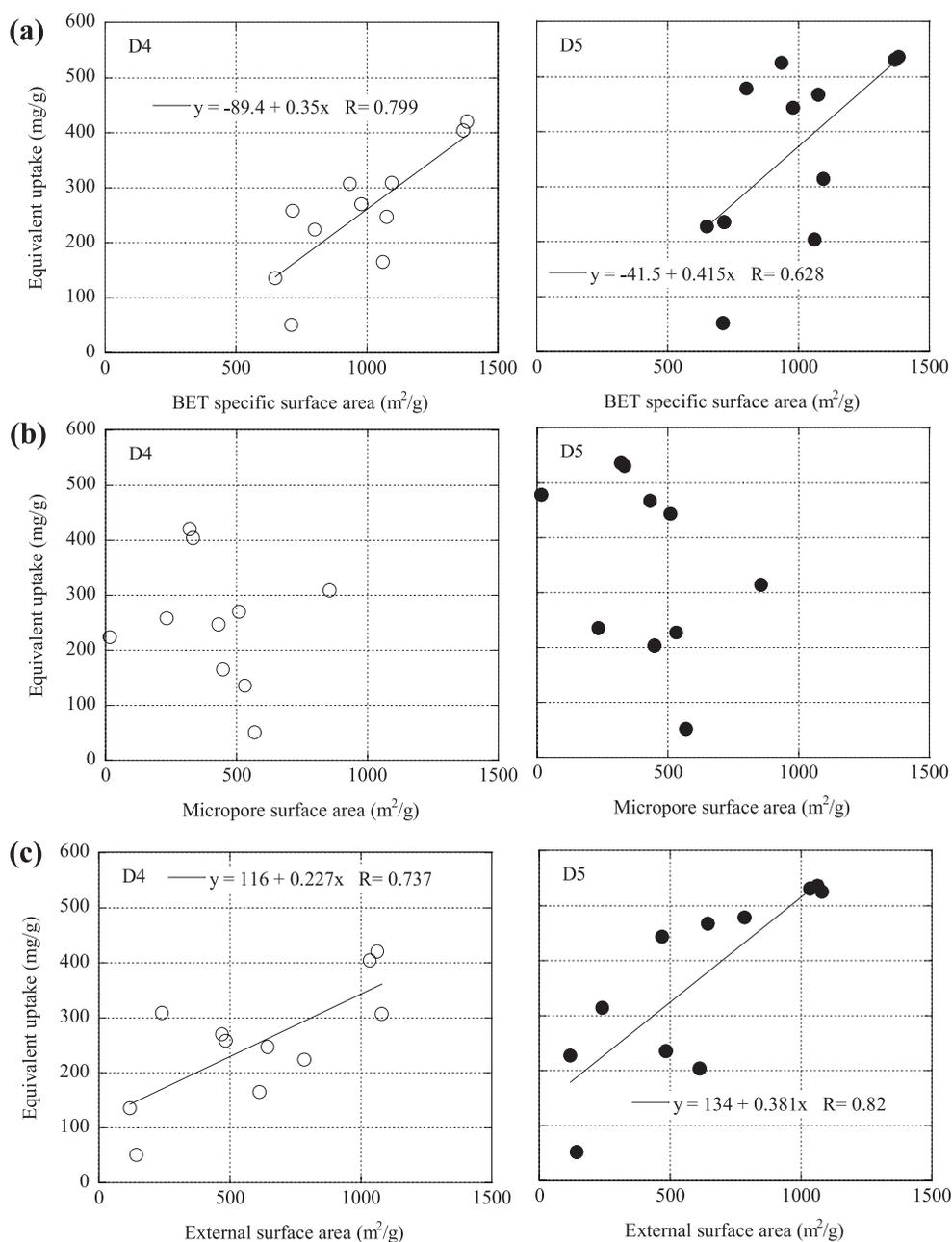


図9 吸着剤の各表面積とD4、D5平衡吸着量の関係

係はあまりみられなかった。AC 2、3、5やZ1のように、マイクロ孔の発達した吸着剤も使用しているが、それらの平衡吸着量はD4が51.0~308.7mg/g、D5が52.3~314.6mg/gであり、他の吸着剤の平衡吸着量と大差ない値であった。以上よりマイクロ孔面積が2種のシロキサンに与える寄与は少ないと考えられた。

また、図9(c)から、吸着剤の外部表面積とシロキサン平衡吸着量の間にはD4、D5ともに正の相関がみられた。以上のことから、D4、D5は比較的径の

大きな細孔に吸着される傾向があると考えられた。この理由として、シロキサンの分子体積は23℃でD5が386.5cm³/mol、D4は309.2cm³/molであり¹⁶⁾、D4とD5の分子を球体と仮定して、体積からその直径を求めると、それぞれ約8Å、および約10Åである。これよりD4、D5はマイクロ孔にも吸着される可能性があるが、D4、D5と同程度の大きさを有するマイクロ孔の内部には、進入されにくくると推測される。

以上のことから、シロキサンを効率的に除去するためには、吸着剤の物性として、比表面積が高く、かつ

メソ孔等の比較的径の大きな細孔に由来する表面積が高いことが必要であると考えられた。

5. まとめと今後の課題

本報告では、下水汚泥由来の消化ガス中に含まれ、エンジン等に障害を与えるシロキサンについて、その下水処理場での挙動調査と、消化ガス中のシロキサンの吸着除去を実験的に検討した結果について述べた。

本調査からは、D5を中心とするシロキサンの下水処理場での挙動を、概ね明らかにすることができ、またシロキサンの効率的な吸着除去に求められる吸着剤の物性についても一つの指標を得ることができた。

下水処理場での挙動から明らかとなったように、リンス、化粧品等、シロキサンを含む日用品を使用する限り、現在の下水処理システムでは、消化ガス中にシロキサンが移行することは避けることができず、リンス、化粧品の使用量も世界的に増加していることから¹⁷⁾、今後、消化ガスの有効利用を進めていくために、シロキサン吸着除去をはじめとするガス精製の役割は極めて大きいと考えられる。

シロキサン吸着除去については、本研究以外でも、様々な研究が行われており、D4、D5の共存系ではいったん吸着されたD4がD5により押し出される置換脱離が生じ得ることや、消化ガス中の共存成分として水分が多い場合は、単なる活性炭よりも、疎水性吸着剤が望ましいことなどが明らかになっている⁹⁾。また、消化ガス中にはデカンやノナン等の中沸点直鎖系炭化水素がD4、D5と同程度の濃度で含まれ、吸着剤の物性にかかわらず、そのシロキサン除去能が低下することも明らかとなってきている^{15)、18)、19)}。これらのことから、安定な消化ガス発電のための消化ガス精製設備によるコストアップは免れ得ないものとなっている。

以上をふまえ、現在、本研究グループは、嫌気性消化前段で、加温、通気など比較的簡便な方法により、あらかじめ汚泥からシロキサンを除去する方法について研究を進めている。あらかじめ汚泥からシロキサンを除去することで、シロキサン吸着除去にかかる負荷を低減できると考えている。

謝辞

本研究は、京都大学大学院工学研究科都市環境工学専攻において、筆者が中心となって行った研究成果の一部をまとめたものである。研究にご協力を頂いた、本研究室の石原裕希子氏（現大阪府）、高岡昌輝准教授、

武田信生教授（現立命館大学）、松本忠生助教（現エヌエス環境）、森澤眞輔教授、および学生の諸君に改めて感謝申し上げます。また、下水処理場にてサンプリングにご協力いただいた自治体の方々、研究機器の貸与や御助言を頂いた、大阪ガス株式会社の関建司氏、藤井岳氏、本寄稿のきっかけを与えて頂いた財団法人電力中央研究所の神田英輝氏に感謝の意を表す。

【参考文献】

- 1) 国土交通省都市・地域整備局下水道部下水道事業課：下水道協会誌, **46** (564), 39 (2009)
- 2) 嶋田真至, 他:下水道協会誌論文集, **43** (519), 114 (2006)
- 3) 阿部真二：再生と利用, **29**(111), 51(2006)
- 4) 森 大輔：再生と利用, **34**(126), 21(2010)
- 5) 堀井澄夫：再生と利用, **34**(126), 25(2010)
- 6) 山田昭捷, 他:下水道協会誌論文集, **32**(389), 79 (1995)
- 7) 大阪市都市環境局、(株)東京設計事務所：中浜下水処理場消化ガスエンジン調査業務委託報告書(2004)
- 8) M. Ajhar et al.: *Bioresource Tech.*, **101**(9), 2913 (2010)
- 9) 足立貴義：Adsorption News, **20**(4), 10(2006)
- 10) 日光ケミカルズ、日本サーファクタント工業、東色ピグメント：化粧品ハンドブック, 76(1996)
- 11) 伊藤邦雄：シリコーンハンドブック, 90(1990)
- 12) J. Tolls, et al.: *Environ. Toxicol. Chem.*, **28**, 2485 (2009)
- 13) 長藤雅則, 他:下水道研究発表会講演集, **38**, 695 (2001)
- 14) 小北浩司, 他：下水道研究発表会講演集, **40**,1033 (2003)
- 15) M. Schweigkofler et al.: *Environ. Sci. Tech.*, **33** (20), 3680(1999)
- 16) A. Kochetkov et al.: *Environ. Toxicol. Chem.*, **20** (10), 2184(2001)
- 17) Y. Horii et al.: *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, **55**, 701(2008)
- 18) 石原裕希子, 他:下水道研究発表会講演集, **43**, 1001 (2006)
- 19) 辻本聡一郎, 他:下水道研究発表会講演集, **44**, 7 (2007)



大下 和徹
京都大学大学院工学研究科
都市環境工学専攻環境デザイン工
学講座 助教

- 1999年 京都大学大学院工学研究科
環境工学専攻修士課程修了
同年 日本ガイシ株式会社入社
2002年 京都大学大学院工学研究科助手
(環境工学専攻)
2007年より現職

第10回国際吸着会議 (FOA10) 特集

第10回国際吸着会議(FOA10)の概括

京都大学工学研究科
宮原 稔

平成22年5月23日から28日まで、淡路夢舞台国際会議場にて、第10回国際吸着会議(10th International Conference on Fundamentals of Adsorption; FOA10)を開催した。開催の1ヶ月前には、アイスランドの火山灰の影響で航空便の欠航が相次ぐ事態となり、たいへん気を揉んだが、会期前には正常に運行されるようになり、大いに安堵した。なお、ギリシャの経済危機に端を発した円高が相当に進み、外国からの参加者には想定を越える出費となったであろうことは、小職が負うべき責ではないものの、申し訳なく感じている。

ご承知の通り、FOAは三年毎に開催される吸着の科学と技術に関する最大規模の国際会議であり、私はよく「吸着分野のオリンピック」と形容する。1983年の第一回に始まり、今回で10回目を数えるという約30年に及ぶ歴史は誇るべきものであろう。吸着の基礎理論から、吸着プロセスの操作・設計、さらにはエネルギー・環境問題への応用展開まで、吸着現象が関わる広汎な分野を対象とし、本分野の総体としての発展に寄与することが目的である。開催地は、米、欧州、アジアを順に巡るが、アジアでの過去の二回(FOA4, 7)とともに今回(FOA10)もまた日本での開催となり、これは日本の吸着研究のレベルの高さを示すものと言えよう。

FOA10は、International Adsorption Society (IAS)の協力の下、日本吸着学会を主催団体として行われた。議長(筆者)と、欧州・米国から各1名の副議長(Peter Monson: 米, Gino Baron: ベルギー)からなるConference Committeeの下に、日本吸着学会のコアメンバーから多数の参画・協力を得て、組織委員会(9名)、プログラム委員会(15名)、実行委員会(11名)を構成し、会議準備・運営を担当いただいた。また、IASのコアメンバーから53名を選出した大規模なScientific Committeeを構成し、450件を越えた講演要旨申込に対して、厳正な査読による受理判定および発表モード決定の任に当たっていただいた。

学会の日程と討論題目は以下に示す通りで、吸着の

基礎から応用に至るまで広い範囲をカバーしている。また、特に今回は、近年めざましい発展を遂げつつある多孔性配位錯体(PCPまたはMOF)にもスポットを当てたことが特徴であり、2件の招待講演のうちの1件には、多孔性錯体分野の第一人者である京都大学北川進教授を迎え、最新の研究成果を幅広く紹介いただいた。また、もう1件の招待講演は前回FOA9のチェアマンであるProf. Mazzotti (ETH Zurich)に依頼し、擬似移動層を用いた多成分のクロマトグラフィー分離技術・理論に関して講演いただいた。

【日程】

- 5月23日(日) OpeningおよびWelcome reception
- 5月24日(月) Keynote lecture, Plenary session, 一般講演, ポスター発表の各セッション
- 5月25日(火) Plenary session, 一般講演, ポスター発表の各セッション
- 5月26日(水) Plenary session, 一般講演の各セッション, およびConference excursion
- 5月27日(木) 一般講演およびBanquet
- 5月28日(金) Plenary session, Industrial session, およびClosing

【討論題目】

1. 多孔性配位錯体と可変形多孔体での吸着現象
2. 吸着平衡, 吸着速度およびダイナミクス
3. 吸着現象の分子スケールモデリング
4. 吸着材料と膜分離材料
5. 吸着プロセスと操作・設計論
6. 工業的吸着技術の発展
7. バイオ, エネルギー, 環境等への応用

最終的な講演数は、口頭発表163件(招待講演2を含む)、ポスター発表242件の合計405件であり、また、33カ国から369名に上る多くの参加者を迎えることができた。特筆すべきは海外からの参加者が全体の7割程度を占めていたことで、経済不況と円高の中、はるばる日本まで足を運んでいただいた参加者には感謝申し上げたい。本会議はその伝統ゆえに、「常連」が多いが、一方で、若い世代を中心に新たな参加者も毎回加わっていくという望ましい状態にある。このような多くの参加者のもとで、プレナリーおよび三会場パラ

レルの一般講演は、いずれのセッションでも内容の濃い議論が交わされた。月・火曜の夜に行われたポスターセッションも大盛況で、酒類提供による後押しもあってか、予定時間を過ぎてもお議論が続けられる様子も多く見られた。

上述したように、日本での開催にもかかわらず参加者の2/3以上もが外国人であるという、他の会議にはあまり見られない特徴ゆえに、FOA10は日本の参加者が、居ながら世界中の研究者・技術者との交流を深められる場ともなった。海外の会議への参加にしばしば困難があり得る国内の企業技術者や若手研究者・博士課程学生にとって、世界レベルの多くの研究者とのface-to-faceの交流は、彼らの今後の成長や国際交流のきっかけとして貴重な機会であり、それを提供できた点でも、当会議は意義深い。

交流を深めるべく、酒肴を無料でもてなしたHospitalityには、毎晩、100名を越す参加者があり、会場とした会議場4階の一室はもとより、4階中央の星を見上げられる円形中庭にまで人が溢れかえるたいへんな盛況となった。鳴門の渦潮クルーズや震災記念館を訪れたExcursionと相まって、人的・文化的な交流にも大いに貢献できたと考える。また、Openingでの淡路人形浄瑠璃や、同伴者向けの日本文化体験(茶道、華道、折り紙)、さらにBanquetでの先斗町芸舞妓(お一方は英語ペラペラ)と「娯茶平連」の阿波踊り(出席者ほとんどがハチマキ姿で踊った)は、外国人には珍しい日本文化として、たいへんに楽しんで頂けたようで、主催者として喜びにたえない。

思い返せば、4年以上前から準備を始め、京都、奈良、松本、札幌など多くの候補地を考えたが、最終的には、交通の便でやや難点があるものの、淡路島を会場に選定した。その理由について、本誌23巻4号巻頭言の拙文で述べた「カンヅメ」の意義に加えるとすれば、安藤忠雄の設計によりWestinホテルと複合化されつつ先進的会議設備に加え文化施設も充実した「夢舞台」の存在である。会議の総合的評価について、参加者から多くの賛辞や謝辞をこれまでに頂戴しているが、それは、会議場の優れた設備とスタッフに負うところが大きい。三年後にボルチモアで開催されることとなった次回FOA11のチェアマンであるProf. Peter Monsonが最終日に話してくれた次の言葉を、ここで結びとしたい。それは、「私がこの会場をそのままボルチモアに持っていけたらなあ…」であった。

(ついでに、蛇足ながら彼から私への言葉をもうひと

つ——「おまえをFOA11のHonorary Co-Chairに任ずるのでSocial Eventを仕切れ」と。むろんジョークだがその役目ならば引き受けた私…)

会期中は酔っ払ってばかりの小職であったこと、恥じ入る次第でお詫び申し上げるが、それを可能としてくれたFOA10事務局と実行スタッフ・学生各位に、改めて感謝申し上げる。最後に、FOA10へのご支援を頂いた企業・財団に、また、種々の面でご協力とお助けをいただいた吸着学会会員諸兄に、さらに、会議に参加頂いた出席者各位に、心より、厚く御礼申し上げる次第である。

会議レポート

Molecular Modeling, Adsorption Equilibria and Dynamics, Characterization of Porous Materials等のセッションレポート

千葉大学大学院理学研究科
大場友則

私が初めてFOAに参加したのは、9年前のFOA7(長崎)のときだった。それから、アリゾナ(アメリカ)、シチリア(イタリア)と続き、ついにFOA10、再び日本の番がやってきた。FOA10参加者との再会を喜ぶと、先ず、FOA9の際の宮原先生の熱唱の歌詞が思い浮かぶ

「素敵な別れさ～出会いの未来があるから♪」
様々な進化(環境の変化)の中で慌しい日々の中でFOAはどこか懐かしい、故郷に帰ったような錯覚を覚える、不思議な学会である。帰省するかのような気持ちで参加した本学会の場所は“淡路夢舞台”…すごい名前だ。しかし、名前に負けず、夢のような…と書くと大げさだが、非常に充実した1週間だった。

さて、発表は時代を反映してCO₂分離などの研究が多くみられ、また、炭素やゼオライト等の材料に加えて、MOF系の材料が非常に多くみられた。会場はKeynote、Plenary SessionはMain Hallで、通常のSessionは3つの会場で行われた。(図1)ここでは、主にタイトルに記載したセッションのうち、個人的に印象深い発表にのみ焦点を絞って紹介する。

Neimarkは吸着クロマトグラフィーにおけるポリ

マーの挙動をシンプルなポテンシャルモデル、グリーン関数とランダムウォークによる移動を用いて調べた。

非常にシンプルなモデルを用いることで、現象の理解を行っており、クロマトグラフィーにより得られるデータの理解が促進されると考えられる。また、Sugiyama (Miyahara Group) は有機金属錯体MOF (またはPCP) の吸着挙動の理解をシンプルなジャングルジム型の構造体を用いて解明を試みている。これらの他にも多くのシミュレーション、モデリングに関する研究が行われているが、シンプルなモデルを用いた吸着現象の解明への試みは複雑な現象を簡便化してみることができ、その現象の理解を促進することができる。それとは逆に、または相補的な研究としてモデルの精密化の研究も重要な課題となっている。

Palmer (Gubbins Group) は Quench 分子動力学シミュレーションにより、細孔性炭素材料の構造精密化の発表を行った。Gubbins Group はこれまでもリバースモンテカルロ法により、X線プロファイルを再現する細孔性炭素材料の構造解析精密化を行っている。本発表では高温状態で原子状の炭素をある一定の速度でクエンチすることにより、カーボンシートが一部形成されて、ナノ細孔体を形成するというものである。クエンチ後の構造をみると、かなり大きなサイズのグラフェンが折れ曲がった構造をとっており、X線プロファイルを再現し難い構造ではないかと思われるが、今後更なる改良がなされるだろう。また、一般の炭素材料を対象としている？ようであるが、その条件 (高温状態、原子状の炭素からのクエンチ) はカーボンナノチューブ等の合成条件と良く似ているように思われる。炭素細孔体の複雑な構造解明は吸着の研究において、最も重要なテーマのうちの一つであり、今後さらに発展していくと期待されるカーボンナノ構造体の構造解明のツールの一つとなると期待される。

Erich Müller は CO_2 、 CH_4 (H_2O)、及び細孔体の細孔構造に応じて、吸着ダイナミクスの違いを分子シミュレーションにより、アニメーションを用いつつ見事に示しており、極めて重要で普遍的な研究である。異なる形状の細孔体 (スリット型、シリンダー型、ランダム構造) を用いて、その拡散を調べると、拡散速度はシリンダー型、スリット型、ランダム構造体の順に遅くなる。また、 CO_2 、 CH_4 を比較すると CH_4 の拡散速度が速い。しかしながら、考慮すべき問題点もあり、細孔構造の違いを議論する際に、細孔径、または直径も同時に変わってしまっているために、直接的な

比較が困難である。 H_2O がわずかに存在しているときにおける CH_4 の拡散の研究も行っており、わずかな H_2O がクラスターを形成しナノ空間をブロックしてしまうため、拡散に大きな影響を及ぼすことが示された。これについても多くの質問があった。また、十分確立したわけではないが、本研究発表は吸着ダイナミクスを調べる上で、非常にサジェスティブである。

最後に大盛況のFOA10を執り行うにあたって、多くの先生方、学生の皆さんが走り回っている姿を拝見していました。関係者の皆様、本当にお疲れ様でした。また、BANQUETでは“あの”熱唱を再び聞くことができました。次回のFOA11も参加しなくては。



図1 口頭発表風景
(上から順にMain Hall、Event Hall、Amphitheater)



図2 Banquet風景

FOA10 MOF レポート

東京農工大学工学部応用分子化学科

近藤 篤

5月23日、あいにくの雨模様と強い風が吹く中、特に海外からの参加者が無事淡路に到着するかと不安を感じながらレジストレーションを済ませホテルの雰囲気を楽しんでいると、私の不安をよそに続々と参加者が到着してきた。結局終わってみればエクスカージョンの日には青空となり、またFOA10事務局・関係者

の方々の努力とスマートな運営により大成功の学会であったと感じた。

さて、今回は配位高分子錯体（またはMOF）についてのレポートを書かせて頂くことになった。今回は口頭発表、ポスター発表共に、前回のFOA9と較べて明らかに配位高分子錯体についての研究が多くなっており注目の高さを感じた。多くの興味深い発表があったが本レポートでは個人的興味でそのうちいくつかをピックアップして報告する。配位高分子錯体は構造柔軟性の高いものと比較的強固な骨格を持つものに分けられるが、まず柔軟性配位高分子について以下の発表があった。

Multi-step and Gate-type Adsorption on a Porous Coordination Polymer Possessing Gate Channels

J. Seo, R. Matsuda, S. Kitagawa (Japan)

京都大学の北川教授らのグループは配位高分子錯体の分野で世界をリードするグループの1つであるが、ユニークな発表がなされていた。従来の柔軟性配位高分子錯体は骨格のゆがみや層間拡張などの骨格全体の変化により特異な吸着特性が発現するが、本発表は配位高分子錯体の部分的な変化によりガス吸着特性をコントロールしたという発表であった。具体的には配位子に導入されたエチレングリコール鎖同士が相互作用することで細孔をlockしたり相互作用が解けることでunlockしたりする。その結果、水吸着等温線に大きなヒステリシスを持った多段階のステップが現れる。このとき、配位子自体が回転可能であることが重要となり、配位子の回転と側鎖間の結合/開裂が協同的に起きていると考えられる。近年、配位高分子錯体の特長である配位子の有機修飾が錯体合成後になされ、基本骨格を保持したまま活性部位を付与する研究が盛んになされている。修飾する側鎖の物性と共に側鎖同士の相互作用をコントロールすることで、より効率的な選択的吸着や触媒活性が発現すると期待できる。

Microcalorimetric Characterization of Polar Vapor Adsorption on The Flexible Metal Organic Frameworks MIL-88 and MIL-53

S. Bourrelly, P. L. Llewellyn, R. Denoyel, I. Beurroies, G. Maurin, S. Devautour-Vinot, G. Clet, A. Vimont, T. Devic, P. Horcajada, C. Serre, G. Férey (France)

MIL-53¹⁾, MIL-88²⁾ はフランスのFérey教授のグループで合成された柔軟な配位高分子錯体として有名であり、大きな構造変化を示す。MIL-53はCr (III)

またはAl (III) イオンとdicarboxylateからなる3次元骨格構造体であり、ある1つの方向に金属酸化物クラスターが並んでいる。また、その金属酸化物chainに平行に菱形の1次元細孔が形成されている物質である。MIL-53の特徴として、ガス分子を細孔に取り込みながら可逆的に構造変化をするBreathing effectがある。また、MIL-88も金属イオンとジカルボン酸誘導体から形成される物質であり、溶液吸着の過程で結合角を変化させることでUnit cell volumeが最大2.2倍にもなるほど大きな構造変化を示す。今回の発表は、これらに加え、MIL-53と同じトポロジーで金属イオンの異なるMIL-47 (V) を含め、in situ XRDとmicrocalorimetryを利用して極性蒸気吸着過程における構造変化を検討した発表であった。MIL-53は四重極子モーメントを持つ二酸化炭素吸着過程において、まず定圧領域では細孔が収縮し、その後細孔が拡張することで明確な2段階の吸着等温線を示す。水やアルコールなどの極性蒸気においても二酸化炭素と同様の構造変化を示し、構造変化に伴った吸着熱変化も示された。一方MIL-88はMIL-53に較べて構造変化や吸着熱変化がcriticalではなく、大きな構造変化を伴う蒸気吸着は溶液吸着に較べて長時間を要すると感じられた。面白いことにMIL-47はMIL-53とほぼ同構造を持つにもかかわらずBreathing effectを示さない。従来、配位高分子錯体において金属イオンは有機配位子をつなぐ楔として考えられてきたが、金属イオンがガス吸着特性に大きな影響を与えることを示す例としても特徴的である。

次に、強固な骨格を持つ配位高分子錯体では以下のような発表があった。

Type V Isotherms: Another Example of Unusual Adsorption Behavior Observed in MOFs

D. Fairen-Jimenez, N. A. Seaton, T. Dürren (UK)

V型の吸着等温線は疎水性表面を持つシリカへの水吸着のような場合に見られ、一般的に吸着剤と吸着質との相互作用が弱いときに発現する。しかし、O. M. Yaghi教授らはマイクロ細孔を有するMOFへのCO₂吸着等温線においてもV型の等温線を報告している。³⁾発表では、マイクロ細孔体への吸着で一般的でないV型の等温線がなぜ発現するのかをシミュレーションで考察したものだ。等温線の形状に影響を与える因子として、solid-fluid相互作用、fluid-fluid相互作用、細孔サイズ・形状、吸着質、測定温度など様々なものが挙げられるが、系統的にモデル構造や吸着質といった

ファクターを変えることでsolid-fluid相互作用やfluid-fluid相互作用を変え、個々の相互作用が等温線に与える影響を考察していた。やはり、solid-fluid相互作用が弱いときにV型の等温線が発現するが、急激な立ち上がりにはfluid-fluid相互作用が重要であり、それが大きい場合にある圧力で急激に吸着量が大きくなるV型となることが示されていた。詳細はフォローしきれていないが、シミュレーションの専門家としての確実な仕事であるという印象を受け、論文化が待たれる。

これら以外にも興味深い発表が多数あった。例えば、金属イオンの空配位サイト (open metal site) への吸着では、ポルトガルのM. Jorge博士らの研究においてプロパン/プロピレン分離に有効であるという結果が示されていた。用いていた配位高分子錯体は安定なopen metal siteを持つ物質として有名なHKUST-1 (CuBTC) であるが、水分子が配位していたサイトとプロピレンの π 電子が強く相互作用するため、プロピレン選択性が現れると結論付けられていた。また、Cu (II) イオンよりもMo(II)イオンのほうがプロピレンと強い相互作用を示すと考えられるため、金属イオンの異なる同構造体合成が今後さらに発展するのではないかと感じた。また、フランスのA. H. Fuchs教授らのグループでは熱力学的解析によりMIL-53のbreathing effectを表現できることを示していた。彼らの解析手法では骨格の自由エネルギー、細孔容量、吸着剤-吸着質間親和力といったわずかなパラメータを用いて表現でき、多くの構造変化錯体に適用可能であるという優れた特徴を持つ。⁴⁾ ただし、構造データが必須であり、部分的にディスオーダーなどがある構造体には適用が難しいと考えられる。しかし、純ガス中での構造変化を予測できることに加え、純ガス吸着データから混合ガス中での構造変化も予測できるという極めて有用な解析手法であると考えられる。

その他にも、信州大学の尾関教授らのグループではゲート吸着物質を磁場中で合成することでゲート吸着圧力をtuningできる可能性を示しており、またアメリカのR. Q. Snurr教授らのグループはホモキラルな配位高分子錯体における光学異性体の選択的分離能をシミュレーションを用いて検討していた。さらに、いくつかの研究グループにおいて、柔軟性配位高分子錯体による混合ガス分離特性などの評価も具体的に行われており、特異な現象の原因を探る研究と共に、実用化に向けた研究も精力的になされていた。今後、更なる発展が期待される研究分野であると感じられた。

[参考文献]

- 1) S. Bourrelly, P. L. Llewellyn, C. Serre, F. Millange, T. Loiseau, G. Férey, *J. Am. Chem. Soc.* **127**, 13519-13521 (2005).
- 2) C. Serre, C. Mellot-Draznieks, S. Surblé, N. Audebrand, Y. Filinchuk, G. Férey, *Science* **315**, 1828-1831 (2007)
- 3) A. R. Millward, O. M. Yaghi, *J. Am. Chem. Soc.* **127**, 17998-17999 (2005).
- 4) F.-X. Coudert, M. Jeffroy, A. H. Fuchs, A. Boutin, C. Mellot-Draznieks, *J. Am. Chem. Soc.* **130**, 14294-14296 (2008).

FOA10会議レポート

MOF以外のMaterial関連

長崎大学工学部
森 口 勇

今回はじめて淡路島を訪れた。宿泊先が舞子であったので、毎朝に明石海峡大橋からの眺めを楽しみながら会議場へと思っていたのだが、会期中前半はあいにく天気がすぐれず少々残念ではあった(後半は天気も持ち直してきたようですが、所用で最後の2日は帰りました)。しかし、その天気のおかげか?どの会場もほぼ満員の状況、会場によっては立ち見もあるなど盛況であった。宮原先生より、資金集めから計画・実施までいろいろと奔走された苦労話をお酒を飲みながら面白おかしくお聞かせ頂き、頭が下がる思いを致しました。会議のお世話のみならず、エクスカッションやJAPAN NIGHTなどまで行き届いたお世話を頂いた宮原先生はじめスタッフの方々に厚く御礼を申し上げます。

さて、編集局より本会議レポートについてMOF以外のMaterialに関して何でも良いとの依頼を受け、それをよい事に勝手気ままに講演を拝聴したため、以下まとまりのない報告となってしまいますこと、予めお詫びいたします。

North Carolina University (USA) のJ. D. Moore氏は、「Anomalous Diffusion in Ordered and Disordered Microporous Carbons」(セッションM3:

Diffusion & Separation) の発表において、MCM-41 やSBA-15, Faujasite (ゼオライト) を鋳型にして得た規則性マイクロ多孔カーボン, および活性炭 (BPL) のAr, CH₄などの吸着および拡散特性をGCMCシミュレーションとともに報告した。BPLでは、細孔内への分子トラップにより引き起こされるanomalous領域 (時間の1/2乗に依存) が等温線のマイクロポアフィリング領域で生じるが、Faujasiteを鋳型にして得た多孔カーボンでは、それがマイクロポアフィリング領域以上の圧力領域で観測され、2つの異なるポア間での競争的分子移動によるものと報告している。

NAS of Ukraine の M. T. Kartel 氏は、「Synthesis and Porous Structure of Synthetic Nitrogen-containing Carbons on a Basis of Styrene-Divinylbenzene Copolymer」(セッションT5: Inorganic Porous Materials) の発表において、クロロメチル化したスチレン・ジビニルベンゼンコポリマーと尿素を反応させて窒素源を導入した後にカーボン化することより、窒素含有ポーラスカーボンを得る手法を報告した。

台湾のNational Center UniversityのA. S-T. Chiang氏は、「The Preparation of Activated Carbon with Super-High Surface Area from Sucrose and Its Characterization」(セッションT5: Inorganic Porous Materials) の発表において、スクロースを炭酸水素アンモニウム共存下で一旦Hydrothermal処理(175°C, 14時間)し、次いで400~600°Cで熱処理、さらに800°Cで賦活処理することにより、BET比表面積で3280~3390 m²g⁻¹の高比表面積多孔カーボンを得ている。KOH賦活処理ではBET比表面積3700 m²g⁻¹までに増加するという。本カーボンは、Kansai Coke & ChemのMaxsorbよりもH₂吸着量が多いことも示された。比表面積がBET法で議論されていること、細孔分布のデータが示されていないことやカーボン収率が低いことは少々残念ではある。

千葉大学の 大場氏は、「Dynamics of One-Dimensional Water through Nanogates Fabricated on Single Wall Carbon Nanohorn」(セッションT5: Inorganic Porous Materials) の発表において、カーボンナノホーンに0.4~0.5 nmの小穴を開け、N₂, CH₄, H₂Oの吸着特性を調べ、細孔外と内部へのH₂Oの吸着速度の遅れから、その小穴がナノゲートとして機能している可能性を示しており、興味深い。

Georgia Institute of Technology (USA)のJ. Drese氏の「Synthesis-Structure-Property Relationships of

Hyperbranched Aminosilica Adsorbents for the Capture of CO₂ from Simulated Fuel Gas」(セッションW1: SiO₂ & Related Materials) とC. W. Jones氏の「Direct Capture of CO₂ from Ambient Air: A Carbon Negative Approach」(プレナリーW1: Materials) は、同グループからの発表で、ほぼ同じ内容であった。アジリジンの開環重合反応を利用してハイパーブランチ状のポリアミンでSBA-15メゾポーラスシリカ表面を修飾した材料を合成し、この材料が比較的高いCO₂吸着容量を有することを報告している。さらに、ポリマー構造やアミン量との関連性等についても述べられた。

韓国KAIST, RyooグループのK. Na氏は、「MFI Zeorite Nanosheets of Single-Unit-Cell Thickness Pillared to Uniform and Tunable Interlayer Spacing」(プレナリーW1: Materials) の発表において、ジカチオンタイプの界面活性剤の層間においてMFIゼオライトの合成を行い、2 nm厚 (Single-Unit-Cell Thickness) のMFIナノシートと界面活性剤層からなる多層構造を形成させることに成功している。さらにシリカピラーの導入により、メゾポーラス構造を有する階層的なMFI多孔体が得られることを報告した。

豊田中研の稲垣氏は、「Amplified Metal Ion Detection by Peiodic Mesoporous Organosilica Chemosensor」(プレナリーW1: Materials)の発表において、オルガノシリケート骨格からなるメゾポーラス体において、骨格内にビフェニルを導入した多孔体では細孔内のクマリン色素への光エネルギー移動の量子収率が100%という優れた特性を示す。このような特異的な場を利用した新しい展開として、イオン認識のFluorescenceセンサーへの開発について報告した。ビフェニル骨格を有するオルガノシリケートメゾ多孔体の細孔表面をビピリジル基を有するシリケート化合物で修飾し、ビピリジル基によるZn²⁺bindingが高感度に検出できることを示している。

Adsorption for environment protection, Industrial adsorption/separation for bioenergy について

東京大学生産技術研究所
藤田 洋 崇

Adsorption for environment protection, Industrial adsorption/separation for bioenergy という広範な 2 分野の報告を今回担当させていただくこととなった。今回の FOA10 も前回の FOA9 と同様に自分にとって実りの多い学会となったが、宿泊場所に三ノ宮を選ん でしまったことだけは大きな間違いであった。交通の 不便さ（終バス時間など）から、ジャパンナイトに参 加できなかったうえ、バンケットも話が盛り上がって きた最中に退席するはめになってしまい、他の研究分 野の方々との貴重な交流のチャンスをふいにしてし まったからである。しかし、その分、切り替えて早寝 早起きをし、目が冴えた状態で集中して研究発表を聞 いたつもりであり、それはこのレポートに反映されて いるものと思う。また、このレポートを作成するにあ たり、分野を広く網羅しようと普段は全く聞かないよ うな発表にも足を運ぶこととなり、とても良い経験を させていただいた。それでは上記の 2 分野についてプ レナリーからポスターセッションまで興味深かった発 表についてレポートさせていただく。

Direct Capture of CO₂ from Ambient Air; A Carbon Negative Approach

C. W. Jones, S. Choi, W. Li, J. H. Drese, and P. M. Eisenberger (America)

温暖化問題の解決策のひとつとして提案されている CCS (Carbon Capture & Storage: 二酸化炭素貯留) では、通常は工場排ガス等からの高濃度二酸化炭素 (5-20%) をターゲットとして貯留を考えるが、この 研究では空気中の低濃度二酸化炭素 (400ppm) を吸 着によって分離・貯留するという壮大な提案がなされ ていた。アミン基を持った固体吸着剤 (メソポーラス シリカ等) が良いらしく低濃度でも吸着性能が優れて いるため、有望であるとのことであった。この研究で 最も興味を引かれることの一つにプロセスの経済性が あると思うが、それについてもいくらか議論されてい た。

Adsorption of Arsenic (V) onto Activated Carbons Produced from Agricultural By-Products: focus on sorption mechanism

J. Torres Perez, C. Gerente, Y. Andres, and G. McKay (France)

バイオマスから作製した活性炭に Fe を担持すること によって砒素の吸着促進を図った研究である。作製 した吸着剤のキャラクターゼーションを行い、吸着平 衡との関係を調べていた。気になったのは砒素の吸着 速度が極めて遅く、吸着に一週間以上も時間を要して いたことである。これは主たるメカニズムである化学 吸着 (活性炭表面上の $\text{Fe}(\text{OH})_y$ と H_2AsO_4^- , HAsO_4^- の反応等) が非常に遅いためとのことであった。

Reducing Heat Effects in PSA Processes for CO₂ removal

Monica P. Santos, Carlos A. Grande and Alirio E. Rodrigues (Portugal)

PSA での二酸化炭素の吸着において、吸着熱が吸 着に及ぼすマイナス作用とその抑制についての研究発 表であった。質疑では、吸着熱の抑制方法として PCM (Phase Change Material: 相変化物質) の利用 が提案されていた。

Production of Ethanol as a Renewable Energy Source: Recovery from Fermentation Broth via CO₂ Stripping and Adsorption: Modeling and Economic analysis

M. Hashi, F. H. Tazel, and J. Thibault (Canada)

バイオエタノールの吸着による濃縮・回収について のポスター発表である。このグループは、オーラルで もバイオエタノールの吸着に関する研究を発表してい たが、こちらの方が興味深かったので紹介する。具体的には、発酵液中のバイオエタノールをストリップ ングによって蒸発させた後、気相中でエタノール蒸気を 吸着し、脱着で回収を行うというプロセスを提案して いた。詳細な説明はされていなかったように思うが、 液相で吸着を行わずストリップング後に気相吸着を行 う理由のひとつは、発酵副生成物によるバイオエタ ノールの吸着阻害を最小限にするためであろう。高比 表面積活性炭をはじめ、疎水性ゼオライト等の様々な 吸着剤の水蒸気とエタノールの吸着量を測定し、最適 と思われる吸着剤を見い出していた。吸着平衡、速度、 吸着熱などの基礎データを調べ、吸脱着挙動について

実験とシミュレーションの両面から検討を行っていた。

Prototype Energy-efficient Dewatering Plant for Water-adsorbed Coal Using Dimethyl Ether at Normal Temperature H. Kanda and H. Makino (Japan)

石炭細孔内の吸着水の除去プロセスについての研究である。石炭細孔内に液化ジメチルエーテル (DME) を接触させることで、石炭細孔内の水分が抽出・除去される。使用後のDMEは常温のフラッシュ蒸留により精製され再利用される。このプロセスには、石炭に対するDMEの強い吸着相互作用を応用した、一種の液相吸着工程が組み込まれている。従来の乾燥プロセスと比較して大幅な使用エネルギーの低減が可能とのことである。DMEは沸点が低く揮発性が高いので、石炭の自然発火性が気になるところではあるが、今回はその懸念を解決する実験結果が追加されており、プロセス全体の安全面が実証されていた。

さて、様々な分野を網羅するつもりであったが、このレポートを書くにあたって筆が進むのは、結局は自分が従事している、もしくは従来から興味を持っていた分野が主であった。レポートの分野が偏ってしまい恐縮ではあるが、最後に宮原稔先生をはじめとするFOA10の主催者や関係者の方々に厚く御礼を申し上げて、レポートを終わらせていただく。



口頭、ポスター発表ともに多くの方々が参加され、活発な議論が行われた。

参加レポート

Selectivity Enhancement for Geometrical Isomers of PAHs by Controlled Adsorption in HPLC

Department of Applied Chemistry and Biochemistry, Kumamoto University
Abul K. Mallik, T. Sawada,
M. Takafuji, and H. Ihara*

In a word, it was a huge experience regarding Science, communication, social program. I enjoyed the lectures of world famous scientist in Adsorption related fields. The program was very well organized. In the case of oral presentation I have seen first time the allocated time running in front of the speaker in big screen which helped to complete the presentation in time. Sufficient time was allocated after the presentation for question and answer which was also very important for learning many things for the presenter and the audience. It is one of the ways to express one's research potentiality. It is also an opportunity to increase communication skill in English and making international friends in the field of science. The location of conference venue was very beautiful. The food and hospitality was incomparable. I really enjoyed the social programs. It was the great opportunity to see the world's longest suspension bridge and the museum about the construction of the bridge. I was surprised to see the

construction process of the bridge in the museum, what a high technology used and how much labor people applied to construct the famous bridge.

Finally, I would like to say I gained a lot of experience from this conference which will be helpful for my future research and career.

FOA10に参加して

千葉大学大学院理学研究科
鍵田裕俊

2010年5月23日から28日にかけて兵庫県の淡路島にて開催されたThe 10th International Conference on Fundamentals of Adsorption (FOA10)に参加し、研究発表を行いました。会場となった淡路夢舞台国際会議場のあるウェスティンホテル淡路はいわゆるリゾートホテルで、目の前に海が広がっており、またホテルの雰囲気がとても豪華だったので、リラックスした気持で会議に参加することができました。日中は時折雨が降ったものの、概ね天気は良く、また夜は涼しかったので、過ごしやすい印象を受けました。食事に関しても和洋中のレストランがホテルに隣接しており、飽きることなく楽しむことができました。

私にとっては今回のFOA10が初めての国際会議でした。私はあまり英語が得意ではないので、口頭発表の聴講中では知っている単語を拾うのが精一杯でした。多くの日本人の研究者の方が参加されていましたが、流暢に英語を話している方ばかりであり、羨ましいと感じるとともに自分の英語力の無さを痛感しました。私自身はポスターによる研究発表を行いました。ポスター発表の会場はホテルと国際会議場を結ぶ廊下でしたが、お酒を持った研究者の方々であふれかえっており、たくさんのディスカッションが繰り広げられました。私のポスターには幸か不幸か日本人の方ばかりが聞きに来て頂きました。様々な指摘を受けたので、自分の至らぬ点を反省するとともに、今回学んだことを今後につなげていく努力を続けていきたいと思いました。

会議4日目の夜、私はStudent banquetに参加しました。これは信州大学をはじめとする学生スタッフの方々を中心となり開催して頂きました。他国の若手研究者の方とつたない英語ではありましたが交流を深め

ることができ、とてもよい機会となりました。また、一番印象に残ったのは何といても阿波踊りでした。最初、他国の方が手ぬぐいを頭に巻いていたのは奇妙なことに見えてしまいましたが、皆で一つの輪になり阿波踊りを踊った時は全ての垣根を越えた一体感を感じました。準備に奔走したスタッフの方々には感謝の気持ちでいっぱいです。

最後になりますが、研究指導して下さいました金子教授、加納教授、大場助教、並びに今回のFOA10への参加で御意見を頂いた先生方、参加登録料の援助をして頂いたカルゴンカーボンジャパン基金様に心から感謝申し上げます。ありがとうございました。



Student banquetでの集合写真。その後のJAPAN NIGHTにも手ぬぐいを巻いて行く人が続出した。

FOA10参加報告

千葉大学大学院理学研究科
小嶋夏子

5月23-28日に淡路夢舞台国際会議場で行われたFOA10に参加しました。初めて英語での口頭発表をすることになったのですが、原稿がなかなか覚えられず非常に不安でした。また、研究室の留学生2人、留学生の母国の大学での先輩、Rodriguez-Reinoso教授の4人を千葉から会場まで連れて行くことになり、無事に合流してたどり着けるか不安感はさらに高まりました。しかし、「始まる前から国際学会の雰囲気を感じられてラッキーだと思えば」と研究室の先輩方から言われ、なるべく前向きに考えていこう、と思い直して会場に向かいました(ちなみに、若干のトラブルはあったものの、無事に千葉駅で合流し、淡路島までたどり着けました。アシストして下さった石井さん、Fitriに感謝します)。

会議場は高台にあり、周辺は緑で覆われていたので、

晴れた日の眺めはととてもすばらしかったです。それに負けないくらいの発表が数多く行われ、Coffee breakの時間にも飲み物片手に熱く語り合う人々を見て、自分も議論をしている中に入れるくらい英語力を身につけなければならない、と強く感じました。

私の発表は4日目の午後だったのですが、発表の時間が近づくにつれ緊張のあまり落ち着かなくなってしまい、落ち着くために原稿やシートの確認をしても頭の中にさっぱり入らず、余計に焦ってしまい、最終的には会場周辺を右往左往する不審者状態に。そうこうするうちに順番が来て、演台に立って座席をみたら結構人が入っていて驚きました。そして座長への挨拶を終えたとたん、次に何を言うのか忘れていた自分に気づいてしまいました。しかし、話の流れは思い出せたので、どうにか発表を行い、質疑応答までこなすことができました。緊張して頭の中が真っ白になる、というのは本当なのだと思えてきました。また、質疑応答の際、会場に質問者用マイクがなかった事もあり、質問内容がうまく聞き取れず、ずれた答えを返してしまっていた（後で質問内容を確認したら、きちんと答えられる内容だった）ので、発表中でも平常心を保ち、分からなかったら聞きなおす事を忘れないようにしようと思いました。反省だらけの発表でしたが、後で行われたStudent banquetのときに、オーストラリアから来たという学生の人に「発表聞いたよ」と言ってもらえたのがすごく嬉しかったです。

最後になりますが、研究指導及び発表練習に付き合ってくださった金子先生、加納先生、大場先生、またFOA10参加にあたり援助して頂いた日本吸着学会、カルゴンカーボンジャパン様に篤く御礼申し上げます。



初日のCoffee breakにて

FOA10に参加して

東京大学生産技術研究所
徐 東 準

私は博士課程学生として2010年5月23日から6日間兵庫県淡路島で行われた第10回 Fundamentals of Adsorption 国際学会に参加させて頂きました。多くの日本人は国際学会なのに日本でされる事でものごくがっかりしたかもしれないですが、2008年に日本へ来てから東京以外の所にあんまり行くチャンスがなかった私にとって今回のFOA10はわくわくしながら待っていた旅でした。

学会場がある淡路島の風景はとっても綺麗でした。特に学会場だったホテルの裏側にあった花畑から見た海の景色は今でも忘れられません。このように今回の学会は頭だけではなく心にも栄養分を与えてくれた良い時間でした。

私は25日の poster session で「Adsorption/Desorption of Saccharification Enzymes onto/from Lignocelluloses」と言うタイトルでポスター発表をさせて頂きました。私が今まで経験したポスター発表とはかなり違った自由な雰囲気でしたが、むしろそんな自由な雰囲気のおかげで深い研究に関する話に引き続いてお互い良い交流が出来たと感じました。

私が今やっている研究が吸着工学の main issue でもないにもかかわらずポスター発表中多くの人が関心を持って声を掛けてくれたことを見て学会に参加した研究者たちの知識への熱い思いを感じる事が出来ました。私もその熱い思いを見習ってなるべく多くの発表に耳を傾けるように頑張りました。今回の国際学会で見た多くのハイレベルな研究は自分の研究に繋がる良い刺激剤になりました。これが今回の学会から得られた一番の収穫じゃないかなと思っております。不満って言えば今回泊まった所が淡路島ではなかったので JAPAN NIGHT に参加できなかったことです。

Conference Excursion は 北淡町 震災記念公園と鳴門渦潮から大自然の力を感じられた良い時間でした。

今回の学会を通じて学問は Communication によって進歩するものであることを改めて感じました。私がやってる研究が閉じ込められた一方的な研究ではなく多くの人が関心を持てる研究となるように頑張る責任が自分にあることを深く思いました。FOA10に参加できるように援助して頂いた日本吸着学会および関係者の皆様に改めて深く感謝いたします。

FOA参加記

千葉大学大学院理学研究科
宋 馳

日本の淡路島にて開催されたThe 10th International Conference on Fundamentals of Adsorption (FOA10)に参加し、ポスターの形で研究発表を行いました。以前から、一度は参加させて戴きたいと願っていた学会ですが、ふと気がつくと、「ポスターのプレゼンも英語？」と戸惑いながら、どう話したらいいかも指導を戴き、出発の1週間ほど前には準備も整い、あとは日程を待つだけとなりました。当日、担当教官の加納先生の車に乗って7時間をかけて、やっと会場であるウェスティンリゾートホテルに着きました。同期の人二人と3人で一部屋に泊まりました。研究発表は次の日から始まりました。日本で行う学会ですが、日本人が比較的少なく、母語は英語ではない人でも英語でコミュニケーションを取るのも、すべて英語の世界になりました。学会期間では世界各国の研究者の発表はエネルギーに満ち圧倒されました。私は必死にヒアリングをしても内容はとて聞き取れず、いい英語の勉強と思いました。自分のポスター発表は3日目の夕方、国際会議でポスター発表するのは初めてであったため、大変緊張しましたが、発表自体は無難にこなせたと思います。しかし、質疑応答に関しては私たちの英語が未熟であることもあり、満身に回答できない場面があったのが大きな反省点です。会期中多くの海外の研究者や学生と触れ合うことで、大きな刺激を受け、自分の英語力に欠けることを気がつき、英語の勉強にもっともっと力をいれなければならないと痛感しました。また、空き時間は観光できるのも国際会議の1つの大きな魅力だと思います。今回は初夏の淡路島を存分に楽しむことができました。今回会場となったホテルはとにかく広く、自然がいっぱいで、食事もおいしく、ものすごく快適な一週間で過ごしたと思います。更に4日目のツアーも大変よかったです。普段生活では味わえない自然、淡路島の町並み、美しい海、すっかり気に入りました。今回の学会で知り合った先生方及び学生同士も私にとってはとても大きな財産で、これからも様々な専門分野のご指導を頂きながら切磋琢磨していきたいです。

帰り道では名古屋に通って有名なうなぎつばぶしも食べました。加納先生ご馳走様でした。(*^_^*)美味しかったです。

最後になりますが、研究指導してくださった加納教授、金子教授、大場先生、伊藤先生並びに今回のFOA10参加登録料を援助して頂いた三菱カルゴン基金様にお世話になりました。ここでお礼を申し上げたいと思います。ありがとうございました。

FOA10参加報告

東京大学工学研究科
高橋 勇介

この度、兵庫の淡路島で開催された国際会議 Fundamental of Adsorption 10に参加いたしました。

自分は1日目のポスターセッションで発表をしました。自分の英語力の不足を少しでも改めようと、ポスターセッションでは1、2日目共に積極的に発表内容を聞いて回ることにしました。開催地が国内であるため発表者は日本人が比較的多かったと思います。このためついつい日本のポスターを見たり議論したりすることが増えましたが、これでは国際学会にきた意味がないと思い、自分の分野に近そうな発表ポスターで質問・討論を試みました。ネイティブとの英会話は・・・発音が聞き取れませんでした・・・。結局単語をつなげただけのたどたどしい表現に終始してしまいました。しかし、その中で自分の研究に役立つことを拾い上げることはできたかと思えます。研究分野の近い方からはポスターの文章表現の不備を指摘していただき、今後の研究の指針についてアドバイスがいただけました。ただ、これは私個人の印象ですが、自信をもって断定しているように見えて後で調べると間違いが混じっていることも稀にあるので油断できません。他には、自



分の疑問解決のヒントとなる研究内容を紹介していただくこともありました。月並みですが、研究発表の場が研究方針の修正や疑問解決に有益であることを再認識できました。

この国際会議でもうひとつ印象に残ったのは発表時間を越えるほど活発な議論をする先生方の姿です。議論の中身が高度であることはもちろんですが、旧い友人同士のように腹を割って話し合っていたように思えました。普段顔をあわせることは殆ど無いはずなのに発表の後に外で議論を続けたり、談笑したりする光景は今の自分ではなかなか真似できないことだな、と感じました。

Conference Excursionでは北淡町震災記念館の見学や鳴門海峡で渦潮を初めて見ることができました。それらが印象的だったのはもちろんですが、他の参加者との触れ合いも記憶に残りました。家族連れでFOA10に参加した人も多かったので、彼らと何とか英語でコミュニケーションしたり、写真をとってあげたり、一緒に夕食をとったりすることで、硬い言い方をすれば、研究者に必要な社交性を伸ばすことができたかもしれません。

最後に、自分のFOA10参加を援助して下さり、貴重な研究発表の機会を与えて下さった日本吸着学会および関係者の方々に深く感謝いたします。

FOA10に参加して

岡山大学大学院自然科学研究科
鳥越裕恵

5月23日から28日に淡路島で開催されたFOA10に参加させていただきました。学会直後に学外での実験が予定されており、その準備等のために実際に参加したのは24～27日だったのですが、とても刺激的な数日となりました。

私の研究分野から少し離れた研究内容が多く、普段とは異なる視点で研究を見つめなおす良い機会となりました。私自身の発表においても同様に、思いもよらないアイデアをいただくことができました。しかし、発表に対する準備と英語力の不足のために、スムーズに議論をすることができず、とても歯がゆい場面が多々ありました。相手の方が一生懸命話してくださっていても、なにをおっしゃっているのかわからず、さ

らに、伝えたくても英語が出てこないというもどかしさ。ちゃんと英語を勉強せねばと痛感しました。一方で、このような状態であっても、伝えようとすればなんとか伝わる（正確ではないかもしれませんが）ということもわかりました。

伝えたいという気持ちが一番大事。これを実感できたのは、なんとといってもJAPAN NIGHTと懇親会です。これまで幾度か学会に参加しましたが、懇親会に参加したことはなく、今回が懇親会デビューでした。参加してみたものの、知り合いもおらず、一人取り残されてしまいました。運よく向こうから話しかけてくださった方を頼りに、何人か海外の方とお話をすることができました。これを機にアルコールの力も借りつつ、自ら話しかけてみることにしました。初めは「急に何だこいつは？」という目で見られましたが、私のつたない英語にきちんと対応してくださり、研究内容は研究室の様子など興味深い話を聞くことができました。

海外の学生と交流できただけでなく、国内の学生とも知り合うことができ、今後も交流を深めていきたいです。そのためにも、彼らから刺激を受けるだけでなく私からも刺激を与えられるように、私も努力していきたいと思っている次第です。

最後になりましたが、研究指導して下さった黒田先生、大久保先生並びに今回のFOA10参加登録費の援助をいただいたカルゴン カーボン ジャパン様に心から感謝申し上げます。

FOA10について ～信大・淡路島奮闘記～

信州大学大学院総合工学系研究科
二村竜祐

前回イタリアのシチリア島で開かれたFOA9からあつという間に三年の月日がたち、また国際吸着学会の季節がやってきました。FOA9の時は、修士の1年生として参加し、右も左もわからないまま担当教官である飯山先生の後を付いて回っていた思い出があります。それでも国際学会を肌で感じることで、将来このような舞台で一人前に議論できるようになりたいと思うようになり、博士課程への進学を後押ししてくれた心に残る国際学会でした。

今回のFOAは日本の淡路島で開かれるということ

で、前回ほど気構えることなく比較的余裕を持って学会会場に向かった我々信州大グループでしたが、学会会場であるウェスティンホテルは国際会議を行うに相応しい施設で、到着した途端に私は緊張感に包まれてしまいました。また会議への外国からの参加者が非常に多く、改めて国際学会に参加しているということを実感させられました。会議本番では宮原先生をはじめとする京都大学の方々のオーガナイズも素晴らしく、日本人として誇りに思える国際学会でした。

今回のFOA10では多孔性有機金属錯体に対する発表が多く、MOFに対する注目や期待の大きさがうかがわれました。特にガス貯蔵や分離といった分野だけでなく、生化学におけるドラッグデリバリーの分野でもMOFが注目を集めているという発表からも応用分野が多岐にわたっていると感じました。そのことは有機金属錯体研究の第一人者である北川先生のKeynote講演でもあったように、新たな機能性ナノ空間の創成を可能にする有機金属錯体の大きな魅力なのだと再認識させられました。

私は木曜日の午後に行われたセッションであるWater and Ion AdsorptionにてInvestigation of Multi-component Adsorption in Nano-space by Large Angle and Small Angle X-ray Scattering Methodsという講演タイトルで発表しました。国際学会での口頭発表は初体験で無事に乗り越えられるか数週間前から心配していましたが、三年前のたどたどしかったFOA9でのポスター発表と比べれば自分自身の英会話の能力の向上を感じることができる納得のできる内容の発表となりました。質疑応答ではD. D. Do氏に貴重な意見をいただくことができ、また発表後にもJapan Nightにて何人かの方とお話する機会をいただき、得るものは大変大きかったです。ただネイティブの人達と英語で議論をスムーズに行うことはできず、国際人への道の険しさを感じました。

木曜日にはバンケットがあり、私は学生バンケットのオーガナイズという大役を任されていました。学生が積極的に交流できるバンケットにしたいということで、当初は何も企画はなかったのですが、それでは面白くないということで急遽田中先生、渡辺先生そして加藤先生に御無理をお願いして学生バンケットでも阿波踊りを企画として入れていただきました。先生方の御配慮で、地元で有名な阿波踊りの連の方にも来ていただくことができ、学生バンケットは大変盛り上がり、多くの友人を作ることができました。

また我々が師匠である飯山先生はFOA10にて発表だけでなく、ウェルカムパーティーでの人形浄瑠璃の同時通訳、FOA10阿波踊りベストダンサー賞の獲得など学会期間を誰よりも充実して過ごされておりました。このようにFOA10は私個人だけでなく信州大学物理化学研究室にとっても大きな財産となりました。

最後になりましたが本発表を支えてくださったカルゴン・カーボン ジャパン基金および日本吸着学会、ならびに学生バンケットでお世話になりました宮原先生をはじめとする関係者の方々に改めてお礼申し上げます。ありがとうございます。

FOA10を表と裏から見て

京都大学大学院工学研究科
沼口 遼平

FOA10において、私はポスターの発表者として参加するとともに、主催者である宮原教授の下で学ぶ学生として事務局スタッフとしても関わりました。ポスター発表という国際会議の「表」の部分と事務局スタッフという「裏」の部分の両方体験できたことは、博士進学を希望している私にとって一粒で二度おいしい機会でした。ここでは両方やったからこそ得られた経験を記していきたいと思います。

ポスター発表は初日（24日月曜）で、英語で会話するのもまだまだ挨拶程度しかしていないうちに始まりました。幸い日本人の方と外国人の方それぞれ数名ずつに研究内容を紹介することができ、とても有意義に過ごせたと思います。中でも最も熱心に聴いてくださったのがドイツ人の方で、私の発表内容に近い、細孔内での相転移について研究されている方でした。英語力の乏しい私はこの方の質問を理解できないことが多々あり、何度も何度も聞き返しました。心の中では申し訳ないと思うと同時に「こりゃあすぐにでも見限られるなあ」と嘆息しましたが、予想に反し、その方は大変根気強く私のつたない英語に付き合ってくれました。なんてこの人はいい人なんだろうと感動しながらお礼を言い、頭を下げたのを覚えています。

ただの参加資格だけならここで話が終わるのですが、私には夜の宴会Japan NightとMicromeritics Nightで給仕をする裏方の仕事もありました。外国の皆さんは宴会1日目の夜のうちからsorryビール（発泡酒）と

premiumビール（本物のビール）の2種類がテーブルに置かれていることを非常に良く理解しておられ、冷蔵庫を開けていた私に「なあアサヒを出してくれ。エビスでもいい」とねだるようになっていました。premiumビールを催促されたのをきっかけに宴会の参加者と話すことが何度かあったのですが、とある1グループと談笑しているうちに、彼らがポスターセッションで丁寧に接してくれたあのドイツ人と同じ研究室の学生たちであることを知りました。「あなた達の研究室の先生には丁寧にポスターを見てもらい、つたない英語に付き合ってもらった。彼はとてもいい人だ」と伝えると「そうかあ？」というような返事が返ってきましたが、「だけどディスカッションの間ずっと笑顔を見せてくれなくて、しかも面だった」と伝えると笑いが起こり、指導してくれる先生のネタで盛り上がる時の学生の、あのなんとも言えない連帯感を感じられました。

この他にも、公式の宴会の給仕を終えて、さらなる深夜の宴会に顔を出すと皆に労ってもらえるなど、仕事で顔を合わせておいたおかげで後々に個人的に親しくなる時にいいきっかけになった例がたくさんありました。日付が変わっても一向に宴会をやめない彼らを見て、中東の方が「あれがヨーロッパだよ」と言ったのが非常に印象深く、記憶に残っています。研究発表はもちろんのこと、こうした学会の雰囲気も楽しめたのはとても稀有なことだったと思います。

最後になりましたが、こうした機会を与えてくださった宮原教授、ともに働いたスタッフの皆様、そして学生バンケットを率先して盛り上げてくださった信州大の二村さんにお礼を申し上げます。楽しい経験をさせていただいて、どうもありがとうございました。

FOA10に参加して

東京電機大学先端科学技術研究科
延 澤 聡 美

淡路島で行われたFOA10に参加し、研究発表を行いました。先の日本吸着研究発表会で宮原先生が「お花の綺麗な季節に淡路島で」とおっしゃっていたのをとても魅力的に感じたのがFOA10に参加するきっかけとなりました。現実には日本国内ではあるものの初め

での国際学会ということで非常に緊張しておりました。日本語でもたどたどしい説明を英語で行うということに非常に不安感を抱いて淡路島へと向かいました。

しかし、会場でPlenaryのオーラルプレゼンテーションを拝聴しているうちに自分の発表に対する不安は消え、最先端の研究に今まで以上に強く興味を持ちました。また、メインホールにたくさんの人がいるのを目にし、とても大きな学会に参加しているのだということ意識しました。

ポスターセッションの会場は会議場とホテルとの連絡通路だということで、どのように行われるのか想像が付きませんでした。しかし、ポスターセッションの初日に目にした光景一廊下の両側にディスプレイされたポスター、そのポスターセッションを聞くために集まった人々、飲み物のアルコール類—と熱気にあふれた会場に再び不安に襲われつつ、いくつかのポスターを拝見し拙い英語で質問させていただきました。私のポスター発表は2日目でしたので、2日目までアルコール類が残っていてくれることだけを願っていました。

2日目のポスター会場も初日同様とても賑わっていました。私のところにも何人かの方が聞きにきてくださりました。いつも論文でお名前を拝見している先生方が来てくださり、良い結果だねと声をかけてくださったことは、特に励みになりました。

Coffee breakやHospitalityの際には、国内の他の研究室の方と研究の悩みなどを話す機会や、学会中に知り合った海外の方を紹介してもらい機会もあり非常に充実したものでした。Free timeには安藤忠雄氏の設計した花壇、百段苑や生け花の展覧会なども見ることができ、日本を代表する建築家の造形美や日本の伝統美を感じることもできました。

学会期間中は時間が経つのがとても早く、充実した時間を過ごすことができました。今回受けたご指摘、ご助言を基にますます研究に励んでいきたいと思っています。

最後になりましたが、指導教員である類家正稔先生とFOA10の参加登録費を助成していただいた日本吸着学会および関係者の皆様に心からお礼申し上げます。

FOA10参加記録

信州大学工学系研究科
森田 優平

淡路島で行われたFOA10に参加し、研究発表を行いました。私にとって初めての国際学会への出席であり、また私自身の英語力の乏しさゆえに、資料の作成、発表の練習と、出発の前日に至ってもてんやわんやと準備に明け暮れておりました。まず、ギリギリまで私の発表内容の確認を頂いた担当教員の飯山先生に深い感謝とお詫びを申し上げたいと思います。

開催国が日本であるということもあり、国際学会参加への不安や心配は軽いもので済んだと思います。あるいは楽観めいたものを持っていたかも知れませんが、学会会場である淡路夢舞台・国際会議場の中はまさしく国際学会の場であり、会場の中では身も心も引き締まる心持ちでありました。

吸着に関わる最新の研究の発表に対して参加者らの議論が繰り広げられる中、私はといえばその内容について十分な理解に達する事はかないままでした。とりわけ発表後の参加者の質問についてはほとんど理解が及ばず、熱心な議論が行われている様をただ見ていただけとなる事が多くあり、悔しい思いをしました。それでも様々なセクションで報告される、近年求められている社会的要件への吸着によるアプローチを前に、私の狭い視野がこじ開くのを感じました。学会開始前に頂いた京都大学印のついたノートは、学会が終わるころには拝聴した発表についてのメモと、学会中に思いついた研究のアイデアとが入り混じった、非常にごちゃごちゃした、しかしとても大切なノートになりました。

私は1日目の夕方から開かれたポスターセッションで発表を行いました。質問を受けた方への返答と議論を行いました。予想していたよりもずいぶんと受け答えに苦勞しました。質問頂いた方々の優しさに助けられつつ、一つの質問につき聞き直す事が数回、返答に窮する事はその3倍ほどありましたが、自分の言葉で必死になりながら説明した事は私にとって非常に良い経験となりました。また、自分の英語能力についてや、コミュニケーションについて考える良い機会となりました。余談になりますが、私の宿泊したホテルのフロントマンは学会参加者に対し、身振り手振りを振り回しつつも頑なに日本語での説明を貫いており、それを見て、コミュニケーションは言葉や頭以上に心意

気が重要なのだなと感じたものでした。

私は国際学会について、堅苦しく粛々と発表が進行するものであるという先入観を持っていました。ですので、いざ学会が始まってから、終始リラックスした雰囲気の中に、夜にはお酒を交えつつ様々な国の参加者同士が話をする様子に意外さを覚えました。海外の方々とのコミュニケーションをとる事に気後れしていましたが、日程が進むにつれて少しずつ慣れ、最終日になる頃に何とか自分からコミュニケーションを取りに行くことが出来るようになりました。次の機会ではお酒の勢いや、学生バンケットで急遽開催される事になった阿波踊りで先頭に立ち練り踊った際の勢いを借りずとも、そのようにできればと思います。

私にとってこの学会は、たくさんの事を学ぶ事が出来た、非常に有意義なものとなりました。あの場で得た成果や反省点をうまく消化してこれからも成長していきたいと思います。

最後になりましたが本学会への参加に際してご支援頂いたカルゴン・カーボンジャパン基金および日本吸着学会ならびに関係者の方々に改めて御礼を申し上げます。ありがとうございました。

FOA10参加レポート

千葉大学大学院理学研究科
盧 明 霞

2010年5月23日から28日にかけて日本の淡路島で開催された「10th international conference on fundamentals of adsorption(FOA10)」学会に参加してまいりました。私にとっては今回のFOA10が初めての国際会議で、本当に緊張しました。私はあまり英語が得意ではないので、発表の聴講中では知っている単語を拾うのが精一杯でした。私と同じ、留学生として他の国で研究をする中国人にたくさん会いましたが、みんな流暢に英語を話せ、自分の英語力のなさを痛感しました。私は「Adsorption properties of SWCNT walls with electron donor and acceptor interaction」について研究成果をポスターで発表しました。2日間行われたポスターセッションでの発表件数は併せて250件近くほどあり、会場はかなりの賑わいぶりです。熱気があふれていました。他の方々のポスターと見比べると、自分の至らぬ点が少し分かった気がしました。また、他グルー

ブのナノ炭素材料研究者との議論も行い、研究者のテーマと関連した話題について情報収集も行いました。特に、分子とナノ炭素材料間の相互作用に関する研究や、SWCNTの電子状態密度変化に関する実験的検討などが行われ、各講演者との議論により今後の研究に関するヒントを得ることができました。

会議の中日には学会を半日休みにして全員参加の淡路島ツアーが行われ、学会開催地である淡路島の歴史や街に触れることができました。特に鳴門海峡を船に乗って鳴門の渦潮を見た瞬間本当に感動させられました。船の上寒いでしたが、いい写真を撮りましたから、本当にうれしいでした。最終夜はホテルでbanquetが行われました。日本の伝統芸人と一緒に日本の伝統踊りを踊って、楽しい時間を過ごすことができました。会議期間中は毎日毎日が実に刺激的で、多くのことを学ぶことができましたし、視野が大きく広がりましたし、参加することができて本当によかったと感じております。このような機会を与えて、研究を指導して下さった金子教授、加納教授、大場先生、並びに今回のFOA10参加登録料の援助をして頂いた三菱カルゴン基金様に心から感謝申し上げます。

第20回吸着シンポジウム（吸着夏の学校）開催のお知らせ

昨年にひきつづき、吸着分野の若手研究者の研究の活性化と交流を目的に、信州・黒姫高原にて吸着シンポジウム（吸着夏の学校）を開催します。さわやかな夏の高原にて、吸着分野の研究、技術について背景や基礎と最先端について認識を深め、熱いディスカッションを交わす会にしたいと考えています。当日は第一線でご活躍の講師陣による吸着関連の基礎講演と、若手研究者によるショートプレゼン（若手発表；オーラル）を予定しています。

現在、参加者募集の最終盤です。学生、ポスドクを含む大学、研究機関、企業の研究者、技術者の方の参加をお待ちしています。（定員になり次第締め切ります。なお、発表者の募集は終了しました。）

日 時 2010年8月21日（土）～22日（日）

場 所 長野県黒姫高原 黒姫ライジングサンホテル
(<http://www.risingsun-hotel.jp/>, TEL: 026-255-3211)

日 程 8月21日（土）

13:10 JR長野駅東口集合、送迎バス（無料）にて黒姫高原へ（約1時間）

基礎講演① 「ナノ空間分子科学への道：今後への展望」 金子克美（信州大）

基礎講演② 「メソポーラスシリカ：発見の経緯から今後の可能性まで」 稲垣伸二（豊田中央研究所）

若手発表（3件）

夕食（懇親会）

8月22日（日）

基礎講演③ 「多孔性炭素材料の表面化学と吸着特性」 町田 基（千葉大）

若手発表（4件）

昼食後、送迎バス（無料）にてJR長野駅へ（14:30 解散予定）

若手発表リスト（順不同、編成確定次第HP等でご案内します）

「Li担持した多孔性配位高分子の水素吸着特性」 久保 優（東京大）

「一方向凍結法を利用した新規ゼオライトモノリスの創製」 森 弘喜（京都大）

「等圧的吸着解析によるZSM-5ミクロ孔への水吸着機構の解明」 伊藤博光（信州大）

「極低相対圧領域からの吸着等温線測定 I.カーボンブラックと活性炭に対する窒素吸着等温線」
千田洋介（日本ベル）

「高压型定圧吸着量測定装置の実用化に向けた開発」 重岡俊裕（日本ベル）

他に2件について発表者調整中（7月21日時点）

参 加 費 学生（吸着学会会員・非会員不問） 5,000円

一般（吸着学会会員、維持会員企業の方） 7,000円

一般（非会員） 12,000円

定 員 40名

宿泊は男女別、他組織の方との相部屋となります。個室等の希望のある方はご相談ください。

参加申込方法 締切間際であるため、まずは実行委員長宛にご連絡ください。

参加申込締切 8月13日（金） 17:00（必着）

問い合わせ先 実行委員長 岩崎 訓（大阪市立工業研究所）

TEL: 06-6963-8045、E-mail: iwasaki@omtri.or.jp

詳細はホームページ（<http://scej.chem-eng.kyushu-u.ac.jp/~jsad/index.html>）でもご案内しております。スケジュール等、最新の情報はホームページにてご確認ください。

関連学会のお知らせ

第26回ゼオライト研究発表会

- 主 催：**ゼオライト学会
- 協 賛：**化学工学会，触媒学会，石油学会，日本イオン交換学会，日本エネルギー学会，日本化学会，日本吸着学会，日本セラミックス協会，日本地質学会，日本粘土学会，日本膜学会，有機合成化学協会（予定，順不同）
- 日 時：**2010年12月2日(木)～12月3日(金)
- 会 場：**タワーホール船堀（〒134-0091東京都江戸川区船堀4-1-1，tel：03-5676-2211，
<http://www.towerhall.jp/>）
- 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（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，それらをまとめた内容であればよい。討論を含めて30分）
 - 3) 一般研究発表（未発表の研究成果の発表。討論を含めて20分）
- 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：**総合研究発表及び一般研究発表を募集いたします。7月1日(木)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。
* Web申込が利用できない場合には，7月10日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26日(月)
- 予稿原稿締切：**11月1日(月)（9月中旬に執筆要領をお送りします。）
- 予稿送付先：**zeolite@apc.titech.ac.jp
- 登 録 費：**会員（主催ならびに協賛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）5,000円，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2日(木)講演終了後，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：**里川重夫（成蹊大学理工学部）
Tel：0422-37-3757， Fax：0422-37-3871， e-mail：satokawa@st.seikei.ac.jp

膜シンポジウム2010

- 主 催：**日本膜学会
- 共 催：**文部科学省科学研究費補助金新学術領域研究
「揺らぎが機能を定める生命分子の科学」
- 期 日：**11月19日(金)，20日(土)
- 会 場：**京都大学薬学部記念講堂
京都市左京区吉田下阿達町46-29
- 【セッション】**「膜の揺らぎと機能への展開：研究の最前線」
「趣旨説明」（姫路獨協大・薬）岡村恵美子

「人工膜および細胞膜の揺らぎとがん治療」 (崇城大・生物生命) 松本陽子
「ソフトな脂質膜の揺らぎと薬物透過についてのNMR研究」 (姫路獨協大・薬) 吉井範行・岡村恵美子
「酸化基板表面上の平面支持脂質二重膜内での分子拡散挙動のその場観察」 (分子研) 手老龍吾
「中性子散乱と蛍光法を用いた脂質膜の構造とダイナミクスの評価」 (京大院・薬) 中野 実
「リポソーム形成のメカニズム：分子シミュレーションによるアプローチ」 (産総研計算科学) 篠田 渉

一般 発表申込締切：8月6日(金)

以下を記入の上、メールで膜学会事務局宛お申込みください。

- (1) 研究発表題目, (2) 所属,
- (3) 研究者(発表者に○印, ただし, 討論に責任の持てる方. 研究者中に会員がいる事が必須),
- (4) 発表内容(200字程度), (5) 連絡先(氏名, 所属, 住所, 電話, FAX, E-mail)

講演要旨原稿締切り：9月24日(金) 必着

申込・問合せ先：膜学会事務局膜シンポジウム係

〒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

第37回炭素材料学会年会

主 催：炭素材料学会

共 催：応用物理学会, 日本化学会ほか

協 賛：日本吸着学会ほか

日 時：平成22年12月1日(水)～3日(金)

会 場：姫路市民会館(〒670-0015 姫路市総社本町112番地)

討 論 主 題：炭素材料全般

発表申込締切：8月31日(金) 24時

発表形式：口頭発表(講演10分、討論10分)、ポスター発表

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：平成22年12月2日(木) 夕刻、於：姫路商工会議所

参加登録予約申込方法：炭素材料学会年会サイト：<http://www.wdc-jp.biz/tanso/conf2010/> より

申込先/問合せ先：169-0075 東京都新宿区高田馬場4-4-19 (株)国際文献印刷社内 炭素材料学会ヘルプデスク

FAX (03) 3368-2869, E-mail : tanso-desk@bunken.co.jp

<http://www.wdc-jp.biz/tanso/conf2010/>

世 話 人：〒671-2201 姫路市書写2167 兵庫県立大学大学院工学研究科 松尾 吉晃

電話 (079) 267-4898 FAX (079) 267-4898, e-mail : ymatsuo@eng.u-hyogo.ac.jp

第29回溶媒抽出討論会

主 催：日本溶媒抽出学会
日 時：平成22年11月26日(金)～27日(土)
会 場：広島大学学士会館2階 レセプションホール
〒739-0046 東広島市鏡山一丁目2番2号
特別講演：「抽出および吸着媒体としての界面活性剤」(仮題) 山口大学大学院理工学研究科 田頭昭二
「原子力と溶媒抽出」 日本原子力研究開発機構・東京大学原子力国際専攻 吉田善行
懇 親 会：日時 平成22年11月26日(金) 広島大学学士会館2階レセプションホール(予定)
講演申込締切：平成22年9月17日(金)
講演要旨締切：平成22年10月8日(金)
参加予約申込締切：平成22年11月12日(金)
詳細・申込については、下記のホームページをご覧ください。
<http://www.solventextraction.gr.jp/symposium/index.html>

問い合わせ先：第29回溶媒抽出討論会 実行委員長 塚原 聡
広島大学大学院理学研究科化学専攻
〒739-8526 広島県東広島市鏡山1-3-1
TEL：082-424-7425, FAX：082-424-7424
E-mail：solvex29@hiroshima-u.ac.jp (第29回溶媒抽出討論会専用)

第23回イオン交換セミナー

テ ー マ：イオン交換と先端技術
主 催：日本イオン交換学会
協 賛：上智大学、貴学会他
日 程：2010年10月8日(金) 9:50～17:10
会 場：上智大学図書館9階 L-921会議室
東京都千代田区紀尾井町7-1
<http://www.sophia.ac.jp/jpn/top/info/access>

プログラム

9:50～10:40 「種々の環境におけるイオンの水和」 岡田哲男(東工大院理)
10:40～11:30 「炭化水素系高分子電解質膜とアイオノマーにおける物質移動」 陸川政弘(上智大理工)
11:30～12:30 総会
13:30～14:20 「AGCにおける燃料電池用部材の開発状況」 吉武 優(AGC旭硝子(株)中央研究所)
14:20～15:10 「アルカリ膜形燃料電池用材料の開発と発電特性」 柳 裕之(株)トクヤマつくば研究所)
15:30～16:20 「自己支持性を持つ巨大ナノ薄膜の作製とその機能化
～物質選択透過膜としての可能性～」 藤川茂紀(理化学研究所)
16:20～17:10 「超分子化学の先端技術：新しい物質分離・センシング・デリバリーを目指して」
有賀克彦(物質・材料研究機構)
17:30～19:30 懇親会

参加申込締切：2010年9月30日（木）

参加申込方法：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、お申し込みください。

参加費(予約)：本会会員・協賛学協会会員5,000円、非会員8,000円、学生無料（予約外は 10,000 円。ただし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：〒102-8554 東京都千代田区紀尾井町7-1

上智大学理工学部物質生命理工学科 早下隆士

Tel：03-3238-3372, Fax: 03-3238-3361

E-mail：ta-hayas@sophia.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22年7月現在、50音順)

(株)アドール	荏原エンジニアリングサービス(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)神戸製鋼所
(株)重松製作所	システムエンジニアサービス(株)
シスメックス(株)	(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)

編集委員会より

本号から掲載を開始した「ホットトピックス」では、吸着学会以外の関連学会や領域で活躍されている研究者に「吸着」にまつわる話題を提供してもらう予定です。皆様の周辺で「ホットトピックス」の執筆者としてふさわしい方がおられましたら、お近くの編集委員まで御推薦ください。

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 (エネルギー総合工学研究所)
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. 24 No. 2 (2010) 通巻 No. 93 2010年8月10日発行

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

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

ホームページ <http://www.j-ad.org/>

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

General Secretary

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

Editorial Chairman

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

Editor

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

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