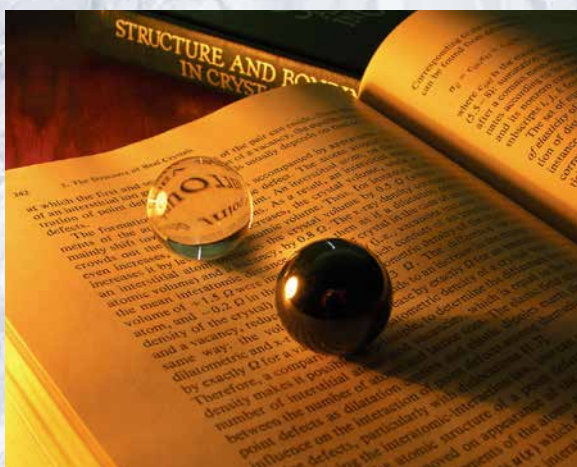

University of Yamanashi

*Center
for
Crystal Science and Technology*



山梨大学大学院総合研究部附属
クリスタル科学研究センター

Introduction

センターのあゆみ

本研究センターの前身である無機合成研究施設は、1962年(昭和37年)に天然の鉱物、宝石を人工合成する研究施設として人工鉱物研究部門のみの1部門からなる工学部附属の研究施設として文部省令により創設された。人工水晶の育成に関する研究等は特筆に値し、科学技術庁長官賞をはじめとする各種の賞を受賞している。その後、1964年(昭和39年)に合成研究部門が、1973年(昭和48年)には表面物性研究部門が増設され、新しい無機化合物の探索と合成、単結晶育成および単結晶材料の表面解析を行う部門構成が確立された。この間、本研究施設は、わが国の貴石研磨、加工および水晶振動子の生産中心地である山梨県に設けられたユニークな研究施設として、地元業界との密接な交流を基にその発展に貢献し、また同時に人工鉱物として位置づけられていた無機材料のその後のめざましい進歩に対応した世界に目を向けた研究を行い無機材料科学の発展に貢献してきた。これらの研究の過程で、大型で高純度の酸化物超伝導体単結晶の育成が世界の他の研究機関に先駆けて初めて本研究施設で行われ、1992年(平成4年)には超伝導材料合成研究部門が新設されるに至った。

近年の、社会や学問の激しい変化に応じ、21世紀を支える結晶材料の新領域をダイナミックに展開するためには、これまでの材料の種類に応じて対象とする研究を行う小部門制では限界が見えてきた。今までの蓄積してきた知識、技術を生かしつつ、先に述べた時代の要請に応え材料研究の閉塞状態を打破することを目指して、2002年(平成14年)4月、文部科学省令によりクリスタル科学研究センターに改組し、「結晶ボンディングエンジニアリング研究部門」および「結晶構造エンジニアリング研究部門」の2部門制を採用し現在に至っている。

- 1962 文部省令により人工鉱物研究部門、1部門のみの組織として無機合成研究施設が設置
- 1964 合成研究部門の増設
- 1973 表面物性研究部門の増設
- 1992 超伝導材料合成研究部門の増設
- 2002 文部科学省令によりクリスタル科学研究センターに改組

トピックス



人工水晶の育成
Crystal Growth of Quartz



人工エメラルド
アレキサンドライト
の育成
Crystal Growth of Emerald
and Alexandrite



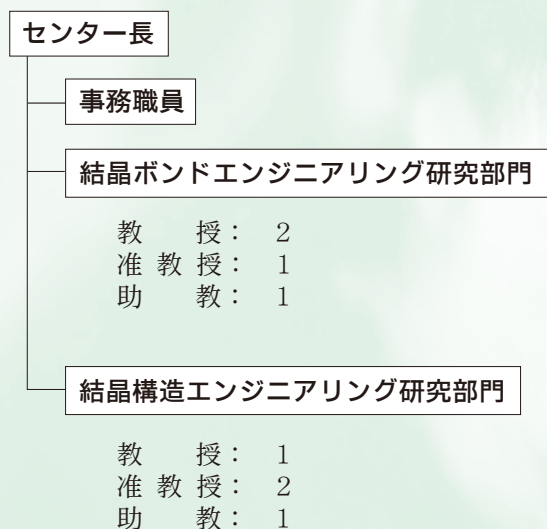
酸化物超伝導体単結晶
の育成
Crystal Growth of Oxide
Superconductors

Chronicle

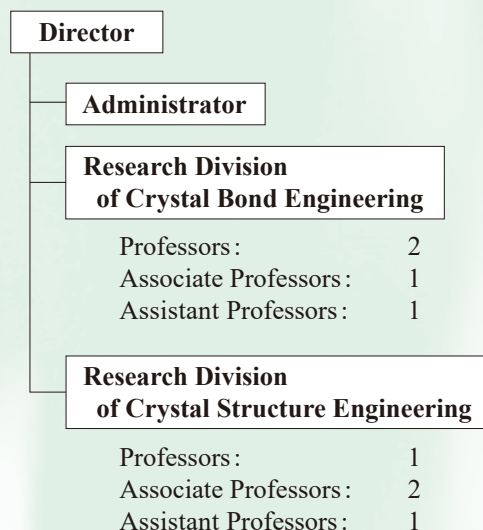
- 1962 Institute of Inorganic Synthesis (IIS) was established.
Division of Mineral Synthesis was launched.
- 1964 Division of Inorganic Synthesis was launched.
- 1973 Division of Surface Science was launched.
- 1992 Division of Synthesis of Superconducting Materials was launched.
- 2002 Center for Crystal Science and Technology (CCST) was established by reorganizing IIS.



組 織



Organization



結晶ボンドエンジニアリング 研究部門

結晶内の各原子の局所的な配列制御による新機能の発現を目指すもので、結晶を構成する原子配列制御技術開発および新機能探索に重点を置く。化合物結晶や混晶等の多元の元素からなる物質では、組成、結晶構造などの材料を特徴づけるマクロなパラメータのみならず、各原子の局所的な配列も大きく機能を決定することが分かってきている。このため、各原子の局所的な配列を制御することにより、新機能を有する材料開発が可能となる。結晶ボンドエンジニアリング研究部門では局所配列に関する基礎研究のみならず、応用研究においてもインパクトのある研究を推進する。

Research Division of Crystal Bond Engineering

Objectives of this division are to establish novel growth technique and to investigate newly emerging functions of various kinds of crystalline materials, focusing on microscopic control of their atomic-scale structures. Properties of compound and mixed crystals have shown to be sensitive not only to structure and composition, etc., but also to the local environment of atoms that compose them.

Research interests of us therefore are to analyze and control local bonding states in crystals. Investigations of such microscopic aspects of crystalline materials are executed utilizing analysis / synthesis techniques developed in-house. Application-oriented researches are also characteristic of our division.

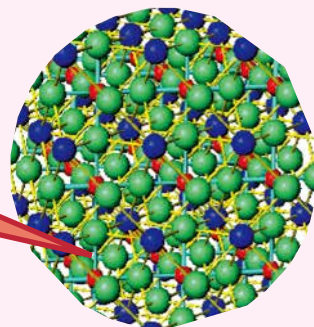
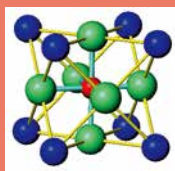
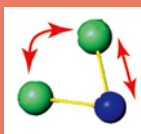
結晶内の各元素の局所的な結合(ボンド)状態や配列の制御による新機能発現

- ドーピング制御
- 原子ミキシング制御
- クラスタ制御
- 非平衡成長

Investigation of Novel Functions
by Controlling Local Bonding States

- Control of doping
- Control of atomic mixing
- Control of clustering
- Growth techniques under non-equilibrium conditions

ボンド長・角制御
Control of Bond Length and Angle



IV族半導体超構造による 新機能デバイスに関する研究

有元 圭介 教授
arimoto@yamanashi.ac.jp

Si, Ge等のIV族半導体を用いた原子層オーダーで制御されたヘテロ構造(超構造)は格子不整合による歪みが存在するため, 超高移動度などの新物性の発現が期待される。われわれは, IV族半導体ヘテロ構造の形成技術および新機能創成に関する研究を行っている。

現在の主な研究テーマ

1. IV族半導体超構造形成に関する研究

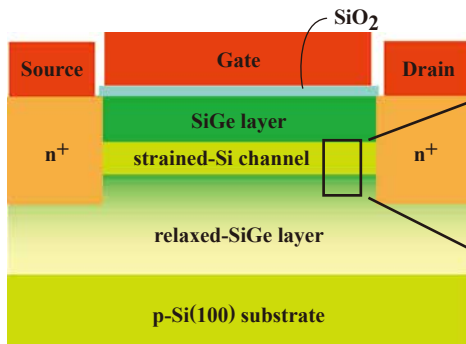
超格子構造やヘテロ構造の界面制御を原子層オーダーで可能とする技術開発を行う。

2. 半導体中の歪み制御に関する研究

半導体ヘテロ構造では, 結晶の格子定数差に由来する歪みが存在し, 大きく物性が変化する。歪み制御技術確立し, 新物性発現を目指す。

3. 混晶半導体物性に関する研究

電子デバイス用材料として重要な Si・Ge・C等から成る混晶半導体の物性を解明する。



歪みSiチャネルFETの模式図
Schematic illustration of strained-Si FET

Study of New Functional Devices with IV Semiconductor Super- structures

Keisuke Arimoto Professor

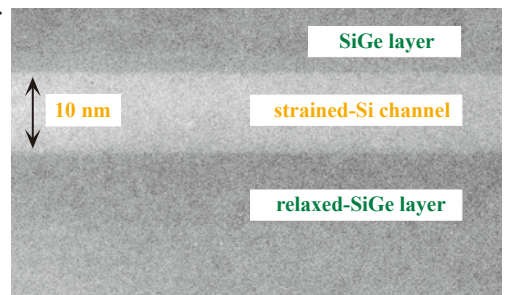
Strained-Si (or strained-Ge) channel FETs fabricated on relaxed-SiGe have great advantages over conventional Si-FETs. The controlled strain in a Si (or Ge) channel increases the band discontinuity between Si (or Ge) and SiGe, and also increases carrier mobilities in the strained channel. To realize such ultrahigh mobility devices, the growth method of high quality strained heterostructures should be developed.

Research subjects

1. Development of growth methods of heterostructures with atomically flat and smooth interfaces.

2. Accurate strain control of Si (or Ge) layers grown on SiGe to realize ultra high carrier mobilities.

3. Fabrication of FETs on SiGe substrates and investigation of alloy scattering and mass lowering.



歪みSiチャネルの断面透過電子顕微鏡像
Cross sectional TEM image of strained-Si channel

機能性酸化物単結晶の育成技術の開発と新機能創成

綿 打 敏 司 教 授
watauchi@yamanashi.ac.jp

長 尾 雅 則 准教授
mnagao@yamanashi.ac.jp

丸 山 祐 樹 助 教
myuuki@yamanashi.ac.jp

高温超伝導体や光学材料など機能性酸化物は、単結晶化することによりその結晶構造や形状に起因して新機能を創成することができます。本研究室では、種々の酸化物材料について結晶形状・組成・品質などを制御する新しい単結晶育成技術の開発や特殊環境下での結晶成長を行っています。

現在の主な研究テーマ

1. 赤外線集中加熱を用いた単結晶育成技術の開発

赤外線集中加熱法の工夫等によって従来の単結晶育成技術では量産が困難な単結晶材料の量産化を目指した結晶育成技術を開発しています。

2. 酸化物単結晶の新機能創製

新奇な高導電体や電極材料の単結晶を育成し精密な物性測定を行うことで、新機能性や機能性向上を図っています。

3. 機能性化合物の単結晶育成

フラックスと呼ばれる溶媒を用いた手法により機能性化合物の単結晶育成法を開発しています。これによって得られた単結晶を用いて、その化合物が持つ本来の物性を開拓し、材料研究を推進していきます。

Development of New Growth Technique for Novel Functional Oxides Single Crystals

Satoshi Watauchi Professor
Masanori Nagao Associate Professor
Yuki Maruyama Assistant Professor

Research Subjects

1. Development of Technique for Crystal Growth Using Infrared Convergent Heating System
2. Creation of Novel Functions in Oxide Single Crystals
3. Single Crystals Growth of Functional Materials



傾斜鏡型赤外線集中加熱炉
Tilting Mirror Type Infrared Convergent Image Furnace



光学結晶
Optical crystal
Rutile (TiO_2)
 $\text{Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{33}$ (C12A7)
 LiCoO_2 (LCO)
リチウムイオン電池用材料
Crystal for lithium ion batteries
 $\text{Li}_x\text{La}_{(1-x)/3}\text{NbO}_3$ (LLN)



育成結晶の一例 As-grown crystals

TeO_2 系フラックスを用いて育成した酸化物高温超伝導体針状単結晶
Single-crystal whisker of High- T_c superconductor grown by TeO_2 -based flux

結晶構造エンジニアリング 研究部門

原子間の局所的なボンド（化学結合）より一桁大きなスケールである原子配列（結晶構造）から巨視的なスケール（集合組織）までの広い意味でのマクロスケールにおける結晶構造・組成および反応の制御による新機能材料の創製を目指す。このように、分子・原子レベルから結晶構造および組成を制御することにより新しい機能の創製が可能であり、結晶構造エンジニアリング研究部門では革新的材料の開発研究を精力的に行う。

Research Division of Crystal Structure Engineering

Objectives of this division are to analyze structure of crystalline materials and to develop methods for structure control. Our research interest ranges from atomic-scale structures to macroscopic aspects of crystals as chemical composition, structural dimensionality and so on. Methods to control crystal structure, composition, and reaction-path are being developed. Such wide range knowledge on atomic- and molecular-scale mechanism in crystalline substances allows innovative works in developing materials with variety of functionality. Research Division of Crystal Structure Engineering is established for this purpose, and have contributed to relevant industries.

結晶の組成、結晶構造などの
材料パラメーター制御に
よる新材料開発

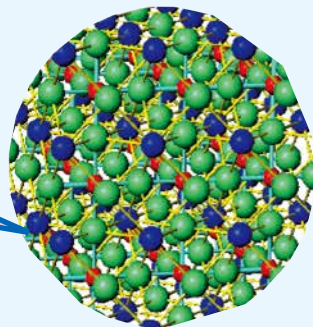
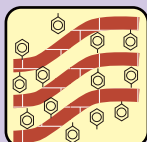
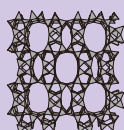
- 反応経路制御
- 組成制御
- 構造次元制御
- 平衡制御

Development of New Functional
Materials by Controlling Chemical
Compositions and Crystal Structures

- Control of reaction-path
- Control of chemical composition
- Control of structural dimensionality
- Control of stability

集合組織・構造デザイン制御

Control of texture
and crystal structure



ソフト化学的手法を用いた 結晶構造制御に関する研究

武井 貴弘 教授
takei@yamanashi.ac.jp

齋藤 典生 助教
n-saito@yamanashi.ac.jp

従来の混合・焼成といったプロセスに加え、ソフト化学的手法や水熱合成法等を用いて結晶構造を制御し、新規無機化合物の創製と超伝導特性、誘電・圧電特性、光触媒特性、特異吸着選択性などの機能性の発現に関する研究を行っている。

現在の主な研究テーマ

1. 層状化合物のソフト化学特性に関する研究

層状リン酸塩、粘土化合物や窒化物について、イオン交換、インターカレーション等のトポタクティックな反応を利用して、その構造や特性を制御した新しい無機化合物を合成する。

2. 水熱条件下での新規無機化合物の合成に関する研究

比較的低温での水熱反応を用いて、出発物質の持つ構造や特異な原子価を残して新しい化合物を合成し、また無機および有機成分を構成要素とする化合物を合成する。

3. 無機-有機複合多孔体に関する研究

特殊形状の細孔を持つメソポーラスシリカや層状架橋化合物等の無機質多孔体を合成し、これに機能性有機分子や遷移金属酸化物などを複合化することで、吸着特性や電気化学的特性等の向上を目指す。

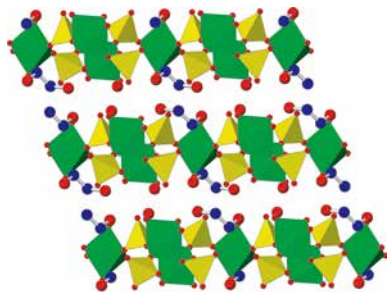
Study of Control of Crystal Structure using Soft Chemical Process

Takahiro Takei Professor
Norio Saito Assistant Professor

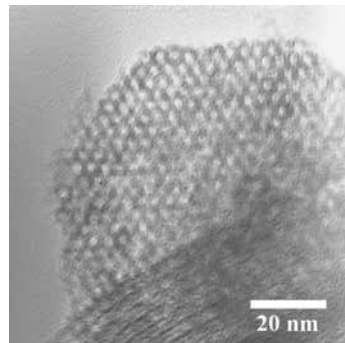
Our research interests are focused on the formation of novel inorganic compounds by control of crystal structure using soft chemical and hydrothermal process and on the evaluation of their unique properties, such as superconductivity, dielectricity, photocatalyst, unique adsorbent etc.

Research subjects

1. Soft chemistry of inorganic layered compounds
2. Hydrothermal synthesis of novel inorganic compounds
3. Inorganic-organic hybrid porous materials



水熱条件下で合成した新規層状リン酸ジルコニウム
Nobel layered zirconium phosphate synthesized by
hydrothermal treatment



ヘキサゴナル型メソポーラスシリカの透過電子顕微鏡像
TEM image of hexagonal-type mesoporous silica

光機能性無機化合物の探査と結晶構造解析

米崎 功記 准教授
yonesaki@yamanashi.ac.jp

蛍光体等に代表される光機能性材料の特性は結晶構造やその対称性を強く反映する。本研究室では既報の光機能性材料の光学特性に関連する構造的特徴を精査し、同機能を有する新規無機化合物のデザインや合成に関する研究を行っている。

現在の主な研究テーマ

1. 遷移金属イオン賦活無機蛍光体の探査

蛍光体の多くは発光性の遷移金属イオンを透明な材料に添加することで合成されている。様々な無機化合物に同イオン添加による蛍光特製の付与を試み光学特性評価を行う。

2. 無機蛍光体の結晶構造解析

遷移金属イオンの添加により付与された蛍光特性はホスト相の結晶構造に依存する。種々の分光法を用いた構造解析を通じて、新規材料の蛍光特性を評価する。

3. 光機能性結晶化ガラスの作製と評価

結晶のもつ高機能性と非晶質材料の成形性、加工性を併せもつ材料のひとつに結晶化ガラスが挙げられる。光機能性を有する結晶を内包する様々な結晶化ガラスを作製し、新たな光デバイスの開発を行っている。

Development and Structural Analysis of New Optical Materials

Yoshinori Yonezaki Associate Professor

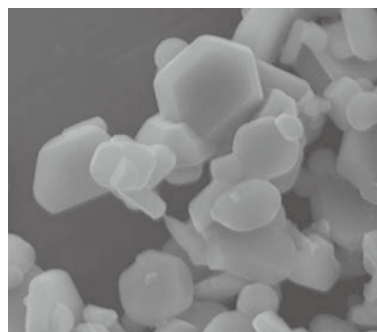
Crystal structure and its local symmetry determine macroscopic optical properties of inorganic compounds. Based on the structural features of previously reported optical materials, new inorganic materials are developed.

Research Subjects

1. Exploration of transition-metal doped phosphors.
2. Structure analysis of inorganic phosphors.
3. Development of glass ceramics with optical functions.



紫外励起用アルカリ土類珪酸塩の青色発光の様子
Blue emission from an UV-excited alkaline earth silicate



同化合物の電子顕微鏡像
SEM image of the alkaline earth silicate phosphor

電子顕微鏡材料科学

山中 淳二 准教授
jyamanak@yamanashi.ac.jp

電子顕微鏡法を主な手段として、合金・半導体・炭素材料などの微細組織変化を研究している。汎用透過電子顕微鏡を用いた新しい材料評価手法の開発も進めている。

現在の主な研究テーマ

1. 汎用透過電子顕微鏡を用いた面間隔の精密測定

ハイエンドではない一般的な透過電子顕微鏡を用いつつ、材料開発につながる新評価手法の開発に取り組んでいる。ナノビーム電子回折の新しい利用、入射電子走査線と結晶面のモアレを活用した分析手法を研究している。特に局所領域の面間隔精密測定への応用をすすめている。

2. 合金・半導体・炭素材料の微細組織評価

電子顕微鏡法を主な手段として、各種材料の微細組織評価をすすめている。右図は、表面20nm程度は黒鉛類似の積層を示し、内部は周期約6 nmのかご型構造を示す炭素材料（東京工業大学との共同研究）。

Materials Science using Electron Microscopy

Center for Instrumental Analysis
Junji Yamanaka Associate Professor

Research Subjects

1. Evaluation of Lattice Spacing using Conventional TEM
2. Microstructure Analysis of Alloys, Semiconductors and Carbon Materials



表面黒鉛化したフラン樹脂炭素（3000℃処理）の断面
高分解能透過電子顕微鏡像
Cross sectional HREM image of surface graphitized
furan-resin-derived carbon.

代表的な論文のリスト

結晶ボンドエンジニアリング研究部門 (Research Division of Crystal Bond Engineering)

“Hole mobility enhancement observed in (110)-oriented strained Si”,
Jpn. J. Appl. Phys. 59, SGGK06 (2020)
K.Arimoto, N.Utsuyama, S.Mitsui, K.Sato,
T.Yamada, J.Yamanaka, K.O.Hara, K.Sawano,
K.Nakagawa

“Interface reaction of the SnS/BaSi₂ heterojunction fabricated for solar cell applications”
Thin Solid Films vol.706, p.138064 (2020)
K.O.Hara, K.Arimoto, J.Yamanaka, K.Nakagawa

“Reactive deposition growth of highly (001)-oriented BaSi₂ films by close-spaced evaporation”
Mater. Sci. Semicond. Process vol.113, p.105044 (2020)
K.O.Hara, S.Takizawa, J.Yamanaka, N.Usami,
K.Arimoto

“Effects of the Mirror Tilt Angle on the Growth of LiCoO₂ Single Crystals by the Traveling Solvent Floating Zone (TSFZ) Technique Using a Tilting-Mirror-type Image Furnace”
Crystal Growth & Design vol.20, pp.3413-3416 (2020)
R.Parvin, Y.Maruyama, M.Nagao, S.Watauchi,
I.Tanaka

“Investigation of Superconductivity in Ce-Doped (La,Pr) OBiS₂ Single Crystals”
Materials vol.15, 2977 (2022)
M.Nagao, Y.Hanada, A.Miura, Y.Maruyama,
S.Watauchi, Y.Takano, I.Tanaka

“Solubility of iridium into β -Ga₂O₃ single crystals grown by floating zone method”
Journal of Crystal Growth vol.584, 126581 (2022)
Y.Fujita, M.Nagao, Y.Maruyama, S.Watauchi,
K.Miki, I.Tanaka

“Investigating the combined effects of mirror tilting and position on rutile crystal growth using the infrared convergent-heating floating zone method”
Journal of Crystal Growth, Vol.571, 126257 (2021)
N.Noda, S.Watauchi, Y.Maruyama, M.Nagao,
K.Kakimoto, I.Tanaka

“Effect of Li concentration on the ionic conductivity of Li_xLa_{(1-x)/3}Nb_{0.80}Ta_{0.20}O₃ solid solutions”
Journal of the Ceramic Society of Japan vol.129 pp. 535-539 (2021)
Y.Maruyama, M.Nagao, S.Watauchi I.Tanaka

List of representative publications

結晶構造エンジニアリング研究部門 (Research Division of Crystal Structure Engineering)

Hydrothermal Synthesis of Hydrated Layered Polysilicate Magadiite from Industrial Quartz Glass Wastes Norio Saito, Nobuhiro Kumada, Takahiro Takei and Hideharu Horikoshi Journal of the Ceramic Society of Japan, vol.131, 488-490 (2023)

Phase transformation between CsPbBr₃ and Cs₄PbBr₆ nanocrystals by a cationic oligomeric ligand and water, and their water resistance Norio Saito, Akihiro Urayama, Takahiro Takei, Nobuhiro Kumada Materials Advances, vol.5, 1487-1491 (2024)

Study on Preparation and Characterization of Orthorhombic Euxenite-Type Solid Solutions between TbNbTiO₆ and DyNbTiO₆ Anjuman Ara Khatun, Takahiro Takei, Muhammad Diki Permana, Norio Saito, Nobuhiro Kumada Journal of the Ceramic Society of Japan, vol.132, 178-183 (2024)

Preparation of Mg, Ca, or Sr-included mesoporous silica from glass bottle waste for recover of rare earth elements Takahiro Takei, Kousuke Takimoto, Tomohiro Takabayashi, Norio Saito and Nobuhiro Kumada New Journal of Chemistry, vol.48, 6088-6094 (2024)

Effect of wavelength in light irradiation for Fe²⁺/Fe³⁺ redox cycle of Fe₃O₄/g-C₃N₄ in photocatalysis and photo-Fenton systems Muhamad Diki Permana, Takahiro Takei, Anjuman Ara Khatun, Diana Rakhmawaty Eddy, Norio Saito, Nobuhiro Kumada Journal of Photochemistry & Photobiology, A: Chemistry, vol.457, 115876 (2024)

Synthesis, ion-exchange and antibacterial properties of ETS-4, prepared using Na-kenyaite as a precursor Kuda Durayalage Sulasa Devi Ariyapala, Muhamad Diki Permana, Nobuhiro Kumada, Takahiro Takei, Norio Saito, Hideharu Horikoshi Materials Science and Engineering B, vol.310, 117712 (2024)

“CuK α -radiation induced emission-color change in Eu-doped KNaSO₄” Sens. Actuators A: Phys. vol.338, 113494 (2022)
Y. Yonezaki

“X-ray induced electron defects in photochromic Ba₃MgSi₂O₈: Eu³⁺ and isostructural K₃Na(SO₄)₂” J. Alloys Compd. vol.876, 160111 (2021)
Y. Yonezaki, R. Yanai

“Discrimination between Coherent and Incoherent Interfaces using STEM Moiré” Microscopy and Microanalysis vol.27, pp.2326-2327 (2021)
J.Yamanaka, D.Izumi, C.Yamamoto, M.Shirakura, K.Hara and K.Arimoto

研究活動とともに、大学に設置された研究施設として人材育成を行うことも本研究センターの重要な役割である。大学の研究センターとしての特徴を生かす意味で、研究を通した教育活動を行うことを教育理念としている。結晶材料の合成、結晶育成および評価と総合的な結晶材料研究を遂行してきた本研究センターは、研究成果の観点からも組織規模の観点からも世界における結晶材料研究の拠点の一つと言え、諸外国から研究者、博士課程学生を受け入れている。このような環境の中で、本研究センターに工学部から配属される学生には、セラミックス・半導体産業で活躍できる広範な専門知識と技術を習得させ、社会に送り出すことを目標とした教育活動を行っている。

Being a branch of Graduate Faculty of Interdisciplinary Research at University of Yamanashi, Center for Crystal Science and Technology (CCST) also offers academic curriculum for students. CCST provides the opportunity to students to pursue their education while standing at the front of research activities here. Having executed many comprehensive researches on synthesis and growth of crystalline materials, and on characterization, CCST is a distinctive organization amongst research institutes of crystalline materials in the world. We have also accepted doctoral students and researchers from foreign countries. With these resources, students from faculty of engineering at University of Yamanashi can facilitate to further their education, and acquire abundance of knowledge and skills for ceramics and semiconductor industries.

大学院医工農学総合教育部

	修士課程 (工学専攻)	博士課程 (工学専攻)
有元 圭介 武井 貴弘 ^{※1, ※2} 綿打 敏司 ^{※1} 長尾 雅則 山中 淳二 米崎 功記 ^{※1} 齋藤 典生 ^{※1} 丸山 祐樹	先端材料 理工学 コース	エネルギー 物質科学 コース

※1：応用化学コース（修士課程）兼任
※2：グリーンエネルギー変換工学
特別教育プログラム（修士課程）兼任

Teaching in Integrated
Graduate School of Medicine,
Engineering and Agricultural
Science

	Master's course	Doctoral course
K. Arimoto T. Takei ^{※1, ※2} S.Watauchi ^{※1} M. Nagao J. Yamanaka Y. Yonezaki ^{※1} N. Saito ^{※1}	Advanced Material Science Course	Energy Materials Science Course

Also responsible for the following master's programs:

※1: Applied Chemistry Course
※2: Special Program for Green Energy
Conversion Science and Technology

対外活動

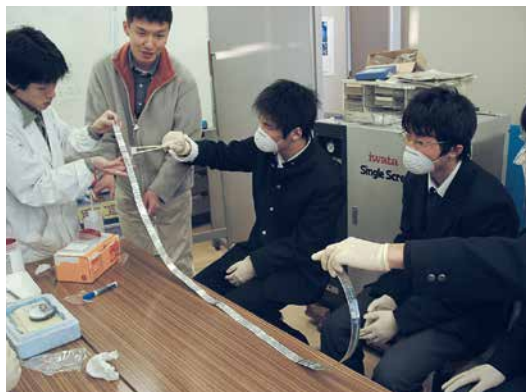
クリスタル科学研究センターでは、実験や研究に興味がある方々を対象に、研究成果の発表や紹介、施設の開放、公開講座などを行い、情報を発信しています。ここでは例年当センターで行われている催事を紹介します。

一般市民向け体験講座



宝飾産業は山梨の歴史を語る上で重要なキーワードです。宝石は、その多くが原子が規則正しく並んだ結晶から成ります。この体験講座では、一般の方々を対象に、宝石の美しさを科学的に理解していただけるよう、結晶に関する講義とルビー造りの実習を行います。

高校生向け科学教室



山梨大学工学部と当研究センターを含む各附属施設が主催となって行われる高校生を対象とした授業です。講義と実験を通して大学で行われている研究にふれることができます。

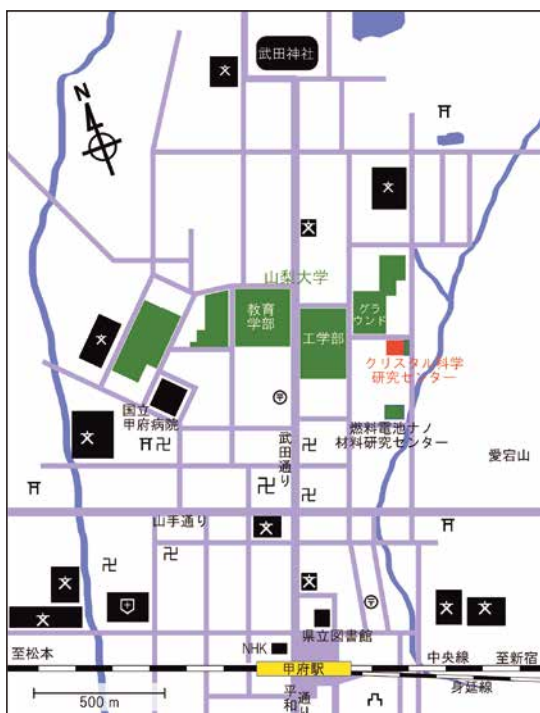
センター公開



山梨大学大学祭（梨甲祭）の時期にあわせて、一般の方々を対象にセンター施設が公開されます。当センターの研究成果がポスター発表の形式で紹介されており、研究で使用されている分析装置に実際に触れることもできます。



UNIVERSITY OF YAMANASHI
Regional Core & Global Professionals



所在地：〒400-0021



山梨大学大学院総合研究部附属
クリスタル科学研究センター
山梨県甲府市宮前町7-32

電話：055-220-8611

FAX：055-220-8270

URL：<https://www.inorg.yamanashi.ac.jp>

Address : Center for Crystal Science
and Technology
University of Yamanashi
7-32 Miyamae-cho, Kofu
Yamanashi 400-0021, Japan

Phone : +81-55-220-8611

Fax : +81-55-220-8270

(2024.10)

山梨大学大学院入試に関する情報はこちら
<https://www.yamanashi.ac.jp/admission>