

## リストデータ形式のデータ収集系を用いた放射性エアロゾル測定を紹介



小島 康明

(アイソトープ総合センター)

### はじめに

放射線管理においては放射線計測は重要な基盤技術の一つである。このうち、環境モニタリングや汚染検査などの管理実務では、伝統的にはエネルギースペクトル、あるいはエネルギー情報を含まない計数のみの測定が用いられている。一方、放射線計測データの収集方法にはこれ以外にリストデータ形式と呼ばれるものがあり、原子核・素粒子実験をはじめとした分野ではこちらの方式が一般的になっている。本稿では、環境モニタリング等への適用を念頭に、空气中エアロゾルに付着した天然放射性核種のリストデータ形式による測定を紹介する。

### エアロゾルの捕集

室内空气中のエアロゾルはハイボリュームエアサンプラーで捕集した。適切な捕集時間を決めるため、GMサーベイメータを用いて、捕集中のフィルター表面における計数を数分おきに計測した。その結果を図1に示す。時間とともに計数が増えていき、空气中のエアロゾルに付着している天然放射性核種がフィルターに捕集されることが分かる。70~90分で計数が飽和することから、以下の実験での捕集時間を90分と決めた。90分間の吸引空気量はおよそ45m<sup>3</sup>である。

### エアロゾル捕集フィルターの測定と解析例

フィルターに付着した天然放射性核種の測定は、PIPS型シリコン検出器（キャンベラCAM600AM）を用いて行った。この検出器は入射窓の厚さが極めて薄い（シリコン換算で2μm

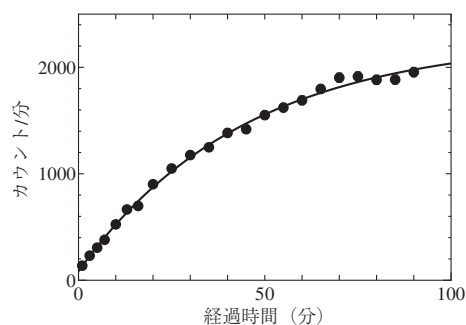


図1 エアサンプラーで空气中エアロゾル捕集中のフィルター表面の放射線計数。横軸は捕集開始後からの経過時間。

程度) ため、β線に加えてα線の測定が可能であり、さらに、入射窓は遮光膜も兼ねているため、特別な測定チャンバーを必要としないという特徴を有する。以下の測定は実験室の空气中（開放空間）で行った。

PIPS 検出器からの信号はプレアンプで波形処理した後、デジタル式のデータ収集装置（テクノエーピー APV8002）を用いて時間情報付きのリストデータ形式で記録した。ここで、リストデータ形式とは、一本の放射線を検出するごとに（以下、イベントと呼ぶ）、その検出時刻（本装置の場合は0.625ns 単位）とエネルギーを簡条書きのように記録する方式である。本装置の場合、測定中にリアルタイムでエネルギースペクトルを見ることができないという短所はある。しかしながら、自作のプログラムによるデータ解析の工夫次第で、測定終了後に様々な情報を引き出せるという利点がある。放射線管理の場ではリストデータ形式での測定は一般的ではないが、活用の可能性は大いにありと

考えている。以下では、リストデータを解析することで得られる情報について、いくつかを紹介する。

図2はエアロゾル捕集後のフィルターを測定して得られたエネルギースペクトルである。天然放射性核種は $\alpha$ 線と $\beta$ 線を放出する( $\gamma$ 線も放出するが、PIPS検出器では感度が低く測定できない)。0~500ch付近に表れている成分は主に $\beta$ 線に起因し、それより高いところは $\alpha$ 線に起因する領域である。本来、 $\alpha$ 線は線スペクトル(ピーク形状)を示すはずだが、空気やフィルターによるエネルギー損失の影響があるため、なだらかな連続的なエネルギー分布として観測されている。

次に、リストデータに記録されている時間情報を利用した例として、図3を示す。これは隣接するイベントの検出時間差を調べて、頻度分布図にしたものである。0~1ms付近に特徴的な傾きが見られる。この部分を指数関数でフィッティングして半減期を求めたところ、168 $\mu$ sが得られ、 $^{214}\text{Po}$ の半減期の文献値164.3 $\mu$ s<sup>1)</sup>とほぼ一致した。 $^{214}\text{Po}$ はウラン系列に属する放射性同位元素であり、ラドン温泉に含まれる成分として知られている $^{222}\text{Rn}$ の子孫核種である。崩壊連鎖

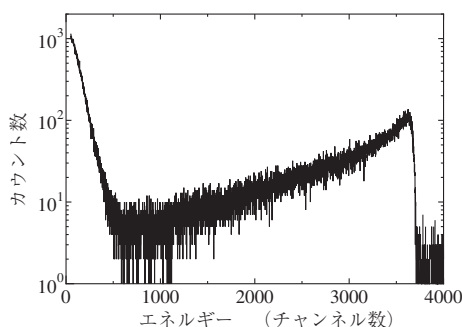


図2 フィルターから放出された放射線のエネルギースペクトル。

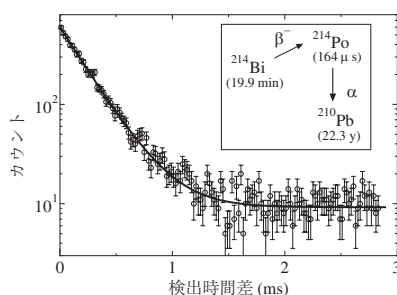


図3 フィルターから放出された放射線検出事象の時間差の頻度分布。

$^{214}\text{Bi} \rightarrow ^{214}\text{Po} \rightarrow ^{210}\text{Pb}$ に起因するイベントが時間差0~1ms付近に表れていることになる。

このことを逆に使えば、ある時間特性を持つイベントのみを取り出して、データ解析の対象にすることもできる。これを行った例が図4である。図4の測定では、エアロゾルを捕集したフィルターと一緒に、微弱の $^{137}\text{Cs}$  $\beta$ 線源を測定している。図4の黒線は全ての測定イベントを解析対象としたエネルギースペクトルであり、当然ながら、 $^{137}\text{Cs}$ と天然放射性核種の両成分が含まれている。図4の青線はイベントの時間差が170 $\mu$ s(半減期)以内のもののみを解析対象とし、そのエネルギースペクトルをプロットしたものである。偶然成分を除けば $^{137}\text{Cs}$ 線源に起因する放射線はこの時間差内には入ってこないはずであり、実際、青線のスペクトルには $^{137}\text{Cs}$ 特有の内部転換電子のピークは見えていない。このことから、時間情報を活用することで、放射性核種ごとにデータを(ある程度であるが)分離できることがわかる。

#### おわりに

時間情報付きリストデータ形式で放射線計測のデータを保存することで自由度の高い解析が可能になり、伝統的な測定手法では得ることが難しい情報を得ることができる。放射線モニタリングなど放射線管理への活用を図っていきたい。

#### 参考文献

- 1) R. B. Firestone, V. S. Shirley (Editors), Table of Isotopes 8th edition, John Wiley & Sons, (1996).

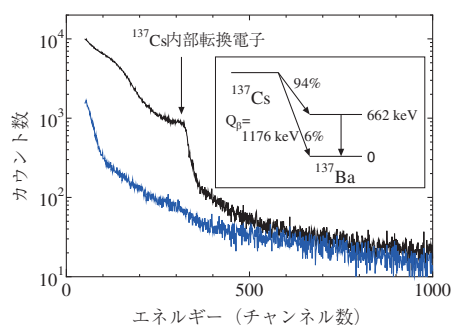


図4 フィルターと $^{137}\text{Cs}$ 線源を同時に測定したときのエネルギースペクトル。黒線は全ての測定イベントを、青線は検出時間差が170 $\mu$ s以内のイベントのみを解析対象にしたときのスペクトル。300ch付近のピークは $^{137}\text{Cs}$ の内部転換電子である。