

### PF 滞在記

### PF-AR NE7A にて行った高温高圧におけるコーサイトの变形実験

愛媛大学理工学研究科数理物質科学専攻  
博士前期課程 2年 土居峻太

私は愛媛大学理工学研究科数理物質科学専攻で西原遊先生のご指導を受けながら、高温高圧におけるコーサイトの粘性率について研究しています。コーサイトは3-9 GPaで安定なシリカ鉱物で、地球深部に沈み込んだ大陸地殻の变形を司ると考えられています。しかし圧力5 GPa以上におけるコーサイトの变形実験は行われておらず、粘性率の圧力依存性は分かっていません。私は圧力3-9 GPaの条件でコーサイトの变形実験を行い、粘性率の圧力依存性を決定しました。圧力5 GPa以上の变形実験は新学術領域研究「核-マントル相互作用と共進化」の一環として西原先生らが新しく導入したD111型装置によって行ったので、D111型装置の立ち上げ作業と私の研究内容とを並列して記したいと思います。

今回の立ち上げ作業に愛媛大学から西原先生と私が、岡山大学から山崎大輔先生と辻野典秀さんと芳野極先生が、九州大学から久保友明先生と今村公裕さんが集結しました。まず、NE7Aにクレーンを用いてD111型ガイドブロックを設置します。ガイドブロックの高さを加工し直してもらうなど様々な苦難を乗り越え、プレス機MAX-IIIにD111型ガイドブロックを組み合わせることができました。この新型ガイドブロックはサンプルを8方向から加圧することで、より高圧をより安定して発生させることができます。Ni球を用いて等方的に圧縮できているか確認する実験や、標準物質の相転移圧を利用した荷重圧力校正実験を試験的に行い、本実験の前準備としました。またフラットパネルセンサーを用いた二次元X線回折測定システムを構築し、粘性率決定に必要な差応力・圧力の測定をより高精度かつ効率的に行えるようにしました。

立ち上げ作業が終わった後、集結した人たちの中で最も目標圧力が低い私の実験から始まりました。まず標準試料CeO<sub>2</sub>を使ってカメラ長などの光学的なパラメータを決定します。内部に加熱回路・断熱材・熱電対・コーサイト・変形用ピストン・歪マーカーが仕込まれた圧力媒体を8つの二段目アンビルの中心へ設置します。その二段目アンビルごとD111型装置によって圧縮することで、目標とする圧力の発生に成功しました。初めて実験した時は加熱回路の方向と熱電対線が出ていく方向、放射光X線が入射する方向の三次元的な幾何学関係を分かっておらず、二段目アンビルを組み直さなければなりませんでした。そしてコーサイト近傍のW-Re熱電対で温度計測しながら、グラフィートヒーターに電力を投入して目標温度まで加熱しまし



図1 MAX-III (右) にインストールされる直前のD111型ガイドブロック (左)

た。30分から1時間焼きなました後、上下の作動ラムを一定速度で前進させることでコーサイトを圧力媒体ごと一軸圧縮しました。実験中のコーサイトに対し50 keVの単色X線を入射して透過像と二次元回折像を交互に取得し、コーサイトの歪・差応力・圧力のその場観察を行いました。2-8時間変形した後、変形終了・急冷して、減圧きってからコーサイトを回収します。以上の手続きに従って圧力3-9 GPa、温度800-1200°C、歪速度 $8.9 \times 10^{-6}$ - $7.3 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ の範囲で合計12の条件で実験を行いました。実験の結果、コーサイトの粘性率は圧力にほとんど依存しないことが分かりました。

作業に集中する私たちを支えてくれたのはKEK周辺の食事でした。美味しいラーメン定食で腹がはち切れそうになる『いちむら食堂』、懇意にしているKEKの特別助教から教えてもらった『魚八』、帰りの飛行機が欠航して一日追加で滞在した時に食べた『百香亭』。他にもカレー、うどん・そば、お好み焼きなどバラエティーに富んだ食事環境によって心身ともに回復することができました。また夕食で食事店へ移動する時、地上の肌寒く澄んだ空気を通して見える満天の星空も私にとっては大きな癒しでした。

2018年12月現在、PF-AR NE7Aで得られた結果を修士論文にまとめている最中です。装置の立ち上げと実験に関してC&Tファクトリーの山本周平氏、東北大学の鈴木昭夫准教授、KEKの亀卦川卓美シニアフェロー、若林大佑特別助教、船守展正教授に大変お世話になりました。支えて下さった方々に報いることができるよう、研究に専念しようと思います。

## 俺はまだ暗闇の中を走っているんだ！ ～ビームタイムを楽しむことは人生を楽しむことに他ならない～

2018年度横浜市立大学大学院修了 治面地智宏

0泊2日の合宿。場所はBL-10Cだ。2017年の冬。当時、横浜市立大学の修士課程に在学中の私は、指導教員である有田恭平准教授の指導の下、SEC-SAXS (Size Exclusion Chromatography -Small Angle X-ray Scattering) を用いて溶液中のタンパク質の立体構造解析を行っていた。

私にとってPFと言えは24時間のビームタイム中に、可能な限りSEC-SAXSの実験を行いデータを取ることを意味していた。

ビームラインでのSEC-SAXSの実験は多忙を極める。1回の測定はおよそ40分程度だが、その待ち時間には前のデータの解析に取り組む。測定とデータ解析の繰り返しを、時折短い休憩を挟みながら時間が許す限り続けるのだ。24時間という限られた時間の中で、より多くの測定を行なうためには、効率の良さが求められる。それには周到な準備と状況判断が不可欠である。事前にサンプル濃度から希釈系列を計算しておき、現場では測定に合わせて希釈するだけにしておく。測定中は常に進捗を見て次の測定に使うサンプルとbufferの準備をしておく。常にタイムマネジメントを意識していた。

PFでの実験に臨む際に個人的に欠かせないものがある。「黒棒」と「緑茶」だ。黒棒とは主に九州地方で作られてきた焼き菓子の一種である(図1)。留学生にも大好評の日本のお茶菓子だ。ビームタイム中は24時間0交代で実験を行なっているため息抜きが必要である。ティーバッグとタンブラーを持って行けば、談話室の電気ケトル(無料)を使って、何時でも熱い緑茶が飲める。貧乏学生だった私にとってはありがたい設備である。

朝9時からビームラインに居て、26時頃になると、空腹というかなんとか「足りない」という感覚になる(昼夕食も食べているが)。その時に黒棒と緑茶が真価を發揮



図1 黒棒こと「黒棒名門」



図2 PFで借りた自転車と筆者(当時)

する。黒棒はいつ食べても美味いが、26時の黒棒は格別に美味しい。黒棒を頬張って、口に残った美味しいのを熱い緑茶で流し込めば最高の一言。実験の息抜きにも国際交流にも使える黒棒、スーパーの半生菓子コーナーで買えるので、PFにお越しの際には是非持参されることをお勧めしたい。

深夜の実験はテンションで乗り切ることができるけども、明け方はどうにもならない。そこで私は眠気覚ましを兼ねて朝食の購入に出掛ける。PFに行くのは決まって冬から春にかけての日の短い時期だから、早朝4~5時の外は真っ暗だ。外のコンビニに行くのにPFで借りた自転車(図2)を使って大体10分の道のり。電灯はゼロ。自分の自転車のライトのみが道を照らす。大げさだが、頼れるのは自分だけ。ライトで見える範囲は限られている。時折、車のヘッドライトで道がぼおっと明るくなる。暗闇の中をひたすら漕ぐ。冷たい夜風が眠気を後方に飛ばしてくれる。まだ暗闇の中を漕ぐ。横道から出てきた車のヘッドライトをゴール(KEK入り口)の灯りと錯覚する。その光は目的地じゃない。

ゴールが見えたと思ったらその先にもゴールがある感じは、研究そのものであるし、俺の人生にも似てる。俺はそうやって、先の見えない状況の中でも目の前のことに全力を注いできた。

現在私は横浜市のお癸巳(キシ)化成株式会社に就職し抗体医薬の製造に関わっている。昨年の本庶先生のノーベル賞受賞からもわかる通り、ホットで重要な分野だ。私は今、任されている膨大な資料作成、GMP (Good Manufacturing Practice) 施設の維持管理、細胞実験などの仕事に全力で取り組んでいる。PFで培ったタイムマネジメントは仕事で大変役立っている。与えられた時間の中で、可能な限り仕事をする状況はビームタイムと同じであるからだ。

この先の人生がどうなっていくのかは分からないが、好きなことを好きなだけやって、とにかく楽しみたい。もし暗闇で先が見えなくとも、全力で突き進んでいきたい。その過程で再度PFで実験が出来る機会が得られれば、こんな幸せはない。

## PFの宇佐美 徳子 講師，日本放射線影響学会女性研究者顕彰・岩崎民子賞を受賞

物構研トピックス  
2018年11月15日

物構研放射光科学研究系の宇佐美徳子講師が，平成30年度日本放射線影響学会女性研究者顕彰・岩崎民子賞を受賞しました。この賞は，同学会名誉会員である岩崎民子博士の寄付による基金をもとに，放射線科学の活性化と学会の発展に寄与した女性研究者を顕彰するために創設されたものです。



図 宇佐美徳子講師（左），放射線影響学会 島田義也理事長（右）。授賞式にて。

宇佐美講師は，放射光を用いた放射線生物学において継続的な研究と研究支援を行い，関連分野の活性化に大いに貢献したほか，東日本大震災以降の放射線リスクコミュニケーション活動等を通じた学会への貢献も貴重であると評価され，今後の継続的な活躍を期待しての顕彰となりました。

授賞式および受賞講演は，11月8日に，長崎市で開催された日本放射線影響学会第61回大会で行われました。

## KEK スチューデント・デイで，総研大物質構造科学専攻の亀沢知夏さんが機構長賞を受賞

物構研トピックス  
2018年11月15日

11月13日，KEK つくばキャンパスで開催された「KEK スチューデント・デイ」の研究発表において，総合研究大学院大学高エネルギー加速器科学研究科物質構造科学専攻の亀沢知夏（かめざわちか）さんが機構長賞を受賞しました。

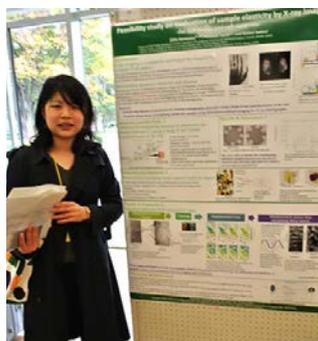


図 研究発表ポスターの前で亀沢知夏さん

亀沢さんは，物質構造科学研究所 兵藤一行准教授の指導と，東北大学への特別研究派遣学生として多元物質科学研究所 矢代 航 准教授の指導のもと，フォトンファクトリーの放射光や実験室のX線発生装置を用いたイメージングで物質の「かたさ」を評価する手法開発に取り組んでいます。このような手法は

エラストグラフィと呼ばれる，超音波を用いた装置はすでに実用化され，乳がんの検査などに使われています。X線を用いると画像の空間分解能が飛躍的に上がることから，より初期のがんの発見やがんの機序の解明に繋がる知見が得られることが期待されます。

KEK では，総合研究大学院大学をはじめ，連携大学院，特別共同利用研究員など，100名を超える大学院生が学び，研究を行なっています。KEK スチューデント・デイはそれらの大学院生が一堂に会し，研究成果を発表することにより交流を深めるイベントで，毎年1回行われています。

## PFの若林大佑特別助教，日本高圧力学会奨励賞を受賞

物構研トピックス  
2018年12月4日

日本高圧力学会の2018年度奨励賞に放射光科学第一研究系の若林大佑（わかばやしだいすけ）特別助教が選出され，11月26日～28日に行われた第59回高圧討論会において授与されました。奨励賞は高圧力の科学・技術の進歩に貢献した若手研究者・技術者2名までに授与されるものです。

受賞対象の研究課題名は「SiO<sub>2</sub> ガラスの永久高密度化に関する総合的理解」です。SiO<sub>2</sub> ガラスの永久高密度化はノーベル物理学賞を受賞したブリッジマン博士によって20世紀の中頃に発見された現象で，この物質に数万気圧を超える圧力を加えた後に常圧に戻すと，加えた圧力に応じて約20%増までの任意の密度をもつ状態で回収されるというものです。SiO<sub>2</sub> ガラスは，窓ガラスの主成分でもあり，理化学実験等にも様々な用途のある実用材料です。しかし，永久高密度化を始めとするガラス固有の現象の理解は構造情報の取得の困難さなどから十分には進んでおらず，単純な化学組成をもつSiO<sub>2</sub> ガラスの研究は，ガラス研究の本流として今なお多くの研究者の関心を集めています。

若林氏は，フォトンファクトリーのビームライン BL-



図 受賞講演で質問に答える若林大佑氏

18C および AR-NE1A を利用し、高圧を発生させる装置「ダイヤモンドアンビルセル」と放射光を組み合わせ、研究を進めてきました。永久高密度化ガラスが、結晶と同様に加減圧に伴って可逆に構造を変化させることを実証し、ガラスであるにも関わらず割れずに大きく変形すること（塑性変形）、および変形後のガラスの構造に大きな異方性が残留すること（残留偏差歪）を発見しました。さらに、高圧下その場小角 X 線散乱手法の開発に中心的な役割を果たし、 $\text{SiO}_2$  ガラスの相転移の中間状態においてサブナノメートルスケールの構造不均質が出現すること（二相混合状態）を明らかにしました。これらの研究では、放射光に加えて、光学顕微鏡観察、ラマン散乱測定など、様々な実験手法が駆使されています。

このように実験によって顕著な業績を収めたのに加え、第一原理分子動力学計算やその結果を機械学習させることによる大規模分子動力学計算、相転移カイネティクスモデル化、さらには地球科学的な応用として、ケイ酸塩メルトの状態方程式のモデル化やその元となる静的圧縮と動的圧縮のデータの分析でも業績を収めています。

若林氏の挙げた業績はまさに「総合的」というに相応しいものであり、将来を嘱望される新進気鋭の研究者として高く評価されました

## 渡邊一樹氏、日本高圧力学会功労賞を受賞

物構研トピックス  
2018年12月4日

日本高圧力学会の2018年度功労賞に渡邊一樹氏が選出され、11月26日～28日に行われた第59回高圧討論会において授与されました。渡邊氏は三菱電機システムサービス株式会社(三菱SC)に所属し、フォトンファクトリー(PF)に常駐して高圧ビームラインの支援業務を担当されています。同学会の功労賞は、高圧力研究における技術の進歩・発展への著しい貢献に対して贈られるものです。

渡邊氏は、三菱SCに入社以来、一貫してPFの利用支援に尽力されてきました。特に2010年4月からは、PFの



図 授与式で挨拶をする渡邊一樹氏

高圧関連の4ビームライン（AR-NE1A, NE5C, NE7A, BL-18C）の担当として、自発的かつ献身的な利用支援、そしてビームラインの整備と高度化に関する技術支援により、PFにおける高圧力科学の発展に大きく貢献されています。

このことから、今年3月に開催されたPFの高圧ユーザーグループミーティングにおいて、「渡邊氏の多大なる貢献に感謝するとともに、益々の活躍と高圧力研究の発展への更なる貢献を祈念・確信して、日本高圧力学会功労賞に推薦する」ことが決定しました。今回の受賞は、ユーザーグループ代表の高橋博樹氏（日本大学）により、多数の連名での推薦が行われたことによるものです。

授与式では賞状と記念の盾が贈られ、渡邊氏から挨拶がありました。

## 菊地貴司氏、KEK 技術賞を受賞

物構研トピックス  
2019年1月21日

物構研 放射光科学第一研究系技師 菊地 貴司氏が平成30年度 KEK 技術賞を受賞しました。この賞は、機構内の技術者を対象とし、技術の創造性、具体化、研究への貢献、技術伝承への努力等を審査し授与されるものです。今年度受賞したのは、菊地氏と、加速器研究施設技師 原 和文氏の2名で、1月16日に開催された KEK 技術職員シンポジウムでは両氏の講演が行われました。

非蒸発型ゲッター (Non-evaporable getter, NEG) ポンプとは、チタン (Ti)、ジルコニウム (Zr)、バナジウム (V) などの金属を真空中で加熱して活性な表面を作製し（活性化）、水素 ( $\text{H}_2$ ) や一酸化炭素 (CO) などの残留ガスを化学吸着して排気する真空ポンプです。 $\text{H}_2$  に対して高い排気速度を持ち、超高真空を維持できるだけでなく、オイルフリー、省エネルギー、軽量といった利点から、フォトンファクトリー (PF) や、KEKB をはじめ国内外の加速器施設で広く使用されています。しかし、従来の NEG ポン



図 受賞者と KEK 役員（中央は山内 正則機構長）  
受賞者左：原 和文氏（加速器研究施設）右：菊地 貴司氏（物質構造科学研究所）

プは、製造を海外のメーカーが独占しており、高価で納期に時間がかかるものでした。PF で真空技術を担当する菊地氏は、低コストかつ高機能の国産 NEG ポンプの開発を目指し、2010 年ごろから NEG ポンプの自作を開始しました。

2017 年に菊地氏は、間瀬 一彦准教授と共に、無酸素 Pd/Ti コーティングという新しい技術を開発しました。これは、真空容器や真空部品の内面に、超高真空中で無酸素の Ti を成膜し、さらに無酸素のパラジウム (Pd) で覆って保護するという方法です。このコーティングを施した真空容器は、大気開放、ベーキング (真空加熱) を繰り返しても排気性能が低下しないことが確認されました。また、133 ~ 150°C という従来よりも低い温度で活性化させることが可能で、コーティングの手順が容易なことや、低コストで利用できるという利点も併せ持ちます。H<sub>2</sub>O, CO, CH<sub>4</sub> 等の残留ガスについても、酸素を導入しながらベーキングすることで除去することができるため、光学素子の炭素汚染を低減することにつながると期待されます。さらに菊地氏はこの無酸素 Pd/Ti コーティングを使った NEG ポンプも開発しました。

菊地氏は、「今後これらの技術を放射光源、ビームライン、エンドステーションに応用すれば、建設とメンテナンスのコストとマンパワーを大幅に削減することができる。また、産業界に技術展開し、新しい非蒸発型ゲッターポンプの製造・販売を実現したい。」と話しています。

## PF トピックス一覧 (11 月 ~ 1 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 11 月 ~ 2019 年 1 月に紹介された PF トピックス一覧

- 11.7 【物構研ピックス】 ファインセラミックスセンター 姚 永昭 氏ほか、PF の共同利用の成果で応用物理学会 Poster Award を受賞
- 11.9 【ハイライト】 国際単位系 (SI) kg 再定義の舞台裏
- 11.15 【物構研ピックス】 KEK スチューデント・デイで、総研大 物質構造科学専攻の亀沢知夏さんが機構長賞を受賞
- 11.15 【物構研トピックス】 PF の宇佐美徳子講師、日本放射線影響学会 女性研究者顕彰・岩崎民子賞を受賞
- 11.28 【物構研トピックス】 PF ユーザーの富山県立大と立命館大の研究グループ、クジラの海洋適応に伴うタンパク質進化のしくみを解明
- 11.30 【プレスリリース】 いつでもどこでも誰でも光をあてるだけで簡単に性質を操ることの出来る材料を開発 — 溶媒不要の高分子形状リセット法「T・レック

ス」の実現—

- 12.4 【物構研トピックス】 渡邊一樹氏、日本高圧力学会 功労賞を受賞
- 12.4 【物構研トピックス】 フォトンファクトリーの若林大佑特別助教、日本高圧力学会奨励賞を受賞 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
- 12.6 【物構研トピックス】 物構研の量子ビームユーザーが 2018 年の高被引用論文著者に選ばれました
- 12.10 【物構研トピックス】 私にスピンをわからせて！ ~ 第 2 回転「スピンの正体とは？」
- 12.14 【物構研トピックス】 私にスピンをわからせて！ スピンオフコラム ~ KEK の 2 つの研究所 ~
- 1.21 【物構研トピックス】 菊地 貴司氏、KEK 技術賞を受賞
- 1.22 【プレスリリース】 結晶にも液晶にも液体にも分類されない新物質を発見—分子自己集合体の科学における新知見—

### 【訃報】 フォトンファクトリー初代施設長 高良和武先生がご逝去されました

2019 年 2 月 1 日

フォトンファクトリー初代施設長 (1978 年 4 月 ~ 1984 年 3 月 高エネルギー物理学研究所・放射光実験施設長) であり、KEK 名誉教授の高良和武先生 (享年 97) におかれましては、1 月 30 日 (水) にご逝去されました。ここに謹んでお知らせいたします。高良先生のご冥福を心よりお祈り申し上げます。



在りし日の高良和武先生。写真は「第 29 回 PF シンポジウム」の 2 日目に開催された「30 周年記念講演」(2012 年 3 月 16 日) の中で、「放射光施設誕生の頃の裏話」の講演中の様子。