

## 1.6 被ばく線量評価法及び $\alpha$ 放射性核種に関する調査研究

### Dose Assessment of Natural Radiation and Distribution of Natural $\alpha$ -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 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  $\gamma$ -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  $\alpha$ -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  $\alpha$ -emitting radionuclides in various environmental samples.

Environmental  $\gamma$ -ray dose rates in various working and living environments in Hirosaki City were measured for a year in FY 2015 with glass dosimeters. Environmental  $\gamma$ -ray dose rates to people living in the city were also measured for 1 week in each season by using personal electronic dosimeters that were able to log data. Using results obtained, we examined whether measured dose rates in various environments can reproduce personal dose rates. The mean personal dose rate for 10 volunteers was found as 0.18 mSv  $y^{-1}$  and slightly lower than the value of  $0.22 \pm 0.03$  mSv  $y^{-1}$  estimated using measurement results in various environments obtained with glass dosimeters and the mean spending time in each environment from the literature. This showed that the personal dose rate measured by the personal dosimeter could be substantially reproduced by the combination of the measured dose rates in various environments and the mean spending time.

To estimate radiation dose to biota in the Obuchi River, Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) and blue mussel (*Mytilus galloprovincialis*) were collected and analyzed for radionuclides to obtain internal radiation dose rates. Voxel phantoms of the bivalves were constructed on the basis of their X-ray computed tomographic (CT) images for accurately estimating their radiation dose rates. Internal and external dose rates of chum salmon (*Oncorhynchus keta*), starry flounder (*Platichthys stellatus*), oyster and blue mussel were estimated by the Monte Carlo code (EGS5) using each voxel phantom developed by us, getting the dose rates of  $1.3E+2$  nGy  $h^{-1}$ ,  $1.1E+2$  nGy  $h^{-1}$ ,  $1.4E+2$ , and  $1.7E+2$  nGy  $h^{-1}$ , respectively. Polonium-210 burden in their bodies contributed 46 – 80% of total dose rates.

Natural  $\alpha$ -emitting radionuclides were determined for samples of various environmental media in Rokkasho: soil, lake water, precipitation and aerosol samples. Soil samples from sites in five forests in Rokkasho were analyzed, and we found that  $^{210}\text{Po}$  in the surface layer was in the highest concentration among

natural  $\alpha$ -emitting radionuclides in most of the sites. Mean concentration of  $^{210}\text{Po}$  in litter and soil samples in 0 to ~5 cm depth was found to be 9,800 and 4,300 times larger than the assumed  $^{238}, ^{239}, ^{240}\text{Pu}$  concentrations discharged from the plant, respectively. In surface water samples collected in the Obuchi River and Lake Obuchi in and after rainfall,  $^{238}\text{U}$  had the highest concentration among the natural  $\alpha$ -emitting radionuclides. The natural  $\alpha$ -emitting radionuclide concentrations in the water samples were not affected by the rainfall. Daily  $\alpha$ -emitting radionuclide concentrations in atmospheric deposition and aerosol samples were observed during about one week in three types of weather conditions: rain, Kosa (yellow dust) and snow. Polonium-210 was found to have the highest concentration of alpha-emitters in both deposition and aerosol samples in every weather condition studied.

## 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Pu等の $\alpha$ 放射性核種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、①県民の生活実態に沿った環境 $\gamma$ 線による被ばく線量を求める、②水生生物の被ばく線量の評価法を確立し、自然の状態を受けている被ばく線量を求める、③六ヶ所村内の土壌及び湖水等の天然 $\alpha$ 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。このため、県内各地において、生活環境における外部被ばく線量率を測定しており、平成27年度は弘前市を対象に調査を行った。さらに、尾駈沼の水生生物を対象として被ばく線量評価法の調査を行っており、平成27年度は魚類（サケ及びカレイ）、貝類（カキ及びムラサキイガイ）の被ばく線量評価法を確立し、これらの自然被ばく線量率を求めた。加えて、六ヶ所村内の森林土壌、尾駈沼湖水及び大気中の $\alpha$ 放射性核種濃度の調査を継続した。

## 2. 方法

### 2.1 生活環境外部被ばく線量の調査

弘前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 $\gamma$ 線線量率を測定するとともに、弘前市内で働く10名を対象に、個人線量計を用いて季節別に各1週間、個人の環境 $\gamma$ 線被ばく線量率の測定を実施し、得られた生活環境における環境 $\gamma$ 線線量率測定結果により、個人の線量率を再現できるかを検討した。

### 2.2 水生生物の線量評価法の開発

尾駈沼内等で採取したカキ及びムラサキイガイをX線CTスキャナで撮画して、簡易ボクセルファントムを作成するとともに、それらの部位別放射性核種等を測定した。平成26年度に作成したサケ及びカレイ簡易ボクセルファントムと前述のカキ及びムラサキイガイ簡易ボクセルファントムを用いた被ばく線量換算係数をモンテカルロ法で計算し、各々の水生生物が自然の状態を受けている被ばく線量率を求めた。

### 2.3 環境中の天然 $\alpha$ 線放出核種等の分布調査

六ヶ所村の森林土壌中天然 $\alpha$ 線放出核種等の濃度及び逐次抽出法による存在形態を調査した。尾駈沼内3地点並びに二又川及び尾駈川の表面水を降雨中及び降雨後に採取し、試料水中天然 $\alpha$ 線放出核種等の濃度を測定した。加えて、環境研構内において、降雪、黄砂時期及び降雨時の約1週間の大気降下物及びエアロゾル試料中天然 $\alpha$ 線放出核種等の日変動を調査した。

## 3. 成果の概要

### 3.1 生活環境外部被ばく線量の調査

以下で述べる線量率は線量計を鉛5cmで囲み測定した値を引いて補正した値である。

#### (1) 弘前市の生活環境における環境 $\gamma$ 線線量率測定

ガラス線量計による生活環境別の環境 $\gamma$ 線線量率測定結果と平成23年社会生活基本調査の青森県民の生活時間を組み合わせて算出した実効線量の年平均は、 $0.22 \pm 0.03 \text{ mSv y}^{-1}$ であった。

#### (2) 弘前市の生活環境における個人の環境 $\gamma$ 線被ばく線量率測定

四半期ごとに各1回、各1週間、個人線量計を用いて環境γ線被ばく線量率を測定した結果、各個人の環境γ線被ばくによる実効線量の年平均は 0.18 mSv y<sup>-1</sup> (0.11~0.23 mSv y<sup>-1</sup>) であった。

以上の結果から、弘前市の様々な生活環境における環境γ線線量率測定結果により推定した線量率は、個人線量計により測定した線量率に比べ若干高かった。しかし、5年間で調査した5地域(六ヶ所村、むつ市、青森市、八戸市及び弘前市)をまとめて評価すると、生活環境における環境γ線線量率測定結果から推定した線量率は、個人線量計の平均値と変動をほぼ再現できることが明らかとなった。

### 3.2 水生生物の線量評価法の開発

#### (1) 尾駮沼のカキ及びムラサキガイ中の放射性核種等の濃度測定

カキ及びムラサキガイの軟組織全体の中で最も高濃度の放射性核種は <sup>210</sup>Po であり、平成 23~26 年度に調査した水生植物や魚類中 <sup>210</sup>Po 濃度と比較して高濃度であった。

#### (2) 尾駮沼のカキ及びムラサキガイの簡易ボクセルファントム作成

カキ及びムラサキガイ簡易ボクセルファントムは、貝柱、内臓等、貝殻及び貝内部水の4領域に分類し、下記の(3)の計算で使用した。

#### (3) 尾駮沼のサケ、カレイ、カキ及びムラサキガイの被ばく線量率計算

平成 26 年度に作成したサケ及びカレイ簡易ボクセルファントムと、上記の(2)で作成したファントムを用いて、モンテカルロ法により内部及び外部被ばく線量率の換算係数を計算した。これらの係数を用いて求めた各々の水生生物の自然被ばく線量率を Fig. 1 に示した。

### 3.3 環境中の天然α線放出核種等の分布調査

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

深度 50 cm~60 cm まで採取した森林土壌中で最も高濃度の天然α線放出核種は概ね <sup>210</sup>Po であるが、深度約 30 cm~60 cm では <sup>226</sup>Ra である場合が多かつ

た。リター及び表層(深度 0 cm~約 5 cm) 土壌中 <sup>210</sup>Po の平均濃度は、大型再処理施設から排出が見込まれる Pu(α)濃度の約 9800 及び 4300 倍であった。土壌を逐次抽出して分析した結果、<sup>210</sup>Po の大部分は硝酸抽出成分と残渣成分に存在していることが明らかになり、<sup>210</sup>Po は土壌中で易動性が低いと考えられる。

#### (2) 尾駮沼の表面湖水中天然α線放出核種等の水平分布調査

採取した表面水中で最も高濃度のα線放出核種は、これまでの調査結果と同様に <sup>238</sup>U であり、そのほとんどが 0.2 μm 以下の溶存態成分で存在していた。また、降雨による尾駮沼表面水中天然α線放出核種に変化は認められなかった。

#### (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線放出核種等濃度の1週間の日変動調査

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 <sup>210</sup>Po であった。エアロゾル試料中でも <sup>210</sup>Po が最も高濃度であり、大型再処理施設から排出が見込まれる大気浮遊じん中 Pu(α)濃度評価値の 64~640 倍(平均 250 倍)であった。

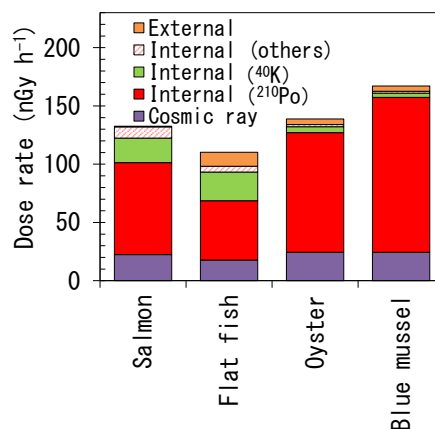


Fig. 1 Internal and external dose rates of salmon (*Oncorhynchus keta*), flat fish (*Platichthys stellatus*), oyster (*Crassostrea gigas* Thunberg) and blue mussel (*Mytilus galloprovincialis*) estimated by the Monte Carlo code (EGS5) using each voxel phantom developed by us. Radiation dose rates from cosmic rays is evaluated from vertical distribution of dose rates measured by using glass dosimeters in Lake Obuchi during FYs 2011 – 2013.