

## 地上ガンマ線測定による地殻活動モニタリング（その2）

## Monitoring of crustal activity by gamma ray measurements on the ground(Part 2)

# 佃 為成[1]

# Tameshige Tsukuda[1]

[1] 東大・地震研

[1] ERI, Univ. Tokyo

地殻の応力の高まりや変形の進行によって地殻活動が活発になると、それに伴って微小クラック群の生成、既成クラック群の変形、間隙流体の移動、微小地震や群発地震が発生すると考えられる。大地震発生の準備過程においてもこのような現象が現れる可能性が高い。流動流体の中でラドンガスは以下のような特質がある。1) ウランやラジウムの元素崩壊により生成され常に豊富に存在、2) 放射能をもつため検出が容易、3) 存在寿命（半減期3.8日）をもつので古い情報は消去され地下の最新状態を伝える信号として有益である。ラドンは通常、岩石鉱物の結晶中や間隙に閉じこめられていて、その生成率と崩壊率が釣り合った放射平衡状態にあり、地表への放出も定常的であると推定される。ところが、地殻活動が活発になると、クラック群が生成される。これがラドンガスの通路となり、その地上への供給が増加する。各地域の通常のラドン放出量を把握しながら、その時間変化を測定すれば地殻活動をモニターすることができる。

測定には可搬型ガンマ線シンチレーションカウンター〔応用光研（株）製ラドンエマノメータ RE-100〕を用いる。この装置を自動車や列車に搭載して行う“線”の観測や、1点での連続観測によって地上近くの空気中に浮遊するラドンを検出する。装置 RE-100 は、NaI シンチレータと光電子増倍管を用いて、ガンマ線放射をエネルギー強度別にカウントするものである。ラドンは放射崩壊してビスマスに変わる。このビスマス 214 が崩壊するときに放射するガンマ線を検出する。この装置はガンマ線エネルギーのスペクトルの2つのバンド（チャンネル）について連続測定できる。チャンネルの一つは 40K、もう一つは 214Bi が放射するガンマ線領域に設定する。それぞれ、1300-1599keV、494-806keV にウインドウを設定した。40K のカウント数を基準にし、214Bi 領域に対応する‘散乱ガンマ線’のカウント数を推定し、実測値からそれを差し引く。それを REF（ラドンエマネーション）とし、上記推定ガンマ線のカウント数に対する REF の比を求め、その符号を変えたものを RATE（エマネーション化率）として表示する。ここで‘散乱ガンマ線’とは、40K 起源のガンマ線が地下の土壌や岩体の中で、あるいは測定器（シンチレーター）内部でコンプトン散乱されたものと、その他のバックグラウンドのガンマ線の総和を意味する。

およそ5年前から、1)この方法にて地下から噴出するラドンの濃度変化を確実に測定できるか、2) 地域による放出量の変化をどの程度検出できるか、3) ある地点での時間的な変動は通常どの程度か、4) 移動観測において、空間的な変化がどの程度測定できるという課題を立てて研究を続けている。これまでに、定点観測や同じ測線についての繰り返し測定を行い、上記試験の実績を蓄積しつつある。今回は、以前からの検証の続きと、とくに測定方法原理の検証とガンマ線スペクトル測定精度に焦点をあてる。

野外では、地面付近の岩石に含まれている40K のガンマ線やその散乱波、地中から噴き出すラドンに起源をもつ 214Bi のガンマ線などがシンチレータに入射する。ラドンの強い噴出がない場合は、214Bi のチャンネルには或る平均的なバックグラウンドのレベルが存在するであろう。このレベルは、地面からの高さや測定環境によって異なってくる。自動車走行での測定の例と鉄道（新幹線）での測定例について、40K 計測値と 214Bi 計測値の関係を示す。上のそれぞれについて、以下の線型関係が成り立つ。

$$B = 2.740 K + 186.03 \quad (\text{自動車走行})$$

$$B = 3.135 K + 109.42 \quad (\text{新幹線走行})$$

傾きの値はだいたい3であって、同じ様な値であるが、切片の値はそれぞれ大きく異なる。地面からの高さやその他の測定環境によって値が上下するのであろう。この一般的な傾向から 214Bi 計測値増加の方へ大きくはずれる測定データは、ラドンの強い噴出を示すことになる。

ラドン放出は間欠的であるが、道路や鉄道のトンネルにはラドンがしばらく滞在するので、乗り物走行中にラドンを検出する確率が比較的高い。これを関越トンネル（10km）などで実証した。一般的に同じルートの走行測定を繰り返すと、どこの地点でラドン放出が頻発しているかを確認することができる。