

PF 滞在記

AR-NW10A を利用したメタン活性化触媒の作用機構に関する研究

東京工業大学物質理工学院応用化学系
博士後期課程 2年 西川祐太

私は東京工業大学物質理工学院応用化学系に所属し、山中一郎教授のご指導のもと、メタン活性化触媒の作用機構を明らかにするための研究を行っています。メタンといえば都市ガスや発電のための燃料として広く利用されていますが、化学原料としての利用が大変難しい物質です。しかしその豊富な資源量と価格の安さから、多くの研究者がメタンから化成品への直接転換反応に取り組んでいます。メタンの C-H 結合を二つ切り、その二つをくっつけば、あっという間に化学工業の基幹原料として重要なエチレンが出来上がる、などと絵に描くのは非常に簡単ですが、これが本当に難しいのです。試行錯誤の末、私はメタンからエチレン、プロピレン、ベンゼンなどに直接転換可能な液体インジウム触媒を見出しました。これまで様々なアプローチでインジウムの液体金属としての触媒作用機構解明に取り組んできましたが、反応前後の触媒の情報から推察するしかありませんでした。謂わばワールドカップの出場メンバーとその試合結果だけを知らされたようなものです。結果だけでもあれこれ類推できますが、まさか優勝候補のベルギー戦で日本が2点を先制し、終了間際にカウンターで逆転を許す展開など誰が予測できたでしょうか。やはり試合は生で見たいというのが性です。ただ高温の反応条件下で触媒を分析できる手段は限られます。そこで今回、触媒が作用中の状況を観察できる強力な武器として、*Operando* XAFS 測定を行いました。

基本的な測定は以前 KEK を訪れた際に既に行っており、サンプルは大学で予めペレット成形し、現場では試料の設置と測定を繰り返します。共同研究者である北海道大学の朝倉清高教授と永松伸一博士にご指導頂き、なんとか簡単な測定ができるようになりました。とはいえ今回の測定は設置や測定の手順がこれまでと大きく異なります。*Operando* XAFS 測定に際しては朝倉先生に加えて東京医科大学の和田敬広助教にご指導頂きました。

事前に打ち合わせを行った上、何度も部品の組立作業と確認実験を繰り返しました。そしてビームタイム前日、東工大からガスシステムに関する各種部品、昇温装置、MSなどを搬入し、準備万端で KEK へ向かった…はずなのですが、何事にもトラブルは付き物。手続きに問題が発生し、管理区域への立ち入りができませんでした。放射線管理室受付の前で呆けていると、朝から彷徨う東工大の他研究室の方々に遭遇しました。どうやら自分たちだけではないようでした。東工大側の担当の先生に連絡を取り、午後

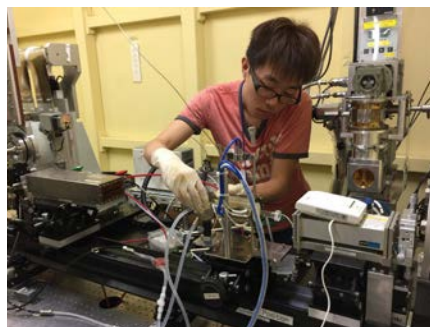


図1
反応管の設置をする著者

から入域できることとなり少しホッしました。それも束の間、ここからが勝負と気を引き締めます。ビームタイムは72時間あるとはいえ、大幅な時間ロスはかなりの手です。速やかにビームラインでガス配管工事を開始。黙々と作業を続け、夜にはガスラインが完成しました。万が一の事を考えて夜通しで可燃性気体を取り扱わないことにしていたため、ペレットで持ち込んだ別の試料を翌朝まで測定することとし、翌日の *Operando* 測定まで私は睡眠をとりました。翌早朝、早速反応管に試料を設置し、測定のための調整を行い、朝の入射終了とともに *Operando* 測定を開始しました。これまでとは異なる緊張感。一度始めれば実験は止められません。多くの方々の協力のもと、自ら見出した触媒の解析のためにこのような大掛かりな装置を稼働できていることを考えると、身の引き締まる思いです。温度を徐々に変えながらスペクトルと MS のシグナルを見つめつつ、実験は順調に進み、その日の夜10時頃、2日目の *Operando* 測定を終えて深夜測定組と交代しました。翌朝は3日目最終日、早朝から測定調整を行いましたが、いくらか慣れたようで早々に調整が終了しました。昨日同様朝の入射終了とともに測定を開始しました。昨日今日と比較できるデータが出ると、やはり気になることが出てきます。残り少ない時間、次は何をすべきかを先生方と議論し、測定しながら次の測定計画の詳細を練りました。夕方の測定中は計画に従い数時間仮眠をとり、日付が変わる前に復帰。ラストスパートです。午前4時前、測定はようやく終わりを迎えました。残るは撤収作業ですが、ガスラインや MS を設置した今回の測定は撤収も大掛かり。測定が終了した安堵感で石英反応管を割らぬよう、最後まで気が抜けません。無事に撤収作業が終了した頃には既に外は明るくなっていましたが、冷たい雨模様。どっと疲れが出るのを感じながら帰路に着きました。

日々研究の中で新しいことに挑戦する度に様々な知識や技術を吸収でき、その都度自分の成長を感じることが出来ます。殊に KEK の放射光設備を利用して様々な実験を何度も行うことは、望んでいる人全員ができることではないと思います。このような恵まれた環境で学生として研究できることに感謝し、今後自分の研究に励みたいと思います。

中小オーナー企業の経営者となって

株式会社 小池弥太郎商店 小池祐一郎

PF 関係者の皆様、はじめまして（もしくはご無沙汰しております）。小池祐一郎と申します。平成 13 年から 18 年まで、北海道大学触媒化学研究センター（現触媒科学研究所）朝倉清高先生、田旺帝先生（現国際基督教大学教授）の下で主に BL-9A, 12C を利用した XAFS の研究にて学位を取得させて頂き、18 年から 20 年まで、野村昌治先生（現 KEK ダイヤモンドフェロー）、稲田康宏先生（現立命館大学教授）の下で博士研究員として PF-AR NW10A のビームライン立ち上げを含む研究に従事させて頂きました。その後、地元の静岡で父親が経営していた建材の加工販売を行っている会社を引き継ぎ、日々忙しくさせて頂いております。今回、大学の研究室の後輩で、PF ニュースの編集委員である東京医科歯科大学の和田君からこのお話を頂き、自分が PF を卒業してから 10 年以上が経っていることに気づき、月日の流れの速さを実感しております。

学生時代、研究員時代と PF での生活を思い返しますと、初めて PF を訪れた時にカードリーダーで実験ホールへ入ることが、秘密基地にはいるような感覚でわくわくしたことを覚えております。そして、ミスによりスタッフの方々をはじめ多くの方にご迷惑をお掛けしました。夜間、予備実験で試料を電気炉でアニールした時、中に銅板が入っていることに気付かずそのままセットしたため、銅が溶け出して地絡させて、夜中に連絡を受けた時や、真空チャンバーの Be 窓を割ったときのターボ分子ポンプの音など、今思い出しても血の気が引く思いです。さて、科学の分野から 10 年以上離れており（三角関数すらあやしい？）、専門的な話はとてもできませんので、研究以外の話をしたいと思います。

PF での実験以外の思い出というとなら、食が頭に浮かびます。ビームタイムという限られた時間の中で何らかのデータを取らなければいけない、非日常的な時間の中では気分転換や、データがうまく取れなかったり、ビームダンプ（最近は無いのかもしれませんが）の際のゲン担ぎなど理由をつけてはいろいろな店に行った記憶があります。幸い、車がありましたので、いちむら（ラーメン定食）、三徳（日替わり定食）といった近場以外にも、泉食堂（とんかつ）、高麗（キムチチゲ）、まっちゃん（餃子）、魚八（魚と揚げ物）、旭屋（刺身）等々、だいぶエンゲル係数高めの生活を送った気がします。最新の PF ニュースの KEK 周辺生活マップを見ますと、周辺にもさまざまな店舗ができていますので、時間の流れを感じました。

現在私は、静岡にて（株）小池弥太郎商店（<http://www.koike-s.jp/>）という会社を運営させて頂いております。住宅や、工場、倉庫といった様々な建物の主に鋼板を用いた金属屋根・外壁の加工・販売を行っております。材料と



図 1 理化学研究所での入射系建屋外壁及び防水改修工事（設計・監理：株式会社 内藤設計）

なる鋼板は、かつては鉄の芯材に亜鉛をメッキしたトタン（Zn）が使用されておりました。1980 年代からは亜鉛とアルミの合金メッキのガルバリウム鋼板（55%Al-1.6%Si-Zn）が広く普及し、現在もっとも一般的に使用される外装材用鋼板となっております。今年の上旬には、SPring-8 の入射系建屋の外壁に弊社の材料をご採用頂いております（図 1）。近年ではこのガルバリウム鋼板のメッキ層に Mg を添加することで耐食性を 3 倍強向上させた超高耐食鋼板（55%Al-2%Mg-1.6%Si-Zn）が登場し（<http://www.nisc-s.co.jp/products/sgl.html>）、更なる高品質化・建物のメンテナンスフリー・高寿命化が進んでおります。弊社はこれらの鋼板をメーカーから購入し、加工することで市場へ拡販する役割を担っているわけですが、今思い返せば、XAFS 討論会等で当時新日鐵の木村正雄先生（現物質構造科学研究所 放射光科学第二研究系 教授）がサビのメカニズム等のご講演をされていたことが思い出され、ユーザーとしてこれらの製品が個人的に身近に感じたりもしています。

PF での研究員から中小企業のオーナー経営者と 180° 仕事内容は変化して 10 数年が経ちました。最も大きな変化は、プレイヤーからマネージャーという立場の変化です。通常の組織であれば研究者も会社員もこの立場の変化はキャリア（経験・実績）に応じて変化していくわけですが、中小オーナー企業ではしばしば血縁のみでこのポジションに就く（就けてしまう）ケースが発生します。私自身もこのケースに当てはまりました。最初の半年は研修を兼ねて実務を行いました。当然、弊社の扱ひ商品等に専門的な知識や経験は他の社員に比べて低い状態で社員の上に立つことになりました。そのような環境で、社員、取引先様を

はじめとする周りの人々に助けられながら会社を継続できていることは、学生・研究員時代に受けた教育・経験のおかげだと実感しております。放射光や表面科学、触媒に関する専門知識を役立てる機会は残念ながら現状ではありませんが、相手を尊重して話を聞く・話す、相手に納得して(動いて)もらうために筋道たてて、客観性のある数字を用いて説明する、といったトレーニングをPFでの研究を通じて学生・研究員時代受けられたことは、大きな財産となっております。一方で、今のビジネスに対する経験が深まる中で、人に任せることの難しさを痛感するようになっており、振り返ると先生方が知識も経験も浅い私に様々な仕事を任せて下さった器の大きさに今更ながら感謝しております。

中小企業の経営者となって、先ほどの弊社加工材料のメッキ鋼板の性能向上や、日々のちょっとした発展などを目にするにつけ、自分の会社という局所的、短期的な低い目線になりがちなか中、その対極にある日本全体(本来は人類でしょうか?)のための未来への投資である高い目線での研究開発の重要性を強く感じております。本来であれば研究者・技術者として成長することで恩返しとなるわけですが、私の場合は会社を永続させ、少しでも日本の未来への投資である科学技術の発展に間接的にも寄与できるように努力することで恩返しをしていければと思っております。PFニュースに似つかわしくない、具体性の無い文章となってしまうましたが、研究・科学技術に全く携わっていない現在文系人間が書いた文章ということでお許しいただければと思います。

大柳 宏之氏, XAFS2018 にてエド・スターン賞を受賞

物構研トピックス
2018年8月7日

7月27日、ポーランドのクラコフ市で開催された17th International Conference on X-Ray Absorption Fine Structure (XAFS2018)において、2018年度 International X-ray Absorption Society (IXAS)の表彰式が行われ、PFを利用した研究によりKEK物構研協力研究員の大柳宏之氏がロナルド・フラーム教授(ベルク大学ヴッパータール)とともに、IXAS最高の賞であるThe Edward Stern Outstanding Achievement Award(エド・スターン賞)を受賞しました。

この表彰は、XAFSおよび関連分野の科学技術に関する研究開発、理解増進等において顕著な成果を収めた者について、その功績を讃えることにより関連科学技術に携わる研究者の意欲の向上を図り、XAFSおよび関連分野の科学技術水準の向上に寄与することを目的としています。3年毎に開かれるXAFS国際会議において授与されます。

受賞対象となったのはフォトンファクトリー(PF)で行われた「局所構造と機能の関係性」に関する一連の研究です。入射角を制御しながら結晶を光軸の周りに回転させ



図1 XAFS2018の会場

て蛍光検出を行う独自の偏光依存XAFS測定法による研究業績が、国際的に評価されました。

同氏は、1980年代に故松下正教授とともにPF初のXAFS専用ステーションBL-10Bを立ち上げ、当時筑波大学に在籍していた白川英樹教授(2000年ノーベル化学賞受賞)と共同でポリアセチレンの導電性と局所構造の関係を明らかにしたのをはじめ、ミオグロビンのヘム鉄局所構造とスピン状態など、多くの成果をあげました。また同氏は、同手法を高温超伝導体単結晶へ適用し、超伝導転移温度近傍で格子異常現象を見出しました。この成果は高温超伝導研究者にも大いに注目を集め、PFを利用したローマ大学との国際コラボレーションが世界を先導することとなりました。

最近では、電子励起下での「構造と機能」に注目して光誘起構造変化や中間状態に関する一連の研究を行っています。

同氏はIXASの執行委員会の幹事/会計、副議長、議長として長年国際的に貢献してきたことも評価されました。産総研退職以後、KEK協力研究員およびNSRL(中国科学技術大学)客員教授として現在も積極的に後進の指導にあたり、研究活動や国際会議の支援にも携わっています。(物構研トピックス(<https://www2.kek.jp/imss/news/2018/topics/0727XAFS2018EdStern/>)より転載)

産業利用促進運転日実施報告

放射光科学第二研究系 君島堅一

既にご案内しておりますように、KEK物構研フォトンファクトリー(PF)では、機構の予算による運転とは別に放射光加速器の運転を検討しています。これは、産業利用の推進を主な目的に、施設利用等の利用料収入を用いて運転時間の延長を行なうものです。平成30年度1期(2018年5~7月期)には、試験的に運転期間を延長して産業利用促進運転日(産促日)制度の検討を行いましたので報告致します。

実施内容:2018年6月30日午前9:00~7月6日午前9:00(6

日間)。この期間は施設利用料収入で運転経費を賄い、有償による利用を優先しました。対象は、PFリングのビームラインで、PF-ARは含まれません。一部のビームラインでは、随時利用が可能になるように実施期間を分散させて運用されました。

実施実績：10社・2団体（12課題）で、13ビームタイム／のべ290時間の利用がありました。その利用料収入の80%が運転経費に充当されましたが、これはPFリング（運転に必要な線形加速器の経費を含む）の運転を約5.5日延長する分に相当します（現時点での光熱費単価に基づく）。

今回の産促日運転の実施結果により、利用料収入による運転時間の延長の可能性が示されるとともに、いくつかの課題が明らかになりました。ユーザーの立場からは、通常の施設利用との区別、対象の利用制度の制限などや、利用手続きが煩雑になるなどの問題が指摘されました。また、利用料収入配分の問題など、継続的に実施するには更なる検討が必要です。なお、有償施設利用の希望がなかったビームライン・ビームタイムでは大学共同利用一般課題（G課題・S課題等）にビームタイムが配分されました。KEK-IMSS-PF全体として、大学共同利用を圧迫することなく企業等による有償施設利用の時間の確保と共に、企業のPF利用による大学共同利用への還元につながったと考えております。

来年度以降の実施については、今回得られた知見を基に実施の有無を含めて検討を進めているところであります。産促日利用者や所外担当者を含めたビームライン担当者へは、本制度についてのアンケートを実施し意見を収集しているところでありますが、その他のユーザーの方々につきましても本制度へのコメント・ご意見を頂きたくお願い申し上げます。ご意見は、物質構造科学研究所・放射光科学研究施設 主幹秘書室 (Email: pf-sec@pfiqst.kek.jp) まで、お願い申し上げます。

PF トピックス一覧 (8月～10月)

PFのホームページ (<https://www2.kek.jp/imss/pf/>) では、PFに関係する研究成果やイベント、トピックスなどを順次掲載しています。各トピックスの詳細はPFホームページをご覧ください。

2018年8月～10月に紹介されたPF トピックス一覧

- 8.7 【プレスリリース】染色体の構造変換を司るタンパク質の構造を解明
- 8.7 【物構研トピックス】大柳 宏之氏, XAFS2018にてエド・スターン賞を受賞
- 8.8 【トピックス】PF 構造物性グループの田端 千紘さんが, ICM2018 ポスター賞を受賞
- 8.24 【物構研トピックス】多摩六都科学館にて「イマドキの生物学者になってみよう」を開催
- 9.7 【物構研トピックス】KEK 一般公開 2018 開催報告

～フォトンファクトリー編, 研究本館ほか編

- 9.10 【プレスリリース】自発的に折りたたまれるポリマー材料の開発に成功ータンパク質の機能を模倣する新素材への応用に期待ー
- 9.19 【物構研トピックス】慶應大学と信州大学の研究グループ, タンパク質でサッカーボール型分子を創出
- 9.20 【物構研トピックス】東北大ほか, GaN 高速トランジスタの表面電子捕獲のナノスケールその場分析にはじめて成功
- 9.26 【プレスリリース】鉄系高温超伝導体における新奇な磁性と超伝導の共存の観測に成功
- 10.1 【KEKのひと #37】夫婦の信念「生涯第一線の研究者でいたい」坂部知平(さかべ・のりよし)さん
- 10.2 【プレスリリース】薬剤耐性の原因「薬剤汲み出しタンパク質」の排出メカニズムを解明～多剤排出トランスポーター MdfA の分子機構～
- 10.15 【物構研トピックス】徳島大学の真板 准教授、新しいタンパク質の結晶化法「高分子での結晶スポンジ法」に成功
- 10.19 【トピックス】「大学共同利用機関シンポジウム 2018～最先端研究大集合～」に出展

新しく博士課程に進級された学生さんへ PF ニュースであなたの修士論文を紹介しませんか？ 博士論文も歓迎します！

PF ニュースでは、新しく博士課程に進級された学生さんの修士論文の研究内容を紹介するコーナーを設けております。PF で頑張って実験されている博士課程の学生さん自身の紹介、また、その研究内容をアピール出来る場です。我こそはという博士課程の学生さんは、ぜひ下記のフォーマットに従い、あなたの修士論文の研究を紹介して下さい。また今年、修士課程から博士課程へと進学する学生さんが所属される研究室の指導教員の方は、積極的に学生さんに PF ニュースへの投稿を勧めて頂ければ幸いです。

【投稿資格】PF/PF-AR のビームラインを利用した研究に関する修士論文を執筆し、修士を取得した方。

【投稿フォーマット】

1. 修士論文タイトル
2. 現所属、氏名、顔写真
3. 連絡先メールアドレス（希望者のみで可）
4. 修士号取得大学、取得年月
5. 実験を行ったビームライン
6. 論文要旨（本文 1000 文字以内）
7. 図 1 枚

【原稿量】

図とテキストで刷り上り 1 ページ（2 カラム）。

【提出物・提出方法】

文字データと図表データをメール添付で PF ニュース編集委員会事務局・高橋良美 (pf-news@pfiqst.kek.jp) までお送り下さい。