

[21016]

食品や生体物質の放射化分析

Activation analysis of food and biological materials

豊田和弘^{#A,B)}、オビヨ チュクマ ハーヴィー^{B)}、モスス アイリーン タロアマ^{B)}

Kazuhiro Toyoda^{#A,B)}, Chukwuma Harvey Obiyo^{B)}, Eileen Taroama Mosusu^{B)}

^{A)} Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University

^{B)} Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University

Abstract

The instrumental neutron activation analysis (INAA) is a high-accurate method for the non-destructive determination of trace elements in biological material. In this study, eleven environmental reference materials were irradiated by neutrons in HR-1 of JRR-3, and the optimal condition of preparing irradiated samples for the multi-element analysis was studied.

Keyword: instrumental neutron activation analysis, biological reference materials, toxic elements

1. はじめに

アフリカやアジアでは環境汚染が懸念されていて、食品中の有害元素による健康被害の程度が不明な地域も多い。食品や生体物質中の微量元素含有量の定量は通常 ICP 質量分析計を用いて分析されているが、その手法では定量が困難とされる元素もある。またそれらの環境標準試料中には保証値として示される元素の数や含有量の分布範囲も限られる。試料の溶液化が不要で信頼性が高く、感度の高い機器中性子放射化分析法 (INAA) を併用することが研究の質が高めると判断している。

本研究課題は、2021 年度の 3 号炉 (JRR-3) の再稼働を受けて、穀物や外国の住民の毛髪などの試料の微量元素分析を目的として、3 年計画で申請したものである。当人らは食品や生体物質の中性子放射化分析の経験が皆無なため、初年度では多くの環境標準試料について中性子照射とガンマ線測定をさせていただき、環境標準試料の保証 (参考) 値について相互に検証し、半減期が半月以上の放射性核種の測定のための、長時間照射用の照射試料の作成条件の最適化条件を得ることを目的とした。

2. 実験

国立環境研究所発行の環境標準試料、リョウブ (No.1)、クロレラ (No.3)、自動車排出粒子 (No.8)、海藻サルガッソ (No.9)、玄米 (Cd レベル: 低、中、高; No.10a, 10b, 10c)、産業技術総合研究所・計量標準総合センターの白米粉 (7501-a, 7502-a)、国際原子力機関発行の人間毛髪 (IAEA-085, IAEA-086) の 11 種類の環境標準試料について、コメの標準試料は 2 試料ずつ、その他の試料は 5 試料から 7 試料ずつ、秤量した 2 mg から 47 mg を、洗浄した信越石英社製の外径 2 mm または 4 mm の超高純度石英管内に減圧封入したものをアルミ箔で束ねて、大学開放研に送付した。アルミニウムキャプセル (L) 内の試料は、
#: kazuhiro@ees.hokudai.ac.jp

2021 年 10 月 11 日と 11 月 15 日に、1 本ずつ HR-1 (下段: 熱中性子密度参考値: $9.6 \times 10^{17} \text{ n/m}^2 \cdot \text{sec}$) にて 3 時間、中性子照射した。照射後約 1 ヶ月または約 2 ヶ月冷却した後、大学開放研実験室内の試料自動交換システム付きのガンマ線測定システムにて、検出器に一番近い位置で、1 試料あたり 4 万秒間測定した。測定した環境標準試料の中で保証値が示された元素は、そのピーク強度を基準として保証値の示されていない環境標準試料中の含有量について計算した。

3. 結果と考察

1) 測定器に一番近い位置に試料を置いて測定した時のデッドタイムが 5% 未満になるように照射試料の重量を調整するための基礎データが得られた。例えば、同じ照射条件なら米試料は 1 試料につき数百 mg の重量まで照射が可能であるとわかり、次年度以降の実試料の照射では米試料を外径 6 mm の石英管に封入することにした。

2) 米の標準試料からは水銀の弱いピーク (Hg-203; 279.1 KeV; 半減期 46.9 日) が検出できた。毛髪標準試料には無機水銀とメチル水銀の含有量の保証値が示されており、米試料の放射化分析では総水銀含有量の定量が可能であることが確認できた。健康被害リスクの見積もりには水銀の摂取量の推定も重要な要因であり、ICP 装置では水銀の定量はできない。

3) 鉄、亜鉛、コバルト、クロム、セレン、アンチモン、セリウム、トリウムなどの測定値は、すでに ICP 質量分析器により得られていた測定値とよい整合性を示した。本研究で得られたクロムやアンチモンの測定値は ICP 質量分析装置からのそれらよりも高い確度を持っていると考えている。セシウム、ルビジウム、ジルコニウム、銀などの値も得られた。

4) 照射後約 1 ヶ月後に測定した試料の一部についてはさらに 1 ヶ月半後に再測定をおこない、ガンマ線ピークの中に目的核種と異なる半減期の核種からの放出ガンマ線が混じっていないことを確認した。