

本プログラムで測定した環境試料(エアダスト試料 FUK213)中の ^{134}Cs と ^{137}Cs について、以下のように定量した。

①検出効率の決定

放射能の濃度が既知で、環境試料と同様の形状である標準試料(FUK43)を用いて測定を行い、得られた濃度から検出効率を算出した。測定時間は 20671.6 秒である。

^{134}Cs は多数の γ 線を放出することから、604.72keV のピークのみを解析した。 ^{137}Cs は 661.66keV のピークを解析した。各ピークのカウント数は Covell 法に従い算出した。Covell 法は以下の(1)式で表される。

$$Sp = Np - (Nl + Nh) \cdot \cdot \cdot (1)$$

Sp はピーク面積、 Np はピーク中心のカウント数で、ピーク中心チャンネルから低エネルギー側に半値幅に 1.6 をかけたチャンネル数分のカウント数と高エネルギー側は半値幅に 1.4 をかけたチャンネル数分のカウントを合計した値である。 Nl は低エネルギー側に半値幅に 1.6 をかけたチャンネル数分のカウント数、 Nh は同様に高エネルギー側のカウント数である。また、 Sp の統計誤差を、 Np 、 Nl 、 Nh の合計値の平方根をとって算出し、 σ_{sp} とした。表 1 に、FUK43 における ^{134}Cs と ^{137}Cs の結果を示す。

表 1 FUK43 のピーク面積の計算結果

	半値幅	低チャンネル	高チャンネル	Np	Nl	Nh	Sp	σ_{sp}
^{134}Cs	2.867	4.5872	4.0138	354	29	65	260	21.16601
^{137}Cs	3.161	5.0580	4.4258	575	24	27	524	25.01999

Sp の値から、単位時間当たりのカウント数(cps)を算出した。 ^{134}Cs は 0.012578、 ^{137}Cs は 0.025349 である。検出効率は、cps をその線源の全放出数で割ることによって算出した。全放出数は FUK43 を採取した 2011 年 8 月 4 日の時点で既知である濃度 (^{134}Cs :2.30±0.12Bq ^{137}Cs :2.61±0.13Bq)を用いて、測定日である 2013 年 9 月 5 日の時点での濃度を算出し、その濃度に核種固有の放出率(^{134}Cs :0.9763 ^{137}Cs :0.851)をかけることで算出した。また、既知の濃度における誤差の割合を検出効率にかけ、検出効率の誤差 σ_{eff} とした。表 2 に結果を示す。

表 2 検出効率の決定

	元の濃度	経過日数	現在の濃度	全放出数	効率	σ_{eff}
^{134}Cs	2.30	763	1.1421462	1.1150	0.01128	0.000589
^{137}Cs	2.61	763	2.4878968	2.1172	0.01197	0.000596

②環境試料中の放射性 Cs の定量

放射能の濃度が未知で、標準試料と同様の形状である環境試料(FUK213)を用いて測定を行い、標準試料から算出した検出効率を使って放射性 Cs の濃度を定量した。測定時間は52812.4 秒である。

まずは前述の Covell 法を用いてピーク面積を算出した。表 3 に結果を示す。

表 3 FUK213 のピーク面積の計算結果

	半値幅	低チャンネル	高チャンネル	Np	Nl	Nh	Sp	σ_{sp}
^{134}Cs	3.563	5.7020	4.9893	754	107	83	564	30.72458
^{137}Cs	3.170	5.0728	4.4387	1198	56	50	1092	36.11094

得られたピーク面積から、放射性 Cs の濃度を決定した。まずは以下の(2)式によって測定時の濃度を決定した。

$$\frac{S}{t \times F \times \text{eff} \times \text{BR}} [\text{Bq/m}^3] \cdots (2)$$

S はピーク面積、 t は測定時間、 F は空気の吸引量(本測定の場合は 3023.9m^3)、 eff は検出効率、 BR は放出率を表す。次に、測定時の濃度から以下の式(3)を用いて採取時の濃度を決定した。

$$\text{Bq}_{\text{mea.}} \times \text{EXP}((T/T_{1/2}) \times \ln 2) [\text{Bq/m}^3] \cdots (3)$$

$\text{Bq}_{\text{mea.}}$ は測定時の濃度、 T は経過時間(日)、 $T_{1/2}$ は半減期(日)を示す。採取日は 2013 年 1 月 31 日であるので、経過日数は 216 日である。 ^{134}Cs の半減期が 752.28 日、 ^{137}Cs の半減期は 1.102×10^4 日である。以上のデータから、環境試料における放射性 Cs の採取時における濃度を決定した。また、採取時の濃度にピーク面積における誤差の割合、放出率における誤差の割合、検出効率における誤差の割合をそれぞれかけて足し合わせて全体の誤差とし、 σ_{all} とした。表 4 に結果を示す。

表 4 環境試料の濃度の決定

	$\text{Bq/m}^3_{\text{mea.}}$	Bq/m^3	σ_{all}
^{134}Cs	0.000321	0.000391	0.000042
^{137}Cs	0.000671	0.000680	0.000058

以上のように、環境試料 FUK213 の採取時の濃度は、 ^{134}Cs は $0.000391 \pm 0.000042\text{Bq/m}^3$ 、 ^{137}Cs は 0.000680 ± 0.000058 となった。

感想

丁寧な講義と実習、ありがとうございました。濃度の算出は何度か経験がありますが、誤差の計算をここまで真剣に行っていないので、複雑な計算に悩みました。正直合っているのか不安があります。半減期や放出率による誤差をどのように扱っていけばいいのか、結果に誤りがあればご指導をお願いします。