

環境中の自然放射線による 空間線量マッピング

—EU 諸国における取り組み—



藤 吉 亮 子

1 はじめに

環境中には起源の異なる種々の放射性核種が存在する。地球が誕生した 46 億年前から存在していた長半減期 ($T_{1/2}$) の ^{40}K ($T_{1/2}=1.28 \times 10^9 \text{ y}$), ^{232}Th ($T_{1/2}=1.4 \times 10^{10} \text{ y}$), ^{235}U ($T_{1/2}=7.0 \times 10^8 \text{ y}$) および ^{238}U ($T_{1/2}=4.5 \times 10^8 \text{ y}$) は原始放射性核種と呼ばれ, ^{40}K 以外はいずれも系列を作って最終的に鉛 (Pb) の安定同位体へと壊変する。宇宙線 (2 次) と大気成分との相互作用により, ^3H ($T_{1/2}=12.3 \text{ y}$), ^7Be ($T_{1/2}=53.4 \text{ d}$), ^{14}C ($T_{1/2}=5730 \text{ y}$), ^{37}Ar ($T_{1/2}=35 \text{ d}$) などの宇宙起源放射性核種が生成する。人間活動に伴って放出された人工放射性核種として, ^{90}Sr ($T_{1/2}=28.8 \text{ y}$) や ^{137}Cs ($T_{1/2}=30.0 \text{ y}$) などが知られている。

これらの環境放射性核種は, 壊変に伴ってエネルギーの異なる種々の放射線 (α , β , γ) を一定の確率で放出し, バックグラウンド放射線として地球上の生物に吸収される。放射線の量を評価する指標として, 例えば地上のガンマ線測定による空間線量 (率) が用いられる。2011 年 3 月 11 日の東日本大震災に伴う東京電力福島第一原子力発電所事故に起因した甚大な環境被害は, 福島県の森林域でも依然として継続している¹⁾。日本の環境放射線 (放射能) 測定に関しては, 原子力規制庁をはじめ国, 地方団体および電力会社が協力して, 1957 年以降の国内各地の測定データを公開している²⁾。このようなバックグラウンドデータの蓄積および総括は, 今後起こる可能性がないとはいえない事故に対する迅速な判断に重要な情報を提供する。

福島事故の場合や, 1986 年に旧ソ連ウクライナで起きたチェルノブイリ原子力発電所事故のように, 施設の爆発等で大量の放射性核種が大気中に放出された場合は, 事故時の気象条件等に依存して広範囲の地域がフォールアウト (放射性降下物) の被害を受けることになる。日本のように孤立した島国と異なり, 多くの国が隣接するヨーロッパでの環境放射線測定にはどのような

Mapping of Ambient Radiation Dose Rate in the Environment
(The EU Approach).

問題があり, それをどのように解決してきたか, また日本における環境放射線モニタリングの今後の方向性を考えることを目的として, 本講では, ヨーロッパ (EU 諸国) を中心に取り組みされている地表ガンマ線量率のマッピングに関する最新の状況を紹介する。

2 ヨーロッパにおける環境放射線モニタリング概要

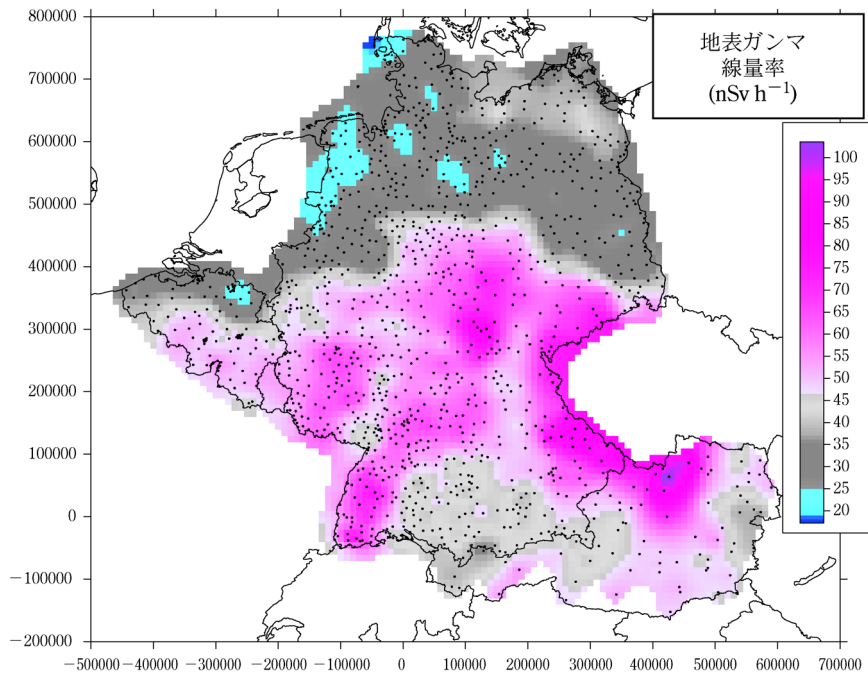
空間線量率の連続モニタリングサイトは, ヨーロッパ全体で 4500 ヶ所存在し, いずれも各国の放射線防護委員会とネットワークを構築している。これらのネットワークを統合しているのが, 欧州委員会 (European Commission) のジョイントリサーチセンター (JRC) によるユーデップ (EURDEP) システムである³⁾。主な目的は, 放射線事故等の緊急時即時警告であり, 測定データはほぼリアルタイムでインターネット上に公開される。しかし, 各国で用いられている放射線測定体系, 測定法, データ解析および伝達法などの基本的手法が異なるため, データの総合的な判断はきわめて困難であった。個々のデータの違いを把握し, 調和アルゴリズムの適用により統一的なデータを取得する努力が続いている。チェルノブイリ事故後の EU 諸国において空間線量率に影響をおよぼすような事故は起こっていない。福島事故による影響は, 各観測システムの検出限界をはるかに下回るレベルであり, 現時点ではバックグラウンドデータの蓄積にとどまっている。

このような環境放射線モニタリングデータは, 2006 年以來開発が進められているヨーロッパにおける自然放射線地図 (European Atlas of Natural Radiation) の作成, および土壌・岩石由来 (Geogenic) ラドンポテンシャル推定のための基礎データとして科学的に適用できる可能性がある。空間線量率の測定値はいくつかの成分を含むため, 地表ガンマ線量率を求めるためには各成分の分離作業が必要となる。このプロジェクトで中心的な役割を果たしている Bossew ら⁴⁾による空間線量率, 線量率の実測値におよぼす宇宙線およびラドンの寄与を定量的に明らかにする取り組みを紹介する。

3 手 法

測定に必要な線量率計の校正 (エネルギー・効率) および装置の品質管理はヨーロッパ全体における統一的数据評価に欠かせない。多くの機関は定期的にユーラドス (EURADOS, (European Radiation Dosimetry) が主催する相互比較実験 (Intercomparison Experiment) に参加してプローブの性能チェックを行っている。

真の空間線量率は, 宇宙線, 大気放射線および真の地表ガンマ線量率からの寄与の合計として原理的には表される。真の値は不明であり, 測定器を通して測定された値のみを知ることができる。測定値は主に, 測定器の自己効果 (検出器の材質に由来する計数や電氣的ノイズ), 宇宙線および地表放射線を放射線源とする成分からなる



x, y 軸：西経 4°, 北緯 41° 地点を (0, 0) とした距離 (m) (10 km×10 km グリッド)

図 1 空間線量率の地表ガンマ線量率成分 (nSv h⁻¹) マップ (主対象国：ドイツ)

として、実験やモデルを通して各成分からの寄与率を評価する。地表面におけるガンマ線量率は土壌や岩石に含まれる天然放射性核種 (⁴⁰K, ²³²Th, ²³⁸U) およびその子孫核種に起因し、線量変換係数 Γ (nSv h⁻¹)/(kBq m⁻²) は核データや土壌組成の違いなどを反映する。また ²³⁸U 系列の放射性気体 ²²²Rn ($T_{1/2}$ =3.82 d) は、地表面から大気中に散逸し、その短半減期子孫核種である ²¹⁴Pb ($T_{1/2}$ =26.8 min) および ²¹⁴Bi ($T_{1/2}$ =19.9 min) から放出されるガンマ線量は気象条件により変化する。

このように、地表ガンマ線量率は種々の自然および人為的要因に影響されるため、長期にわたる観測データの蓄積からその時間的変動性を明らかにする必要がある。

4 結果と現況

空間線量率の長期モニタリングデータ (主対象国：ドイツ) から一時的なラドンピークや気象条件に依存した周期性および積雪による影響を確認した。これらの結果から各成分 (自己効果, 宇宙線, ラドン子孫核) の線量寄与率および不確かさを明らかにした。図 1 に、空間線量率の観測データから自己効果および宇宙線成分を除去して得られたドイツおよびその周辺地域における地表ガンマ線量率の結果を示す⁵⁾。多くの観測ポイントで同時モニタリングを行うことで、ローカルで一時的な線量率変化を特定できる点がこの取り組みのメリットの一つといえる。

5 今後の展開にむけて

環境放射線モニタリングの有用性と問題点をヨーロッパにおける試みを例にあげて紹介した。日本においては福島事故以来、空間線量率や放射能測定モニタリング

が多くの地域で行われている。このような作業を単にルーチンワークのデータ蓄積のみに終わらせないためには、できるだけ多くの観測ポイントで長期にわたる観測を継続し、得られたデータを総合的にわかりやすい形で公表する必要がある。緊急時の迅速な判断は、日常のバックグラウンドデータ把握にかかっているといえる。

文 献

- 1) 環境省：森林の放射性物質に関する知見 (福島の森林・林業のための関係省庁プロジェクトチーム第二回) 参考資料, 平成 28 年 3 月 9 日 (<http://josen.env.go.jp/about/efforts/forest.html>) (2017 年 10 月 22 日, 最終確認)
- 2) 原子力規制委員会：放射線モニタリング情報 (<http://radioactivity.nsr.go.jp/map/ja/>) (2017 年 10 月 22 日, 最終確認)
- 3) 欧州委員会ジョイントリサーチセンター：(https://ec.europa.eu/info/departments/joint-research-centre_en/) (2017 年 10 月 22 日, 最終確認)
- 4) P. Bossew, G. Cinelli, M. Hernández-Ceballos, N. Cernohlawek, V. Gruber, B. Dehandschutter, F. Menneson, M. Bleher, U. Stöhlker, I. Hellmann, F. Weiler, T. Tollefsen, P. V. Tognoli, M. de Cort : *Environ. Radioact.*, **166**, 296 (2017).
- 5) P. Bossew, G. Cinelli, T. Tollefsen, V. Gruber, M. de Cort : *ENVIRA* 2015, p. 9 (2015).



藤吉亮子 (Ryoko FUJIYOSHI)

北海道大学大学院工学研究院 (〒060-8628 札幌市北区北 13 条西 8 丁目)。名古屋大学大学院理学研究科地球科学専攻単位取得退学。理学博士。《現在の研究テーマ》森林域における環境放射性核種と土壌空気成分のダイナミクス解明。《主な著書》“湖沼の科学”(分担共訳)(古今書院)。《趣味》テニス、絵画。

E-mail : fuji@eng.hokudai.ac.jp