

放射化分析による土壌中のヒ素量測定

宮崎大学 フロンティア科学実験総合センター 実験支援部門 RI 分野 RI 木花分室
○長田 栄二

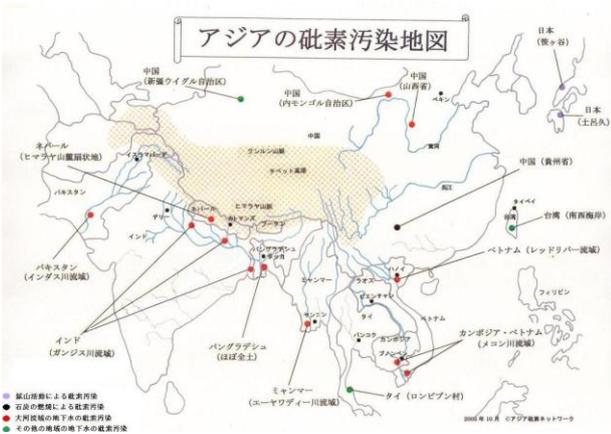
はじめに

ガンジス川流域のヒ素汚染地域においてボーリング調査による水質分析および土壌分析が進められている。今回、土壌中のヒ素分析の手法として、中性子放射化という物理的手法による分析を行ったので紹介する。

キーワード：研究支援, ヒ素, As, 中性子, 放射化分析

1. 目的

宮崎大学は、1997年よりバングラデシュのヒ素汚染地域において調査研究を行い、地下水へのヒ素溶出機構の解明、井戸水からの簡易ヒ素除去装置の開発等、大きな成果を上げてきている。この調査研究の一環として、地下水へのヒ素溶出機構の解明などを目的として、JICAと共同でボーリング調査による水質分析および土壌分析を進めている。今回、土壌中のヒ素分析の手法として、従来より行われてきた酸分解という化学的手法に対し、中性子放射化分析という物理的手法を用いることによって試料の前処理無しにヒ素の絶対量の測定を行った。



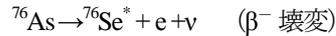
2. 原理

中性子放射化分析は、試料に中性子を照射することで核反応を起こし、不安定になった原子核が崩壊する際に放出する放射線の種類、エネルギーまたは半減期から核種や元素を、放射能から元素の存在量を求めることができる。

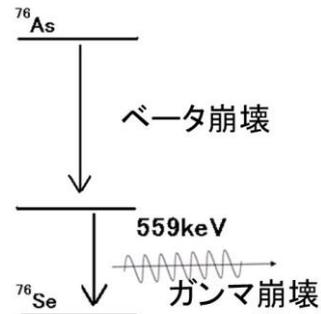
中性子及び今回測定対象となる γ 線は、物質を透過する能力が高く、また中性子による放射化は物質の化学形に因らないので、化学的処理無しに測定することができる。

今回、測定目的としている物質はヒ素であり、ヒ素の安定同位体は ^{75}As のみなので、中性子を照射した

際の反応は、



となり、559keVの γ 線を25.87時間の半減期で放出する。



3. 照射

はじめに試料の土壌を十分に乾燥させる。十分に乾燥させることによって試料を入れた袋が中性子照射時の熱で破裂し、他のサンプルや機器を放射性同位元素によって汚染されることを防ぐ。0.1g もしくは 0.15g の土壌をナトリウム含有量の少ないポリエチレンシートで作った試料袋に入れ、さらに2重に袋詰めする。



写真1 試料の量を測定している様子



写真2 試料袋の制作

標準試料として、ろ紙のみ及びろ紙にヒ素をしみこませ乾燥させた試料を用意する。

キャプセルと呼ばれる容器に封入し、東京大学大学院工学系研究科原子力専攻・共同利用管理本部（別名：大学開放研究室）・原子力機構内分室に送り、日本原子力研究開発機構・原子力科学研究所 JPR-3 にて中性子照射を行う。

4. 測定

照射した試料は、放射化されたヒ素 ^{76}As と他の放射化された元素（特に ^{24}Na といった ^{76}As と比べて半減期の短い放射性同位元素）の区別をつけるために、5日ほど時間をおいた後に高純度 Ge 半導体検出器によって放出される γ 線を測定する。

測定された信号は、マルチチャンネル・パルス波高分析器（MCA）によってエネルギースペクトル（写真3）に変換し、スペクトルのピーク位置からエネルギーを、ピーク面積から放射能を求める。

^{76}As からのガンマ線

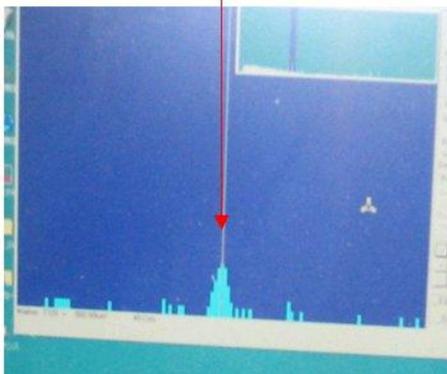


写真3 γ 線エネルギースペクトル



写真4 保管容器からキャプセルに入った試料を取り出す



写真5 外側の袋は汚染されているので移し替える



写真6 測定器にセットする準備



写真7 測定器にセットされた試料



写真8 測定の様子

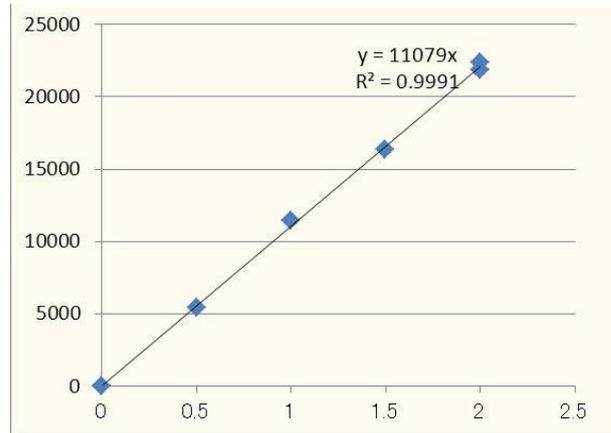


表1 標準試料の測定結果

(横軸：ヒ素量(g) 縦軸：ピーク面積(counts))

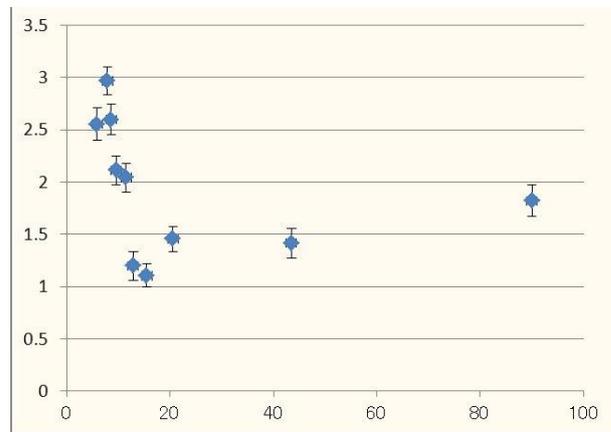


表2 ヒ素含有量と深さの関係

(横軸：深さ(m) 縦軸：ヒ素含有量(μg/g))

5. 結果

中性子の照射によって生成される放射性同位元素の量は、注目元素の量、中性子束密度、放射化断面積、幾何学的条件によって決まるが、中性子のエネルギーに依存する放射化断面積や中性子束密度、幾何学的条件を正確に求めることは困難なので、既知量の注目元素を含む標準試料を、試料と同一条件で照射、測定し、その比から注目元素を定量する。

表1のように、標準試料の測定結果より非常に良い直線性が表され、これを基にスペクトルのピーク面積とヒ素量の変換係数を求めることができる。

表2にこの測定による土壌中のヒ素含有量と深さの関係を示します。

6. まとめ

中性子放射化分析によって土壌中のヒ素含有量を精度良く測定することができた。また、試料の前処理が必要でなく、測定も1試料当たり40分程度で精度良く連続して測定できるため、今回のような大量の試料分析が必要な場合には、非常に有効な手段であることが解った。

謝辞

この実験は、宮崎大学ヒ素放射化分析グループ（工学部：松田達郎、瀬崎満弘、塩盛弘一郎、前田幸重、小川雄太郎、宮原一平 医学部：中島暉 産学連携センター：田辺公子）として行いました。皆様ありがとうございます。

大学開放研究室のスタッフの皆様には、照射、測定に多大なご協力を頂きました。ありがとうございました。

フロンティア科学実験総合センター RI 木花分室には、大学開放研究室の測定データが解析できるように、高純度Ge半導体γ線スペクトロメータ解析ソフトの更新をして頂きました。

参照

T. MATSUDA, Y. MAEDA, I. MIYAHARA, K. OHE, Y. OGAWA, M. SEZAKI, K. SHIOMORI, A. NAKAJIMA, K. TANABE, E. OSADA, SURVEY OF ARSENIC CONTENTS IN SOILS OF THE GANGES RIVER BASIN BY USING NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS, *Arsenic symp. in MIYAZAKI 2010, 22-23 May*