

第5章 被ばく線量評価法及び α 放射性核種に関する調査研究

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. The aims of this study 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 dose rates to people living in Mutsu City were measured for 1 week in each season in FY 2012 by using personal electrical dosimeters that were able to log data. Dose rates in various working and living environments were also measured for a year with glass dosimeters. The mean personal radiation dose for 10 volunteers was 43 nGy h⁻¹ and higher than the value of 28 nGy h⁻¹ estimated using the measurement results in the various environments with the glass dosimeters and mean spending time in each environment from the literature. Since one reason for the difference was considered to be the background of the personal electrical dosimeters, the background will be measured, and the measurement data will be corrected in FY 2013.

To estimate external radiation dose to biota in Lake Obuchi, environmental γ -ray doses in the lake water were measured with glass dosimeters placed in watertight boxes and submerged in the water. Concentrations of radionuclides in Japanese pond smelt (*Hypomesus nipponensis*) were also measured to estimate its 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 pond smelt was ⁴⁰K, and its contribution to internal dose was about 36% using the dose conversion coefficients of a pelagic fish calculated by FASSET. A voxel phantom of the pond smelt was constructed by using a three-dimensional scanner for future dose calculations.

Natural α -emitting radionuclides were determined for samples of various environmental media in Rokkasho: soil, sediment, lake water, precipitation, and aerosol samples. Agricultural upland field soil samples from six sites in Rokkasho were analyzed, and it was found that ²¹⁰Po was present in the highest concentration among natural α -emitting radionuclides. Mean concentration of ²¹⁰Po in the 0 – 60 cm depth of these soil samples was about 620 times larger than that of ^{238, 239, 240}Pu possibly 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、水生生物の自然被ばく線量の評価法を確立し、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。

2. 方法

むつ市の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、むつ市内の屋内職場環境、住宅及び屋外にガラス線量計を設置し、環境 γ 線線量率を測定した。さらに、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、むつ市内で働く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。

尾駁沼内の2地点に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、尾駁沼内で採取したワカサギの全身試料、並びに解剖して得た骨及び内臓試料の放射性核種等を測定した。更に、平均的な大きさのワカサギをモデルとして、これを3Dスキャナーで撮影し、ワカサギの簡易ボクセルファントムを作成した。

六ヶ所村の畑地土壌を採取して、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。尾駁沼内2地点並びに二又川及び尾駁川において湖水及び河川水を、更に、尾駁沼湖心部において柱状堆積物コアを採取し、これらの試料中の天然 α 線放出核種等の濃度を分析した。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共に、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。

3. 成果の概要

3.1 生活環境外部被ばく線量の調査

(1) むつ市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環境 γ 線線量率を測定した結果、年平均線量率は 25 nGy h^{-1} ($14\sim 50\text{ nGy h}^{-1}$)であり、これまでむつ市の人工物の少ない屋外で測定した年平均線量率である 25 nGy h^{-1} ($17\sim 35\text{ nGy h}^{-1}$)とほぼ同等であった。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、むつ市民の環境 γ 線線量率を計算した結果、 28 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) 生活環境における個人の環境 γ 線被ばく線量率測定

環境 γ 線線量率の個人モニタリングを実施した結果、6月、8月、11月及び1月の各1週間の各個人の平均環境 γ 線被ばく線量率は 43 nGy h^{-1} ($33\sim 59\text{ nGy h}^{-1}$)であり、年実効被ばく線量は 0.26 mSv y^{-1} ($0.20\sim 0.36\text{ mSv y}^{-1}$)であった。この値は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り、個人線量計のバックグラウンドが一因と考えられる。このため、個人線量計のバックグラウンドを今後測定し、データを補正する。

3.2 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

平成24年4月～平成25年3月の水面における平均線量率は 27 nGy h^{-1} であり、平成23年度に得られた平均値と同じであった。水中における γ 線線量率は、水深と共に減少したが、湖底堆積物表面から50cmの水深では、堆積物中放射性核種に由来すると思われる γ 線線量率のわずかな増加が認められた。

(2) 尾駁沼のワカサギ中放射性核種等の濃度測定

ワカサギ中で最も高濃度の放射性核種は ^{40}K であり、次いで ^{14}C であった。 ^{210}Po のワカサギ中濃度は、平成23年度に調査したアマモより高濃度であった。ワカサギの部位別 ^{210}Po 濃度は、特に内臓で顕著に高かった。

(3) 尾駸沼のワカサギの簡易ボクセルファントム作成

簡易ボクセルファントムの内部は、骨、内臓及び筋肉等の3つ領域に分類した。今後、この簡易ボクセルファントムと堆積物、湖水及びワカサギ中の部位別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ワカサギの被ばく線量率を計算する予定である。

3.3 環境中の天然 α 線放出核種等の分布調査

(1) 六ヶ所村畑地土壌中の天然 α 線放出核種等の鉛直分布及び存在形態の調査

表層から深度60 cmまで採取した畑地土壌中で最も高濃度の天然 α 線放出核種は、ほとんどの場合 ^{210}Po であったが、平成23年度に調査した未耕地土壌表層の様な高 ^{210}Po 濃度の土壌層は認められなかった。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 ^{238}Pu 、 ^{239}Pu 及び ^{240}Pu の合計(Pu(α))の表層土壌中濃度は $7\text{E}-5\text{ Bq g}^{-1}$ -乾と評価されており、畑地土壌中 ^{210}Po の平均濃度 $4.4\text{E}-2\text{ Bq g}^{-1}$ -乾と比較すると約1/620に相当する。

(2) 尾駸沼の湖水及び湖心部堆積物中天然 α 線放出核種等の鉛直分布調査

尾駸沼湖水中で最も高濃度の α 線放出核種は、塩分が高い時には ^{238}U であり、塩分が低くなると ^{210}Po 濃度が相対的に高濃度になることが分かった。二又川河川水中 ^{238}U 濃度は尾駸沼湖水中の最低濃度よりも低濃度であった。更に、尾駸沼及び尾駸川水中 ^{238}U 濃度と塩分との相関関係から、尾駸沼湖水への ^{238}U の供給源は海水であると考えられた。湖水中 ^{238}U の90%~99%は溶存態として存在しているが、二又川河川水中では54%~96%の範囲で変動し、存在形態が大きく変化することが明らかとなった。尾駸沼湖心部の堆積物中で最も高濃度の天然 α 線放出核種は ^{210}Po であり、その濃度は深度が深くなるにつれて減少したが、 ^{210}Po 以外の天然 α 線放出核種濃度は、深

度による顕著な濃度変化はほとんど認められなかった。 $^{239+240}\text{Pu}$ の鉛直分布は ^{137}Cs と似通っており、堆積物表面から19 cm付近に極大値があった。

(3) 六ヶ所村における大気降下物及びエアロゾル中の天然 α 線放出核種等の濃度測定とその変動調査

平成24年1月~12月の期間に、六ヶ所村で最も降下量の多かった天然 α 線放出核種は ^{210}Po であった。エアロゾル試料中で最も高濃度の核種も ^{210}Po であった。大型再処理施設から排出が見込まれるPu(α)の大気浮遊じん中濃度は $2\text{E}-7\text{ Bq m}^{-3}$ と評価されているが、この値はエアロゾル中平均 ^{210}Po 濃度の約1/160に相当する。