



# 京機短信

## KEIKI short letter

No.403 2025.4.4

京機会(京都大学機械系同窓会)

tel. & fax. 075-383-3713

E-Mail: jimukyoku@keikikai.jp

URL: <http://www.keikikai.jp>

編集責任者 京機短信編集委員会

### 目次

- ・ 令和6年度卒業証書授与式・修了証書授与式……西脇眞二、細田 耕、井上康博 (pp.2-3)
- ・ series 研究最前線(23)量子ビームによる複雑物質の構造モデリング……有馬 寛 (pp.4-10)
- ・ 燃烧・動力工学研究室OB会の報告……藤川卓爾、塩路昌宏 (pp.11-13)

### 機械システム学コース卒業証書授与式より



### 機械理工学専攻・マイクロエンジニアリング専攻修了証書授与式より



## 令和6年度卒業証書授与式・修了証書授与式

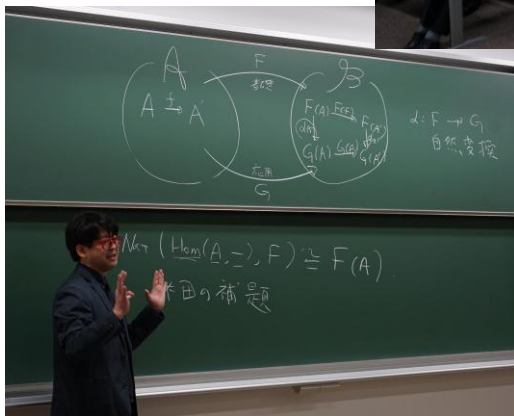
工学部物理工学科機械システム学コース長 西脇眞二 (S61/1986卒)  
工学研究科機械理工学専攻長 細田 耕 (S63/1988卒)  
同研究科マイクロエンジニアリング専攻長 井上康博 (H10/1998卒)

令和7年3月24日9時30分から、令和6年度の学部卒業式が京都市勧業館みやこめっせにて開催されました。式の終了後、機械システム学コースの卒業生は吉田キャンパスへ移動しました。吉田キャンパスでは、西脇コース長より卒業生に卒業証書が授与されました。また、日本機械学会畠山賞受賞者の大前俊輔さんと溝端航太郎さんの表彰も行われました。コース長はお祝いの言葉とともに、「社会人として出発する心得として、毎日朝きちっとベッドメイキングをしましょう。」等のメッセージを送りました。



日本機械学会畠山賞表彰（大前俊輔さん、溝端航太郎さん）

令和7年3月24日14時から、令和6年度の大学院学位授与式が京都市勧業館みやこめっせにて開催されました。終了後、桂キャンパスへ移動しました。桂キャンパスでは、博士課程修了者には研究科長から、修士課程修了者には細田専攻長と井上専攻長から学位記が授与されました。また、日本機械学会三浦賞受賞者の池田善孝さん、河合真穂さん、中山 颯さんの表彰も行われました。最後に、井上専攻長から、「米田の補題が紹介され、皆さんが築いてきた一つひとつの関係性が、皆さんをユニークな存在にしていること、未知の問題に立ち向かう力となること」とのメッセージが伝えられ、授与式が終了しました。



日本機械学会三浦賞表彰（池田善孝さん、河合真穂さん、中山 颯さん）

series 研究最前線 (23)

## 量子ビームによる複雑物質の構造モデリング

有馬 寛(H14/2002 卒)



### 「新試験研究炉が拓く次世代の鉱物結晶学は何か？」

#### 1. はじめに

鉱物結晶学は、鉱物（自然界に存在し、一定の組成と原子配列を有するもの）を対象とし、結晶学的手法を駆使して物質の構造や特性を明らかにする学問であり、物質科学の一分野です。地球惑星科学、物性物理、固体化学、材料科学など多岐にわたる分野と深く関連し、学際的な広がりを持っています。鉱物の構造を原子スケールで理解することは、地球内部のダイナミクスや新規機能性材料の開発といった幅広い領域において重要な役割を果たしています。

私自身は、これまで量子ビーム（特に（放射光）X線および中性子）を活用し、鉱物や非晶質材料の複雑な構造を原子レベルで探求する研究に取り組んできました。その過程で、微量に含まれる元素が鉱物の性質や機能に大きな影響を与えること、また原子配列が不規則な潜晶質や非晶質の構造に新しい機能性材料創出のヒントが隠されていることを実感してきました。

現在、日本においては、福井県の「もんじゅ」サイトにて新試験研究炉（中性子ビーム炉）の設置が進められており、量子ビーム研究がさらなる飛躍の時期を迎えようとしています。この新実験施設の実現によって、中性子をはじめとする量子ビームを用いた物質研究がさらに発展し、これまで以上に複雑で多様な物質の構造解析が可能となるでしょう。そのキーワードのひとつが超高压や高温、極低温といった特殊環境を利用した研究です。これら特殊環境を活用することで、極限環境における鉱物の挙動や、極端な条件下で新たな機能性を発現する材料のメカニズムを、より深く解明することが可能になります。

ここでは私が取り組んできた研究から、複雑物質の構造モデリングというテーマにおいて量子ビームを用いた物質科学研究を紹介します。また、新試験研究炉において展開が期待される特殊環境の開発例についても紹介します。

## 2. 化学組成の複雑さ：鉱物中の微量元素

鉱物の多彩な色彩は、わずかに含まれる遷移金属元素に由来しています。これら微量元素の種類や存在様式（占有位置、酸化状態、化学結合性）は、鉱物の特性を理解するうえで非常に重要です。例えば、美しい着色を示すベリル（レッドベリルやエメラルドなど）は、遷移金属のわずかな混入によってその色が決定されます。こうした現象は、構造物性科学や機能性材料開発の視点からも注目されています。

私はこれまで、元素選択的な構造解析法（X線異常散乱法：AXS、X線吸収微細構造法：XAFS）を活用し、微量元素の局所構造を精密に調べる研究に取り組んできました[1, 2]。通常のX線回折法から得られる平均構造の情報のみでは、微量元素周囲の構造を明確にすることは困難ですが、AXSやXAFSを相補的に用いることによって、元素ごとの分布や局所構造の違いを明らかにできます。

具体的には、マンガン（Mn）および鉄（Fe）を微量に含むアンダルサイト[(Al, Mn, Fe)SiO<sub>5</sub>]を対象に、これらの遷移金属元素が結晶中のどの位置を占有しているかをAXS測定により調べました（Fig. 1）。その結果、Mnは特定の位置（八面体サイト）に選択的に集中し、Feは複数の位置に分布していることが明らかになりました。また、XAFS測定により、Mn周囲の結晶構造が異方的に歪んだ状態（ヤーン・テラー効果）にあることや、結合距離が原子の種類によって局所的に変化していることを確認しました。これらの知見は、微量元素が鉱物の構造や特性に与える影響を理解する上で重要な情報となります。

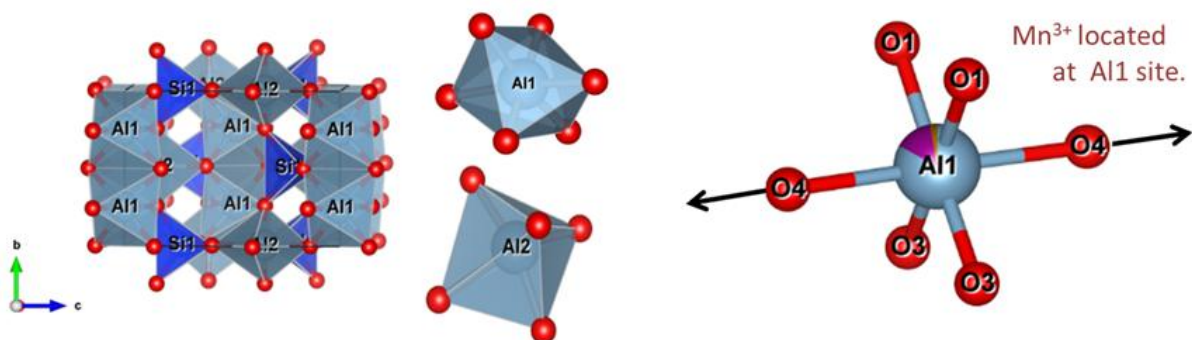


Fig. 1 Mn および Fe 含有アンダルサイト(“viridine”) の結晶構造と Al サイトを占有する Mn 周囲の配位構造。VESTA (K. Momma and F. Izumi, J. Appl. Crystallogr., 44, 1272-1276, 2011) にて描画。

### 3. 原子配列の複雑さ：潜晶質・非晶質の構造

結晶性物質では原子が周期的に並びますが、潜晶質や非晶質の物質ではその周期性が崩れ、複雑な原子配列を示します。このような物質では、原子の短距離秩序（最近接原子間距離や配位環境）と、中距離秩序（1ナノメートル程度の構造）を理解することが重要です（Fig. 2）。

私は、ゲルマニウム酸化物ガラス（ $\text{Li}_2\text{O}-\text{GeO}_2$ 系）を対象に、X線異常散乱法（AXS）と広域X線吸収微細構造法（EXAFS）を用いた構造解析を行いました[3]。その結果、 $\text{Li}_2\text{O}$ の添加に伴い、ゲルマニウム原子の配位数が増加し、 $\text{GeO}_4$ 四面体のネットワークが部分的に崩壊することで、局所的に多様な構造が共存していることが明らかになりました。この構造変化はゲルマネート異常として知られる物性値の特異な変動と深く関連していると考えられ、非晶質材料の構造と物性の関係を理解する重要な手掛かりとなります。

さらに、天然鉱物クリソコーラの構造類似体として銅珪酸塩ゲル（潜晶質）を合成し、構造解析を行いました（Fig. 3） [4]。合成した銅ケイ酸塩ゲルでは、銅原子がクリソコーラと同様の $\text{CuO}_4$ 配位構造を形成しており、結晶性を示さない一方で、中距離秩序を持つことが確認されました。この研究結果から、潜晶質鉱物においても特定の構造ユニットが安定的に存在し、中距離秩序構造が保持されることが示されました。

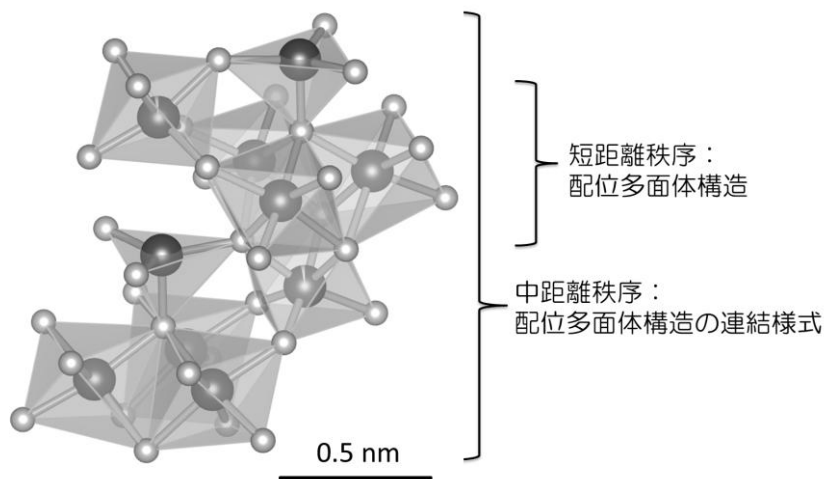


Fig. 2 酸化物非晶質構造のモデル図。VESTA (K. Momma and F. Izumi, J. Appl. Crystallogr., 44, 1272-1276, 2011) にて描画。

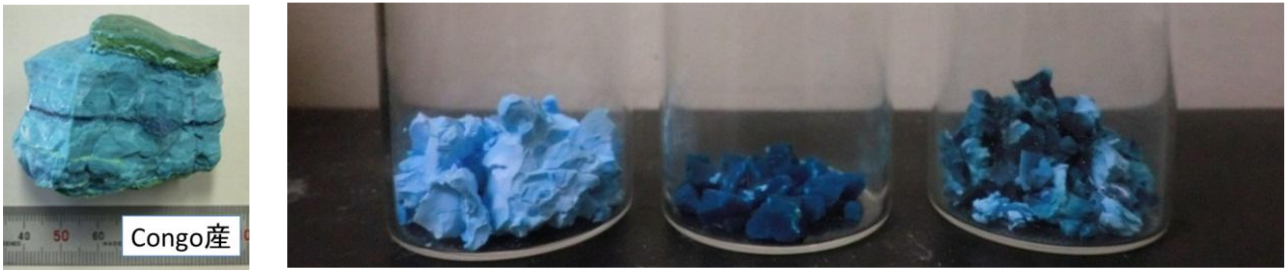


Fig. 3 クリソコーラと銅珪酸塩ゲル

このようにAXSやEXAFSなどの先端的な手法を用いて、潜晶質や非晶質物質の複雑な構造を明らかにすることにより、物質科学や鉱物学における機能性の理解や、新しい機能設計への道筋を模索しています。

#### 4. 特殊環境における量子ビーム利用

量子ビームによる構造解析の高度化には、試料を実環境（例えば地球内部条件、合成条件、動作環境）に近い特殊環境（高温・高圧・調湿など）に置くことが極めて重要です。私はこれまで、特殊環境下での中性子実験に不可欠な試料環境機器の開発を進めてきました。具体的には、中性子調湿環境[5, 6]、高温高圧中性子回折装置（J-PARC MLF BL11 PLANET）[7-9]、および高温高圧中性子小角散乱セル[10]の開発を進め、これらを用いて超臨界水条件での材料の挙動観察や高圧下での水素拡散のその場観察を実現してきました（Fig. 4）。



Fig. 4 J-PARC MLF BL11 超高圧中性子回折装置 PLANET の建設

現在は、福井県の「もんじゅ」サイトで計画されている新試験研究炉での高度な特殊環境利用に向けた第一歩として、実験室X線回折装置用の高温実験環境の整備を進めています。中性子が軽元素に対する高い感度と同位体識別能力を有するのに対し、X線では原子の電子数に応じた散乱コントラストが得られます。X線と中性子を相補的に活用することで、特殊環境下での原子スケール構造解析に独

自の強みを発揮し、広義の工学的研究への波及効果をもたらすことを目指します。

## 5. まとめ

鉱物結晶学を学ぶことの魅力のひとつは、マクロな形態や組織観察から、ミクロな化学組成、原子レベルでの構造解析まで、マルチスケールな視点で研究に取り組めることです。その中でも量子ビームの活用は、化学的・構造的に複雑な物質の解明に不可欠な手法です。

また、特殊環境技術と組み合わせることで、その応用範囲や研究の可能性は格段に広がります。私自身も、ここまで述べてきた研究成果を軸に、鉱物結晶学を中心としながら高分子科学や製剤設計学など、他の分野の方々との共同研究を進めて参りました。

次世代の鉱物結晶学は、これまでの鉱物結晶学の発展を支えてきた『見えなかったものを見えるようにする、理解する』という先人たちの意志の先にあると考えています。私自身も、この流れの中で少しでも複雑な構造や現象を明らかにするため、引き続き量子ビームを活用した研究を推進し、新試験研究炉での先端研究へとつなげていきたいと思えます。これから研究活動を志望する学生の方々が、私たちの研究の可能性に共感し、量子ビーム物質科学および鉱物結晶学に参加してくれることを願っています。今後ともご支援・ご指導のほど、よろしくお願い申し上げます。

## 参考文献

- [1] H. Arima, Y. Tani, K. Sugiyama and A. Yoshiasa, "Determination of the locations of Mn and Fe in Mn-bearing andalusite by anomalous X-ray scattering and X-ray absorption fine structure analyses", *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences* 113, 273 - 279 (2018).
- [2] H. Arima, Y. Kida, T. Mikouchi and K. Sugiyama, "The location of Mn (MnO: 2.0 wt%) in fluorapatite from Lavra da Golconda, near Governador Valadares, Minas Gerais, Brazil", *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences* 113, 119 - 125 (2018).
- [3] H. Arima, T. Kawamata and K. Sugiyama, "Local structure around Ge in lithium germanate glasses analyzed by AXS and EXAFS techniques", *Journal of*



- Mineralogical and Petrological Sciences 110, 60-64 (2015).
- [4] T. Hariu, H. Arima and K. Sugiyama, "The structure of hydrated copper-silicate gels, an analogue compound for natural chrysocolla", *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences* 108, 111-115 (2013).
- [5] H. Arima-Osonoi, N. Miyata, T. Yoshida, S. Kasai, K. Ohuchi, S. Zhang, T. Miyazaki, H. Aoki, "Gas-flow humidity control system for neutron reflectivity measurements", *Review of Scientific Instruments* 91, 104103 (2020).
- [6] H. Arima-Osonoi, S. Takata, S. Kasai, K. Ohuchi, T. Morikawa, N. Miyata, T. Miyazaki, H. Aoki, H. Iwase, K. Hiroi, M. Ogura, T. Kikuchi, H. Takashina, T. Sakayori, "Development of a D<sub>2</sub>O/H<sub>2</sub>O vapor generator for contrast-variation neutron scattering", *Journal of Applied Crystallography* 56, 1802-1812 (2023).
- [7] H. Arima, K. Komatsu, K. Ikeda, K. Hirota, H. Kagi, "Designing an elliptical supermirror guide for the high-pressure material science beamline of J-PARC", 1st J-PARC Symposium, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A600*, 71-74 (2009).
- [8] A. Sano-Furukawa, T. Hattori, H. Arima, A. Yamada S. Tabata, M. Kondo, A. Nakamura, H. Kagi, T. Yagi, "Six-axis multi-anvil press for high-pressure, high-temperature neutron diffraction experiments", *Review of Scientific Instruments* 85, 113905 (2014).
- [9] T. Hattori, A. Sano-Furukawa, H. Arima, K. Komatsu, A. Yamada, Y. Inamura, T. Nakatani, Y. Seto, T. Nagai, W. Utsumi, T. Iitaka, H. Kagi, Y. Katayama, T. Inoue, T. Otomo, K. Suzuya, T. Kamiyama, M. Arai and T. Yagi, "Design and performance of high-pressure PLANET beamline at pulsed neutron source at J-PARC", *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A780*, 55-67 (2015).
- [10] J. Abe, H. Arima-Osonoi, H. Iwase, S. Takata, K. Ohuchi, S. Kasai, T. Miyazaki, T. Morita, M. Shibayama, "A high-temperature, high-pressure small-angle neutron scattering cell for studying hydrothermal reactions in supercritical water", *Journal of Applied Crystallography* 57, 306-313 (2024).

## Profile

京都大学大学院工学研究科機械理工学専攻量子ビーム物質解析学研究室 准教授  
1979年、兵庫県尼崎市に生まれる。2002年、大阪大学理学部物理学科を卒業。2007年に同大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻博士後期課程修了後、博士号取得。東京大学理学系研究科特任研究員、日本原子力研究開発機構J-PARCセンター任期付研究員、東北大学金属材料研究所助教、(一財)総合科学研究機構中性子科学センター副主任研究員を経て、2024年10月から京都大学複合原子力科学研究所准教授。

研究室HP <https://www.me.t.kyoto-u.ac.jp/ja/research/introduction/ryoushibeam>

## 燃焼・動力工学研究室 OB 会の報告

藤川卓爾 (S42/1967卒)、塩路昌宏 (S50/1975卒)

2024年10月26日(土)に大津プリンスホテルで「燃焼・動力工学研究室 OB 会」が開催されました。この OB 会は4年毎のオリンピックイヤーに開催されていましたが、前回の東京オリンピック時はコロナ禍でスキップされたため8年ぶりとなりました。また、今回は長尾研で1964年卒以前の方々にも声掛けをしましたので、1956年から2014年学部卒の半世紀を超える幅広い年代の同窓生が出席し、総勢65名の賑やかな会となりました。

まず、OB 会に先立ち、2020年10月に逝去された池上 詢名誉教授 (S33/1958卒) のほか、2022年以降に旅立たれた三輪 恵さん (1965~1983 助手、徳島大学名誉教授)、高田修月さん (S49/1974 卒)、濱地康之さん (S50/1975 卒) を偲び、最初に全員で黙祷しました。続いて「池上先生を語る会」が開催され、塩路昌宏名誉教授 (前出) から池上先生の業績が紹介され、次に井上 恵太さん (S36/1961 卒) より、「池上先生を偲んで」と題してお話をいただきました。その後、岡本雅昭さん (S47/1972 卒) より、退官翌年から実施された「池上先生を囲む会」の思い出が紹介され、最後に奥様の信子さんよりご挨拶がありました。



井上 恵太さんのお話



池上信子さんのご挨拶

次に「OB会」に移りました。最初に出席者中最年長の永井 将さん（S31/1956卒）のご発声で乾杯をしました。



永井 将さんの乾杯

続いて池上研究室卒業一期生の川合悦藏さん（S45/1970 卒）から思い出話が披露されました。池上研は一時学生数が1人という危機があり、それを乗り越えたからこそ今日の同窓会があるとの話は感動的でした。歓談が弾む間に予定の時間が迫り、藤川卓爾（前出）の長尾研時代の思い出話の後、出席者中最年少の福原成浩さん（H26/2014 卒）の締め挨拶で開きとなりました。

