

[22029]

内標準比を用いた中性子放射化分析法の開発 Development of neutron activation analysis using internal standard ratio

三浦勉^{#,A)}
Tsutomu Miura ^{#,A)}

^{A)} National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, National Metrology Institute of Japan

Abstract

The analysis of fluorine measuring short-lived radionuclides with a half-life of 11 s was tried in the JRR-3 Pn3.

Keyword: JRR-3, neutron activation analysis, Fluorine

1. 緒言

固体試料中のふっ素は、アルカリ融解法、酸素フラスコ燃焼法、熱加水分解法等により試料を分解し、溶液化もしくは溶液に捕集した後、ふっ化物イオンとして電気伝導度検出イオンクロマトグラフィーやイオン電極で測定されている。溶液化に必要な、これらの融解・加熱分解法では定量的にふっ素が回収できる条件を設定すること、融解・分解操作に使用する試薬・装置からの汚染の有無の確認が必要となる。一方、ふっ素は熱中性子照射による(n, γ)反応によって生成する ^{20}F ($T_{1/2}$: 11.163 秒) が、壊変に伴って放出する γ 線 (1633 keV) を測定する中性子放射化分析法によっても測定できる。非破壊固体分析法のひとつである中性子放射化分析法によって、損失・汚染の可能性が少ない固体試料中のふっ素の信頼性の高い測定が実現できる可能性がある。2021 年度に再起動し利用運転が再開された日本原子力研究開発機構 JRR-3 の放射化分析用気送照射設備 Pn3 を利用すると、 ^{20}F のような秒単位の半減期の放射性核種を測定する迅速放射化分析が実施¹⁾できる。ここでは JRR-3 Pn3 気送照射設備で半減期 11 秒の短寿命放射性核種を測定するふっ素の分析を試行したのでその結果を報告する。

2. 照射設備

JRR-3 Pn3 気送照射設備は窒素ガスを搬送に使用する気送照射装置、フード、フード内に設置した Ge 半導体検出器を装備している。照射試料をポリエチレン製照射容器 (外径 1.7 cm、長さ 3 cm) に充填し、5 秒から 120 秒間中性子を照射することができる。Pn3 の照射位置は JRR-3 の重水反射タンク内であり、熱中性子束は $1.9 \times 10^{13} \text{ n cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、Cd 比は 300 と高い比を示す。この高い Cd 比を示す中性子場の照射によって、高速中性子反応に起因する (n, p) や (n, α) 等の副反応を低減した放射化分析が実施できる。Pn3 で照射後、照射容器は 7 秒以内にフード内の Ge 半導体検出器 (Canberra GC1819) まで移送され、照射容器ごと γ 線スペクトルを測定する。Ge 半導体検出器と照射容器間の距離は 110 mm から 260 mm に設定できる。Ge 半導体検出器のチャンネルと γ 線エネルギーの関係は Eu-152 線源を測定し、校正した。

3. 実験と結果

約 20 mg のフジフィルム和光純薬製 JCSS ふっ化物イオン標準液 (F^- : 1003 mg/L) をポリエチレン製袋中のろ紙 (2 cm \times 2 cm、ADVANTEC 製 No.5C) に滴下した後、シーラーで熱溶封して照射試料を作成した。また、ふっ化物イオン標準液を添加しないブランク試料も調製した。上記の照射試料を 1 試料ずつ照射容器に入れ、JRR-3 Pn3 気送照射設備で 5 秒間照射、10 秒間冷却、10 秒間の γ 線スペクトル測定を 5 サイクル繰り返した。試料と Ge 半導体検出器間の距離は 210 mm とし、 ^{20}F が放出する 1633 keV γ 線のピーク面積を求め、照射終了時に減衰補正した。測定結果を集計したところ、ブランク試料からは有意な 1633 keV γ 線のピークは得られなかった。ブランク試料における 1633 keV γ 線のピーク領域のベースライン計数値の標準偏差の 3 倍を検出限界とすると 0.7 μg が得られた。

参考文献

- [1] 米沢伸四郎, 市村茂樹, 黒沢達也, 松江秀明 “JRR-3M 放射化分析施設による半減期秒オーダーの短寿命核種を利用する中性子放射化分析”, JAERI-TEC 98-046, 1998 年 11 月, <https://jopss.jaea.go.jp/pdfdata/JAERI-Tech-98-046.pdf>