

温泉水を用いた ^{214}Pb の半減期の教材化

The study of the half-life of ^{214}Pb by making use of natural hot spring water

○足利 裕人 (1. 公立鳥取環境大)

○Hiroto Ashikaga ¹(1.Tottori Univ. of Enviroment Study)

E-mail: ashikaga@kankyo-u.ac.jp

温泉水は身近な放射線源である. 三朝の温泉水は ^{222}Rn を多く含み, 壊変して娘核種 ^{214}Pb と ^{214}Bi を生じる. ガイガーカウンタを用いた β 線による元素の減衰測定では, 半減期を求めるのに ^{214}Pb と ^{214}Bi を化学的処理で分離する必要があった. 本研究では ^{222}Rn を活性炭に吸着させ, 放射平衡後に加熱して, 残った ^{214}Pb と ^{214}Bi の γ 線スペクトルを, 3 inch の NaI(Tl)高感度シンチレータを用いて 10 分おきに測定し, 減衰するピークの強度比より半減期を求めた.

1 測定方法

山陰地方には世界一のラドン含有量の三朝温泉と池田鉱泉(冷泉)がある. ここでは泉源の湯を洗浄瓶に6分目とり, 50回激しく振って気相中に ^{222}Rn を追い出し, シリカゲル管を通して, ポリ袋に入れた活性炭に吸着させた¹⁾. ガイガーカウンタで線量の変化を観察しながら放射平衡まで2時間程度放置し, その後電子レンジで数十秒加熱して, 活性炭中に ^{214}Pb と ^{214}Bi だけを残し, それらが壊変時に出す γ 線を 3 inch の NaI (Tl) シンチレータで 10 分間ごとに測定し, 各元素のピークの面積の減衰比を求めた.

2 半減期の計算方法

一定時間 t_0 ごとの MCA (マルチチャンネルアナライザー) が出力するスペクトラムの ^{214}Pb の1つのピークの面積値の比から, 半減期を計算する方法を示す.

図1は半減期 T の放射性物質の減衰の様子である. このグラフの S_1, S_2 の面積は, 時間 t_0 経過することの ^{214}Pb の1つのピークの面積値を示す.

S_1, S_2 の比は積分計算により,

$$\frac{S_1}{S_2} = \int_0^{t_0} \left(\frac{1}{2}\right)^{\left(\frac{t}{T}\right)} dt / \int_0^{2t_0} \left(\frac{1}{2}\right)^{\left(\frac{t}{T}\right)} dt = \left(\frac{1}{2}\right)^{\left(\frac{t_0}{T}\right)}$$

となる. この値を b と置くと, 半減期 T は

$$T = t_0 \frac{\log 2}{\log b}$$

で求まる. b を減衰比とした.

3 測定結果

図2は三朝の河原の湯を泉源として用い,

MCA の γ

線スペクトル出力を CSV ファイルとしてグラフ作成・データ分析ソフト ORIGIN に取り込み, 各ピークを Gaussian 関数で分離したものを示した. 上は測定開始の10分後, 下は続く10

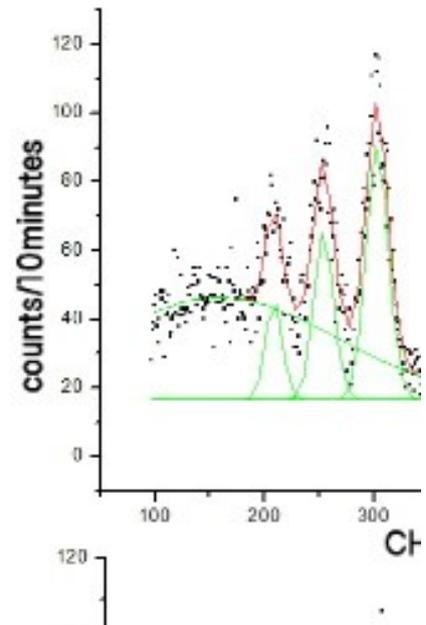


図2 崩壊曲線と半減期

分間の測定を示す. 左の連続する3つのピークが ^{214}Pb であり, 右端が ^{214}Bi である. これら3本の ^{214}Pb のピークの減衰比 b は, それぞれ 1.28, 1.32, 1.18 であった. 実際の ^{214}Pb の半減期は 26.8 分であり, これを減衰比に換算するとほぼ 1.3 になる.

4 おわりに

^{214}Pb の半減期は中等学校の50分授業内で測定できる値であり, 安価で高感度のシンチレータと MCA, 数百グラムの活性炭があれば教材化が可能である. 当面は, 図2のピークを厚紙に印刷して生徒に配布し, 切り取って質量を測定して比を求め, 半減期を計算する定量的教材としての利用を予定している.

参考文献

[1] 足利裕人, 放射線と産業, No.126, pp.20-24, 2010

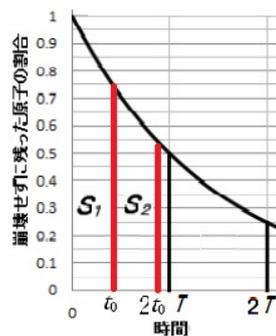


図1 崩壊曲線と半減期