

第1章 天然放射能による被ばく線量に関する調査研究

1.1 天然放射線による青森県民と六ヶ所村森林生態系の線量評価

Evaluation of Natural Radiation Dose of People in Aomori Prefecture and Forest Ecosystem in Rokkasho

大塚 良仁, 五代儀 貴, 高久 雄一, 久松 俊一
環境動態研究部

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

Abstract

The natural background radiation dose is important for evaluating the significance of the dose from the small amounts of radionuclides that are being released from the first commercial spent nuclear fuel reprocessing plant in Rokkasho, Japan. In this study, the background radiation dose of Aomori Prefecture residents was assessed, and a dose evaluation method for the forest ecosystem in Rokkasho was developed to study environmental protection.

Natural radiation consists of cosmic rays, environmental γ -rays and radiation from Rn and internal radionuclides. The cosmic ray dose rate can be estimated from the height above sea level and magnetic latitude of the target area. Radon concentrations have already been measured throughout the prefecture, and dose rates from Rn were evaluated. Although we previously measured environmental γ -ray dose rates throughout the prefecture, measurement points around Rokkasho were scarce. In this study, the dose rates were measured in areas surrounding Rokkasho to get their detailed distribution. The internal dose rate was also evaluated by analyzing radionuclides in the so-called total diet and individual food item samples collected in Rokkasho and Aomori City. The cumulative γ -ray dose at five locations in Noheji Town was measured using glass dosimeters in FY 2008. The dose rates ranged from 22 to 28 nGy h⁻¹, and were lower than the mean dose rate in Aomori Prefecture. The sums of the committed effective dose due to annual ingestion of natural radionuclides in the total diet samples and the effective dose rate from ⁴⁰K cited in the literature were estimated to be 0.56 mSv for agricultural farm workers in FY 2008 and 0.65 mSv for office workers during FYs 2006-2008. Over 98% of these doses were attributed to ²¹⁰Po, ⁴⁰K, ²¹⁰Pb, ¹⁴C and ²²⁸Ra. Analytical results of polished rice and processed cereals (breads and noodles) showed that the committed effective doses from natural radionuclides ingested annually through the products were 0.049 and 0.042 mSv for the farm and office workers, respectively, corresponding to 13 and 9% of each committed effective dose.

Small mammals, mice and moles, and a predator, the fox, were selected as representative animals of the forest ecosystem in this study, and their radiation doses derived from natural sources, i.e. environmental γ -rays, Rn, and internal radionuclides, have been planned to be measured from FYs 2006 - 2010. The small mammals in coniferous forests were caught using traps, and their natural radionuclides burdens were analyzed in 2008. Environmental γ -ray dose rates and Rn concentrations were also measured in the forests. The mean internal dose rates of the mouse (*Apodemus argenteus*) and mole (*Urotrichus talpoides*) were estimated to be 44 nGy h⁻¹ and 0.50 μ Gy h⁻¹, respectively, with dose conversion factors using a very simple

phantom. An almost 10 times higher body burden of ^{210}Po in moles than mice led to this difference. The environmental γ -ray dose rates ranged from 24 to 31 nGy h $^{-1}$, and the range of the mean ^{222}Rn concentration was 3 - 10 Bq m $^{-3}$ during May-December 2008. The radon equilibrium factor varied from 0.16 to 0.33, being lower than those reported for general outdoor environments. All these results for coniferous forests were comparable with those for beech forests and oak forests obtained in FYs 2006 and 2007, respectively.

1. 目的

本調査では、青森県六ヶ所村の大型再処理施設の操業に伴って排出される放射性核種による線量を考察する際に、比較対照として必要な自然放射線・天然放射性核種による青森県民の被ばく線量の評価を行うと共に、六ヶ所村森林生態系が受けている線量を評価する手法を確立する事を目的としている。平成 20 年度は、六ヶ所村に隣接する野辺地町の生活環境における環境 γ 線線量率の地域内分布を調査すると共に、六ヶ所村民と青森市民の天然放射性核種の年間摂取量を明らかにして内部被ばく線量を求めた。更に、生態系として六ヶ所村に代表的な森林環境に注目し、針葉樹林内の環境 γ 線線量率及びラドン濃度を測定するとともに、そこに生息する小型ほ乳動物の部位別放射性核種濃度を求め、内部被ばく線量を推定した。

2. 方法

2.1 六ヶ所村周辺市町村の γ 線地域特性調査

六ヶ所村周辺に位置する野辺地町の 5 地点において環境 γ 線線量率を測定した。また、環境研構内において環境 γ 線線量率を測定し、線量率の変動と気象要素の関連を調べた。

2.2 日常食調査

六ヶ所村及び青森市の勤労世帯及び農業世帯の日常食試料（1 日の調理済み食事を 5 人分まとめたもの）を平成 20 年 6 月、8 月、11 月及び平成 21 年 1 月の指定した平日に陰膳法により収集し、試料中の天然放射性核種を分析した。

2.3 食品別調査（穀類）

六ヶ所村と青森市において 7 品目の穀類を平成 20 年 5 月にマーケットバスケット方式で購入し、全ての試料について試料中天然放射性核種を未調理のまま分析した。

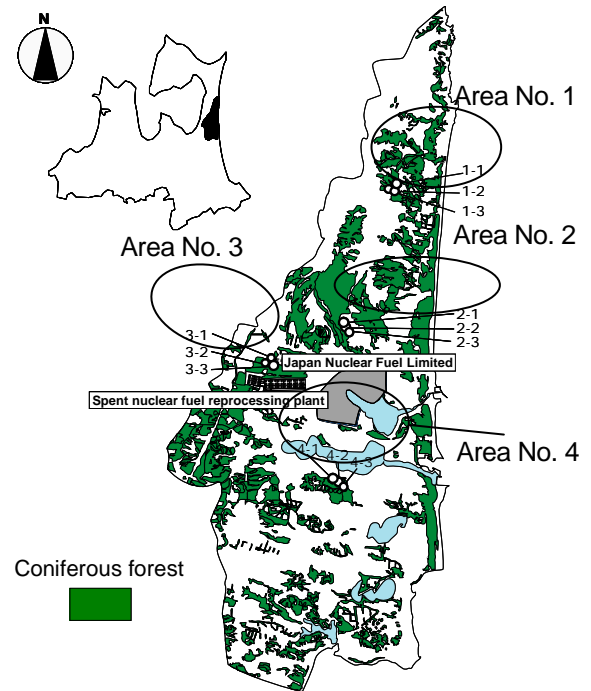


Fig. 1 Sampling sites (○) for small mammals and the distribution of coniferous forests in Rokkasho.

2.4 針葉樹林に生息する小型動物の部位別放射能濃度調査

六ヶ所村内の針葉樹林において 4 つの調査地域（Area No. 1 - 4）を選定し（Fig. 1）、鳥獣捕獲等（鳥類卵採取等）許可を取得した。各地域に 3 つの捕獲地点を設け、各捕獲地点に 30 個の生け捕り罠と墜落管を一晩仕掛けた（平成 20 年 6 月から 10 月の各月 1 回）。

捕獲した動物を解剖して、11 の部位（肺、腎臓、脾臓、肝臓、心臓、大腿骨、脳、脊椎、胃腸管、生殖器（顕著な場合）及びそれ以外の部位）に分け、これらを部位別に天然放射性核種濃度を分析した。

2.5 針葉樹林の環境 γ 線線量率調査

小型動物の捕獲を行った 5 地点において、平成 20 年 5 月～12 月に積算線量の測定を行った。線量計は高さ 5 cm、50 cm 及び 150 cm に設置した百葉箱に入

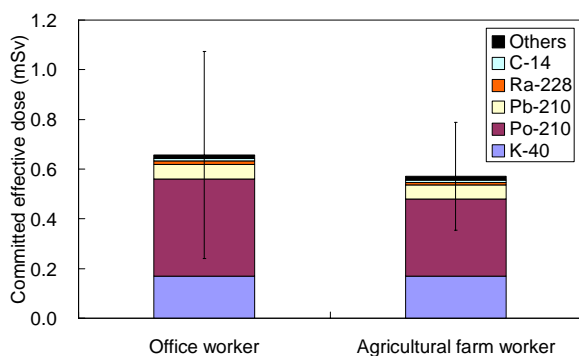


Fig. 2 Mean committed effective dose from natural radionuclides ingested annually through total diet samples of agricultural farm workers in FY 2008 and of office workers during FYs of 2006-2008 in Rokkasho Village and Aomori City. Each error bar shows a standard deviation of results from 8 farm workers and 24 office workers, respectively.

れて測定した。更に、土壌から受ける線量への核種別寄与を評価するために In-situ Ge 半導体検出器を用いて環境 γ 線のスペクトル測定を行った。

2.6 針葉樹林のラドン濃度調査

パッシブ型ラドン・トロン弁別測定器を用いて平均的なラドン濃度を把握すると共に、電子式測定器によりラドン濃度及びラドン子孫核種濃度の日変化を測定した。

3. 成果の概要

3.1 六ヶ所村周辺市町村の環境 γ 線地域特性調査

野辺地町内の屋外の環境 γ 線線量率は 22~28 nGy h⁻¹ であり、青森県全域の調査結果（平均 28 nGy h⁻¹）と比較して、低いことが明らかになった。環境 γ 線線量率の変動要因を明らかにするために、平成 20 年 4 月から 11 月までの降雨事象について、降雨時の気団の通過経路及び通過高度と降水量当たりの線量増加率の関連を調べた。その結果、線量増加率は、海洋上を長く通過してきた気団では低く、大陸から来た気団では高い傾向があった。また、気団の通過高度との関連を分析した結果、高い高度を維持していた気団と比較して、途中で地表付近まで降下した気団による線量増加率は高かった。

3.2 日常食調査

測定した天然放射性核種の年間経口摂取による預

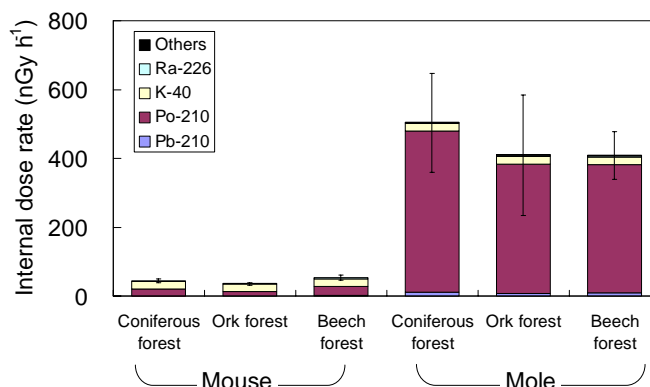


Fig. 3 Mean internal radiation dose rates of mice and moles in beech (2006), oak (2007) and coniferous forests (2008) of Rokkasho from natural radionuclides in their bodies. “Others” means the sum of doses for ¹³⁷Cs, ²³²Th, and ^{234,238}U. Error bars show a standard deviation of results of 20 samples.

託実効線量は、勤労世帯及び農業世帯共に、世界の平均値に比べて高かった。これは、²¹⁰Po の摂取量が高いことによるものである。預託実効線量と ⁴⁰K の実効線量文献値（Uchiyama ら, 1996）を合計した内部被ばく線量に占める各放射性核種の寄与を計算した結果、²¹⁰Po の寄与が最も高く、続いて、⁴⁰K、²¹⁰Pb、²²⁸Ra 及び ¹⁴C（環境科学技術研究所, 2009）であった。これらの 5 核種で内部被ばく線量の 98% 以上を占めることが判明した。平成 18 年度から 20 年度までの勤労世帯及び平成 20 年度の農業世帯の内部被ばく線量の平均は、それぞれ 0.65 mSv 及び 0.56 mSv と推定された（Fig. 2）。

3.3 食品別調査（穀類）

穀類中の天然放射性核種で最も濃度が高い核種は ⁴⁰K であり、次いで ⁸⁷Rb、²¹⁰Pb 及び ²¹⁰Po であった。穀類の年間摂取に由来する預託実効線量は、勤労世帯及び農業世帯でそれぞれ 0.042 mSv 及び 0.049 mSv と計算され、日常食調査において推定した天然放射性核種による預託実効線量のそれぞれ 9% 及び 13% であった。

3.4 針葉樹林に生息する小型動物の部位別放射能濃度調査

針葉樹林において捕獲された小型ほ乳動物は、齧歯目 3 種類と食虫目 2 種類の計 5 種であった。最も多く捕獲された小型ほ乳動物は、齧歯目ではヒメネ

ズミ、食虫目ではヒミズであった。捕獲したヒメネズミ及びヒミズの部位別放射性核種濃度を測定し、全身内部被ばく線量率を算出した結果、それぞれ 44 nGy h⁻¹ 及び 0.50 µGy h⁻¹ であった (Fig. 3)。ヒミズの方が 1 桁高く、この主因はヒミズの体内 ²¹⁰Po 濃度が高いことによる。平成 18 年度に行ったブナ林の調査結果及び平成 19 年度のミズナラ林の結果と合わせたヒメネズミ及びヒミズの全身内部被ばく線量率の平均は、それぞれ 47 nGy h⁻¹ 及び 0.44 µGy h⁻¹ となった。

3.5 針葉樹林の環境γ線線量率調査

平成 20 年 5 月から 12 月にかけての針葉樹林における環境γ線線量率は 24~31 nGy h⁻¹ であり、ブナ林及びミズナラ林と同程度であった。無積雪時に行った in-situ γ線スペクトル測定の結果、U 系列、Th 系列、⁴⁰K 及び ¹³⁷Cs の平均寄与割合はそれぞれ 22、40、28 及び 10% であった。

3.6 針葉樹林のラドン濃度調査

積算型検出器による平成 20 年 5 月から 12 月にかけての針葉樹林における大気中ラドン濃度は 3~10 Bq m⁻³ であり、ブナ林及びミズナラ林と同程度であった。トロン濃度は 2~11 Bq m⁻³ であった。ラドン及びラドン子孫核種濃度の日変化を測定した結果、平衡係数は 0.16~0.33 であり、ブナ林及びミズナラ林と同様に一般的な屋外の値 (UNSCEAR, 2000) に比べて低い値であった。

引用文献

- M. Uchiyama, Y. Nakamura, S. Kobayashi (1996) *Health Phys.*, **71**, 320-325.
- 環境科学技術研究所 (2009) 平成20年度放出放射能環境分布調査報告書.
- UNSCEAR (2000) *Sources and effects of ionizing radiation*, United Nations Publications.