資 料

放射線応用計測の新しい展開を求めて (Ⅱ)[†]

4. 微弱密封線源の利用

鷲見哲雄

愛知工業大学

470-03 豊田市八草町八千草1247

Key Words: sealed source below 3.7 MBq, radiation safety, minimization of source activity, present status, wider applications

4・1 放射線安全性

放射線応用計測を他原理の計測と比べると、非接触測定ができること、容器を通しての測定が可能であることなどの優れた特長があるが、反面、放射線安全面で特別の配慮を要するというマイナス面がある。したがって、このマイナス面の克服が放射線応用計測の利用促進の鍵の一つとなる。そして、線源を、極力少量化する努力はマイナス面の低減に有効である。

現在、わが国で実用されている各種放射線応用計測器の1台当たりの線源量は数 μCi から数十 Ci まで広範囲にわたっている。それぞれについて線源量を低減したものが製作されるようになれば、安全性は一層向上する。その努力の結果として3.7 MBq (100 μCi) 以下の微弱密封線源を装備したものが増えれば、わが国では3.7 MBq (100 μCi) 以下の密封線源は放射線障害防止法の規制対象外となるので、より使い易いものが増えて利用促進にもつながる。ここでは、放射線応用計測の新しい展開のために3.7 MBq (100 μCi) 以下の密封線源の利用が果たす役割と技術面からの可能性を考察する。

4・2 3.7 MBq (100 μCi) 以下装備機器の現状

3.7 MBq (100 μCi) 以下装備機器は「放射線利用統計」¹⁾にあがってこないで、正確な実数の把握は困難である。しかし、わが国で10年以上前から実用されていることは確かで、また、現在、実用化をめざした

表 6 3.7 MBq (100 μCi) 以下装備機器の種類

種 類	出力信号の形	
	連続	ON-OFF
製品化されているもの	ポンベ用レベル計	○
	中性子利用レベル計	○
	バルブ開閉度探知器	○
	透過形汎用密度計	○
	フィルム厚さ計	○
	粉 塵 計	○
	メッキ厚さ計	○
	土壌水分計	○
	土壌用密度・水分計	○
	石油タンク底部間隙・油溜測定器	○
	蛍光X線分析計	○
	煙 感 知 器	○
	集電式電位計	○
開発中	湿 度 計	○
	風 速 計	○
	実効原子番号測定装置	○

研究も続けられている。これらの機種について筆者が知る範囲のものを表6に示す^{2),3)}。

表6の機種のうち、実用数の多いのは煙感知器（放射線を利用して目的の信号を取り出している点から、ここでは放射線応用計測の範疇に入れた）である。その他のものについては、現状では、「放射線利用統計」に登場する厚さ計やレベル計の台数には及ばないものと推定される。

4・3 機種および利用範囲の拡大の可能性

RIを用いる放射線応用計測の測定原理は、およそ

[†] For Expansive Industrial Uses of Radioisotope Gaugings (Ⅱ). 4. Application of Very Small Sealed Sources. Tetsuo SUMI: Aichi Institute of Technology, 1247, Yachigusa, Yakusa-cho, Toyota-shi 470-03, Japan.

- ①：透過放射線の測定
 ②：2次放射線の測定
 ③：自発放射線の測定
 ④：電離電流の測定

図5 測定原理の分類

図5のように分類できる。図5①は被測定物を透過した放射線の強度を測定することにより目的の測定量を求めるものである。図5②は放射線と被測定物との相互作用により生じる散乱線、蛍光X線などの2次放射線を測定するものである。図5③は被測定物自体から発する放射線を測定するものである。たとえば、被測定物に含まれる自然放射能を利用したレベル計が外国で実用化されている⁴⁾。図5④は放射線により気体が電離されるとき電離電流から目的の測定量を求めるものである。表6に示した機種も図5のいずれかに属しており、測定原理上、3.7 MBq (100 μ Ci) を超えるものと変わるところはない。表6の機種が3.7 MBq (100 μ Ci) 以下となる背景には原理的に3.7 MBq (100 μ Ci) 以下の微弱な線源で済むものと、線源量低減の努力の結果によるものとが考えられるので、この2つの観点から今後の可能性を考察する。

原理的に3.7 MBq (100 μ Ci) 以下とし得る必要条件としては表7の3項目を挙げることができる。これを図5の各方式がどの程度満たすかを当たってみる。図5①では被測定物の寸法の小さいものに表7の条件を満たすものがある。図5②ではRIと検出器が一体構造となるのが普通であるから、2次放射線を出すときの効率がよいものでは、表7の条件が満たされることが多い。図5③では、一般に、①②に比べて必要線源量は少なくすむ。ことに、自然放射能を利用するものではRIを装備する必要はない。図5④も表7の条件を満たすものが多い。これらのこととあわせて表7の条件を着眼点とすることにより、さらに新しい機種が開発される可能性が生じる。

つぎに、線源量低減に対して効果がある事項とし

表7 原理的に3.7 MBq (100 μ Ci) 以下とし得る条件

- (1) 線源・検出器間の距離が小さい
- (2) 被測定物および容器による著しい放射線吸収がない
- (3) 必要な計数率が小さい、すなわち、高い精度が要求されず(極端な場合、ON-OFFでよいもの)、また、速い応答が要求されない

表8 線源量低減に対して効果があるもの

- (1) 線源、検出器の幾何学的条件の改良
- (2) 検出器の検出効率の向上
- (3) 自然計数の影響を含めたノイズ対策

図6 透過形機器における基本設計条件の範囲

て、表8の3項目を挙げることができる。これは、設計時、常に考慮されている事項ではあるが、線源量低減の観点から、いっそう重視されることが望ましい。表8の(1)については、とくに、放射線通路上の余分の吸収および余分の間隙を、極力減らすことが重要である。表8の(2)は検出効率のよい検出器の選定を意味し、たとえば、 γ 線の場合はガス入り検出器よりシンチレーション検出器の比重が高まる。表8の(3)は線源量が低減され、やがて、信号の放射線強度が自然計数のレベルに近づくとき、自然計数の変動またはノイズが誤差として無視できなくなることと関連するもので、その対策が線源量低減に当たっての必要条件とな

ることがある。

これらのことを念頭において、考え方の一例として図5①の透過形の既存機種を見直してみる。透過形の場合、線源・検出器間距離と信号の計数率（最大値）が必要線源量決定のための基本設計条件である。各機種についての線源・検出器間距離と計数率の位置付けは、過去の実績より、およそ図6のようになる。これに対して、3.7 MBq (100 μ Ci) の ^{137}Cs を用いる場合の製作可能領域の目安を求めている。検出器に3インチ ϕ ×3インチ NaI を用いる場合（ここでは数え落しは無視する）、吸収がないときの線源・検出器間距離と計数率の関係は図6に破線で示される。すなわち、各機種についての破線の左側が3.7 MBq (100 μ Ci) の ^{137}Cs での可能性を有する領域の目安である。実際の機器では容器の壁などによる吸収があるため、図6

の破線はその分だけ下方へ平行移動する。図6の4機種は表6にも示した通り、すでに実現しているものがあるが、それらの利用範囲も表8の項目についての努力により図6の破線の近くまで拡大させることが可能である。

文 献

- 1) 科学技術庁編：「放射線利用統計」，日本アイソトープ協会（毎年発行）
- 2) 佐藤乙丸：Isotope News, 6月号, p. 10 (1982)
- 3) 鷲見哲雄：Radioisotopes, 35, (10) 74 P (1986)
- 4) Mathew, P.J.: "Industrial Applications of Radioisotopes and Radiation" (Eds, Rao, S.M. et al.), pp. 154-163, Wiley Eastern Ltd. New Delhi (1986)

5. 最近の研究例—— γ 線源利用を中心として†

佐藤乙丸

長崎総合科学大学

851-01 長崎市網場町 536

Key Words: gamma-ray transmission gauge, gamma-ray scattering gauge, application of cadmium telluride detector, elastic to Compton scattering ratio

5・1 弾性散乱対非弾性散乱強度比の利用

^{241}Am からの γ 線による 90° 方向の散乱線を用いてこの比を求め骨塩量を測定する試みが北里大学から発表されているが、肝臓の脂肪分の測定にも応用されている。この比は散乱体の実効原子番号のはば二乗に比例するため、実効原子番号の決定に利用されてきた。 ^{241}Am を用い実効原子番号 $Z_{\text{eff}} \leq 20$ の化合物に適用する場合、散乱角度が 120° 以上のときに理論式と一致する結果が得られている¹⁾。

この比を蛍光X線分析に伴うマトリックス効果の補正に使用した例²⁾がある。この種の補正には試料中に混在するすべての元素を知る必要がある。したがって、溶液や生物試料のように蛍光X線を励起しない低原子番号物質を多く含む場合は、マトリックス効果の

補正ができなくなる。そこでこの散乱比が Z_{eff} の関数であることを利用して、マトリックス効果の補正に偉力を発揮することになる。Co 2.5%を含む液体中にさらに2.5%の異なった元素を混入した10種類の試料中のCoを、 ^{109}Cd の γ 線で蛍光X線分析した結果、散乱比で補正することにより標準偏差が約1/2に減少した。

5・2 デュアル・エネルギー γ 線透過ゲージ

土壤水分と密度を測定する装置³⁾は、14.5 GBq の ^{241}Am の後方に10 GBq の ^{137}Cs を置き、両 γ 線ビームを1×30 mmに絞り、内径62.8 mm ϕ のパイプ内の試料を透過法によって測定するものである。それぞれの透過 γ 線は2チャンネル方式で別々に検出され、さらに ^{137}Cs からの散乱 γ 線成分を補正した ^{241}Am の透過 γ 線を用いて水分と密度を求めると、5分間計数で全体の確からしさが水分で $\pm 0.01 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ 、密度で

† 5. Recent Some Development. Otomaru SATO: Nagasaki Institute of Applied Science, 536, Abamachi, Nagasaki-shi 851-01, Japan.