

当研究室は自然界や我々の身の回りの物質に内在する諸問題を、構成元素に着目した分析と合成の両面から化学的に解明することを目指す**無機・分析化学**の研究室です。放射光やレーザーなどを用いる先端分析技術を環境分析や科学捜査に導入し、**安全で住みよい社会の実現**への貢献を、また当研究室が装置メーカーと共同で開発した最先端のポータブルX線分析装置を用いた文化財の分析を通して、文理融合型研究により、**文化的、精神的豊かさ**への化学の貢献を目指しています。

この世の中に存在する人間を含めた全ての物質は、時間の流れの中で生まれた**歴史的産物**であり、その物質の中にその起源と現在までの歴史が様々な形で刻まれており、これを「**物質史**」と名付けました。物質史の情報は、その物質を構成する主成分・微量成分組成や元素分布、結晶構造、化学状態、集合組織、同位体組成などの情報として物質に潜在しています。各種の高感度な分析法を用いることにより、**物質に刻まれた痕跡量の物質史情報を解読**することができます。当研究室では、これらの**物質史情報を計測する先端的手法の開発**や、**物質史情報を活用する以下の広領域の研究**を行っています。

### 考古化学

考古学は、発掘により出土した遺物と遺構を研究して過去を明らかにする学問です。当研究室では先端的分析技術を用いて、考古遺物に潜在する物質史の情報を読み解き、活用する研究を行っています。ポータブル型の分析装置を開発し、遺跡現地や美術館内での分析調査を行っているほか、最先端の放射光技術を利用した研究も行っています。国内外の様々な文化財・考古学資料を対象に研究を進めています。

これまでに分析調査を行った国 (2013年まで)

### 日本の古代ガラスの起源解明(C4,F1)

○ インド △ 中央アジア □ 東南アジア × 日本

日本と一致 日本と一致 日本と一致

微量重元素による特性化

流入経路の解明へ

2013年度の調査地域  
国内: 鹿児島, 宮崎, 大阪, 京都, 東京, 茨城, 北海道 国外: トルコ, キルギス, ベトナム, インド

### 分析装置の開発

装置メーカーと共同で文化財のオンサイト研究用のポータブル分析装置を開発・応用

新たに紫外可視分光&蛍光測定用の**ポータブル分光分析計**を開発

共同開発: 東京インストルメンツ

これまで開発した分析装置

新開発の分光分析計

### 古代西アジアの技術変遷(C8,D1)

エジプトやシリアなど西アジア諸国の考古遺物に着目し、遺跡現地での分析調査や、放射光分析技術の応用から、技術的な変遷を考察

古代エジプトの銅着色製品に着目し**原料の共通性・相違性**を検討

### 古代土器の産地推定(B1,C2)

トルコの考古遺跡の発掘調査に参加し、出土した土器やガラスに関する研究を行う

考古遺跡から出土した土器の産地を**重元素・重鉱物組成**に基づいて推定することで、当時の土器製作活動や交易関係を解明し、考古学へと還元

対象遺跡 トルコ: カマン・カレホック, ポアズキョイ, アリヤール・ホック, ビュクリユカレ

### 社会への発信(B2-3,E3-4,F3,H1-4)

美術館等の展示への協力など、分析調査で得られた成果を社会へと還元

近代資料館で開催した**企画展(F3,H4)**  
これまでの当研究室の文化財調査の成果を紹介、美術館から資料・作品を借りて展示も

### 近代ガラス工芸作品の研究

アール・ヌーヴォーを代表する19世紀のフランスのガラス工芸家であるエミール・ガレのガラス作品に着目し、化学分析調査により原料や技術の変遷を研究

北澤美術館との共同研究

使用されたガラス材質の変化など、作品の変遷を**化学的な視点から追跡**し、作風などと対比

### 鑑識

鑑識化学は国内の大学で当研究室だけが持っているユニークな研究テーマです。高分解能ICP-MSやLA-ICP-MS、放射光X線分析などの先端分析技術を用いて、法科学応用のための新しい分析技術を開発します。現在は日本全国から集めた土砂の物質史情報を放射光X線により分析し、データベース化して科学捜査へ応用しようというプロジェクトを進行中です。

またPb同位体比による銃弾の異動識別法の開発(C7)や、LA-ICP-MSによる紙の微量元素分析など、実際の法科学捜査への応用も期待できる様々な研究を行っています。

### 日本全国土砂試料の法科学データベースの開発(A3,E5)

科学捜査応用を目指し、日本全国の土砂3000点をSPRING-8で分析

粉末X線回折 (BL19B2)

短時間で高分解能な重鉱物組成分析

今年度より北陸地方の解析を開始

重鉱物組成情報より土砂の起源を推定

重鉱物分布図

蛍光X線分析 (BL08W)

サブppmレベルの重元素組成分析

XRFは全国終了

Wの分布図

進捗状況

HE-SR-XRF: 3008点 済  
SR-XRD: 2216点 済

重元素濃度を可視化することで地域特性化

### 紙の法科学的異同識別へのLA-ICP-MSの応用

紙は脅迫文書等として現場に残され、物的証拠としての重要性が高い

△ ノート類  
○ ルーズリーフ  
◇ 普通紙  
◇ 新聞紙  
\* その他

特徴的な元素に着目し組成の特性化

同一試料

ベトナム製

オーストリア製

同一試料

三角ダイヤグラムによる特性化

微量元素組成を組み合わせることにより**全試料を識別可能**

Sr (ppm)

La (ppb)

La vs. Sr プロット

Error bar: ±2σ

◆ A社  
■ B社

### 安全安心化学

安全安心化学では、主に食品の産地偽装を防止するための産地判別法を開発しています。物質の起源を表す指標として食品中の微量元素組成や同位体組成に着目し、統計解析などを駆使して信頼性の高い産地判別法を開発します。また、流通食品中の有害微量元素について、簡易迅速な分析技術の開発も行っています。

### 食品の産地判別法の開発(A2,C3)

地質年代を反映するSr同位体比に着目し、二重収束型の高分解能ICP-MSを用いて、食品の産地判別法を開発

装置の最適化 & 条件検討

養液栽培された食品においても微量元素とSr同位体比による産地判別の可能性を示唆

Sr濃度 / ppm

87Sr/86Sr

Sr同位体比によるパブリカの産地推定

### 蛍光X線分析によるコメ中のCd分析法の開発

・Cdは人体からの排出ルートがなく蓄積 + 化学形態に関係なく有毒  
・平成21年より、コメのCd濃度規制値が1.0 ⇒ 0.4 ppmに改正

前処理の簡単な蛍光X線分析でコメ中の微量Cdを分析

国内の蛍光X線分析装置メーカーと共同で、コメのCdの**スクリーニング分析**のガイドラインを構築し、流通段階での簡易分析を可能に

安全・安心な食の実現に貢献

規格化強度

Cd-Kα線 23.11 keV

— 1.82 ppm  
— 0.32 ppm

エネルギー / keV

Cdを含むコメのXRFスペクトル

### 生体・環境

物質史情報を生体・環境へと応用する研究分野です。近年では特に福島原発事故に伴う環境汚染問題に着目し、植物や土壌のCsの吸収・吸着機構の解明や、事故により原発から飛散した放射性物質の正体を1粒子レベルで解明する研究を行っています。

また、当研究室では重金属蓄積植物に着目した研究を継続しており、環境浄化への応用を目指した研究のほか、植物体内での希土類元素(レアアース)の蓄積機構の解明を目指した研究を行っています。

### 福島原発由来の放射性大気粉塵の起源推定

Csを含む強放射性粒子を放射光マイクロビームX線により分析

Ba Cs Sn

Zn Fe SEM

粒子のμ-XRFイメージング結果

規格化強度

7050 7100 7150 7200 7250

エネルギー / eV

Fe-K吸収端XANESスペクトルの比較

金属Fe

オリビン

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Fe<sup>3+</sup>ガラス

粒子

ガラス状態

原子炉の爆発に伴い、核分裂生成物を含む炉内の物質が大気中へと放出され、**微小なガラス粒子**として飛散

### 植物体内における重元素の蓄積挙動の解明(A5,C5)

環境汚染が懸念されるCsや、需要の高い希土類元素を植物に添加・育成し、挙動を研究することで、植物を用いた環境浄化(ファイトレメディエーション)や植物によるレアメタルの回収(ファイトマイニング)への応用を目指す

P S K Ca Mn Fe

Cu Zn As Rb Sr Mo

Ba La Ce Pr Nd

5 mm

モエジマシダ Asの超集積植物として知られる

希土類元素を添加して育成したモエジマシダの葉のLA-ICP-MSイメージング結果

植物中の希土類元素の分布を可視化

・希土類元素は葉脈の末端部分に多く分布  
・一部の必須元素と分布が対応

2013年度に発表した論文・著書・解説等

A. 英文 (審査あり) (6 報)

A1) K. Michiba et al.: J. Mineral. Petrol. Sci., **108**, 326-33 (2013).  
A2) A. Otaka et al.: Food Chem., **147**, 318-326 (2013).  
A3) I. Nakai et al.: X-Ray Spectrom., **43**, 38-48 (2014).  
A4) I. Nakai: X-Ray Spectrom., **43**, 62-66 (2014).  
A5) N. Panitertumpai et al.: J. Mol. Struct., **1036**, 279-291 (2013).  
A6) N. Yabuuchi et al.: J. Electrochem. Soc., **160**, 39-45 (2013).

B. 英文 (審査なし) (3 報)

B1) K. Hashimoto et al.: Archaeologischer Anzeiger, **1**, 177-186 (2013).  
B2) I. Nakai: In: Ancient Glass Feast of Color, pp. 342-349, Miho Museum Press (2013).  
B3) Y. Abe: In: Ancient Glass Feast of Color, pp. 361-366, Miho Museum Press (2013).

C. 邦文 (審査あり) (8 報)

C1) 中井 泉 他: 『X線分析の進歩』, **44**, 73-80 (2013).  
C2) 河野 由布子 他: 『X線分析の進歩』, **44**, 197-205 (2013).  
C3) 岩崎 美穂 他: 『X線分析の進歩』, **44**, 207-216 (2013).  
C4) 松崎 真弓 他: 『X線分析の進歩』, **44**, 217-229 (2013).  
C5) 岡部 哲也 他: 『X線分析の進歩』, **44**, 231-242 (2013).  
C6) 権代 結志 他: 『分析化学』, **62**, 143-154 (2013).  
C7) 島村 佳典 他: 『分析化学』, **62**, 765-774 (2013).  
C8) 菊川 匡 他: 『分析化学』, **63**, 31-40 (2014).

D. 邦文 (審査なし) (3 報)

D1) 張本 路丹 他: 『永遠に生きる—吉村作治先生古稀記念論文集』, pp. 459-470, 中央公論美術出版 (2013).  
D2) 高橋 寿光 他: 吉村 作治 編『エジプト学研究 第19号』, pp. 59-96, 早稲田大学エジプト学会 (2013).  
D3) 阿部 善也 他: 吉村 作治 編『エジプト学研究 別冊 第16号』, 早稲田大学エジプト学会 (2013).

E. 解説・総説 (5 報)

E1) 阿部 善也: 『化学と教育』, **61**, 186-187 (2013).  
E2) 中井 泉: 『現代化学』, **8**, 25-31 (2013).  
E3) 中井 泉: 『古代ガラス—色彩の饗宴—』, pp. 223-239, Miho Museum出版 (2013).  
E4) 阿部 善也: 『古代ガラス—色彩の饗宴—』, pp. 265-277, Miho Museum出版 (2013).  
E5) 中井 泉: 『科学フォーラム』, **356**, pp.10-13 (2014).

F. 著書 (3 報)

F1) I. Nakai et al.: "Glass trade between the middle-east and Asia, in Modern Methods for Analyzing Archaeological and Historical Glass." pp. 445-457, John Wiley & Sons, Ltd. (2013).  
F2) 中井 泉: 『ヴィジュアル新書 元素図鑑』, ベスト新書 (2013).  
F3) 中井 泉: 『古代文化財の謎をとく—X線で見てくる昔のこと』, 東京理科大学近代科学資料館 (2013) (本学近代科学資料館で頒布中).

G. 受賞 (4 件)

G1) 澤村 大地: 学生審査員特別賞, 第73回日本分析化学討論会.  
G2) 松崎 真弓: 若手講演ポスター賞, 日本分析化学会第62回大会.  
G3) 阿部 善也: 若手講演ポスター賞, 日本分析化学会第62回大会.  
G4) I. Nakai: XRS 2013 Best Referee Award, Wiley.

H. 展示協力 (4 件)

H1) 『古代ガラス—色彩の饗宴—』, Miho Museum, 2013年3月9日~6月9日開催.  
H2) 『古代ガラス—色彩の饗宴—』, 岡山市立オリエンタル美術館, 2013年7月6日~9月1日開催.  
H3) 『平野院鳳凰堂平成修理完成記念 天上の舞 飛天の美』, サントリー美術館, 2013年11月23日~2014年1月13日開催.  
H4) 『古代文化財の謎をとく—X線で見てくる昔のこと』, 東京理科大学近代科学資料館, 2013年11月5日~12月14日開催.