

日本原子力研究開発機構
高度環境分析研究棟を
訪ねて

2007年3月30日、日本原子力研究開発機構（原子力機構）の高度環境分析研究棟、通称 CLEAR（Clean Laboratory for Environmental Analysis and Research）を訪問した。この実験施設は茨城県那珂郡東海村の海岸沿い一帯を占める原子力機構東海地区の原子力科学研究所（旧日本原子力研究所東海研究所）敷地内にあり、施設の近くには日本で最初の原子炉 JRR-1 が原子炉建家とともに保存・展示されている。さらに今は役目を終えた JRR-2、現在稼働中の JRR-3M と JRR-4 が立ち並んでいる。

668

CLEAR は、2001 年 6 月にクリーンルーム設備を備えた分析実験施設として原研東海研究所（2005 年 10 月に原子力機構に統合）に完成したが、その背景は IAEA（International Atomic Energy Agency、国際原子力機関）が保障措置の強化・効率化の重要施策として環境試料分析の導入を決定した 1995 年にさかのぼる。これはウラン濃縮、燃料加工、再処理などの原子力関連施設内の設備や床などを拭き取って採取した環境試料に含まれる極微量の核物質を化学分析し、その同位体組成から未申告の核物質や原子力活動を検知しようとするものである。当時の日本には、そのような環境試料を分析する技術がなく、平和利用目的以外の活動を行っているとの嫌疑を掛けられたとき反論する手段がなかった。また、IAEA は、世界各国から採取した環境試料を IAEA が組織するネットワーク分析所に送って分析しており、日本からの協力を要望していた。このような状況の下、1996 年から国の委託事業として環境試料に含まれる極微量のウラン及びプルトニウムの同位体比を高精度で分析する技術の開発が進められた。極微量分析の信頼性を担保するために必要なクリーンルームのシステム要件や品質管理を含めた分析技術全般の開発、1998 年からは質量分析装置などの機器の整備を開始し、2001 年に CLEAR において本格的な技術開発が始まった。

分析棟平面図(図1)にあるように、クリーンルームを含むほとんどが放射線の管理区域内にあり、サービスエリアからクリーンルーム内の様子を見せていただいた。清浄度クラス100の化学処理エリア(写真2)とクラス1000の機器分析エリア(写真3)があり、化学処理エリアでは試料の灰化、蒸発乾固などの前処理やイオン交換などの分離・精製などが行われている。機器分析エリアではTIMS、二重収束型ICP-MS(写真4)、SIMS(写真5)、放射線測定装置などを用いて同位体比分析や核種分析などが行われている。スタッフは現在、研究員4名と他機関からの作業員10名で、責任の重い

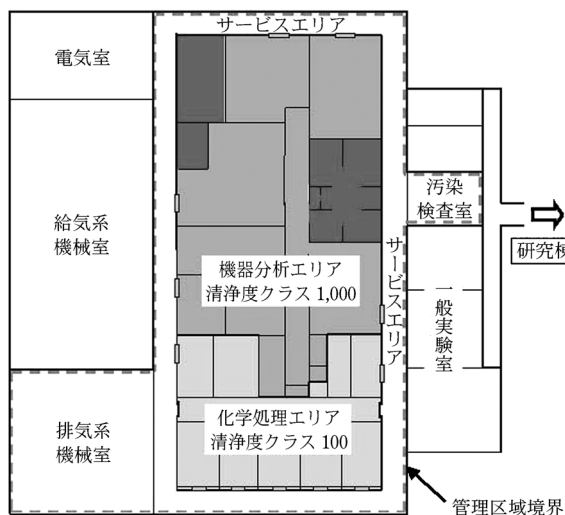


図1 CLEAR 分析棟平面図



写真4 最高レベルの感度を有する ICP-MS



写真2 化学処理エリア（清浄度クラス 100）

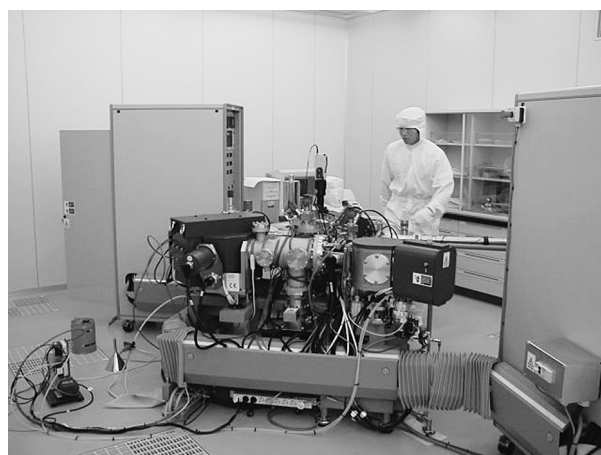


写真5 1 μm 程度までのウラン粒子の同位体比を測定する SIMS



後ろに見えるのは TIMS
写真3 機器分析エリア（清浄度クラス 1000）

業務に従事されている。

一つの試料全体を化学処理して、その中に含まれる核物質の種類・量や同位体比を測定するバルク分析と、試

料中からウランを含む粒子を見つけ出し、粒子一個一個についてその同位体比を測定するパーティクル分析とが行われており、これまでに以下のような研究成果を挙げ、更に分析の感度と信頼性の向上を目指した高度化技術の開発が進められている。

1) バルク分析ではウラン量 1 ng 以下の定量が必要となり、検出感度・分析精度の改善のために、不純物の化学分離スキームや同位体比測定手法の改良が行われている。

2) ウラン不純物含有量の少ない新規スワイプ材の開発では、ウラン量を従来のスワイプ材の 1/90 となる 1 枚当たり $43 \pm 4 \text{ pg}$ に低減でき、また標準偏差も著しく小さく品質管理で優れた結果を得ている。

3) スワイプ試料中のウランと不純物元素の分布測定装置の開発では、蛍光 X 線測定装置を応用し、ビニールバッグに密封された試料をそのまま試料台に乗せて走査できるようになった。試料全体の元素分布が分かり、バルク分析やパーティクル分析に供する際の有用な情報となる。

4) 陰イオン交換フィルターを用いた遠心イオン交換法の開発によって、ICP-MS によるプルトニウム同位体比の測定を妨害するウラン、鉄、鉛を短時間に十分な除染係数で分離できるようになった。

5) パーティクル分析において、スワイプ材から粒子を回収する方法として、インパクターを用いた吸引方法が開発された。回収効率は約 50% であり、超音波照射による従来法（約 25%）よりはるかに優れている。

6) 全反射蛍光 X 線分析法では、ウランの検出下限を約 30 pg にまで改良することができ、他の不純物の定量と合わせて同位体分析の条件設定が極めて容易になった。

7) SIMS によるスワイプ試料中の単一ウラン粒子の同位体比分析において、電子顕微鏡に設置したマイクロマニピュレータを用いて、目的のウラン粒子のみを SIMS 測定に供する方法が開発されている。

〈おわりに〉

最新のクリーンルームと質量分析装置、それらを駆使した高度分析技術の開発まで、超微量分析の最前線を見させていただいた。分析値—しかも超微量の同位体が対象—の信頼性の確保と保証が如何に重要であるかを伺い、またそれを可能にした分析技術の高さと開発力に敬服した次第である。

最近 IAEA からは、現在は不可能なプルトニウムのパーティクル分析やウラン、プルトニウムの精製時期を特定する技術開発などが要請されており、さらに粒子の元素化学形態分析の技術開発への協力要請もあると聞く。高度で高感度な超微量分析と超微量成分分析の研究開発に終わりはないと感^{かくひつ}を強くした。重任を帯びたご研究の更なる発展をお祈りして擲筆する。

〔金沢大学大学院自然科学研究科 井村久則〕

書 評

現場で役立つ 環境分析の基礎

——水と土壌の元素分析——

平井昭司 監修, (株)日本分析化学会 編

「現場で役立つ 化学分析の基礎」に続く第二弾「環境分析の基礎」である。一作目は好評を博し、多くの分析実務担当者などから次作目が期待されていた。環境問題が極めて多様化する中、その実態把握や施策のために環境分析はますますその重要性を増している。かつ問題の多様化に伴い、対象物質の多様化とともに、分析スキルも極めて高度化が求められている。一方で、高度な分析も基礎技術の積み重ねであることを考えると、本書のような基礎知識と実際に遭遇する様々な事象への対応方法をいかに習得するかにかかっていると言ってよい。その意味、本書の内容は環境分析の基礎情報の宝箱と言って過言ではなかろう。なお、本書は(株)日本分析化学会が主催している「水中の微量金属分析技術セミナー」および「土壌分析技術セミナー」のテキストの一部を編集しまとめたものである。

本書は、副題にあるように、環境水および土壌中の元素分析に関するノウハウをまとめたものである。それでは、コンテンツをみてみよう。第 1 章「環境分析の必要性」：我が国の環境基準が示され、その環境基準の判断には環境分析が必須であり、その任は重く、環境分析の重要性と役割の重さを認識すべきであると説く。第 2 章「環境試料の前処理法」：試料の性質をなるべく事前に把握し、それに適した試料採取法と前処理法を選択することがすべての基本であるが、常に事前に的確な情報が得られるとは限らない場合が多いのが環境分析の特徴でもある、そうした場合にどうするか。本文をご覧あれ。第 3 章

「原子吸光分析法」：原理の概説のほか、「電気加熱原子吸光分析の留意点」をはじめ、実際に遭遇するであろう問題点への親切的な記述が満載されている。第 4 章「ICP 発光分光分析法」：原理の説明もよりよい分析結果を得るための基礎知識に重点がおかれ、土壌試料への適用の項が充実している。第 5 章「ICP 質量分析法」：同法は高感度であるが故に、その装置の最適化と管理が重要であり、それに本章の 2/3 のスペースが割かれている。もちろん実試料への適用上の留意点に関する内容も的確である。残る 3 章は趣が変わり、うち 2 章は、QA & QC についてである。第 6 章「分析値の信頼性」：コンピュータの利用に伴い不必要、否、間違った桁数の数字の羅列は、むしろその分析値の信頼性が損なわれる。本章を熟読し、信頼性のある分析値で結果を示そう。第 7 章「分析の信頼性」：分析技能試験、試験所認定制度、そしてトレーサビリティ、古くて新しい課題である。第 8 章「環境分析の問題点と今後の動向」：環境省が長年実施している環境測定分析統一精度管理調査の結果を基に、環境分析の陥りやすい問題点が浮き彫りにされている。我が国の分析技術レベルは高いとされているが、それでも顕著なばらつきが見られるケースがある。そこには環境分析の抱える問題があり、その解決には、分析の基礎知識の習得と多様な試料に対応できるスキルの構築が肝要である。これはまた本書のねらいでもある。

第 8 章の最後に述べられ、また冒頭にも述べたように、環境分析は、分析対象成分の多様化、分析対象成分の低濃度化への対応が求められており、それに従事する分析担当者は高度なスキルを要求されている。しかし、こうした要請に応えられる分析担当者は一朝一夕では育たない。多くの経験とともに本書のような事例豊富な実務書が求められていた。環境分析に従事しようとする方の入門書としてはもとより、多くの示唆に富んでいるため実務担当者にも広くお勧めできる。

(ISBN 978-4-274-20464-7・A 5 判・234 ページ・2,800 円+税・

2007 年刊・オーム社)

〔国立環境研究所 功刀正行〕