

CODEN:KDCHEW
ISSN 0916-0892

九州大学 中央分析センター報告

第43号 (2025)

REPORT OF
THE CENTER OF ADVANCED INSTRUMENTAL ANALYSIS
KYUSHU UNIVERSITY
2025

NUMBER 43



目 次

－ 研 究 紹 介 －

1. 多孔性金属錯体の複合化による機能創出
萩原直希
九州大学中央分析センター
..... 1

－ 研 究 報 告 －

1. 乾燥無垢スギ材の特有抽出成分分析試験方法 JAS 策定に向けた取組
伊佐亜希子、清水邦義
九州大学大学院農学研究院
..... 10
2. ミャンマー北部の露天掘り金鉱山における酸性坑廃水の現状把握および
その抑制に向けた廃石の埋め戻し設計の提案
濱中晃弘、笹岡孝司、島田英樹
九州大学大学院 工学研究院地球資源システム工学部門
..... 17
3. 凝集沈殿法を用いた廃液からの核燃料物質の除去試験
本多史憲¹、ルーシー・シフネロバー²、松石武¹、檜山敏明³
¹九州大学アイソトープ統合安全管理センター
²チェコ工科大学核化学 / 物理工学部
³九州大学アイソトープ統合安全管理センターアドバイザー
..... 25

機器利用研究題目 30

装置を利用した研究成果 48

関係委員 53

中央分析センター業務記録 55

多孔性金属錯体の複合化による機能創出

萩原直希

九州大学中央分析センター

Functional Design of Metal–Organic Framework Hybrids

Naoki Ogiwara

Center of Advanced Instrumental Analysis, Kyushu University

Abstract

Metal–organic frameworks (MOFs) provide highly tunable porous environments, yet their intrinsic functions remain limited. To extend their capabilities, the authors developed hybrid materials combining MOFs with metal nanocrystals (MNCs) or polyoxometalate (POM) clusters. MNC/MOF composites clarified how confined water affects and enhances water–gas shift catalysis, with pore design and ligand substitution enabling precise control over water activation. POM/MOF composites exhibited greatly improved adsorption of cationic dyes and Cs^+ ions through electrostatic interactions, redox tuning, and pore-environment optimization. These findings demonstrate that integrating functional inorganic species with MOFs is a powerful strategy for advancing catalysis and ion-sorption performance.

1. はじめに

多孔性金属錯体（Metal–Organic Framework ; MOF）は、金属イオンと有機配位子から構築される多孔性材料であり、その高度な細孔構造の設計性により、分子やイオンの吸着・伝導・変換といった機能的応用に加え、分子運動や力学特性などの基礎物性の発現の場としても広く注目されている（Figure 1）¹⁾。近年では、外部環境に応答する柔軟な構造や動的挙動を活かした応用も進みつつある。従来、こうした機能や物性の制御は、MOF 単体の分子設計や結晶工学を通じて進められてきたが、設計性および機能面での限界も指摘されつつある。そのなかで、著者らは従来の MOF 設計では実現が難しかった機能拡張を目指して、金属ナノ結晶や金属酸化物クラスターなどの他の物質系との複合化を活用した新たなアプローチを推進した。本稿では著者らが報告した「MOF と金属ナノ結晶との複合化による水の反応性の理解と制御」および「MOF と酸化物クラスターとの複合化によるイオン吸着の高機能化」について紹介する。

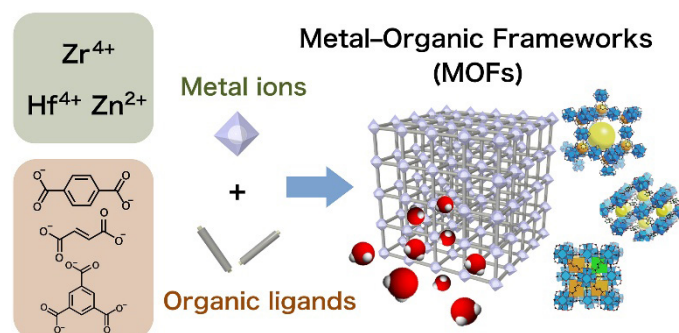


Figure 1. Self-assembly of metal–organic framework (MOFs) from metal ions and organic ligands.

2. MOF と金属ナノ結晶との複合化による水の反応性の理解と制御

MOF は高い水吸着性を有することが知られ、水の精製やヒートポンプなど、水を基盤とする応用展開が近年盛んになされている^{2,3)}。MOF の利点としては、金属イオンと有機配位子の選択・配置の多様性による細孔環境の高い設計性が挙げられ、ゼオライト、活性炭等の他の多孔性材料に比べて高い材料設計の自由度を有する。この設計性を生かして、MOF の細孔環境を系統的に変化させれば、水分子の吸着挙動、さらには MOF 細孔内部に吸着された水分子の性質を精密に制御することができる。それゆえ、MOF 中の水分子の基礎物性研究は盛んに行われており、MOF に吸着された水分子は、バルク状態では実現できない特異な水クラスターの形成⁴⁾や、特有の水分子の運動性を可能にし、それに付随した高いプロトン伝導性の発現⁵⁾も知られている。このように MOF に吸着された水の基礎的な物理的・化学的性質の理解は進んできているが、MOF 中の水分子が化学反応性に与える影響については、研究対象となる物質が確立されておらず、これまで明らかにされていなかった。そこで著者らは、高い触媒反応性を有する金属ナノ結晶に着目し、金属ナノ結晶と MOF を複合化させた研究対象となる新たな系を開拓することにより、MOF 中の水分子の反応性に関する知見の獲得を目指すとともに、その反応性の制御を試みた。

2.1. MOF における水の反応性の理解

MOF 中の水分子の反応性を調べるために、水の活性化 (OH^* への解離吸着) が律速段階である水性ガスシフト反応 ($\text{H}_2\text{O} + \text{CO} \rightarrow \text{H}_2 + \text{CO}_2$) に着目した⁶⁾。この反応の代表的な触媒のひとつは白金 (Pt) であるため、複合化させる金属ナノ結晶としては Pt ナノ結晶を用いた。また、反応原料となる水分子を供給する MOF としては、高い水吸着性・安定性を有する UiO-66 [$\text{Zr}_6\text{O}_4(\text{OH})_4(\text{BDC})_6$ (BDC = 1,4-benzenedicarboxylate)] を選択した⁷⁾。UiO-66 は Zr_6 クラスタ ($[\text{Zr}_6\text{O}_4(\text{OH})_4(\text{CO})_{12}]$) が BDC 配位子で連結された結晶構造を有する (Figure 2)。今回、各種複合化条件を検討し、Pt ナノ結晶の配置が異なる 2 種類の複合触媒 Pt on UiO-66 (Pt ナノ結晶が UiO-66 粒子表面上に担持)、Pt@UiO-66 (Pt ナノ結晶が UiO-66 で被覆) を合成した。具体的に Pt on UiO-66 は、予め合成した UiO-66 および Pt ナノ結晶を N,N-ジメチルホルムアミド (DMF) 中で分散させ、遠心分離を行うことにより合成した。Pt@UiO-66 の合成は、Pt ナノ結晶を DMF に分散させた溶液に、UiO-66 の原料となる ZrCl_4 および BDC 配位子を加え、 110°C で 24 時間反応させることにより行った。複合触媒のナノ構造の同定は TEM 像観察により行った。また、粉末 X 線構造解析、水蒸気吸着測定により、複合化後も UiO-66 の結晶構造および細孔環境は保持されていることを確認した。

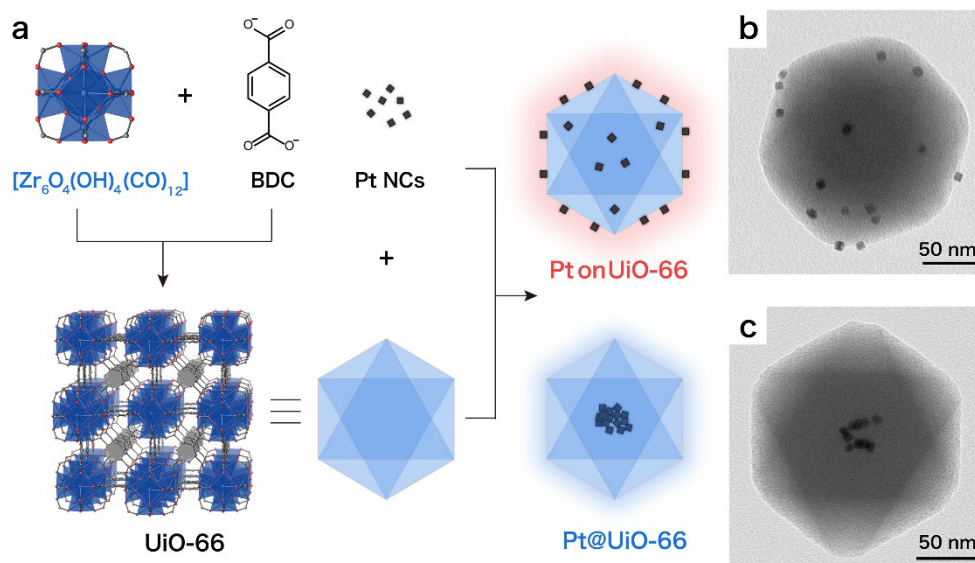


Figure 2. (a) Schematic images of Pt on UiO-66 and Pt@UiO-66. TEM images of (b) Pt on UiO-66 and (c) Pt@UiO-66.

固定床流通式反応装置を用い、混合ガス ($\text{H}_2\text{O}/\text{CO}/\text{Ar} = 11.4/10/50$ sccm) を流通しながら、得られた2種類の複合触媒の水性ガスシフト反応活性を評価した (Figure 3)。Pt on UiO-66 は、Pt ナノ結晶を ZrO_2 に担持した Pt on ZrO_2 よりも僅かではあるが高い CO 転化率を示した。UiO-66 のみでは触媒活性を示さないことから、UiO-66 細孔内に吸着された水分子が、Pt 表面上に吸着された CO 分子と効果的に反応していることを示唆している。また、Pt@UiO-66 は 340°C で 10.9% の転化率を示し、Pt on UiO-66 に比べて 1.4 倍高い活性を示すことがわかった。UiO-66 細孔による水の濃縮効果により、反応が促進していると考えられる。

Pt ナノ結晶の触媒活性向上の起源を明らかにするために、 H_2O の流速を 11.4 から 57 および 114 sccm と段階的に変化させて、 320°C での触媒活性を調べた (Figure 4a)。低い水流量 (11.4 sccm) において、Pt@UiO-66 の活性は Pt on UiO-66 に比べて高かったが、57 sccm の水流量では、Pt on UiO-66 の活性は相対的に増加し、Pt@UiO-66 の活性に匹敵した。さらに、水流量が増加 (114 sccm) すると、逆転現象を引き起こし、Pt on UiO-66 の活性の方が高くなった。この水流量に対する触媒活性のクロスオーバー挙動は、UiO-66 細孔における水の濃縮および拡散の競合効果に由来すると考えられる (Figure 4b)。

そこで、UiO-66 細孔内での水の遅い拡散を最小限に抑えるため、より薄い UiO-66 シェルからなる Pt@UiO-66 を合成した (Figure 4c)。複合触媒の合成時間を 24 時間から 3 時間に短縮することにより、80 nm から半分の 40 nm の厚さを有する複合触媒 (Pt@UiO-66-40nm) を得た。Figure 4a に示すように、Pt@UiO-66-40nm は Pt@UiO-66 と比較して、より高い水性ガスシフト反応活性を示した。この触媒活性の向上は、UiO-66 細孔中の水の拡散経路の短縮によるものと考えられる。この結果は MOF の厚みをコントロールすることで、細孔中の水の濃縮と拡散を制御し、高い触媒活性を実現した初めての報告例である⁸⁾。

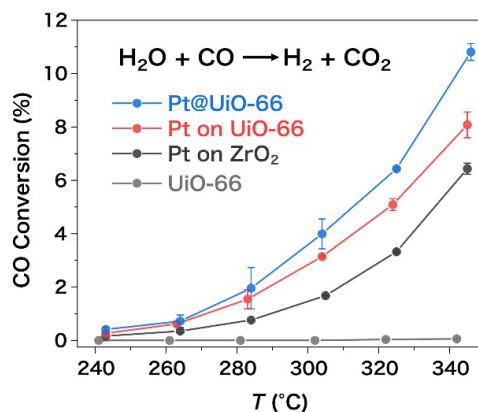


Figure 3. Temperature dependence of CO conversion on water-gas shift (WGS) reaction. The flow rate was $\text{H}_2\text{O}/\text{CO}/\text{Ar} = 11/10/50$ sccm, and the pressure was 0.65 MPa.

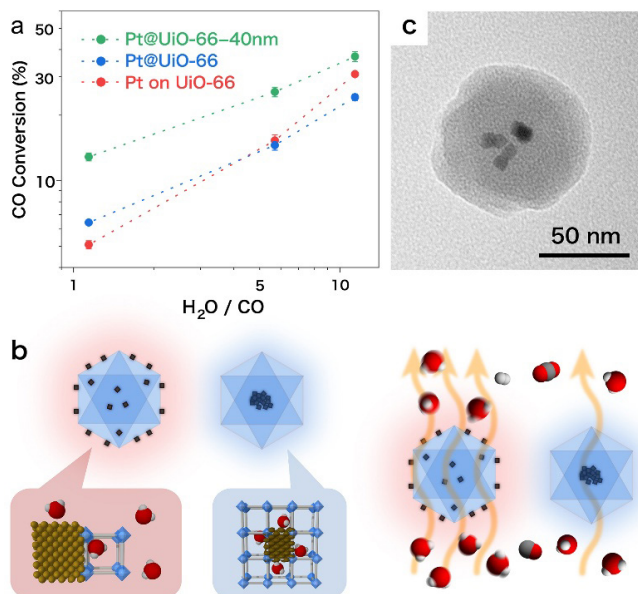


Figure 4. (a) CO conversion versus $\text{H}_2\text{O}/\text{CO}$ ratio on WGS reaction over Pt on UiO-66 (red), Pt@UiO-66 (blue), and Pt@UiO-66-40nm (green). Reaction conditions: 11.4, 57.0, or 114 sccm of H_2O , 10 sccm of CO, 50 sccm of Ar, 0.65 MPa and 320°C . (b) Illustration of condensation effect (left) and diffusion effect (right) of H_2O in UiO-66 pores with Pt NCs. (c) TEM images of Pt@UiO-66-40nm.

2.2. MOF に吸着された水の反応性の制御

次に MOF の細孔環境を適切に設計することにより、MOF 中の水分子の吸着状態の制御、さらには吸着された水の反応性の制御を目指した。そのために、UiO-66 を構成する BDC 配位子に、置換基として電子求引基であるブロモ (Br) 基、電子供与基であるメチル (Me) 基を二つ導入した複合触媒 Pt@UiO-66-Br と Pt@UiO-66-Me₂ をそれぞれ合成した。構造の同定は、TEM 像観察、および粉末 X 線構造解析により行った (Figure 5)。得られた複合触媒の水蒸気吸着測定を行ったところ、吸着の立ち上がり圧力は Pt@UiO-66-Br < Pt@UiO-66 < Pt@UiO-66-Me₂ となり、Br 基の導入は細孔を親水的にさせる一方で、Me₂ 基の導入は細孔を疎水的に変化させることが示唆された。細孔環境の変化が水の吸着状態に及ぼす効果を調べるために、水を吸着させた複合触媒の固体 ¹H NMR 測定を行ったところ、吸着水に由来するピークの化学シフトの値は Pt@UiO-66-Br < Pt@UiO-66 < Pt@UiO-66-Me₂ となり、細孔が親水的になると吸着水の電子密度は減少し、細孔が疎水的になると吸着水の電子密度は増加し、水分子が細孔環境を認識して吸着状態が変化することがわかった (Figure 6a)。

この水の吸着状態の違いが化学反応性に与える影響を評価するために、複合触媒を用いて水性ガスシフト反応を行ったところ、Br 基を導入した場合は Pt@UiO-66 と比べ活性が 0.6 倍に低下し、Me₂ 基を導入した場合は活性が Pt@UiO-66 に対し 1.7 倍に向上することがわかった (Figure 6b)。これより水性ガスシフト反応を促進させるためには、MOF の疎水的な細孔環境を構築し、吸着された水の電子密度を増加させることが鍵となることが示唆された。

さらに、水の反応性と吸着水の電子密

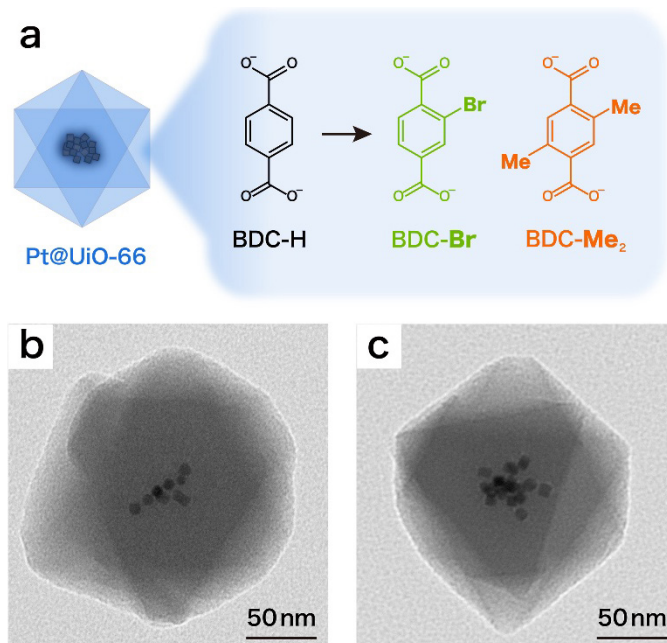


Figure 5. (a) Illustration of Pt@UiO-66 analogues by modulating organic ligands. TEM images of (b) Pt@UiO-66-Br and (c) Pt@UiO-66-Me₂.

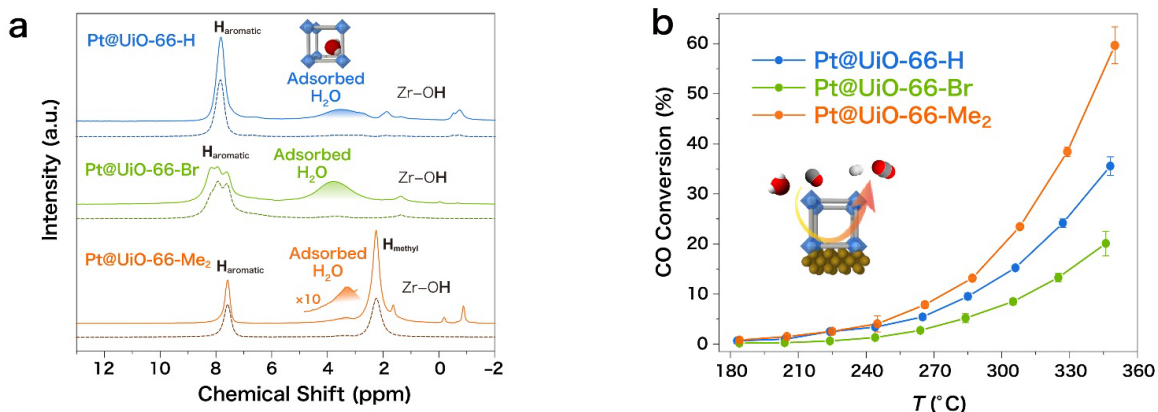


Figure 6. (a) ¹H ultrafast (70 kHz) MAS NMR spectra (top, solid lines) and the corresponding ¹H DQNMN spectra (bottom, dashed lines) of Pt@UiO-66 analogues at room temperature, where the peaks attributed to adsorbed H₂O are highlighted. (b) CO conversion in the WGS reaction over Pt@UiO-66-H, Pt@UiO-66-Br, and Pt@UiO-66-Me₂. Reaction conditions: 114 sccm of H₂O, 10 sccm of CO, 50 sccm of Ar, and 0.65 MPa.

度の相関を明確化するために、反応条件下での in situ IR 測定を行い、Pt 表面に吸着された分子のその場観察を試みた (Figure 7)。すると、 3750 cm^{-1} 付近に水性ガスシフト反応の反応中間体である Pt-OH 結合に由来するピークが観測された。そのピーク強度は $\text{Pt@UiO-66-Br} < \text{Pt@UiO-66} < \text{Pt@UiO-66-Me}_2$ の順で強くなっており、この順で H_2O から Pt-OH への解離的活性化が促進されていることが示唆された。この IR の結果と NMR の測定結果を踏まえると、細孔中の H_2O の電子密度が増大し、 H_2O の解離的活性化が促進され、さらには水性ガスシフト反応性が向上することがわかった。このように MOF を構成する配位子の置換基種を適切に選択し、細孔環境を合理的にデザインすれば、吸着された水の化学状態を系統的に変化させることができ、その結果として水性ガスシフト反応の活性を幅広く制御できることが明らかにされた⁹⁾。

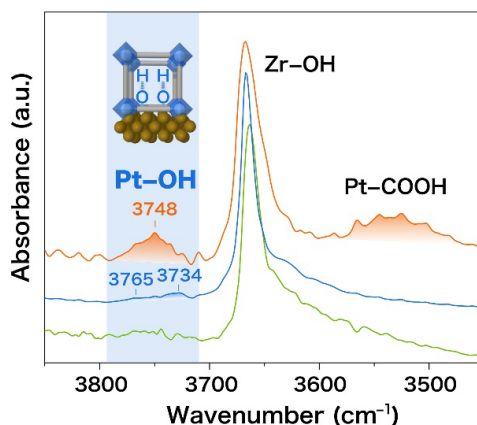


Figure 7. In situ IR spectra on the condition of the WGS reaction at $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ for Pt@UiO-66-H (blue), Pt@UiO-66-Br (green), and Pt@UiO-66-Me_2 (orange) under a mixed gas flow ($\text{H}_2\text{O}/\text{CO}/\text{N}_2 = 4.5/0.4/15.1$ sccm).

3. MOF と酸化物クラスターとの複合化によるイオン吸着の高機能化

イオン吸着はエネルギー貯蔵、薬物送達、水質浄化などの幅広い分野で応用される重要な現象である。イオン吸着材料の開発における有用な物質群として、多孔性材料がある。多孔性材料は構造中に無数の空間を有しており、その代表例として、プルシアンブルー、ゼオライト、活性炭などが挙げられる^{10,11)}。上記の多孔性材料は高いイオン吸着機能を有するが、その限られた設計性ゆえに吸着性能は頭打ちになりつつある。そのなかで、高い設計性を有する多孔性材料として注目されているのが、MOF である。MOF の利点としては、金属イオンと有機配位子の選択・配置の多様性による細孔環境の高い設計性が挙げられる。これまでに MOF の吸着材料への応用は盛んであり、MOF を用いた種々のガス (CO_2 , アセチレン等) や蒸気 (H_2O , メタノール等) などの中性分子の吸着において有望である^{12,13)}。しかしながら、MOF の吸着対象には限りがあり、電荷を帯びたイオンの吸着には課題がある。

MOF にイオン吸着能を付与するために、著者らはアニオン性の金属酸化物クラスターであるポリオキソメタレート (Polyoxometalate ; POM) に注目した¹⁴⁾。POM は交換可能な対カチオンを有しており、カチオン交換によるイオンの吸着を可能とする。また POM は酸化還元を活かした設計が可能であり、還元により POM の負電荷を増大させることで、イオン吸着量の増加も期待できる。そこで、著者ら POM と MOF を複合化させた POM/MOF を開発し、イオン吸着への応用を検討した。

3.1. POM/MOF を用いたカチオン性有機色素の吸着

まず吸着種としてカチオン性色素であるメチレンブルー (MB) に着目して、POM/MOF を用いた吸着を行った。POM/MOF 複合体を構成する POM として、高い構造安定性を有する POM である $[\alpha\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}]^{4-}$ (SiW_{12}) を使い、MOF としては UiO-66 を選択した。複合体の合成は SiW_{12} の存在下で UiO-66 の前駆体である ZrCl_4 と BDC 配位子を DMF 中で $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ で 24 時間反応させることにより行った。元素分析により、得

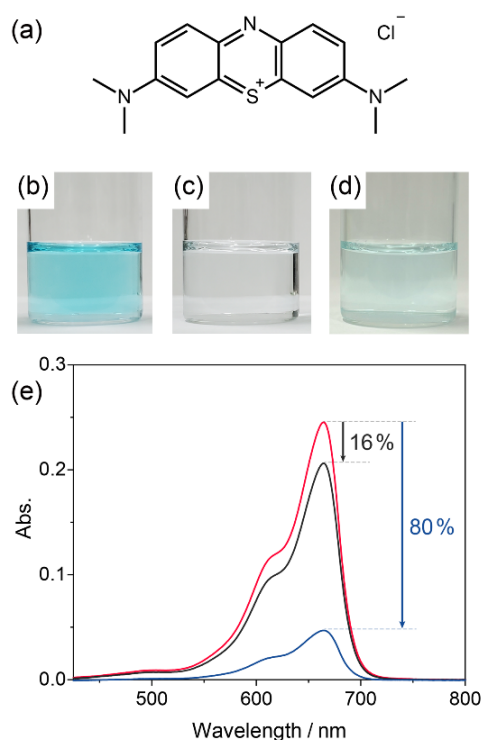


Figure 8. (a) Molecular structure of methylene blue (MB). (b) A photograph of the aqueous solution containing MB with an initial concentration of 1.0 mg L^{-1} . A photograph of the solution after the addition of 10 mg of (c) $\text{SiW}_{12}/\text{UiO}-66$ and (d) $\text{UiO}-66$, followed by filtration of $\text{SiW}_{12}/\text{UiO}-66$ after 1 h. (e) The UV-Vis spectra of the initial solution (red) and the solution after treating with $\text{SiW}_{12}/\text{UiO}-66$ (blue) and $\text{UiO}-66$ (black) for 1h.

られた $\text{SiW}_{12}/\text{UiO}-66$ において $[\text{Zr}_6\text{O}_4(\text{OH})_4(\text{BDC})_6]$ あたり 0.10 等量の SiW_{12} が存在することがわかった。また、SEM-EDX 測定により、 $\text{SiW}_{12}/\text{UiO}-66$ において SiW_{12} が均一に分散していることが示唆された。 $\text{SiW}_{12}/\text{UiO}-66$ を吸着剤として用いて、MB の吸着特性を評価したところ、その除去率は 80% (1 時間後、 1 mg/L の MB 水溶液) であった (Figure 8)。これは $\text{UiO}-66$ 単体を用いた場合の除去率 (16%) を大きく上回るものであり、大きな負電荷を有する SiW_{12} の導入により複合体を構築し、MB との静電相互作用を誘起することで、MB の吸着特性を大幅に向上させることができた。

次に、MOF の細孔設計が MB 吸着に与える影響を検討した (Figure 9)。まず細孔サイズの影響を調べるために、 $\text{UiO}-66$ より小さな細孔を有する $[\text{Zr}_6\text{O}_4(\text{OH})_4(\text{fumarate})_6]$ ($\text{MOF}-801$) への SiW_{12} の導入を行ったところ、除去率は 39% と低下し、MB 吸着には大きな細孔サイズが有利であることが明らかとなった。また細孔環境の影響を評価するために、 $\text{UiO}-66$ を構成する有機配位子に $-\text{NO}_2$ 基を導入した $\text{SiW}_{12}/\text{UiO}-66-\text{NO}_2$ を合成して吸着特性を評価したところ、MB 除去率は 98% へと向上した。これは、 $-\text{NO}_2$ 基における酸素原子が負電荷を有するため、MB を強く引き寄せるためだと示唆される。

また、複合体における SiW_{12} の導入量の MB 吸着特性への効果も評価した。すると、 SiW_{12} の導入量の増加により、MB 除去率は増加した。特に、 $\text{SiW}_{12}/\text{UiO}-66-\text{NO}_2$ における SiW_{12} の導入量を $\text{SiW}_{12}/\text{Zr}_6 = 0.17$ へと増加させると、その除去率は >99% に到達し、代表的なイオン吸着材料である ZSM-5 やゼオライト Y に匹敵する高い吸着性能を示した¹⁵⁾。

3.2. POM/MOF を用いた Cs^+ イオンの吸着

次のターゲットとなる吸着種として、より難度の高い Cs^+ イオンに着目し、POM/MOF を用いた吸着を検討した。POM/MOF 複合体を構成する POM として、酸化還元活性を有する Keggin 型 POM である $[\alpha\text{-PMo}_{12}\text{O}_{40}]^{3-}$ (PMo_{12}) を選択した。また MOF としては、高い比表面積・構造安定性を有し、合成が簡便な $[\text{Zn}(2\text{-mIM})_2]$

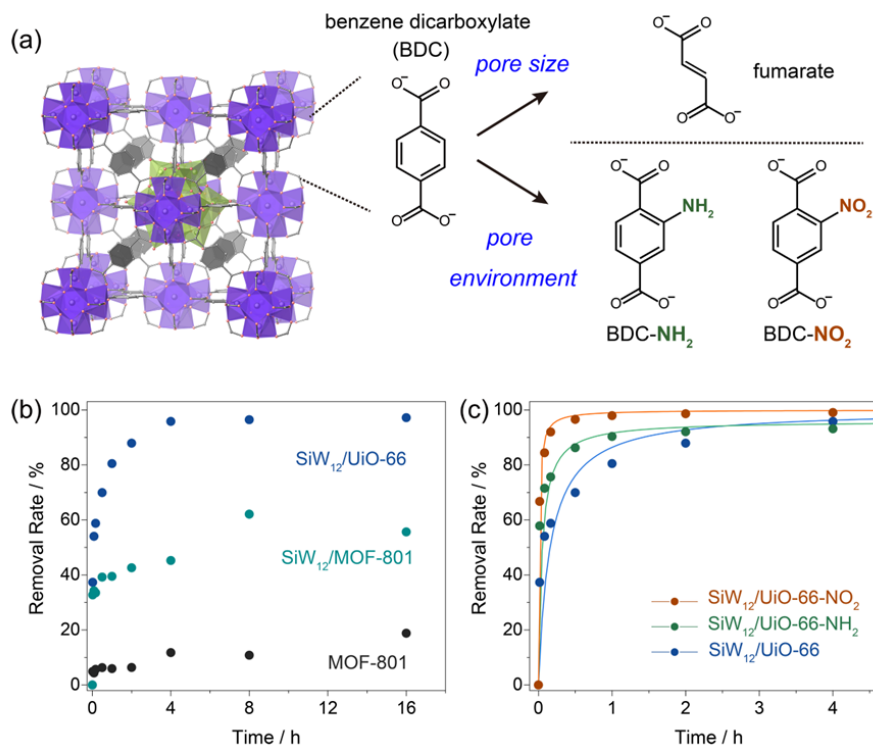


Figure 9. (a) Schematic illustration of the design of pore size and environment in POM/MOF composites. Time-course of MB uptake (MB = 1 ppm) of (b) MOF-801, $\text{SiW}_{12}/\text{MOF-801}$, and $\text{SiW}_{12}/\text{UiO-66}$, (c) $\text{SiW}_{12}/\text{UiO-66-NH}_2$, $\text{SiW}_{12}/\text{UiO-66-NO}_2$, and $\text{SiW}_{12}/\text{UiO-66}$.

(2-HmIM = 2-methylimidazolate, ZIF-8) を用いた¹⁶⁾。複合体の合成は PMo_{12} の存在下で、ZIF-8 の原料である Zn^{2+} イオンと 2-HmIM をメタノール溶媒中にて室温で反応させることで行った。元素分析により、得られた $\text{PMo}_{12}/\text{ZIF-8}$ において $[\text{Zn}(2\text{-mIM})_2]$ あたり 0.02 等量の PMo_{12} が存在することがわかった。 $\text{PMo}_{12}/\text{ZIF-8}$ を吸着剤として用いて、 Cs^+ イオンの吸着特性を評価したところ、その吸着量は 62.6 mg g^{-1} (2 時間後、メタノール溶媒中) であった。これは ZIF-8 単体の吸着量 (4.8 mg g^{-1}) と比べて約 13 倍であり、 PMo_{12} の導入により複合体を構築することで、 Cs^+ イオンの吸着機能を飛躍的に向上させることができた (Figure 10)。また還元剤 (アスコルビン酸) により複合体中の PMo_{12} を還元し、 Cs^+ イオン吸着を行ったところ、その吸着量は 132.2 mg g^{-1} となった。この吸着量は還元剤を用いない場合の吸着量の約 2 倍であり、 PMo_{12} の還元を利用することで Cs^+ イオン吸着量がさらに増加することがわかった。

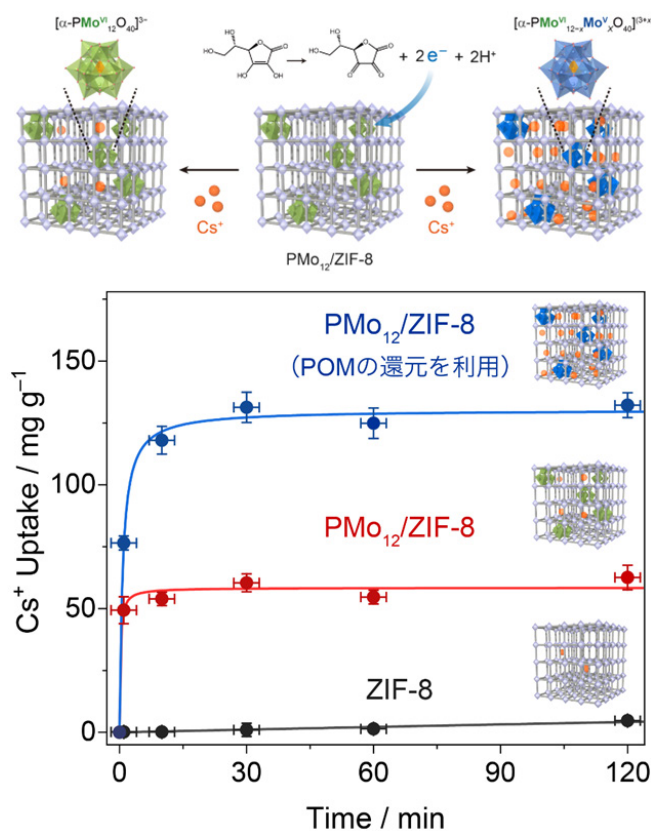


Figure 10. Time-course of Cs^+ uptake ($\text{Cs}^+ = 50 \text{ mmol L}^{-1}$) of $\text{PMo}_{12}/\text{ZIF-8-Cs}$ (red) and $\text{PMo}_{12}/\text{ZIF-8-red-Cs}$ (blue), as well as the Cs^+ uptake by ZIF-8 (black).

次に複合体を構成する MOF の細孔環境が Cs⁺ イオン吸着に与える効果を評価した (Figure 11)。そのため MOF として、疎水的な細孔を有する ZIF-8 の代わりに、親水的な細孔を有する [Cr₃O(OH)(H₂O)₂(BDC)₃] (MIL-101)¹⁷ および UiO-66 を用いて、PMo₁₂ との複合体を合成した。得られた PMo₁₂/MIL-101 および PMo₁₂/UiO-66 の Cs⁺ イオン吸着量 (POM の還元を利用) はそれぞれ 22.8 mg g⁻¹ および 9.1 mg g⁻¹ であった。これは PMo₁₂/ZIF-8 の吸着量 (132.2 mg g⁻¹) を下回る値であり、Cs⁺ イオン吸着には親水的な細孔よりも疎水的な細孔の方が有効であると示唆された。

また複合体における PMo₁₂ の導入量が Cs⁺ イオン吸着に与える影響についても評価した。そのために、PMo₁₂ の導入量が少ない複合体 (PMo₁₂/ZIF-8-L, [Zn(2-mIM)₂]) あたり 0.01 等量の PMo₁₂) および、導入量が多い複合体 (PMo₁₂/ZIF-8-H, [Zn(2-mIM)₂]) あたり 0.07 等量の PMo₁₂) を合成した。得られた複合体の Cs⁺ イオン吸着量 (POM の還元を利用) の序列は 98.3 mg g⁻¹(PMo₁₂/ZIF-8-L) < 132.2 mg g⁻¹(PMo₁₂/ZIF-8) < 291.5 mg g⁻¹(PMo₁₂/ZIF-8-H) であり、ZIF-8 への PMo₁₂ の導入量の増加に伴い、Cs⁺ イオン吸着量も増加することがわかった。また PMo₁₂ の導入量が多い PMo₁₂/ZIF-8-H の吸着量は、代表的な吸着材料であるプルシアンブルー (15.5 mg g⁻¹) や Y 型ゼオライト (164.2 mg g⁻¹) の吸着量を凌駕する値であった。PMo₁₂/ZIF-8-H を用いて、他のアルカリ金属イオンとの混合溶液 (Cs⁺, Rb⁺, K⁺, Na⁺, Li⁺ の等モル量溶液) からの競争吸着を行ったところ、Cs⁺ イオンの吸着選択率は 79.6% であり、プルシアンブルー (16.5%) や Y 型ゼオライト (42.0%) における Cs⁺ イオンの吸着選択率を上回るものであった (Figure 12)。PMo₁₂ は小さな有効表面電荷密度を有するソフトなアニオンであり、アルカリ金属イオンの中で最もソフトなカチオンである Cs⁺ イオンと強く相互作用するために、PMo₁₂/ZIF-8-H が高い Cs⁺ イオンの吸着選択率を示したと推定される¹⁸⁾。

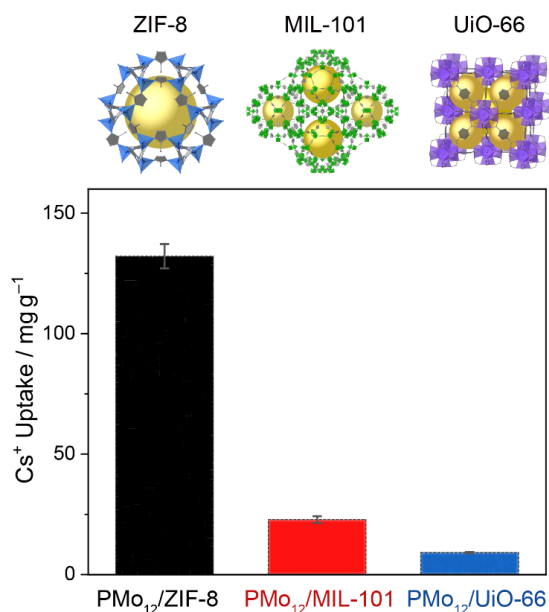


Figure 11. Crystal structure of a) MIL-101 and b) UiO-66. c) Reduction-induced Cs⁺ uptake (Cs⁺ = 50 mmol L⁻¹) after 2 h by using PMo₁₂/ZIF-8 (black), PMo₁₂/MIL-101 (red), and PMo₁₂/UiO-66 (blue).

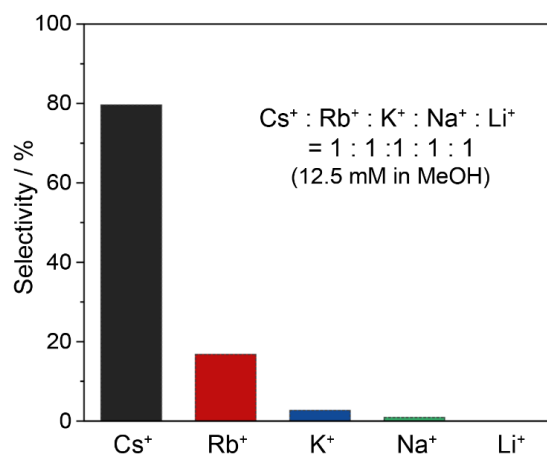


Figure 12. Adsorption of Cs⁺ ions from a mixed alkali-metal-ion solution by using PMo₁₂/ZIF-8-H.

4. おわりに

本稿では、MOF と金属ナノ結晶、さらに金属酸化物クラスターを複合化することで新たな機能を創出する著者らの研究を概説した。まず、Pt ナノ結晶と UiO-66 を組み合わせた系では、MOF 細孔中に吸着した水分子の濃縮、拡散、電子状態が触媒反応に及ぼす影響を体系的に明らかにし、水性ガスシフト反応における

水活性化の精密制御が可能であることを示した。一方、POM/MOF 複合体では、POM が有するアニオン性や酸化還元特性を活かし、カチオン性色素や Cs⁺ イオンに対する高い吸着特性を実現した。さらに、POM の還元状態を制御することで吸着能を大幅に向上できることを示し、MOF 細孔環境の設計との相乗効果が重要であることを明らかにした。

今後の展望としては、MOF の結晶相に加えて、MOF の非晶質相¹⁹⁾ やガラス相²⁰⁾ といった新たな物質相を用いた複合体の構築が有望である。これらの材料は構造柔軟性の制御に優れ、触媒・吸着機能に新しい指針を与える可能性がある。また、金属ナノ結晶よりもさらに小さい金属ナノクラスターを組み込むことで、原子レベルの精密構造を活かした高活性触媒の創出も見込まれる。さらに、POM の酸化還元特性を活かしたイオン伝導や不均一系触媒への応用も考えられる。またアニオン性 POM に加え、カチオン性金属酸化物クラスター²¹⁾ との複合化を進めることで、アニオン性イオンの選択的吸着材料への展開も期待される。

参考文献：

- 1) S. Kitagawa, R. Kitaura, S. Noro, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **43**, 2334 (2004).
- 2) N. C. Burtch, H. Jasuja, K. S. Walton, *Chem. Rev.*, **114**, 10575 (2014).
- 3) H. Kim, S. Yang, S. R. Rao, S. Narayanan, E. A. Kapustin, H. Furukawa, A. S. Umans, O. M. Yaghi, E. N. Wang, *Science*, **356**, 430 (2017).
- 4) S. K. Ghosh, P. K. Bharadwaj, *Inorg. Chem.*, **42**, 8250 (2003).
- 5) M. Sadakiyo, T. Yamada, H. Kitagawa, *J. Am. Chem. Soc.*, **131**, 9906 (2009).
- 6) L. C. Grabow, A. A. Gokhale, S. T. Evans, J. A. Dumesic, M. Mavrikakis, *J. Phys. Chem. C*, **112**, 4608 (2008).
- 7) J. H. Cavka, S. Jakobsen, U. Olsbye, N. Guillou, C. Lamberti, S. Bordiga, K. P. Lillerud, *J. Am. Chem. Soc.*, **130**, 13850 (2008).
- 8) N. Ogiwara, H. Kobayashi, P. Concepción, F. Rey, H. Kitagawa, *Angew. Chem., Int. Ed.*, **58**, 11731 (2019).
- 9) N. Ogiwara, H. Kobayashi, M. Inukai, Y. Nishiyama, P. Concepción, F. Rey, H. Kitagawa, *Nano Lett.*, **20**, 426 (2020).
- 10) M. Caccin, F. Giacobbo, M. Da Ros, L. Besozzi, M. Mariani, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, **297**, 9 (2012).
- 11) S. Wang, Y. Peng, *Chem. Eng. J.*, **156**, 11 (2010).
- 12) R. Matsuda, R. Kitaura, S. Kitagawa, Y. Kubota, R. V. Belosludov, T. C. Kobayashi, H. Sakamoto, T. Chiba, M. Takata, Y. Kawazoe, Y. Mita, *Nature*, **436**, 238 (2005).
- 13) K.-J. Chen, D. G. Madden, S. Mukherjee, T. Pham, K. A. Forrest, A. Kumar, B. Space, J. Kong, Q.-Y. Zhang, M. J. Zaworotko, *Science*, **366**, 241 (2019).
- 14) Y.-F. Song, R. Tsunashima, *Chem. Soc. Rev.*, **41**, 7384 (2012).
- 15) S. Miyazaki, N. Ogiwara, C.A. Nagasaka, K. Takiishi, M. Inada, S. Uchida, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **97**, uoae105 (2024).
- 16) K. S. Park, Z. Ni, A. P. Côté, J. Y. Choi, R. Huang, F. J. Uribe-Romo, H. K. Chae, M. O'Keeffe, O. M. Yaghi, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **103**, 10186 (2006).
- 17) G. Férey, C. Mellot-Draznieks, C. Serre, F. Millange, J. Dutour, S. Surblé, I. Margiolaki, *Science*, **309**, 2040 (2005).
- 18) C. A. Nagasaka, N. Ogiwara, S. Kobayashi, S. Uchida, *Small*, **20**, 2307004 (2024).
- 19) N. Ogiwara, D. I. Kolokolov, M. Donoshita, H. Kobayashi, S. Horike, A. G. Stepanov, H. Kitagawa, *Chem. Commun.*, **55**, 5906 (2019).
- 20) A. E. Khudozhitkov, N. Ogiwara, M. Donoshita, H. Kobayashi, A. G. Stepanov, D. I. Kolokolov, H. Kitagawa, *J. Am. Chem. Soc.*, **146**, 12950 (2024).
- 21) N. Ogiwara, W. Zhou, S. Uchida, *Chem. Sci.*, **15**, 19212 (2024).

乾燥無垢スギ材の特有抽出成分分析試験方法 JAS 策定に向けた取組

伊佐亜希子、清水邦義

九州大学大学院農学研究院

Approach for Developing a JAS Method to Evaluate Characteristic Extractives in Dried Solid Japanese Cedar (*Cryptomeria japonica*)

Akiko Isa, Kuniyoshi Shimizu

Faculty of Agriculture, Kyushu University

Abstract

The authors are engaged in the development of JAS standards for the aromatic constituents of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) to promote broader utilization of this material both domestically and internationally. This study reports the outcomes of single-laboratory validation and inter-laboratory collaborative testing conducted to evaluate the reliability of JAS-compliant analytical methods for cedar wood extractives. The results demonstrate that these methods provide sufficient precision to discriminate differences among samples within the specified concentration range, ensuring reproducibility and measurement validity. Nevertheless, several methodological challenges were identified. Systematic resolution of these issues is expected to further improve the robustness and reproducibility of terpene analysis, thereby supporting the standardization of testing procedures. In addition, effective implementation within the timber industry will require careful consideration of appropriate labeling strategies and application formats. Future efforts should include stakeholder consultations to refine the standardization process and align it with broader industry objectives.

1. はじめに

我が国では、気候変動対策として、2050年のカーボンニュートラル達成および2030年の温室効果ガス削減目標の実現に向けた取組が喫緊の課題となっている。中でも、国内のエネルギー消費量の約3割を占める建築分野において、木材利用の促進は重要な施策と位置づけられている¹⁾。一方、国産材市場では、安価な輸入材や代替材の拡大により、国産無垢スギ材の流通が低迷し、放置林の増加や山林被害の拡大が深刻な課題となっている²⁾。こうした背景のもと、政策的な対応も進められており、令和7年に策定された食料・農業・農村基本計画では、農林水産業および食品産業の競争力強化に向けて、JAS規格の戦略的活用と国際標準化の推進が明示されている³⁾。

著者らはこれまで、スギ材に含まれる香気成分がウェルビーイングに寄与する機能性について研究を行ってきた。具体的には、スギ材を住環境で使用することによるリラクゼーション効果⁴⁾ やストレス改善効果⁴⁾、睡眠改善効果⁵⁾、認知機能の変化⁶⁾ などが確認されている。さらに、スギ材には調湿効果⁷⁾、抗菌⁸⁾・抗ウイルス作用⁹⁾、抗ダニ効果¹⁰⁾ があることも知られている。これらの機能性は研究によって明らかにされているものの、一般消費者には十分に認知されていない。そこで著者らは、スギ材の機能性を表示することで認知度を促進し、住環境における利用価値を高められると考えた。これは、食品の機能性表示制度¹¹⁾ を木

材に応用した新たな概念であり、現在、木材の品質表示が可能な日本農林規格（JAS）を活用した取組を進めている。製材 JAS では、寸法精度や材面の品質、含水率、強度など主に物理的項目について既に策定されている¹²⁾。また、香気成分に近い規格では、集成材において、ホルムアルデヒド放散量に関する試験方法と適合基準が定められている¹³⁾。しかし、製材における機能性の表示については、これまで検討が行われていない。そこで本研究では、スギ材の機能性に寄与する香気成分を対象とした JAS 規格化の可能性について検討した。

スギ材の香気成分を JAS 化するにあたり、活用可能な JAS には、試験方法 JAS、取扱方法 JAS、品質 JAS の 3 種類がある。それぞれ規格制定後に付与される JAS マークの意味や利用方法は異なるが、本研究では試験方法 JAS に焦点を当てて検討を実施した。試験方法 JAS の活用イメージを Figure 1 に示す。製材の販売者（製材工場、工務店等）は、登録試験機関に試験を依頼し、登録試験機関は JAS に則った定量測定を実施する。その結果を示す試験結果には JAS マークが付与され、販売者は試験結果を活用して製材の機能性を PR できるようになる。Figure 2 に、試験方法 JAS 制定の流れを示す。試験方法 JAS の制定にあたっては、官民連携によるプロジェクトチーム（PT）において、規格調査及び原案作成を行う必要がある。2022 年には、清水邦義を委員長とする「スギ材の特有成分分析試験方法 JAS 素案作成に関する委員会」を設置し、業界関係者、学識経験者、（独）農林水産消費安全技術センター（FAMIC）、日本規格協会（JSA）らの参加のもと、試験法の性能評価や JAS 原案策定について協議が重ねられてきた。著者らは、この PT における検討の一環として、スギ材に含まれる主要テルペン類の溶媒抽出 - ガスクロマトグラフ - 質量分析（GC-MS）法を開発した¹⁴⁾。さらに、国際的なガイドラインに基づく評価基準に従い、室内試験¹⁵⁾、および室間共同試験を実施し¹⁶⁾、試験法の妥当性確認を行った。室間共同試験は、複数の試験室において同一試料を測定し、測定値のばらつきを評価するものであり、試験法の信頼性と標準化に向けた重要なステップである。本試験は、国際純正・応用化学連合（IUPAC）のプロトコル¹⁷⁾に準拠し実施した。

本報では、主に試験方法 JAS の妥当性評価の結果（室内試験、室間共同試験）について報告する。

2. 試験方法の開発

2.1. 試験試料

愛知県、奈良県、徳島県、熊本県産の天然乾燥または人工乾燥処理した 7 種の国産スギ材（*Cryptomeria japonica*）から板目材の粗材面（木表 0 mm から 1 mm の平面）を切削除去した後、仕上げ面（木表 1 mm から 2.5 mm の平面）を切削し、その切削片（含水率 9.5% ~ 12.5%）を粉砕機（WB-1、大阪ケミカル（株））により

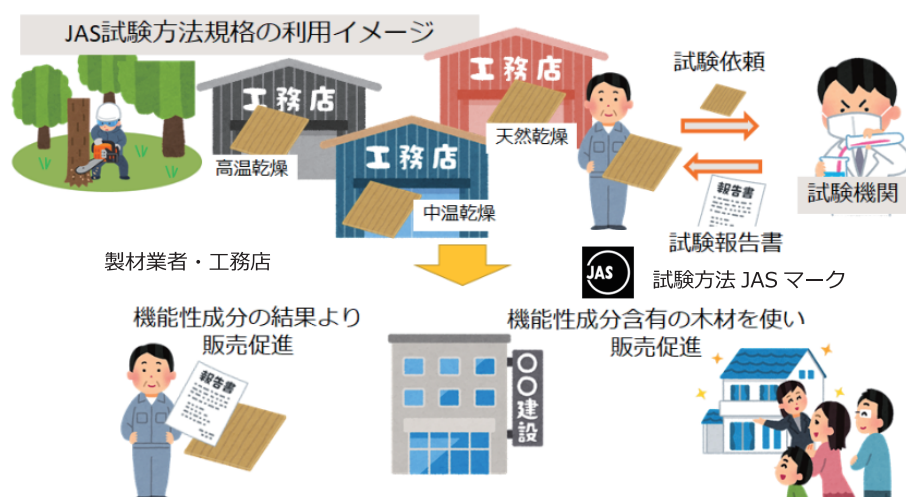


Figure 1. Utilization flow of the testing-method JAS.

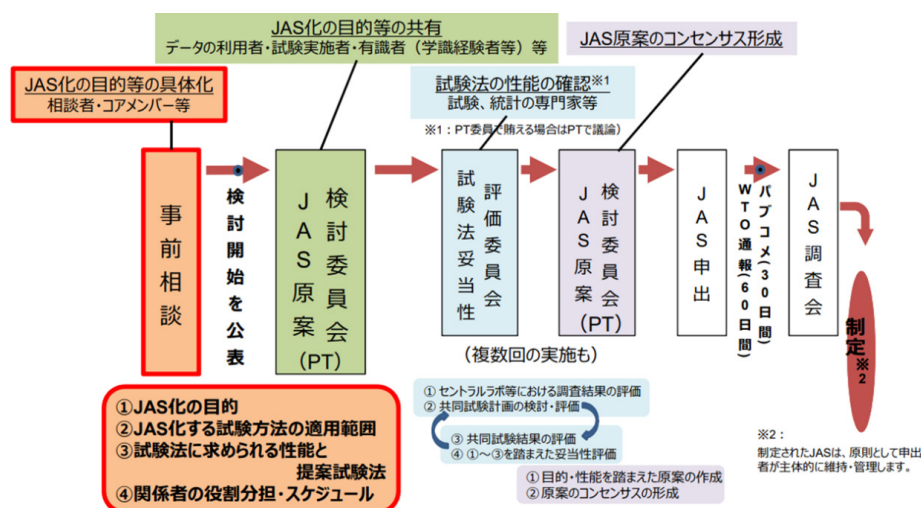


Figure 2. Procedure for JAS development and approval.

* Figure modified from the JAS draft manual, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries.

1 分間（12 秒 × 5 回）粉砕し粉末状の試験試料とした。粉砕機は、回転数 25000 rpm、容量 150 mL、寸法 134 Φ × 270 mm、微粉砕用蓋付きのものを使用した。粉末試料は、水分 15% 以下、600 μm のふるいを通過するものとした。試験試料は、試験まで 5 °C で冷蔵保存した。

2. 2. 試薬

抽出溶媒として、酢酸エチル（残留農薬・PCB 試験用（濃縮 5000）、富士フィルム和光純薬工業（株））、検量線を作成するための代替標準物質として α-セドロール（純度 >98%、東京化成工業（株））、内部標準物質としてフェナントレン -d₁₀（純度 >97%、東京化成工業（株））を用いた。

2. 3. 測定

室温に戻したスギ材試料 200 mg を量りとり、抽出用試験バイアルに全量を移し、 5.0×10^3 mg/L に調製したフェナントレン -d₁₀ 溶液を 40 μL 添加した後、メスシリンダーで酢酸エチル 20 mL を加えて、緩みがないように試験バイアルの蓋を閉め、超音波洗浄器（MSC-6P、AS ONE）を用いて抽出した（40 kHz、30 分間）。抽出液は 1 時間静置した後、上澄みをフィルターろ過（PTFE-HI、13 mm、0.2 μm、アジレント・テクノロジー（株））し、GC-MS 分析に供した。GC-MS は、機種：7890A/5975C（Agilent Technologies, Inc., Santa Clara, CA, USA）、カラム：DB-5ms（30 m × 0.25 mm、df = 0.25 μm、Agilent Technologies）を使用した。分析条件は以下の通りである。試料注入方法：スプリット注入（10:1）；試料気化室 250 °C、インターフェース温度：300 °C；キャリアガス：ヘリウム（1.2 mL/min）；昇温条件：40 °C（2 分保持）- 20 °C/min- 140 °C- 5 °C/min- 240 °C- 20 °C/min- 280 °C（1 分保持）；イオン化方法：電子イオン化（EI）；イオン化電圧：70 eV、測定は SCAN モード、開始質量 m/z 45、終了質量 m/z 550 とした。測定対象はテルペン類とし、定量は内部標準法を用い、検出された測定対象物の含有量は α-セドロール当量で換算した。

2. 4. 試験方法の検討

検量線作成にあたっては、代替標準物質および内部標準物質として使用可能な複数の候補化合物を組み合わせ検討し、リテンションタイム（RT）の重複や再現性を確認した上で、最適な組み合わせを選定した。試験方法の検討に際しては、抽出溶媒の種類、抽出条件、GC-MS 分析条件などについて検討を重ね、最適と考えられる手法を設定した。6 種類のスギ材から得られた抽出成分を繰り返し精査した結果、含有量の多い 8 化合物を測定対象物質（アナライト）として選定した。これら 8 化合物の分析再現性について Table 1 に示す。Table 1 より、変動係数（CV）は最も高い 6,7-デヒドロフェルギノールにおいても 6.2% であり、全体として良好な再現性が確認された。以上の結果から本方法を試験方法として設定した。

Table 1. The measurement variability during repeated testing of the target analytes presents in the ethyl acetate extract of *Cryptomeria japonica* sample.

Retention Time (min)	Components	First Time (g/kg)	Second Time (g/kg)	Third Time (g/kg)	Fourth Time (g/kg)	Fifth Time (g/kg)	Standard Deviation	Coefficient of Variance (%)
11.91	α -Muurolene	2.14	2.08	2.16	2.13	2.26	0.066	3.1
12.22	δ -Cadinene	6.31	6.17	6.29	6.16	6.51	0.14	2.7
12.30	cis-Calamenene	2.71	2.65	2.74	2.71	2.83	0.066	2.4
14.12	diepi-Cubenol	2.63	2.63	2.63	2.51	2.60	0.052	2.0
14.39	epi-Cubenol	2.52	2.53	2.53	2.48	2.55	0.026	1.1
25.78	Sandaracopimarinol	3.37	2.98	3.10	3.25	3.11	0.15	4.8
26.49	6,7-Dehydroferruginol	2.66	2.37	2.54	2.63	2.32	0.15	6.2
26.54	Ferruginol	5.39	4.63	4.88	4.97	5.17	0.29	5.8

3. 単一試験室による妥当性確認（室内試験）

著者らは、前述の分析試験方法について、国際的なガイドラインに従い、単一試験室による妥当性確認を実施した。試験試料は、2.1で調製したスギ材試料のセスキテルペン含有量を事前に確認し、測定対象成分の濃度が約1.0～8.0 g/kgの範囲となるように、7種類の粉末試料を2～3種類ずつ混合して6種類の試験試料を調製した。各試料は密閉可能なガラスバイアルに約250 mgずつ分取し、ランダムナンバーを付してラベリングした後、試験まで5℃で冷蔵保存した。評価項目は、選択性、検出下限、定量下限、検量線、真度（回収率）、精度（併行精度および中間精度）とした。分析対象は、2.4で選定した8種類のテルペン成分のうち、含有量の多いセスキテルペンである α -ムウロレン、 δ -カジネン、cis-カラメネンの3成分を選び、その総量を評価対象とした。なお、試験方法JASでは通常、分析対象成分を1成分に設定する例が多いが、PTでの協議により、セスキテルペン類のうち含有量の多い3成分を総量として分析対象とすることとした。

評価項目のうち真度（回収率）は、市販の δ -カジネンを用いた添加回収試験によって評価した。試験では δ -カジネンを添加し、その回収率を指標とした。その結果、回収率は90.0～107.8%の範囲に収まり、ガイドラインで規定されている80～120%の性能基準を満たしていることが確認された。

併行条件で得られた分析値のばらつきを評価することを目的として、併行精度の確認を行った。併行精度は、最低濃度の試料Aと最高濃度の試料Fを用いて、それぞれ同日に同じ分析者が6併行で試験試料の分析を実施した。中間精度は、試料A、Fを用いて、それぞれ異なる6日間、同一分析者により2併行で分析を実施し、それぞれ、Horwitzの式¹⁸⁾とThompsonの式¹⁹⁾から導出した式を用いて評価した。得られたデータは一元配置分散分析で解析し、併行精度(S_p)および中間精度(S_p)、相対併行標準偏差(RSD_p)および相対中間標準偏差(RSD_{ip})を求めた。Table 2に中間精度の評価結果を示す。中間精度の妥当性は、試料A、試料Fのそれぞれの濃度（平均値）からHorwitzの式を用いて室間再現精度($PRSD_{ip}$)を算出し、 RSD_{ip} が $1.5 \times PRSD_{ip}$ 以下であることを判断基準とした²⁰⁾。算出された RSD_p 、 RSD_{ip} は、試料Aではそれぞれ1.1%、1.6%、試料Fでは2.7%、2.8%であった。試料A、試料Fの $PRSD_{ip}$ はそれぞれ、5.6%、4.1%と算出され、中間精度の許容範囲はそれぞれ<8.3%、<6.2%となり、試料AおよびFの RSD_{ip} 値(1.6%、2.8%)はいずれも良好と判断された。併行精度についても、両試料で良好な結果が得られた。さらに室内試験では、ピーク分離度、定量下限、検出下限に関するデータも取得され、PTにおける精査の結果、妥当な試験方法であると判断された。

4. 室間共同試験

室間共同試験の計画および手順書について、PTにて承認された後、室間共同試験を実施した。九州大学で開発したGC-MS分析試験方法に対応可能な12機関（大学7、企業3、公的機関2）に室間共同試験を依

Table 2. Results of intermediate precisions.

Day	1	2	3	4	5	6	Total mean value	
Sample A	1.11	1.12	1.17	1.12	1.09	1.09	1.12	
(g/kg)	1.12	1.10	1.14	1.11	1.08	1.10		
Sample F	8.79	8.37	7.89	8.27	8.01	8.22	8.16	
(g/kg)	8.22	8.02	7.95	8.12	8.15	7.95		
							Sample A	Sample F
Repeatability standard deviation (S_{rp})							0.0126	0.218
Repeatability relative standard deviation (RSD_{rp} , %)							1.1	2.7
Intermediate precision standard deviation (S_{ip})							0.0179	0.229
Intermediate precision relative standard deviation (RSD_{ip} , %)							1.6	2.8

頼した。各依頼機関には、九州大学で調製・小分けした6試験試料×2(2併行)と検量線調製溶液を送付し、手順書に従った試験を依頼した。試験結果は、九州大学で作成した報告書様式への記入を依頼し、九州大学で試験結果をとりまとめた。試験方法は2に記した通りであるが、分析装置は、JIS K 0123²¹⁾に規定するもので、分離部にガスクロマトグラフをもち、インターフェース及び質量分析計を備えたもののうち、設定した測定条件を設定できるものとした。カラムは液相が5%フェニル-メチルポリシロキサンで、30 m × 0.25 mm、df = 0.25 μmとした。測定対象は、α-ムウロレン、δ-カジネン、cis-カラメネンとし、定量は内部標準法を用い、検出された測定対象物の含有量はα-セドロール当量換算しその合算値を評価対象(測定値)とした。各依頼機関から提出された結果は、試験結果に影響を与える操作上の過失があった結果を異常値として除外した後、IUPAC共同試験プロトコルに従い¹⁷⁾、Cochran検定およびSingle Grubbs検定により外れ値検定を行った。外れ値を棄却した結果から、併行標準偏差(S_r)、併行相対標準偏差(RSD_r)、室間再現標準偏差(S_R)および室間再現相対標準偏差(RSD_R)を求めた。12試験室の測定値を統計解析した結果をTable 3に示す。試験室7の異常値は外れ値検定前に除外し、Cochran検定では外れ値は検出されなかった。Single Grubbs検定では試験室11の試料Aが外れ値と判定され、統計処理から除外した。異常値・外れ値を除いた測定値から併行精度と室間再現精度を算出し、Table 3に示した。HorRat値は試料A・Bで妥当範囲(1.9、1.2)に収まったが、試料C～Fでは2.3～2.6と基準を上回った。

続いて不確かさ解析を実施した。その結果、一部の測定値は95.4%信頼区間には収まらなかったものの、99.7%信頼区間には収まっていた。Tukey-Kramer法による多重比較では、測定値にほとんど差が見られなかった試料BとCを除き有意差が認められた。不確かさ解析と多重比較の結果を総合すると、試験方法は試料間の差異を識別できる精度を有しており、一定の測定の再現性と妥当性を裏付けている。

室間共同試験に使用した試料の安定性および均質性は確認済みであり、サンプル調製の不備は認められなかった。測定値のばらつきの原因を精査した結果、GC-MS装置のメーカー間差異が一因であると推察された。これは、メーカーごとのイオン化効率、検出感度、オートチューニングのアルゴリズム、ピーク処理方法などの違いに起因する可能性がある。なお、本室間共同試験ではトータルイオンクロマトグラム(TIC)の面積を用いて定量を行ったが、今後は選択イオンモニタリング(SIM)法による定量への切り替えや、試料濃度に応じた検量線の濃度範囲の見直しを行い、測定値およびそのばらつきに与える影響を評価していく予定である。

5. おわりに

本報では、スギ材抽出成分の試験方法をJAS化するための妥当性評価として、室内試験および室間共同試

Table 3. Statistical analysis results of the interlaboratory study.

Sample	Number of valid laboratory ^a		Mean value (g/kg)	Mean value				RSD _r (%)	RSD _R (%)	Horwitz-Predicted RSD _R (%) ^b	HorRat value ^c
	(Number of excluded laboratory)			S_r	$2.8 \times S_r$	S_R	$2.8 \times S_R$				
A	10	(1)	0.841	0.025	0.071	0.094	0.26	3.0	11	5.8	1.9
B	11	(0)	1.98	0.040	0.11	0.12	0.34	2.0	6.1	5.1	1.2
C	11	(0)	2.00	0.038	0.11	0.24	0.66	1.9	12	5.1	2.3
D	11	(0)	3.92	0.13	0.35	0.46	1.3	3.2	12	4.6	2.6
E	11	(0)	4.85	0.12	0.35	0.57	1.6	2.6	12	4.5	2.6
F	11	(0)	8.07	0.25	0.69	0.83	2.3	3.0	10	4.1	2.5

S_r : Repeatability standard deviation, $2.8 \times S_r$: Repeatability limit, S_R : Reproducibility standard deviation, $2.8 \times S_R$: Reproducibility limit.

RSD_r: Repeatability relative standard deviation, RSD_R: Reproducibility relative standard deviation.

a Number of outlier laboratories excluded from the number of laboratories before outlier testing.

b Horwitz-Predicted RSD_R(%) = (Mean value $\times 2 \times 10^{-3}$)^{0.1505}

c RSD_R / Predicted RSD_R

験の結果を中心に報告した。妥当性評価の結果を総合すると、試験方法は、設定した濃度範囲での試料間の差異を識別できる精度を有しており、一定の測定の実現性と妥当性が確認できた。一方で、本試験によりいくつかの課題も明らかとなった。これらの課題について体系的な改善に取り組むことで、テルペン類分析法の信頼性と再現性をさらに向上させ、試験法の標準化へとつなげていくことができると考えられる。また、本規格を木材業界で実際に活用するためには、望ましい表示方法や利用形態の検討が必要である。今後は業界関係者へのヒアリングを通じて、規格化との整合性を図りつつ改善を重ねていく予定である。

文献：

- 1) 国土交通省住宅局：建築分野における木材利用の促進に向けた取組. 2022. 2025年9月10日参照.
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/kidukai/attach/pdf/2kaigou-2.pdf>
- 2) 林野庁：森林・林業・木材産業の現状と課題. 2017. 2025年9月10日参照.
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/rinsei/singikai/attach/pdf/170214si-10.pdf>
- 3) 農林水産省：食料・農業・農村基本計画. 2025. 2025年9月10日参照.
https://www.maff.go.jp/j/keikaku/k_aratana/attach/pdf/index-61.pdf
- 4) Sun, M., Nakashima, T., Yoshimura, Y., Honden, A., Nakagawa, T., Saijo, H., Watanabe, U., Ajimi, T., Yasunari, S., Yamada, Y., Nagano, J., Okamoto, T., Ishikawa, H., Ohnuki, K., Fujimoto, N., Shimizu, K. : Effects and interaction of different interior material treatment and personal preference on psychological and physiological responses in living environment. *J Wood Sci.*, **66**, 63 (2020).
- 5) Okamoto, T., Nakashima, T., Permana, K. E., Fadilla, Z., Watanabe, Y., Yasunari, S., Nagano, J., Fujimoto, N., Shimizu, K., Electrophysiological effects of Japanese cedarwood on sleep quality in humans. *J. Wood Sci.*, **70**, 36 (2024).
- 6) Nakashima, T., Sun, M., Honden, A., Yoshimura, Y., Nakagawa, T., Ishikawa, H., Nagano, J., Yamada, Y., Okamoto, T., Watanabe, Y., Yasunari, S., Ohnuki, K., Fujimoto, N., Shimizu, K. : Effects of volatile sesquiterpenes from Japanese cedarwood on visual processing in the human brain: an event-related potential study. *J. Wood Sci.*, **69**, 15-28 (2023).

- 7) 清水邦義, 本傳晃義, 奥田拓, 羽賀栄理子, 中島大輔, 鷲岡ゆき, 松本清, 山本篤, 吉村友里, 井隼経子, 渡邊雄一郎, 安心院剛, 安成信次, 山田祐樹, 永野純, 岡本剛, 石川洋哉, 大貫宏一郎, 藤本登留: スギの無垢材を内装に用いた室内空間における人滞在時の吸湿作用の検証. 木材工業, **73** (5), 187-192 (2018).
- 8) 小藤田久義, 藤野陽治, 佐々木達也, 長谷部真, 太田路一, 鈴木幸一: スギ樹皮の抗菌活性とその関連成分. 木材学会誌, **47** (6), 479-486 (2001).
- 9) 松本雅子, 永田真紀, 井上由佳, 伊佐亜希子, 徐燕麗, 清水邦義, 安成信次, 渡邊雄一郎: 天然乾燥スギ材の抗ウイルス効果の作用機序解明. P-02, 日本木材学会九州支部大会講演集 (2025).
- 10) 谷田貝光克, 木材と感性 4. におい感覚と木材. 材料, **46** (10), 1222-1227(1997).
- 11) 消費者庁: 機能性表示食品について. 2025年9月10日参照.
https://www.caa.go.jp/policies/policy/food_labeling/foods_with_function_claims
- 12) 農林水産省: 製材の日本農林規格. 2007. 2025年9月10日参照.
https://www.maff.go.jp/j/jas/jas_kikaku/pdf/kikaku_40.pdf
- 13) 日本集成材工業協同組合: 集成材の品質保証 JAS. 2025年9月10日参照.
<https://www.syuseizai.com/laminate03>
- 14) 谷和樹, 伊佐亜希子, 藤田弘毅, 藤本登留, 芦谷竜矢, 清水邦義: 乾燥無垢スギ材の特有抽出成分分析試験方法に関する JAS 素案作成への取り組み (第1報) 乾燥無垢スギ材に含まれる主要テルペンの GC-MS 分析. 木材学会誌, **71** (2), 67-77 (2025).
- 15) 伊佐亜希子, 谷和樹, 藤田弘毅, 藤本登留, 小藤田久義, 光永徹, 芦谷竜矢, 清水邦義: 乾燥無垢スギ材の特有抽出成分分析試験方法に関する JAS 素案作成への取り組み (第2報) 単一試験室による乾燥無垢スギ材抽出成分 (テルペン類) 試験法の妥当性確認. 木材学会誌, **71** (3), 137-146 (2025).
- 16) 伊佐亜希子, 藤田弘毅, 芦谷竜矢, 谷和樹, 小藤田久義, 井倉則之, 加藤政和, 須原弘登, 光永徹, 藤本登留, 清水邦義: 乾燥無垢スギ材の特有抽出成分分析試験方法に関する JAS 素案作成への取り組み (第3報) 乾燥無垢スギ材抽出成分 (テルペン類) 試験法の室間共同試験による妥当性確認. 木材学会誌, 印刷中.
- 17) Horwitz, W. : Protocol for the design, conduct and interpretation of method performance studies. *Pure Appl. Chem.*, **67**, 331-343 (1995).
- 18) Horwitz, W., Albert, R. : The Horwitz Ratio (HorRat): A Useful Index of Method Performance with Respect to Precision. *J. AOAC Int.*, **89**(4), 1095-1109 (2006).
- 19) Thompson, M. : Recent trends in inter-laboratory precision at ppb and sub-ppb concentrations in relation to fitness for purpose criteria in proficiency testing. *Analyst*, **125**(3), 385-386 (2000).
- 20) 農業・食品産業技術総合研究機構: III データの統計的取り扱い. 2024年8月20日参照.
https://www.naro.affrc.go.jp/org/nfri/publications/pdf/sousetsu/kanko_sou46/p027.pdf
- 21) JIS K 0123: ガスクロマトグラフィー質量分析通則. 日本規格協会 (2018).

謝辞

本研究の室間共同試験にご協力いただいた、山形大学、岩手大学、岐阜大学、九州大学の先生方、アジレント・テクノロジー株式会社、株式会社島津製作所、新川電機株式会社、国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所、宮崎県木材利用技術センター、九州大学大学院 農学研究院 研究教育支援センターの方々に謝意を表す。また、FAMIC の皆様には、本研究の遂行にあたり多大なご助言を賜った。また、本研究は、令和 3-5 年度農林水産省委託事業「JAS 等の国際標準化による輸出環境整備委託事業」にて実施した。ここに記して謝意を表す。

ミャンマー北部の露天掘り金鉱山における酸性坑廃水の現状把握および その抑制に向けた廃石の埋め戻し設計の提案

濱中晃弘, 笹岡孝司, 島田英樹

九州大学大学院 工学研究院地球資源システム工学部門

Acid Mine Drainage at an Open-Pit Gold Mine in Northern Myanmar: Geochemical Assessment and Mitigation through Backfilling Design

Akihiro Hamanaka, Takashi Sasaoka, Hideki Shimada

Department of Earth Resources Engineering, Kyushu University

Abstract

The problem of acid mine drainage (AMD) is a globally recognized environmental issue in which acidic mine water is generated through the reaction of sulfide minerals in rocks with water and oxygen, leading to the dissolution of high concentrations of metal ions that adversely affect rivers and surrounding environments. The Kyaukpahto gold mine, the focus of this study, is an open-pit operation where AMD containing arsenic has been observed to emerge from certain waste rock dump. It was also revealed that these dumps contain waste rock with potential to generate AMD. In contrast, the dump where AMD has not been observed were found to contain waste rock with acid-neutralizing capacity. In this study, we focused on a method to mitigate AMD and metal ion release by covering AMD-generating waste rock with neutralizing waste rock or layered backfilling scenario. Laboratory column leaching tests were conducted to investigate optimal backfilling design strategies. The results indicate that applying a backfilling design in which neutralizing waste rock is placed both as a cover and in the lower layers of arsenic-rich waste rock can effectively suppress arsenic leaching.

キーワード：酸性坑廃水, ヒ素, 金鉱山, 廃石

1. 緒言

鉱山における重大な環境問題の一つとして、岩石中に含まれる硫化鉱物と水・酸素が反応することで廃水の酸性化が引き起こされる酸性坑廃水（Acid Mine Drainage；以下 AMD）問題がある。AMD 問題とは、鉱山において岩石中に含まれる硫化鉱物と水・酸素が反応することで酸性化が引き起こされた鉱山廃水によって、高濃度の金属イオンが溶出し、河川や周辺環境に影響を与える世界的にも認識されている重大な環境問題である。鉱山における AMD の発生場所としては廃石の堆積場、選鉱後の廃滓、露天掘りのピット内、終掘後の坑内掘り鉱山の坑道などが挙げられるが、露天掘りにおいて、一般に生産量の 10 倍にも及ぶ剥土量（剥土比）の廃石が発生し、その廃石が堆積場に裸地状態のまま堆積・廃棄されていることを考慮すれば、廃石の堆積場は大きな AMD 発生源であると認識される。鉱山内で発生する AMD の対策法としては、Fig. 1 に示すような排水の集水処理法（Collection and Treatment）、硫化物酸化抑制法（Controls on Sulfide Oxidation）、受動的水質改善法（Passive Remediation Techniques）に大別される^{1,2)}。現在、我が国においても休廃止鉱山より AMD が発生しており、主に排水の集水処理法として中和剤の添加により対策を講じているが、AMD

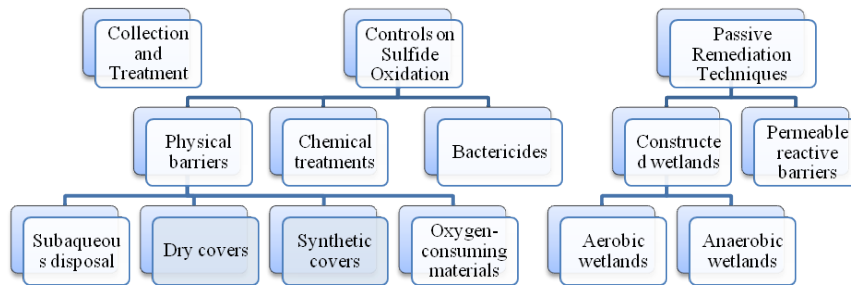


Fig 1. Classification of AMD countermeasures

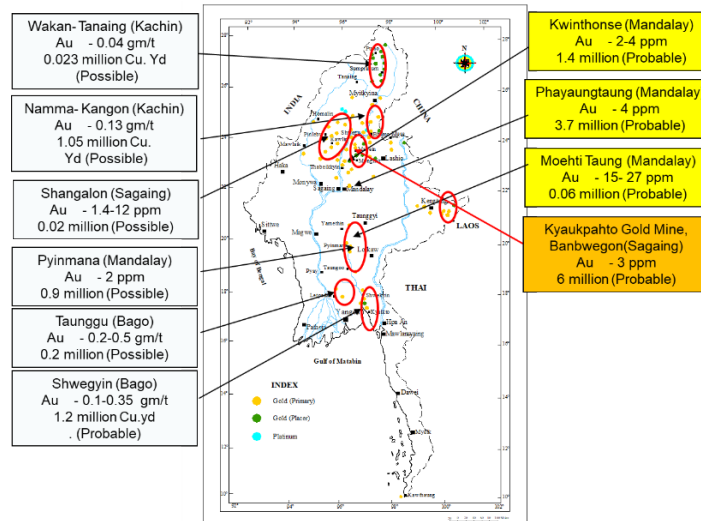


Fig 2. Distribution of gold deposits in Myanmar³⁾

が長期的に発生する問題であることを考慮すれば、排水の集水処理法は経済的に不利な手法であると考えられる。すなわち、終掘後も AMD の発生を防止するためには、鉱山開発の早い段階で鉱山開発終了後の長期間を見据えた硫化物酸化抑制法などの AMD の発生源対策を事前に講じる必要がある。

一般に、AMD の特性は岩石に含有されている鉱物、気候条件、水理状況などに左右されるため鉱山現場によってその特性は異なり、現場特有のものとなるが、金鉱山においては、岩石中に含有される硫砒鉄鉱の反応により溶出するヒ素が大きな問題となることがある。ミャンマーでは、Fig. 2 に示すように多数の金鉱床の存在が確認されており³⁾、ミャンマー北部の地域では浅熱水金鉱床を対象とする金鉱山が存在する。現在、ミャンマーでは多数の露天掘り鉱山が開発され、また開発が計画されている。その一方で、一部の既開発鉱山において AMD 発生に関する情報があるが、同国において AMD に関して調査、研究された例はほとんどなく、その発生状況や発生源について把握されていない。

以上より、本研究では、ミャンマー最大の露天掘り金鉱山であり浅熱水鉱床を呈する Kyaukpahto 金鉱山を研究の対象とし、本鉱山における AMD 発生に関する現状把握および AMD 発生に起因する根源岩の特定を行うとともに、AMD 対策法として本鉱山における廃石の特性を考慮した埋め戻し方法に関して種々検討を行った。

2. Kyaukpahto 金鉱山における AMD 発生の根源岩の特定

2.1. 現場概要

Kyaukpahto 金鉱山はミャンマー北部に位置し、1981 年より探査が開始され、1991 年より採掘が開始されたミャンマーで最初の露天掘り金鉱山である。鉱山開発当初の可採鉱量は 371 万トンであり、浅熱水性鉱脈であることから平均品位 2.11 ppm という低品位の金鉱石をカットオフ品位 0.3 ppm で採掘している。2017

年までに 5.0 トンの金を生産しており、現状の採掘計画では残りの可採年数は 5～7 年と推定されている。鉱内にピットは 1 つしか存在しておらず、その剥土比は 1:2.5 であり、ベンチ高さ 10 m、犬走り 10～20 m、ベンチ傾斜 70°、ピット平均傾斜 45° の形状で、最大のピット深度は 80 m である。Kyaukpahto 金鉱山では、カットオフ品位以下（現在では 0.3 ppm）の低品位鉱とそれ以外の廃石を別々の廃石堆積場（C 地点、E 地点）に埋め戻しをしている（Fig. 3）。

2.2. 水質調査

Kyaukpahto 金鉱山における AMD の発生状況を調査するため、Fig. 4 に示すように採掘ピット内（A 地点）、近隣の湖（B 地点）、低品位鉱の廃石堆積場（C 地点）、周辺の集落（D 地点）、低品位鉱以外の廃石堆積場（E 地点）、鉱滓ダム（F 地点）より廃水試料を採取し、pH 計測、ICP-MS による溶出金属イオン分析を行った。Table 1 に水質分析結果を示す。同表より、採掘ピット内および低品位鉱の廃石堆積場の水に AMD の発生が原因と推定される pH = 2 程度の強酸性を示し、ミャンマーにおける水質基準⁴⁾を大幅に超える鉄、ヒ素が溶出した酸性水が確認された。また、AMD が発生する場合に一般に溶出が確認されるアルミニウムも溶出していることがわかる。既往の研究³⁾において、本鉱山の金の生成過程を検討するにあたり、岩石中に黄鉄鉱（FeS₂）、硫砒鉄鉱（FeAsS）、黄銅鉱（CuFeS₂）の含有が確認されており、これらの硫化鉱物が水と酸素と反応することで AMD を発生した可能性がある。その一方で、近隣の湖や周辺の集落における水質の影響は限定的であることも確認され、現状では水質汚染は露天掘り鉱山内に留まっていることも確認された。

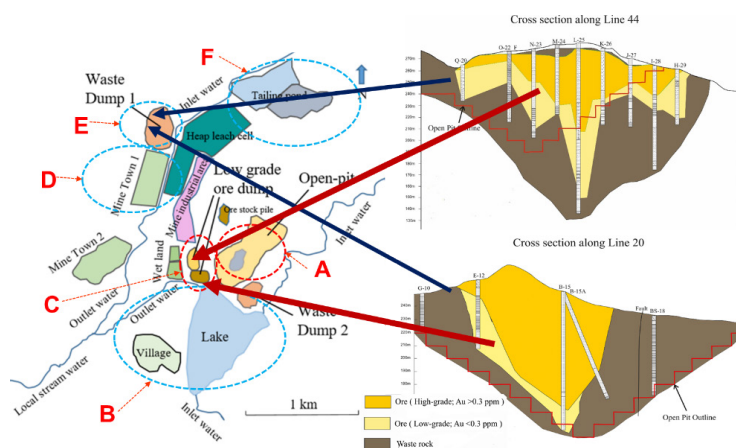


Fig 3. Backfilling of low-grade ore and waste rock at the Kyaukpahto Gold Mine

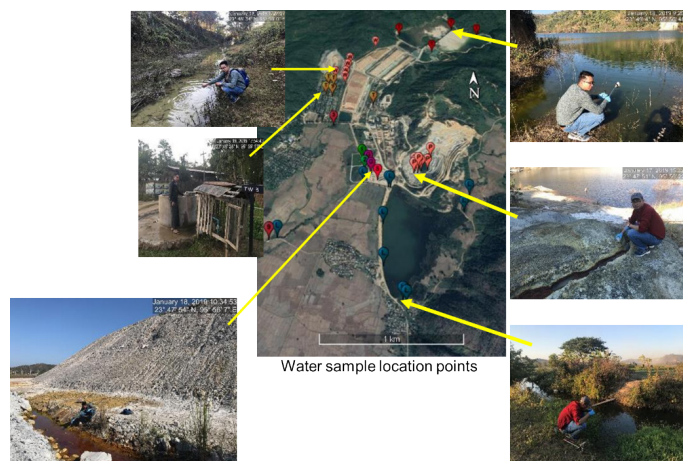


Fig 4. Water sampling location

Table 1. pH and chemical concentrations (mg/L) in water samples from the research area

	Sample	pH	Al (mg/L)	Fe (mg/L)	As (mg/L)
Open pit	A-1	2.6	370	9519	373.4
	A-2	7.2	57	232	3.7
Lake	B-1	7.6	1	1	0.0
	B-2	7.9	1	1	0.0
Low grade ore dump	C-1	1.5	1449	5586	132.5
	C-2	2.5	234	539	1.5
Town water	D-1	8.6	2	1	0.0
	D-2	8.4	1	0	0.0
Waste dump	E-1	5.2	34	12	0.1
	E-2	8.2	24	13	0.0
Tailing dam	F-1	5.0	4	4	0.0
	F-2	4.9	5	2	0.1
	Standard ⁴⁾	6-9	-	2	0.1

これは、同鉱山では酸性水が確認された場所において、中性化のための石灰添加や薬剤やエネルギーをかけずに自然の原理にならって坑廃水を処理する人工湿地といった水処理対策が導入されているためであると考えられる。しかしながら、世界的な金価格の上昇に伴う今後の鉱山開発の拡大も、同鉱山において検討されていることから、持続的な AMD 抑制に向けた発生源対策を講じる必要があると考えられる。

2.3. 廃石の地化学分析

AMD 発生の根源岩を特定するために、採掘ピット内 (A 地点) およびそれぞれの廃石堆積場 (C 地点、E 地点) より岩石試料を採取し、岩石の地化学分析として、NAG 試験、Paste pH 試験、ANC 試験、XRF 分析を行うことで地化学的分類を行った⁵⁻⁷⁾。Fig. 5 に地

化学分析により得られた岩石の地化学的分類結果を示す。同図において、NAG pH とは岩石試料に過酸化水素水を加えることで試料中に含まれる硫化鉱物の反応後の pH を示すものであり、NAPP とは岩石の酸の発能力および緩衝能力の理論上のバランスを表すものであり、NAPP 値が正であれば酸性水発生の可能性を示し、負であれば酸性水を中和する能力を有することを示す。地化学的分類では、NAG pH が 4.5 以下かつ NAPP > 0 である場合、酸性水の発生が懸念される PAF に分類され、NAG pH が 4.5 以上かつ NAPP < 0 である場合、酸性水の発生の可能性が低い NAF に分類され、それ以外の場合 UC と分類される⁸⁾。Fig. 5 に示す結果より、A 地点および C 地点で採取された岩石試料の多くは PAF と分類され、E 地点で採取された岩石試料は NAF や UC と分類されていることが分かる。すなわち、カットオフ品位以下の低品位鉱からの AMD の発生がより顕著に認められることから、本鉱山における AMD 発生の根源岩は低品位鉱であると考えられる。また、Table 2 の XRF 分析により PAF と分類された試料において多量のヒ素の含有が確認されており、

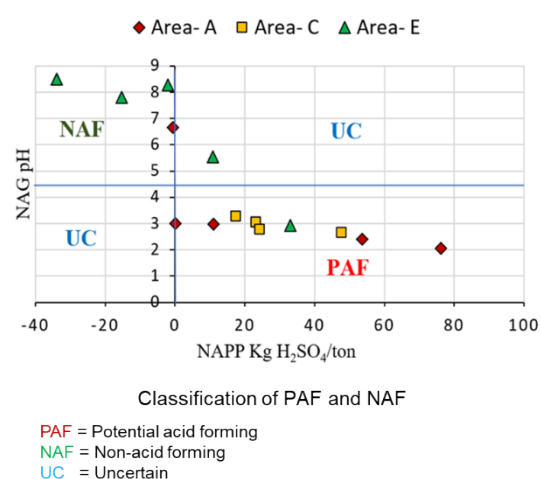


Fig 5. Geochemical classification of rock samples collected from Kyaukpahto gold mine. PAF-potential acid-forming rocks; NAF-Non Acid-forming rocks; UC-Uncertain rocks.

Table 2. XRF analysis results of analyzed samples from the Kyaukpahto gold mine area.

Location	Sample ID	SiO ₂ mass %	Al ₂ O ₃ mass %	FeO mass %	MgO mass %	CaO mass %	S mass %	As ppm	Geochem Class
Area – A (Open-pit)	OP-1	93.4	2.9	0.9	0.1	0.0	0.39	5,691	PAF
	OP-2	78.8	10.1	2.3	0.4	0.0	1.82	852	PAF
	OP-3	74.0	9.5	4.6	0.4	0.0	2.59	23,524	PAF
	OP-4	60.0	17.6	5.7	3.3	0.8	0.63	95	NAF
	OP-5	80.0	9.5	1.9	0.7	0.1	0.87	2,967	PAF
Area – C (Low grade ore dump)	LG-1	87.3	7.0	0.7	0.2	0.0	0.60	169	PAF
	LG-2	80.9	7.9	1.7	1.1	0.1	0.91	1,354	PAF
	LG-3	62.5	12.8	6.6	3.5	1.3	2.27	612	PAF
	LG-4	86.0	5.5	2.0	0.4	0.0	1.12	5,941	PAF
	LG-5	37.6	5.3	17.1	3.9	5.5	9.74	2,839	UC
Area – E (Waste dump)	WD-1	67.2	12.8	4.4	1.4	2.3	2.04	404	UC
	WD-2	67.3	13.5	4.0	2.2	2.7	0.71	90	NAF
	WD-3	57.8	17.5	7.2	5.3	1.2	0.13	67	NAF
	WD-4	85.6	6.4	1.5	0.4	0.1	0.98	356	PAF
	WD-5	42.5	9.3	8.2	6.7	12.0	0.85	434	NAF

ヒ素溶出に対する対策が必要であることが指摘される。その一方で、NAF および UC と分類された試料のマグネシウム含有量、カルシウム含有量は他の試料と比較して大きいことから、酸緩衝作用を有する炭酸塩鉱物が含有されていると推察される。さらに、Fig. 6 に示す Paste pH とは岩石試料に水を加えた時の pH のことであり、現状での酸性水化を予測する指標であるが、NAF および UC と分類された試料は NAG pH と Paste pH の差が小さいことから、酸性水を発生することなく、AMD 抑制のための埋め戻し材料として有用であると考えられる。

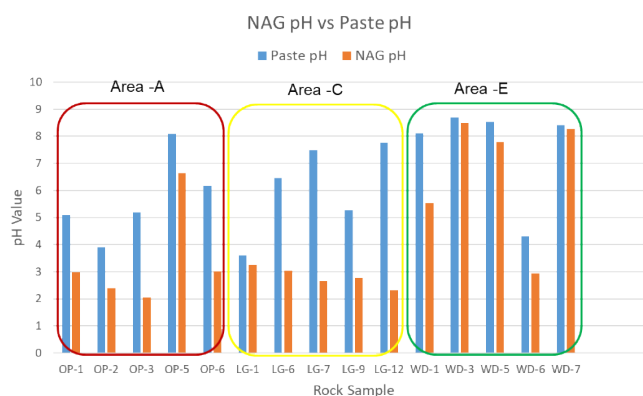


Fig 6. The relationship between NAG pH and Paste pH

3. 廃石の埋め戻し設計に関する検討

3.1. カラム通水試験

前章より、Kyaukpahto 金鉱山では、カットオフ品位以下の低品位鉱が AMD の根源岩であり、ヒ素溶出に対する対策が必要であることが指摘されるとともに、NAF および UC と分類された試料は酸性水を発生することなく、炭酸塩鉱物による酸緩衝作用が期待されることが分かった。そこで、本鉱山における AMD 抑制のための廃石の埋め戻し設計を検討するために、カラム通水試験を行った。

Fig. 7 にカラム試験の概要を示す。まず、カラムの底に湿らせたろ紙を入れ、その上に緩衝材として直径約 1 mm のガラスビーズを入れた。その後、各カラムに 1 ~ 2 mm に粒径を調整した岩石試料 (Table 3) を Fig. 8 に示す設計条件で充填した。脱イオン水 150 mL を各カラム上部から通水し、カラム底部から浸透水

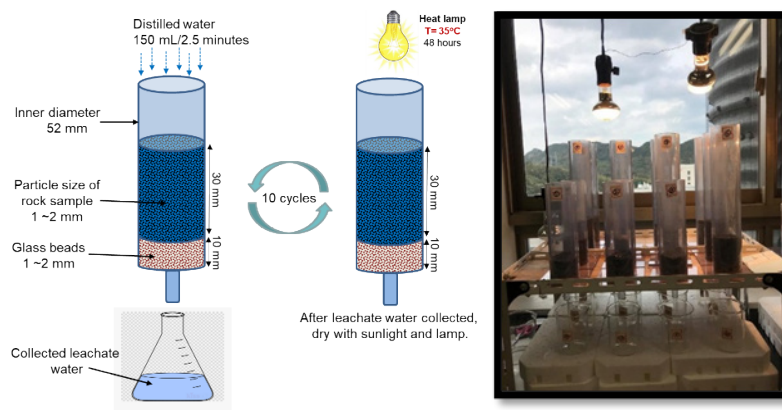


Fig 7. Outline of column leaching test

Table 3. Geochemical characteristics of waste rock for column leaching test

Sample	Paste pH	NAG pH	Total S mass %	MPA	ANC kg H ₂ SO ₄ / ton	NAPP	MgO mass %	CaO mass %	As ppm
PAF	5.3	2.8	1.1	34.3	10.7	23.6	0.4	0.0	5941
NAF	8.4	8.3	0.9	26.0	28.1	-2.1	6.7	12.0	434

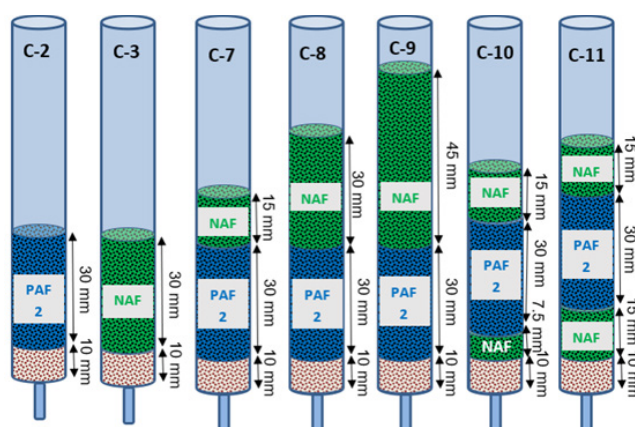


Fig 8. Design of column leaching test

を回収した。通水終了後 48 時間乾燥させた。以上の手順を 1 サイクルとし、これを 10 サイクル繰り返した。また各通水サイクルにおける溶出水について、pH および ICP-MS による溶出金属イオン分析を行った。また、C-10, 11 に関しては下層の NAF に対して SEM-EDX 分析により試料表面の元素分析を行った。

3. 2. 結果および考察

Fig. 9 (a) ~ (c) にカラム通水試験による pH、EC、金属イオン溶出濃度結果を示す。まず、PAF 単層である C-2 の浸出水は、pH = 4 程度の酸性を示しており、溶出金属イオンも他のカラムと比較して多いことがわかる。その一方で、NAF 単層である C-3 の浸出水は、pH = 7 程度の中性を示しており、金属イオンもほとんど溶出していないことがわかる。覆土工法を模擬した上層のみに NAF を埋め戻した C-7 ~ 9 の浸出水は層厚にかかわらず、pH = 6 ~ 9 の水質基準⁴⁾を満たしており、覆土工法適用による pH の改善効果が確認される。しかしながら、ヒ素の溶出に着目すると多少の溶出抑制は可能であるものの、水質基準の 10 倍の量である 1.0 ppm を超える溶出が確認され、効果的な改善が認められない。そこで、上層のみならず下層に

も NAF を敷いた C-10、11 の浸出水に着目すると、ヒ素の大幅な溶出抑制が確認されることがわかる。

ここで、覆土工法の適用による溶出金属イオンの低減率として Cover efficiency⁹⁾ を(1)式のとおり定義する。

$$\% \text{Efficiency}_{\text{component}} = \{1 - (\text{Mass}_{\text{component}} \text{ leachate test column}) / (\text{Mass}_{\text{component}} \text{ control column})\} \times 100 \quad (1)$$

Table 4 に示す結果より、下層に NAF を敷いた C-10、11 において、他のカラムと同等あるいは少量の NAF を用いているにもかかわらず、鉄、ヒ素のどちらの金属イオンの溶出も抑制されていることがわかる。そこで、Fig. 10 (a) ~ (c) に示すように、C-3, 10, 11 の下層の NAF に対して SEM-EDX 分析を行ったところ、Table 5 に示すように NAF 単層である C-3 と比較して C-10、11 において多量の鉄、ヒ素が確認された。すなわち、PAF 下層に埋め戻した NAF においてヒ素の吸収および水酸化鉄としての共沈が促進されたこと

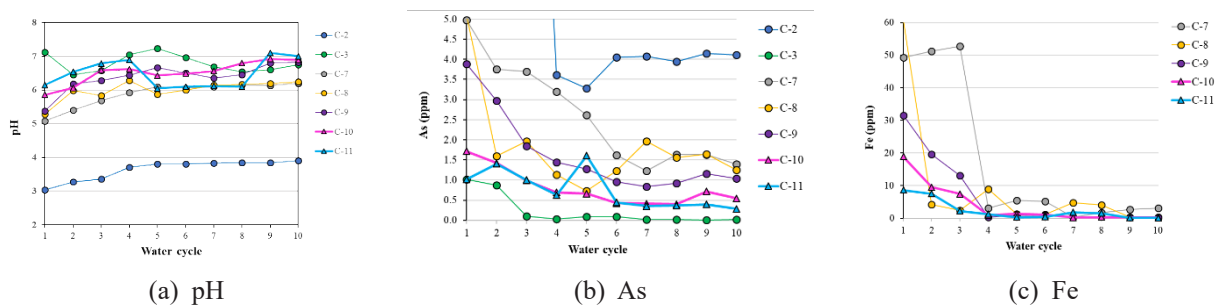


Fig 9. Results of the column leaching test

Table 4. Cover efficiency

Column No.	PAF (mm)	NAF (mm)	Cover Efficiency (%)	
			As	Fe
7	30	15	69.8	59.6
8	30	30	75.9	78.6
9	30	45	76.6	83.0
10	30	22.5	83.4	88.8
11	30	30	82.9	92.2

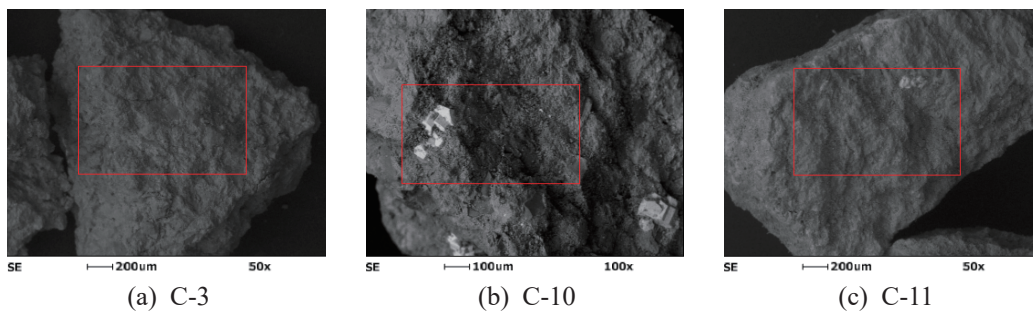


Fig 10. Results of the SEM-EDX

Table 5. Composition of metals in NAF

	Mg (wt %)	Al (wt %)	Ca (wt %)	Fe (wt %)	As (wt %)
C-3	1.9	13.7	3.4	3.8	0.3
C-10	3.2	7.4	8.7	7.6	0.8
C-11	2.8	9.5	9.8	9.4	1.3

により、ヒ素の溶出が大幅に低減されたと考えられる。

以上より、PAF より高濃度のヒ素の溶出が懸念される場合、下層に NAF を埋め戻すことにより、効果的なヒ素の溶出低減が可能であることが明らかとなった。

4. 結 言

本研究ではミャンマー北部の Kyaukpahto 金鉱山における AMD 発生の根源岩の特定および AMD 対策としての廃石の埋め戻し設計を検討することを目的として現場調査およびカラム通水試験を行った。その結果、カットオフ品位以下の低品位鉱が本鉱山における AMD 発生の根源岩であることが特定され、多量のヒ素の含有も確認された。また、本鉱山内には炭酸塩鉱物による酸緩衝作用が期待される廃石も存在することが示された。さらに、カラム通水試験の結果より、低品位鉱より高濃度ヒ素の溶出が懸念される場合、酸緩衝能力の大きな NAF を PAF の上層への覆土のみならず下層にも埋め戻すことにより、PAF 下層に埋め戻した NAF においてヒ素の吸収および水酸化鉄としての共沈が促進され、ヒ素の溶出を大幅に低減できることが明らかとなった。すなわち、ヒ素を多量に含む PAF は従来の覆土工法のみではヒ素溶出抑制が困難であるため、下層に NAF を敷くことによるヒ素溶出抑制などの対策が必要である。

謝辞

本研究における XRF 分析には九州大学中央分析センターのエネルギー分散型蛍光 X 線分析装置 (EDX-7000) を、ICP-MS 分析には九州大学中央分析センターの誘導結合プラズマ質量分析装置 (Agilent7900) を、SEM-EDX 分析には九州大学中央分析センターの低真空高感度走査電子顕微鏡 (SU3500) を利用いたしました。また、本研究はアジア・オセアニア研究教育機構 (Q-AOS) のご支援、ご協力を受けております。関係各位に、厚くお礼申し上げます。

参考文献：

1. Blowes, D.W., et al., 9.05 - The Geochemistry of Acid Mine Drainage, in Treatise on Geochemistry, H.D. Holland and K.K. Turekian, Editors. 2003, Pergamon: Oxford. p. 149-204.
2. Park, I., et al., A review of recent strategies for acid mine drainage prevention and mine tailings recycling. Chemosphere, 2019. 219: p. 588-606.
3. Swe, Y.M., et al., Gold mineralization at the Kyaukpahto mine area, northern Myanmar. Resource Geology, 2004. 54(2): p. 197-204.
4. MNEQ, "Myanmar National Environmental Quality guidelines for ore and minerals extraction", Ministry of Natural Resources and Environmental Conservation, Myanmar, pp.70-71, 2015.
5. AMIRA., ARD Test Handbook. Project P387A. Prediction and Kinetic Control of Acid Mine Drainage. 2002, Melbourne, Australia: AMIRA International Limited.
6. Sobek, A., et al., Field and Laboratory Methods Applicable to Overburden and Mine Soils., U.S.E.P. Agency, Editor. 1978: Washington, D.C.
7. Skousen, J.G., P.F. Ziemkiewicz, and L.M. McDonald, Acid mine drainage formation, control and treatment: Approaches and strategies. Extractive Industries and Society-an International Journal, 2019. 6(1): p. 241-249.
8. "Miller, S., A. "Robertson, and T. "Donahue, Advances in acid drainage prediction using the net acid generating (NAG) test. 1997, Canada: ; CANMET, Natural Resources Canada, Ottawa, ON (Canada). Medium: X; Size: pp. 533-549.
9. Demers, I., et al., Column test investigation on the performance of monolayer covers made of desulphurized tailings to prevent acid mine drainage. Minerals Engineering, 2008. 21(4): p. 317-329.

凝集沈殿法を用いた廃液からの核燃料物質の除去試験

本多史憲¹, ルーシー・シフネロバー², 松石武¹, 檜山敏明³

¹九州大学アイソトープ統合安全管理センター

²チェコ工科大学核化学/物理工学部

³九州大学アイソトープ統合安全管理センターアドバイザー

Removal of the nuclear fuel materials from waste liquid using flocculation and precipitation method

Fuminori Honda¹, Lucie Sifnerova², Takeru Matsuiishi¹, and Toshiaki Hiyama³

¹Central Institute of Radioisotope Science and Safety, Kyusyu Univ.

²Faculty of Nuclear Sciences and Physical Engineering, Czech Technical Univ.

³Central Institute of Radioisotope Science and Safety, Kyusyu Univ. (Advisor)

Abstract

The treatment of uranium-containing liquid waste is an important issue at facilities handling small quantities of nuclear fuel materials, where long-term on-site storage is often unavoidable. An effective and simple treatment method is therefore required to reduce the risks associated with liquid waste.

In this study, the applicability of a polysilicate iron coagulant (PSI) for uranium removal was investigated. Cold tests were conducted using aqueous solutions of cerium acetate and cerium nitrate as non-radioactive surrogates to evaluate coagulation behavior and pH dependence. Two PSI types with different iron contents were examined. Hot tests were subsequently performed using actual uranium-containing waste solutions stored at a small-scale nuclear fuel material handling facility, and residual uranium concentrations were evaluated by α/β scintillation counting.

The results showed that PSI significantly enhanced coagulation and precipitation at lower pH values compared with pH adjustment alone. In the discharge-relevant pH range of 7–8, effective uranium removal was achieved, and the residual concentration was reduced below the regulatory limit of 0.02 Bq/cm³. These results demonstrate that PSI-based coagulation–precipitation is an effective method for treating uranium-containing liquid waste.

1. はじめに

放射能を有するウランは、原子力発電における重要な燃料として利用されている。ウランは鉱山から採掘された後、精錬を経て、核燃料として使用するためにウラン 235 の濃度を高める濃縮処理が施される。これらの工程や、実際に核燃料として使用された後には、多様な廃棄物が発生する。廃棄物にはウランをはじめとするアクチノイド元素や放射性同位元素が含まれるため、生物（人間を含む）への被ばくや環境影響の観点から、その量、保管方法、保管場所について厳格かつ体系的な管理が求められている。しかし、放射能の強さや半減期の長さといった特性から、廃棄物の処理、保管、最終処分には依然として多くの課題が残されている。

一方、原子力発電ほどの規模ではないものの、ウランは工業製品やガラス製品の製造、さらには研究用途においても広く利用されている。例えば、磁性や超伝導などの新奇電子物性研究、錯体や触媒などの溶液化

学研究や電子顕微鏡観察における細胞のネガティブ染色などが挙げられる。実験室レベルで使用されるウランの量は少量であるが、廃棄物の形態は多様であり、水溶液や酸性溶液として廃液が残る場合も少なくない。現在の日本においては、こうした少量の核燃料物質を含む廃棄物を受け入れる公的な処理機関が存在しないため、廃液や固体廃棄物は使用施設内の貯蔵庫において長期間保管される状況が続いている。

これらの廃液は、通常ガラス製あるいはプラスチック製容器に密封して保管されているが、容器の経年劣化や破損により、放射性物質を含む溶液が漏えいする事故が発生することがある。特に液体廃棄物の漏えいは、固体廃棄物と比べて汚染範囲が広がりやすく、床材への浸透などにより除染作業が困難となる。また、二次廃棄物の発生量も大幅に増加するため、管理上の重大な問題となる。このようなリスクに対する有効な初期対応策の一つが、廃液中のウランなどの放射性物質を分離・回収し、固体化する処理方法である。この処理により、管理負担の軽減に加え、容器破損等に伴う漏えいリスクを大幅に低減することが可能となる。

ウランを含む無機廃液からのウラン分離には、一般に溶媒抽出法やイオン交換法が用いられている。これらの手法は高い分離性能を有する一方で、処理時間が長く、二次廃棄物が多量に発生するという課題がある。そのため、実験室レベルで使用された少量の核燃料物質を含む、大量かつ低濃度の廃液処理には、必ずしも最適な方法とは言い難い。

廃液処理の手法としては、水中に含まれる重金属等の不純物を除去する方法として凝集沈殿法が広く用いられている。現在の水処理ではポリ塩化アルミニウム（PAC）凝集剤が一般的であるが、アルミニウムによる環境負荷や排出基準への対応が課題となる。また、核燃料物質取扱施設では排水を比較的長期間タンクに貯留する場合があるため、貯留槽等の腐食を極力回避する観点から、塩化物系凝集剤は必ずしも最適とは言えない。そこで、本研究では環境負荷が低く、近年広く採用されつつあるポリシリカ鉄凝集剤（PSI）に着目した。PSIは鉄（Fe）とシリカ（SiO₂）を主成分とする高性能凝集剤であり、ウランを含む廃液処理においても、処理後の排水が水質基準を満たす性能を有すると期待される。

九州大学核燃料物質取扱施設では、既にポリシリカ鉄凝集剤を用いた酢酸ウラニル水溶液の処理実験が実施され、その結果および廃液処理への適用可能性について報告がなされている^[1]。本研究では、これらの結果を補完することを目的として、非放射性物質を用いたコールド試験および異なる凝集剤条件での試験を実施した。さらに、酢酸ウラニル水溶液に加え、少量核燃料物質取扱施設で使用される硝酸ウラニル水溶液を対象とした試験を行い、加えて複数の廃液が混合された実際の廃液に対する凝集沈殿試験を実施した。

2. 実験方法

ポリシリカ鉄凝集剤（PSI）のアクチノイド元素に対する凝集沈殿性能を評価し、最適条件を検討するため、まず非放射性元素であるセリウムを用いたコールド試験を実施し、その後、ウランを含む廃液を用いたホット試料での試験を行った。

コールド試験では、酢酸セリウム（Ce(CH₃COO)₃）および硝酸セリウム（Ce(NO₃)₃）の水溶液を調製し、試験溶液とした。溶液のpH調整には水酸化ナトリウム水溶液を用いた。試験後の溶液中のセリウム濃度は、中央分析センターに設置されたエネルギー分散型蛍光X線分析装置（EDX-7000、株式会社島津製）を用いて測定した。濃度評価は、既知濃度の標準溶液を複数用いて作成した校正曲線に基づく検量線法により行った。

ホット試料試験では、ウランを含む廃液を対象とし、処理前後の溶液中の放射能濃度を、シンチレーション式 α ・ β 線放射線測定器（JDC-5300、日立アロカ製）を用いて測定した。

本研究では、鉄およびシリカの含有量が異なる2種類のポリシリカ鉄凝集剤、PSI-010（Fe 4 wt%）およびPSI-025（Fe 6 wt%）を使用した。凝集沈殿処理に先立ち、溶液を均質化する目的で、全ての試験溶液をシェーカーにより24時間攪拌混合した。その後、所定量の凝集剤を添加し、pH調整、攪拌、遠心分離を行った上で、上澄み液の成分分析および放射能測定を実施した。

3. 実験結果

3.1. コールド試験（セリウム水溶液）

電子顕微鏡観察における細胞染色などに使用される酢酸ウラニル水溶液は、一般に酢酸ウラニル ($\text{UO}_2(\text{CH}_3\text{COO})_2$) またはその水和物を水に溶解し、1-5 wt% 程度の濃度で調製される。これらの溶液は黄色を呈し、使用量が極めて少ないため、数十 mL 程度の溶液が長期間保管されることが多い。

本研究では、PSI の凝集沈殿性能を評価するため、ウランの模擬物質として酢酸セリウムおよび硝酸セリウム水溶液を用いた。セリウムがウランの完全な代替物質であるとは限らないものの、f 電子系元素であり、水溶液中での凝集沈殿挙動の比較対象として妥当であると考えられる。

Fig.1(a) に、硝酸セリウム水溶液における pH 調整による沈殿生成の様子を示す。ここで一番左は pH = 4.9、右に行くとともに pH は増え、一番右は pH = 12.9 である。水酸化ナトリウム水溶液を用いて pH を上昇させると、pH = 7 付近から水酸化セリウムの生成に伴う沈殿が観察され、溶液は懸濁状態となった。さらに pH が 12 を超えると、より濃い黄色の沈殿が形成された。

Fig.1(c) および Fig.1(d) は、それぞれ酢酸セリウムおよび硝酸セリウム水溶液における上澄み液中のセリウム濃度の pH 依存性を示したものである。ここで、○印は凝集剤を添加していない条件での結果を示す。凝集剤を用いない場合、酢酸セリウム溶液では pH = 11 付近、硝酸セリウム溶液では pH = 7 付近から溶液中のセリウム濃度の低下が確認され、pH の上昇とともにほぼバックグラウンドレベルまで減少した。

次に、PSI-010 および PSI-025 を試験溶液に 1 vol% 添加し、pH 調整後に十分な攪拌および遠心分離を行った。Fig.1(b) に示すように、pH の上昇（左→右）に伴い溶液の懸濁は解消され、沈殿の形成が確認された。Fig.1(c) および Fig.1(d) において、■および▲はそれぞれ PSI-010 および PSI-025 を使用した場合の結果を示している。いずれの凝集剤においても、pH = 5 未満の領域から沈殿生成が始まり、酢酸セリウムでは pH = 10 以上、硝酸セリウムでは pH = 7 未満で顕著な除去効果が確認された。排水に適するとされる pH = 7-8 付近においては、PSI-025 の方が高い除去率を示した。

また、形成されたフロックの沈降挙動を比較したところ、PSI-010 を用いた場合は PSI-025 に比べて沈降およびろ過に要する時間が長く、より微細なフロックが形成されていることが示唆された。ただし、遠心分離を併用することで、いずれの凝集剤においても分離時間を大幅に短縮できることが確認された。

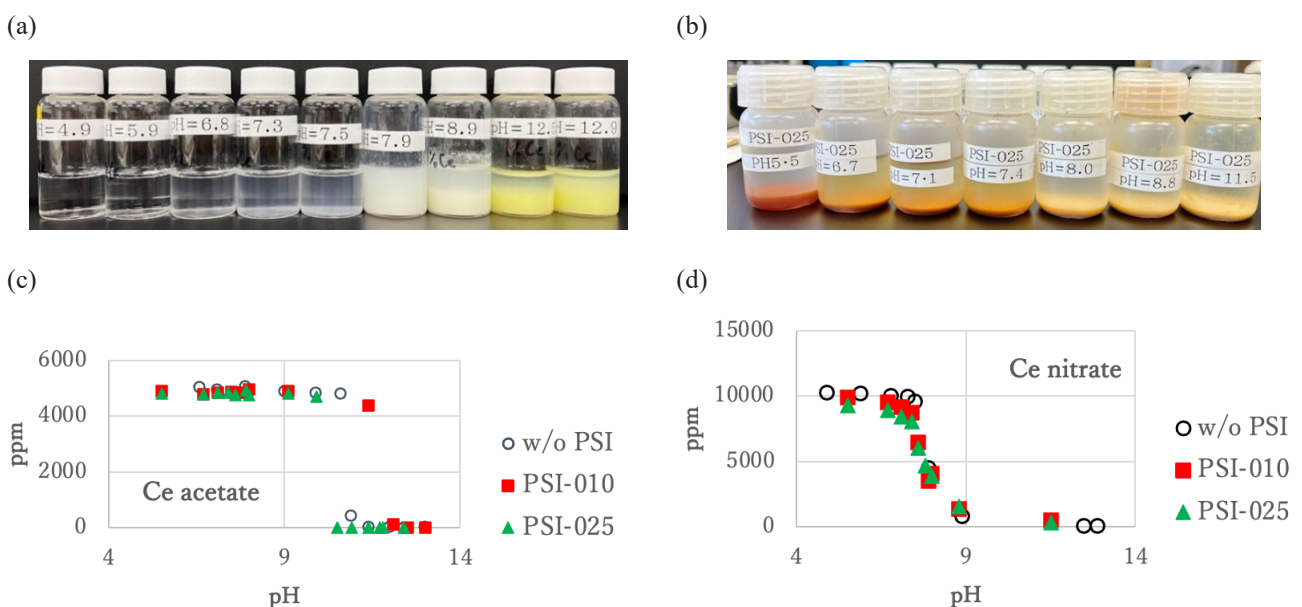


Fig 1. Precipitation of cerium nitrate by adjusting pH (a) without PSI and (b) with PSI-025, and the comparison of the Ce concentration by pH adjustment alone and flocculation precipitation with adding PSI in (c) Ce acetate and (d) Ce nitrate solutions.

3.2. ホット試験（ウラニル水溶液）

コールド試験の結果を踏まえ、実際のウランを含む廃液を用いた試験を行った。試験に使用した廃溶液は、九州大学内の少量核燃料物質取扱施設において長期間保管されていたものであり、使用履歴の記録および関係者への聴取により、酢酸ウラニル水溶液（天然ウラン含有）、硝酸ウラニル（劣化ウラン含有）であることが確認されている。溶液中の放射能濃度はシンチレーション式 $\alpha\cdot\beta$ 放射線測定器を用いて測定した。なお、長期保管に伴い若干の濃度の変化は認められたものの、記録と整合する範囲であり、保管状態に重大な問題は認められなかった。

Fig.2(a)に、酢酸ウラニル水溶液におけるpH調整による沈殿生成の様子を示す。pHの上昇（左→右）に伴い一旦沈殿が生成し溶液は透明化するが、特定のpH範囲において再び懸濁が生じ、その後、より濃い沈殿が形成された。これは、pHの上昇により一時的に可溶性の水酸化ウラニルが生成することに起因すると考えられる。

Fig.2(b)は、酢酸ウラニル水溶液の上澄み液における放射能濃度のpH依存性を示したものである。○印は凝集剤を使用していない場合、■および▲はそれぞれPSI-010およびPSI-025を使用した場合の結果を示す。凝集剤を用いない条件では、pHの上昇に伴い放射能濃度が一旦低下した後、pH = 8付近から再び増加する挙動が確認された。一方、PSIを使用した場合、排水に適するpH = 7-8の範囲において、溶液中のウラン濃度は原子力規制委員会が定める廃液中の濃度限度（0.02 Bq/cm³）を十分に下回った。

さらに、酢酸ウラニル水溶液についても、PSI-025を用いて同様の試験を実施した。Fig.2(c)に凝集沈殿後の溶液の様子を、Fig.2(d)に放射能濃度のpH依存性を示す。凝集剤を使用しない条件では、pH = 5付近から沈殿生成と放射能濃度の低下が観察された。PSI-025を用いた場合も同様にpH = 5付近から沈殿生成と放射能濃度の低下が観察され、pH = 7以上において溶液中のウラン濃度を排出基準以下まで低減できることが確認された。

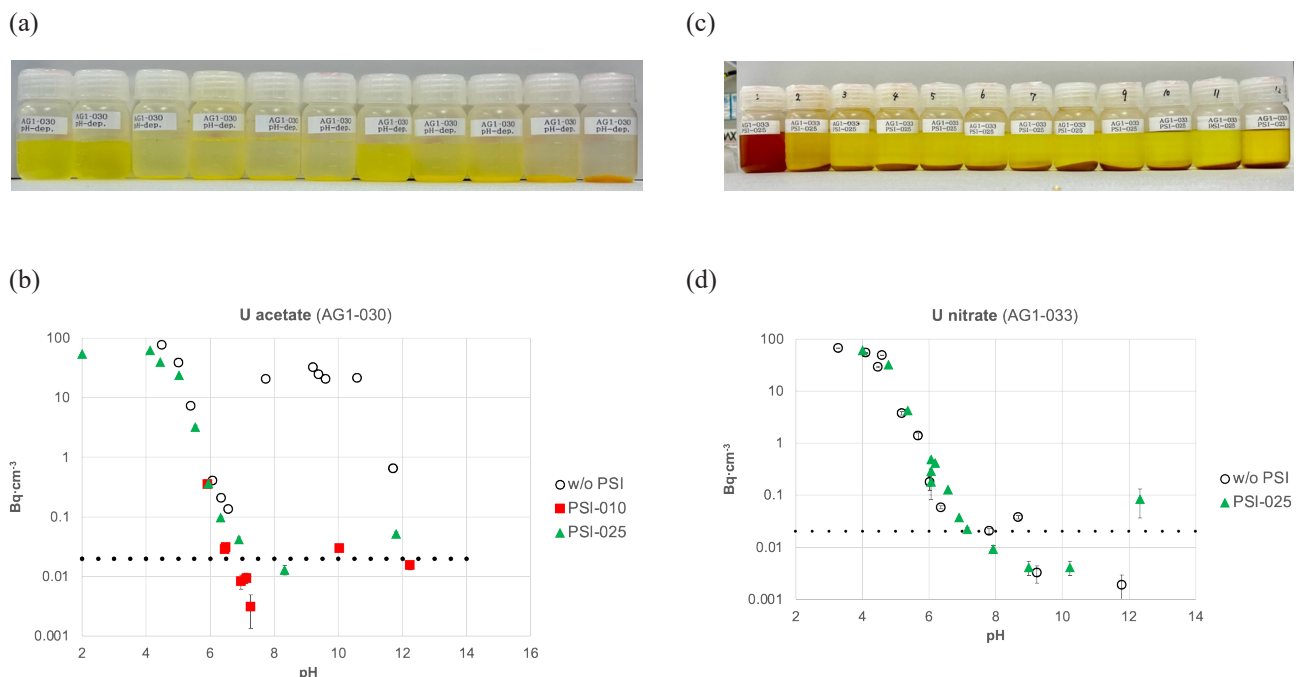


Fig 2. (a) Precipitation of uranyl acetate without PSI by adjusting pH and (b) the pH dependence of the alpha radionuclide concentration by pH adjustment alone and flocculation precipitation with adding PSI-010 and/or PSI-025. (c) Precipitation of uranyl nitrate with PSI-025 by adjusting pH and (d) the pH dependence of the alpha radionuclide concentration by pH adjustment alone and flocculation precipitation with adding PSI-025.

4. まとめ

本研究では、ウランを含む廃液の安全かつ効率的な処理方法の確立を目的として、ポリシリカ鉄凝集剤 (PSI) を用いた凝集沈殿処理の有効性について検討した。まず、非放射性元素であるセリウム水溶液を用いたコールド試験により、PSI の凝集沈殿挙動および pH 条件依存性を評価した。次に、九州大学内の少量核燃料物質取扱施設において長期間保管されていたウラン含有廃液を対象として、実際の処理条件下における凝集沈殿性能を確認した。

コールド試験の結果、酢酸セリウムおよび硝酸セリウム水溶液に対して、PSI を添加することで、凝集沈殿が低 pH 領域から進行することが確認された。特に、排水に適するとされる pH = 7-8 付近において、PSI-025 は PSI-010 に比べて高い除去性能を示した。また、生成したフロックの沈降挙動から、PSI-025 は比較的大きなフロックを形成し、沈降・分離に有利であることが確認された。

ウラン含有廃液を用いたホット試料試験では、酢酸ウラニル水溶液および硝酸ウラニルを含む廃液のいずれにおいても、PSI を用いた凝集沈殿処理により、溶液中のウラン濃度を低減できることが確認された。特に、PSI-010 および PSI-025 を用いた場合、排水に適する pH = 7-8 の範囲において、処理後の放射能濃度は、原子力規制委員会が定める廃液中のウラン濃度限度 (0.02 Bq/cm³) を下回った。

以上の結果から、ポリシリカ鉄凝集剤を用いた凝集沈殿処理は、少量核燃料物質取扱施設において発生するウラン含有廃液の処理方法として有効であることが示された。本手法は、比較的簡便な操作で実施可能であり、処理後の排水が規制基準を満たす点において、実務的な廃液管理手法としての適用可能性を有する。

謝辞

本研究の実施にあたり、中央分析センターの渡辺美登里先生ならびにアイソトープ統合安全管理センターの立花優先生には、分析手法の検討および測定に関して多大なるご指導とご協力を賜りました。ここに深く感謝申し上げます。

参考文献：

- [1] K. AKASHI, J. TANAKA, T. MATSUIISHI, AND T. HIYAMA, "Waste solution treatment of uranyl acetate using poly-silicate iron (PSI) flocculant," Nippon Hoshasen Anzen Kanri Gakkai-shi, 20 (1), 2-5 (2021).

令和7年機器利用研究題目 (2025.1.1~2025.12.31)

1. ICP 発光分光分析装置 (Avoi220Max) (筑紫地区)

- ナノゼロ原子価鉄と酸化チタンの複合体 (TiO₂@nZVI) による水溶液中のセシウムの除去
総合理工学研究院 塩月 将弘 エルジャマル オサマ
- 水分解用電極触媒としての金属酸化物ナノ構造の開発
先導物質化学研究所 Yip Sen Po
- 超セラミックス物質の元素分析
中央分析センター 萩原 直樹
- 神経細胞を刺激するケイ素化合物構造の探索
工学研究院 稲田 幹

2. 電界放射走査型電子顕微鏡 (JSM-IT800SHL) (筑紫地区)

- 酸化物粒子表面の解析
総合理工学研究院 梁川、小笠原、富岡、任 末松 昂一
- 酸化物粒子表面の解析
総合理工学研究院 Mashiba、松田、永里 末松 昂一
- 酸化物ナノ粒子の分析
総合理工学研究院 末松 昂一
- 有機-無機ペロブスカイトの組織観察
総合理工学研究院 WANG QING 飯久保 智
- 窒化物膜の構造と物性
総合理工学研究院 大寶 正太 堤井 君元
- マイエナイトのイオン包接制御
総合理工学研究院 瀧石 寛太 稲田 幹
- シリカポーラス体を用いた環境浄化材料の開発
総合理工学研究院 大門 蓮虎 稲田 幹
- マイクロ波エマルジョン法による酸化物結晶制御
総合理工学研究院 田中 亮二 稲田 幹
- 混合プラズマ照射におけるバイオフィルム滅菌メカニズムの解明
総合理工学研究院 藤本 大樹 柳生 義人
- パラジウム銀合金管の水素透過挙動に対する水蒸気の影響
総合理工学研究院 増田健太郎 片山 一成
- 液体リチウム中でのバナジウム合金の腐食挙動に関する研究
総合理工学研究院 五十川浩希 片山 一成
- 中性子照射フッ化物溶融塩からのトリチウム放出挙動に関する研究
総合理工学研究院 瀬戸口祐輝 片山 一成
- 原子炉燃料被覆管の性能高度化
総合理工学研究院 橋爪 健一
- Si微細構造の観察
総合理工学研究院 佐道 泰造
- シリカ微粒子の形状観察
基幹研究院 坂井 星軌 古屋 謙治
- 超セラミックス物質の電子状態解析
中央分析センター 萩原 直希

3. X線回折装置 (SmartLabSE) (筑紫地区)

- 酸化物粉末および薄膜の結晶構造解析
総合理工学研究院 野澤 悠暉 北條 元
- 酸化物粉末および薄膜の結晶構造解析
総合理工学研究院 井上尚祐哉 北條 元
- 酸化物薄膜の結晶構造解析
総合理工学研究院 小島 大輝 北條 元
- 酸化物表面と有機物の相互作用解析
総合理工学研究院 江郷 夏維 北條 元
- Polymer/carbon materials Nanofiber composites
総合理工学研究院 RAMADAN HEBA Ahmed Abdulrahman
- Thin Film Coatings
総合理工学研究院 ユーセフマフムッド Ahmed Abdelrahman

• 原子炉面梁被覆管の性能高度化	総合理工学研究院		橋爪 健一
• 希土類酸化物中の水素溶解挙動	総合理工学研究院	那須 蔵叶	橋爪 健一
• Zrの分散強化	総合理工学研究院	満田 彩欄	橋爪 健一
• シリカガラスの結晶化の有無	総合理工学研究院	長澤、吉村、井	藤野 茂
• 窒化物膜の構造と物性	総合理工学研究院	大寶 正太	堤井 君元
• PLZTを用いた光変調器デバイスの作製と評価	総合理工学研究院	奥村 權	横山 士吉
• XRD measurement of thin film sample	IMCE	Sahar Alasvand Yazdani	横山 士吉
• データ駆動型ナノスケール直視観察法の開発と変形・破壊機構解明への応用	先導物質化学研究所	Moonngam Suphitcha	村山 光宏
• 水分解用電極触媒としての金属酸化物ナノ構造の開発	先導物質科学研究所		Yip Sen Po
• 多孔性金属錯体の構造解析	中央分析センター		荻原 直希
• Atomic Layer Deposition (ALD) 法で成膜した金属酸化物薄膜の結晶性解析	システム情報科学研究所		渡部 浩司

4. 波長分散型蛍光 X 線分析装置 (ZSX Primus IV/RX9) (筑紫地区)

• 粘土鉱物の構造解析	総合理工学研究院	山口 祥平	石田 洋平
• 原子炉燃料被覆管の性能高度化	総合理工学研究院		橋爪 健一
• 酸化物ナノ粒子の分析	総合理工学研究院		末松 昂一
• 固気流動層の流動性評価のための中性子イメージング技術の開発	総合理工学研究院		渡辺 幸信
• Cuイオンドーブシリカガラス中のCuイオンの定量分析	総合理工学研究院	飛岡 優真	藤野 茂
• コークスの応用	先導物質化学研究所	寺嶋由喜子	中林 康治
• 炭素材料不純物及び元素分析	先導物質化学研究所	CHOI JUEUN	中林 康治
• 炭素繊維の触媒分析	先導物質化学研究所	美間坂大貴	中林 康治
• ジャイアントミスキャンサスの構造・組成分析、酸洗浄前後の組成分析	先導物質化学研究所	寺嶋由喜子	中林 康治
• 炭素繊維の調整・分析	先導物質化学研究所	小田、鄭、江頭	中林 康治
• マリンバイオマス由来炭素化物の構造・組成分析	先導物質化学研究所	ZHAI、寺嶋	宮脇 仁
• 新規無機ナノ材料の創製	高等研究院	神田、宮下	草田 康平
• マイエナイトのイオン包接制御	工学研究院	瀧石 寛太	稲田 幹
• 岩石鉱物の成分分析	工学研究院		江崎 丈裕
• 即発ガンマ線分析を用いた汎用的な元素定量分析法の評価	工学研究院	池田 瑞	中島 邦彦
• 即発ガンマ線分析を用いた汎用的な元素定量分析法の評価	工学研究院	池田 瑞	齋藤 敬高
• MgO基板上におけるBaZrO ₃ の組成分析	エネルギー研究教育機構		辻川 皓太

5. 卓上型触針式プロファイリングシステム (DEKTAK XT-E) (筑紫地区)

• 酸化物薄膜の結晶構造解析	総合理工学研究院		北條 元
• 1000T素粒子探索と宇宙磁気プラズマの解明	総合理工学研究院	尾川 知也	森田 太智
• スパッタしたSiの膜厚測定	総合理工学研究院	松永 大輝	橋爪 健一

- 原子炉燃料被覆管の性能高度化 総合理工学研究院 大西 駿祐 橋爪 健一
- 混合プラズマ照射におけるバイオフィルム滅菌メカニズムの解明 総合理工学研究院 藤本 大樹 柳生 義人
- 電子輸送性高分子の結晶性とn型ドーピング効率の相関に関する研究 先導物質化学研究所 LI、村田、三原 藤田 克彦
- 塗布型プロセスのための電子注入層材料の開発 先導物質化学研究所 王 乾力 藤田 克彦

6. 超高感度示差走査熱量計 (DSC6100) (筑紫地区)

- ヒドロキシプロピルメチルセルロースのゾルゲル転移 中央分析センター 三浦 好典

7. X線光電子分光分析装置 (AXIS165) (筑紫地区)

- 二層グラフェンのツイスト角が及ぼす化学反応性への影響 総合理工学研究院 松田 真希 吾郷 浩樹
- ナノ空隙を利用した原子・分子の配列制御と物性測定法開発 総合理工学研究院 松永 貴子 吾郷 浩樹
- パラジウム銀合金の水素透過速度に対する水蒸気の影響 総合理工学研究院 増田健太郎 片山 一成
- 低次元金属酸化物の合成と物性 総合理工学研究院 季 京珂 大瀧 倫卓
- ^{129}Xe -NMR法による細孔形状解析法の確立 先導物質化学研究所 李 明昊 宮脇 仁
- 水分解用電極触媒としての金属酸化物ナノ構造の開発 先導物質化学研究所 Yip Sen Po
- 電気触媒用高エントロピー酸化物の作製 先導物質化学研究所 Yip Sen Po
- 超セラミックス物質の電子状態解析 中央分析センター 萩原 直希
- 触媒層と多孔質拡散層の機能統合による固体高分子形水電解の低貴金属化に向けた水電解セル開発 工学研究院 安武 昌浩
- 水熱炭化カーボンのXPS解析 工学研究院 稲田 幹
- 神経細胞を刺激するケイ素化合物構造の探索 工学研究院 稲田 幹
- リサイクル可能な触媒のためのメカノケミストリーを用いた金属凝集の再分散 工学研究院 西原 雄太 三浦 佳子
- 3次元構造におけるHihg-k薄膜/金属酸化物薄膜の表面/界面特性・電子物性の明確化 システム情報科学研究院 渡部 浩司
- フッ化物シャトル電池のための高性能合金電極活物質の設計と開発 エネルギー研究教育機構 本山 宗主

8. 赤外分光分析装置 (FTIR4200 & IRT5000) (筑紫地区)

- テープの成分分析 総合理工学研究院 長谷川菜花 吾郷 浩樹
- 酸化物表面と有機物の相互作用解析 総合理工学研究院 井上、石井 北條 元
- ナノゼロ原子価鉄と酸化チタンの複合体 ($\text{Tio}_2@n\text{ZVI}$) による水溶液中のセシウムの除去 総合理工学研究院 塩月 将弘 エルジャマル オサマ

- Biochar supported nZVI to remove Cr(VI) from water
総合理工学研究院 WU BINSHENG エルジャマル オサマ
- Analysis for polymer samples
総合理工学研究院 Mohammed スプリング アンドリユー
- A study of static and dynamic mechanical properties of fiber-reinforced polymer composites
総合理工学研究院 Osama Ahmed Abdelrahman
- Polymer/carbon materials Nanofiber composites
総合理工学研究院 Ramadan Ahmed Abdelrahman
- 近赤外光励起熱画像によるマイクロプラスチックの迅速識別法の開発
総合理工学研究院 富田 優陽 原田 明
- 低次元金属酸化物の合成と物性
総合理工学研究院 季 京珂 大瀧 倫卓
- PANI Films-Coated PET Electrodes
総合理工学研究院 Hussein 吉武 剛
- 水分解用電極触媒としての金属酸化物ナノ構造の開発
先導物質科学研究所 Yip Sen Po
- ケイ酸マグネシウム系バインダーによる耐火物の強化機構解明
工学研究院 徳永 竜二 稲田 幹
- 準安定なペロブスカイト系酸水酸化物結晶の解明
工学研究院 花谷 凜子 稲田 幹

9. 走査型プローブ顕微鏡 (AFM100Plus) (筑紫地区)

- 混合プラズマ照射におけるバイオフィルム滅菌メカニズムの解明
総合理工学研究院 岩永 菜乃 林 信哉
- 塗布型プロセスのための電子注入層材料の開発
総合理工学研究院 王 乾力 藤田 克彦
- 発電と水素製造が可能な次世代固体酸化物形セルの設計指針構築
工学研究院 安武 昌浩
- MOSゲートスタック構造の表界面状態制御
システム情報科学研究所 近藤 博基

10. ゼータ電位・粒径測定システム (ELSZneo) (筑紫地区)

- マイクロ波エマルジョン法による酸化物結晶制御
総合理工学研究院 田中 亮二 稲田 幹
- 原子炉面梁被覆管の性能高度化
総合理工学研究院 橋爪 健一
- アクリル酸モノマー水溶液中におけるシリカナノ粒子の分散性と粘度特性に関する研究
総合理工学研究院 豊里 心 藤野 茂
- 無機p型ドーパントと添加剤効果を用いた高分子半導体の高効率化に関する研究
先導物質化学研究所 津村潤之介 藤田 克彦
- 炭素化物の平均粒径測定
先導物質化学研究所 Shibata Toui 中林 康治
- 炭素繊維の調製・分析
先導物質化学研究所 松尾 匡氣 中林 康治
- 褐色脂肪細胞から分泌される細胞外小胞を用いた抗肥満治療の検討
臨床検査医学 隈本 大智
- 3Dプリンターで利用可能なジオポリマー素材の開発
人間環境学研究院 先本 凌 末廣 香織
- 上皮細胞の恒常性に関わる細胞外小胞の機能解析
医学研究院 松沢、水流添 池ノ内順一
- 電子輸送性高分子の結晶性とn型ドーピング効率の相関に関する研究
先導物質化学研究所 村田、小柳 藤田 克彦
- 有機ラジカルの粒径測定
先導物質化学研究所 安楽 滉允 アルブレヒト建

- SiO₂-PVA分散液のゼータ電位および粒径測定 総合理工学研究院 吉村 圭礼 藤野 茂
- 酸化粉末の粒径測定 総合理工学研究院 濱島 達也 永長 久寛

1 1. 誘導結合プラズマ質量分析装置 (Agilent7700x) (伊都地区)

- 遷移金属錯体の構造解析 工学研究院 岩崎 孝紀
- Application of Functionalized Magnetic Nanoparticles and Modified Magnetic Biochar in the Removal of Heavy Metals from Leachate of Municipal Solid Waste Incineration Fly Ash 工学研究院 梶野 友貴 中山 裕文
- 一般廃棄物焼却灰の灰溶融燃料としての低品位プラスチックの有効利用に関するLCA 工学研究院 梶野 友貴 中山 裕文
- Pdの定量 工学研究院 西原 雄太 三浦 佳子
- プラズマ気泡によるアルミナナノ粒子合成の研究 工学研究院 南 有真 山西 陽子
- 発電設備の利用率向上に向けたスケールモニタリング 工学研究院 Saefudin Juhri 米津幸太郎
- N型有機半導体デバイスの性能向上に向けたドーピングプロセスの検討 先導物質化学研究所 Wang Bowei、小柳 絢 藤田 克彦
- Synthesize and characterization of UiO-67 MOFs Incorporated with Photocatalytic components for Solar Energy Conversion 理学研究院 Zheng Qingen 酒井 健

1 2. 誘導結合プラズマ質量分析装置 (Agilent7900) (伊都地区)

- 再生水処理工程検査及び環境水測定 環境安全センター 岩屋ゆみか 高田 晃彦
- 排水の再生処理工程・各キャンパスの排出水の元素測定 環境安全センター 岩屋ゆみか 高田 晃彦
- ガラス固化体の溶解挙動の速度論的評価：ガラス溶解メカニズムへのガラス組成の影響 工学研究院 心石 晴 稲垣八穂広
- ガラス固化体の溶解速度評価 工学研究院 長谷川 寿 稲垣八穂広
- ラテライト鉱床探査における地球化学的指標の検討 工学研究院 谷口 了亮 伊藤 茜
- 石炭地下ガス化における地下水分析 工学研究院 岩井 陽大、入口 梨佳 濱中 晃弘
- 細胞内の各種金属イオンの測定 薬学研究院 谷原 智仁 松永 直哉
- 白金系抗がん薬による神経毒性における白金取り込みに対するプロトンポンプ阻害薬の影響に関する検討 薬学研究院 川尻 雄大
- オキサリプラチン誘発末梢神経障害の予防策確立に関する研究 薬学研究院 川尻 雄大

1 3. フーリエ変換赤外分光光度計 (FT/IR-620) (伊都地区)

- SiO₂膜の膜質測定 システム情報科学研究院 黒崎 陽晴、佐藤 優志、政本 元 白谷 正治
- セルロース系ナノ材料の構造設計と機能発現 農学研究院 キム ギュファン 北岡 卓也
- ナノセルロースの界面触媒反応による木質模倣微粒子の創出 農学研究院 Afrin Syeda Rubaiya、大石 颯太、畠山真由美 北岡 卓也

1 4. フーリエ変換赤外分光光度計 (FT/IR-4700) (伊都地区)

- Material Thermal Stability Test
 カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所 Chen Rui Saha Bidyut Baran
- Study on surface carbon modification of titanium based bipolar plates for fuel cells
 カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所 Zhao Taibao Saha Bidyut Baran
- Composition analysis of a-C:H film システム情報科学研究所 小原 舜平 古閑 一憲
- Morphology control of graphene grown on SiC by CVD – Effects of nitrogen annealing –
 工学研究院 Sukran KUTLU 田中 悟
- BNNTのアジド修飾確認 工学研究院 釘本 園子 藤ヶ谷剛彦
- エマルジョン・ナノファイバーを利用した複合型ドラックデリバリーシステムの開発
 工学研究院 釘宮 菜緒 井嶋 博之
- 革新的異種柔軟材料3D/4Dものづくり基盤の構築 工学研究院 重山 美奈 三浦 佳子
- 培養肉生産に向けた藻類足場の可能性に関する研究 工学研究院 川平賢太郎 藏田 耕作
- Property of Nano-silica modified epoxy resin 工学研究院 Chen Lirong 貝沼 重信
- 微生物機能を利用した無機鉱物生成による地盤改良技術の研究開発
 農学研究院 中野 晶子
- セルロース系ナノ材料の構造設計と機能発現 農学研究院 Kim Gyuhwan 北岡 卓也
- セルロースナノファイバーとリグニン微粒子からなる農業マルチ代替材料の開発
 農学研究院 松本 由莉 北岡 卓也

1 5. マルチチャンネル赤外顕微鏡システム (伊都地区)

- 医療用材料の表面解析 先端物質化学研究所 田中有希子 田中 賢
- 岩石中の不溶性炭素の分析 理学研究院 北島富美雄

1 6. 超伝導核磁気共鳴吸収装置 (JNM-ECZ400) (伊都地区)

- ポリウレタンのケミカルリサイクルを志向した担持触媒開発 工学研究院 工藤 海 岩崎 孝紀
- 静電相互作用を介した光触媒と金属触媒の近接効果の実証 工学研究院 川俣 壮慶 岩崎 孝紀
- 接着界面における高分子の構造解析 工学研究院 阿部 建樹 田中 敬二
- 有機合成における精製物の確認 工学研究院 衛藤 晃有、山下 隼平 田中 敬二
- 汎用高分子の化学構造の同定 工学研究院 中須賀武叶 田中 敬二
- 水素貯蔵媒体としてのバイオロゲン含有高分子の構造と物性 工学研究院 吉村 紀哉 春藤 淳臣
- Polariton材料の開発 工学研究院 ブンマン ナッタニシャー 窪田 亮
- アップコンバージョン材料の開発 工学研究院 庄山 隼斗 窪田 亮
- 機能性有機色素の開発 工学研究院 宮田 雅己 窪田 亮
- 新規SF分子の合成 工学研究院 藤川 琉吾、正岡 亜樹 窪田 亮
- 空間パターン化超分子ヒドロゲルの構造解析 工学研究院 窪田 亮
- Deep Eutectic Solvents for Green Extraction of Green Seaweed Cellulose
 工学研究院 Rizfi Fariz Pari 後藤 雅宏
- Development of transdermal vaccines using Deep Eutectic solvents 工学研究院 Roy Jabidash 後藤 雅宏
- cholest-5-en-3β-oxyethane-N,N,N-trimethylammonium の合成 工学研究院 明石 大輝 後藤 雅宏

- イオン液体の合成 工学研究院 植田 美紗、丹下 颯太、李 雅敏、豊福 淳大 後藤 雅宏
- ペプチド両親媒性物質の合成 工学研究院 水口 敬貴 後藤 雅宏
- バイオ診断のためのナノコロイドの創製とアップサイクル 工学研究院 鎌田 大斗 後藤 雅宏
- ヘパリン分子の経皮DDSにおける非侵襲的骨再生技術の開発 工学研究院 中原 誠達 後藤 雅宏
- 界面活性剤の集合評価 工学研究院 田中 敬佑 後藤 雅宏
- 燃料電池への応用を目指した酸修飾ポリベンズイミダゾールからなる新規有機・無機ハイブリッド固体高
分子電解質の創製 工学研究院 吉田未夏美 藤ヶ谷剛彦
- 窒化ホウ素ナノチューブをホストとした光機能性1次元ナノ複合体の創製 工学研究院 佐伯 颯斗 藤ヶ谷剛彦
- 光硬化・熱可塑性電解質を用いたポータブル熱電キャパシタの開発 工学研究院 森 健介 藤ヶ谷剛彦
- 薬物送達CNTの開発 工学研究院 森川 全章 藤ヶ谷剛彦
- 炭素材料に対するポリベンズイミダゾール吸着状態の解明 工学研究院 西田真樹子 藤ヶ谷剛彦
- PBI電解質を用いたアニオン型燃料電池と水電解への展開 工学研究院 中條 郁仁 藤ヶ谷剛彦
- 高分子電解質膜の開発 工学研究院 田中 直樹 藤ヶ谷剛彦
- CPP成長阻害薬の開発 工学研究院 兵頭 舞音 森 健
- 免疫原性を回避する新規ポリマーの合成 工学研究院 岩本 知直 森 健
- GLP-1製剤の作製 工学研究院 楠田 聖来 森 健
- Yolk-shell型PICの開発 工学研究院 神澤 大志 森 健
- タンパク質内包可能なコアセルベートの解析 工学研究院 大前 諒真 森 健
- 蛍光性基質の合成 工学研究院 Ron Lim、Dharshini Perumal、古賀 朗寛 森 健
- 多相コアセルベートへのタンパク質分配 工学研究院 武田雅玖斗 森 健
- 糖鎖の免疫寛容に関する研究 工学研究院 Mazaya Najmina 森 健
- 免疫による排除の回避を目的とした医薬品修飾ポリマーの開発 工学研究院 宮田 慎五 森 健
- ポリマー固定化不斉分子触媒を用いたメカノケミカル合成 工学研究院 廣石 健人 三浦 佳子
- 革新的異種柔軟材料3D/4Dものづくり基盤の構築 工学研究院 重山 美奈 三浦 佳子
- 高い光透過性をもつゲル触媒を用いたフロー合成 工学研究院 西村 和也 三浦 佳子
- 糖鎖高分子の合成 工学研究院 木付 遥子、長尾 匡憲 三浦 佳子
- ポリマー合成 工学研究院 沼野友里杏 三浦 佳子
- モノマー作成 工学研究院 児玉 陸水、古川 雄大、太田 雅之、公文 悠介 三浦 佳子
- Pdの定量 工学研究院 西原 雄太 三浦 佳子
- YBCO原料溶液の分析 工学研究院 矢野翔太郎 寺西 亮
- 有機材料のNMR測定 高等研究院 金井萌々香、遠藤 大樹、張 景鵬 安田 琢磨
- 植物-土壌系における無機元素の動態解明 農学研究院 平館俊太郎
- 土壌中におけるリン化合物の動態解析 農学研究院 竹中 岳 平館俊太郎
- ヒト腸内フローラのメタボローム解析 農学研究院 Nurlisa Binti Mohd Azmil、小川 拓真 中山 二郎
- バクテリアエーテル脂質バイオマーカーの詳細構造 理学研究院 山内 敬明

17. 超高分解能電界放出形走査電子顕微鏡 (SU8000) (伊都地区)

• 固定化細胞膜によるギ酸生成	カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所	前田 宗伯	尹 基石
• エキシトントランジスタ実現に向けたZnO/ZnMgO量子井戸の作製	システム情報科学研究所	大津山裕生	板垣 奈穂
• サファイア基板の断面観察	システム情報科学研究所	Xie Wenrui	板垣 奈穂
• クラッドレスプラナー光導波路へのLSPRセンサー実装	システム情報科学研究所	坂本 侑哉	興 雄司
• Composition analysis of a-C:H film	システム情報科学研究所	小野晋次郎	古閑 一憲
• プラズマ照射有機物の形態・組成変化の解析	システム情報科学研究所	日高 直哉	古閑 一憲
• SiO ₂ 膜の膜質測定	システム情報科学研究所 佐藤 優志、黒崎 陽晴		白谷 正治
• LSPRとSERSを使用したガスの可視化	システム情報科学研究所	Wang Cong	林 健司
• カーボンナノチューブの観察	システム情報科学研究所 下瀬凜太郎、三堂 智揮		末廣 純也
• ダイヤモンド粒子の観察	システム情報科学研究所	久保田吉彦	末廣 純也
• 複合体の機能に及ぼす界面層構造に関する研究	工学研究所	柳澤 慧	田中 敬二
• バイオ診断のためのナノコロイドの創製とアップサイクル	工学研究所	鎌田 大斗	後藤 雅宏
• 疎水性深共晶溶媒を用いたレアメタルリサイクルプロセスの開発	工学研究所	神園 麻裕	後藤 雅宏
• プラズモン誘起電荷分離	工学研究所 吉田 史佳、吉嗣 大輝、Jyoti Saroha、小柳 友哉		高橋 幸奈
• 金属触媒を担持した温度応答性ハイドロゲルによる水中のPFASの高速分解	工学研究所	龍 明日香	三浦 佳子
• モノマー作成	工学研究所	児玉 陸水	三浦 佳子
• Pdの定量	工学研究所	西原 雄太	三浦 佳子
• 熱プラズマを用いたメタンの熱分解による水素とナノ炭素材料の合成	工学研究所	井原 歩夢	渡邊 隆行
• Surface finishing of CVD polycrystalline SiC with different grinding wheels	工学研究所	Ao Xuemei	黒河 周平
• CeO ₂ ナノ粒子膜上に作製した銀ナノドメイン構造の高解像度分析	先導物質化学研究所	鍋山 凪	玉田 薫
• 金属ナノキャビティ構造を用いたプラズモンセンサの開発	先導物質化学研究所 宮脇 遥大、梶野 祐人		玉田 薫
• バイオナノファイバーおよびその複合体の観察	農学研究所	金本 朋純	横田 慎吾
• セルロース系ナノ材料の構造設計と機能発現	農学研究所	Kim Gyuhwan	北岡 卓也
• セルロースナノファイバーとリグニン微粒子からなる農業マルチ代替材料の開発	農学研究所	松本 由莉	北岡 卓也
• ナノセルロースの界面触媒反応による木質模倣微粒子の創出	農学研究所	渡辺 悠生	北岡 卓也
• MS法による風味因子の網羅解析法の確立に関する研究	農学研究所	古賀 柚葵	田中 充
• Study on the establishment of LDI-MS method for food analysis	農学研究所	劉 卓非	田中 充
• 半導体粒子および半導体薄膜のナノ構造の観察	理学研究所		小澤 弘宜
• ラマンプローブを用いた超解像顕微分光イメージング	理学研究所	坂本 涼	平松光太郎
• ラマンフォトサーマルナノ分光の開発	理学研究所	田村 徹	平松光太郎

1 8. 低真空分析走査電子顕微鏡 (SU6600) (伊都地区)

- 次世代パワーデバイス材料のナノ研削性能と平坦化加工に関する研究
工学研究院 賈 晨 黒河 周平
- Niの粒径測定
工学研究院 工藤健太郎 品川 一成
- 18Niマルテンサイト鋼における疲労き裂進展挙動に及ぼす微視組織の影響
工学研究院 福島 弘大 濱田 繁
- 18Niラスマルテンサイト鋼のDAモード疲労き裂進展の解明
工学研究院 木野 峻 濱田 繁
- 3Dプリンター製品の強度信頼性体系構築のための非連続体破壊力学の開発
工学研究院 パク テスル 濱田 繁
- 損傷蓄積モード疲労き裂進展予測手法の開発
工学研究院 田中 敬也 濱田 繁
- マルテンサイト鋼の疲労メカニズム
工学研究院 Ren pengxu 濱田 繁
- マイクロ力学試験を用いた金属材料の力学特性発現機構の解明
工学研究院 角田 亘陽 植木 翔平
- 炭素量の異なる低合金ラスマルテンサイト鋼における疲労限度と微視組織の関係
工学研究院 角田 亘陽 植木 翔平
- 低炭素低合金ラスマルテンサイト鋼の高サイクル疲労特性に及ぼす旧オーステナイト粒径の影響
工学研究院 松浦 修大 植木 翔平
- 難燃性Mg合金を用いた積層造形体における機械的性質向上のための凝固組織制御
工学研究院 赤尾 海星 宮原 広郁
- 電析物の微細構造観察
工学研究院 小森 麻衣 大上 悟
- 発電設備の利用率向上に向けたスケールモニタリング
工学研究院 Saefudin Juhri 米津幸太郎
- POSCAP高性能化のための高精度解析に関する研究 総合理工学研究院 笠村 裕也 波多 聡

1 9. 低真空高感度走査電子顕微鏡 (SU3500) (伊都地区)

- 磁性粒子を用いたフレキシブル永久磁石 システム情報科学研究院 黒川雄一郎 湯浅 裕美
- レーザー照射した銅サンプルの元素分析 システム情報科学研究院 小窪 陸斗 中村 大輔
- Fabrication of Nanobead Arrays via Through-Hole Substrates 工学研究院 王 昌民 加地 範匡
- GelMA/PEGDAハイドロゲルの観察 (凍結乾燥) 工学研究院 前田 陽樹 加地 範匡
- Regional surface wettability modification for precise cell alignment 工学研究院 渡邊 萌 加地 範匡
- 接着界面における高分子の構造解析 工学研究院 阿部 建樹 田中 敬二
- Deep Eutectic Solvents for Green Extraction of Green Seaweed Cellulose
工学研究院 Rizfi Fariz Pari 後藤 雅宏
- Hydrophobic DES as Metal Leachate Agent in Lithium Battery Upcycling
工学研究院 Septioga Kevin 後藤 雅宏
- ニッケル酸化鋳の新規錯形成剤開発 工学研究院 松井武次郎 後藤 雅宏
- バイオ診断のためのナノコロイドの創製とアップサイクル 工学研究院 鎌田 大斗 後藤 雅宏
- 疎水性深共晶溶媒を用いたレアメタルリサイクルプロセスの開発
工学研究院 神園 麻裕 後藤 雅宏
- 水素吸蔵材料を用いた低濃度のCOとH₂によるCOメタン化 工学研究院 奥田 純 岸田 昌浩
- 炭素繊維強化プラスチックのリサイクルにおける電気前処理技術の基盤構築
工学研究院 藤本 廉 岸田 昌浩

• 真空噴霧凍結乾燥における乾燥挙動の考察	工学研究院	大山 竜叶	中川 究也
• 海洋酸性化研究	工学研究院	森田美奈子	清野 聡子
• Assessing the Metal Recovery Value of Municipal Solid Waste Incineration Residues: Impact of Pretreatment on Fly Ash and Bottom Ash	工学研究院	梶野 友貴	中山 裕文
• 業務用固体酸化物形燃料電池ユニットに関する研究、および水素貯蔵・製造に関する研究	工学研究院	西藤 知子	伊藤 衡平
• 分割電極を用いたSOEC共電解の原理解明	工学研究院	西藤 知子	伊藤 衡平
• 合成メタン製造に係る革新的技術開発/低温プロセスによる革新的メタン製造技術開発	工学研究院	寺尾 拓真、西藤 知子	中島 裕典
• 機能性ナノ粒子構造体を用いた高感度光バイオセンシング	工学研究院	鐵矢 竜太	山西 陽子
• 面接触下でのアルミニウム合金の焼付き過程のその場観察	工学研究院	田中 大輝	八木 和行
• Al10Si合金の溶融池の観察	工学研究院	城之下 渉斗	森下 浩平
• Ni基超合金へのレーザー照射における凝固組織形成過程	工学研究院	篠崎 響	森下 浩平
• レーザー照射による金属材料の急速溶解・凝固における組織形成過程のその場観察	工学研究院	井口 大暉	森下 浩平
• レーザー照射によるAl-CuのCETと凝固速度の関係	工学研究院	中岡 康成	森下 浩平
• 銅合金における硫黄の偏析挙動	工学研究院	新井慎之介	森下 浩平
• 灰分分布調査	工学研究院	小野 彩奈	大野光一郎
• マイクロ波とバイオマスを用いた酸化鉄還元	工学研究院	昆 竜矢	大野光一郎
• マイクロ波による圧延スラッジの還元	工学研究院	徳永 翼	大野光一郎
• CVDを用いた薄膜作製	工学研究院	吉留 海燿	有田 誠
• 高圧ねじり加工によるGeSn合金の合成	工学研究院	田中 桂人	有田 誠
• Identification of crystal types of K-7 sand	工学研究院	Yuyuan Chen	ハザリカヘマンタ
• 鋼材のさび成分の分析	工学研究院	Liu Weichen	貝沼 重信
• Turning behavior of abrasive water treated and abrasive blast treated specimens	工学研究院	李 昇岳	貝沼 重信
• 溶射鋼材の成分の解析	工学研究院	Liu Yanqi	貝沼 重信
• 表面処理後の鋼材の断面分析	工学研究院	パク サンホン	貝沼 重信
• 建設材料の維持管理に関する基礎的研究	工学研究院	白石敢之介	佐川 康貴
• 鉱物サンプルの表面分析	工学研究院		江崎 丈裕
• 発電設備の利用率向上に向けたスケールモニタリング	工学研究院		
Arif, Auko Leakey Ochieng, MIRANDA ALBERTO Claudia Alejandra, Hien Bepowo, Muhammad Fatih Qodri, Mutasingwa Almachius Tryphone, Rita Ngwanaotsile, Saefudin Juhri, Sokvireak SAY, Zortosy Maganga, 成富 匡啓, 山下 智也, 岩本虎汰朗, 中島 涼佑, 有賀 直学, 鈴木 悠右, 西岡 律 米津幸太郎			
• 地熱発電所におけるスケール付着機能の研究	工学研究院	井野 達人	藤光 康宏
• バイオナノファイバーおよびその複合体の観察	農学研究院	金本 朋純	横田 慎吾
• 金属・有機物複合体粒子の観察	農学研究院	金本 朋純	横田 慎吾
• 微生物機能を利用した無機鉱物生成による地盤改良技術の研究開発	農学研究院		中野 晶子
• Evaluation of edible films and coatings from cassava starch and chitosan	農学研究院	Amna Bibi	田中 史彦
• ゼオライトの分析	農学研究院	大松 貴子	椿 俊太郎
• アサガオの微細構造の研究	理学研究院	光永 大晟	仁田坂英二

20. 走査電子顕微鏡 (JSM-IT700HR) (伊都地区)

- TiN電極を用いた高効率な水素生成
カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所 富崎 真衣 松本 広重
- テトラ-n-プトキシズを用いたフォトニック結晶の作製
システム情報科学研究所 小田 怜実 小野寺 武
- 常温ハイブリット接合
システム情報科学研究所 笠 友実子 多喜川 良
- SiC,Cuの表面元素分析
システム情報科学研究所 山内 峻平 多喜川 良
- SiCチップのCuスパッタ観察
システム情報科学研究所 中村 潤平 多喜川 良
- 酸化物半導体膜のレーザーアニール
システム情報科学研究所 佐藤 舞起 藪田 久人
- パルスレーザー原子層堆積法による多元素酸化物極薄膜/多層膜成膜の要素技術研究
システム情報科学研究所 片山 慶太 藪田 久人
- 温度応答性ペプチドの凝集体の表面観察
基幹教育院 巢山慶太郎
- 家畜伝染病早期発見のためのペーパーイムノクロマトグラフィーの開発
工学研究院 田邊 陽奈 加地 範匡
- モノリスカラムを用いた細胞分離法の開発
工学研究院 堤 悠生 加地 範匡
- 高感度イムノアッセイのためのサンプル濃縮法に関する研究
工学研究院 木須 駿介 加地 範匡
- フルオラスB₁₂/ナフィオン複合修飾電極の作製とオンサイト地下水浄化システムの開発
工学研究院 佐々木海斗 星野 友
- 触媒希釈による微粉触媒充填層の圧力損失低減効果
工学研究院 道坂 僚介、木山 実優 井上 元
- マイクロ波加熱を用いたプラスチック熱分解からのカーボンナノチューブ製造
工学研究院 神代 知旺、山口 愛 岸田 昌浩
- モノマー作成
工学研究院 児玉 陸水 三浦 佳子
- 凍結乾燥プロセスの開発
工学研究院 山川 颯大、植木 涼太、藤本 泰徳、和田 昌徳 中川 究也
- 熱プラズマによるナノ粒子の合成
工学研究院 江橋 新 渡邊 隆行
- 大気圧非平衡プラズマ処理による活性炭のCs吸着能の向上について
工学研究院 頼 雨桐 久場 隆広
- Surface finishing of CVD polycrystalline SiC with different grinding wheels
工学研究院 Ao Xuemei 黒河 周平
- 細胞の接着と増殖に最適な表面を目指したマルチスケールテクスチャリングに関する研究
工学研究院 井手 智喜 黒河 周平
- 次世代パワーデバイス材料のナノ研削性能と平坦化加工に関する研究
工学研究院 賈 晨 黒河 周平
- プラズマ気泡によるアルミナナノ粒子生成の研究
工学研究院 南 有眞 山西 陽子
- 超短パルスレーザーによる樹脂フィルム加工
工学研究院 木山 誠啓 山西 陽子
- 水素圧縮機ピストンリング摺動面の潤滑膜高度分析に関する研究
工学研究院 佐藤 巧 澤江 義則
- 高純度水素雰囲気における樹脂複合材の摺動特性
工学研究院 新盛 弘法 澤江 義則
- PTFE樹脂複合材の摺動特性
工学研究院 末竹 真 澤江 義則
- 自立Zr基金属ガラス薄膜における疲労き裂進展機構・特性の解明
工学研究院 宇田 千紘 近藤 俊之

• 冷間圧延ロールへの適用を想定した軸受鋼の強度特性に及ぼすサブゼロ処理の影響	工学研究院	三好 詠太	濱田 繁
• ナノ・マイクロパターンを有する表面評価	工学研究院	真部将太郎	津守不二夫
• 電析物の微細構造観察	工学研究院		大上 悟
• 即発ガンマ線分析を用いた汎用的な元素定量分析法の評価	工学研究院	池田 端	齊藤 敬高
• 鋼材のさび成分の分析	工学研究院	Liu Weichen	貝沼 重信
• 溶射鋼材の成分の解析	工学研究院	Liu Yanqi	貝沼 重信
• 発電設備の利用率向上に向けたスケールモニタリング	工学研究院	笹井 智之	米津幸太郎
• マイクロ波加熱を用いたCO ₂ の化学吸収法に関する研究	農学研究院	大松 貴子	椿 俊太郎
• MgO担持ZnO NWの元素分布分析	農学研究院	大庭 竜空	椿 俊太郎
• ラマンフォトサーマルナノ分光の開発	理学研究院	田村 徹	平松光太郎
• 金属有機多面体と酵素による生体複合システムの創製と高機能化	理学研究院	古川 廉	Benjamin Le Ouay

2 1. 全自動水平型多目的 X 線回折装置 (SmartLab) (伊都地区)

• 磁性酸化物薄膜の高品質化に関する研究	システム情報科学研究院	延 磊	山下 尚人
• 原子層堆積法で成膜した酸化物薄膜(AIO _x)の結晶構造解析	システム情報科学研究院	萩原 隆仁	渡部 浩司
• 磁性粒子を用いたフレキシブル永久磁石	システム情報科学研究院	黒川雄一郎	湯浅 裕美
• 磁性膜の結晶構造解析	システム情報科学研究院	Nur Amirah binti Zahrin	湯浅 裕美
• Nd ₂ O ₃ -CeO ₂ のイオン照射効果	工学研究院	赤木 俊輔	安田 和弘
• 界面の反応に基づく不均一制御	工学研究院	隈本 一馬	田中 敬二
• Si基板の構造分析	工学研究院	中須賀武叶	田中 敬二
• 高分子材料の構造解析	工学研究院	田村 隼太	田中 敬二
• ポリスチレン単分子膜の膜厚測定	工学研究院	山口 晃	田中 敬二
• Deep Eutectic Solvents for Green Extraction of Green Seaweed Cellulose	工学研究院	Rizfi Fariz Pari	後藤 雅宏
• 生体適合性イオン液体の合成	工学研究院	Islam Rashedul	後藤 雅宏
• 疎水性深共晶溶媒を用いたレアメタルリサイクルプロセスの開発	工学研究院	神園 麻裕	後藤 雅宏
• Hydrophobic DES as Metal Leachate Agent in Lithium Battery Upcycling	工学研究院	Septioga Kevin	後藤 雅宏
• ニッケル酸化鈹の新規浸出剤開発	工学研究院	松井武次郎	後藤 雅宏
• 水素吸蔵材料を用いた低濃度のCOとH ₂ によるCOメタン化	工学研究院	奥田 純	岸田 昌浩
• 廃タイヤのケミカルリサイクルのための担持金属触媒の開発	工学研究院	大島 一真	岸田 昌浩
• 革新的な複合材料による福島第一原子力発電所廃水からの放射性セシウム除去	工学研究院	岸野 廉	久場 隆広
• 熱エネルギーを活用した人工かんらん石の蛇紋岩化反応による水素生成手法の開発	工学研究院	佐竹 天馬、橋國 克明	宮崎 康次
• Fe-Cr-Ni合金のX線回折プロファイル解析	工学研究院	高桑 脩	戸田 裕之
• 次世代パワーデバイス材料のナノ研削性能と平坦化加工に関する研究	工学研究院	賈 晨	黒河 周平

- プラズマ気泡によるアルミナナノ粒子生成の研究 工学研究院 南 有真 山西 陽子
- 電析物の微細構造観察 工学研究院
小森田勝也、西田 拓翔、石田 翔一、上野 隼誠、藤井琳太郎、尾坂 宗紀、中村 締羽、樋口 卓朗 大上 悟
- Turning behavior of abrasive water treated and abrasive blast treated specimens 工学研究院 李 昇岳 貝沼 重信
- Microstructure properties of solidified marine clay with quicklime-activated GGBS 工学研究院 Li Faxin 笠間 清伸
- ナノセルロースの界面触媒反応による木質模倣微粒子の創出 農学研究院 畠山真由美 北岡 卓也
- 20年来の腎機能低下を伴うシリカ腎症の原因物質が珪藻土中に含まれるケイ素と推定された一例 九州大学病院 岩村 成蔭

2.2. デスクトップX線回折装置 (MiniFlex600-C) (伊都地区)

- 粉体加工法による新規材料の創製 工学研究院 吉年 規治
- 電析物の微細構造観察 工学研究院 CHOI JONG HWAN、河島 亮太、高實 快、上野 隼誠、森本 悠斗、中嶋 聖也、田中 浩陽、田中 浩陽、高野 智暉 大上 悟
- Identification of crystal types in SICP-treated soil specimens 工学研究院 Yuyuan Chen ハザリカ ヘマンタ
- 火山性堆積物を利用した建設材料の開発に関する基礎的研究 工学研究院 首藤 颯希、福永 隆之 濱田 秀則
- 建設材料の維持管理に関する基礎的研究 工学研究院 Xu Jiale 濱田 秀則
- バイオナノファイバーおよび複合体の形態観察 農学研究院 中満 和樹 横田 慎吾
- 微生物機能を利用した無機鉱物生成による地盤改良技術の研究開発 農学研究院 中野 晶子
- 土壌中鉱物の構造及び元素組成分析 農学研究院 牛島 慧 平館俊太郎
- 環境粒子測定 理学研究院 鍋山 凪 宇都宮 聡
- 微生物の鉱物代謝による毒性元素環境挙動への影響の検討 理学研究院 竹岡 千叡 濱村奈津子

2.3. 走査型プローブ顕微鏡 (DimensionIcon) (伊都地区)

- ZnInONの高品質結晶成長 システム情報科学研究院 成重 椋太 板垣 奈穂
- ZIONの表面モフォロジー観察 システム情報科学研究院 熊本 聖 板垣 奈穂
- ZnOの表面モフォロジー観察 システム情報科学研究院 榑崎 誠将、畑 昌太郎 板垣 奈穂
- ZnO系TCOのスパッタ成膜 システム情報科学研究院 原田 勝之、和田 義晴 板垣 奈穂
- エキシトントランジスタ実現に向けたZnO/ZnMgO量子井戸の作製 システム情報科学研究院 大津山裕生、野口 響生 板垣 奈穂
- サファイア基板の表面モフォロジー観察 システム情報科学研究院 Xie Wenrui 板垣 奈穂
- 常温接合の研究 (サファイア基板における接合機構解明) システム情報科学研究院 笠 友実子 多喜川 良
- SiCチップのCuスパッタ観察 システム情報科学研究院 中村 潤平 多喜川 良
- LNとSiの常温接合 システム情報科学研究院 加藤田義樹 多喜川 良
- Cuの表面形状測定 システム情報科学研究院 山内 峻平 多喜川 良

- PDMS上の金原子膜の測定 工学研究院 嶋田 脩悟 加地 範匡
- Dimension Iconを比較対象としたSPM-9600の強み弱みの分析 工学研究院 森下 和彦 藤ヶ谷剛彦
- 気相反応における固定化ナノセルロースの表面化学修飾 農学研究院 児玉 瑞季 横田 慎吾
- バイオナノファイバーおよびその複合体の観察 農学研究院 中満 和樹、児玉 瑞季 横田 慎吾
- テンポ酸化CNFの繊維形態観察 農学研究院 押川 路斗 巽 大輔
- ナノセルロースの界面触媒反応による木質模倣微粒子の創出
農学研究院 Afrin Syeda Rubaiya、畠山真由美 北岡 卓也

2 4. エネルギー分散型蛍光 X 線分析装置 (EDX-7000) (伊都地区)

- 廃液からの金属イオン除去に関する基礎研究
アイソトープ統合安全管理センター 松石 武 本多 史憲
- インクジェット合成手法を用いた酸化物合成 エネルギー研究教育機構 吉竹美由貴 辻川 皓太
- 遷移金属錯体の構造解析 工学研究院 岩崎 孝紀
- 疎水性深共晶溶媒を用いたレアメタルリサイクルプロセスの開発
工学研究院 神園 麻裕 後藤 雅宏
- 二級アミンと空気のみを由来としてN-ホルムアミド類を合成する可視光駆動型光触媒反応の開発
工学研究院 湯浅 茉由 鳶越 恒
- 高い光透過性を持つゲル触媒を用いたフロー合成 工学研究院 西村 和也 三浦 佳子
- ポリマー合成 工学研究院 沼野友里杏 三浦 佳子
- モノマー作成 工学研究院 児玉 陸水 三浦 佳子
- Pdの定量 工学研究院 西原 雄太 三浦 佳子
- 重金属沈殿の回収価値評価 工学研究院 梶野 友貴 中山 裕文
- 電析物の微細構造観察 工学研究院 小森田勝也 大上 悟
- Microstructure properties of solidified marine clay with quicklime-activated GGBS
工学研究院 Li Faxin 笠間 清伸
- セメント改良土および微生物改良土の自己修復メカニズムの解明に関する研究
工学研究院 俊成 絃輝 笠間 清伸
- 建設材料の維持管理に関する基礎的研究 工学研究院 Xu Jiale 濱田 秀則
- 太陽熱を利用した海水濃縮プロセスのための集熱塔の効果検証と運用法の検討
人間環境学研究院 樋口夕季乃 出水 文二
- 3Dプリンターで利用可能なジオポリマー素材の開発 人間環境学研究院 先本 凌 末廣 香織
- 微生物機能を利用した無機鉱物生成による地盤改良技術の研究開発
農学研究院 中野 晶子

2 5. 微小部 X 線分析装置 (XGT-9000) (伊都地区)

- 燃料電池への応用を目指した酸修飾ポリベンズイミダゾールからなる新規有機・無機ハイブリッド固体高
分子電解質の創製 工学研究院 吉田未夏美 藤ヶ谷剛彦
- 窒化ホウ素ナノチューブをホストとした光機能的1次元ナノ複合体の創製
工学研究院 佐伯 颯斗 藤ヶ谷剛彦
- 高分子電解質膜の開発 工学研究院 田中 直樹 藤ヶ谷剛彦

26. 高分解能3次元X線CTシステム (SKYSCAN1172) (伊都地区)

- 金属燃料のアーク溶解法による合成及び物性評価 工学研究院 次良丸 祐 稲垣八穂広
- CFRPの電気リサイクル 工学研究院 小林 療平 岸田 昌浩
- ガスアトマイズ粉末に含まれる気孔形成メカニズムの解明と気孔低減に関する研究 工学研究院 岡 惇也 吉年 規治
- 木材の評価 農学研究院 井上 琴 巽 大輔

27. マイクロCTシステム (SKYSCAN1272) (伊都地区)

- ガスアトマイズ粉末に含まれる気孔形成メカニズムの解明と気孔低減に関する研究 工学研究院 岡 惇也 吉年 規治
- 塗布型熱電デバイスの創製 工学研究院 橋國 克明 宮崎 康次
- 積層造形法における難燃性Mg合金の欠陥形成に及ぼす回転角度の影響 工学研究院 中澤真一郎 宮原 広郁
- コークスの組織解析 工学研究院 玉城 優貴 大野光一郎
- 金属材料のマイクロCT観察 先導物質化学研究所 工藤 真二 林 潤一郎
- ハチ目における産卵形質を中心とした内部形態の観察 農学研究院 阿部 純大 三田 敏治
- 昆虫の内部形態観察 農学研究院 松浦 公平 三田 敏治

28. 熱分析装置 (EXSTAR7000) (伊都地区)

- Material Thermal Stability Test
カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所 Chen Rui、Zhang Sixu Saha Bidyut Baran
- 金属燃料のアーク溶解法による合成及び物性評価 工学研究院 次良丸 祐 稲垣八穂広
- 有機強誘電材料の熱特性に関する研究 工学研究院 前田 悠介、沖田 裕介 石田 謙司
- 接着界面における高分子の構造解析 工学研究院 阿部 建樹 田中 敬二
- TGDDM/DDSの熱物性 工学研究院 宮下 剛 田中 敬二
- 界面における熱可塑性高分子に関する研究 工学研究院 佐伯慎太郎 田中 敬二
- 熱硬化性高分子に関する研究 工学研究院 田島穂乃里 田中 敬二
- 生体適合性イオン液体の合成 工学研究院 Islam Rashedul 後藤 雅宏
- Deep Eutectic Solvents for Green Extraction of Green Seaweed Cellulose 工学研究院 Rizfi Fariz Pari 後藤 雅宏
- Development of transdermal vaccines using Deep Eutectic solvents 工学研究院 Roy Jabidash 後藤 雅宏
- DES component characterization for melting point and fusion enthalpy 工学研究院 Septioga Kevin 後藤 雅宏
- イオン液体の合成 工学研究院 豊福 淳大 後藤 雅宏
- 疎水性深共晶溶媒を用いたレアメタルリサイクルプロセスの開発 工学研究院 神園 麻裕 後藤 雅宏
- 発光性ホウ素錯体の合成 工学研究院 谷 綾乃 星野 友
- 空気中の二酸化炭素を捉え化学変換するDAC&Cシステムの開発 工学研究院 濱田はるか 星野 友
- カーボン界面制御による多孔性材料の均一吸着と結晶成長制御技術の開発 工学研究院 田中 航慎 藤ヶ谷剛彦

- マイクロ波加熱を用いたプラスチック熱分解からのカーボンナノチューブ製造
工学研究院 山口 愛 岸田 昌浩
- ポリマー固定化不斉分子触媒を用いたメカノケミカル合成 工学研究院 廣石 健人 三浦 佳子
- ガスアトマイズ粉末に含まれる気孔形成メカニズムの解明と気孔低減に関する研究
工学研究院 竹崎 悠晟 吉年 規治
- 高強度リサイクル炭素繊維強化複合材の創成と宇宙機用サンドイッチ材への応用
工学研究院 井上 径尚 矢代 茂樹
- 鉄の浸炭溶融評価 工学研究院 小野 彩奈 大野光一郎
- 銅-亜鉛合金の格子欠陥由来ピークの取得 工学研究院 東 祐輝 田中 將己
- Property of Nano-silica modified epoxy resin 工学研究院 Chen Lirong 貝沼 重信
- セメント改良土および微生物改良土の自己修復メカニズムの解明に関する研究
工学研究院 川道 研利 笠間 清伸
- 採掘跡地における炭酸塩鉱物化の促進によるCO₂貯留に関する研究
工学研究院 鈴木 杏輔 濱中 晃弘
- カーボンナノチューブの完全一軸配向を目指した結晶性カーボンナノチューブ水分散液の外的因子に対する
応答性の研究 先導物質化学研究所 児島 敬子 菊池 裕嗣
- 脂質ミミックトリプチセンを用いた脂質ドメインの創製
先導物質化学研究所 岩田 隆幸 新藤 充
- 熱処理したマレーシア産早生広葉樹の評価 農学研究院 久保 喜照 ANDI HERMAWAN
- Evaluation of edible films and coatings from cassava starch and chitosan
農学研究院 Amna Bibi 田中 史彦
- タンパク質ゲルの作製 農学研究院 井倉 則之
- モノマー製品合成反応開発とその工業化に関する共同研究 理学研究院 真崎 裕司 徳永 信
- 担持金ナノ粒子実用製造技術による酒類の品質保持と改良 理学研究院 真崎 裕司 徳永 信

29. 示差熱重量同時測定装置 (NEXTA STA300) (伊都地区)

- ポリエチレンテレフタレート of 熱物性、ポリビニルガロールの熱物性評価
工学研究院 森田 修治 田中 敬二
- ニッケル酸化亜鉛の新規浸出剤開発 工学研究院 松井武次郎 後藤 雅宏
- 疎水性深共晶溶媒を用いたレアメタルリサイクルプロセスの開発
工学研究院 神園 麻裕 後藤 雅宏
- BNNTへの包接確認 工学研究院 中村 銀志 藤ヶ谷剛彦
- ポリマー固定化不斉分子触媒を用いたメカノケミカル合成 工学研究院 廣石 健人 三浦 佳子
- セメント改良土および微生物改良土の自己修復メカニズムの解明に関する研究
工学研究院 川道 研利 笠間 清伸
- 開環メタセシス重合によるナフタレンジイミドポリマーの合成と機能
総合理工学研究院 Mohamed Ezzat 古野 裕史

30. 顕微レーザーラマン分光装置 (ARAMIS) (伊都地区)

- ZIONの発光観察 システム情報科学研究所 熊本 聖 板垣 奈穂

- ウラン系酸化物のレーザー加熱型無容器法による融点評価 工学研究院 浦川 星奈 稲垣八穂広
- BaSn_{1-x}Y_xO_{3-δ}系セラミックスの複合欠陥生成とアニオン置換 工学研究院 前川 舞有 林 克郎
- 凍結乾燥プロセスの開発 工学研究院 和田 昌憲 中川 究也
- マイクロ波加熱を用いたプラスチック熱分解からのカーボンナノチューブ製造
工学研究院 山口 愛 岸田 昌浩
- CFRPの電気リサイクル 工学研究院 小林 燎平 岸田 昌浩
- マイクロ波加熱を用いたプラスチック熱分解からのカーボンナノチューブ製造
工学研究院 神代 知旺、大島 一真 岸田 昌浩
- 熱プラズマを用いたメタンの熱分解による水素とナノ炭素材料の合成
工学研究院 井原 歩夢 渡邊 隆行
- 次世代パワーデバイス材料のナノ研削性能と平坦化加工に関する研究
工学研究院 賈 晨 黒河 周平
- 短波長共焦点ラマン分光による含水試料中の水分子ダイナミクスの測定・解析
工学研究院 川合 晃生
- 異種マトリックス熱可塑性CFRP溶着継手の試作と界面特性評価
工学研究院 沈 政輝 矢代 茂樹
- 電析物の微細構造観察 工学研究院 尾坂 宗紀 大上 悟
- 炭材の結晶性評価 工学研究院 小野 彩奈 大野光一郎
- マイクロ波による圧延スラッジの還元 工学研究院 徳永 翼 大野光一郎
- Cr₂O₃を含む溶融スラッグの電気伝導率測定および構造解析 工学研究院 平野 瑠花 中島 邦彦
- CaO-SrO-MgO-SiO₂-CaF₂系モールドフラックスの粘性および結晶化挙動同時評価
工学研究院 中西 賢斗 齊藤 敬高
- 鋼材のさび成分の分析 工学研究院 Liu Weichen 貝沼 重信
- 付着塩分量0.50mg/2のさび成分分析 工学研究院 キム アラン 貝沼 重信
- 生体適合性高分子・水混合系の昇温結晶化機構の解明
先導物質化学研究所 小林 美加 田中 賢
- ポリヨウ化物を含んだヨウ素錯体の共鳴ラマンスペクトルの測定
総合理工学研究院 石岡 寿雄 原田 明
- 酸化物表面における金属-酸素結合の検証 総合理工学研究院 末松 昂一
- 微生物機能を利用した無機鉍物生成による地盤改良技術の研究開発
農学研究院 中野 晶子
- 浸炭過程と鉍石改質に関する基礎研究 農学研究院 林 華乃子、大松 貴子 椿 俊太郎
- マイクロ波選択加熱によるアミン吸収剤のCO₂脱離促進 農学研究院 原 理佳子 椿 俊太郎
- 空間電力合成マイクロ波加熱を利用した有機廃棄物の高速炭化システムの開発
農学研究院 本田 梨恵 椿 俊太郎
- 長野県大鹿村のダナイト中の自然鉄を含む蛇紋石脈の微細構造
比較社会文化研究院 武田 侑也 桑原 義博
- 岩石中の不溶性炭素の分析 理学研究院 北島富美雄

3 1. 顕微レーザーラマン分光測定装置 (LabRAM HR Evolution VIS-NIR)

- Microplastics pollution in aquatic environments 応用力学研究所 Maria Belen ALFONSO
- ラマンプローブを用いた超解像顕微分光イメージング 理学研究院 坂本 涼 平松光太郎

3 2. 3D 測定レーザー顕微鏡 (OLS4500) (伊都地区)

- 自己スパッタによるLNとSiの常温接合
 システム情報科学研究院 Fan Yunhan、片峰 寿則 多喜川 良
- 寒天製三次元足場の作製 工学研究院 日高 凌央 加地 範匡
- 超伝導薄膜の表面形状観察 工学研究院 浦中 智貴 寺西 亮
- LuBCO薄膜の膜厚調査 工学研究院 牧口 八尋 寺西 亮
- YBCO薄膜の膜厚調査 工学研究院 相良虎太郎 寺西 亮
- YBCO薄膜の表面観察 工学研究院 矢野翔太郎 寺西 亮
- Nbパターンニングを施したSTO基板のパターンニング幅の調査 工学研究院 和田 大生 寺西 亮
- YBCO薄膜の凹凸の調査 工学研究院 藤本 大貴、平山 誠也 寺西 亮
- 高窒素鋼の加工硬化挙動と転位組織の関係 工学研究院 久保翔太郎 土山 聡宏
- Turning behavior of abrasive water treated and abrasive blast treated specimens
 工学研究院 李 昇岳 貝沼 重信
- 結晶性高分子材料のボイド観察 水素材料先端科学研究センター 葛西 昌弘
- ナノセルロースの界面触媒反応による木質模倣微粒子の創出
 農学研究院 岩崎 瑛大、伊東 拓郎 北岡 卓也

装置を利用した研究成果 (2025年)

超伝導核磁気共鳴吸収装置

1. R.Eto, T. Abe, Y. Morimitsu, K. Tanaka, Impacts of Polymer Adsorption on Adhesion Strength at Solid Interfaces, *ACS Macro Lett.* 14, 1813-1818 (2025)
2. K. Kumamoto, A. Shundo, S. Yamamoto, K. Tanaka, One-Time Network Rearrangement for Homogenization of Epoxy Resin Structures, *Macromolecules* 58(18), 9636-9644 (2025)
3. S. Yamamoto, N. Thao Phan, K. Kihara, A. Shundo, K. Tanaka, Off-stoichiometry Effect on the Physical Properties of Epoxy Resins, *Polym. J.* 57(4), 357-366 (2025)
4. A. Tokunaga, A. Shundo, S. Yamamoto, R. Kuwahara, K. Tanaka, Effect of Number Density of Epoxy Functional Groups on Reaction Kinetics for Epoxy Resin, *Macromolecules* 57(22), 10530-10538 (2024)
5. M. Nagao, D. Yoshimatsu, H. Matsumoto, Y. Miura, Sequence-Dependent Effects of Folded Glycopolymers on Their Biomolecular Recognition, *ACS Macro Letters*, 2025, 14, 989-995, 2025
6. K. Kitagawa, S. Kobayashi, Y. Miura, M. Tanaka, H. Ise, Targeting and Suppression of Survivin in Cancer Cells Based on the Interaction of Cell Surface Vimentin with N-Acetylglucosamine-Bearing Polymers, *ACS Omega* 10(33), 37162-37175, 2025
7. Y. Nagai, H. Iwamoto, S. Fukuda, S. Akashi, S. Iseri, H. Tada, T. Yamanaka, K. Wada, S. Tsuji, T. Ono, Y. Miura, T. Taniguchi, Y. Hoshino, Stereoisomer library prepared via controlled radical polymerization: isolation, structural identification and discovery of stereospecific gelation behaviour of tri(N-phenyl acrylamide), *Chem. Sci*, 2025, 16, 11475-11480, 2025
8. T. Sumura, M. Nagao, H. Matsumoto, T. Masuda, M. Takai, Y. Miura, Detailed Study of the Interactions between Glycopolymers in the Presence of Metal Ions through Quartz Crystal Microbalance Method, *Biomacromolecules* 25 (10), 6416-6424, 2024

ICP質量分析装置

1. A. Hamanaka, T. Sasaoka, H. Shimada, S. Matsumoto, Ginting Jalu Kusuma, Mokhammad Candra Nugraha Deni, Mitigation of Acid Mine Drainage Using Blended Waste Rock in Near-Equatorial Climates-Geochemical Analysis and Column Leaching Tests, *phychem*, Vol.4, No.4, pp. 470-482, 2024

X線回折装置

1. S. Tamura, H. Mokudai, T. Masaki, H. Taguchi, T. Kikuchi, N. Yamada, H. Seto, H. Matsuno, K. Tanaka, Internal Structure Dependence of Biodegradation for Polyamide 4 Thin Films in Seawater, *Biomacromolecules* 26(2), 992-1001 (2025)
2. M. Taguchi, N. Miyata, T. Miyazaki, H. Aoki, S. Ozawa, R. Hasegawa, Y. Morimitsu, D. Kawaguchi, S. Yamamoto, K. Tanaka, Surface and Interfacial Aggregation States in Thin Films of a Polystyrene/Polyrotaxane Blend, *Polym. J.* 57, 737-743 (2025)
3. C. M. Valderrama, M. Quintana, K. Tokunaga, Y. Urbina, Y. Kurokawa, P. Vavassori, H. Yuasa, A. Berger, Observation of excess polar magneto-optical Kerr effect signals in asymmetric Co/Tb-multilayers, *Appl. Phys. Lett.* 127, 142404 (2025)
4. K. Tokunaga, Y. Kurokawa, L. Zhang, and H. Yuasa, High spin-orbit torque efficiency in Pt/Co/Tb/W repetition structures with broken spatial inversion symmetry, *J. Phys. D: Appl. Phys.* 58, 135004 (2025)
5. R. Kai, M. Hatakeyama, S. Iwamoto, T. Kitaoka, Primary human mesenchymal stem cell culture under xeno-free conditions using surface-modified cellulose nanofiber scaffolds, *Carbohydrate Polymers*, 343, 122479 (2024)

6. R. Hatase, Q. Li, M. Hatakeyama, T. Kitaoka, Direct activation of Toll-like receptor 2 signaling stimulated by contact with the interfacial structures of chitin nanofibers, *International Journal of Biological Macromolecules*, 284(2), 138092 (2025)
7. A. Iwasaki, M. Hatakeyama, Q. Liu, A. Orimoto, T. Fukuda, T. Kitaoka, Proliferation and differentiation of human dental pulp stem cells on phosphorylated cellulose nanofiber scaffolds, *Carbohydrate Polymers*, 359, 123593 (2025)
8. A. Tanaka, S. Fujino, Fabrication of transparent silica glass and evaluation of silica particle dispersibility in silica slurries based on the solubility parameters of the slurry components, *Ceram. Int.*, 50, 53193-53200 (2024)
9. K. Komorita, Y.-K. Taninouchi, H. Nakano, Effects of Thermal Pretreatment on the Oxidative Dissolution of Chalcopyrite: Electrochemical Study with Synthetic Minerals, *Mater. Trans.*, 66, 318-327 (2025)
10. Y.-K. Taninouchi, K. Sunagawa, T. H. Okabe, H. Nakano, Extraction of Platinum Using Ferric-Chloride-Vapor-Based Chlorination Followed by Hydrochloric Acid Leaching, *J. Sustain. Metall.*, 11, 1835-1847 (2025)
11. 小森田 勝, 谷ノ内 勇, 中野 博, 黄銅鉱の酸化溶解挙動に及ぼす熱処理の影響: 合成鉱物を用いた電気化学的調査, *J. MMIJ*, 141, 31-38 (2025)
12. S.-H. Baek, T. Isobe, M. Inada, Effect of sintering additives on fabrication of silica porous glass structure, *J. Ceram. Soc. Jpn.*, 132, 446-452 (2024)
13. S.-H. Baek, M. Inada, Li_4SiO_4 modification on the surface of amorphous silica porous body and CO_2 removal method characteristics, *J. Ceram. Soc. Jpn.*, 132, 571-577 (2024)

蛍光 X 線分析装置

1. A. Hamanaka, T. Sasaoka, H. Shimada, S. Matsumoto, Ginting Jalu Kusuma, Mokhammad Candra Nugraha Deni, Mitigation of Acid Mine Drainage Using Blended Waste Rock in Near-Equatorial Climates—Geochemical Analysis and Column Leaching Tests, *phychem*, Vol.4, No.4, pp.470-482, 2024

走査型電子顕微鏡

1. F. Ichibakase, T. Naito, N. Kaji, Fabrication and Installation of a Flexible Polydimethylsiloxane (PDMS) Porous Membrane as a Substitute for a Rigid, Conventional, Track-Etched Polyethylene Terephthalate (PET) Membrane on Cell Culture Inserts for Gut Barrier Co-culture, accepted in *Analytical and Bioanalytical Chemistry*
2. P. Ren, S. Hamada, S. Ueki, D. Itoh, T. Makino, H. Noguchi, Fatigue strength evaluation method based on fatigue crack extension mechanism in BCC martensitic steels. *International Journal of Fatigue* 2025; 193: 108784
3. W. Li, T. Kina, S. Hamada, Effectiveness and necessity of physics-based crystalline plasticity finite element method in analyzing fatigue crack behavior with strain localization. *Materials Today Communications* 2025; 45: 112404
4. B. Chen, S. Hamada, T. Kato, T. Makino, H. Noguchi, Transition of fatigue-crack extension mechanism on a hot rolled steel with an inclined notch under cyclic tension-compression and plane strain conditions. *International Journal of Fatigue* 2025; 193: 108806
5. B. Chen, S. Hamada, T. Kato, T. Makino, H. Noguchi, Quantitative assessment of compression fatigue history effect on the subsequent tension fatigue limit of strain localized material. *International Journal of Fatigue* 2025; 191: 108682
6. S. Hamada, Y. Araki, H. Noguchi, Modeling procedure for the damage-accumulation mode of fatigue crack growth: A case study on cold-rolled SUS430 sheet under cyclic pure shear stress. *International Journal of Fatigue* 2026; 203: 109297
7. C. M. Valderrama, M. Quintana, K. Tokunaga, Y. Urbina, Y. Kurokawa, P. Vavassori, H. Yuasa, A. Berger, Observation of excess polar magneto-optical Kerr effect signals in asymmetric Co/Tb-multilayers, *Appl. Phys. Lett.* 127, 142404 (2025)
8. K. Tokunaga, Y. Kurokawa, L. Zhang, and H. Yuasa, High spin-orbit torque efficiency in Pt/Co/Tb/W repetition structures with broken spatial inversion symmetry, *J. Phys. D: Appl. Phys.* 58, 135004 (2025)

9. H. Matsumoto, Y. Hoshino, T. Iwai, M. Sawamura, Y. Miura, Roles of Divinylbenzene Co-Cross-Linker in a Threefold Cross-Linked Polystyrene-Phosphine Hybrid Monolith: Impact of Cross-linking Degree on Catalytic Performance, *European Journal of Organic Chemistry* 28 (1), e202400974, 2025
10. H. Shigeeda, H. Matsumoto, M. Nagao, Y. Miura, Residence time distribution effects on continuous-flow reaction in a polymer gel-based porous monolith: investigation of an asymmetric reaction with supported Hayashi-Jørgensen catalysts, *Reaction Chemistry & Engineering*, 2025, 10, 1038-1047, 2025
11. M. E. Abdu, M. F. Radwan, A. E. Mesbah, Y. J.Hao, A. Zkria, M. Z. Basyouni, A. M. Spring, Living ROMP of poly(m,p-phenylenevinylene) and functionalized norbornene-dicarboximides copolymers: guided synthesis toward enhanced optoelectronic and thermal properties with DFT insights, *Polym. Chem.*, 16, 4444-4469 (2025)
12. M. F. Radwan, M. E. Abdu, M. Z. Basyouni, M. M. Elkady, M. M. Zohair, K. Shimizu, A. M. Spring, From Monomer Design to Multifunctional Polymers via Controlled ROMP: Novel Indole-Functionalized Norbornene Dicarboximide Copolymers with Enhanced Thermal, Optical, and Antibacterial Properties, *Macromolecules*, 58, 8007-8031 (2025)
13. S. Miyazaki, N. Ogiwara, C. A. Nagasaka, K. Takiishi, M. Inada, S. Uchida, Pore design of POM@MOF hybrids for enhanced methylene blue capture, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 97, uoae105 (2024)
14. S.-H. Baek, T. Isobe, M. Inada, Effect of sintering additives on fabrication of silica porous glass structure, *J. Ceram. Soc. Jpn.*, 132, 446-452 (2024)
15. S.-H. Baek, M. Inada, Li₄SiO₄ modification on the surface of amorphous silica porous body and CO₂ removal method characteristics, *J. Ceram. Soc. Jpn.*, 132, 571-577 (2024)

X線光電子分光法

1. D. Song, X. Liu, Y. Wu, Q. Quan, Y. Tsuji, X. Liu, H. Saito, S. Ihara, L. Dai, X. Liang, T. Yanagida, J. C. Ho, S. Yip, Optimizing d-p orbital hybridization by tuning high-entropy spinel oxides for enhanced alkaline OER efficiency, *J. Mater. Chem. A*, 13, 13295-13304 (2025)
2. X. Liu, D. Song, Q. Quan, D. Chen, H. Saito, L. Dai, M. Ikeuchi, T. Yanagida, J. C. Ho, S. Yip, Boosted Oxygen Evolution Reaction in Bimetallic Alloy Nanoparticles/Carbon Composite via Simple One-Step Molten Salt-Assisted Synthesis, *ACS Appl. Energy Mater.*, 8, 3449-3458 (2025)
3. X. Liu, D. Song, L. Dai, K. He, T. Yanagida, J. C. Ho, S. Yip, Temperature-modulated molten salt synthesis of FeNi alloy/carbon electrocatalyst for enhanced oxygen evolution reaction, *Chem. Lett.*, 54, upaf130 (2025)
4. K. Tsujikawa, J. Hyodo, S. Fujii, K. Takahashi, Y. Tomita, N. Shi, Y. Murakami, S. Kasamatsu, Y. Yamazaki, Mitigating proton trapping in cubic perovskite oxides via ScO(6) octahedral networks, *Nat. Mater.*, 24, 1949-1956 (2025)
5. T. Aso, H. Kuwazuru, D. Wang, K. Yamamoto, Al₂O₃ growth on Ge by low-temperature (~90°C) atomic layer deposition and its application for MOS devices, *Mater. Sci. Semicon. Proc.*, 190, 109372 (2025)
6. T. Ren, K. Suematsu, Y. Shimada, K. Watanabe, K. Shimanoe, Surface Modification of SnO₂ Gas Sensors with WO₃ for Temperature-Dependent Selective Detection of Ethanol and Acetone, *ACS Appl. Electron. Mater.*, 7, 10385-10395 (2025)
7. K. Yamamoto, T. Aso, H. Kuwazuru, D. Wang, Gate Stack Fabrication on Germanium Using Low Temperature Atomic Layer Deposition *Meet. Abstr.* MA2025-02 1742 (2025)
8. 稲田 幹, 環境・エネルギー問題解決のためのセラミックス開発と構造解析, *分析化学*, 73, 393-399 (2024)

熱分析装置

1. K. Kumamoto, A. Shundo, S. Yamamoto, K. Tanaka, One-Time Network Rearrangement for Homogenization of Epoxy Resin Structures, *Macromolecules* 58(18), 9636-9644 (2025)
2. S. Yamamoto, N. Thao Phan, K. Kihara, A. Shundo, K. Tanaka, Off-stoichiometry Effect on the Physical Properties of Epoxy Resins, *Polym. J.* 57(4), 357-366 (2025)

3. A. Tokunaga, A. Shundo, S. Yamamoto, R. Kuwahara, K. Tanaka, Effect of Number Density of Epoxy Functional Groups on Reaction Kinetics for Epoxy Resin, *Macromolecules* 57(22), 10530-10538 (2024)
4. T. Abe, C. Ikeda, K. Tanaka, Crystallization Temperature as a Dominant Factor Governing the Aggregation Structure and Mechanical Properties of Poly(ether ether ketone), *Polym. J.* 57, 1177-1182 (2025)
5. S. Saeki, H. Taneda, T. Abe, K. Tanaka, Characterization of Polymer Structure at Buried Interfaces in Films by X-ray Photoelectron Spectroscopy Combined with Gas Cluster Ion Beam, *Langmuir* 41(16), 10668-10675 (2025)
6. A. Shundo, M. Aoki, S. Yamamoto, K. Tanaka, Impact of Cross-linking on The Time-Temperature Superposition of Creep Rupture in Epoxy Resins, *Soft Matter* 21(25), 5005-5013 (2025)
7. S. Tamura, H. Mokudai, T. Masaki, H. Taguchi, T. Kikuchi, N. Yamada, H. Seto, H. Matsuno, K. Tanaka, Internal Structure Dependence of Biodegradation for Polyamide 4 Thin Films in Seawater, *Biomacromolecules* 26(2), 992-1001 (2025)
8. X. Cao, T. Jiang, H. Shimada, T. Sasaoka, A. Hamanaka, Influence of CO₂ nano-bubble water concentration and curing time on the macroscopic and microscopic mechanical properties of cemented backfill materials, *Journal of Building Engineering*, Vol.98, 111099, 2024

フーリエ変換赤外分光光度計

1. C. Jee, H. Matsumoto, Z. Liu, Z. Wang, K. Obayashi, K. Kojio, M. Shigeyama, M. Nagao, and Y. Miura, Design and Simulation of Thermo-Responsive 4D Hydrogel Materials, *Journal of Polymer Science* 63(19), 3882-3891, 2025
2. C. Jee, H. Matsumoto, T. Horiuchi, Z. Liu, Z. Wang, K. Obayashi, K. Kojio, M. Nagao, Y. Miura, Preparation of 4D Hydrogel with PET-RAFT and Orthogonal Photo-reactions, *RSC Applied Polymers* 3,156-162, 2025
3. S. Ono, T. Okumura, K. Kamataki, P. Attri, K. Koga, M. Shiratani, K. Watanabe, H. Fukumizu, Comparative study of deposition characteristics aC: H films by plasma CVD using methane, acetylene, and cumene, *Diamond and Related Materials*, 112468, 2025/5/21
4. Sukma Wahyu Fitriani, K. Kamataki, Y. Yamamoto, Y. Sato, Y. Kurosaki, K. Koga, M. Shiratani, Predictive model for SiO₂ film properties using plasma optical emission spectra based on machine learning, *Surface and Coatings Technology*, 504, 132029, 2025/5/15
5. S. Ono, Sung-Hwa Hwang, T. Okumura, N. Yamashita, K. Kamataki, H. Kiyama, N. Itagaki, K. Koga, M. Shiratani, Effects of carbon nanoparticle insertion on stress reduction in hydrogenated amorphous carbon films using plasma chemical vapor deposition, *Diamond and Related Materials*, 150, 111654, 2024/12/1
6. M. F. Radwan, M. E. Abdu, M. Z. Basyouni, M. M. Elkady, M. M. Zohair, K. Shimizu, A. M. Spring, From Monomer Design to Multifunctional Polymers via Controlled ROMP: Novel Indole-Functionalized Norbornene Dicarboximide Copolymers with Enhanced Thermal, Optical, and Antibacterial Properties, *Macromolecules*, 58, 8007-8031 (2025)
7. M. F. Radwan, M. E. Abdu, M. M. Elkady, M. Z. Basyouni, A. M. Spring, Living ROMP of N-phenothiazinyl norbornene-dicarboximide homopolymer: Synthesis, characterization, and physical behavior insights, *Polymer*, 321, 128115 (2025)
8. M. E. Abdu, M. F. Radwan, D. A. Elsayed, W. S. Shehab, W. A. Zordok, M. Z. Basyouni, A. M. Spring, Controlled synthesis, characterization and computational studies of novel homo and random Co-polymers from carbazolovinylene and phenothiazinovinylene via ROMP chemistry, *Polymer*, 333, 128590 (2025)

ラマン分光法

1. H. Yi, P. Solís-Fernández, Y.-C. Lin, K. Suenaga, H. Ago, Bottom-up confined synthesis of air-stable two-dimensional SnS and SnS₂ between hexagonal boron nitride nanosheets, *ACS Appl. Nano Mater.*, 8, 2693-2700 (2025)
2. Z. Ma, P. Solís-Fernández, K. Hirata, Y.-C. Lin, K. Shinokita, M. Maruyama, K. Honda, T. Kato, A. Uchida, H. Ogura, T. Otsuka, M. Hara, K. Matsuda, K. Suenaga, S. Okada, T. Kato, Y. Takahashi, H. Ago, Lattice-guided growth of dense

- arrays of aligned transition metal dichalcogenide nanoribbons with high catalytic reactivity, *Sci. Adv.*, 11, eadr8046 (2025)
3. H. Saeki, R. Saito, T. Ono, T. Ehara, K. Miyata, S. Emoto, H. Ago, T. Fujigaya, T. Shiraki, Tetracene Inclusion in Boron Nitride Nanotubes for Photoluminescence Property Modulation Based on Aggregated State Control in Their Nanocavity, *J. Phys. Chem. Lett.*, 16, 7738-7743 (2025)
 4. Q. Liu, H. Sun, Y.-C. Lin, M. Ghorbani-Asl, S. Kretschmer, P. Solís-Fernández, M.-D. Siao, P.-W. Chiu, H. Ago, A. V. Krasheninnikov, K. Suenaga, Defect migration and phase transformations in 2D iron chloride inside bilayer graphene, *ACS Nano*, 19, 4845-4854 (2025)
 5. E. Y. Jung, P. Solís-Fernández, K. Yamamoto, H. Ago, Integration of High-k Material and Hexagonal Boron Nitride for Top-Gate WS₂ Field-Effect Transistors, *ACS Appl. Electron. Mater.*, 7, 6420-6427 (2025)
 6. T. Okonai, P. Solís-Fernández, S. Fukamachi, H. Sun, Y. Lee, Y.-C. Lin, T. Kato, S. Ryu, K. Suenaga, H. Ago, Anomalous Raman signals in multilayer hexagonal boron nitride grown by chemical vapour deposition on metal foil catalysts, *Nanoscale Adv.*, 7, 7538-7546 (2025)
 7. 稲田 幹, 環境・エネルギー問題解決のためのセラミックス開発と構造解析, 分析化学, 73, 393-399 (2024)

3D 測定レーザー顕微鏡

1. T. Ma, T. Masumura, T. Osuki and T. Tsuchiyama, Temperature dependence of work hardening controlled by nitrogen-induced dislocation structure in austenitic steel, *Materials Science and Engineering: A*, 945 (2025), 149025.
2. R. Kai, M. Hatakeyama, S. Iwamoto, T. Kitaoka, Primary human mesenchymal stem cell culture under xeno-free conditions using surface-modified cellulose nanofiber scaffolds, *Carbohydrate Polymers*, 343, 122479 (2024)
3. R. Hatase, Q. Li, M. Hatakeyama, T. Kitaoka, Direct activation of Toll-like receptor 2 signaling stimulated by contact with the interfacial structures of chitin nanofibers, *International Journal of Biological Macromolecules*, 284(2), 138092 (2025)
4. A. Iwasaki, M. Hatakeyama, Q. Liu, A. Orimoto, T. Fukuda, T. Kitaoka, Proliferation and differentiation of human dental pulp stem cells on phosphorylated cellulose nanofiber scaffolds, *Carbohydrate Polymers*, 359, 123593 (2025)

誘導結合プラズマ発行分光分析計 (5800 ICP-OES) (農 (伊都) 部局管理装置)

1. X. Chen, E. Yamakita, Y. Mori, A. Gunina & S. Hiradate, Nitrogen addition suppresses microbial respiration but enhances the release of water-extractable organic carbon in a non-allophanic Andosol, *Soil Science and Plant Nutrition*. 2025_05
2. Md. Mahedy Alam, E. Yamakita, Y. Inoue, J. Koarashi, M. Atarashi-Andoh, Y. Abe, M. Nakayama, Y. Mori & S. Hiradate, Possible transition from Silandic to Aluandic Andosols with acidification as evidenced by detailed profile investigation of two well-preserved forest Andosols in Japan, *Soil Science and Plant Nutrition*. 2025_05
3. X. Chen, R. Senda, Y. Mori, and S. Hiradate, Changes in carbon and nitrogen stable isotopic ratios with decomposition of plant residue, *European Journal of Soil Biology*, 126, September 2025, 2025. 9. 103755

軽元素同位体分析システム (MAT 253) (比文 (伊都) 部局管理装置)

1. X. Chen, R. Senda, Y. Mori, and S. Hiradate, Changes in carbon and nitrogen stable isotopic ratios with decomposition of plant residue, *European Journal of Soil Biology*, 126, September 2025, 2025. 9. 103755

関 係 委 員

九州大学中央分析センター委員会委員（令和6年4月1日～令和8年3月31日）

委員 長	セ ン タ ー 長	教 授	林 潤一郎
委 員	伊 都 分 室 長	教 授	藤ヶ谷 剛彦
	工 学 研 究 院 長	教 授	山 本 元 司
	総 合 理 工 学 研 究 院 長	教 授	谷 本 潤
	理 学 研 究 院	教 授	水 野 大 介
	〃	教 授	大 場 正 昭
	工 学 研 究 院	教 授	藤ヶ谷 剛彦
	〃	教 授	中 野 博 昭
	農 学 研 究 院	教 授	松 井 利 郎
	〃	教 授	平 舘 俊 太 郎
	比 較 社 会 文 化 研 究 院	教 授	桑 原 義 博
	医 学 研 究 院	教 授	國 崎 祐 哉
	歯 学 研 究 院	教 授	兼 松 隆
	薬 学 研 究 院	教 授	濱 瀬 健 司
	芸 術 工 学 研 究 院	教 授	須 川 正 治
	シ ス テ ム 情 報 科 学 研 究 院	教 授	興 雄 司
	総 合 理 工 学 研 究 院	教 授	永 長 久 寛
	応 用 力 学 研 究 所	教 授	西 澤 伸 一
	先 導 物 質 化 学 研 究 所	教 授	山 内 美 穂
	工 学 部 等 事 務 部	事 務 部 長	三 海 和 広
	筑 紫 地 区 事 務 部	事 務 部 長	井 上 淳

九州大学中央分析センター運営委員会委員（令和6年4月1日～令和8年3月31日）

委員 長	セ ン タ ー 長	教 授	林 潤一郎
委 員	伊 都 分 室 長	教 授	藤ヶ谷 剛彦
	中 央 分 析 セ ン タ ー	准 教 授	荻 原 直 希
	理 学 研 究 院	教 授	大 場 正 昭
	薬 学 研 究 院	教 授	濱 瀬 健 司
	工 学 研 究 院	教 授	藤ヶ谷 剛彦
	シ ス テ ム 情 報 科 学 研 究 院	准 教 授	佐 道 泰 造
	総 合 理 工 学 研 究 院	准 教 授	北 條 元
	農 学 研 究 院	教 授	松 井 利 郎
	医 学 研 究 院	教 授	國 崎 祐 哉
	先 導 物 質 化 学 研 究 所	准 教 授	小 椎 尾 謙

中央分析センター伊都分室委員会委員（令和6年4月1日～令和8年3月31日）

委員長	分室長	教授	藤ヶ谷 剛彦
工学研究院委員	(環境都市)	教授	久場 隆広
	(機械系)	准教授	北原 辰巳
	(化学工学)	准教授	田中 学
	(応用化学機能)	准教授	稲田 幹
	(応用化学分子)	准教授	高橋 幸奈
	(地球資源システム工学)	准教授	米津 幸太郎
	(材料工学)	准教授	谷ノ内 勇樹
	(航空宇宙工学)	教授	高橋 厚史
	(海洋システム工学)	教授	安東 潤
	(エネルギー量子工学)	准教授	稲垣 八穂広
システム情報科学研究院委員		准教授	佐道 泰造
人間環境学研究院委員		准教授	小山 智幸
理学研究院委員	地球惑星科学	准教授	山内 敬明
	生物科学	講師	楠見 健介
農学研究院委員	生命機能科学	教授	松井 利郎
	生命機能科学	教授	中山 二郎

九州大学中央分析センターの職員

センター長	教授	林 潤一郎 (兼任)
伊都分室長	教授	藤ヶ谷 剛彦 (兼任)
	准教授	萩原 直希 (筑紫地区)
	助教	三浦 好典 (筑紫地区)
	研究員	渡辺 美登里 (伊都地区)
	教務員	岩永 知奈 (伊都地区)
	事務補佐	敷田 万理 (筑紫地区)

中央分析センター業務記録

(自令和7年1月1日～至令和7年12月31日)

(1) 中央分析センター運営委員会

令和7年2月7日(金) (書面回議)

令和7年5月9日(金) (書面回議)

令和7年6月11日(水) (書面回議)

令和7年8月18日(月) (書面回議)

令和7年8月22日(金) (書面回議)

令和7年10月14日(火) (書面回議)

令和7年11月11日(火) (書面回議)

令和7年12月2日(火) (書面回議)

(2) 中央分析センター委員会

令和7年2月17日(月) (書面回議)

令和7年5月19日(月) (書面回議)

令和7年6月19日(木) (書面回議)

令和7年8月28日(木) (書面回議)

令和7年10月21日(火) (書面回議)

令和7年11月18日(火) (書面回議)

令和7年12月9日(火) (書面回議)

(3) センター報告及びセンターニュースの発行

中央分析センター報告42号、中央分析センターニュースVol. 44 No.1、No.2を発行しました。

(4) 2025年度国立大学法人機器・分析センター協議会

この会議が令和7年10月10日(金) 出島メッセ長崎にて開催されました。

(5) 第28回九州・山口地区機器・分析センター会議

この会議が令和7年11月21日(金) 鹿児島大学にて開催されました。

(6) 講習会、ワークショップの開催

行 事 名	開催日	場 所
走査プローブ顕微鏡個別講習会①	R7.5.22	中央分析センター伊都分室 204 号室
走査プローブ顕微鏡個別講習会②	R7.6.25	中央分析センター伊都分室 204 号室
走査プローブ顕微鏡個別講習会③	R7.7.18	中央分析センター伊都分室 204 号室
走査プローブ顕微鏡個別講習会④	R7.9.11	中央分析センター伊都分室 204 号室
走査プローブ顕微鏡個別講習会⑤	R7.9.16	中央分析センター伊都分室 204 号室
走査プローブ顕微鏡個別講習会⑥	R7.10.2	中央分析センター伊都分室 204 号室
走査プローブ顕微鏡個別講習会⑦	R7.10.8	中央分析センター伊都分室 204 号室
走査プローブ顕微鏡個別講習会⑧	R7.12.1	中央分析センター伊都分室 204 号室
走査プローブ顕微鏡個別講習会⑨	R7.12.3	中央分析センター伊都分室 204 号室
SEM (IT700HR) 個別講習会①	R7.4.21	中央分析センター伊都分室 101 号室
SEM (IT700HR) 個別講習会②	R7.5.8	中央分析センター伊都分室 101 号室
SEM (IT700HR) 個別講習会③	R7.5.23	中央分析センター伊都分室 101 号室
SEM (IT700HR) 個別講習会④	R7.9.5	中央分析センター伊都分室 101 号室
SEM (IT700HR) 個別講習会⑤	R7.10.7	中央分析センター伊都分室 101 号室
SEM (IT700HR) 個別講習会⑥	R7.11.7	中央分析センター伊都分室 101 号室
SEM (IT700HR) 個別講習会⑦	R7.11.17	中央分析センター伊都分室 101 号室
SEM (IT700HR) 個別講習会⑧	R7.12.10	中央分析センター伊都分室 101 号室
SEM (SU3500) 個別講習会①	R7.5.21	中央分析センター伊都分室 102 号室
第 43 回ワークショップ	R7.6.17-6.18	ウエスト 3 号館 209 号室
第 44 回ワークショップ	R7.9.1	ウエスト 3 号館 209 号室

九州大学 中央分析センター報告

第43号 (2025)

REPORT OF
THE CENTER OF ADVANCED INSTRUMENTAL ANALYSIS
KYUSHU UNIVERSITY
2025

NUMBER 43

令和8年3月3日 発行

九州大学中央分析センター
(筑紫地区)

〒816-8580

福岡県春日市春日公園6丁目1番地

TEL 092-583-7870 (内線93-7362)

FAX 092-593-8421

(伊都地区)

〒819-0395

福岡市西区元岡744番地

TEL 092-802-2857

FAX 092-802-2858

<http://www.bunseki.kyushu-u.ac.jp/bunseki/>

編集 株式会社 ミドリ印刷

〒812-0016

福岡県福岡市博多区博多駅南6丁目17番12号

