

プラスチックシンチレータとスミアろ紙を用いた 汚染の状況の測定

投稿

濱田 正名
Hamada Masana

放射線施設の維持業務の1つに、放射性同位元素等の規制に関する法律施行規則第20条に定められる汚染の状況を測定する義務がある。今回、密封されていない放射性同位元素(RI)の β 線放出核種による汚染の状況の測定に際し、液体シンチレーションカウンタ(LSC)を用いて拭取り法(スミア法)で計測する場合に、液体シンチレータ(LS)に代えて、取扱いが簡便なプラスチックシンチレータ(PS)を用い、 ^{14}C で標識したホルマリンで試験し、管理区域から持ち出す基準である 4 Bq/cm^2 を判定することができたので紹介する。

PSは、東京インキ(株)のルミネードTMのシート¹⁾を用いた。

試料作製手順は、測定対象物の表面を擦り取りRIを採取した試料片に水道水を滴下し、PSシートで挟むだけである。採取には杓子型のスミアろ紙の製品を用いた。図1のように杓子型ろ紙の細長い部分で採取し、それよりわずかに大きくなるように切ったPSシートを使ってLSC用20mLガラスバイアルで測定した。このモデルでは約0.5mLの水で十分であった。これより少ないと、ろ紙とPSシートが密着しないので計数効率が下がる傾向があったが、多すぎて試料のRIを流出させる量であってはならない。計数値はバイアルキャップのアルミ内蓋の有無に無関係であったが、乾燥が抑えられるように内蓋を用いるのが良い。乾燥すると、ろ紙がPSシートと離れ、測定の効率が下がることもある。試験には、日常作業において考えられる汚染の程度の範囲で調べるために10~200 Bq/ μL の7種類の濃度の ^{14}C -ホルマリンを用いた。希釈には精製水を用いた。各濃度の1 μL ずつをマイクロシリンジでそ

れぞれろ紙に染ませて乾かしたものを採取試料とし、両側をPSシート1枚ずつで挟んだ。3枚ずつで挟めばすべての濃度で1.5~1.7倍の計数値を得たが、操作の簡便のために1枚ずつで試した。自然計数値測定のためには、何も染ませていないろ紙を水道水でPSシートに挟んだものを作製した。

LSCは、パーキンエルマージャパン株式会社製TRI-CARB 3100TRを用い、エネルギー範囲4-156 keVのcpm値で計測した。検査結果はできる限り早く知る必要があるので、試料作製してすぐに測定を始めた。

図2に ^{14}C の数量に対する計数率を示す。PSシートによる測定値と共に、LSによる値も示す。得られた再現性は全試料で変動係数10%以内であった。LSによるすべての値を示していないが、近似式はPSシートと同様の横軸範囲で得たものである。

また、形態の複雑な表面の試料をスミアろ紙ではなく粘着テープで採取することを想定し、無色透明の粘着テープを用いてPSシートで測定したところ、今回は狭い数量の範囲で検討をしたのみであるが、スミアろ紙の約6倍の感度を得たので、参考として併記した。

PSシートによるLSC測定の効率は、近似式の傾きから3.0%とした。この値は核種ごとに求めることになるが、最大エネルギーが ^{14}C より大きい核種はこれより大きいと推測できる。

検出限界の正味計数率等に関しては、次の 3σ 法の式で、kを3にした値を検出限界計数率(LOD)、kを10にした値を定量下限計数率(LOQ)とした。

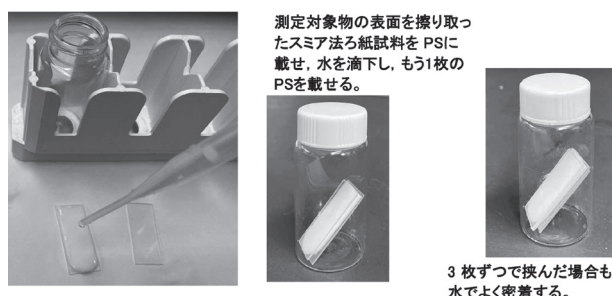


図1 スミア法試料の作製法

$nd = (k/2) [(k/ts) + \{(k/ts)^2 + 4nb(1/ts + 1/tb)\}^{1/2}]$
 nd : 検出限界計数率 (cpm)
 k : 標準偏差の倍数の定数
 nb : バックグラウンド計数率 (cpm)
 ts : 採取ろ紙試料測定時間 (分)
 tb : バックグラウンド試料測定時間 (分)
 $ts = tb = 3$, $nb = 18$ (図2で得た近似直線の切片)
 としたとき, LOD (3σ) は 12 (cpm) となり, これに nb を加えた 30 (cpm) に相当する表面密度 As (Bq/cm^2) が検出限界値である。表面密度は下の式で求めた。

$$As = A / (F \times S)$$

A : LOD にバックグラウンド値を加えた値 (Bq)

F : 採取効率

S : 採取面積 (cm^2)

測定の効率は先に述べたように 3.0% である。

$A = 16.7$ ($= 30(cpm) / 60 / 0.030$), $F = 0.1$, $S = 100$
 としたとき, As は $1.7 (Bq/cm^2)$ となり, 測定時間が 3 分間でも, α 線を放出しない核種に関し管理区域外に持ち出せる限度値の $4 Bq/cm^2$ 未満を検出できた。日間・日内変動による差異はなかった。

同様に LOQ (10σ) は 55 (cpm) となり, バッ

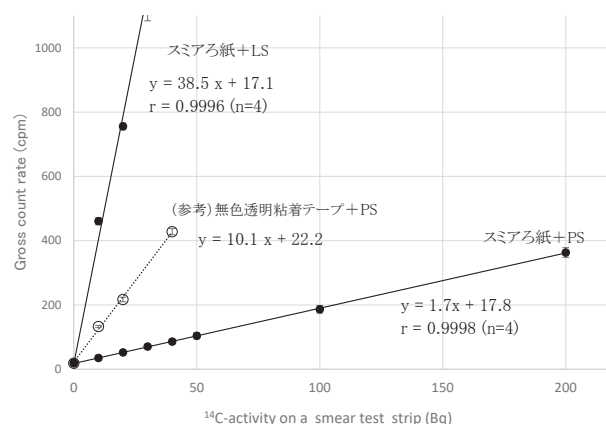


図2 ろ紙試料を液体シンチレータ, ルミネード®で測定した計数率

クグラウンド計数率を加えた 73 (cpm) は表面密度 $4.0 Bq/cm^2$ に相当し, 限度値の $4 Bq/cm^2$ と同等である。

測定の効率も感度も良くはないが必要十分であり, PS シートは使い捨てではなく, 捨てる場合でも容量はほとんどなく, 有機溶媒の蒸気に暴露されることもない。また, 検出限界値以下の試料であればガラスバイアルも洗う必要がないので後片付けの際の洗浄水も LS を使った容器類の洗浄に比べればはるかに少なく済む。

汚染検査は施設の保守管理業務の一部分でしかなく, また, 3H 測定の際には PS シートの表面処理等が必要になるであろうが¹⁾, 汚染の状況の測定の主な目的が施設の維持管理である場合には, 異常のないことを確認するために PS シートを用いるスミア法が役立つであろう。

参考文献

- 1) 古田悦子, *Isotope News*, **755**, 30-33 (2018); URL https://www.jrias.or.jp/books/pdf/201802_RIYOGIJUTSU_FURUTA.pdf

(株式会社セービック)