ミニレビュー

地表面における自然 γ 線強度の分布

湊 進

地表 γ 線のサーベイは以前から世界の各地で行われてきた。1970年代までのデータは藤高・阿部^{1),2)}の報告に詳しく紹介されている。その後も地域サーベイはますます盛んに実施されている。サーベイ面積の大きな代表的なものを挙げるとすれば次の三つが妥当だろう。すなわち、米国地質調査所³⁾が航空サーベイをもとに製作したアメリカ合衆国の地図、Green ら⁴⁾が EC 委員会の支援のもとに作成したヨーロッパの地図、および古川⁵⁾が文献値からまとめたアジアの地図である。

これまでの地域サーベイはおもに地球科学のおよび保健物理的見地から行われてきた。最近のものは後者に偏っている傾向がある。そこでこのレビューでは前者に力点を置いて解説したい。

1. 空間変動の構造

地表面で等間隔に自然 γ 線を測定すると変動の様子はたとえば図 1 のようになるはずである。この強度変化はいろいろな波数（空間周波数）の波から成り立っている。そしておのおの

図 1 地表 γ 線量率の変動の一例

の波の振幅は規則的に高周波数側に漸減していく（図 2 参照）。おのおのの波の位相の組合せがそれぞれの測定区間で異なるだけである。したがって、測定された空間系列の変化の様相はどこで測っても同様の印象を与える。

これは空間スケールによらない。測定区間が小さいときは縦軸をある尺度で拡大すれば図 1 のようになる。大きいときは逆である。その尺度は図 1 にある式⁶⁾で決まる。地形断面、土壤の表面粗さ、地下水位、土壤の pH など環境因子データの多くは図 2 で示されるような両対数直線型変動構造をしている⁷⁾。ただ、測定対象ごとにスペクトルの勾配が異なるのみである。筆者⁶⁾は 50 例以上のいろいろな測定区間で地表 γ 線線量率を測定した。図 2 はそれらの空間系列のパワースペクトルをまとめたものである。実は図 1 は図 2 のスペクトルをもとにした経験式から数値シミュレーションした例である。図 2 でわかるように約 7 桁のスケールでしっかりした両対数直線構造が成り立っている。ただし、それぞれの変動は図 1 中の式に見られるように平均値の関数になっている。

図 1 中の式は次のことを意味している。すなわち、いろいろな区間で測定してもその変動係数（平均値に対する標準偏差）はほぼ一定であること、測定区間の長さよりも、その区間における強度の平均値のほうが分散（標準偏差の二乗）に効いている⁶⁾。

地表面で測定される自然 γ 線はせいぜい地下 30 cm の深さまでの土壤中の天然放射性核種（ ^{238}U 系列、 ^{232}Th 系列および ^{40}K ）によるものである。しかし次節で述べるように土壤は基盤岩石が風化してできるものである。そして岩石は地下深部のマグマが上昇固結してできる。したがって、図 2 においては低周波数側は地殻下部の、また、高周波数側は地殻表層の天然放射性核種の分布を反映しているとみるのが自然である。今後は地下数十 km までの放射能の垂直分布⁸⁾まで視野にいれて、

図2 複数のパワースペクトルの最小二乗あてはめ

図2のような単純な構造がいかにしてできたのかというメカニズム解明の研究が望まれる。

2. 地中放射能の収支

地表 γ 線強度が地質に大きく左右されることはよく知られている。この地球物理学的な背景については藤高⁹⁾が詳しく解説している。

図3は岩石上および土壌上1 mでの線量率である^{10), 11)}。火成岩では酸性岩の放射能が高く、塩基性岩では低い。中性岩ではその中間である。これはマグマの結晶分化作用である程度説明できる¹²⁾。 γ 線強度データと岩石種を関係づける場合、花崗岩と花崗岩類の区別に注意しなければならない。後者には花崗岩の他に花崗閃緑岩（酸性岩）と石英閃緑岩および閃緑岩（中性岩）も含むからである。堆積岩と変成岩の起源はすべての岩石なので酸性岩と塩基性岩の間の値をとる。ただし炭酸塩岩はおもに生物起源なので放射能が低い。

基盤岩石とその上にある土壌とで値が異なる第一の理由は、岩石から生まれた土壌の一部が河川などの営力により他の種類の基盤岩石上に運搬されたり、直接に海洋へ取り込まれるからである。その他に放射性核種の溶脱や土壌中の水分量などが考えられる。図3は土壌収支のモ

図3 岩石および土壌上1 mにおける線量率

デルによりかなりきれいに説明できる¹¹⁾。

保健物理的な仕事では放射線地図の完成がゴールを意味するが、地球科学的研究では多くの場合それがスタートラインとなる。

Key Words: terrestrial gamma-ray, spatial variation, power spectrum, geology

文 献

- 1) 藤高和信, 阿部史朗: 放射線科学, **21**, (11), 212 (1978)
- 2) 藤高和信, 阿部史朗: 同上, **21**, (12), 230 (1978)
- 3) U. S. Geological Survey Digital Data Series DDS-9 (1993) [http://sedwww.cr.usgs.gov:8080/radon/usagamma.gif]
- 4) Green, B. M. R., Lomas, P. R. and Luykx, F.: *Radiat. Prot. Dosim.*, **36**, 85 (1991)
- 5) 古河雅英: *Radioisotopes*, **45**, 711 (1996)
- 6) Minato, S.: *ibid.*, **45**, 619 (1996)
- 7) Burrough, P. A.: *Nature*, **294**, 240 (1981)
- 8) Lachenbruch, A. H.: *J. Geophys. Res.*, **73**, 6977 (1968)
- 9) 藤高和信: 保健物理, **21**, 295 (1986)
- 10) Wollenberg, H. A. and Smith, A. R.: *Health Phys.*, **58**, 183 (1990)
- 11) Minato, S.: *Nucl. Geophys.*, **9**, 129 (1995)
- 12) 湊 進, 下 道国, 他: 岐阜医療短大紀要, 第10号, 1 (1944)

(名古屋工業技術研究所環境技術研究室)