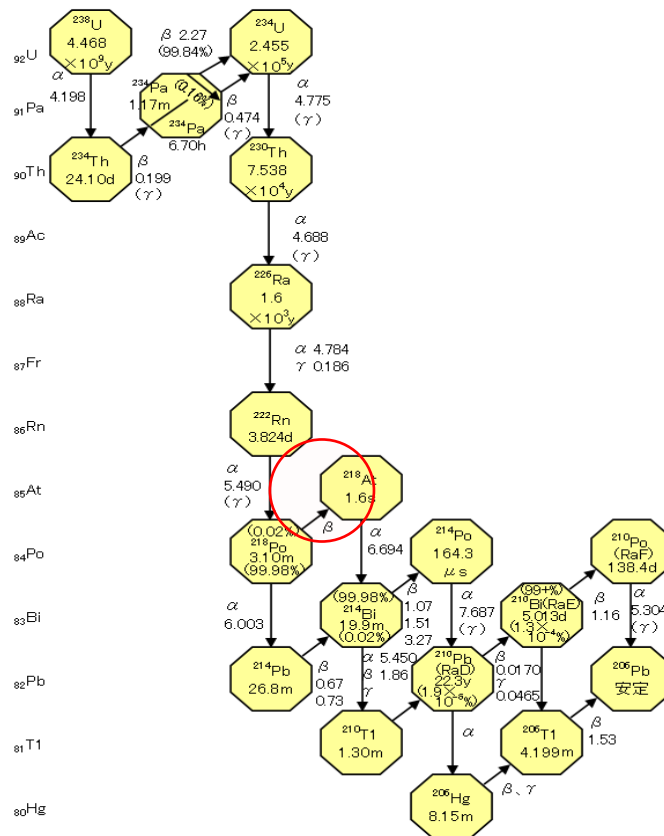


## 浸出水中の異常計数

風化によって結晶間のウランが岩石から解き放たれ、河川上流など酸化環境で水に溶けやすいウラン錯体として水によって運搬される。水中ウランは扇状地や断層など河川水が地下水化しやすい還元環境で堆積層に濃集を繰り返し、ウラン、ラジウム、ラドンの濃度の高い地層が形成される。この結果激しい降雨の後などではウラン、ラジウム、ラドンが放出しやすい。結果として激しい降雨の後の土壌若しくは浸出水等の計測中にCsの異常計測が観測されます。

### 1. ウラン壊変系列

- ウラン系列で長い半減期を持つ  $^{226}\text{Ra}$  が  $\alpha$  崩壊、ベータ崩壊して  $^{222}\text{Rn}$  に成る。
- $^{222}\text{Rn}$  は非常に短い時間に崩壊し、 $\alpha$  崩壊、ベータ崩壊して  $^{214}\text{Pb}$ 、 $^{214}\text{Bi}$  に成る。
- $^{214}\text{Bi}$  は半減期 19.7 分で 609keV の  $\gamma$  線を放出する。  
⇒これが  $^{137}\text{Cs}$  および  $^{134}\text{Cs}$  のピークと重なる。(下図参照)



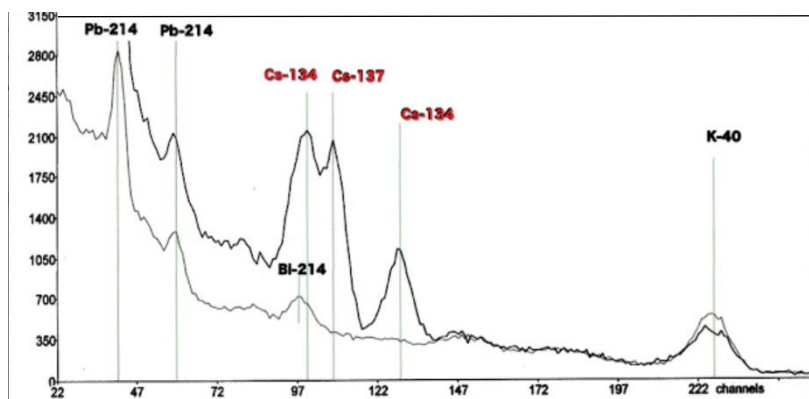
すなわち、

$^{222}\text{Rn}$  ( $\alpha$ 線放出)  $\rightarrow$   $^{218}\text{Po}$  ( $\alpha$ 線放出)  $\rightarrow$   $^{214}\text{Pb}$  ( $\beta$ 線放出)  $\rightarrow$   $^{214}\text{Bi}$  (609keVの $\gamma$ 線放出)

## 2. 福島汚染土壌によるスペクトルと通常に土壌のスペクトル

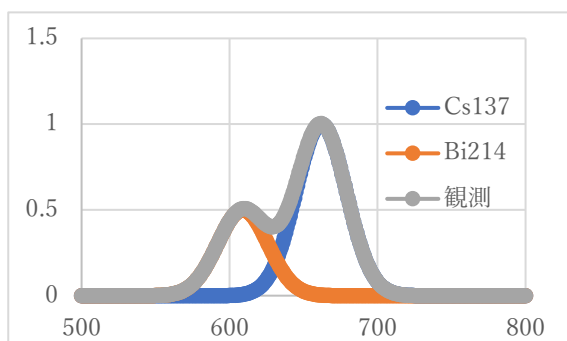
(原発事故当時で、分解能が良い検出器での観測)

福島汚染では Cs によるピークが主であるが、通常の土壌では K-40, Bi-214 (609keV の  $\gamma$ 線 半減期 : 19.7 分), Pb-214 (半減期 : 19.9 分) などが観測される。



## 3. $^{214}\text{Bi}$ と $^{137}\text{Cs}$ および $^{134}\text{Cs}$ からの分離

- $^{134}\text{Cs}$  (エネルギー : 605keV) と  $^{214}\text{Bi}$  (エネルギー : 609keV) は分離することが出来ません。すなわち個別の量を求めることは出来ません。  
しかし、幸いに現在では  $^{134}\text{Cs}$  の減数が進み、殆ど観測されません。
- このために  $^{137}\text{Cs}$  (エネルギー : 662keV) と  $^{214}\text{Bi}$  (エネルギー : 609keV) が分離できれば、それぞれ量を求めることが出来ます。
- 現在中間貯蔵施設で使用している NaI 検出器のエネルギー分解能は約 15%で、この分解能では二つのピークを分離することが出来ません。
- 唯一の可能性はシンチレータを GaGG に変更することです。GaGG のエネルギー分解能は 6%程度であるために  $^{137}\text{Cs}$  (エネルギー : 662keV) と  $^{214}\text{Bi}$  (エネルギー : 609keV) は分離して観測できます。
- 現在の検出器を NaI から GaGG に変更して、計測回路などはそのまま活用できますのが、分離ソフトを追加しなければなりません。これらを含めた改造費は製造原価レベルで 200 万円程度 (1 セット) で可能です。
- 以下にシミュレーションの結果を示します。



参考資料 自然バックグラウンドーラドン 220 とラドン 222 (JAEA 資料より)

### 空気中のラドン濃度

屋外環境のラドン濃度は、地面からの発散と大気との混ざり具合により影響されます。日中起きることの多い、大気の動きが激しくなると、逆転層でラドンが地上近くに捉えられる夜間よりも垂直方向の混合が起きます。このため、屋外のラドン濃度は一日のうちでも 10 倍以上変わる場合があります。降雨の影響あるいは風の変化に関連した季節変動もあります。代表的な屋外の長期のラドン濃度の平均値は、ラドン 222, 220, 共に約 10 Bq/m<sup>3</sup> です。しかし、ラドン 222 濃度の長期の平均値は、典型的な孤立した小さい島で示す値の 1 Bq/m<sup>3</sup> から、典型的なラドン蒸発率の高い広面積で示す値の 100 Bq/m<sup>3</sup> 以上までと幅があります。

ラドン 222 は屋外空気中で高濃度を示しますが、被ばくの経路は主に、屋内での吸入です。全体的に世界中で人口の重み付けをした濃度の算術平均値は 39 Bq/m<sup>3</sup> です。一方、1,000 Bq/m<sup>3</sup> を超える濃度を示す場所も珍しくはありません。



スロバキアの旧露天掘りウラン鉱山。空中でのラドン-222 の最大濃度は 68,000 Bq/m<sup>3</sup> である。

### ラドン 220 とラドン 222 による年間実効線量

線量の推定において、ラドン 220 とラドン 222 の崩壊系列核種の濃度は、慣習的にラドン 220 あるいはラドン 222 の平衡等価濃度が使われます。これは崩壊系列核種が永続平衡状態にあるとすることを意味します。

世界中で、平均線量の推定値は、代表的に屋内と屋外のラドン 222 の濃度が、それぞれ、40 と 10 Bq/m<sup>3</sup>、平衡係数を屋内 0.4、屋外 0.6、屋内と屋外に滞在する割合をそれぞれ 0.8 と 0.2 として計算します。これらの値から算出される年間実効線量は、屋内で 1.01 mSv、屋外で 0.095 mSv となります。ラドン 220 の場合、世界平均の年間実効線量は、屋内で 0.084 mSv、屋外で 0.007 mSv と推定されています。