

Topics トピックス

コンパクト化学プロセス研究センターの活動を振り返って

コンパクト化学プロセス研究センター
研究センター長 水上 富士夫



コンパクト化学プロセス研究センターは、平成17年に、従来から東北センターに設置されていた超臨界流体研究センターとメンブレン化学研究ラボを統合する形で設立されました。異なる分野の研究ユニットが一つになったことで、研究者間の交流が深まり、研究者同士が意見交換したり、刺激しあうような環境が生まれてきたと感じています。従来は、研究者ひとりひとりが別々に研究を行っている場合が多かったのですが、交流が進んだ現在では、異分野の研究者が集まって、新しい領域にアプローチする研究も生まれてきています。本研究センターの5年間を振り返って、研究者同士の交流が深まった事が最大の収穫だと感じています。このような環境の中で、例えば、粘土膜^①技術を活用したアスベストフリーガasketの実用化や超臨界二酸化炭素塗装の開発などの成果が出てきています。

もっとも、東北センターは、従来から超臨界流体の研究に加えて、粘土などの無機材料の研究を積み重ねてきました。このような基礎研究の積み重ねが現在の応用研究の成果につながったのだということも強く感じています。その点を踏まえると、基礎研究から応用研究まで一通り取り組んでいる現在の体制は望ましいものであると感じています。応用研究の芽となる基礎研究も含めてこそ、新しい研究成果が継続的に出てきます。

また、東北センターは、研究者サイドと支援・事務サイドとの間の交流も円滑だと思います。支援・事務サイドの方も研究サイドの成果を自分たちの成果と思ってくれているので、研究成果の普及や研究環境のバックアップなどに積極的に取り組んでくれています。本研究センターの研究シーズと産業ニーズのマッチングを目指したグリーンプロセスインキュベーションコンソーシアム(GIC)の活動成果などはそのいい例だと思います。研究サイドと支援・事務サイドとの一体感、この部分は東北センターのステータスだと思っています。

研究者間の交流が深まり、いい成果が出てくると共に、研究成果の積極的な普及活動の結果、私たちの研究成果が外部の方からも評価していただけるようになり、数多くの共同研究を実施できるようになりました。

コンパクト化学プロセス研究センターは本年度で終了しますが、新しい研究センターでも、研究者同士が交流していく環境を大切にしながら、研究活動を続けていって欲しいと願っています。

Contents

産総研 東北
Newsletter No.30

トピックス：コンパクト化学プロセス研究センターの活動を振り返って……………	①
研究者紹介：ナノ空間設計チーム 清住 嘉道さん……………	②
GICの活動履歴……………	④
イベント開催報告：東北／関東『技術交流フェア』&『研究成果発表会』を開催／他…	⑤
インフォメーション……………	⑥



研究者紹介

Researcher Biographies

清住 嘉道さん インタビュー

独立行政法人 産業技術総合研究所
コンパクト化学プロセス研究センター **ナノ空間設計チーム**



本連載では、研究者の方との対談形式を取り、研究内容をわかりやすく解説することをコンセプトとし、研究者個人にもフォーカスをあてた内容を目指しています。

連載第6回は、ナノ空間設計チーム 清住嘉道さんです。清住さんは平成15年より産総研東北センターで研究を始め、ゼオライト膜を用いた物質分離についての研究に取り組んでいます。

なお、本文中の🔍アイコンは、4ページの「研究キーワード」に掲載された専門用語を示していますので、そちらも合わせて御参照ください。



ゼオライトは世界一小さい網として使える

ゼオライトは18世紀半ばに地質学者が発見した鉱物です。加熱すると水蒸気が出てくるため、沸騰と言う意味のギリシャ語に由来するzeoと、石の意味のliteで、ゼオライト、(沸石)という名前がついたのです。ゼオライトはケイ素やアルミニウムなど、地表付近に広く存在している物質を原料としてできています。宮城県にも天然のゼオライトの産地があるほか、人工的にも合成することができます。水熱合成といって、水、ケイ素やアルミなどの原料を加熱することで合成します。

ゼオライトの特徴は、幅が数ナノメートルの孔が規則的に並んだ構造をしていることです(図1)。この孔の形や大きさには様々な種類があって、天然・人工合わせて約200種が確認されています。私は、規則的な孔を持つゼオライトの構造が、世界で1番細かい網として使えるのではないかと考えて、ゼオライトで膜をつくり、この膜を用いて物質を仕分けする方法を研究しています。

ゼオライト膜が物質を仕分けする原理を説明しましょう。ここでは例として、エタノール分子と水分子の分離を考えてみます。もし、ゼオライトの持つ孔がエタノール分子より小さく、水分子よりも大きいサイズだった場合、ゼオライト膜を通り抜けることができるのは水分子だけとなります(図2)。この現象を“分子ふるい”と呼んでいます。

また、ゼオライト膜には結晶粒界🔍という隙間があります。この隙間はエタノールや水の分子より大きいサイズなので、どちらも通り抜けられるように思えます。ところが、ゼオライトは種類によって水分子をよく引きつけるタイプ(親水性)と、引きつけないタイプ(疎水性)があります。親水性のゼオライトは、結晶粒界の隙間に水分子が集まって、エタノール分子をシャットアウトするため、この隙間を通り抜けることができるのは、水分子だけとなります。したがって、1)ゼオライトの孔のサイズが水分子より大きくエタノール分子より小さい、2)ゼオライトが親水性のタイプである場合、このゼオライトで作った膜は、エタノールと水の仕分け(脱水)ができることとなります。ゼオライト膜は、条件次第ですが、10万個の水分子に対してエタノール分子が1個混ざるかどうかというレベルまで高純度で水分子を脱水できます。近年はバイオマスエタノール🔍が注目された結果、ゼオライト膜によるバイオマスエタノール溶液の濃縮方法が脚光を浴びるようになりました。

——確かに、生物由来のバイオマスエタノールは、回収・精製の過程で脱水処理が必要です。この脱水をゼオライト膜で行うのですね。



ゼオライト膜を使い 省エネルギーでコンパクトな分離装置を実現したい

通常、バイオマスエタノール溶液は蒸留🔍によって濃縮しますが、実は、96%程度から製品濃度の99.6%に濃縮する際に、多くのエネルギーを消費するのです。現在、宮古島にはサトウキビからバイオマスエタノールを製造するプラントがありますが、そこでは、96%から99.6%に濃縮する部分でゼオライト膜を用いた濃縮装置が実用化されています。ゼオライト膜による濃縮は蒸留に比べて、水とエタノールでは、約20%も省エネルギーですし、水と酢酸ですと、約80%とさらに省エネルギーであることが分かっていますので、環境

図1

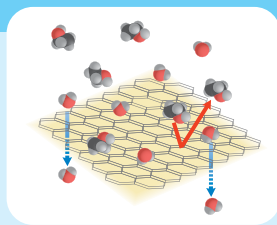
ゼオライトの細孔構造
CHA型ゼオライトの骨格構造をあらわしたものです。このように、ゼオライトは細孔が規則正しく並んだ構造をしています。

※図は、国際ゼオライト学会(IZA)より引用



図2

分子ふるいのイメージ
ゼオライトのもつ細孔サイズより大きい分子は通さず、小さい分子のみを通り抜けさせます。



への負担が少ない濃縮方法が実現できるのです。

実は、化学工業全体を見渡すと、蒸留により水を取り除く操作をする化学反応は非常に多いことが分かります。蒸留による二酸化炭素排出量は、化学工業全体の約40%にもなりません。蒸留は電気や熱エネルギーを多く消費するためです。そこで、ゼオライト膜による物質分離法で蒸留装置を代替できれば、その分、化学工業の省エネルギー化、コンパクト化が実現できると考えました。

現在、宮古島で利用されているゼオライトは、A型というタイプのものですが、このタイプは脱水性能が高い反面、耐酸性がないために、酸性条件の化学反応に利用できません。化学工業の世界では、香水や医薬品などの原料となるエステルを合成する化学反応が広く行われています。この化学反応では、副産物として水が生じます。この水を取り除くためにゼオライト膜を利用したいのですが、そのためには耐酸性を向上させる必要があるのです。

私たちは、A型ゼオライト膜と同程度の脱水性能があつて、なおかつ酸にも強い、pH3程度の酸にも耐えられる新しいゼオライト膜(MER型やCHA型)を開発しています。今後は、このゼオライト膜を用いて脱水装置を組み立て、性能試験を試みる予定です。この装置の開発に成功すれば、 Etaノールの濃縮以外にもゼオライト膜が幅広く利用できる可能性が示せます。省エネルギーな分離システムとして、ゼオライト膜の実用化が進んでくれるのではと期待しています。

——ゼオライト膜に耐酸性を付与することで、汎用性の高い分離装置を実現するということですね。装置の実現に向けて他に工夫はありますか？

私たちは、よりコンパクトで高耐久性の装置を実現するために、 α -アルミナ¹支持体を使ったゼオライト膜の開発を行っています。一般的に、ゼオライト膜は非常に薄くてもよいために、膜を支える構造として支持体を使います。現在実用化されている装置では、コストの問題から α -アルミナではなくムライトという支持体を使っています。一方、 α -アルミナはムライトに比べて高価であるものの、支持体のサイズを $1/6 \sim 1/7$ にできるため、周辺装置の規模も含めてコンパクトな装置づくりが可能になります。その分、ランニングコストも減らすことができると考えています。加えて、 α -アルミナ支持体は表面が非常に滑らかなため、ゼオライト膜も均一な厚さのものが作れます。そのため、ゼオライト膜の性能を安定化させることができました。

先ほど、ゼオライト膜には結晶粒界という隙間があると話しました。実はこの隙間がどれ位あるかで、脱水処理のス

ピードや分離操作後の純度が変化することが分かっています。私たちの研究成果では、ゼオライト膜を作る際に、種となるゼオライトの結晶をどのくらいの密度で支持体に撒くかによって、結晶粒界の数をコントロールできることを見出しました。この結果、同じ方法で合成したゼオライト膜は、均質な性能を発揮できるようになりました。

——ゼオライト膜の処理量や分離性能をコントロールできるということは、要求される分離操作に合わせて膜の性能をカスタマイズできることにもなりますね。



研究を進める上で、異分野融合は とても大事

——産総研で研究を行うメリットはありますか？

産総研には、地質分野や装置設計ができる方など、様々な分野の研究者が集っています。そのような異分野の研究者と情報交換することで、効率的に研究ができました。たとえば、ソーダライトというゼオライトを合成したときですが、研究当初、ゼオライトの合成がうまくいかず、層状ケイ酸塩という鉱物が合成されました。私たちから見ればこの結果は失敗だったのですが、地質学者の側から見ると、層状ケイ酸塩はゼオライトの出来損ないだから、もう一工夫でゼオライトになるのでは、とのことでした。このような層状ケイ酸塩を解析の専門家に見てもらったところ、アルミナを混ぜて化学反応させればゼオライトになることが分かり、試してみると実際にソーダライトが合成できたのです。

他にも、研究手法でアドバイスをもらったことがあります。従来、ゼオライト膜の性能試験では、長さ5cm程度のサンプルを用いていたのです。ところが、化学工学の研究者の意見では、このサンプルは小さすぎて、物質の流れなどの条件が異なるために、実用化の際のデータとして使えないとの事でした。今では長さ20cmの膜を使ってデータの検討をして、より実用的なデータをとるようにしています。産総研での研究は、最終的に産業化を意識したものですから、このように実用化を踏まえた条件検討を行うことが大事だと考えています。

——異分野の知識を結集することで実験が円滑に進んだのですね。

研究を進める上で、異分野融合はすごく大事です。いろんな観点から問題をみて、新しい方法を見つけていくというやり方が進歩も早いですし、よりいい成果が出せるのです。その点では、産総研は様々な専門家がいるのでいい環境ですね。

——今日はどうもありがとうございました。



清住さんお気に入りの写真
自宅で飼っているネコ「ちょこ」と共に。ちょこちょこ歩くから「ちょこ」と名付けたそうです。

GICの活動履歴

グリーンプロセスインキュベーションコンソーシアム (GIC)

事務局・産学官連携コーディネータ **小野 實信**



GIC事務局スタッフと共に 写真右奥が小野コーディネータ

グリーンプロセスインキュベーションコンソーシアム (GIC) は、平成15年に設立された超臨界インキュベーションコンソーシアム (SIC)、および翌16年設立のメンブレンインキュベーションコンソーシアム (MIC) の活動成果を継承しつつ、平成17年発足の産総研コンパクト化学プロセス研究センター傘下に設立された産学官連携コンソーシアムです。

GICは、コンパクト化学プロセス研究センターの有する研究シーズと産業ニーズのマッチングによる、研究シーズの実用化に向けた共同研究の推進を目的として、隔月での研究セミナーの開催や、東北・関東『環境とものづくり』技術交流フェアなどの共催、協賛行事を実施してきました。また、平成20年度からは、分科会としてクレースト連絡会を発足、粘土膜[▲]技術に

関する情報共有・共同研究活動の更なる推進を図っております。

研究者会員の積極的な協力の結果、GICは100社を超える企業会員が参加する組織にまで発展できました。一方で、GICの活動は、研究者会員に対して共同研究の機会拡大、産業ニーズの抽出・分析による研究課題の明確化に繋がり、研究モチベーションの向上にも役立てたのではと感じております。

来年度のGICは、新研究ユニットのもとで、これまでの実績を踏まえつつ、新しい企画を含めたより積極的な展開を図っていく予定ですので、皆様のより一層のご支援をお願いいたします。

研究キーワード

このコーナーでは
今号に掲載された専門用語を簡単に解説します。

▲結晶粒界

ゼオライト膜の作製では、多数の小さな結晶を並べて成長させることにより膜を形成させます。このようにして作られた膜は、多数の結晶がモイク状に並んだ状態をしていますが、並んだ結晶同士の間隙に隙間が生じています。このような隙間を結晶粒界と呼びます。

▲バイオマスエタノール

サトウキビやトウモロコシなど植物を原料として生産されるエタノールのことです。植物は大気中の二酸化炭素を吸収して成長しているため、植物由来の燃料は、大気中の二酸化炭素量を増やさないと考えられます。そのため、環境にやさしいエネルギーとして注目されています。

▲ α -アルミナ

アルミナは、酸化アルミニウムの別称です。アルミナは結晶の構造の違いによって α 型、 β 型のように分類されています。 α -アルミナは耐熱性が高く、強度があり、酸性・アルカリ性の条件にも比較的強い素材のため、耐火材、半導体基板、耐薬品容器など様々な用途で利用されています。

▲蒸留

物質は、それぞれ固有の沸点を持っています。例えば、1気圧のとき、水の沸点は100℃、エタノールは78.3℃です。この沸点の差を利用して、混合物を分離・濃縮する操作を蒸留と言います。

▲粘土膜



粘土膜(クレースト[®])は、粘土を主成分とするフィルム材料です。プラスチックに比べて耐熱性やガスを透過させない性質に優れ、柔軟性のある新素材として開発されました。粘土膜をコーティングしたメンテナンス性の高いアスベストフリーガスケット(写真)を実用化したほか、プラスチック材料と組み合わせて、水素ガスをほとんど通さない燃料自動車向けの軽量水素タンク用素材や、太陽電池の劣化を防ぐシート材料などを開発しています。

イベント event 開催報告

東北/関東 技術交流フェア& 研究成果発表会を開催



12月7日～8日にかけて、“東北/関東『環境とものづくり』技術交流フェア”および“産総研 コンパクト化学プロセス研究センター『研究成果発表会』”を秋葉原ダイビルで開催しました。

東北/関東『環境とものづくり』技術交流フェアは、東北地域のもつ技術を産業集積度の高い関東地域に紹介し、地域間の産業交流を深めるため、昨年に引き続き開催しました。

本フェアでは、8件の口頭発表と55件のポスター発表を行いました。

産総研 コンパクト化学プロセス研究センター『研究成果発表会』は、環境への負荷の低い化学プロセス技術の開発を目的に、同センターが5年間にわたり活動した研究成果を産業界にアピールするため、15件の口頭発表に加え、31件のポスター発表を行いました。

両イベントは、2日間の開催で、約450名の参加者を迎え、出展者・来場者の中で様々な意見交換がなされました。



本格研究ワークショップを開催

12月2日にホテルモントレ仙台において、産総研本格研究ワークショップを開催しました。本イベントは、基礎レベルから産業化レベルまでわたる産総研の研究成果を紹介するとともに、研究活動の今後の展開についての意見交換を目的として、今年度より外部に公開する形式で企画したものです。

当日は100名を超える来場者を前に、産総研矢部理事が『産総研の地域戦略』について、水上研究センター長が『コンパクト化学プロセス研究センターの5年を総括して』と題して講演を行ったほか、研究者より粘土膜^④の応用例や高温高压化学プロセス技術の実用化について、研究成果を報告しました。

後半には『東北地域における産学官連携と産総研の役割』と題したパネルディスカッションを行い、参加者との間で活発な意見交換が行われました。



東京国際航空宇宙産業展2009に出展

11月4日～6日に東京ビッグサイトにて催された東京国際航空宇宙産業展2009に、東北航空宇宙産業研究会として東北6県の公設研と共に出展しました。本イベントは、日本における航空宇宙産業技術の高度化と産業振興を目的としています。

約22,000名の来場者を迎えた本イベントでは、東北航空宇宙産業研究会の組織や活動について、パネルによる紹介を行うとともに、産総研東北センターの研究成果として、水素ガスバリア性を持つ粘土膜^④に炭素繊維強化プラスチックを複合化した、軽量水素ガスタンクの試作品を展示し、来場者の関心を惹きました。

INFORMATION

インフォメーション

“仙台デザインウィーク”／“工芸発祥と仙台”に工芸試作品出展

12月11日～16日に、仙台メディアテークにおいて開催された「仙台デザインウィーク2009」(写真上)、および12月8日～1月17日に、東北電力グリーンプラザで開催された『工芸発祥と仙台～仙台発信の近代工芸デザイン～』(写真下)に、東北センター所蔵の工芸試作品を展示しました。両イベントを通じて、東北センターの前身である工芸指導所の設立以来、仙台が近代工芸デザインの発信地であったことを来場者にアピールしました。



仙台ホテルより剣持勇デザインの書机等を寄贈される



仙台ホテルは、12月31日に惜しまれながら営業を終了しました。同ホテルのインペリアル・ルームに設置されていた、剣持勇デザインの書机1台、椅子2脚、スツール1脚を、所有者であるオリックス不動産(株)のご好意により、東北センターに寄贈していただきました。

剣持勇は、東北センターの前身である工芸指導所時代に在籍していた日本を代表する家具デザイナーの一人です。代表作「藤丸椅子」がニューヨーク近代美術館に永久収蔵品として所蔵されています。

東北センターでは、寄贈していただいた品々を一般に公開しておりますので、ご来所の際には是非ご覧ください。

報告 '09年11月～'10年1月

- 11月19日 知的財産権セミナーH21
～20日 (東北サテライト)
- 12月 2日 本格研究ワークショップ
(ホテルモントレ仙台)
- 12月 7日 東北/関東「環境とものづくり」
～8日 技術交流フェア
(秋葉原ダイビル)
- 12月 7日 産総研 コンパクト化学プロセス
～8日 研究センター「研究成果発表会」
(秋葉原ダイビル)

スケジュール '10年2月～3月

- 2月23日 G I C 報告総会
(仙台ガーデンパレス)
- 3月23日 スプリング・サイエンスキャンプ2010
～25日 (産総研東北センター)



産総研 東北 Newsletter No.30 平成22年1月発行

編集・発行 独立行政法人 産業技術総合研究所
東北産学官連携センター ニュースレター編集委員会
連絡先 〒983-8551 仙台市宮城野区苦竹4-2-1
TEL : 022-237-5218(直通) FAX : 022-231-1263
E-mail : t-koho@m.aist.go.jp URL : <http://unit.aist.go.jp/tohoku/>
AIST04-E00006-30

* 本誌掲載記事の無断転載を禁じます。