

第3章 自然放射線・天然放射性核種による被ばく線量等に関する調査研究

3.1 自然被ばく線量評価と環境中 α 放射性核種の分布

Dose Assessment of Natural Radiation and Distribution of Natural α -emitting Radionuclides in the Environment

大塚 良仁, 五代儀 貴, 高久 雄一, 久松 俊一
環境影響研究部

Yoshihito OHTSUKA, Takashi IYOGI, Yuichi TAKAKU, Shun'ichi HISAMATSU
Department of Radioecology

Abstract

Natural background radiation doses for residents and the ecosystem in Rokkasho, Japan are important for evaluating the significance of the dose from the small amounts of radionuclides discharged from the first commercial spent nuclear fuel reprocessing plant located there. In this study, the aims were to establish methods for measuring the environmental γ -ray radiation dose to people in their actual living environment and the natural radiation dose to biota in the aquatic environment of Lake Obuchi neighboring the plant. Since the background level of natural α -emitting radionuclides is also useful as a reference for such radionuclides as Pu assumed to be discharged from the plant, this study also had another purpose of obtaining the concentration level of natural α -emitting radionuclides in various environmental samples.

Environmental γ -ray radiation dose rates to people in Rokkasho were measured seasonally by using personal monitoring meters which logged data for 1 week in each season in FY 2011. Dose rates in various working and living environments were also measured for a year with glass dosimeters. The mean personal radiation dose for 5-10 volunteers was 36 nGy h^{-1} and higher than the value of 27 nGy h^{-1} estimated with the measurement results in the various environments using mean spending time in each environment from the literature.

To estimate external radiation dose to biota in Lake Obuchi, environmental γ -ray dose in lake water was measured with glass dosimeters in air-tight boxes sank under water. Concentrations of radionuclides in a seagrass (*Zostera marina*) were also measured to estimate internal dose. The environmental γ -ray dose rate at the surface of the lake water was found to be 27 nGy h^{-1} , and the dose rate decreased with the water depth. The radionuclide in the highest concentration in the seagrass was ^{40}K , and its contribution to internal dose was about 60% using the dose conversion coefficients of a vascular plant calculated by FASSET. A voxel phantom of the seagrass was constructed with a 3-dimensional scanner for dose calculation in future work.

Natural α -emitting radionuclides were determined for samples of various environmental media in Rokkasho: soil, sediment, lake water, precipitation, and aerosol samples. Un-disturbed soil samples from two sites in Rokkasho were analyzed, and it was found that ^{210}Po was present in the highest concentration among natural α -emitting radionuclides. Concentration of ^{210}Po in the 0-2 cm surface layer of these soil samples was 9500-15000 times larger than that of Pu assumed to be discharged from the plant. Polonium-210 also was found in the highest concentration in sediment samples from the Obuchi River and

Lake Obuchi, and atmospheric deposition and aerosol samples collected in IES, while ^{238}U originating from seawater was the highest in lake water samples from Lake Obuchi.

1. 目的

本調査では、青森県六ヶ所村に立地する大型再処理施設に由来すると想定されている被ばく線量や排出放射性核種（Pu等）の環境中濃度に対する的確な対照を得ることを目的とする。このため、県民の生活実態に沿った環境 γ 線による被ばく線量を得ると共に、六ヶ所村内の土壌及び湖水等の天然 α 線放出核種等の濃度レベルを明らかにすることを目標とする。加えて、排出放射性核種による当該施設周辺生態系の被ばく線量増加を考慮して、六ヶ所村内の水生生物が受ける被ばく線量の評価法確立を目標としている。

2. 方法

生活環境における環境 γ 線線量率を明らかにするために、六ヶ所村内の屋内職場環境、住宅及び屋外の合計 28 地点においてガラス線量計を用いて環境 γ 線線量率を測定した。更に、生活実態に沿った外部被ばく線量のデータを得るために、5 名から 10 名を対象に、個人線量計を用いて季節別に各 1 週間の環境 γ 線線量率の個人モニタリングを実施した。

六ヶ所村の未耕地土壌を採取して、土壌中天然 α 線放出核種等を分析して鉛直分布を明らかにすると共に、逐次抽出法を用いて、これらの放射性核種の存在形態を調査した。更に、尾駱川を含む尾駱沼内 4 地点において湖水、並びに尾駱川及び尾駱沼内アマモ場において柱状堆積物コアを採取し、加えて、環境研構内において、1 週間間隔で大気降下物を採取するとともに、エアロゾルを 1 週間当たり 1 日間採取し、採取試料中の天然 α 線放出核種等の濃度レベルを調査した。

尾駱沼内の 3 地点においてガラス線量計を設置して、深度別水中 γ 線線量率を測定すると共に、尾駱沼のアマモ場において採取したアマモ試料を葉部と地下茎に分けて、それぞれの部位について放射性核種を測定した。更に、アマモの被ばく線量の計算に用いるボクセルファントムを作成するために、尾駱

沼で採取したアマモ試料の内、地下茎から葉部まで連続して採取できた試料を 3D スキャナーで撮影し、アマモの形体のポリゴンモデルを作成した上で、画像処理ソフトを用いて断面画像を作成した。この断面画像を基にアマモ簡易ボクセルファントムを作成した。

3. 成果の概要

3.1 生活環境外部被ばく線量の調査

(1) 六ヶ所村の生活環境における環境 γ 線線量率測定

ガラス線量計により六ヶ所村の屋内職場環境、住宅及び屋外において環境 γ 線線量率を測定した結果、年平均線量率は $20\sim 43\text{ nGy h}^{-1}$ であり、これまで六ヶ所村の人工物の少ない屋外で測定した年平均線量率である 24 nGy h^{-1} ($21\sim 27\text{ nGy h}^{-1}$) に比べて高い傾向があった。総務省の社会生活基本調査による青森県の生活行動別の時間を用い、各生活行動場所の環境 γ 線線量率に本調査による測定結果とこれまでの人工物の少ない屋外の測定結果を割り当てて、六ヶ所村の環境 γ 線線量率を計算した結果、 27 nGy h^{-1} であった。なお、職場の線量率としては、国勢調査及び経済センサスにおける青森県の産業別就業者数の重みを付けた平均値を用いた。

(2) 環境 γ 線線量率の個人モニタリング

春夏秋冬各 1 週間の各個人の平均線量率は 36 nGy h^{-1} ($26\sim 47\text{ nGy h}^{-1}$) であり、前述の生活環境における環境 γ 線線量率測定結果等から計算される値より高いものであった。その理由として、推定線量率を算出する際に用いた生活時間統計値と調査対象者の実生活時間との差等が考えられる。

3.2 陸上環境及び水環境中の天然 α 線放出核種等の分布調査

(1) 未耕地土壌中の天然 α 線放出核種等の鉛直分布及び存在形態の調査

土壌中 α 線放出核種の中で最も高濃度の天然 α 線放出核種は ^{210}Po であった。大型再処理施設から排

出が見込まれるPu同位体のうち、 α 線放出核種である α 放射性Pu ($\text{Pu}(\alpha)$)の表層土壌中濃度は 7E-5 Bq g^{-1} -乾と評価されており、0~2 cm層の土壌中 ^{210}Po 濃度と比較して、約1/15000~1/9500に相当する。 ^{238}U 及び ^{232}Th は、残渣内に存在する成分と遊離酸化物吸蔵態が大部分を占めていたが、 ^{238}U では有機結合態も全体の10~20%を占めていた。 ^{210}Po の大部分は硝酸抽出成分及び残渣内に存在した。これに対して $^{239+240}\text{Pu}$ の大部分が遊離酸化物吸蔵態と硝酸抽出成分であった。

(2) 尾駸沼の湖水及び堆積物中天然 α 線放出核種等の鉛直分布調査

湖水中天然 α 線放出核種の中で最も高濃度の核種は ^{238}U であり、ほとんどが $0.2\text{ }\mu\text{m}$ 以下の溶存態成分で存在していた。更に、 ^{238}U 濃度と塩分との相関関係から、 ^{238}U の供給源はほぼ海水であると考えられた。

尾駸川及び尾駸沼内アマモ場で採取した堆積物試料中で最も高濃度の天然 α 線放出核種は、 ^{210}Po であった。両地点共に、表層6 cm程度まで ^{210}Po は親核種の ^{210}Pb と放射平衡になっているが、 ^{226}Ra とは全ての深さで非平衡であった。更に ^{210}Po を含め、測定した全ての α 線放出核種の鉛直分布は、堆積物表層から20 cmまではほとんど濃度変化が認められなかった。

(3) 大気降下物等の濃度測定

大気降下物の採取期間中で最も降下量の多かった天然 α 線放出核種は ^{210}Po であり、 ^{238}U 及び ^{232}Th の約60~2600倍の降下量であった。エアロゾル試料中で最も高濃度の核種も ^{210}Po であり、 ^{238}U 及び ^{232}Th の約150~3000倍の濃度であった。また、エアロゾル中 ^{238}U の平均90%は非海塩性であった。大型再処理施設から排出が見込まれる $\text{Pu}(\alpha)$ の大気浮遊じん中濃度は、 2E-7 Bq m^{-3} と評価されており、エアロゾル中 ^{210}Po 濃度の約1/200に相当する。

3.3 水生生物の線量評価法の開発

(1) 水中の γ 線線量率の測定

水面における平均線量率は 27 nGy h^{-1} であり、各設置深度の平均線量率に地点間での違いは認められなかった。湖底堆積物内の天然放射性核種による γ

線は、堆積物表面からガラス線量計までの水によって遮蔽されることから、計測された線量率のほぼ全てが宇宙線電離成分に由来するものと考えられた。

(2) アマモ中放射性核種等の濃度測定

アマモ試料で検出された放射性核種の中で最も高濃度の核種は ^{40}K であった。アマモ中放射性核種濃度とFASSETが報告するvascular plantの線量換算係数を用いて、内部被ばく線量率を計算した結果、 6.4E+1 nGy h^{-1} となった。内部被ばく線量率への寄与割合が最も大きい核種は ^{40}K であり、その寄与割合は約60%であった。

(3) アマモの簡易ボクセルファントム作成

アマモの簡易ボクセルファントムを地下茎と葉部の2部位の領域に分けて作成した。今後、この簡易ボクセルファントムと堆積物、湖水及びアマモ中の放射性核種及び安定元素濃度を使用して、モンテカルロ法によりアマモの被ばく線量率を計算する予定である。