

Topics トピックス

コンパクト化学システム研究センター発足にあたって

コンパクト化学システム研究センター
研究センター長 花岡 隆昌



今年度から産総研は第3期に移行しました。今期では、経済と環境の両立、国民生活向上への研究開発による貢献など、21世紀型課題の解決を目指して、グリーンイノベーション、ライフイノベーションに向けて積極的な活動を進めていくことになります。その中で新たに設立されたコンパクト化学システム研究センターでは、産総研の“環境・エネルギー分野”の研究ユニットとして、産業の環境負荷を減らす化学・材料技術の新しい研究開発に取り組んでいきます。

本研究センターでは、これまでの研究成果をふまえて、1) 高温・高圧条件を利用する反応方法や反応装置のシステム化、2) 無機膜材料や微粒子、ハイブリッド材料などの無機材料とその利用方法の開発、3) 化学反応の省エネルギー化・高効率化に役立つ、新たな触媒や反応方法・反応装置の開発、の3つをコア技術として、それぞれの分野の新しい技

術の開発や実用化研究はもとより、分野を超えた技術融合による新しい応用展開にも取り組んでいきます。さらに、旧コンパクト化学プロセス研究センターでこれまで培われた技術や成果の実用化に向けた活動も、積極的に進めます。

もう一つ、本研究センターの活動方針に掲げているものが、地域への貢献です。二酸化炭素利用塗装技術など、地域のものづくり産業と連携して環境への負担を減らす技術を共同で開発していくほか、粘土などの地域資源を有効に活用した新材料・新技術を開発することによって、地域産業のブランド力を高めることにも貢献したいと考えています。

また、産学官連携のためのコンソーシアム活動もさらに推し進めていきたいと思っています。本研究センターのシーズと産業界の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”、産総研の持つ計測・分析技術を紹介する“東北分析・計測科学技術コンソーシアム”に加え、今年度から粘土膜技術の応用展開を促進するための“Clayteam”が設立されました。コンソーシアムのネットワークを利用することで地域内・地域間の交流を深めて地域産業の活性化に努めるとともに、東北センターの存在感をアピールしていきたいと考えています。

産総研の発足以来、東北センターでの研究ポテンシャルは確実に高まってきたと感じています。このポテンシャルを活用して、産総研の他の研究組織や企業・大学との連携を強めていきたいと思っています。そして、産総研から世の中に出る成果の中でも「あの研究は仙台発だな」と思ってもらえるような結果を、数多く出していけることを願っています。

Contents

トピックス：コンパクト化学システム研究センター発足にあたって	①
研究者紹介：ナノポーラス材料チーム 池田 卓史さん	②
新メンバー紹介：コンパクトシステムエンジニアリングチーム 牧野 貴至さん	④
コンパクト化学システム研究センター 研究チーム紹介	⑤
インフォメーション	⑥



研究者紹介

Researcher Biographies

池田 卓史さん インタビュー

独立行政法人 産業技術総合研究所
コンパクト化学システム研究センター

ナノポーラス材料チーム



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 7 回は、ナノポーラス設計チーム 池田卓史さんです。池田さんは平成15年より産総研東北センターで研究を始め、現在はゼオライトの構造解析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、そちらもあわせて御参照ください。



ゼオライトの構造美に魅せられて

—— X線というと、レントゲンに使うイメージがあります。池田さんは物質の構造解析にX線を利用しているようですが、そのメリットはなんですか？

X線^①は電磁波の一種で、私たちの目に見える光（可視光）より波長が短いものです。可視光や紫外線などを物質にあてると、あてた光の一部が物質に吸収されることがあります。赤く見える物質は、赤以外の可視光を吸収しているから赤く見えますし、中には、紫外線を吸収して発光する物質もあります。物質を分析する場合、対象にあてた光が吸収されると、正確なデータをとることが難しくなります。一方、X線は、一般的には物質に吸収されず通り抜ける特長があるので、分析用途に向いているのです。X線にはもう1つ特徴があります。X線を物質にあてると、回折^②といって、透過する際にX線の進む角度が変化します。X線の進む角度の変化は、物質を構成している原子の種類や並び方によって変わります。この回折という性質を物質の構造を調べるために利用するのです。X線の進む角度がどの位変わったかを測定することで、原子の種類や並び方という、物質の構造を把握することができます。私は、このようなX線の性質を利用して、物質、主に新しく合成されたゼオライト^③の結晶構造を解析（X線解析）する研究をしています。

X線による構造解析は、産業分野でも利用されています。

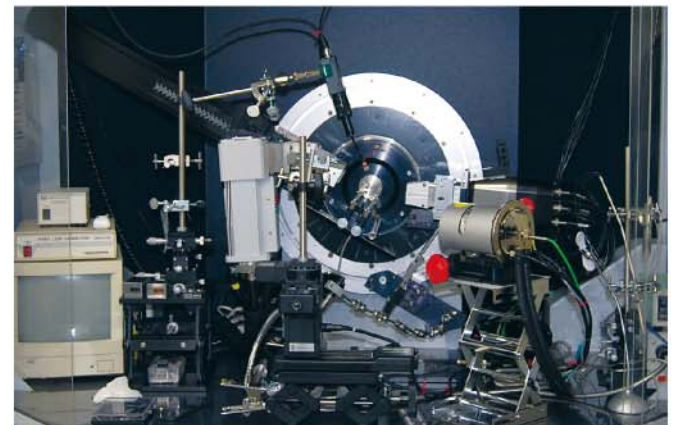
たとえば、セメント生産現場です。セメントは石灰石や粘土など、複数の原料を混ぜて生産していますが、これらの物質が一定の割合で混ざっている必要があります。そのため、生産したセメント製品を粉末X線回折法により測定して、規格どおりの製品に仕上がっているかを確認するのです。そのほか、近年では医薬品の製造分野でも応用されています。例えば、鎮痛作用があるインドメタシンには、結晶構造のバリエーション（多形）が3種類（ α 、 β 、 γ 型）あります。このうち γ 型だけが結晶として安定な構造です。製造過程で多形は極めて重要な問題となっていて、それを確認するために粉末X線回折が用いられています。このように、X線解析は、物質生産における工程管理や品質管理の場面で利用されています。

——ゼオライトの構造解析をしようとしたきっかけは？

研究者はみんなそうだと思いますが、新しい未知なものを知りたいという気持ちがあったのです。学生時代に興味を持って入った研究室が、X線の研究室だったので、そこで学んだセオリー^④を使って物質の構造解析をしたいと思ったのがきっかけでした。ゼオライトを研究対象のメインにしたのは、ゼオライトの持つ構造の美しさに魅せられたからです。また、何も情報の無い物質の構造を一から探るとい研究、特にゼオライトのような粉状の物質に対しての構造解析に関する研究は、草創期を含めても20年くらいしか歴史が無い新しい分野だったことも興味を惹かれた理由です。

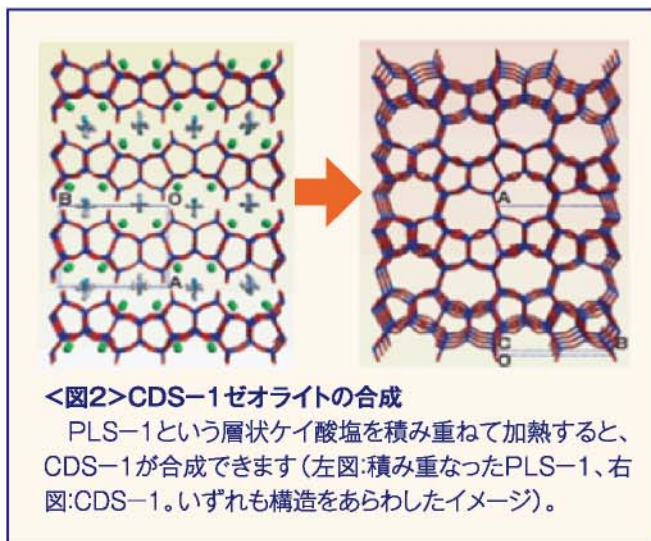
——池田さんはその分野に国内で最初に挑んだ一人ですね。

はじめは、論文を読んで見よう見まねで実験をしました。恩師に相談しに行くこともよくありました。我流で解決した部分もかなりあります。当時、ゼオライトの構造解析をする研究者は他にいなかったもので、ものめずらしい存在でしたね。



<図1>粉末X線解析装置

対象にX線をあてて、結晶構造を分析する粉末X線回折装置。1mg程度の試料で精密測定が出来るのが特長です。



だからこそ、装置の開発から実際の構造解析まで、幅広く研究できたと思います。

——今メインで使っている装置も、池田さんが開発に携わったもの。

メインで使っている装置は3台あり、私が開発に携わったものです。これらの装置では、0.1mg程度の微量サンプルの分析や、-266~1,100℃の温度範囲で測定できる点が特徴です。物質の中には、温度の違いによって、結晶構造が変化するものがあります。対象となる物質の温度変化による結晶構造の変化をリアルタイムで計測したり、化学反応に利用したい材料が反応温度でどのような構造をしているのかを計測したりできます。これまでの研究で得たノウハウを元にしながら装置開発に取り組んでいます。これに学生時代に学んできたセオリーを活かして構造解析に取り組んでいます。

分析結果と知識を組み合わせて 妥当な構造を導く

——構造解析と言うとどのような流れで実施するのですか？

私が取り組んでいる分野、原子レベルの結晶構造を解析する場合ですが、まず、粉末X線回折装置で対象物質のデータを取ります。必要に応じて、電子顕微鏡や固体核磁気共鳴装置など他の装置でもデータを集めます。こうして手に入れたデータを総動員して、コンピューターで解析します。解析プログラムには大体数百の数式が組み込んであり、これを動かして解析します。解析する物質の構造が複雑な場合、かかる時間は長くなると1,2年にもなります。このようにして解析した結果と、既存のゼオライトの構造に関する知見や他のデータから得た情報を照らし合わせて、矛盾のない結晶構造を導き出します。幾つもの測定データを解釈して妥当な構造を導く——これが解析の仕事ですね。

——解析の仕事では企業とも共同研究されることがあるようですが、いくつか例をあげてください。

例えば、高シリカMFI型ゼオライトについて構造解析をしました。このゼオライトは、6-ナイロンの原料であるε-カ

プロラクタムを合成する触媒として実用化されたものです。このゼオライトには、骨格構造の一部に壊れている場所(格子欠陥)があります。この場所が触媒反応の活性点であるということは分かっていたのですが、それが、骨格構造のどの場所に分布しているのかが分かっていなかったのです。そこで、対象のゼオライトを様々な装置を駆使して調べたところ、骨格構造の特定の部分に非常に僅かな量の欠陥が生じていることが明らかになりました。

その他、A型ゼオライト膜の構造解析を行いました。このゼオライトは、バイオエタノールの脱水プロセスで実用化されたものです。プラント使用前後のゼオライトの結晶構造を比較することで、脱水操作によりゼオライトの結晶構造が受ける劣化の程度を把握できました。

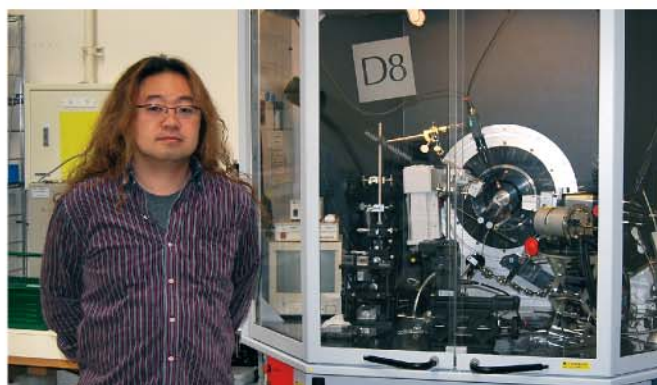
——研究結果を応用すると、実用化したプラントの高性能化も期待できそうですね。ところで、池田さんは新しい骨格構造を持ったゼオライト、CDS-1を発見されましたね。日本では2例目の新型ゼオライトだったようですが。

PLS-1という層状ケイ酸塩は、ゼオライトのように規則的な孔の空いた構造を持った物質です。この物質の構造を解析したとき、PLS-1を積み木細工のように積み上げるとゼオライトが合成できないかと考えました。このような合成法は過去に例のない新しいものでしたので、その点でも興味深い成果だったと思います。

——様々な研究をしてきたようですが、中でも思い出になっている研究成果がありますか？

最初に構造が未知の物質、HLS(Helix Layered Silicate)の結晶構造を解析できたときですね。解析を始めて半年くらい経ったときですが、パソコンとにらめっこをしていて、やっと構造のアウトラインが出てきたときは嬉しかったです。やっぱり構造解析屋なので、新しい構造が見つけれられると嬉しいです。だから生涯ずっとこの研究をやっていきたいですね。今まで以上にポーラス物質の構造研究を進めていきたいと思っています。また、日本発の新規ゼオライトの合成例がまだまだ少ないので、新しいコンセプトでゼオライトを合成する研究にも関わっていきたいですね。

——今日はどうもありがとうございました。



池田さんお気に入りの写真

メインで使っている粉末X線回折装置と共に。この装置は東北センターだけのスペシャルモデルだそうです。

新メンバー紹介

コンパクトシステムエンジニアリングチーム 牧野 貴至さん

2010年4月より、東北センターに待望の新人、牧野 貴至さんが配属されました。今後、牧野さんはイオン液体についての研究を実施します。今回はそんな牧野さんに自己紹介をしてもらいました。



—— 出身は？

大阪生まれです。ずっと関西に住んでいたのですが、東北地方は初めて来ました。

—— 仙台の印象はどうですか？

仙台に引っ越して最初に感じたのは“寒い”（笑）。やっぱり気候の違いには驚きました。それから食材が豊富ですね。魚もそうですが、野菜も豊富で鮮度も高いのが嬉しいです。

—— 東北センターに来たきっかけは？

前の職場で、物質の分離技術の研究をしていました。そ

の過程で興味を持ったのが、イオン液体^④です。イオン液体は、不揮発性の上、難燃性です。また二酸化炭素をよく溶かす物質として注目されています。私は、安全性が高く環境にも優しい二酸化炭素の分離・回収材料を実現できるイオン液体のポテンシャルに惹きつけられました。東北センターはイオン液体を使ったガス分離の分野では世界有数の研究所です。私もこの分野の研究を行いたくて東北センターに来ました。

—— 東北センターの印象は？

職員みんなの距離が近い感じがします。アットホームな感じがする環境が気に入っています。

—— 今後はどんな研究を？

イオン液体を使って、地球温暖化に関係している二酸化炭素を分離・回収する技術を開発していきます。イオン液体自体の改良のほか、将来的には、東北センターが持っている様々な技術と融合して、低コストで高性能な二酸化炭素分離材料を開発できたらと夢んでいます。

趣味はソフトボールや野球・スキーという牧野さん。これからもよろしくお願いします。

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。

④ X線

X線は目に見える光（可視光）と同じ電磁波の一種です。波長は可視光や紫外線より短く、10ナノメートル～1ピコメートル（10万分の1～10億分の1ミリメートル）程度です。

X線は物質を通り抜ける（透過する）性質を持ちます。このX線の透過量は物質の種類により変化する特徴があります。レントゲン撮影は、X線の透過量が、筋肉や骨などを構成する物質の種類の違いにより変化する性質を利用して、体の臓器や器官を撮影する技術です。

X線のもつもうひとつの性質は、物質の原子組成や結晶構造など、分子レベルのレイアウトの違いによって、進行方向がわずかに変化する（回折）ことです。この方向変化の程度を検出することで、物質の構造特定に応用できます。

④ ゼオライト

ゼオライトは直径0.5～2ナノメートル程度の細かい“孔”が規則的に並んだ構造を持つ鉱物です。ゼオライトは細孔構造（孔のサイズや並び方）の違いによって190種類以上に分類されています。そのうち40種以上が天然に存在し、そのほかは人工的に合成されたものです。ゼオライトは、石油精製（触媒）、吸湿材、水質浄化材、脱臭剤、バリアー剤、重金属イオンの捕集剤、洗浄剤、陶磁器、鋳物、土木建築、紙、化粧品やプラスチックの充填剤などに利用されています。さらに、脱水膜や調湿剤などとして幅広い産業分野で利用されています。

④ 触媒

自らの組成を変えずに、化学反応を促進する働きを持つ物質のことです。近年では、光触媒などが注目されています。酵素も生体内で作られる触媒です。

触媒を用いると省エネルギーで化学反応を促進させることができるため、環境に優しい化学産業を実現するツールとして期待されています。

④ 層状ケイ酸塩

ケイ素や酸素を主成分とし、タイルのように平らな結晶が何層にも積み重なった構造をした化合物の総称です。天然粘土の多くが層状ケイ酸塩に分類されています。また、PLS-1やHLSのように人工的に合成された化合物もあります。

④ イオン液体

イオン液体は、食塩（塩化ナトリウム）のようにイオンで構成されている物質です。常温で固体ではなく液体として存在しているため、イオン液体と呼ばれます。不揮発性・難燃性などの特徴を持っています。

これらの特徴から、電池材料や化学反応などに利用できる環境に優しい溶媒として注目されています。さらに、二酸化炭素などのガスを吸収する性質にも優れており、二酸化炭素の分離媒体としても期待されています。

コンパクト化学システム 研究チーム紹介

本年度より新たに設置されたコンパクト化学システム研究センターに所属する各研究チームの概要をご紹介します。

コンパクトシステム エンジニアリングチーム



【二酸化炭素利用塗装技術】希釈用有機溶剤（シンナー）を利用しない、環境に優しい塗装法です。

地球環境への負担を減らすために、化学産業では従来の大量生産に代わり、必要な物質を必要量生産する分散適量生産への移行が急務となっています。本チームは、分散適量生産に適した超臨界流体などの高温・高圧条件下での化学反応について、反応メカニズムのデータ収集方法から、実用化に向けた装置開発まで一括して取り組んでいます。

主な研究内容

超臨界流体に関する研究（塗装、装置・部材開発、有機化合物・ナノ粒子合成、物性計測）イオン液体を用いた二酸化炭素分離・回収法

触媒反応チーム



【マイクロ波反応装置】対象をムラ無く加熱して化学反応を行える点が特徴です。

化学反応を省エネルギーで実現できる触媒は、環境と健康に配慮した化学産業の実現に不可欠です。本チームは、触媒そのものの開発はもとより、高温・高圧条件など、様々な化学反応条件と触媒を組み合わせることにより、化学反応装置のシンプル・コンパクト化を目指します。

主な研究内容

PET ボトルを原料に分解する方法、超臨界二酸化炭素を用いた物質合成・精製技術、水素分離・回収技術、マイクロ波を用いる化学反応装置の開発。

ナノポーラス材料チーム



【酵素センサー】メソポーラスシリカ内に酵素を格納して長寿命化しました。

ゼオライトやメソポーラスシリカなど、千～百万分の1ミリサイズの微細な孔を持つ無機材料は、物質の分離や化学反応を行う場として高い応用ポテンシャルを持っています。本チームでは、このような材料を応用した物質分離膜、反応膜を開発する技術と、材料の構造を解析する技術を組み合わせ、高機能、高耐久性の膜材料の開発を進めています。

主な研究内容

ゼオライト膜による物質分離、メソポーラスシリカを利用するタンパク質（酵素）長寿命化技術、VOC（揮発性有機溶媒）ガス吸着技術

先進機能材料チーム



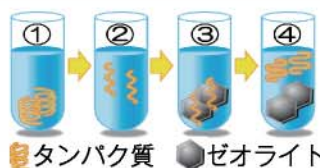
【耐熱性粘土膜クレースト®】単体での利用に加え、様々な材料と組み合わせることで、用途に合わせた素材を開発できます。

粘土を主成分とする耐熱性、ガスを通り抜けさせない性質（ガスバリア性）、柔軟性の高い膜材料（クレースト®）の開発・応用法の研究に取り組むほか、ディスプレイ材料などに利用されるナノ粒子を超臨界流体の利用により高品質に合成する方法の検討など、高機能な無機材料の開発や、材料の効率的な合成方法などについて研究しています。

主な研究内容

耐熱性・高ガスバリア性粘土膜の応用、ナノ粒子合成、高耐久性水素分離膜

無機生体機能集積チーム



【タンパク質活性化法】①不活性化したタンパク質を ②溶液中に溶かし、③ゼオライトに吸着、④ゼオライトから分離する過程で構造を修復してタンパク質の活性を回復します。

ゼオライトなどの無機材料と、酵素などの生体材料など、異分野の材料を組み合わせることにより、省エネルギーな化学反応方法の実現を目指します。ゼオライトを利用したタンパク質の構造修復法や、無機材料に複数の酵素を集積させることにより、多段階の化学反応を省スペース、省エネルギーで実現する方法などについて研究しています。

主な研究内容

タンパク質の構造修復、酵素固定化、複数の酵素を連動させる反応場設計

INFORMATION

インフォメーション

Clayteam設立総会を開催



東北センター発の粘土フィルム、“クレースト®”の応用展開を推進するために発足したコンソーシアム、“Clayteam”の設立総会が、5月20日に東京、中野サンプラザにて開催されました。総会でClayteamの運営計画などが承認された後、粘土資源を活用した材料開発についての研修セミナーが開催され、積極的な意見交換がなされました。今後、本コンソーシアムは、年4回のセミナー活動の他、クレースト®の関連資料の提供などを行ってまいります。

【Clayteam事務局】

TEL:022-237-3057 FAX:022-237-7027

e-mail:clayteam-aist@m.aist.go.jp

受賞報告 -二酸化炭素利用塗装技術-



シンナーの代わりに二酸化炭素を塗料と混合してスプレー塗装を行う、“二酸化炭素利用塗装技術”の開発に携わった研究者および産学官連携コーディネーターが産総研理事長賞、日本塗装技術協会論文賞を受賞しました。本塗装技術は、加美電子工業(株)、宮城県産業技術総合センターと共同で開発した成果です。従来の塗装法に比べて、トルエン、キシレンなどの有害物質の排出量が大幅に低下する上、塗装システム全体の二酸化炭素排出量を大幅に低下させられる本塗装法の革新性が評価されました。

報告 '10年2月~' 10年5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
~25日 (産総研東北センター)
- 4月27日 G I C22年度総会及び特別講演会
(産総研東北センター)
- 5月20日 Clayteam 設立総会
(中野サンプラザ)

スケジュール '10年6月~8月

- 6月29日 G I C第20回セミナー
(産総研東北センター)
- 7月11日 学都「仙台・宮城」サイエンスデイ2010
(東北大学)
- 7月28日 東北大学一産総研 連携公開講演会
(秋葉原 富士ソフト アキバプラザ)
- 8月 6日 G I C第21回セミナー
(産総研東北センター)
- 8月21日 東北センター 一般公開
(産総研東北センター)



産総研 東北 Newsletter No.31 平成22年6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 仙台市宮城野区若竹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/

*本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

AIST04-E 00006-31