

## 2024年9月24日(火)

セッションC 環境放射能

2024年9月24日(火) 9:20 ~ 10:20 会場(11階会議ホール「風」)

2A1

座長:齊藤 敬(尚絅学院大学)

9:20 ~ 9:40

[2A01]

加速器質量分析による環境水中 $^{237}\text{Np}$ 測定のための検討

\*小川 颯士<sup>1</sup>、榊??枝 優真<sup>2</sup>、中島 朗久<sup>2</sup>、永井 歩夢<sup>3</sup>、細川 浩由<sup>3</sup>、横山 明彦<sup>4</sup>、羽場 宏光<sup>5</sup>、南部 明弘<sup>5</sup>、重河 優大<sup>5</sup>、鄭 建<sup>6</sup>、瀬古 典明<sup>7</sup>、保科 宏行<sup>7</sup>、末木 啓介<sup>8</sup>、山崎 信哉<sup>8</sup>、高久 雄一<sup>8</sup>、坂口 綾<sup>8</sup> (1. 筑波大学大学院理工情報生命学術院生命地球科学研究群環境科学学位プログラム、2. 筑波大学大学院理工情報生命学術院 数理物理化学研究群化学学位プログラム、3. 金沢大学大学院自然科学研究科物質化学専攻、4. 金沢大学理工研究域物質化学系、5. 国立研究開発法人理化学研究所仁科加速器科学研究センター、6. 国立研究開発法人量子科学技術研究機構、7. 国立研究開発法人量子科学技術研究機構高崎量子技術基盤研究所、8. 筑波大学数理物質系)

9:40 ~ 10:00

[2A02]

極微量放射性核種 $^{135}\text{Cs}$ の定量を目指した海水の前処理法検討

\*田嶋 大洋<sup>1</sup>、浅井 志保<sup>2</sup>、斎藤 恭一<sup>3</sup>、瀬古 典明<sup>4</sup>、保科 宏行<sup>4</sup>、堀田 拓摩<sup>5</sup>、山崎 信哉<sup>6</sup>、高久 雄一<sup>6</sup>、末木 啓介<sup>6</sup>、坂口 綾<sup>6</sup> (1. 筑波大学大学院理工情報生命学術院数理物質科学研究群化学学位プログラム、2. 国立研究開発法人産業技術総合研究所計量標準総合センター、3. 早稲田大学理工学術院、4. 国立研究開発法人量子科学技術研究機構高崎量子技術基盤研究所、5. 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構原子力科学研究所、6. 筑波大学数理物質系)

10:00 ~ 10:20

[2A03]

## ケイ酸バリウムを主成分とするSr収着剤へのSrイオンおよび他の陽イオンの収着・吸着特性

\*箕輪 はるか<sup>1</sup>、緒方 良至<sup>2</sup>、小島 貞男<sup>2</sup>、有信 哲哉<sup>2</sup>、加藤 結花<sup>3</sup>、杉原 真司<sup>4</sup> (1. 慈恵医大・アイソトープ、2. 愛知医大・医、3. アロカ(株)、4. 大分大・RI)

## セッションC 環境放射能

2024年9月24日(火) 10:30 ~ 11:30 A会場(11階会議ホール「風」)

## 2A2

座長:齋藤 凜太郎(ジーエルサイエンス株式会社)

10:30 ~ 10:50

[2A04]

## 福島第一原発専用港湾内の魚類の年齢と汚染時期について

\*森田 貴己<sup>1</sup>、三木 志津帆<sup>1</sup>、東畑 顕<sup>1</sup>、重信 裕弥<sup>1</sup> (1. 国立研究開発法人水産研究・教育機構 水産資源研究所 海洋環境部 放射能調査グループ)

10:50 ~ 11:10

[2A05]

## 放射光XAFSを用いた人形峠センター（旧ウラン鉱床）でのウラン等元素の移行素過程解明の研究

\*徳永 紘平<sup>1</sup>、香西 直文<sup>1</sup> (1. 日本原子力研究開発機構)

11:10 ~ 11:30

[2A06]

## XANESのシミュレーションと高分解能測定による風化黒雲母中のFe酸化反応の解明

\*山口 瑛子<sup>1</sup>、高橋 嘉夫<sup>2</sup>、奥村 雅彦<sup>1</sup> (1. 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構、2. 東京大学)

## 部会

2024年9月24日(火) 11:30 ~ 12:50 A会場(11階会議ホール「風」)

## アルファ放射体・環境放射能部会定例部会

座長:小池 裕也(明治大学)

## 会員総会

2024年9月24日(火) 12:50 ~ 13:50 A会場(11階会議ホール「風」)

## 会員総会

12:50 ~ 13:50

[2sorc68A-1250-1add]

## 会員総会

## 受賞講演

2024年9月24日(火) 13:50 ~ 15:35 A会場(11階会議ホール「風」)

## 受賞講演

13:50 ~ 14:30

[2sorc68A-1350-1add]

受賞講演

14:30 ~ 15:10

[2sorc68A-1350-2add]

受賞講演

15:10 ~ 15:35

[2sorc68A-1350-3add]

受賞講演

## ポスターフラッシュトーク

2024年9月24日(火) 15:35 ~ 16:05 A会場(11階会議ホール「風」)

## ポスターフラッシュトーク2

座長:秋山 和彦(東京都立大学)

## セッションB 原子核プローブ

2024年9月24日(火) 9:20 ~ 10:20 B会場(10階1001-2室)

## 2B1

座長:佐藤 涉(金沢大学)

9:20 ~ 9:40

[2B01]

オキシ水酸化鉄の多形制御とそれらの光触媒活性

バスキトリヨノ<sup>2</sup>、\*中島 覚<sup>1</sup> (1. 広島大学、2. インドネシア国家研究イノベーション庁)

9:40 ~ 10:00

[2B02]

アンモニアボランH<sub>3</sub>BNH<sub>3</sub>にイオン注入したインビーム・メスバウアースペクトル

\*木本 周平<sup>1</sup> (1. 電気通信大学大学院)

10:00 ~ 10:20

[2B03]

Fe-Ni系Hofmann型錯体の<sup>61</sup>Ni メスバウアー分光法によるNi局所構造の考察

\*北清 航輔<sup>1</sup>、北澤 孝史<sup>1</sup>、北尾 真司<sup>2</sup>、小林 康浩<sup>2</sup>、窪田 卓見<sup>3</sup>、瀬戸 誠<sup>2</sup> (1. 東邦大学、2. 京都大学複合原子力科学研究、3. 京都大学環境安全保健機構)

## セッションB 原子核プローブ

2024年9月24日(火) 10:30 ~ 11:30 B会場(10階1001-2室)

## 2B2

座長:金子 政志(大阪大学)

10:30 ~ 10:50

[2B04]

 $^{99}\text{Ru}$ の放射光メスバウアー分光\*吉田 実生<sup>1</sup>、増田 亮<sup>2</sup>、永澤 延元<sup>3</sup>、筒井 智嗣<sup>3</sup>、小林 義男<sup>1,4</sup> (1. 電通大院、2. 弘前大、3. JASRI、4. 理研仁科センター)

10:50 ~ 11:10

[2B05]

## 酸化チタンにおける不純物インジウム核位置の超微細場測定

\*新明 宝太<sup>1</sup>、雨池 晃彩<sup>2</sup>、佐藤 渉<sup>1,2</sup> (1. 金沢大院自然、2. 金沢大学)

11:10 ~ 11:30

[2B06]

SrTiO<sub>3</sub>中にドーピングされたCdの局所構造と光触媒活性のCd濃度依存性\*小松田 沙也加<sup>1</sup>、佐藤 渉<sup>1</sup>、谷口 秋洋<sup>2</sup>、大久保 嘉高<sup>2</sup> (1. 金沢大学、2. 京都大学複合原子力科学研究所)

## 部会

2024年9月24日(火) 11:30 ~ 12:50 B会場(10階1001-2室)

## 原子核プローブ部会総会

## ポスターセッション

2024年9月24日(火) 16:15 ~ 17:15 会場(10階1001-1室+展望ロビー)

## ポスターセッション

[2P01]

CdおよびZnフェライトにおけるメスバウアースペクトルの温度依存性および熱履歴依存性

\*平原 響<sup>1</sup>、伊東 泰佑<sup>1</sup>、佐藤 渉<sup>1</sup> (1. 金沢大院自然)

[2P02]

熱処理によるカンラン石中の鉄の状態変化

\*石井 勇希<sup>1</sup>、中川 真結<sup>1</sup>、古川 未来<sup>2</sup>、海老原 充<sup>3</sup>、佐藤 渉<sup>1,2</sup> (1. 金沢大学院 自然、2. 金沢大学、3. 都立大院 理)

[2P03]

水素吸蔵パラジウム中に生成した空孔型欠陥と水素の熱的挙動

\*清水 悠介<sup>1</sup>、古本 雅之<sup>1</sup>、原 大輔<sup>2</sup>、清水 弘通<sup>3</sup>、谷口 秋洋<sup>4</sup>、大久保 嘉高<sup>4</sup>、佐藤 渉<sup>1,2</sup> (1. 金沢大院自然、2. 金沢大理工、3. 理研仁科セ、4. 京大複合研)

[2P04]

<sup>57</sup>FeとNiを希薄に共ドーピングしたSrTiO<sub>3-δ</sub>のメスバウアー分光法による磁気特性評価\*大野 柊威<sup>1</sup>、白田 ひびき<sup>1</sup>、高橋 正<sup>2</sup>、野村 貴美<sup>2</sup>、小池 裕也<sup>3</sup> (1. 明治大学大学院、2. 東京医科大学、3. 明治大学)

[2P05]

岐阜県瑞浪市八幡神社木製鳥居の年代測定

\*國分 陽子<sup>1</sup>、西尾 智博<sup>2</sup>、藤田 奈津子<sup>1</sup> (1. 日本原子力研究開発機構、2. 株式会社ベスコ)

[2P06]

J-PARCニュートリノ実験施設のビーム運転に伴い生成する放射性水銀

\*渡邊 瑛介<sup>1,2</sup>、高橋 一智<sup>1,2</sup>、齋藤 究<sup>1,2</sup>、吉田 剛<sup>1</sup>、津金 聖和<sup>1</sup>、松村 宏<sup>1</sup>、長畔 誠司<sup>1,2</sup>、別所 光太郎<sup>1,2</sup> (1. 高エネルギー加速器研究機構、2. J-PARCセンター)

[2P07]

液体シンチレーションカウンタを用いた測定におけるチェレンコフ光の影響

\*山中 潤二<sup>1</sup>、玉利 俊哉<sup>1</sup> (1. 一般財団法人九州環境管理協会)

[2P08]

ベーリング海～北極海表層における福島第一原発事故由来の放射性セシウムの循環

\*光主 隼大<sup>1</sup>、井上 睦夫<sup>1</sup>、長尾 誠也<sup>1</sup>、野村 大樹<sup>2</sup>、熊本 雄一郎<sup>3</sup> (1. 金沢大学、2. 北海道大学、3. JAMSTEC)

[2P09]

対候性試験による都市ごみ焼却飛灰・土壌混合ジオポリマー固化法の<sup>137</sup>Cs溶出抑制効果の検証\*白田 ひびき<sup>1</sup>、伊藤 秀嶺<sup>1</sup>、小池 裕也<sup>2</sup> (1. 明治大学大学院、2. 明治大学)

[2P10]

PB不織布カートリッジを用いた微量<sup>137</sup>Cs放射能分析における濃度補正係数\*高橋 亘<sup>1</sup>、加世田 大雅<sup>1</sup>、小池 裕也<sup>2</sup> (1. 明治大学大学院、2. 明治大学)

[2P11]

都市ごみ焼却飛灰ジオポリマー固化における活性フィラーと<sup>137</sup>Cs溶出抑制効果の関係\*伊藤 秀嶺<sup>1</sup>、平林 万結<sup>2</sup>、白田 ひびき<sup>1</sup>、小池 裕也<sup>2</sup> (1. 明治大学大学院、2. 明治大学)

[2P12]

## 樹皮表面に繁殖するコケ類による放射性セシウム保持についての研究

\*吉川 英樹<sup>1</sup>、箕輪 はるか<sup>1</sup>、土肥 輝美<sup>2</sup>、佐々木 祥人<sup>2</sup> (1. 東京慈恵会医科大学、2. 日本原子力研究開発機構)

[2P13]

## 放射性Csの土壌-土壌溶液分配係数とpH：pH測定方法の検討

\*田上 恵子<sup>1</sup>、内田 滋夫<sup>1</sup> (1. 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構)

[2P14]

海洋表層への人工放射性<sup>129</sup>I供給変遷史復元の試み-ヨウ素化学種とサンゴへの取り込み挙動\*史 志圓<sup>1</sup>、湯山 育子<sup>3</sup>、山崎 信哉<sup>2</sup>、高久 雄一<sup>2</sup>、末木 啓介<sup>2</sup>、坂口 綾<sup>2</sup> (1. 筑波大学大学院 理工情報生命学術院 生命地球科学研究群 環境学学位プログラム、2. 筑波大学 数理物質系、3. 山口大学 創成科学研究科)

[2P15]

環境水中<sup>99</sup>Tc測定のためのTcスパイク・トレーサー製造および化学分離法の検討\*佐々木 暖人<sup>1</sup>、高見 佳<sup>2</sup>、鍋山 雄樹<sup>2</sup>、浅井 雅人<sup>3</sup>、塚田 和明<sup>3</sup>、初川 雄一<sup>4</sup>、末木 啓介<sup>5</sup>、山崎 信哉<sup>5</sup>、高久 雄一<sup>5</sup>、坂口 綾<sup>5</sup> (1. 筑波大学理工情報生命学術院生命地球科学研究群環境科学学位プログラム、2. 筑波大学 理工学群化学類、3. 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 先端基礎研究センター、4. 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 量子ビーム科学研究部門、5. 筑波大学 数理物質系)

[2P16]

## 電気化学的手法による水圏におけるヨウ化物イオンの選択的回収・定量法の開発

\*武田 凌治<sup>1</sup>、山崎 信哉<sup>2</sup>、坂口 綾<sup>2</sup>、末木 啓介<sup>2</sup>、高久 雄一<sup>2</sup>、史 志圓<sup>3</sup> (1. 筑波大学大学院 理工情報生命学術院 数理物質科学研究群 化学学位プログラム、2. 筑波大学 数理物質系、3. 筑波大学大学院 理工情報生命学術院 生命地球科学研究群 環境科学学位プログラム)

[2P17]

擬似同位体希釈法-SF-ICP-MS分析による海水中の<sup>237</sup>Npの迅速測定法\*鄭 建<sup>1</sup>、張 帥<sup>1,2</sup>、劉 志勇<sup>1,3</sup>、楊 国勝<sup>1</sup>、潘 少明<sup>2</sup>、青野 辰雄<sup>4</sup>、坂口 綾<sup>5</sup> (1. 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構、2. 南京大学、3. 蘇州大学、4. 福島国際研究教育機構、5. 筑波大学)

[2P18]

## SF-ICP-MSによる南太平洋の大容量海水サンプル中のPu同位体の分析

\*顧 翔<sup>1,2</sup>、楊 波<sup>1,3</sup>、鄭 建<sup>1</sup>、楊 国勝<sup>1</sup>、呉 豊昌<sup>2</sup>、山田 正俊<sup>4</sup> (1. 量子科学技術研究開発機構、千葉、日本、2. 広東省科学院生態環境土壤研究所、3. 東華理工大学、4. 海洋生物環境研究所)

[2P19]

## 北カザフスタンのウラン採掘場周辺地域における粒形別エアロゾルの観測

\*Bagramova Assel<sup>1</sup>、坂口 綾<sup>2</sup>、坂田 昂平<sup>3</sup>、遠藤 暁<sup>4</sup>、梶本 剛<sup>4</sup>、Zhumadilov Kassym<sup>1</sup>、Zhumalina Aidana<sup>1</sup>、高橋 純子<sup>3</sup>、星 正治<sup>5</sup> (1. ユーラシア国立大学、核物理学、新材料・技術学部、2. 筑波大学 数理物質系、3. 筑波大学 放射線・アイソトープ地球システム研究センター、4. 広島大学 大学院先進理工系科学研究科、5. 広島大学 平和センター)

[2P20]

## 福島核事故で放出された放射性粒子(TypeB)の一考察

\*末木 啓介<sup>1</sup> (1. 筑波大学 放射線・アイソトープ地球システム研究センター)

[2P21]

## 原爆による「黒い雨」領域推定の基礎的研究—その進捗

\*五十嵐 康人<sup>1</sup>、気象土壌 WG (1. 京都大学)

[2P22]

## 原爆による「黒い雨」領域推定のためのデータベースシステム開発

\*板津 透<sup>1</sup>、高宮 幸一<sup>2</sup>、五十嵐 康人<sup>2</sup>、黒澤 直哉<sup>1</sup> (1. 株式会社ヴィジブル インフォメーション センター、2. 京都大学 複合原子力科学研究所)

---

[2P23]

### 広島原爆を由来とするウラン含有粒子の探索

\*高宮 幸一<sup>1</sup>、東江 直樹<sup>1</sup>、稲垣 誠<sup>1</sup>、沖 雄一<sup>1</sup>、福谷 哲<sup>1</sup>、八島 浩<sup>1</sup>、芝原 雄司<sup>1</sup>、足立 友紀<sup>2</sup>、五十嵐 康人<sup>1</sup> (1. 京都大学、2. 株式会社アトックス)

---

[2P24]

### 包括的核実験禁止条約 (CTBT) に係る大気中放射性核種の監視

\*古野 朗子<sup>1</sup>、木島 佑一<sup>1</sup>、山本 洋一<sup>1</sup>、大森 隆太<sup>2</sup>、館岡 永憲<sup>2</sup>、皆川 友哉<sup>2</sup>、富田 豊<sup>1</sup> (1. 日本原子力研究開発機構、2. 株式会社東日本技術研究所)

---

[2P25]

### Sr(II)溶媒抽出におけるクラウンエーテルとの競合する錯形成の影響

\*白崎 謙次<sup>1</sup>、中瀬 正彦<sup>2</sup> (1. 東北大学、2. 東京工業大学)

---

[2P26]

### 原子力科学研究所における放射性核種分析の人材育成

\*北辻 章浩<sup>1</sup>、深谷 洋行<sup>1</sup>、原賀 智子<sup>1</sup>、岡 壽崇<sup>1</sup>、大竹 良徳<sup>1</sup>、丹保 雅喜<sup>1</sup>、稲田 有紗<sup>1</sup>、青野 竜士<sup>1</sup>、木名瀬 暁理<sup>1</sup>、五十木 理子<sup>1</sup>、森井 志織<sup>1</sup>、国枝 賢<sup>1</sup> (1. 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構)

---

## セッションC 環境放射能

2024年9月24日(火) 9:20 ~ 10:20 A会場(11階会議ホール「風」)

## 2A1

座長:齊藤 敬(尚絅学院大学)

9:20 ~ 9:40

[2A01]

加速器質量分析による環境水中<sup>237</sup>Np測定のための検討

\*小川 颯士<sup>1</sup>、榊??枝 優真<sup>2</sup>、中島 朗久<sup>2</sup>、永井 歩夢<sup>3</sup>、細川 浩由<sup>3</sup>、横山 明彦<sup>4</sup>、羽場 宏光<sup>5</sup>、南部 明弘<sup>5</sup>、重河 優大<sup>5</sup>、鄭 建<sup>6</sup>、瀬古 典明<sup>7</sup>、保科 宏行<sup>7</sup>、末木 啓介<sup>8</sup>、山崎 信哉<sup>8</sup>、高久 雄一<sup>8</sup>、坂口 綾<sup>8</sup>(1. 筑波大学大学院理工情報生命学術院生命地球科学研究群環境科学学位プログラム、2. 筑波大学大学院理工情報生命学術院 数理物理化学研究群 化学学位プログラム、3. 金沢大学大学院自然科学研究科物質化学専攻、4. 金沢大学理工研究域物質化学系、5. 国立研究開発法人理化学研究所仁科加速器科学研究センター、6. 国立研究開発法人量子科学技術研究機構、7. 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構高崎量子技術基盤研究所、8. 筑波大学数理物質系)

9:40 ~ 10:00

[2A02]

極微量放射性核種<sup>135</sup>Csの定量を目指した海水の前処理法検討

\*田嶋 大洋<sup>1</sup>、浅井 志保<sup>2</sup>、斎藤 恭一<sup>3</sup>、瀬古 典明<sup>4</sup>、保科 宏行<sup>4</sup>、堀田 拓摩<sup>5</sup>、山崎 信哉<sup>6</sup>、高久 雄一<sup>6</sup>、末木 啓介<sup>6</sup>、坂口 綾<sup>6</sup>(1. 筑波大学大学院 理工情報生命学術院 数理物質科学研究群 化学学位プログラム、2. 国立研究開発法人産業技術総合研究所 計量標準総合センター、3. 早稲田大学 理工学術院、4. 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 高崎量子技術基盤研究所、5. 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所、6. 筑波大学 数理物質系)

10:00 ~ 10:20

[2A03]

## ケイ酸バリウムを主成分とするSr収着剤へのSrイオンおよび他の陽イオンの収着・吸着特性

\*箕輪 はるか<sup>1</sup>、緒方 良至<sup>2</sup>、小島 貞男<sup>2</sup>、有信 哲哉<sup>2</sup>、加藤 結花<sup>3</sup>、杉原 真司<sup>4</sup>(1. 慈恵医大・アイソトープ、2. 愛知医大・医、3. アロカ(株)、4. 大分大・RI)

## 2A01

加速器質量分析による環境水中  $^{237}\text{Np}$  測定のための検討

(筑波大院 環境科学<sup>1</sup>、筑波大院 数理物質<sup>2</sup>、金沢大院 自然<sup>3</sup>、  
金沢大 理工<sup>4</sup>、理研仁科セ<sup>5</sup>、量研機構 放医研<sup>6</sup>、量研機構 高崎研<sup>7</sup>、  
筑波大 数理物質系<sup>8</sup>) ○小川 颯士<sup>1</sup>、榊枝 優真<sup>2</sup>、中島 朗久<sup>2</sup>、  
永井 歩夢<sup>3</sup>、細川 浩由<sup>3</sup>、横山 明彦<sup>4</sup>、羽場 宏光<sup>5</sup>、南部 明弘<sup>5</sup>、  
重河 優大<sup>5</sup>、鄭 建<sup>6</sup>、瀬古 典明<sup>7</sup>、保科 宏行<sup>7</sup>、末木 啓介<sup>8</sup>、  
高久 雄一<sup>8</sup>、坂口 綾<sup>8</sup>

【緒言】 $^{237}\text{Np}$  ( $T_{1/2}=2.144\times 10^6$ 年)はその物理化学的性質から、重要核種として放射性廃棄物中および環境中におけるモニタリングが重要視されている。一方で、海洋循環を明らかにするためのトレーサーとしての利用も近年注目されており、環境中の $^{237}\text{Np}$ 定量がより重要になっている。しかし、海水中の極微量 $^{237}\text{Np}$ は低放射能であり、従来の定量法は非常に煩雑であった。そこで我々のグループによりアミドキシム型吸着剤(Abe et al., 2024)を用いた簡便な濃縮手法を提案してきたが、吸着材からの効率よい脱離や妨害となり得る $^{238}\text{U}$ の除去に関して問題があった。また、精度の良い $^{237}\text{Np}$ 質量分析に必須であるNpスパイクとして $^{236}\text{Np}$ の製造を試みたが、分析対象核種である $^{237}\text{Np}$ の生成が確認された。そこで本研究では①吸着材からのNp回収法の検討、② $^{238}\text{U}$ 除去方法の検討、③スパイク中の $^{237}\text{Np}$ 起源の推定を行った。

【実験】<吸着材からのNp回収法の検討>最適化した吸着条件により海水からトレーサーとして添加した $^{239}\text{Np}$ を吸着した吸着剤を600度で燃焼した。残渣に塩酸または硝酸を加え、超音波を10分間かけて溶解し、Npの回収率を求めた。

< $^{238}\text{U}$ 除去方法の検討>吸着材から回収したNpとUの模擬溶液( $^{239}\text{Np}$ ,  $^{238}\text{U}$ 添加)にアスコルビン酸と鉄を還元剤として加え、UTEVA<sup>®</sup>レジンで化学分離した試料と、塩化チタン(III)を還元剤として加え、AG<sup>®</sup>MP-1レジンで化学分離した試料について $^{239}\text{Np}$ の回収率と $^{238}\text{U}$ の除去率をそれぞれ求めた。

<スパイク中の $^{237}\text{Np}$ 起源推定>Thの電着試料を約24~40 MeVの $^7\text{Li}$  (1pμA)で24時間照射した試料からUをUTEVA<sup>®</sup>レジンおよびTK400レジンで濃縮分離しGe半導体検出器を用いて $^{237}\text{U}$ の生成確認と放射能定量を行った。

【結果】<吸着材からのNp回収法の検討>燃焼残渣から3M硝酸を用いて抽出した脱離率が最も高く $81.6\pm 2.7\%$ と試算された。よって今後は吸着材からNpを脱離する際に3Mの硝酸を用いることとした。

< $^{238}\text{U}$ 除去方法の検討>UTEVA<sup>®</sup>レジンで化学分離を行う手法では $^{239}\text{Np}$ の回収率が $74.3\pm 0.9\%$ 、 $^{238}\text{U}$ の除去率は $97.6\pm 0.1\%$ となった。AG<sup>®</sup>MP-1で化学分離を行う手法では $^{239}\text{Np}$ の回収率 $76.9\pm 0.1\%$ 、 $^{238}\text{U}$ の除去率は $99.9\pm 1.3\%$ であった。高いU除去率が達成できたものの、微量の残留 $^{238}\text{U}$ による $^{237}\text{Np}$ 測定の妨害が考えられるため、さらなる検討が必要である。

<スパイク中の $^{237}\text{Np}$ 起源>電着Thの照射試料中に $^{237}\text{U}$ の存在が示唆され、 $^{237}\text{Np}$ の起源として副生成核種の $^{237}\text{U}$ の寄与が確認された。今後スパイクを製造する際には、 $^{237}\text{U}$ の除去についても検討する必要がある。

Investigation of the Measurement of  $^{237}\text{Np}$  in Environmental Water by Accelerator Mass Spectrometry

OGAWA, H., SAKAKIEDA, Y., NAKAJIMA, A., NAGAI, A., HOSOKAWA, H., YOKOYAMA, A., HABA, H., NAMBU, A., SHIGEKAWA, Y., ZHENG, J., SEKO, N., HOSHINA, H., SUEKI, K., YAMASAKI, S., TAKAKU, Y., SAKAGUCHI, A.

## 2A02

極微量放射性核種  $^{135}\text{Cs}$  の定量を目指した海水の前処理法検討  
(筑波大院数理物質<sup>1</sup>, 産総研<sup>2</sup>, 早稲田大学 理工学術院<sup>3</sup>, 量研 高崎量子技術基盤研究所<sup>4</sup>, 原子力機構<sup>5</sup>, 筑波大学 数理物質系<sup>6</sup>) ○田嶋 大洋<sup>1</sup>, 浅井 志保<sup>2</sup>, 斎藤 恭一<sup>3</sup>, 瀬古 典明<sup>4</sup>, 保科 宏行<sup>4</sup>, 堀田 拓摩<sup>5</sup>, 山崎 信哉<sup>6</sup>, 高久 雄一<sup>6</sup>, 末木 啓介<sup>6</sup>, 坂口 綾<sup>6</sup>

【緒言】 セシウム-135 ( $^{135}\text{Cs}$ ,  $T_{1/2} = 230$  万年)は核実験や核関連施設からの漏洩により環境中に放出された放射性核種であり、 $^{137}\text{Cs}$  に代わる海水循環トレーサーとしての利用と、核関連施設からの放出に関連した濃度定量、長期的な環境影響評価の必要性から測定法の確立が求められている。しかし、一般的な海水中の  $^{135}\text{Cs}$  は極微量 (推定 1.6 fg/kg) であり、質量測定には海水約 50L から Cs を濃集する必要がある。この課題を解決すべく、本研究では不溶性フェロシアン化コバルト (Co-FC) 担持繊維、吸着剤を用いた海水中 Cs の濃集に関する以下の検討をおこなった。

【実験】 〈Co-FC 担持繊維による Cs 吸着・脱離条件の検討〉本研究に使用した Co-FC 担持繊維は、早稲田大学 斎藤恭一先生よりご提供いただいた。一定量の海水に添加する Co-FC 担持繊維 (Co-FC 量  $1.9 \mu\text{mol}/\text{cm}$ ) 量や本数による 24 時間以内の Cs 吸着率変化を調べた。また、Cs 吸着後の Co-FC 担持繊維をさまざまな脱離液に浸漬、燃焼後に酸抽出することで効率的な Cs 脱離条件を検討した。

〈Co-FC 担持吸着剤の作製〉PP・PE 製の不織布に対してさまざまな条件により GMA をグラフト重合後、Co-FC を担持させることで異なる Co-FC 密度を持つ Co-FC 担持吸着剤を作製した。

〈Co-FC 担持吸着剤の吸着評価〉異なる Co-FC 密度を持つ Co-FC 担持吸着剤を一定量の海水に添加することで Cs 吸着に適した Co-FC 密度の検討をおこなった。

〈Cs 化学分離法の検討〉Co-FC 担持繊維からの脱離液に含まれる Fe, Co および K の除去について、沈殿作製および樹脂による分離等により検討を行った。

【結果】 〈Co-FC 担持繊維による Cs 吸着・脱離条件の検討〉バッチ法による吸着実験から、海水 50L 中の Cs を 8 割以上吸着させるためには Co-FC 担持繊維が最低 10m 必要であることが明らかとなった。脱離条件としては、Cs 吸着済みの Co-FC 担持繊維を燃焼し、濃塩酸で抽出する方法が最も吸着率が良いことがわかった。

〈Co-FC 担持吸着剤の作製〉作製した Co-FC 担持吸着剤の GMA グラフト率は 18.2% ~ 617.7% であった。また、グラフト率の上昇によって不織布強度の低下が見られた。

〈Co-FC 担持吸着剤の吸着評価〉Co-FC 密度が  $2.38 \times 10^{-6} \text{ mol}/\text{cm}^2$  の Co-FC 担持吸着剤において最大吸着率  $88.5 \pm 4.8\%$  が得られた。海水 50L 中の Cs を吸着させるためには計  $500 \text{ cm}^2$  必要であることが明らかとなり、Co-FC 担持繊維と比較して船上での扱いやすさが向上した。

〈Cs 化学分離法の検討〉Cs と K を吸着させた陽イオン交換樹脂 (AG 50WX-8) を 0.5M の  $\text{HNO}_3$  で溶出させることで K を完全に除去することに成功した。この時の Cs 回収率は  $42.0 \pm 4.4\%$  であった。

Study on pretreatment methods of seawater for determination of ultra-trace radionuclide  $^{135}\text{Cs}$   
TAJIMA T., ASAI S., SAITO K., SEKO N., HOSHINA H., HORITA T., YAMASAKI S., TAKAKU Y., SUEKI K., SAKAGUCHI A.

## 2A03

## ケイ酸バリウムを主成分とする Sr 収着剤への Sr イオンおよび他の陽イオンの収着・吸着特性

(慈恵医大・アイソトープ<sup>1</sup>、愛知医大・医<sup>2</sup>、アロカ<sup>3</sup>、大分大・RI<sup>4</sup>)  
 ○箕輪はるか<sup>1</sup>、緒方良至<sup>2</sup>、小島貞男<sup>2</sup>、有信哲哉<sup>2</sup>、加藤結花<sup>3</sup>、杉原真司<sup>4</sup>

**【緒言】**我々は、環境中の放射性 Sr を定量するため、Sr の海水からの前濃縮法について検討している。海水には Ca, Na, Mg 等のイオンが多く含まれ Sr 分離の妨害となる。そこで Sr を選択的に回収するため Sr 収着剤（ピュアセラム MAq、日本化学工業）を用いた定量法を開発した**【Sr 迅速分析法】**。100 mL の海水試料に 150 mg のピュアセラム MAq を入れ 4 時間攪拌したのちに回収し、ゲルシンチレータに懸濁させ汎用の液体シンチレーションカウンタで 60 分間測定することにより、5 時間以内の作業時間で 0.3 Bq・L<sup>-1</sup>（MDC 検出下限濃度）まで測定できることを示した<sup>(1)</sup>。今後はこの分析方法をより低いレベル（0.001 Bq・L<sup>-1</sup>）の環境中の放射性 Sr の分析に応用することを目指している**【Sr 精密分析法】**。海水中には天然の放射性 Pb や Ra が存在し、また事故等の場合には放射性 Ba が存在する可能性がある。本研究ではこの収着剤の基礎的な性質を知るため、Sr だけでなく他元素についても吸着・収着特性を調べた。

**【実験】**放射性トレーサー<sup>85</sup>Sr, <sup>133</sup>Ba, <sup>210</sup>Pb を用いて、この収着剤に対する吸着率・収着率を測定した。純水から 0.01M HCl, Sr 0.98 μg/mL, 0.025M SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>となるように試料溶液を調製した。<sup>85</sup>Sr 0.6 kBq, <sup>133</sup>Ba 3.4 kBq, <sup>210</sup>Pb 4.4 kBq を加えた試料溶液 100 mL に、ピュアセラム MAq 40 mg を入れて攪拌した。一定時間ごとに懸濁液を約 2 mL 分取し、シリンジフィルターでろ過し、ろ液をプラスチック試験管に入れて秤量後、井戸型 Ge 検出器でγ線を測定し経時変化を調べた。

**【結果】**Fig.1 に<sup>85</sup>Sr, <sup>133</sup>Ba, <sup>210</sup>Pb の溶液中残存率の経時変化を示した。

**【考察】**本実験において、液相中にイオンとして存在していた Ba, Pb はすみやかに固相へ移動したことが示された。Ba, Pb は難溶性の硫酸塩を形成しこの収着剤に吸着されると考えられる。U 系列の<sup>226</sup>Ra, <sup>210</sup>Pb や、Th 系列の<sup>228</sup>Ra も同様の挙動を取ると推測できる。本収着剤はケイ酸バリウム(BaSi<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)が主成分であり、Sr の収着には硫酸イオンが必須であったこと、収着後は容易に脱離しなかったことから、Sr は SrSO<sub>4</sub> として吸着されたのち Ba と置換され、ケイ酸ストロンチウムとして収着することが推察される。本収着剤における Sr 収着のメカニズムを解析するための有用なデータが得られた。

(1) 緒方良至ら“ストロンチウム収着剤を用いた海水・陸水中の放射性ストロンチウムの迅速定量法”第 25 回「環境放射能」研究会、KEK（つくば）、2024 年 3 月

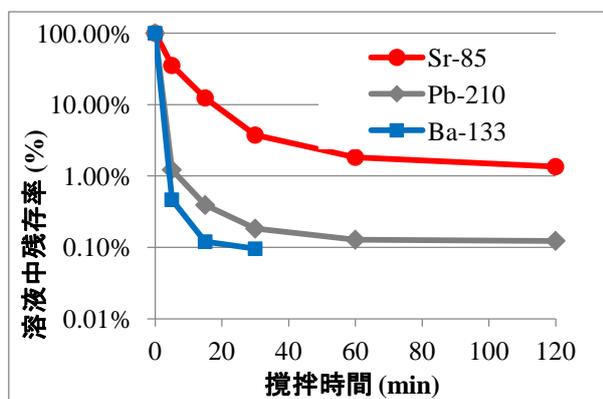


Fig.1 各核種の溶液中残存率の経時変化

Properties of sorption/adsorption for Sr ion and other cations to the Sr sorbent composed of barium silicate

MINOWA H., OGATA Y., KOJIMA S., KATO Y., SUGIHARA S.

## セッションC 環境放射能

2024年9月24日(火) 10:30 ~ 11:30 A会場(11階会議ホール「風」)

## 2A2

座長:齋藤 凜太郎(ジーエルサイエンス株式会社)

10:30 ~ 10:50

[2A04]

福島第一原発専用港湾内の魚類の年齢と汚染時期について

\*森田 貴己<sup>1</sup>、三木 志津帆<sup>1</sup>、東畑 顕<sup>1</sup>、重信 裕弥<sup>1</sup> (1. 国立研究開発法人水産研究・教育機構 水産資源研究所 海洋環境部 放射能調査グループ)

10:50 ~ 11:10

[2A05]

放射光XAFSを用いた人形峠センター（旧ウラン鉱床）でのウラン等元素の移行素過程解明の研究

\*徳永 紘平<sup>1</sup>、香西 直文<sup>1</sup> (1. 日本原子力研究開発機構)

11:10 ~ 11:30

[2A06]

XANESのシミュレーションと高分解能測定による風化黒雲母中のFe酸化反応の解明

\*山口 瑛子<sup>1</sup>、高橋 嘉夫<sup>2</sup>、奥村 雅彦<sup>1</sup> (1. 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構、2. 東京大学)

## 2A04 日福島第一原発専用港湾内の魚類の年齢と汚染時期について (水産機構・資源研)○森田貴己、三木志津帆、東畑頭、重信裕弥

### 【緒言】

東京電力ホールディングス（東電 HD）は、福島第一原子力発電所専用港湾（F1 港湾）内に生息する魚類が港湾外に移動することを防ぐ対策の一環として、2012 年より港湾内魚類の駆除を行なっている。これまでに駆除された総数は 9,550 匹である（2024 年 6 月現在）。これら駆除された魚類の筋肉中の放射性セシウム（Cs）濃度は、東電 HD より公表されており、事故から 13 年以上経過しても未だに基準値（100 Bq/kg-wet）を超える魚類が数多く報告されている。未だに基準値を超過している魚類は近年取り込んだものではなく、港湾内の環境改善を行う前の事故後数年間に汚染したものであるとの意見もあるが、その詳細は明らかではない。そこで、本研究では、F1 港湾内で駆除された魚類の一部について、耳石による年齢査定を行なった。また、耳石切片のイメージングプレート（IP）像を利用して、魚類が強く汚染した時期の推定を試みた。

### 【実験】

2022 年に F1 港湾内で駆除された魚類の中から 32 検体について耳石を取り出し、耳石全体の  $\beta$  線と  $\gamma$  線を  $2\pi$  ガスフローカウンター（60 分間測定を 3 回）と Ge 半導体検出器（80,000 秒測定）により測定した。これらの測定後、耳石の切片を作成し実体顕微鏡による年齢査定を行なった。続いて、耳石切片の IP 像を 1~2 週間かけ取得し、実体顕微鏡観察における写真と重ね合わせることにより、魚類が強く汚染された時期を推定した。

### 【結果と考察】

耳石による年齢査定の結果、最も若い検体は 2 歳（11 検体）であり、その筋肉中の Cs-137 濃度は、8.00~900 Bq/kg-wet であった。3 歳になる寸前の 2 歳も存在すると仮定すると、2019 年以降に魚類が港湾内に入るか港湾内で発生し、Cs-137 による汚染が生じていることになる。耳石全体の  $\beta$  線及び  $\gamma$  線の測定から IP で検出されている放射線は、純  $\beta$  線放出核種によるものであると考えられる。耳石 IP 像と実体顕微鏡写真の重ね合せ解析の結果、2018 年から 2020 年に純  $\beta$  線放出核種による強い汚染が生じていたことが推察されるが、この時期に該当する漏洩等の報告はなく、その原因は不明である。

東京電力 HD の F1 港湾内における魚類対策の強化は、2022 年 2 月より始まったが、その対策の効果の有無は今回の調査では判断できなかった。福島県海域において基準値超過検体が漁獲されることを防ぐには、F1 港湾内の魚類対策が重要であり、その対策強化の成果が期待されている。

【謝辞】 本研究では、東京電力 HD により提供された港湾内で駆除された魚類試料を使用しました。福島県漁業協同組合連合会の東京電力への試料提供要請、また東京電力 HD の試料提供に感謝します。

Age and pollution period of fish collected in the port of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant  
MORITA, T., TOUHATA, K., MIKI, S., SHIGENOBU, Y

## 2A05 放射光 XAFS を用いた人形峠センター(旧ウラン鉱床)でのウラン等元素の移行素過程解明の研究

(日本原子力研究開発機構<sup>1</sup>) ○徳永紘平<sup>1</sup>、香西直文<sup>1</sup>

**【緒言】** 原子力機構人形峠環境技術センター(人形峠センター)には旧ウラン鉱床等があるため、(i)浅い地下水(坑水)にウラン(U)やヒ素(As)等が溶存し移動しているとともに、(ii)天然の浄化作用により坑水中の U 等を除去するための堆積場では、坑水に多量に含まれる鉄(Fe)イオンが酸化することで生成する(水)酸化鉄に U 等が吸着・共沈し堆積している。講演者(徳永)らは、主に吸着・脱離実験や放射光 X 線吸収端微細構造(XAFS)解析を用いて、環境試料中での元素の分子レベルの情報を引き出し、より本質的な化学的情報に基づいて人形峠センターにおける元素循環の素過程や環境影響を検討している。これまでに、人形峠センターの表層環境において堆積物中に多く含まれる鉄鉱物が U や As の挙動に大きな影響を与えることを示す分析結果が得られた。具体的には、堆積場の表層において、鉄は主にフェリハイドライト( $\text{Fe}^{\text{III}}\text{OOH}\cdot n\text{H}_2\text{O}$ )、ゲーサイト( $\alpha\text{-Fe}^{\text{III}}\text{OOH}$ )、シデライト( $\text{Fe}^{\text{II}}\text{CO}_3$ )、マグネタイト( $\text{Fe}^{\text{II}}\text{Fe}^{\text{III}}_2\text{O}_4$ )の化学種として存在しており、各鉄鉱物に対して U や As が強く吸着していることが分かった。一方で、鉄鉱物は土壌の酸化還元電位(Eh)や酸性度(pH)に応じて化学状態が変化するため、鉄鉱物に一度固定された元素がそのままの状態でも保持され続けるとは限らない。人形峠センターで採取した最表層堆積物コア試料(0~1m 深さ)においても、堆積物の部位により Eh と pH が異なるとともに U や As 濃度変化しており、鉄鉱物の化学状態の変化に応じて U 等の結合挙動が変化している可能性がある。そこで本研究では、人形峠センターの堆積環境における U 等元素の挙動を明らかにするために、鉄鉱物への U 等元素の結合状態や局所構造を、特に Eh の変化の観点から検討した。

**【結果・考察】** 本研究では、堆積場で採取した最表層堆積物コア試料中の鉄鉱物に対する U 等元素の挙動を、放射光 XAFS による元素の化学種解析と室内での逐次抽出実験により検討した。放射光を用いた XAFS 解析により、表層(Eh 400~500 mV)に存在する鉄は主に 3 価の鉄鉱物(フェリハイドライト、ゲーサイト)であるのに対し、堆積物の Eh が大きく低下する中層以深(Eh -30~300mV)では 2 価鉄を含む鉄鉱物(シデライト、マグネタイト)も存在することが確認された。同様に U は表層では U(VI)のみで存在するのに対し、中層以深では U(IV)が Eh に応じて割合を変えて確認された。逐次抽出実験により、堆積物中の鉄鉱物に結合する U を逐次的に抽出したところ、U は表層では主にフェリハイドライトに、中層以深では主にシデライトに結合していたことが分かった。さらに、メカニズムは未検討であるが、シデライトは嫌気的な水質条件において U(VI)を U(IV)に還元させることにより、他の鉄鉱物よりも多くの U を吸着することも、本研究の室内実験より示された。この現象が実際の人形峠センターの堆積環境においても確認され、堆積物に含まれるシデライトが還元的な環境での U の挙動を大きく支配している可能性が示唆される。この天然の堆積環境にて、U が U(IV)/U(VI)の両方の価数で鉱物に吸着する環境は非常に珍しく、環境中で価数に応じて挙動が変化する放射性核種の動態研究として、基礎と応用の両面で重要な研究となることが期待される。

**【謝辞】** 本研究の一部は、「廃炉・汚染水・処理水対策事業費補助金(固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発)」(経済産業省)により実施した。

A study on the migration of uranium and other elements in Ningyo-Toge Center (former uranium deposit) based on the XAFS analysis  
Tokunaga, K., Kozai, N.

## 2A06 XANES のシミュレーションと高分解能測定による 風化黒雲母中の Fe 酸化反応の解明

(JAEA<sup>1</sup>、東大理<sup>2</sup>)○山口瑛子<sup>1</sup>、高橋嘉夫<sup>2</sup>、奥村雅彦<sup>1</sup>

【緒言】黒雲母は地球上に広く存在する一次鉱物の一つであり、風化作用によって粘土鉱物に変質し多くの陽イオンを吸着できるようになるため、風化黒雲母の詳細な理解は様々な陽イオンの環境動態を理解するために重要である。例えば、福島第一原子力発電所の事故から放出された放射性セシウムは、風化黒雲母に強く吸着されたために土壌表層に固定されたことが報告されている。しかし黒雲母の風化過程は複雑であるため、その素過程の詳細は明らかになっていない。本研究では、風化過程で重要と考えられる鉄 (Fe) の酸化反応に着目し、X 線吸収端近傍構造 (XANES) の高分解能測定とシミュレーションを組み合わせることで、その詳細を解明することを目指した。

【手法】実験では、黒雲母試料中のカリウム (K) を大気平衡下で抽出し、人工的に風化させた。抽出時間を 30 分、2 時間、1 日、2 日の 4 段階にすることで、様々な風化の程度を持つ試料を作製することを目指した。各試料について、K 溶出量の定量と X 線回折 (XRD) 測定を行うことで風化の程度を評価し、さらに Fe-K 吸収端の XANES 及び高エネルギー分解能蛍光検出 (HERFD-) XANES を高エネルギー加速器研究機構 (KEK) にあるフォトンファクトリー (PF) の BL12C 及び SPring-8 の BL39XU にて測定した。一方シミュレーションでは、大気平衡下で風化によって Fe<sup>2+</sup>が酸化され一部の Fe<sup>2+</sup>が溶出する反応と、一部の H<sup>+</sup>が溶出する反応を仮定して黒雲母と風化黒雲母のモデルを作製し、Vienna Ab initio Simulation Package (VASP) によって構造最適化を行った後、モデルに含まれる全ての Fe 原子に対して WIEN2k による XANES スペクトルの計算を行った。

【結果と考察】実験では、風化が進行する時間が長くなるにつれて K 溶出量が大きくなり、XRD の結果において層間が膨潤する様子も見られたことから、様々な風化の程度を持つ試料を作製できたことが確認された。XANES スペクトルでは、風化の程度に応じて、ピークが高エネルギー側にシフトする様子や、ピーク強度が減少する様子が系統的に見られた。HERFD-XANES ではスペクトルのピークがより鋭い形状となり、従来の XANES よりも試料間の違いがはっきりと見られた。一方シミュレーションでは、Fe<sup>2+</sup>が Fe<sup>3+</sup>に酸化されると XANES のピークが高エネルギー側にシフトする様子が見られ、そのシフト量は、Fe<sup>2+</sup>が抜けるモデルの方が H<sup>+</sup>が抜けるモデルよりも大きいことがわかった。また、H<sup>+</sup>が抜けるモデルではスペクトルの肩構造に変化が現れないことも示された。これらのことから、大気平衡および溶液中の黒雲母風化作用においては、H<sup>+</sup>が抜ける反応よりも Fe<sup>2+</sup>が抜ける反応の方が優勢であることが示唆された。また、シミュレーションにおいて Fe 原子一つ一つの XANES スペクトルを計算した結果から、XANES スペクトルに現れる複数ピークのそれぞれの強度は、Fe の価数だけでなく Fe 原子の局所構造に依存することがわかった。これらのシミュレーションの利用により、XANES スペクトルから得られる情報量が格段に上昇することが期待される。

Oxidation reaction of Fe in weathered biotite investigated by XANES simulation and high-resolution measurement  
YAMAGUCHI A., TAKAHASHI Y., OKUMURA M.

部会

2024年9月24日(火) 11:30 ~ 12:50 A会場(11階会議ホール「風」)

## アルファ放射体・環境放射能部会定例部会

座長:小池 裕也(明治大学)

11:30 ~ 12:50

部会

会員総会

2024年9月24日(火) 12:50 ~ 13:50 A会場(11階会議ホール「風」)

会員総会

12:50 ~ 13:50

[2sorc68A-1250-1add]

会員総会

受賞講演

曲 2024年9月24日(火) 13:50 ~ 15:35 皿 A会場(11階会議ホール「風」)

受賞講演

13:50 ~ 14:30

[2sorc68A-1350-1add]

受賞講演

14:30 ~ 15:10

[2sorc68A-1350-2add]

受賞講演

15:10 ~ 15:35

[2sorc68A-1350-3add]

受賞講演

ポスターフラッシュトーク

2024年9月24日(火) 15:35 ~ 16:05 A会場(11階会議ホール「風」)

## ポスターフラッシュトーク2

座長:秋山 和彦(東京都立大学)

15:35 ~ 16:05

フラッシュトーク

## セッションB 原子核プローブ

2024年9月24日(火) 9:20 ~ 10:20 B会場(10階1001-2室)

## 2B1

座長:佐藤 渉(金沢大学)

9:20 ~ 9:40

[2B01]

オキシ水酸化鉄の多形制御とそれらの光触媒活性

バスキ トリヨノ<sup>2</sup>、\*中島 覚<sup>1</sup> (1. 広島大学、2. インドネシア国家研究イノベーション庁)

9:40 ~ 10:00

[2B02]

アンモニアボランH<sub>3</sub>BNH<sub>3</sub>にイオン注入したインビーム・メスバウアースペクトル\*木本 周平<sup>1</sup> (1. 電気通信大学大学院)

10:00 ~ 10:20

[2B03]

Fe-Ni系Hofmann型錯体の<sup>61</sup>Ni メスバウアー分光法によるNi局所構造の考察\*北清 航輔<sup>1</sup>、北澤 孝史<sup>1</sup>、北尾 真司<sup>2</sup>、小林 康浩<sup>2</sup>、窪田 卓見<sup>3</sup>、瀬戸 誠<sup>2</sup> (1. 東邦大学、2. 京都大学複合原子力科学研究所、3. 京都大学環境安全保健機構)

## 2B01

## オキシ水酸化鉄の多形制御とそれらの光触媒活性

(広島大学<sup>1</sup>、インドネシア BRIN<sup>2</sup>) バスキ トリヨノ<sup>1,2</sup>、○中島 覚<sup>1</sup>

【緒言】光フェントン反応は高い反応性を有する・OH ラジカルを生じ (図 1)、有害な有機物の分解に利用される。ヘマタイトは可視光を用いた光フェントン触媒となり、多くの研究がある。一方、オキシ水酸化鉄を用いた触媒研究は多くない。また、オキシ水酸化鉄には様々な多形が存在し、それを選択的に合成することは必ずしも容易ではない。これまでにオキシ水酸化鉄の合成時に酢酸、EDTA、クエン酸を加えて多形を制御できることを示した<sup>1)</sup>。そしてクエン酸を加えて合成した $\gamma$ -FeOOH(S-CI)はメチレンブルー(MB)分解の触媒活性が高いことが分かった<sup>1)</sup>。本研究では、この S-CI の触媒活性が高い理由を、EDTA を加えて合成した $\alpha$ -FeOOH(S-ED)と比較して明らかにすることとした。

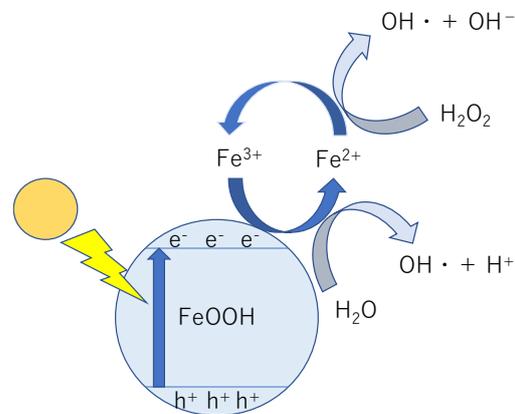


図 1 光フェントン反応

【結果と考察】元素分析、TG 測定、IR 測定、ラマン測定より、添加した EDTA、クエン酸が、得られたオキシ水酸化鉄に含まれることが分かった。そして EDTA よりクエン酸の方が多く含まれていた。得られたオキシ水酸化鉄の比表面積を N<sub>2</sub> の吸脱着より調べた。その結果、S-ED では 105.54 m<sup>2</sup>/g、S-CI では 186.63 m<sup>2</sup>/g であり、触媒活性の高い S-CI の比表面積が大きかった。

と電位を測定した。S-ED では酸性から中性の領域で正の表面電位をもち、塩基性で負の電位へと変化した。一方、S-CI はほぼ全 pH 領域にわたって負の表面電位を持っていた。そのため、S-CI は中性領域で負の表面電荷をもっており、分散性がよく、正の電荷をもつ MB と静電的な相互作用により効率的に近づいていると考えられた。pH を変えて触媒実験を行った。S-ED では pH 変化による表面電位の変化で触媒活性が説明できた。S-CI の塩基性側では表面電位がより負になり MB が触媒表面に飽和吸着し触媒活性が下がったと判断された。その他の実験条件を変えて触媒実験を行った。光照射しないと触媒活性が下がった。それでも S-CI は比較的 MB 分解の触媒活性があることが分かった。これは含まれているクエン酸により鉄原子がわずかに溶け出し、この溶けだした鉄による触媒活性の可能性が考えられた。また、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> なしで光照射すると触媒反応はほとんど進まなかった。H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> の濃度を変えて実験した。S-CI はより低濃度の H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> で触媒活性が高くなるが、S-ED では比較的高濃度の H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> が必要であった。また、・OH ラジカルスカベンジャーの t-ブタノールを添加すると触媒活性が落ち、生じた・OH ラジカルが重要であることを確認した。

1) バスキ、中島、等、第 67 回放射化学討論会、3B04 (2023、東広島)。

Polymorphic control of iron oxyhydroxides and their photocatalytic activity  
BASUKI T., NAKASHIMA S.

## 2B02

アンモニアボラン  $\text{H}_3\text{BNH}_3$  にイオン注入したインビーム・メスバウアースペクトル(電通大院<sup>1</sup>, 理研<sup>2</sup>, ICU<sup>3</sup>, 阪大院<sup>4</sup>, 金沢大<sup>5</sup>, 東京電機大<sup>6</sup>, QST HIMAC<sup>7</sup>)○木本周平<sup>1</sup>, 吉田実生<sup>1</sup>, 小林義男<sup>1,2</sup>, 久保謙哉<sup>3</sup>, 三原基嗣<sup>4</sup>, 佐藤渉<sup>5</sup>, 宮崎淳<sup>6</sup>, 渡辺裕夫<sup>1</sup>, 佐藤眞二<sup>7</sup>, 北川敦志<sup>7</sup>

**【緒言】** インビーム・メスバウアー分光法は、メスバウアー核  $^{57}\text{Fe}$  の短寿命親核  $^{57}\text{Mn}$  (半減期 1.45 分) を固体試料内に直接イオン注入することで、 $^{57}\text{Mn}$  の  $\beta$  壊変で生成した  $^{57}\text{Fe}$  の第一励起準位から放出されるメスバウアー  $\gamma$  線 (14.4 keV) の共鳴吸収を「その場観察」する分光法である。得られたメスバウアースペクトルから、 $^{57}\text{Fe}$  の電子状態、化学状態、周囲の配位環境といった情報を知ることができる。本研究では、極性分子アンモニアボラン  $\text{H}_3\text{BNH}_3$  を注入試料としてインビーム・メスバウアースペクトルを測定した。得られた結果から、生成した  $^{57}\text{Fe}$  化学種について考察を行なった。

**【実験】** 実験は量子科学技術研究開発機構 (QST) の重イオン加速器施設 HIMAC で行なった。一次ビーム  $^{58}\text{Fe}$  と標的核  $^9\text{Be}$  との入射核破砕反応で生成した多数の不安定短寿命核の中から、 $^{57}\text{Mn}$  を分離・最適化してアンモニアボラン試料に直接注入した。 $\beta$  線を検出するプラスチックシンチレーター検出器と 14.4 keV の  $\gamma$  線を計測する平行平板電子なだれ型検出器 PPAC の  $\beta$ - $\gamma$  反同時計測法により、インビーム・メスバウアースペクトルを得た。試料の温度を 10 K~243 K で保持して、スペクトル測定を行なった。

Fig.1 に得られたインビーム・メスバウアースペクトルを示す。いずれのスペクトルも 2 つまたは 3 つのダブルットの重ね合わせとして解析を行なった。10 K と 42 K で得たスペクトルでは Doublet 1 (blue) と Doublet 2 (green) の 2 成分で、74 K 以上のスペクトルはさらに Doublet 3 (red) を加えた 3 成分で解析できた。これら 3 成分の化学種を密度汎関数理論 (DFT) による計算結果と比較して  $^{57}\text{Fe}$  の占有位置と化学種の同定を行なった。

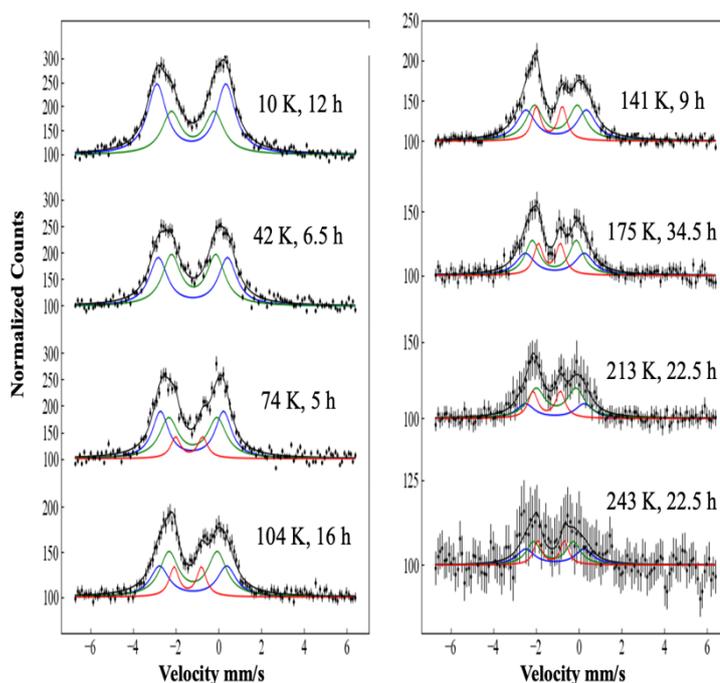


Fig. 1.  $^{57}\text{Fe}$  Mössbauer spectra after  $^{57}\text{Mn}$  implantation into  $\text{H}_3\text{BNH}_3$  between 10 K and 243 K.

In-beam Mössbauer Spectra of  $^{57}\text{Fe}$  Obtained After  $^{57}\text{Mn}$  Implantation into Ammonia Borane  
Kimoto, S., Yoshida, M., Kobayashi, Y., Kubo, M. K., Mihara, M., Sato, W., Miyazaki, J., Watanabe, Y., Sato, S., Kitagawa, A.

## 2B03

Fe-Ni 系 Hofmann 型錯体の  $^{61}\text{Ni}$  メスバウアー分光法による Ni 局所構造の考察

(東邦大理<sup>1</sup>、京大複合原子力研究所<sup>2</sup>、京大環境安全保健機構<sup>3</sup>)○北清航輔<sup>1</sup>、北澤孝史<sup>1</sup>、北尾真司<sup>2</sup>、小林康浩<sup>2</sup>、窪田卓見<sup>3</sup>、瀬戸誠<sup>2</sup>

**【緒言】** Hofmann 型構造とは、中心金属を平面四配位金属シアニド錯体で架橋した 2D シート構造とそれと垂直に配位した別の配位子からなる Fig.1 のような構造を持つシアノ架橋配位高分子の一種である。

また、スピントロソオーバー(SCO)現象とは、温度や圧力・光などの要因によって中心金属の電子配置が可逆的に変化する現象のことを指す。SCO 現象によって中心金属の

不対電子の数が変化し磁化率が変化し、特に八面体鉄(II)化合物のような  $d^6$  金属イオンでは常磁性と反磁性という明確な磁気挙動の変化があるため盛んに研究が行われている。 $^{57}\text{Fe}$  Mössbauer 分光法はそのスペクトルの異性体シフト・四極子分裂の幅・分裂数が鉄の価数、スピン状態、鉄周辺の環境に依存するため、SCO 現象による中心鉄の環境変化を分析することが可能であるためこれを用いた Fe 系 SCO 錯体の研究が多数の研究室で行われている。その一方で、Hofmann 型錯体の架橋配位子である金属シアニドの中心金属には Ni、Pt、Au という Mössbauer 活性な元素が含まれているにも拘わらず Hofmann 型錯体における Fe 以外の Mössbauer 分光法による研究例は極めて少ない。そこで、今回は架橋配位子に  $[\text{Ni}(\text{CN})_4]$  を用いた錯体  $\{\text{Fe}(\text{Ethyl isonicotinate})_2[\text{Ni}(\text{CN})_4]\}$  及び  $\{\text{Fe}(\text{Allyl isonicotinate})_2[\text{Ni}(\text{CN})_4]\}$  について、Ni K-edge XAS 及び  $^{61}\text{Ni}$  Mössbauer 分光法による Ni 周辺の分析を行った。

**【実験】** 錯体は直接法により合成した。まず、クエン酸三ナトリウムと Fe(II)源である Mohr 塩を容器中で水に溶解し、そこに配位子と  $\text{K}_2[\text{Ni}(\text{CN})_4]$  の水溶液を滴下し、生じた沈澱を濾過した。生成物については、元素分析により目的の組成であることを確認した。得られた錯体について、磁化率測定、Fe K-edge 及び Ni K-edge の X 線吸収分光法(XAS)、 $^{61}\text{Ni}$  Mössbauer 測定を行った。

**【結果】** 磁化率測定により両錯体とも SCO 現象を示し、この錯体が SCO 現象を示す配位高分子であることが分かった。また、XAS では Fe K-edge でのみ温度変化によるピークシフトが観測され、SCO 現象による微細構造の変化は大部分が Fe サイトで起きていることが分かった。 $^{61}\text{Ni}$  Mössbauer 分光法では両錯体ともわずかに負の異性体シフト(IS)を示す Singlet ピークが得られ、Ni サイトが 2 価の平面四角形であることを示している。 $^{61}\text{Ni}$  Mössbauer 分光法は  $^{57}\text{Fe}$  Mössbauer と比べ高いエネルギーの  $\gamma$  線を用いるためにごく低温でしか行えず、異性体シフトの幅も数十  $\mu\text{m s}^{-1}$  オーダーと狭いので得られる情報は少ない。しかしながら、IS=0 の標準に用いた  $\text{Ni}_{86}\text{V}_{14}$  合金よりも有効厚みが大きいにもかかわらずスペクトル強度が小さいことから Hofmann 型錯体が比較的柔軟な構造をとることが示唆される。

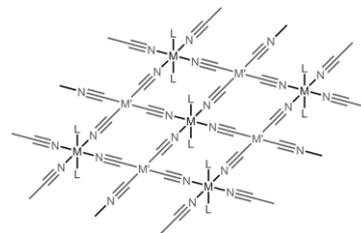


Fig. 1. Hofmann 型構造

Discussion of local structure around Ni site in Fe-Ni type Hofmann-like complex by  $^{61}\text{Ni}$  Mössbauer spectroscopy  
KITASE, K., KITAZAWA, T., KITAO, S., KOBAYASHI, Y., KUBOTA, T., SETO, M.

## セッションB 原子核プローブ

2024年9月24日(火) 10:30 ~ 11:30 B会場(10階1001-2室)

2B2

座長:金子 政志(大阪大学)

10:30 ~ 10:50

[2B04]

 $^{99}\text{Ru}$ の放射光メスバウアー分光\*吉田 実生<sup>1</sup>、増田 亮<sup>2</sup>、永澤 延元<sup>3</sup>、筒井 智嗣<sup>3</sup>、小林 義男<sup>1,4</sup> (1. 電通大院、2. 弘前大、3. JASRI、4. 理研仁科センター)

10:50 ~ 11:10

[2B05]

酸化チタンにおける不純物インジウム核位置の超微細場測定

\*新明 宝太<sup>1</sup>、雨池 晃彩<sup>2</sup>、佐藤 渉<sup>1,2</sup> (1. 金沢大院自然、2. 金沢大学)

11:10 ~ 11:30

[2B06]

 $\text{SrTiO}_3$ 中にドーパされたCdの局所構造と光触媒活性のCd濃度依存性\*小松田 沙也加<sup>1</sup>、佐藤 渉<sup>1</sup>、谷口 秋洋<sup>2</sup>、大久保 嘉高<sup>2</sup> (1. 金沢大学、2. 京都大学複合原子力科学研究所)

## 2B04

<sup>99</sup>Ru の放射光メスバウアー分光(電通大院<sup>1</sup>、弘前大<sup>2</sup>、JASRI<sup>3</sup>、理研仁科センター<sup>4</sup>)○吉田実生<sup>1</sup>、増田亮<sup>2</sup>、永澤延元<sup>3</sup>、筒井智嗣<sup>3</sup>、中村仁<sup>1</sup>、小林義男<sup>1,4</sup>

【緒言】 Ru は、-2 価から+8 価までの安定で多様な価数状態を示し、触媒、色素増感太陽電池材料、機能性材料など幅広い分野で利用されている元素の 1 つである。その機能性を担う Ru の酸化状態や周囲の配位環境に関する物理的・化学的知見は、材料特性を知る上で極めて重要である。それらの情報を得る有力な研究手段の一つに <sup>99</sup>Ru メスバウアー分光法がある[1]。従来の線源を用いる手法では、RI 線源が短寿命であり、その線源を作るために加速器が必要になるなどの実験的制約が多いため報告例が少ない。近年、放射光を励起光として RI 線源を利用したメスバウアー分光のようなドップラー速度を横軸とする放射光メスバウアー分光法が確立された[2]。本研究では、放射光メスバウアー分光法を <sup>99</sup>Ru 核に応用し、<sup>99</sup>Ru 放射光メスバウアー分光の確立を目指す。

【結果】 実験は、SPring-8 の BL35XU で行った。試料下流側にトランスデューサーに装置された <sup>99</sup>Ru 金属を設置し、アナライザーとして利用した。<sup>99</sup>Ru 金属アナライザーの台座として加工しやすいポリエチレンを使用し、<sup>99</sup>Ru メスバウアースペクトルの観測を試みた。しかしながら、十分な共鳴吸収線を観測することができなかった。<sup>149</sup>Sm や <sup>193</sup>Ir のスペクトル[3, 4]と比較すると、得られたスペクトルは予測された S/N 比の 1/2 程度であった。この結果を踏まえて、熱伝導度がポリエチレンよりも高い BN を台座とした <sup>99</sup>Ru 金属のアナライザーを新たに作製して nat.Ru 金属と <sup>99</sup>RuO<sub>2</sub> のスペクトルの観測を試みた。その結果、吸収強度が予測値に近いスペクトルを得ることができた (Fig.1)。nat.Ru 金属では線幅 0.34 mm/s の singlet のスペクトル、<sup>99</sup>RuO<sub>2</sub> では明瞭な 1 成分の doublet ( $I.S. = -0.26$  mm/s,  $Q.S. = 0.44$  mm/s) のスペクトルが観測された。得られた結果は、<sup>99</sup>Ru 金属アナライザーが十分に冷却されたことで無反跳分率が上昇していることを示唆している。

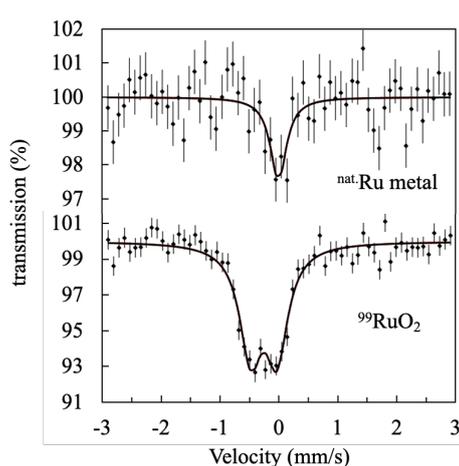


Fig.1 <sup>99</sup>Ru synchrotron-radiation-based Mössbauer spectra of nat.Ru metal and <sup>99</sup>RuO<sub>2</sub> at 7 K.

## 【参考文献】

- [1] Y. Kobayashi *et al.*, *Inorg. Chem.*, **31**, 4570 (1992).  
 [2] M. Seto *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **102**, 217602 (2009).  
 [3] S. Tsutsui *et al.*, *J. Phys. Soc. Jpn.*, **85**, 083704 (2016).  
 [4] S. Tsutsui *et al.*, *J. Phys. Soc. Jpn.*, **90**, 083701 (2021).

Synchrotron radiation-based Mössbauer spectroscopy of <sup>99</sup>Ru  
 Yoshida M., Masuda R., Nagasawa N., Tsutsui S., Nakamura, J., Kobayashi Y.

## 2B05

## 酸化チタンにおける不純物インジウム核位置の超微細場測定

(金沢大院自然<sup>1</sup>、金沢大学<sup>2</sup>)○新明宝太<sup>1</sup>、雨池晃彩<sup>2</sup>、佐藤渉<sup>1,2</sup>

【緒言】近年、代表的な透明導体膜である Sn ドープ酸化インジウムの代替材料として、酸化チタン( $\text{TiO}_2$ )に様々なドーパントを導入した不純物半導体が注目されている。不純物がドーパされた  $\text{TiO}_2$  の電気特性は、格子定数や酸素空孔濃度に強く依存するため、機能性材料としての応用に向けて、それらの基礎物性を調べることは大変重要である。本研究では  $\text{TiO}_2$  のような 4 価の金属酸化物に 3 価のインジウムイオン( $\text{In}^{3+}$ )を不純物として導入することによってアクセプターとして機能させ、半導体特性を制御することを目的としている。 $\text{TiO}_2$ (ルチルおよびアナターゼ)中の格子位置に導入した  $\text{In}^{3+}$  の存在状態を微視的な観点から調べるため、我々は  $^{111}\text{Cd}$  ( $\leftarrow ^{111}\text{In}$ ) をプローブとして用いた摂動角相関(PAC)測定と粉末 X 線回折測定を行い、プローブ核位置における局所場の試料の焼成条件依存性を調べた。

【実験】ルチルの粉末は市販(富士フィルム和光純薬、99.9%)の試料を使用し、アナターゼの粉末はゾルゲル法[1]を採用し合成した。プローブを含まない試料に対し粉末 X 線回折測定を行い単相であることを確認した。粉末を錠剤成型後、 $^{111}\text{Cd}$  ( $\leftarrow ^{111}\text{In}$ ) の HCl 溶液を滴下し、ルチルは 1273 K、アナターゼは 823 K~873 K で焼成し、試料中にプローブを熱拡散させ PAC 測定を行った。

【結果】Fig.1 にルチル(a)およびアナターゼ(b)中  $^{111}\text{Cd}$ ( $\leftarrow ^{111}\text{In}$ )の PAC スペクトルを示す。解析結果より、ルチルでは電気四重極周波数 100.7 Mrad/s、アナターゼでは 88.9 Mrad/s という異なる周波数が得られた。ルチルにおいては先行研究[2]で  $\text{In}^{3+}$  を  $\text{TiO}_2$  にドーパした際の周波数と一致した。以上の結果より、 $\text{In}^{3+}$  が  $\text{TiO}_2$  中で比較的高い対称性を持つ特定のサイトを占有することが示唆された。ルチルは室温で顕著な振幅で周波数成分が現れたのに対し、アナターゼでは室温では振動成分は観測されず 823 K で周波数成分が現れたことから後遺効果の影響があり、アナターゼの方が EC 壊変後に乱れた電子配置の回復が遅いことが明らかとなった。アナターゼ中の In の振舞いを PAC で調べた研究は過去に例がなく、本研究において初めて観測に成功した。

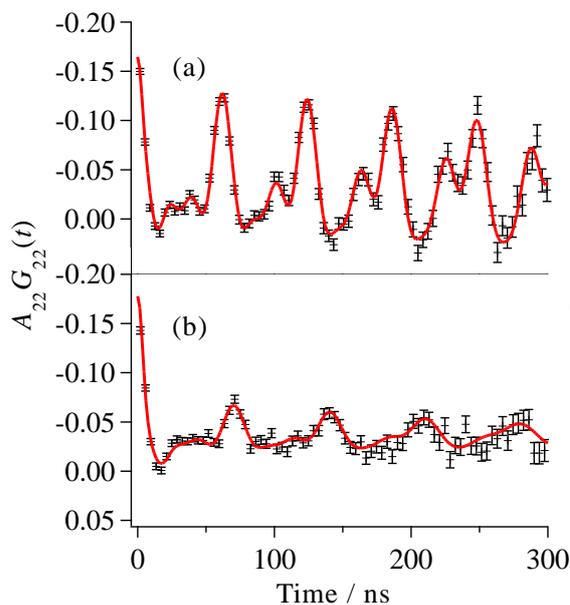


Fig.1 TDPAC spectra of (a) rutile  $\text{TiO}_2$  at room temperature and (b) anatase  $\text{TiO}_2$  at 823 K.

[1] Muhammad Tahir et al., Appl. Catalysis B: Envi. **162**, 99 (2015).

[2] Juliana Schell et al., Hyperfine Interact. **238**, 6 (2016).

Measurement of hyperfine fields at the nuclei of impurity In ions in  $\text{TiO}_2$   
SHIMMEI H., AMAIKE H., SATO W.

## 2B06 SrTiO<sub>3</sub> 中にドーピングされた Cd の局所構造と光触媒活性の Cd 濃度依存性

(金沢大<sup>1</sup>、京大複合研<sup>2</sup>)○小松田 沙也加<sup>1</sup>、佐藤 渉<sup>1</sup>、谷口 秋洋<sup>2</sup>、大久保 嘉高<sup>2</sup>

**【緒言】**立方晶で対称性の高いペロブスカイト酸化物であるチタン酸ストロンチウム(SrTiO<sub>3</sub>)は、Ti<sup>4+</sup>位置に低価数の微量元素を置換させるとドーパント近傍に電荷補償の酸素空孔を生じて量子構造が変化し、可視光応答性を付与できる。さらにキャリアの再結合中心となる Ti<sup>3+</sup>の生成が抑制され、光触媒活性が向上すると予想される。一方、微量元素の不均一なドーピングが起こると、Ti<sup>3+</sup>の抑制に繋がらず、不均一な結晶構造が再結合中心となって光触媒活性が低下する。従って SrTiO<sub>3</sub> を精密に制御・設計するには、不純物元素の占有サイトとその近傍の酸素空孔を原子レベルで調べることが肝要である。そこで我々は、摂動角相関(PAC)法を採用し SrTiO<sub>3</sub> 中にドーピングされた不純物位置での局所構造を研究している。本研究の先行研究において、<sup>111</sup>In(→<sup>111</sup>Cd)プローブを用いた PAC 測定により In を微量ドーピングした SrTiO<sub>3</sub> 中の In 位置の局所構造を観察した。その結果、In の 80%が Ti<sup>4+</sup>を置換して近傍に酸素空孔を生じていることを示唆する結果を得た[1]。さらに興味深い結果として、Sr<sup>2+</sup>と同価数で近いイオン半径をもつはずの Cd<sup>2+</sup>も、ドーピングした 70%が Ti<sup>4+</sup>の位置を置換することを示唆する結果を得たので、その詳細について報告する。

**【実験】**化学量論組成比で Sr+Cd:Ti=1:1 となるように混合した SrCO<sub>3</sub>、CdCO<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub> の粉末をメノウ乳鉢中で混合し、得られた粉末試料を錠剤成型して SrCd<sub>x</sub>Ti<sub>1-x</sub>O<sub>3</sub> の前駆体となるペレットを作成した。<sup>110</sup>CdO 約 3 mg を <sup>110</sup>Cd(n,γ)<sup>111m</sup>Cd 反応により中性子放射化させた後、6 M の塩酸 10 μL に溶かし、<sup>111m</sup>Cd 塩酸溶液を作成した。この <sup>111m</sup>Cd 塩酸溶液を前駆体のペレットに滴下し、空气中 1473 K で 1.5 時間焼成した。得られた試料を粉砕し室温で PAC 測定した。

**【結果】**得られた PAC スペクトル(Fig.1)を解析すると 3 つの成分が観測された。1 つは電場勾配ゼロの成分だった。立方晶で対称性をもつ SrTiO<sub>3</sub> は Sr,Ti 位置の電場勾配は本来ゼロであるため、この成分は欠陥のない Sr,Ti サイトを置換した <sup>111m</sup>Cd 由来と考えられる。残り 2 種は異なる大きな電場勾配値を示した。この値は、SrTiO<sub>3</sub> にドーピングした <sup>111</sup>In が、近傍に酸素空孔が存在する Ti<sup>4+</sup>置換サイトを占有した際に観測された値と誤差範囲内で一致した。従って Cd<sup>2+</sup>は Ti<sup>4+</sup>を置換し、近傍に酸素空孔を形成する可能性が高い。Cd<sup>2+</sup>は In<sup>3+</sup>に比べ Ti<sup>4+</sup>置換に伴う価数のずれが大きく、In よりも低濃度でも光触媒活性を示す可能性がある。発表では光触媒活性の測定結果も示しながら Cd ドーピング効果についてより詳しく紹介する。

**【参考文献】**[1] S. Komatsuda, M. Kawakami, W. Sato, A. Taniguchi, M. Tanigaki, Y. Ohkubo, Interactions, Vol.245, 37(2024)

Investigation of Cd concentration dependence of the local structure and the photocatalytic activity of Cd-doped SrTiO<sub>3</sub>

KOMATSUDA S., SATO, W., TANIGUCHI A., OHKUBO Y.

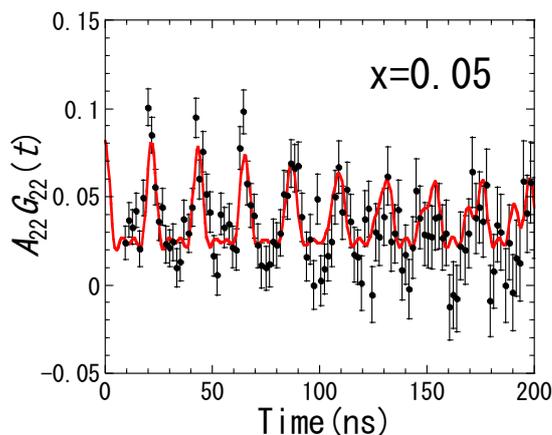


Fig.1 TDPAC spectrum of <sup>111m</sup>Cd (→<sup>111</sup>Cd) in Sr<sub>1-x</sub>Cd<sub>x</sub>TiO<sub>3</sub> x=0.05 at room temperature

部会

2024年9月24日(火) 11:30 ~ 12:50 B会場(10階1001-2室)

## 原子核プローブ部会総会

11:30 ~ 12:50

部会

## ポスターセッション

2024年9月24日(火) 16:15 ~ 17:15 会場(10階1001-1室+展望ロビー)

## ポスターセッション

[2P01]

CdおよびZnフェライトにおけるメスバウアースペクトルの温度依存性および熱履歴依存性

\*平原 響<sup>1</sup>、伊東 泰佑<sup>1</sup>、佐藤 渉<sup>1</sup> (1. 金沢大院自然)

[2P02]

熱処理によるカンラン石中の鉄の状態変化

\*石井 勇希<sup>1</sup>、中川 真結<sup>1</sup>、古川 未来<sup>2</sup>、海老原 充<sup>3</sup>、佐藤 渉<sup>1,2</sup> (1. 金沢大学院 自然、2. 金沢大学、3. 都立大院 理)

[2P03]

水素吸蔵パラジウム中に生成した空孔型欠陥と水素の熱的挙動

\*清水 悠介<sup>1</sup>、古本 雅之<sup>1</sup>、原 大輔<sup>2</sup>、清水 弘通<sup>3</sup>、谷口 秋洋<sup>4</sup>、大久保 嘉高<sup>4</sup>、佐藤 渉<sup>1,2</sup> (1. 金沢大院自然、2. 金沢大理工、3. 理研仁科セ、4. 京大複合研)

[2P04]

<sup>57</sup>Fe と Ni を希薄に共ドーピングした SrTiO<sub>3-δ</sub> のメスバウアー分光法による磁気特性評価\*大野 柊威<sup>1</sup>、白田 ひびき<sup>1</sup>、高橋 正<sup>2</sup>、野村 貴美<sup>2</sup>、小池 裕也<sup>3</sup> (1. 明治大学大学院、2. 東京医科大学、3. 明治大学)

[2P05]

岐阜県瑞浪市八幡神社木製鳥居の年代測定

\*國分 陽子<sup>1</sup>、西尾 智博<sup>2</sup>、藤田 奈津子<sup>1</sup> (1. 日本原子力研究開発機構、2. 株式会社ペスコ)

[2P06]

J-PARCニュートリノ実験施設のビーム運転に伴い生成する放射性水銀

\*渡邊 瑛介<sup>1,2</sup>、高橋 一智<sup>1,2</sup>、齋藤 究<sup>1,2</sup>、吉田 剛<sup>1</sup>、津金 聖和<sup>1</sup>、松村 宏<sup>1</sup>、長畔 誠司<sup>1,2</sup>、別所 光太郎<sup>1,2</sup> (1. 高エネルギー加速器研究機構、2. J-PARCセンター)

[2P07]

液体シンチレーションカウンタを用いた測定におけるチェレンコフ光の影響

\*山中 潤二<sup>1</sup>、玉利 俊哉<sup>1</sup> (1. 一般財団法人九州環境管理協会)

[2P08]

ベーリング海～北極海表層における福島第一原発事故由来の放射性セシウムの循環

\*光主 隼大<sup>1</sup>、井上 睦夫<sup>1</sup>、長尾 誠也<sup>1</sup>、野村 大樹<sup>2</sup>、熊本 雄一郎<sup>3</sup> (1. 金沢大学、2. 北海道大学、3. JAMSTEC)

[2P09]

対候性試験による都市ごみ焼却飛灰・土壌混合ジオポリマー固化法の<sup>137</sup>Cs 溶出抑制効果の検証\*白田 ひびき<sup>1</sup>、伊藤 秀嶺<sup>1</sup>、小池 裕也<sup>2</sup> (1. 明治大学大学院、2. 明治大学)

[2P10]

PB 不織布カートリッジを用いた微量<sup>137</sup>Cs 放射能分析における濃度補正係数\*高橋 亘<sup>1</sup>、加世田 大雅<sup>1</sup>、小池 裕也<sup>2</sup> (1. 明治大学大学院、2. 明治大学)

[2P11]

都市ごみ焼却飛灰ジオポリマー固化における活性フィラーと<sup>137</sup>Cs溶出抑制効果の関係\*伊藤 秀嶺<sup>1</sup>、平林 万結<sup>2</sup>、白田 ひびき<sup>1</sup>、小池 裕也<sup>2</sup>(1. 明治大学大学院、2. 明治大学)

[2P12]

樹皮表面に繁殖するコケ類による放射性セシウム保持についての研究

\*吉川 英樹<sup>1</sup>、箕輪 はるか<sup>1</sup>、土肥 輝美<sup>2</sup>、佐々木 祥人<sup>2</sup>(1. 東京慈恵会医科大学、2. 日本原子力研究開発機構)

[2P13]

放射性Csの土壌-土壌溶液分配係数とpH：pH測定方法の検討

\*田上 恵子<sup>1</sup>、内田 滋夫<sup>1</sup>(1. 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構)

[2P14]

海洋表層への人工放射性<sup>129</sup>I供給変遷史復元の試み-ヨウ素化学種とサンゴへの取り込み挙動\*史 志圓<sup>1</sup>、湯山 育子<sup>3</sup>、山崎 信哉<sup>2</sup>、高久 雄一<sup>2</sup>、末木 啓介<sup>2</sup>、坂口 綾<sup>2</sup>(1. 筑波大学大学院 理工情報生命学術院 生命地球科学研究群 環境学学位プログラム、2. 筑波大学 数理物質系、3. 山口大学 創成科学研究科)

[2P15]

環境水中<sup>99</sup>Tc測定のためのTcスパイク・トレーサー製造および化学分離法の検討\*佐々木 暖人<sup>1</sup>、高見 佳<sup>2</sup>、鍋山 雄樹<sup>2</sup>、浅井 雅人<sup>3</sup>、塚田 和明<sup>3</sup>、初川 雄一<sup>4</sup>、末木 啓介<sup>5</sup>、山崎 信哉<sup>5</sup>、高久 雄一<sup>5</sup>、坂口 綾<sup>5</sup>(1. 筑波大学理工情報生命学術院生命地球科学研究群環境科学学位プログラム、2. 筑波大学 理工学群化学類、3. 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 先端基礎研究センター、4. 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 量子ビーム科学研究部門、5. 筑波大学 数理物質系)

[2P16]

電気化学的手法による水圏におけるヨウ化物イオンの選択的回収・定量法の開発

\*武田 凌治<sup>1</sup>、山崎 信哉<sup>2</sup>、坂口 綾<sup>2</sup>、末木 啓介<sup>2</sup>、高久 雄一<sup>2</sup>、史 志圓<sup>3</sup>(1. 筑波大学大学院 理工情報生命学術院 数理物質科学研究群 化学学位プログラム、2. 筑波大学 数理物質系、3. 筑波大学大学院 理工情報生命学術院 生命地球科学研究群 環境科学学位プログラム)

[2P17]

擬似同位体希釈法-SF-ICP-MS分析による海水中の<sup>237</sup>Npの迅速測定法\*鄭 建<sup>1</sup>、張 帥<sup>1,2</sup>、劉 志勇<sup>1,3</sup>、楊 国勝<sup>1</sup>、潘 少明<sup>2</sup>、青野 辰雄<sup>4</sup>、坂口 綾<sup>5</sup>(1. 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構、2. 南京大学、3. 蘇州大学、4. 福島国際研究教育機構、5. 筑波大学)

[2P18]

SF-ICP-MSによる南太平洋の大容量海水サンプル中のPu同位体の分析

\*顧 翔<sup>1,2</sup>、楊 波<sup>1,3</sup>、鄭 建<sup>1</sup>、楊 国勝<sup>1</sup>、呉 豊昌<sup>2</sup>、山田 正俊<sup>4</sup>(1. 量子科学技術研究開発機構、千葉、日本、2. 広東省科学院生態環境土壤研究所、3. 東華理工大学、4. 海洋生物環境研究所)

[2P19]

北カザフスタンのウラン採掘場周辺地域における粒形別エアロゾルの観測

\*Bagramova Assel<sup>1</sup>、坂口 綾<sup>2</sup>、坂田 昂平<sup>3</sup>、遠藤 暁<sup>4</sup>、梶本 剛<sup>4</sup>、Zhumadilov Kassym<sup>1</sup>、Zhumalina Aidana<sup>1</sup>、高橋 純子<sup>3</sup>、星 正治<sup>5</sup>(1. ユーラシア国立大学、核物理学、新材料・技術学部、2. 筑波大学 数理物質系、3. 筑波大学 放射線・アイソトープ地球システム研究センター、4. 広島大学大学院先進理工系科学研究科、5. 広島大学 平和センター)

[2P20]

福島核事故で放出された放射性粒子(TypeB)の一考察

\*末木 啓介<sup>1</sup> (1. 筑波大学 放射線・アイソトープ地球システム研究センター)

---

[2P21]

原爆による「黒い雨」領域推定の基礎的研究—その進捗

\*五十嵐 康人<sup>1</sup>、気象土壌 WG (1. 京都大学)

---

[2P22]

原爆による「黒い雨」領域推定のためのデータベースシステム開発

\*板津 透<sup>1</sup>、高宮 幸一<sup>2</sup>、五十嵐 康人<sup>2</sup>、黒澤 直哉<sup>1</sup> (1. 株式会社ヴィジブル インフォメーション センター、2. 京都大学 複合原子力科学研究所)

---

[2P23]

広島原爆を由来とするウラン含有粒子の探索

\*高宮 幸一<sup>1</sup>、東江 直樹<sup>1</sup>、稲垣 誠<sup>1</sup>、沖 雄一<sup>1</sup>、福谷 哲<sup>1</sup>、八島 浩<sup>1</sup>、芝原 雄司<sup>1</sup>、足立 友紀<sup>2</sup>、五十嵐 康人<sup>1</sup> (1. 京都大学、2. 株式会社アトックス)

---

[2P24]

包括的核実験禁止条約 (CTBT) に係る大気中放射性核種の監視

\*古野 朗子<sup>1</sup>、木島 佑一<sup>1</sup>、山本 洋一<sup>1</sup>、大森 隆太<sup>2</sup>、舘岡 永憲<sup>2</sup>、皆川 友哉<sup>2</sup>、富田 豊<sup>1</sup> (1. 日本原子力研究開発機構、2. 株式会社東日本技術研究所)

---

[2P25]

Sr(II)溶媒抽出におけるクラウンエーテルとの競合する錯形成の影響

\*白崎 謙次<sup>1</sup>、中瀬 正彦<sup>2</sup> (1. 東北大学、2. 東京工業大学)

---

[2P26]

原子力科学研究所における放射性核種分析の人材育成

\*北辻 章浩<sup>1</sup>、深谷 洋行<sup>1</sup>、原賀 智子<sup>1</sup>、岡 壽崇<sup>1</sup>、大竹 良徳<sup>1</sup>、丹保 雅喜<sup>1</sup>、稲田 有紗<sup>1</sup>、青野 竜士<sup>1</sup>、木名瀬 暁理<sup>1</sup>、五十木 理子<sup>1</sup>、森井 志織<sup>1</sup>、国枝 賢<sup>1</sup> (1. 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構)

---

## 2P01

## Cd および Zn フェライトにおけるメスバウアースペクトルの温度依存性および熱履歴依存性

(金沢大院自然<sup>1</sup>)○平原響<sup>1</sup>、伊東泰佑<sup>1</sup>、佐藤渉<sup>1</sup>

**【緒言】**スピネル型フェライトはカチオンの種類や占有サイトによって電氣的、磁氣的特性が大きく変化するため、スピントロニクス分野における応用が期待されている。 $\text{CdFe}_2\text{O}_4$ 、 $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  は正スピネル構造をとる酸化物であり、その結晶構造からフラストレート磁性体であることが知られている。先行研究では、 $\text{CdFe}_2\text{O}_4$  と類似した構造をもつ  $\text{Cd}_{0.75}\text{Fe}_{2.25}\text{O}_4$  がスピングラスの発現により特異な磁気特性を持つことが明らかになった。この結果を踏まえ、同じ 12 族の Zn を含み、同様の組成をもつ  $\text{Zn}_{0.75}\text{Fe}_{2.25}\text{O}_4$  について、 $^{57}\text{Fe}$  透過型メスバウアー分光法により Fe 位置での局所情報の温度依存性および熱履歴依存性を調べた。

**【実験】** $\text{CdO}$  または  $\text{ZnO}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  および  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  の粉末を目的とする成分比となるように秤量し、乳鉢で 1 時間混合した。ペレットに成形したのち真空中、 $1100^\circ\text{C}$  で 45 分焼成した。焼成試料の XRD 測定を行い、目的とする物質の合成を確認し、測定温度 10 K から 298 K の範囲でメスバウアー分光測定を行った。磁気特性の温度依存性を調べるべく、298 K から測定温度を降下させ、各温度で測定した。また、熱履歴依存性を調べるため、298 K から急冷、徐冷という異なる熱履歴を与え、10 K で測定した。

**【結果】**図 1 に、 $\text{Cd}_{0.75}\text{Fe}_{2.25}\text{O}_4$  および  $\text{Zn}_{0.75}\text{Fe}_{2.25}\text{O}_4$  の 10 K (急冷) における  $^{57}\text{Fe}$  メスバウアースペクトルを示す。 $\text{Cd}_{0.75}\text{Fe}_{2.25}\text{O}_4$  ではダブルットの常磁性成分の割合が大きいのに対し、 $\text{Zn}_{0.75}\text{Fe}_{2.25}\text{O}_4$  ではセクステットの磁気分裂成分がほとんどの割合を占めた。Zn は Cd よりイオン半径が小さいため、格子が縮小し、超交換相互作用によって磁化しやすくなったことを示唆している。

$\text{Cd}_{0.75}\text{Fe}_{2.25}\text{O}_4$  では、298 K から急冷した場合より徐冷した場合のほうが磁気分裂成分の強度が大きくなった。また、急冷後のスペクトルの時間変化を観察すると、時間経過とともに磁気分裂成分の強度が増加し、磁区の成長が示唆された。 $\text{Cd}_{0.75}\text{Fe}_{2.25}\text{O}_4$  ほど顕著ではないが、 $\text{Zn}_{0.75}\text{Fe}_{2.25}\text{O}_4$  でもスペクトルの熱履歴依存性が見られ、急冷した試料においても時間経過後は徐冷のスペクトルに近いパラメータを示した。発表では熱履歴依存性の詳細と温度依存性について議論する。

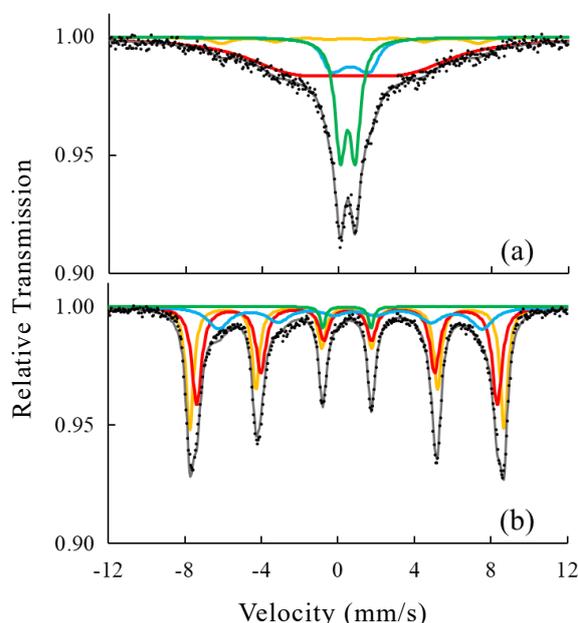


図 1. 10 K (急冷) における  $^{57}\text{Fe}$  メスバウアースペクトル (a)  $\text{Cd}_{0.75}\text{Fe}_{2.25}\text{O}_4$  (b)  $\text{Zn}_{0.75}\text{Fe}_{2.25}\text{O}_4$

Mössbauer Spectroscopic Study on Thermal Properties of Cd and Zn Ferrites  
HIRAHARA H., ITO T., SATO W.

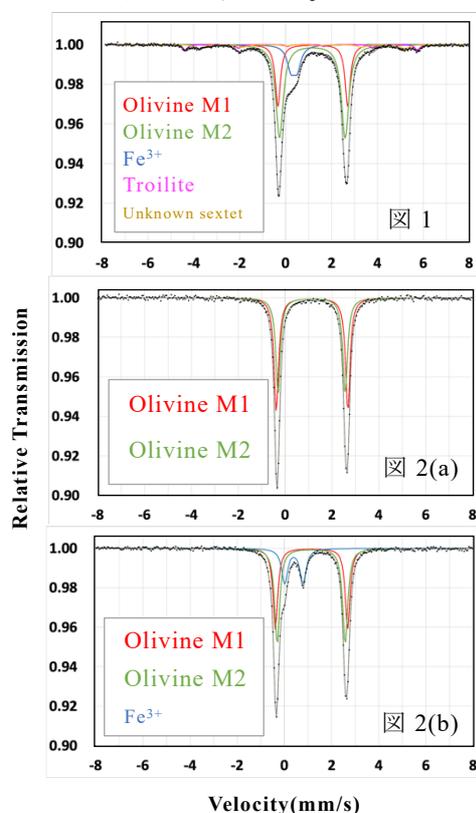
## 2P02 熱処理によるカンラン石中の鉄の状態変化

(金沢大院自然<sup>1</sup>、金沢大理工<sup>2</sup>、都立大院理<sup>3</sup>)

○石井勇希<sup>1</sup>、中川真結<sup>1</sup>、古川未来<sup>2</sup>、海老原充<sup>3</sup>、佐藤渉<sup>1,2</sup>

**【緒言】**隕石は地球上で我々が受動的に得られる唯一の地球外物質であり、太陽系の生成時の環境や進化の過程を紐解くための重要な情報源である。我々はその中でも世界的に発見数が少ない R コンドライトに分類される南極隕石 PCA91002 中の鉄を含有する鉱物組成を研究対象としている。R コンドライトには鉄-ニッケル合金や金属状態の鉄がほとんど存在せず、酸化的環境で進化した形跡を示す特徴がある。我々は PCA91002 の主成分であるカンラン石中の 2 つの金属サイトにおける鉄の占有率が地球上のカンラン石の傾向とは異なることに着目し、PCA91002 の熱変性の履歴をカンラン石の熱処理の過程から推定することができるのではないかと考えた。そこで、鉄原子核位置での電子密度、電場勾配、超微細場を高感度で捉えることが可能な <sup>57</sup>Fe メスバウアー分光法によって、地球上のカンラン石試料を様々な条件で加熱し、金属サイトにおける占有率を始めとして、鉄の存在状態を調べた。

**【実験】**アメリカ産のカンラン石をめこの乳鉢で粉砕し、空气中、真空中で 400~1180℃ で 1、5、48 時間加熱した試料の <sup>57</sup>Fe メスバウアー分光測定を行った。測定においては、金属サイトにおける占有率の決定の際など必要に応じて速度軸の走査範囲を調整して測定した。スペクトルの解析には、MossA[1]を使用した。速度軸の較正は室温での純鉄のスペクトルを用いて行った。



**【結果】**図 1 は PCA91002 の室温でのメスバウアースペクトル、図 2 は地球上のカンラン石のメスバウアースペクトルである。PCA91002 では地球上のカンラン石とは異なり M2 サイトの強度の方が大きな傾向を示し金属サイトの占有率に明確な違いを観測した。これは熱履歴の影響によるものと考え、同一のカンラン石を空气中 600℃ で 48 時間加熱した試料のメスバウアースペクトルを得た (図 2(b))。その結果、加熱前と比較し金属サイト M1 と M2 の強度比が変化し、加熱により PCA91002 のように M2 サイトの強度が M1 サイトのそれより大きくなる現象が観測された。また、加熱により 3 価の成分が現れたが、PCA91002 中の Fe<sup>3+</sup>成分とは異なるパラメータを示した。詳細はポスターにて発表する。

図 1 PCA91002 の室温メスバウアースペクトル

図 2 カンラン石の室温メスバウアースペクトル

(a)未処理 (b)加熱処理(空气中、600℃、48時間)

[1] Prescher, C., McCammon, C., Dubrovinsky, L.: J. Appl. Cryst. **45**, 329 (2012).

Heat-Treatment Dependence of Chemical Compositions in Olivine  
ISHII, Y., NAKAGAWA, M., FURUKAWA, M., EBIHARA, M., SATO, W.

## 2P03

## 水素吸蔵パラジウム中に生成した空孔型欠陥と水素の熱的挙動

(金沢大院自然<sup>1</sup>、金沢大理工<sup>2</sup>、理研仁科セ<sup>3</sup>、京大複合研<sup>4</sup>)○清水悠介<sup>1</sup>、古本雅之<sup>1</sup>、原大輔<sup>2</sup>、清水弘通<sup>3</sup>、谷口秋洋<sup>4</sup>、  
大久保嘉高<sup>4</sup>、佐藤渉<sup>1,2</sup>

**【緒言】**水素は二酸化炭素を排出しない燃料であるため次世代エネルギーとして期待されており、その貯蔵材料として水素吸蔵合金が注目されている。その中でパラジウムは水素が固溶する性質を持つことが知られており、水素を内部に吸収し、また放出することができる。パラジウムの水素貯蔵材料としての応用を見据えるにあたってパラジウム内の水素の挙動や格子欠陥の状態に関する情報は極めて重要である。本研究ではこの吸蔵された水素のパラジウム内部での熱的挙動を  $^{111}\text{Cd}(\leftarrow^{111}\text{Ag}\leftarrow^{111,111\text{m}}\text{Pd})$ 核プローブを用いた摂動角相関法(PAC)によって調べた。また、水素固溶に伴って形成される空孔型欠陥の状態を明らかにするために陽電子消滅寿命分光測定(PALS)を行った。

**【実験】**試料であるパラジウム内に  $^{111}\text{Cd}(\leftarrow^{111}\text{Ag}\leftarrow^{111,111\text{m}}\text{Pd})$ 核プローブを生成するため、アニール処理をしたパラジウムに京大原子炉の水圧輸送管において中性子を照射した。照射後、パラジウムを陰極として 0.1 M KOH 水溶液の電気分解によって水素を吸蔵させた。水素吸蔵前後での質量の変化から、試料の組成は  $\text{PdH}_{0.6\sim 0.7}$  になったことを確認した。その後室温と 323 K において PAC 測定を行った。また、水素固溶によって形成されるパラジウム内の空孔型欠陥を PALS 測定によって調べた。

**【結果】**中性子照射後アニールした試料の PAC 測定から得られたスペクトルは無摂動であり、面心立方格子中の Pd 位置を反映していることが分かった。Fig.1 に水素を吸蔵させたパラジウムの(a)室温及び(b)323 K における PAC スペクトルを示す。(a)のスペクトルに動的摂動が観測されたことから、電場勾配が水素の吸蔵に伴って発生したと考えられ、先行研究[1,2]による結果を再現した。また、(a)と同様に(b)においても角相関スペクトルが緩和していく様子が観測された。この結果は 323 K においても水素がパラジウム中に残存し、熱運動していることを示唆している。

ポスターでは PAC スペクトルの解析結果と水素吸蔵によって生じた空孔型欠陥に関する PALS 測定の解析結果について報告する。

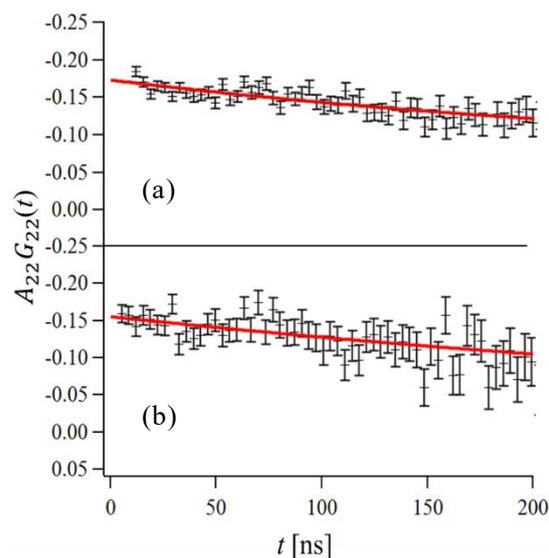


Fig.1 水素を吸蔵させたパラジウムの(a)室温及び(b)323 K における PAC スペクトル

[1] 古本雅之 金沢大学大学院自然科学研究科物質化学専攻 修士論文(2020).

[2] W. Sato, M. Furumoto, H. Shimizu, Y. Ohkubo, *J. Appl. Phys.* **135**, 245103 (2024).

Thermal Behavior of Vacancy-Type Defects and Absorbed Hydrogen Atoms in Palladium  
SHIMIZU Y., FURUMOTO M., HARA D., SHIMIZU H., TANIGUCHI A., OHKUBO Y., SATO W.

## 2P04

希薄な  $^{57}\text{Fe}$  と Ni を共ドーピングした  $\text{SrTiO}_{3-\delta}$  のメスバウアー分光法による特性評価

(明治大院理工<sup>1</sup>、東京医科大<sup>2</sup>、明治大理工<sup>3</sup>)○大野柊威<sup>1</sup>、白田ひびき<sup>1</sup>、高橋正<sup>2</sup>、野村貴美<sup>2</sup>、小池裕也<sup>3</sup>

**【緒言】** バンドギャップの大きい酸化物半導体に磁性元素を希薄にドーピングした、希薄磁性酸化物半導体は新規材料として期待されている<sup>1)</sup>。我々は酸化物半導体の中でも、サイトの部分置換による物性の制御が容易であるペロブスカイト型に着目し開発を行っている。本研究ではペロブスカイト型の中でも  $\text{SrTiO}_3$  (STO) に注目し、錯体重合法を用いて  $^{57}\text{Fe}$  (1 at%) と Ni (1~8 at%) を共ドーピングした STO ( $\text{Fe}_1\text{Ni}_x\text{-STO}$  :  $x=1\sim 8$  と表記) を合成した。合成した試料は、メスバウアー分光法、粉末 X 線回折法 (XRD)、振動試料型磁力計 (VMS) により特性の評価を行った。

**【実験】**  $\text{SrCl}_2$ ,  $[(\text{CH}_3)_2\text{CHO}]_4\text{Ti}$ ,  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  を  $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$  に、 $^{57}\text{Fe}$  (ISOFLEX USA, enriched 96.08%) を  $\text{HCl}$  に溶かした。溶液を所定の割合で混合し補助錯形成剤兼重合剤として  $\text{HOOCCH}_2\text{C}(\text{OH})(\text{COOH})\text{CH}_2\text{COOH}$  を加えた。約  $200^\circ\text{C}$  で 7 時間加熱し溶媒を蒸発乾固させたのち、電気炉 (林電工、NEW-3C) にて  $450^\circ\text{C}$ 、保持時間 2 時間で一次焼成を行った。メノウ乳鉢で 10 分間粉碎したのち、電気炉にて  $650^\circ\text{C}$  または  $850^\circ\text{C}$ 、保持時間 4 時間で二次焼成を行った。得られた  $\text{Fe}_1\text{Ni}_x\text{-STO}$  は同形置換した STO であることを XRD により確認した。試料をアクリル製カプセルに充填し、VMS (理研電子、PC-625) を用いて室温での磁化測定 ( $\pm 5$  kOe) を行った。 $^{57}\text{Fe}$  メスバウアー分光測定は、線源に  $^{57}\text{Co}(\text{Rh})$  を用いて室温で 3 日以上行った。

**【結果と考察】** 室温での磁化測定では、焼成温度  $650^\circ\text{C}$  の試料のうち  $\text{Fe}_1\text{Ni}_1\text{-STO}$  が飽和磁化  $2.17 \times 10^{-3}$  emu/g、焼成温度  $850^\circ\text{C}$  の試料のうち  $\text{Fe}_1\text{Ni}_8\text{-STO}$  が飽和磁化  $8.0 \times 10^{-4}$  emu/g の強磁性ヒステリシスを示した。この試料におけるメスバウースペクトルを Fig. 1 に示す。焼成温度  $650^\circ\text{C}$  の  $\text{Fe}_1\text{Ni}_1\text{-STO}$  は異性体シフト (IS) =  $0.33_9$  mm/s の磁気緩和ピーク、IS =  $0.37_9$  mm/s、四極分裂 (QS) =  $0.64_4$  mm/s の常磁性ダブルットと IS =  $-0.06_1$  mm/s、QS = 0 mm/s の 4 価の常磁性ピークが存在した。焼成温度  $850^\circ\text{C}$  の  $\text{Fe}_1\text{Ni}_8\text{-STO}$  では、Fe はすべて 3 価<sup>2)</sup>で IS =  $0.27_9$  mm/s、QS =  $0.58_8$  mm/s の常磁性ダブルットと IS =  $0.20_5$  mm/s の磁気緩和ピークからなった。磁気緩和ピークの面積強度は焼成温度  $650^\circ\text{C}$  の  $\text{Fe}_1\text{Ni}_1\text{-STO}$  が 58.1%、焼成温度  $850^\circ\text{C}$  の  $\text{Fe}_1\text{Ni}_8\text{-STO}$  が 50.0% であり、飽和磁化と対応している。発表では、二次焼成温度と Ni のドーピング割合と飽和磁化の関係を考察する。

**【参考文献】**

- 1) 安藤功兜ら, まてりあ, **43**, 480-484, (2004).
- 2) Walker, L. R., et al., *Phys.Rev.Letters*, **6**, 98-101, (1961).

Magnetic property and Mössbauer study of dilute  $^{57}\text{Fe}$  and Ni co-doped  $\text{SrTiO}_{3-\delta}$   
 ONO, T., SHIRATA, H., TAKAHASHI, M., NOMURA, K., KOIKE, Y.

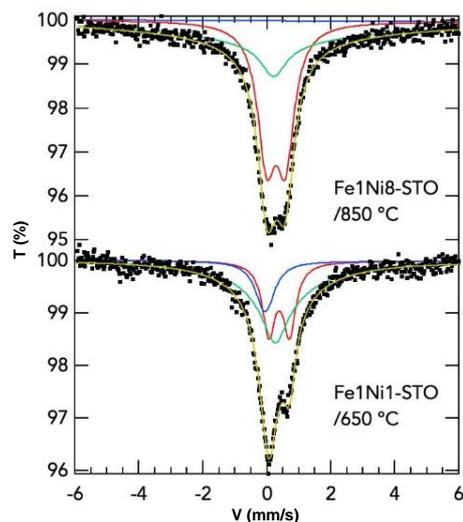


Fig. 1 Mössbauer spectra of  $\text{Sr}_{1.00}(\text{Ti}_{0.98}^{57}\text{Fe}_{0.01}\text{Ni}_{0.01})\text{O}_{3-\delta}$  heated at  $650^\circ\text{C}$  and  $\text{Sr}_{1.00}(\text{Ti}_{0.91}^{57}\text{Fe}_{0.01}\text{Ni}_{0.08})\text{O}_{3-\delta}$  heated at  $850^\circ\text{C}$ .

## 2P05

## 岐阜県瑞浪市八幡神社木製鳥居の年代測定

(原子力機構<sup>1</sup>、ペスコ<sup>2</sup>)○國分(齋藤)陽子<sup>1</sup>、西尾智博<sup>2</sup>、藤田奈津子<sup>1</sup>

## 【緒言】

岐阜県瑞浪市下山田町にある八幡神社の鳥居は、現在では珍しい木製であり、けやきで作られている。その建設は1686年と言われている。しかし、老朽化に伴い、2019年4月に取り壊された。本研究では、神社よりその鳥居の一部を譲り受け、建設年代が言い伝え通りか確認すべく、放射性炭素年代法にてその年代測定を行った。

## 【実験・結果】

試料は、支柱を輪切りにしたものから得た(図)。年輪を確認したところ、168年分あった。5年輪分を1試料とし、4箇所分(26~30年輪、86~90年輪、126~130年輪、161~165年輪)を測定した。試料は、元素分析装置(Vario Micro cube, Elementar Analysensysteme GmbH)及び自動グラフアイト化装置(AGE3, Ionplus)を用いてグラフアイトを作製し、加速器質量分析装置(JAEA-AMS-TONO-5MV, National Electrostatics Corp.)で炭素14年代を測定した。暦年較正ソフトウェアOxCal4.4及び暦年較正曲線IntCal20を使用して、得られた炭素14年代と年輪間隔に基づきウィグルマッチングで一番外側の年輪の較正年代を求めた。

測定して得られた各試料の放射性炭素年代を表に示す。これを元に一番外側の年輪の年代を求めたところ、1622~1673年 cal BPであった。この結果は、この鳥居が建設されたと言われている1686年より前であり、矛盾はない。したがって、この鳥居の建設年代は伝承のとおりであると思われる。



図 鳥居支柱から  
切り出した年輪

表 各試料の放射性炭素年代

試料	年輪	放射性炭素年代
1	26-30	305 ± 35 年 BP
2	86-90	310 ± 35 年 BP
3	126-130	325 ± 35 年 BP
4	161-165	280 ± 35 年 BP

Dating of a wooden torii gate at the Yahata shrine, Mizunami, Gifu  
SAITO-KOKUBU, Y., NISHIO, T., FUJITA, N.

## 2P06

## J-PARC ニュートリノ実験施設のビーム運転に伴い生成する放射性水銀

(高エネ研<sup>1</sup>、J-PARC<sup>2</sup>)○渡邊瑛介<sup>1,2</sup>、高橋一智<sup>1,2</sup>、齋藤究<sup>1,2</sup>、吉田剛<sup>1</sup>、津金聖和<sup>1</sup>、松村宏<sup>1</sup>、長畔誠司<sup>1,2</sup>、別所光太郎<sup>1,2</sup>

## 【緒言】

J-PARC ニュートリノ実験施設では、30GeV 陽子ビームを黒鉛ターゲットに照射し、核破砕によって生じるパイオン由来のニュートリノをビームとして 295km 離れたスーパーカミオカンデに向けて取り出している。放射線管理の知見から、ビーム運転に伴い、放射性水銀 Hg-197 や Hg-203 などが生じていることが知られている[1]。一方で、これら放射性水銀の詳細な生成メカニズムや各種物質・材料への吸着挙動のデータは十分に取得されておらず、より安全な放射線管理のためにその基礎研究が必要不可欠である。本研究では、放射性水銀の生成核反応の推定を目的として、施設内で観測される放射性水銀の捕集を行い、生成同位体の質量分布を調べた。

## 【実験】

2024年6月のニュートリノ生成のビーム運転に伴い、ターゲット近傍の機械室の空気を2.5時間サンプリングした。空気を100L/minの流速で捕集し、放射性ダストろ紙(HE-40T, ADVANTEC)で微粒子を取り除いた後に揮発性放射性核種を活性炭カートリッジ(CHC-50-A00, ADVANTEC)にて捕集した。捕集後、ゲルマニウム半導体検出器を用いたガンマ線測定により活性炭カートリッジ中の核種の定量を行った。

## 【結果】

ガンマ線スペクトル解析により、活性炭に吸着した放射性水銀として Hg-190, Hg-191g, Hg-191m, Hg-192, Hg-193g, Hg-193m, Hg-195g, Hg-195m, Hg-197g, Hg-197m および Hg-203 が確認された。とくに Hg-190 および Hg-191 については、ビーム運転に伴い生成することが本研究において初めて観測された。放射能定量結果からこれらの放射性同位体のビーム運転中の生成率を図1のように求めたところ、質量数190から197にかけて生成率が単調に増加していく傾向が明らかになった。当日の発表では、ニュートリノ実験施設に設置した HgS 標準試料の放射化挙動や PHITS シミュレーション結果と総合的に比較することで、生成核反応についての議論を行う。

## 【参考文献】

[1] J-PARC センター安全ディビジョン、『J-PARC 安全管理年報 (2021 年度)』p24. (2022).

Radiomercury observed in the beam operation of the neutrino experimental facility, J-PARC  
WATANABE, E., TAKAHASHI, K., SAITO, K., YOSHIDA G., TSUGANE, K., MATSUMURA, H., NAGAGURO, S., and BESSHO, K.

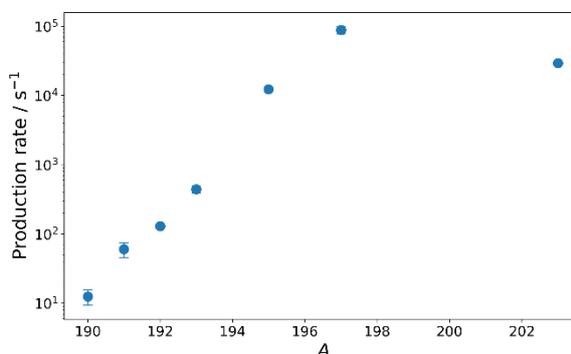


図1. ニュートリノビーム運転に伴う放射性水銀の質量数ごとの生成率

## 2P07

## 液体シンチレーションカウンタを用いた測定におけるチェレンコフ光の影響

(九州環境管理協会<sup>1</sup>)○山中潤二<sup>1</sup>、玉利俊哉<sup>1</sup>

**【緒言】**液体シンチレーションカウンタ (LSC) を用いた測定において、測定バイアル材質によって測定バックグラウンド (BG) の程度は異なる。BG スペクトルの低エネルギー領域において明瞭なピークが認められるが、これはガラス製バイアルで顕著である。したがって、トリチウム (H-3) 等の低エネルギー  $\beta$  線の測定において、測定バイアル材質の選択は重要である。本研究では、測定バイアル材質の違いによる測定 BG への影響度合を確認した。

**【実験】**2 種類の空バイアル (低拡散ポリエチレン及び低カリウムホウケイ酸ガラス) 及び約 5 Bq の Sr-90 溶液を入れた低拡散ポリエチレンバイアルを LSC (アロカ LSC-LB8) にて測定し、スペクトルを得た。また、ガラスの種類による影響を確認するために、ソーダガラス、Pyrex ガラス、低カリウムホウケイ酸ガラス及び石英をそれぞれ粉碎した後、低拡散ポリエチレンバイアルに入れ、そのまま測定を行った。さらに、ガラスに含まれる K-40 による違いを把握するために、上記の 4 種類のガラスを U8 容器に充填し、Ge 半導体検出器 (Canberra GX40) にて K-40 濃度を測定した。

**【結果】**LSC での測定結果を図 1 及び図 2 に示す。図 1 より、低エネルギー領域のピークは低拡散ポリエチレンバイアルより低カリウムホウケイ酸ガラスバイアルの方が高かった。一般的にガラスバイアルには K-40 が含まれているが、K-40 の最大エネルギー (1505 keV) の  $\beta$  線スペクトルは、低エネルギー領域に明瞭なピークを生じるものではない。この低エネルギー領域ピークは Sr(Y)-90 のチェレンコフ光のピークとほぼ一致することから、チェレンコフ光によるものと考えられる。図 2 より、ガラスの種類によるチェレンコフ光の影響は、ソーダガラス、Pyrex ガラス、低カリウムホウケイ酸ガラス及び石英の順に高かった。また、Ge 半導体検出器による K-40 濃度測定結果も、ソーダガラス、Pyrex ガラス、低カリウムホウケイ酸ガラス及び石英の順で高かった。このことから、BG スペクトルの低エネルギー領域ピークは、ガラスに含まれる K-40 の  $\beta$  線がガラスを通過する際に生じるチェレンコフ光の影響が大きいと考えられる。

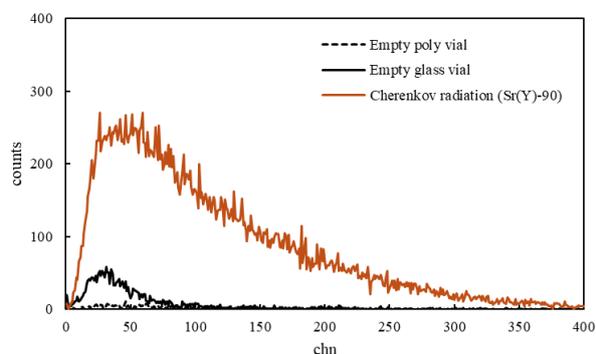


図 1 2 種類の空バイアル及び Sr(Y)-90 のチェレンコフ光のスペクトル

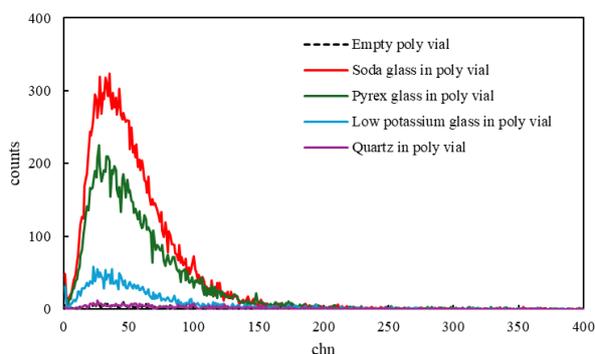


図 2 4 種類のガラスのスペクトル

The influence of Cherenkov radiation on LSC measurements  
YAMANAKA, J., TAMARI, T.

## 2P08

## ベーリング海～北極海表層における福島第一原発事故由来の放射性セシウムの循環

(金沢大<sup>1</sup>、北海道大<sup>2</sup>、JAMSTEC<sup>3</sup>)○光主隼大<sup>1</sup>、井上睦夫<sup>1</sup>、長尾誠也<sup>1</sup>、野村大樹<sup>2</sup>、熊本雄一郎<sup>3</sup>

## 【緒言】

$^{137}\text{Cs}$  (半減期 30.2 年) は、1950 年代からの大気圏内核実験などにより海洋表層にもたらされた人工放射性核種である。さらに 2011 年の福島原発事故においても、海洋環境中に多量に放出された。その濃度分布は海水循環のトレーサーとして頻繁に使用されてきた。ベーリング海は北太平洋と北極海を結ぶ重要な海域であり、その海水循環は気候変動や海洋生態系に大きな影響をおよぼす。本研究では、 $^{137}\text{Cs}$  に化学トレーサー $^{228}\text{Ra}$  (半減期 5.75 年) を加え、ベーリング海および北極海 (チュクチ海) の表層海水循環を議論する。

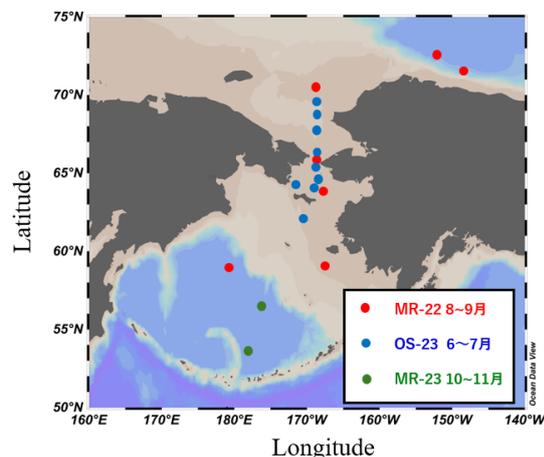


図.1 表層海水採取試料

## 【実験】

ベーリング海～北極海 (50°-70°N) において、2022-2023 年に北海道大学「おしよろ丸」および JAMSTEC「みらい」の調査航海で、海水試料 (20-40 L/試料) を採取した (図. 1)。 $^{137}\text{Cs}$  をリンモリブデン酸アンモニウム (AMP) 沈殿法で、 $^{228}\text{Ra}$  を硫酸バリウム共沈法で回収した。全試料に対し、地下測定室に設置の Ge 検出器を使用した低バックグラウンド  $\gamma$  線測定法を適用し、 $^{137}\text{Cs}$  および  $^{228}\text{Ra}$  濃度を測定した。

## 【結果と考察】

先の報告 (Kumamoto et al., 2022) も含め、 $^{137}\text{Cs}$  濃度がベーリング海表層では 2017 年から上昇、2022 年以降減少していることが確認された。高濃度  $^{134}\text{Cs}$  コアが反時計回りの主要海流とともに循環、アメリカ西海岸近海を經由し 10 年かけてベーリング海に到達したことが推測された。さらに、同緯度域でも  $^{137}\text{Cs}$  濃度の大きな変動が確認された。ベーリング海表層での複雑な海水循環を反映していることが示唆された。本年会では、水塊の天然トレーサー $^{228}\text{Ra}$  濃度も利用しながら、本海域における溶存成分の循環プロセスについて議論する。

## 【謝辞】

海水採取にご協力いただいた、JAMSTEC 海洋地球研究船「みらい」、北海道大学練習船「おしよろ丸」の船長、乗組員および同乗研究者の皆様に感謝いたします。

Surface transport of FDNPP-derived  $^{137}\text{Cs}$  in the Bering Sea and Arctic Ocean

H. Mitsunushi, M. Inoue, S. Nagao, D. Nomura and Y. Kumamoto

## 2P09

対候性試験による都市ごみ焼却飛灰・土壌混合ジオポリマー  
固化法の  $^{137}\text{Cs}$  溶出抑制効果の検証(明治大院理工<sup>1</sup>、明治大理工<sup>2</sup>)○白田ひびき<sup>1</sup>、伊藤秀嶺<sup>1</sup>、小池裕也<sup>2</sup>

【緒言】都市ごみ焼却飛灰中放射性セシウム約 6 割は水溶性であり<sup>1)</sup>、埋立処理の際には適切な不溶化処理が必要となる。都市ごみ焼却飛灰の不溶化処理法として、活性フィラーに土壌を用いた都市ごみ焼却飛灰・土壌混合ジオポリマー固化 (FA・土壌混合 GS) 法を検討してきた。関東ローム層の赤土を原料とする赤玉土は  $\text{SiO}_2$  と  $\text{Al}_2\text{O}_3$  を豊富に含んでおり、FA・赤玉土混合 GS 体に対して溶出試験を行った結果、 $^{137}\text{Cs}$  の溶出率を 0.55% まで抑制できた<sup>2)</sup>。FA・土壌混合 GS 法による  $^{137}\text{Cs}$  の溶出抑制効果は確認されているが、様々な埋立環境を想定した対候性試験は実施されていない。そこで、埋立環境を再現した過酷な環境条件で対候性試験を行い、FA・土壌混合 GS 法の  $^{137}\text{Cs}$  に対する溶出抑制効果を検証した。

【実験】焼却飛灰試料には、福島県と埼玉県的一般焼却処理場で採取された都市ごみ焼却飛灰 (FA) を用いた。土壌には、赤玉土を用いた。FA と赤玉土は質量比 1:1 で混合し、33 mass% NaOH aq を L/S 比 0.5 の割合で添加した。調製した試料は、立方体に成形後に定温乾燥機 (ヤマト科学, DVS402) を用いて  $105^\circ\text{C}$  で 24 時間養生することで、FA・土壌混合 GS 体とした。 $^{137}\text{Cs}$  の溶出試験は、環境庁告示第 13 号試験を採用した。溶出試験により得られた溶出液と残渣は、高純度ゲルマニウム半導体検出器 (HPGe; PGT, Inc., IGC-10200 NPR) により放射能分析した。FA・土壌混合 GS 体の対候性試験には、試験液 pH 依存性試験、紫外線劣化試験 (UV 照射装置: ORG, QRU-2161-D90-02)、恒温恒湿試験 (低温恒温恒湿器: ADVANTEC, THE051FA) を採用した。

【結果と考察】最終処分場での保管状態により、雨水や焼却飛灰からの浸出水など様々な pH の環境水との接触、野外暴露状態における紫外線照射や温度・湿度の環境変化による FA・土壌混合 GS 体の劣化が想定される。Fig. 1 に紫外線 365 nm (254~436 nm) を、放射強度  $2000\text{ W/m}^2$  で任意の時間照射した FA・土壌混合 GS 体からの  $^{137}\text{Cs}$  溶出率を示す。24 時間の紫外線照射は、6.8 ヶ月分の野外暴露に相当する。 $^{137}\text{Cs}$  溶出率は、0.1~2.0% の範囲で変動したが、紫外線照射による有意な溶出率の増加はなかった。FA・赤玉土混合 GS 体は紫外線耐性を有していると考えられる。他の二種類の対候性試験においても、FA・赤玉土混合 GS 法の  $^{137}\text{Cs}$  溶出抑制効果を確認できた。

## 【参考文献】

- 1) Koike, Y., et al.: *Anal. Sci.*, **37**, 1565-1570 (2021).
- 2) 齋藤凜太郎ら: 廃棄物資源循環学会論文誌, **33**, 18-29 (2022).

Verification of the elution suppression effect of radioactive cesium in the geopolymer solidified by mixing MSWI fly ash and soil using weatherability test  
SHIRATA, H., ITO, H., KOIKE, Y.

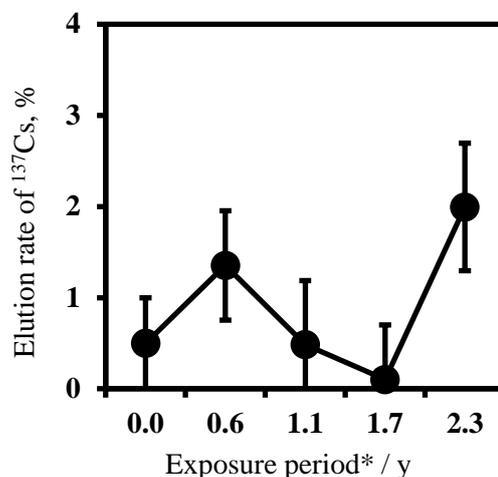


Fig. 1 Elution rate of  $^{137}\text{Cs}$  on Akadama soil-mixed fly ash geopolymer treated with UV irradiation.

\*: Calculated from UV irradiation time.

## 2P10 PB 不織布カートリッジを用いた微量 $^{137}\text{Cs}$ 放射能分析における濃度補正係数

(明治大院理工<sup>1</sup>、明治大理工<sup>2</sup>) ○高橋亘<sup>1</sup>、加世田大雅<sup>1</sup>、小池裕也<sup>2</sup>

**【緒言】** 福島第一原子力発電所事故に由来する放射性 Cs は、現在も環境試料から検出されているため、継続したモニタリングが行なわれている<sup>1-3)</sup>。プルシアンブルー (PB) 不織布カートリッジ法は、水中  $^{137}\text{Cs}$  を迅速に濃縮できる方法として注目されている。カートリッジに濃縮した  $^{137}\text{Cs}$  は不均一に分布しているため、非破壊測定の際は  $^{137}\text{Cs}$  放射能が既知のカートリッジで算出した補正係数で測定値を除して算定する<sup>4)</sup>。しかし、先行研究<sup>4)</sup>での補正係数は  $^{137}\text{Cs}$  放射能が 20 Bq のカートリッジを基準に算出されている。この補正係数を 1 Bq 以下のカートリッジ試料に使用できるか検討する必要がある。本研究では、 $^{137}\text{Cs}$  放射能が 100 mBq 程度のカートリッジを作成し、放射能と補正係数の関係を調査した。

**【実験】**  $^{137}\text{Cs}$  は、 $^{137}\text{Cs}$  を含む都市ごみ焼却飛灰に純水を固液比 1:10 で加え、24 時間以上攪拌して溶出させて得た。飛灰溶出液をねじ口 U 式容器 U-8 に充填し、高純度 Ge 半導体検出器 (HPGe) (PGT, Inc., IGC-10200) で 24 時間以上  $\gamma$  線測定した。飛灰溶出液をペリスタルティックポンプ (fisher brand, 13-876-3) で銅置換体 PB 不織布カートリッジ (日本バイリーン, CS-14CU) に通水し、12 回循環させることで  $^{137}\text{Cs}$  を濃縮した<sup>4)</sup>。 $^{137}\text{Cs}$  を濃縮したカートリッジは HPGe で 20 時間以上  $\gamma$  線測定し、 $^{137}\text{Cs}$  放射能を算出した。飛灰溶出液の  $^{137}\text{Cs}$  放射能との比から補正係数を算出した。

**【結果・考察】**  $^{137}\text{Cs}$  放射能が 122 mBq, 11, 110 Bq の標準カートリッジから算出した補正係数を Table 1 に示す。補正係数と  $^{137}\text{Cs}$  放射能に比例関係は見られず、11 Bq のときの補正係数が極大値となった。 $^{137}\text{Cs}$  放射能が 11 Bq のカートリッジと比較して、122 mBq のカートリッジ中  $^{137}\text{Cs}$  は不織布の外側に多く捕捉され、補正係数が小さくなると考えられる。よって、 $^{137}\text{Cs}$  放射能が 100 mBq 以下の場合、11 Bq のカートリッジから算定した補正係数を用いると、 $^{137}\text{Cs}$  濃度が低く見積もられる可能性がある。

**Table 1 Correction coefficients for three types copper-substituent Prussian blue-impregnated nonwoven cartridge filters with varying level of  $^{137}\text{Cs}$  radioactivity.**

Sample	Measuring time [s]	Net count [count]	Radioactivity [Bq]	Actual radioactivity [Bq]	Correction coefficient
110Bq-CuC	87293.14	30667 ± 175	78.6 ± 0.4	110.1 ± 0.5	0.71 ± 0.01
11Bq-CuC	87026.34	3372 ± 58	8.7 ± 0.1	10.9 ± 0.1	0.80 ± 0.02
122mBq-CuC	73970.26	40 ± 6	0.089 ± 0.013	0.122 ± 0.011	0.73 ± 0.13

### 【参考文献】

- 1) K. Saito, Y. Onda: *Journal of Environmental Radioactivity*, **139**, 240-249 (2015).
- 2) 野村篤朗, 伊藤武夫, 大塚宜寿, 蓑毛康太郎, 堀井勇一, 竹峰秀祐, 渡辺洋一, 茂木守, 三宅定明, 佐藤秀美, 竹熊美貴子, 長浜善行, 加藤沙紀: 埼玉県環境科学国際センター報, **21**, 56-62 (2019).
- 3) K. Hagiwara, K. Ochi, Y. Koike: *Radioisotopes*, **70**, 227-237 (2021).
- 4) 保高徹生, 辻英樹, 今藤好彦, 鈴木安和: 分析化学, **62**, 499-506 (2013).

Concentration correction factor for low-level  $^{137}\text{Cs}$  radioactivity analysis by Prussian blue-impregnated non-woven cartridge filter  
TAKAHASHI T., KASEDA T., KOIKE Y.

## 2P11 都市ごみ焼却飛灰ジオポリマー固化における活性フィラーと<sup>137</sup>Cs 溶出抑制効果の関係

(明治大院理工<sup>1</sup>、明治大理工<sup>2</sup>)○伊藤秀嶺<sup>1</sup>、平林万結<sup>2</sup>、白田ひびき<sup>1</sup>、小池裕也<sup>2</sup>

### 【緒言】

都市ごみ焼却飛灰（以下焼却飛灰）中放射性セシウム溶出抑制処理法として土壌混合ジオポリマー固化（GS）法について研究を行ってきた。GS 体は、アルミノケイ酸塩（活性フィラー）を出発物質とする非晶質ポリマーであり、活性フィラーに土壌を用いることで効果的に放射性セシウムを溶出抑制できることが報告されている<sup>1)</sup>。本研究では、活性フィラーとして 8 種類の異なる土壌を用いて GS 体を作製し、活性フィラーの性状と<sup>137</sup>Cs 溶出抑制効果の関係を調査した。

### 【実験】

焼却飛灰試料は、埼玉県の一般焼却処理場で 2023 年 3 月に採取したものを使用した。混合する土壌として、市販の赤玉土、黒土、鹿沼土、パーライト、軽石、富士砂、及び明治大学生田キャンパスで採取した土壌、廃陶器の 8 種類を用いた。焼却飛灰試料と土壌を重量比 1:1 で混合し、33mass% 水酸化ナトリウム水溶液を L/S 比 0.5 の割合で添加し立方体に成形した。成形した試料を乾燥機（ヤマト科学, Drying Oven DVS402）を用いて、105°C で 24 時間養生することで GS 体とした。土壌混合 GS 法による放射性セシウムの溶出抑制効果を調査する目的で、JIS K0058-1<sup>2)</sup> に基づく有姿攪拌試験を行った。液固比 10:1 となるように試料に純水を加え、攪拌（毎分 200 回転, 6 時間）した。溶出試験後、ガラス繊維フィルター（Whatman, GF/F, 47 mmΦ, 保持粒径 0.7 μm）で溶出液をろ過した。高純度ゲルマニウム半導体検出器（High-purity germanium detector (HPGe); PGT. Inc., ICG-10200 NPR）により、溶出試験前後の固化体の放射能分析を行い、<sup>137</sup>Cs 溶出率を算出した。

### 【結果】

赤玉土、富士砂及び廃陶器を使用した GS 体からの<sup>137</sup>Cs 溶出率を Fig.1 に示す。未処理の焼却飛灰からの<sup>137</sup>Cs 溶出率は 58.9% であった。焼却飛灰と混合する土壌種によって、溶出抑制効果に差が見られた。土壌中の放射性セシウムを選択的に吸着する雲母系鉱物<sup>1)</sup>や固化の出発物であるケイ素、アルミニウムの含有量が溶出抑制効果に影響したと考えられる。発表では、作製した全 8 種類の GS 体の<sup>137</sup>Cs 溶出抑制効果について報告する。

### 【参考文献】

- 1) 齋藤凜太郎, 加世田大雅, 田崎遼河, 松田渉, 大渕敦司, 小川熟人, 小池裕也: 廃棄物資源循環学会論文誌, **33**, 18-29 (2022).
- 2) JIS K0058-1:2005 「スラグ類の化学物質試験方法. 第 1 部: 溶出量試験方法」.

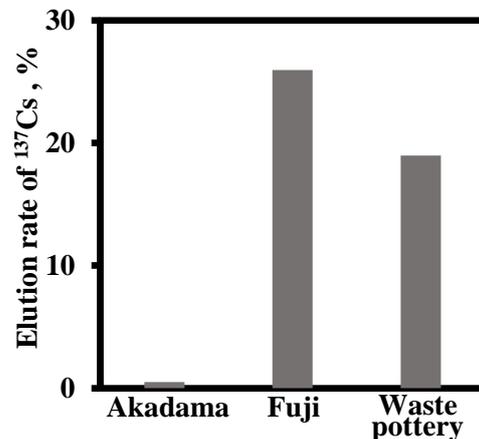


Fig. 1 Elution rates of <sup>137</sup>Cs from soil-mixed fly ash GSs on the leaching test based on JIS K0058-1.

Elution suppression effect of <sup>137</sup>Cs in the geopolymer solidification mixed municipal solid waste incineration fly ash and soil using various active fillers  
ITO, H., HIRABAYASHI, M., SHIRATA, H., KOIKE, Y.

## 2P12 樹皮表面に繁殖するコケ類による放射性セシウム保持についての研究

(慈恵医大<sup>1</sup>、JAEA<sup>2</sup>)○吉川英樹<sup>1</sup>、箕輪はるか<sup>1</sup>、土肥輝美<sup>2</sup>、  
佐々木祥人<sup>2</sup>

**【緒言】**福島第一原発事故の際に放出された放射性セシウムが付着した福島市内のケヤキの樹皮におけるコケについて、2013年に表面線量率の測定および放射線画像を取得した。2023年にも同一樹木で同様に表面線量率の測定および放射線画像を取得した。表面線量率は大幅に減少していたものの、表面に付着した放射性セシウムを放射線画像で確認できた。表面線量率の結果と、粒子状の放射性セシウムの存在について報告する。

**【実験】**福島市内にて2013年に調査した樹木は推定年齢50～80年程のケヤキであり、現在でも同じ場所に存在している。ケヤキの根元に新しい土が10cmほど盛り上げられているほかは、大きな枝ぶり、樹形、周辺の建物との位置関係などほとんど変化がない。樹皮表面の放射性Csの測定は次のように実施した。

①1m x 2mの透明なビニールシートに実験室であらかじめ10cm四方のマスをマジックで書き込み測定座標軸が分かるシートを用意した。現場で樹木の幹回りに巻き付け、その上からGMサーベイメータを用いて表面線量率を測定し記録した。また、樹皮表面の様子について、樹皮が剥げて木部がむき出しになっている場所、苔や地衣類の生育している場所などをシートに直接書き写し表面観察のデータとした。

②3cm四方に切断したIPフィルム36枚を格子状につなげたフレキシブルIPフィルムを作成し、現場で樹木の幹回りに巻き付けることにより、樹木表面での放射性CsのIP撮像を行った。2013年、2023年と樹木表面の測定箇所と同一箇所と同様にIPフィルムを巻き付け一晩曝射し、翌朝実験室まで持ち帰り解析した。

**【結果及び考察】**①ケヤキ表面の線量率は10年経過後、最大で0.17cpmとBGと同等になり、2013年当時の最大19.7kcpmから大幅に減少していた。②IP測定で樹木表面の放射性Csの分布状態が観測され、その中に粒子形態のCsの残存が示唆された。

\*本研究はERAN「放射能環境動態・影響評価ネットワーク共同研究拠点」P-23-44で実施

Study on retention of radioactive-cesium by mosses growing on tree surface  
YOSHIKAWA, H., MINOWA, H., DOHI, T., and SASAKI, Y.

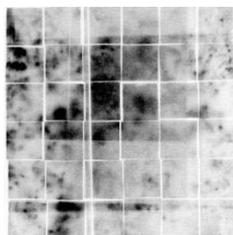


2013.11.07-08のIP測定状況

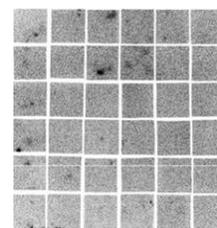


2023.12.13-14のIP測定状況

図1 同一ケヤキ幹回りのIP測定風景



2013.11.07-08のIP画像



2023.12.13-14のIP画像

図2 現地で曝写した樹木表面のIP画像

## 2P13

## 放射性 Cs の土壌-土壌溶液分配係数と pH : pH 測定方法の検討

(量研機構放医研<sup>1)</sup>○田上恵子<sup>1</sup>、内田滋夫<sup>1</sup>

【緒言】土壌-土壌溶液間分配係数 ( $K_d$ ) は、放射性廃棄物処分における生活圏安全評価で用いる重要な環境移行パラメータである。放射性 Cs の  $K_d$  ( $K_d$ -Cs) に対しては、粘土鉱物の種類や量、有機物含量等の様々な環境因子が影響すると考えられるが、土壌 pH の影響については明示されていなかった。またその際に用いられる土壌 pH の測定方法も様々存在し、その違いについても議論されていない。そこで本研究では、土壌 pH の測定方法を検討した結果と併せて、 $K_d$ -Cs と pH の関係についても報告する。

【実験】土壌 pH については、異なる液固比 (water:soil ratio [w/s]=2.5-10 を 7 試料、w/s=2.5-20 を 3 試料)、振とう方法 (往復 160 rpm 又は回転 60 rpm で 1 h、5 試料)、及び静置時間 (0.5-45 h、5 試料) の検討を行った。液固比は超純水 20 mL (v) に対し用いる風乾土壌試料 ( $\phi < 2$  mm) の重量(m)を変えて調整を行った (n=3)。測定は簡易 pH メータ (Horiba, LAQUA シリーズ) を用いた。一緒に電気伝導率 (EC) も測定した。

$K_d$ -Cs と pH の関係については、主に文献データに依った。Google scholar やパラメータ集を参照に文献調査を行い、 $K_d$ -Cs と pH が記載されているデータを収集した。

【結果及び考察】土壌 pH は土壌管理上重要であることから、国際的には FAO<sup>1)</sup>が土壌 10 g に対し純水 25 mL、すなわち w/s=2.5 (v/m) を、ISO<sup>2)</sup>では土壌 5 mL に対し純水 25 mL の w/s=5 (v/v) を推奨する測定方法を示している。一方、標準的な  $K_d$  測定方法の場合、w/s=10 (v/m)において平衡に達するまでとしている<sup>3)</sup>。このように液固比が異なるだけでなく、振とう方法等も異なる場合がある。そこで測定方法の違いが pH に影響するのか検討した。

様々な土壌を用いて求めた液固比に対する pH と EC の変化を Fig. 1 に示す。pH は w/s が増えると増加傾向にあったが顕著な違いはなく、この範囲で適切に測定できるといえる。EC は w/s=2.5 (v/m)での指示値との比で示しているが、結果として w/s が高いほど、土壌からの総溶出塩量が高くなる傾向があった。

文献調査による  $K_d$ -Cs と pH の関係は、土壌 pH が低いと明らかに  $K_d$ -Cs が低くなる傾向が得られた。データの詳細は発表時に述べる。

【謝辞】本研究には、経済産業省資源エネルギー庁委託事業「高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業 (JPJ007597)【地層処分安全評価確証技術開発 (核種移行総合評価技術開発)】」の成果の一部を利用した。

【引用文献】1) FAO (2021) Standard operating procedure for soil pH determination. Rome. 2) ISO (2021) Soil, treated biowaste and sludge -determination of pH. ISO-10390-2021, Genève. 3) 日本原子力学会 (2006) 吸着分配係数の測定方法. TR001: 2006, Tokyo.

Soil-soil solution distribution coefficient of radiocaesium and soil pH: methods to measure pH  
TAGAMI K., UCHIDA, S.

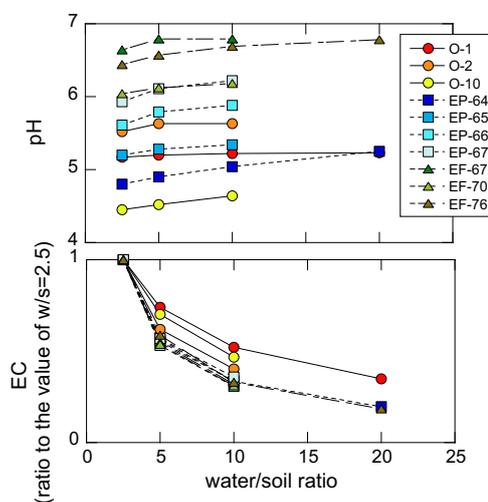


Fig. 1. Soil pH and EC (ratio to the value of w/s=2.5) changes with increasing water/soil ratios.

## 2P14

**Reconstruction of the input history of anthropogenic  $^{129}\text{I}$  into surface seawater-Iodine speciation and uptake behaviour by corals**

(Univ of Tsukuba, Environmental Studies<sup>1</sup>, Univ of Tsukuba, Institute of Pure and Applied Sciences<sup>2</sup>, Yamaguchi Uni Graduate School of Sciences and Technology for Innovation<sup>3</sup>. ○ SHI Z<sup>1</sup>, YUYAMA I<sup>3</sup>, YAMASAKI S<sup>2</sup>, TAKAKU Y<sup>2</sup>, SUEKI K<sup>2</sup>, SAKAGUCHI A<sup>2</sup>

**[Introduction]**  $^{129}\text{I}$  (half-life: 15.7 Ma), which has been released into the environment from the 1940s to the present due to human nuclear activity.  $^{129}\text{I}$  has the potential to replace  $^{137}\text{Cs}$  as a new robust oceanic circulation tracer because of its long half-life, its solubility in seawater, and its well-documented release history [1]. For using as an oceanic circulation tracer, the input history of  $^{129}\text{I}$  at the target system needs to be clarified, and coral cores are one of the candidate media for reconstructing the input history of  $^{129}\text{I}$  in the target area. For iodine in seawater, inorganic  $\text{I}^-$  and  $\text{IO}_3^-$  exist as the main species, and each species has a different isotopic composition ( $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ ) depending on the target area [2], However, the differences in coral uptake of iodine chemical species are not yet clear. To reconstruct the input history of  $^{129}\text{I}$  accurately, coral uptake experiments are needed to clarify the differences in iodine uptake by corals. In this experiment, the short-lived radioactive isotope  $^{125}\text{I}$  was used as a tracer to evaluate the uptake behaviour of corals for different iodine chemical species in seawater.

**[Materials and method]** In this experiment, *Galaxea fascicularis* (hereafter referred to as "coral") is cut into 1 or 2 heads to be used for individual experiments. In the experiment,  $^{125}\text{I}$  was used as a radiotracer. Experiments consists of 3 parts: **[Exp. 1 Preparation of  $^{125}\text{I}$  radiotracer]**  $^{125}\text{IO}_3^-$  is not commercially available. Therefore,  $^{125}\text{IO}_3^-$  is produced from  $^{125}\text{I}^-$  (NaI) using  $\text{NaClO}$  and  $\text{HNO}_3$  as oxidation reagents.  $^{125}\text{IO}_3^-$  will be separated by using an anion exchange resin column (AG1 $\times$ 4 resin,  $\text{NO}_3^-$  form.). **[Exp. 2 Optimization of coral uptake experimental system]** Iodine-free seawater was prepared by using reagents. The coral cultivation conditions and the experimental period were optimized. Under the established cultivation condition, the procedure blank and adsorption of  $\text{IO}_3^-$  by coral skeleton were evaluated. **[Exp. 3 Coral uptake experiments]** Using the optimized condition in the Exp. 2, the iodate uptake percentages of individual corals was calculated by comparing the  $^{125}\text{I}$  activity in seawater before and after the uptake experiments.

**[Results and discussion]**  $^{125}\text{IO}_3^-$  was successfully purified using the anion exchange resin by adjusting the elution conditions using ultra-pure water. The recovery rate as  $^{125}\text{IO}_3^-$  was  $89.1 \pm 3.2\%$ . By optimizing the temperature and light conditions, it was observed that the iodine uptake by the coral could be sufficiently detected within 3 days. In addition, under these conditions, the adsorption to the container wall and skeleton was negligible. After conducting 12 groups of iodine uptake experiments, the results show that the uptake ratio of iodate ranged from  $6.08 \pm 0.06\%$  to  $67.64 \pm 0.68\%$ , with a median of 17.28%. It is likely that the metabolism of each coral significantly influences the results of the experiments. It is necessary to consider the metabolism of the coral when calculating the uptake ratio by the coral.

**[References]** [1] Hou X et al., 2004, *Radioanal Nucl Chem*(262), 67–75. [2] Hou X et al., 2007, *Environ Sci Technol*,41(17):5993-9.

## 2P15

環境水中  $^{99}\text{Tc}$  測定のための Tc スパイク・トレーサー製造および化学分離法の検討

(筑波大学大学院環境科学学位プログラム<sup>1</sup>、筑波大学理工学群化学類<sup>2</sup>、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構<sup>3</sup>、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構<sup>4</sup>、筑波大学数理物質系<sup>5</sup>) ○佐々木 暖人<sup>1</sup>、高見 佳<sup>2</sup>、鍋山 雄樹<sup>2</sup>、浅井 雅人<sup>3</sup>、塚田 和明<sup>3</sup>、初川 雄一<sup>4</sup>、末木 啓介<sup>5</sup>、山崎 信哉<sup>5</sup>、高久 雄一<sup>5</sup>、坂口 綾<sup>5</sup>

**【序論】** 人工放射性核種  $^{99}\text{Tc}$  は人類の核活動や核医学検査への利用により環境中に放出されており、放射線防護および環境動態研究の観点から  $^{99}\text{Tc}$  の濃度定量が重要視されている。しかし、一般環境中の  $^{99}\text{Tc}$  は放射線分析や質量分析のいずれにおいてもその測定が困難である。これまでの研究において、 $^{99}\text{Tc}$  質量分析の主な妨害核種である  $^{98}\text{Mo}$ 、 $^{99}\text{Ru}$  除去に向け、TEVA®レジンをを用いた分離法を検討してきたが、これら核種の除去が不十分であった。本研究では、最終的に質量分析による簡便な  $^{99}\text{Tc}$  定量法確立を目指し、さらなる妨害核種の除去のための  $^{99}\text{Tc}$  分離濃縮法を検討し、河川水試料に適用した。また、 $^{99}\text{Tc}$  質量分析に用いるスパイク候補の  $^{97}\text{Tc}$  およびトレーサー候補の  $^{95\text{m}}\text{Tc}$  を  $^{93}\text{Nb}+^7\text{Li}$  反応により同時に製造できる条件を探索するため、それぞれの核種が生成する反応における励起関数を得ることとした。

**【実験】** <化学分離法検討>TEVA®レジンにより環境水からの Tc 濃縮および Mo と Ru の粗分離を行った試料に対し、固相抽出樹脂である Tc-01 を用いた分離法について検討した。模擬試料を Tc-01 レジン(0.1 ml)に流した後、硝酸による溶離条件を変えることで Tc の高収率、Ru の高除去率を目指した。検討した一連の分離法を、トレーサーとして  $^{95\text{m}}\text{Tc}$  を添加した河川水へと適用することで、一連の Tc 回収率を求めた。

<スパイク・トレーサー製造>Nb 金属箔を重ねたスタックターゲットに、 $^7\text{Li}$  イオンビームを 2.9 時間照射することで、52.4-30.5 MeV の範囲において  $^{93}\text{Nb}(^7\text{Li},3\text{n})^{97}\text{Ru}\rightarrow^{97}\text{Tc}$ 、 $^{93}\text{Nb}(\alpha,2\text{n})^{95\text{m}}\text{Tc}$  の核反応により Tc 同位体の製造を行った。照射後、Nb 箔の  $\gamma$  線測定により得られた  $^{97}\text{Ru}$ 、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$  の放射能から核反応断面積を求め、それぞれの励起関数を得た。

**【結果と考察】** <化学分離法検討>Tc-01 レジンからの溶離において、4 M 硝酸を用いることで 90%以上の Tc の回収率が得られた。また、Ru はこの分離により 1/230 まで除去することができた。TEVA®レジンと併せて海水試料に適用することで Tc の回収率 90%、 $^{98}\text{Mo}$  および  $^{99}\text{Ru}$  はそれぞれの除去目標に近い除去率を達成できると試算された。一連の化学分離法を河川水に 2 回適用したところ、Tc 回収率はそれぞれ 10%および 50%とばらつきのある低い収率が得られた。これは、カラム導入時に残留している酸の濃度が影響している可能性がある。

<トレーサー製造>Nb 箔から  $^{97}\text{Tc}$ 、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$  の製造が確認され、励起関数を得ることができた。これにより、 $^{95\text{m}}\text{Tc}$  トレーサーおよび、 $^{97}\text{Tc}$  スパイクをともに含む溶液を、試料中の  $^{99}\text{Tc}$  濃度や使用用途に合わせた  $^{95\text{m}}\text{Tc}/^{97}\text{Tc}$  生成比で作成可能なことが示唆された。

Technetium spike-tracer production and chemical separation methods for the measurement of  $^{99}\text{Tc}$  in environmental water

SASAKI H., TAKAMI K., NABEYAMA Y., ASAI M., TSUKADA K., HATSUKAWA Y., SUEKI K., YAMASAKI S., TAKAKU Y., SAKAGUCHI A.

## 2P16 電気化学的手法による水圏におけるヨウ化物イオンの選択的回収・定量法の開発

(筑波大学大学院<sup>1</sup>、筑波大学 数理物質系<sup>2</sup>)○武田 凌治<sup>1</sup>、史 志圓<sup>1</sup>、山崎 信哉<sup>2</sup>、坂口 綾<sup>2</sup>、末木 啓介<sup>2</sup>、高久 雄一<sup>2</sup>

### 【緒言】

環境水中に存在するヨウ素はさまざまな化学形態で存在しており、容易に変化する。核関連施設等から放出されたヨウ素の環境中での移行や挙動、生体内での影響は化学形態によって異なるため、化学形態ごとに存在量を知ることが重要である。本研究ではヨウ化物イオン(I<sup>-</sup>)を対象とし、電極素材に環境負荷のない銀を用い、ヨウ化銀(AgI)として電極表面に電解濃縮し回収する電気化学的手法の開発を試みたが<sup>[1]</sup>、再現性や分析精度に問題があった。そこで、回収率および分析精度に影響を与えるさまざまな実験条件について検討し、本手法の実用可能性について検討した。

### 【実験】

《回収率向上のための測定条件の最適化》電解液(0.1 M KNO<sub>3</sub>)中にトレーサーとして<sup>125</sup>Iを加え測定溶液とし、定電位電解を行った。作用電極には銀ワイヤー、対極には白金ワイヤー、参照電極には銀-塩化銀電極(+0.222 V vs. SHE)を用いた。<sup>125</sup>Iの測定にはNaIシンチレーターを用い、電解濃縮前後の測定溶液中の<sup>125</sup>I放射能から<sup>125</sup>Iの回収率を算出した。実験条件として、印加電圧および電極面積、反応時間について検討し、I<sup>-</sup>の回収率に与える影響を検討した。

《<sup>125</sup>I回収率に対するI<sup>-</sup>濃度/人工海水/IO<sub>3</sub><sup>-</sup>の影響》<sup>127</sup>I濃度を変化させ、<sup>125</sup>I回収量の濃度依存性を確認した。イオン強度の高い環境水を想定し、NaClを0.07-0.7 Mに調製した溶液、および人工海水にI<sup>-</sup>を添加した溶液についても測定を行い、妨害イオンなどの影響を調べた。さらに、I<sup>-</sup>を含む溶液にヨウ素酸イオン(IO<sub>3</sub><sup>-</sup>)をI<sup>-</sup>の1000倍の濃度になるように加え、I<sup>-</sup>の反応選択性を検討した。

《実試料測定》実試料として松美池(学内のため池)の水を採取し、HPLC-ICP-MS法および本研究の手法によりI<sup>-</sup>濃度を定量した。前者においては検量線法、後者においては標準添加法により濃度を算出し、得られた結果を比較した。

### 【結果と考察】

《<sup>125</sup>I回収率に対するI<sup>-</sup>濃度/人工海水/IO<sub>3</sub><sup>-</sup>の影響》広いI<sup>-</sup>濃度領域(10<sup>-11</sup>~10<sup>-5</sup> M)で溶液中の<sup>127</sup>I濃度の対数と<sup>125</sup>I回収率に直線関係が得られた。また、環境水中で主要な妨害イオンとなり得るCl<sup>-</sup>濃度の増加とともに回収率は低下したものの、0.7 MでもI<sup>-</sup>が50%程度回収できたことから、本電気化学的手法はさまざまな環境水に適応できると考えられる。さらに、I<sup>-</sup>に対してIO<sub>3</sub><sup>-</sup>が大過剰に存在する場合でもI<sup>-</sup>の回収率に変化は見られず、I<sup>-</sup>を選択的に回収できることが分かった。

《実試料測定》松美池の水について電気化学的手法とHPLC-ICP-MS法によって得られた値を比較した結果、I<sup>-</sup>濃度は誤差範囲内で一致した。このことから、環境水に対しても本手法がヨウ素の化学状態別定量の有効な方法になり得ることが示唆された。

[1] 中村司ら、日本放射化学会第67回討論会要旨(2023), 2P08.

Development a method for the selective recovery and quantification of iodide in the hydrosphere using electrochemical techniques (2024).

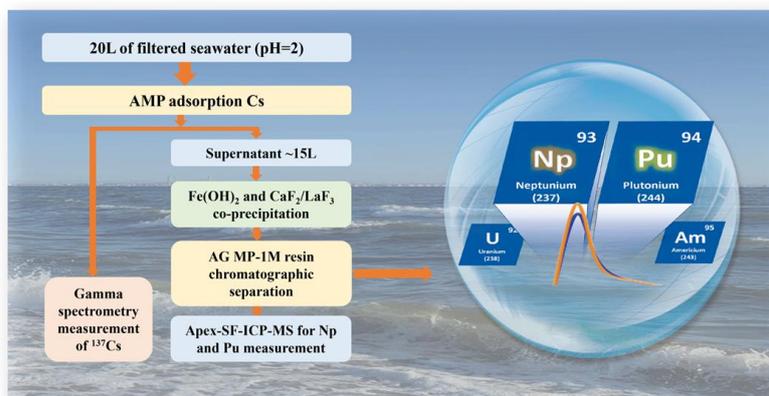
Ryoji Takeda, Zhiyuan Shi, Shinya Yamasaki, Aya Sakaguchi, Keisuke Sueki, Yuichi Takaku.

## 2P17 擬似同位体希釈法-SF-ICP-MS 分析による海水中の $^{237}\text{Np}$ の迅速測定法

鄭建<sup>1</sup>, 張帥<sup>1,2</sup>, 劉志勇<sup>1,3</sup>, 楊国勝<sup>1</sup>, 潘少明<sup>2</sup>, 青野辰雄<sup>4</sup>, 坂口綾<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 量子科学技術研究開発機構, <sup>2</sup> 南京大学, <sup>3</sup> 蘇州大学, <sup>4</sup> 福島国際研究教育機構, <sup>5</sup> 筑波大学

$^{237}\text{Np}$ , owing to its long half-life ( $t_{1/2}=2.14\times 10^6$  y) and similar conservatism to  $^{137}\text{Cs}$ , has the potential to replace  $^{137}\text{Cs}$  for water mass circulation studies on decades and even longer time scales. A new method for the determination of  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{237}\text{Np}$ , and Pu isotopes in seawater samples was proposed to solve the difficulty of  $^{237}\text{Np}$  analysis in seawater (Fig. 1). The developed method includes the separation technique of ammonium phosphomolybdate (AMP) adsorption for  $^{137}\text{Cs}$  and anion exchange chromatography for  $^{237}\text{Np}$  and Pu, measurement technique of gamma spectrometry for  $^{137}\text{Cs}$  and SF-ICP-MS for  $^{237}\text{Np}$  and Pu isotopes.  $^{242}\text{Pu}$  as a pseudo isotope dilution tracer for  $^{237}\text{Np}$ , the negligible chemical fractionation between  $^{237}\text{Np}$  and  $^{242}\text{Pu}$  of  $1.02 \pm 0.06$  ( $k=2$ ) was obtained by implementing sophisticated control of the redox system and chromatographic elution optimization. The analytical results for IAEA-443 Certified Reference Materials agreed with the reference values, showing chemical yields of 65–88%, U decontamination factor above  $10^6$  level, and improved sample throughput (5 days for 12 samples). Meanwhile, the lower method detection limits (MDLs) of  $^{237}\text{Np}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ , and  $^{240}\text{Pu}$  were  $1.3\times 10^{-3}$ , 0.065, and  $0.15 \mu\text{Bq L}^{-1}$  for 15 L seawater, respectively. This confirms that our method can efficiently analyze ultra-trace



**Fig. 1** Flow diagram of an analytical procedure for the determination of  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{237}\text{Np}$  and Pu isotopes in seawater.

$^{237}\text{Np}$  and Pu isotopes in seawater samples. In addition, the  $^{237}\text{Np}$  activity concentrations of  $0.122\text{--}0.156 \mu\text{Bq L}^{-1}$  in the Pacific Ocean seawater around the FDNPS were reported for the first time. This new rapid analytical method developed in this study improved the analytical capabilities of ultra-trace  $^{237}\text{Np}$  and Pu isotopes, and can be used for long-term monitoring of seawater following the authorized release of contaminated water from the FDNPS to the ocean to evaluate the potential radiological impact on the marine ecosystem.

*Reference: Zhang et al., Anal Chem., 2023, 95, 16892-16901.*

Rapid method to determine  $^{237}\text{Np}$  in seawater with pseudo isotope dilution-SF-ICP-MS analysis  
ZHENG, J., ZHANG, S., LIU, Z., YANG, G., PAN, S., AONO, T., SAKAGUCHI, A.

## 2P18 SF-ICP-MSによる南太平洋の大容量海水サンプル中のPu同位体の分析

(量子科学技術研究開発機構、千葉、日本<sup>1</sup>、広東省科学院生態環境土壤研究所<sup>2</sup>、東華理工大学<sup>3</sup>、海洋生物環境研究所<sup>4</sup>)○顧翔<sup>1,2</sup>、楊波<sup>1,3</sup>、鄭建<sup>1</sup>、楊国勝<sup>1</sup>、吳豊昌<sup>2</sup>、山田正俊<sup>4</sup>

Plutonium isotopes ( $^{239+240}\text{Pu}$ ) have been reliable tracers for oceanic processes because of their long half-life and specific isotopic composition. However, the composition of Pu isotopes in the Southern Pacific Ocean was poorly understood due to their relatively low activity concentrations in the seawater associated with the low atmospheric fallout inventory in the Southern Hemisphere. Therefore, a large volume of seawater sample is necessary for the accurate measurements of ultratrace Pu isotopes in the Southern Pacific Ocean.

In this study, we established a method, including  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  primary co-precipitation,  $\text{CaF}_2/\text{LaF}_3$  secondary co-precipitation, and TEVA+UTEVA+DGA extraction chromatographic separation to determine the ultratrace Pu isotopes in approximately 100-L seawater samples from the Southern Pacific Ocean by SF-ICP-MS (Fig. 1). As a yield tracer,  $^{242}\text{Pu}$ , was used to spike the seawater samples. The  $^{242}\text{Pu}$  recoveries were 50–89% with the mean of  $72\pm 10\%$ . The method detection limits (MDLs) of  $^{239}\text{Pu}$  and  $^{240}\text{Pu}$  were  $0.01 \text{ fg L}^{-1}$  ( $0.02 \text{ } \mu\text{Bq L}^{-1}$ ) and  $0.03 \text{ fg L}^{-1}$  ( $0.25 \text{ } \mu\text{Bq L}^{-1}$ ), respectively calculated by three times the standard deviation of the operation blanks ( $n=9$ ). Moreover, the U decontamination factors ranged from  $3.0\times 10^6$  to  $2.6\times 10^8$  after the purification, showing high efficiency in removing U from seawater samples,

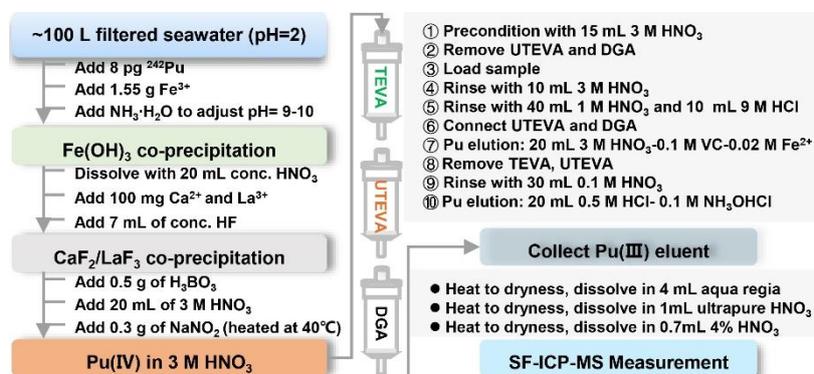


Fig. 1. Flow chart of the analytical procedure for Pu isotopes.

which significantly reduced the effects of  $^{238}\text{U}$  interference during ICP-MS measurement.

Based on this method, we measured the activity concentrations of  $^{239+240}\text{Pu}$  and the atom ratios of  $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$  in four surface seawater samples of the Southern Pacific Ocean. Moreover, the sources of Pu isotopes in the seawater samples were also estimated and quantified. The findings make up for the deficiencies in characterizing the isotopic composition of Pu isotopes in the Southern Pacific Ocean and strengthens the understanding of Pu fate in the ocean.

Analysis of Pu isotopes in large-volume seawater samples from the Southern Pacific Ocean by SF-ICP-MS

GU, X., YANG, B., ZHENG, J., YANG, G., WU, F., YAMADA, M.

## 2P19

**Investigation of size-fractionated aerosol particles in uranium mining area, North Kazakhstan**

(Eurasian National University, Department of Nuclear physics, New materials and Technologies<sup>1</sup>, University of Tsukuba, Institute of Pure and Applied Sciences<sup>2</sup>, University of Tsukuba, CRIES<sup>3</sup>, Hiroshima University, Graduate School of Advanced Science and Engineering<sup>4</sup>, Hiroshima University, The Center for Peace<sup>5</sup>)

○BAGRAMOVA A<sup>1</sup>, SAKAGUCHI A<sup>2</sup>, SAKATA K<sup>3</sup>, ENDO S<sup>4</sup>,  
KAJIMOTO T<sup>4</sup>, ZHUMADILOV K<sup>1</sup>, ZHUMALINA A<sup>1</sup>,  
TAKAHASHI J<sup>3</sup>, HOSHI M<sup>5</sup>

**[Introduction]** The North Kazakhstan Uranium Province is the second largest uranium (U) mining area in Kazakhstan. The Stepnogorsk Mining and Chemical Combine (SMCC), located in the North Kazakhstan Uranium Province, has been involved in uranium mining since the mid of the last century. It has been the subject of research in the field of radiation safety research since the uranium waste tailings were dumped near the SMCC. In this regard, monitoring of U and its progeny nuclides in inhabited areas near uranium facilities is important for radiation protection of the population [1]. <sup>210</sup>Pb ( $T_{1/2} = 22.3$  years), one of the progeny products in the <sup>238</sup>U decay series, can cause a significant fraction of the internal radiation exposure of humans [2]. This study has been focused on the assessment of <sup>210</sup>Pb air concentrations for their contribution to the population dose from internal irradiation in the North Kazakhstan Uranium Province.

**[Materials and Methods]** Size-fractionated aerosol samples (the cutoff diameters were 10.2, 4.2, 2.1, 1.3, 0.69, 0.39  $\mu\text{m}$ ) were obtained from Stepnogorsk city (52°20'43.1"N 71°52'21.5" E) located about 20 km from the SMCC and the tailings dump. Samples were collected every 2 weeks during 2020-2022, excluding the winter season (October to April). The <sup>210</sup>Pb activity in each filter was measured using a high-purity Ge detector. Each filter was extracted with ultrapure water, gastric juice, and lung solution. Trace metals and elements in the extractants were measured by ICP-MS. Major cations and anions in ultrapure water extractant were also determined by ion chromatography.

**[Results and discussion]** Almost all samples were detected for <sup>210</sup>Pb activity. The <sup>210</sup>Pb activity concentrations in the aerosol filters ranged from 1.45  $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$  to 2.05  $\text{mBq}/\text{m}^3$  with an average value of 0.16  $\text{mBq}/\text{m}^3$ . The bulk <sup>210</sup>Pb activity in the air increased with decreasing temperature. The <sup>210</sup>Pb was mainly present as fine aerosol particles (smaller than 2.1  $\mu\text{m}$ ), and accounted for  $95.26 \pm 2.33\%$  of the bulk amount. The size distribution trend of <sup>210</sup>Pb was correlated with that of anthropogenic elements such as stable Zn, Pb and so on. The results obtained here showed that although <sup>210</sup>Pb is a naturally occurring radionuclide, the proportion released into the atmosphere due to anthropogenic activities cannot be ignored.

**[References]** [1] Kazymbet et al., 2018, Medical Radiology and Radiation Safety 63, 40-47. [2] Tamponnet, 2009, Radioprotection 44, 285-289.

## 2P20

## 福島核事故で放出された放射性粒子 (Type B) の一考察

(筑波大学数理物質系<sup>1</sup>, CRiES<sup>2</sup>) ○末木啓介<sup>1,2</sup>

**【緒言】** 東電福島第一原子力発電所 (FD1NPP) の核事故時に環境へ放出された放射性物質のうちには放射性粒子の存在が知られている。その放射性粒子はその発生源と発生した原子炉によっていくつかの種類別に分けられている。3つの原子炉がメルトダウンし、建屋においても水素爆発により建屋上部の破損を導いている。この結果生じた放射性粒子には形態に主に大きさと組成から2種類があることが報告された。メルトダウン及び水素爆発と考え合わせると6種類に分類される可能性がある。しかし、放射性セシウムの<sup>134</sup>/<sup>137</sup>放射能比からは2号機と3号機の判別が難しく大まかに4種類に分類できるようである。今回はそのうちType Bと呼んでいる1号機の水素爆発起因で発生したと考えられる数十から数百ミクロンの大きさの放射性粒子について、その粒子の構成元素や含まれている放射性核種について詳細な調査がなされている。これらの結果をもとに放射性粒子Type Bの成り立ちを考察した。

**【放射性粒子 Type B】** Type Bと呼ばれる放射性粒子はFD1NPPから東北東方向への放射性物質汚染地域で主に採集されており、我々のグループもかなり集めて、SEM/EDSでの観察に始まり、その微量元素成分や放射性核種の含有量を調べてきた。また、他のいくつかの研究グループにおいてもType Bについて様々な角度から研究がなされてきた。放射性粒子Type Bの一般的な特徴はケイ酸塩ガラスに放射性核種としてはCs-134, Cs-137, Sb-125がガンマ線測定から観察された。ケイ酸塩ガラスでもその形状は繊維状が少し溶けて融合している状態(T09)から完全な真球に近いもの(Y11)までさまざまであり、さらにそれだけでなくケイ酸塩ガラスでも大きく組成が異なる2種類の物質が混合している物質(M04)なども見出されていた。さらに注目すべき粒子として、Type B粒子と一緒に見つかる放射性粒子の中にはケイ酸塩ガラスでなく鉄の酸化物やその酸化物にケイ酸塩ガラスが付着したもの(T44)など異なる組成形状のものが見いだされた。最初に建屋内全体が原子炉内から漏れ出した揮発性の放射性セシウムを中心とした放射性核種によって汚染し、炉心から発生した水素による水素爆発の際に発生した高熱で粒子化し、その後の爆風によって敷地外へ放出されたと物質であると考えられることができる。このあたりをもう少しまとめた形で報告する予定である。

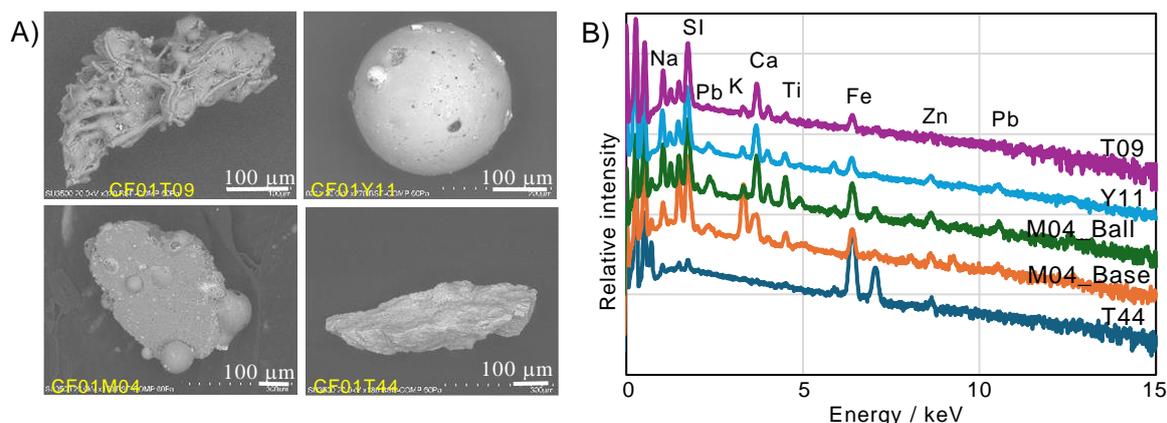


Figure. Radioactive particles of various forms (A: SEM images) and compositions (B: EDS spectra).

Study on radioactive particles (Type B) emitted from Fukushima Nuclear Accident.  
SUEKI K.

## 2P21 原爆による「黒い雨」領域推定の基礎的研究—その進捗

(京大複合研<sup>1</sup>)○五十嵐康人<sup>1</sup>、気象・土壌 WG

**【緒言】** 広島への原爆投下によるいわゆる「黒い雨」の沈着領域（湿性・乾性の両過程を含む）の精度よい推定に向け、2021年1月から実施中の調査研究の進捗を紹介する。

**【方法】** 原子爆弾の投下後の気象状況や放射性物質の拡散状況、大規模な爆発や火災の影響等を考慮に入れた「黒い雨」沈着状況再現のため、（1）気象シミュレーションモデルを構築し一連の計算を行った。また、計算結果の検証のため、（2）放射性降下物の沈着に係る調査に関する研究を同時並行して実施している。

### （1）気象シミュレーションモデル

1）爆発再現計算：爆発雲での爆弾由来物質の情報を気象モデルに与えるため、燃焼、爆発のシミュレーション技術（Computed Fluid Dynamics モデル）を用いて、爆発開始から爆発雲の形成までの再現計算を実施した。

2）雲形成・降雨再現計算：計算は気象モデル WRF で行い、爆発・火災・物質移流拡散のプロセスに分割して、原子雲の再現とその時間発展に関する計算を実施した。また、モデル計算の不確実性の評価も行った。気象データとして、米国海洋気象庁（NOAA）20世紀再解析データ（20CRv3）に加え欧州中期予報センター（ECMWF）の再解析データ（ERA5）を選択した。朝鮮半島を含む領域（3600 m 格子）> 西日本（1200 m 格子）> 広島周辺（400 m 格子）と云う三重の入れ子構造計算領域を採用した。気象モデルに爆発雲由来の<sup>137</sup>Cs・衝撃塵・火災由来のススを導入し、計算を実施した。

### （2）放射性降下物の沈着に係る調査研究

原爆投下に伴って発生した放射性物質を含む降水現象や乾性沈着があったと推定される広島の広範な領域（縦横約 5 km 四方の格子で約 100 格子）で、戦後未かく乱と推定される神社社叢、故城跡、国有林などで表土 30 cm 層を採取し（スクレーパー・プレート法）、<sup>137</sup>Cs、微粒子状炭素（微粒炭）、さらには常時大気から供給される<sup>222</sup>Rnの子孫核種である<sup>210</sup>Pb（過剰<sup>210</sup>Pbと呼称）を対象として測定を行った。

### 【結果】（1）気象シミュレーションモデル

気象モデルはおおむね当時の気象観測データを再現した。計算結果から、爆発ではなく、街区火災が熱源となって降雨が発生したことが示された。利用する気象データセットの違いにより、「黒い雨」領域はかなり異なり、不確実性も異なっていた。

### （2）放射性降下物の沈着に係る調査研究

森林環境の未改変土壌柱では、グローバル・フォールアウト（GF）由来<sup>137</sup>Csが一般的に存在し、加えてクローズド・イン・フォールアウト（CiF）<sup>137</sup>Cs、大気由来の過剰<sup>210</sup>Pbが、きれいに成層して残留していた。最も単純な堆積モデルを想定した場合、過剰<sup>210</sup>Pbの指数関数的濃度減少から堆積年代が推定できる。年代指標が1945年と示され、かつ<sup>137</sup>Csや微粒炭の濃度極大が近傍付近に存在する場合、これらは「黒い雨」沈着の証拠と判断した。これまでに、「黒い雨」証言のある複数の格子にて、「黒い雨」が沈着したと判断できるデータを得ている。

謝辞：本調査研究は厚生労働省からの受託により進められている。記して感謝します。

A Basic Study on the Estimation of the Area of the "Black Rain" Induced by the Atomic Bombings - Progress

IGARASHI Y. and Meteorology and Soil WG

## 2P22 原爆による「黒い雨」領域推定のためのデータベースシステム開発

(株式会社ヴィジブルインフォメーションセンター<sup>1</sup>、京大複合研<sup>2</sup>)

○板津透<sup>1</sup>、高宮幸一<sup>2</sup>、五十嵐康人<sup>2</sup>、黒澤直哉<sup>1</sup>

**【緒言】** 1945年の広島・長崎への原爆投下後に生じた放射性降下物（黒い雨）の沈着領域推定のため、気象シミュレーション、およびその検証データの取得が研究グループ（複数の大学機関等により構成）により進められている。検証データの取得作業としては、推定沈着領域を含む広範囲での土壌試料採取・分析が実施されている。研究グループがこれらの土壌試料・分析データを Web 上で共有し、「黒い雨」沈着領域推定のため、地図上においてデータを可視化できるように開発された「DABS（原爆試料データベースシステム）」について、紹介する。

**【方法】**DABS は、株式会社ヴィジブルインフォメーションセンターの自社製品である「測定値空間分布描画データベースシステム DBMapper」をカスタマイズしたシステムである。DABS では、土壌の採取地点・試料・分析に関するデータを対象としている。

本研究のデータでは、1件の採取地点には複数の試料が属し、さらに1件の試料には複数の分析結果が属する。これらのデータについて、ユーザが Excel ファイル（メインデータファイル）に記載し、そのファイルを DABS にインポートする事により、DABS に登録できるようにした。

データは、メインデータファイルごとに管理され、インポートされたデータの DABS 上での編集（Web 編集）を可能にした。また、データ以外に採取地点、または試料に関する画像ファイル、分析に使用した生データファイルなども登録できるようにした。

採取地点データには、位置情報（緯度・経度）が含まれており（一般には非公開）、DABS において、採取地点が地図上に表示される。また、地図上で表示されている採取地点に属する試料・分析データの一覧表示・検索による絞り込みができる。

本研究では、a)データ入力者が複数存在する、b)扱う土壌試料の数が多い（100地点以上で各30深度）、c)試料が分取されて1試料に対し複数回の異なる分析が実施される、という特徴がある。そのため、DABS には、特に以下のような機能を整備した。

### 1) Web 編集結果のメインデータファイルへの反映（aへの対応）

DABS では、メインデータファイルをダウンロードする機能があるが、そのファイルには DABS 上で行われた Web 編集結果が反映される。この機能により、同じメインデータファイルが複数ユーザにより共有されやすくなっている。

### 2) 地図上への複数メインデータファイルのデータ表示（bへの対応）

DABS において、大量の試料データを単一のメインデータファイルに保存すると、インポートに時間がかかる。そのため、複数のメインデータファイルの地図への表示を可能にし、1個のメインデータファイルのサイズを小さくできるようにした。

### 3) 試料の世代管理（cへの対応）

本研究では、採取した試料が分取され、元の試料（親試料）から分取された試料（子試料）のように世代が異なる試料ができる。これらの関係性を管理するため、試料につける ID により、世代が自動で管理されるようにしている。

Development of a database system for estimating the area of the "Black Rain" caused by the atomic bombs

ITAZU, T., TAKAMIYA, K., IGARASHI, Y., KUROSAWA, N.

## 2P23

## 広島原爆を由来とするウラン含有粒子の探索

(京大複合研<sup>1</sup>、(株)アトックス<sup>2</sup>)○高宮幸一<sup>1</sup>、東江直樹<sup>1</sup>、稲垣 誠<sup>1</sup>、  
沖 雄一<sup>1</sup>、福谷 哲<sup>1</sup>、八島 浩<sup>1</sup>、芝原雄司<sup>1</sup>、足立友紀<sup>2</sup>、五十嵐康人<sup>1</sup>

【緒言】広島に投下された原子爆弾により生成した放射性降下物の分布は未だに明確になっていない。特に原爆の原料であったウランを含んだ降下物については、黒い雨の痕跡中に含まれていたウランの同位体比を根拠としてその存在は確認されているが、分布についてはまったく未解明である。われわれは広島原爆に用いられた濃縮ウラン（平均濃縮度：約 80%）の一部は、爆発後に生成した高温の火球中でプラズマ化した後に凝集し、粒子状の降下物として拡散したのではないかと考えた。そこで広島の「黒い雨」の降雨域内において土壌試料を採取し、重液分離とフィッシュトラック法を組み合わせた手法によって原爆由来のウラン含有粒子の抽出および分析を試みた。

【実験】広島周辺でスクレーパープレート等を用いて採取した土壌試料を対象として分析を行った。まず SPT(ポリタングステン酸ナトリウム)重液を用いて土壌粒子のうち高比重の粒子を分離してフィルタ上に捕集し、このフィルタを固体飛跡検出器(バリオトラック)に密着させ、研究用原子炉 KUR の黒鉛設備圧気輸送管照射設備(TC-Pn)を用いて中性子照射を行った。照射後の固体飛跡検出器を 70°C に加熱した 7 M の水酸化ナトリウム溶液に 30 分浸漬しエッチングを行い、固体飛跡検出器表面に生成した核分裂生成物による飛跡を光学顕微鏡で観察した。フィルタ上の高比重粒子のうちウランを高濃度で含有する粒子を特定するため、生成した飛跡の場所をもとに SEM/EDX を用いて高比重粒子の元素分析を行った。

【結果】エッチング後の固体飛跡検出器には、核分裂反応により生じた飛跡の集合体(クラスター)が複数観測された。これらのクラスターを生成した粒子を SEM/EDX により特定し元素組成分析を行った結果、ウランの含有量が数%から 10%程度となる粒子が存在し、平均的な土壌に含まれるウラン含有量と比較すると明確に高濃度であることがわかった。しかしウラン以外の構成元素は希土類元素などの天然由来と推測される元素であったため、これらの粒子は濃集したウランを含んだ岩石由来の天然粒子であると結論した。このような天然由来の粒子と原爆由来の粒子とを識別するため、フィッシュトラック法における中性子照射量を少なくして再度分析を行った。その結果、ひとつの粒子から生成したと考えられる飛跡の数が、数百から数千と非常に多いにもかかわらず、SEM/EDX にて由来となる粒子が特定できないクラスターが複数個存在することがわかった。これらのクラスターに含まれるおよそその飛跡の数から 1 粒子中の  $^{235}\text{U}$  の量を見積もったところ  $10^{11}\sim 10^{12}$  個に相当し、前述のような天然ウランが濃集した岩石粒子が由来ではないと考え、広島原爆に搭載されていたウランに由来する粒子であると推測した。前述のとおり、これらの粒子は SEM/EDX において特定することができなかったため、大きさは  $1\ \mu\text{m}$  以下であると考えている。

Uranium-containing particles originated from the Hiroshima Atomic Bomb  
TAKAMIYA K., TOE N., INAGAKI M., OKI Y., FUKUTANI S., YASHIMA H., SHIBAHARA Y.,  
ADACHI T., IGARASHI Y.

## 2P24 包括的核実験禁止条約 (CTBT) に係る大気中放射性核種の監視

(原子力機構<sup>1</sup>)○古野朗子<sup>1</sup>、木島佑一<sup>1</sup>、山本洋一<sup>1</sup>、大森隆太<sup>1</sup>、舘岡永憲<sup>1</sup>、  
皆川友哉<sup>1</sup>、富田豊<sup>1</sup>

【緒言】 原子力機構では、包括的核実験禁止条約 (CTBT) に基づき実施している核実験の検知のうち、放射性核種に関する業務全般に協力している。CTBT機関準備委員会 (CTBTO) では、核実験により生成された放射性核種が大気中に放出された場合に備え、2000年代前半より放射性核種監視観測所の整備を世界中で進めている。我々はこのうち日本国内の観測所 (群馬県高崎市、沖縄県恩納村) の運用、及び世界中の観測所のデータ解析を担っている。本発表では、近年世界各地で得られた人工放射性核種の大気中濃度の概要を紹介する。

【放射性核種監視観測所】 CTBTO では、希ガス核種 ( $^{131m}\text{Xe}$ 、 $^{133m}\text{Xe}$ 、 $^{133}\text{Xe}$ 、 $^{135}\text{Xe}$ ) 及び粒子状核種の2種類の監視を実施している。希ガス核種監視観測所は現在32カ所あり、うち17カ所にスウェーデンの Scientia Environet 社製の SAUNA という装置が設置されている。SAUNA では、装置内に取り込まれた外気を活性炭に通してキセノン吸着させ、分離・精製した後に熱伝導型ガスクロマトグラフでキセノン定量し、装置内の検出器で濃度を測定する。最新型の SAUNA では、測定間隔は6時間、試料捕集開始からデータが出るまでの時間は17.5時間である。一方、粒子状核種観測所は現在世界中に73カ所ある。これらの観測所では、吸気ダクトにより取り込んだ外気をフィルタに通し (24時間)、短寿命自然放射性核種を減衰させ (24時間)、装置内蔵の Ge 検出器により放射性核種の測定を実施している (24時間)。データの測定間隔は24時間、試料捕集開始からデータが出るまでの時間は72時間である。

### 【近年の観測結果】

(1)希ガス核種 シャウインスラント (ドイツ)、スピッツベルゲン (ノルウェー)、ストックホルム (スウェーデン) の各観測所では、オランダ及びベルギーにある医療用放射性同位元素製造施設の影響を受け、高い頻度で高濃度の放射性キセノンが検出されている。またメルボルン (オーストラリア) 観測所では豪州原子力科学技術機構 (ANSTO) の OPAL 炉の影響を受け、南半球の観測所の中では最も  $^{133}\text{Xe}$  の検出頻度が高い。広州 (中国) 観測所では、 $1\text{ mBq/m}^3$  を超える比較的高濃度の  $^{131m}\text{Xe}$  の検出が他の観測所に比して多い。原因は不明であるが、近傍の使用済核燃料再処理施設の影響を受けている可能性がある。一方、太平洋の島しょ地帯や南半球にある観測所の大半は、周囲に放出源となる原子力施設等がないため、検出頻度のみならず検出される放射能濃度も北半球に比べ低い。

(2)粒子状核種 自然放射性核種のうち、 $^7\text{Be}$ 、 $^{212}\text{Pb}$ 、 $^{40}\text{K}$ 、 $^{210}\text{Pb}$  は多くの観測所で頻繁に検出されている。CTBT が監視対象としている核分裂生成物及び放射化生成物に関しては、 $^{24}\text{Na}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{60}\text{Co}$  の5核種の検出が多い。このうち  $^{24}\text{Na}$  は塩分中の  $^{23}\text{Na}$  が放射化されたものである可能性が高く、特に沿岸部や南極での検出が多い。 $^{137}\text{Cs}$  については、グローバルフォールアウトや2011年の福島第一原子力発電所事故の影響が大きく、高崎をはじめサハラ砂漠近郊のニジェール、モーリタニア等の観測所で検出数が多い。これらのデータは基本的に関係者のみの限定公開であるが、科学利用目的であればCTBTOと利用契約を締結することでデータを利用することができる。

Monitoring of airborne radionuclides regarding the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty (CTBT)  
FURUNO A., KIJIMA Y., YAMAMOTO Y., OHMORI R., TATEOKA H., MINAKAWA Y., TOMITA Y

## 2P25

## Sr(II)溶媒抽出におけるクラウンエーテルとの競合する錯形成の影響

(大阪大学放射線科学基盤機構)○白崎 謙次

(東京科学大)中瀬 正彦

**【緒言】** アルカリ土類金属であるストロンチウム (Sr) は 18-クラウン-6 (18C6) により選択的に抽出されることが広く知られており、油性 18C6 誘導体との錯形成定数が報告されている。特に、ジシクロヘキサノ-18-クラウン-6 (DCH18C6) においては、その高い分配比を利用した高レベル放射性廃液処理への適用が検討されており、また、抽出特性についても詳細な検討がなされている [1]。我々も、HFC の一種である HFC-43-10mee と有機溶媒を含む共沸混合物を用いた硝酸水溶液、中性硝酸塩水溶液からの Sr 溶媒抽出を報告している [2]。一方で、水性 18C6 の錯形成に着目した研究は、油性のものとは比べて明らかに少ない。本研究では、水相に 18C6、有機相に DCH18C6 を用いた Sr(II)溶媒抽出系において、2 種類のクラウンエーテルの競合する錯形成の影響を評価した。

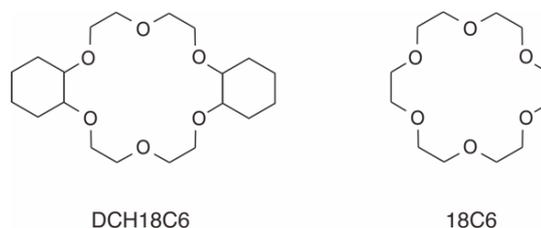
**【実験】** 本研究で使用した試薬は HFC を除き全て富士フィルム和光純薬株式会社から購入し、そのまま使用した。HFC-43-10mee に 30%トランス-1,2-ジシクロエチレン (MCA と称す) または 5%ヘプタン (XH と称す) を含む HFC 系溶媒を HFC 相として、硝酸ストロンチウムを硝酸水溶液に溶解し水相とした。HFC 相には抽出剤として DCH18C6 を、水相には水性錯化剤として 18C6 を溶解した (図 1)。水相と HFC 相を混合した後 1,500rpm で振とうし、水相の一部を分取し ICP-AES にて Sr(II)濃度を決定した。

**【結果】** Sr(II)溶媒抽出における 18C6 の濃度効果の評価するために、HFC 相における DCH18C6 濃度を 0.05 M に固定し、水相の 18C6 濃度を 0.001 から 0.5 M まで変えたところ、18C6 濃度が 0.01 M を超える領域で Sr(II)分配比の低下が確認された (図 2)。これは、水相における 18C6 と HFC 相の DCH18C6 の Sr(II)錯形成の競合によるものと推定される。

今回の発表では、Sr(II)溶媒抽出における 18C6 の影響をより詳細に報告する。

[1] K. K. Gupta, et al., Sol. Extr. Ion Exch., 21 (2003) 53.

[2] K. Shirasaki, et al., RCS Advances,



## 2P26

## 原子力科学研究所における放射性核種分析の人材育成

(原子力機構)○北辻章浩、深谷洋行、原賀智子、岡壽崇、大竹良徳、丹保雅喜、稲田有紗、青野竜士、木名瀬暁理、五十木理子、森井志織、国枝賢

## 【緒言】

東京電力福島第一原子力発電所(1F)の廃炉を円滑に進めるためには、廃炉作業に伴い発生する放射性核種を含む処理水や廃棄物を安全に処理・処分する技術の確立が不可欠である。その前提として、処理水や放射性廃棄物に含まれる放射性核種の分析に携わる人材を継続的に確保する必要がある。原子力機構(JAEA)では、1Fサイトに立地する大熊分析・研究センターにおいて、がれき類や焼却灰の分析を行っているほか、現在海洋放出が進められているALPS処理水について、第三者の立場からの放射性核種分析を行っている。原子力科学研究所(原科研)では、1F廃炉作業を支援することを目的として、福島廃炉安全工学研究所とともに、これからの廃炉作業に伴う分析に携わる人材の育成事業を開始した。本講演では、若手職員等を対象とした分析作業・分析管理者・技術開発者の育成や、学生インターンの制度を利用した新規人材育成の取組み等について述べる。

## 【既存分析技術の継承】

既存分析法に精通した分析技術者を養成するため、大熊分析・研究センターと同様の分析手法による核種分析を実施する設備を整備して標準試料を用いた分析を行い、分析結果を比較することにより、分析技術の習得を図っている。また、代替分析法の適用により既存分析法の化学的裏付けを補強し、その信頼性を確保する。若手職員を中心に分析法に習熟した人材を養成し、分析能力の維持・技術継承により大熊分析・研究センターの分析支援体制を構築する。

## 【分析技術の高度化】

分析法が確立されていない難測定核種分析や、既存分析法を自動化・省力化する技術等の新規開発により分析技術の高度化を図る。また、今後の廃炉作業の進展により発生する分析ニーズを先取りし、原科研で有する分析技術を活用して、新しい分析対象への適用性を検証する。これまでにメスバウア分光法による滞留水中の粒子状固形分のFeの状態分析への適用を図っている。更に、これらの新規技術開発や既存技術の継承を通して分析技術の研究開発人材を育成する。

## 【人材育成・確保】

分析現場で実試料分析を担う人材の育成においては、未知の試料を取り扱う必要上、様々な分析対象核種、試料、測定法の知識と技術を習得することが肝要である。上述の既存分析手法のみならず、原科研においてルーチン的に行っている種々の分析作業に広く従事させることにより、分析技術と経験を蓄積した高いレベルの分析技術者の育成を目指している。また、分析技術者の裾野を広げるために、JAEA職員のほか、学生インターン、分析事業者等の外部人材を受け入れ、育成することにより、層の厚い分析技術者の確保につなげることを計画している。今年度は、特別研究生1名、夏期休暇実習生10名を受入れ、放射化学分析の基礎的知識・技術の実習を行っている。

Human Resource Development for Radionuclide Analysis in Nuclear Science Research Institute  
KITATSUJI Y., FUKAYA H., HARAGA T., OKA T., OHTAKE Y., TAMBO M., INADA A., AONO R.,  
KINASE A., IKARUGI R., MORII S., KUNIEDA S.