

原著論文

## 福島第一原子力発電所周辺における空間線量率とモクズガニ甲殻へのセシウム集積との関係性の検討

清水秀雄<sup>1</sup>, 石田和雄<sup>2</sup>, 前寺郁彦<sup>3</sup>, 窪岡大<sup>3</sup>, 井上一雅<sup>2</sup>, 福士政広<sup>2</sup>

<sup>1</sup>つくば国際大学医療保健学部診療放射線学科

<sup>2</sup>首都大学東京人間健康科学研究科

<sup>3</sup>首都大学東京健康福祉学部

**【要旨】** 2011年3月11日、福島第一原子力発電所（以下、FNPP）の事故後に、海洋への人工放射性物質の流出が問題となっている。さらに、この流出した放射性物質は海産物へ取り込まれる為、市民に不安を与えている。海産物の生物濃縮に関する先行研究は、魚類については多い。しかし甲殻類に言及したものは数少ないことから、我々はその点に着目した。本研究では、FNPP周辺の12河川において空間線量率の測定を行い、モクズガニの甲殻の採取も同地点で行った。その後高純度Ge検出器を使用し、得られた甲殻の放射エネルギーを測定した。空間線量率は、NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータを用いて測定した。甲殻の最大放射エネルギーは、FNPPから9km南に位置する富岡川河口で測定された( $^{134}\text{Cs}:132\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,  $^{137}\text{Cs}:305\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ )。またこの地点で地表より5cm、1mでの空間線量率はそれぞれ最大値を示し、 $1393.8\text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ ,  $1780\text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ であった。その他地点を含めた測定データをそれぞれ比較し、空間線量率とカニの放射エネルギーの間にこの時点での関係性は見られな  
いと考  
えた。

**キーワード：**福島第一原子力発電所事故, モクズガニ, セシウム, 空間線量率, 放射エネルギー, 生物濃縮

### 序 論

2011年3月11日に発生した福島第一原子力発電所（以下、FNPP）事故後、海洋への放射性物質の流出による環境汚染が問題とされ、この事故の発生により放射性物質は海産物へ取り込まれるため、市民へ不安を与えている(原子力環

境整備促進・資金管理センターホームページ)。

海産物の生物濃縮に関する先行研究については、主に魚類に対するものが多く、甲殻類について言及されるものは数少ない。そこで我々は甲殻類における人工放射性物質の生物濃縮について着目した(清水, 1973; 笠松, 1999)。

モクズガニは、日本全域の河川に生息しており、国際原子力機関よりカニの甲殻への濃縮係数は50であると報告されており、またモクズガニは数年で成体となり、放射性核種を濃縮するという点から、我々はこの期間における甲殻に着目した(IAEA, 1985)。

また、大気中へ拡散した人工放射性物質の湿

連絡責任者：清水秀雄

〒300-0051 茨城県土浦市真鍋6-20-1

つくば国際大学医療保健学部

TEL: 029-826-6000 (内線: 2313)

FAX: 029-826-6937

E-mail: h-shimizu@tius.ac.jp

性沈着が起こり、水中への移行を考えると空間線量率の高い地点での河川等に生息する生物への影響もあるのではないかと考えられるが、過去にこれに関連した報告はない。

本研究では、我々は FNPP 周辺における24河川にて空間線量率の測定を、その内12河川の河口においてモクズガニの甲殻の採取を行い、モクズガニの甲殻への放射性物質の解析を行うことで空間線量率とカニ甲殻への集積との関係性について検討した。

## 方法

### 使用機器

空間線量率の測定には NaI(Tl) シンチレーションサーベイメータ (identi FINDER-Ultra-K-NG, ICX technologies, Oak Ridge, USA) を使用した。また、カニの甲殻を解析する装置として、高純度 Ge 半導体検出器 (GMX10P, ORTEX 社製) を使用し、スペクトル解析ソフト (Gamma Studio, SEIKO EG&G 社製) で核種の同定を行った。

### 空間線量率の測定

測定を実施した期間は2013年8月18日・19

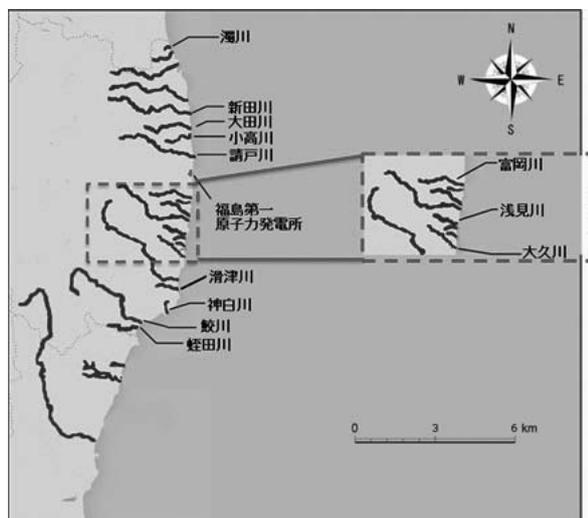


Fig. 1 福島原子力発電所周囲の主な河川

日・9月8日の3日間とした。空間線量率の測定地点を Fig. 1 に示す。空間線量率の測定は FNPP 周辺の12河川において行い、河川によって広域であれば、北側、南側等分けて測定を行った。測定方法は、河川の河口において、地表より5cmと1mの高さで行った。空間線量率測定時の風向きについては、気象庁データによった。

### カニの甲殻の採取と放射能濃度の解析

カニの採取は、空間線量率を測定した河川のうち12河川において行った。

カニの甲殻の放射能濃度を解析するにあたり、前処理として電子レンジにて加熱処理を行い、採取した甲殻を粉碎後、容器に封入し高感度 Ge 半導体検出器で10000秒の測定を行った。

### 空間線量率の変換

今回の測定で使用したシンチレーションサーベイメータの測定値は  $\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$  であった。Sv は線量当量であり人体への影響を考慮した単位である。これは防護線量であるため、空間線量率として評価を行うために、吸収線量を表す Gy への換算が必要である。Gy については物質の種類に関係なく単位質量当たり吸収されるエネルギーである。

Sv から Gy への変換係数は国連科学委員会 (以下、UNSCEAR) の報告によれば0.7が用いられているが、UNSCEAR では、moderate energy の  $\gamma$  線による環境被ばくに適応できるものとしている (UNSCEAR, 1993)。したがって、居住環境における測定値に適用する値としては、低めであるということが森内らに報告されているため、0.748の値を使用した (森内, 1990)。

### 倫理的配慮について

本研究で使用する方法や試料は、つくば国際大学執筆要項内の倫理的措置の欄に該当する項

目はない。

### 結果

地表からの高さ 5 cm、1 mでの空間線量率とカニの甲殻の放射能濃度をそれぞれ Fig. 2 に示す。放射能濃度で最大値を示したのは、FNPPより 9 km南に位置する富岡川(134Cs: 132 Bq・kg<sup>-1</sup>)であった。また、同河川で測定された高さ 5 cm、1 mでの空間線量率は、24河川中それぞれ 1904nGy・h<sup>-1</sup>、1491nGy・h<sup>-1</sup>で最大値を示した。

また、各高さにおける空間線量率で最小値を示したのは、高さ 5 cmでは鮫川(72.2nGy・h<sup>-1</sup>)、1 mでは濁川(66.8nGy・h<sup>-1</sup>)であった。また各地点での空間線量率とモクズガニの放射能量の相関図(Fig. 3, Fig. 4)を作成した。

さらに我々は、2013年 8月に原子力規制委員

会によって測定された河岸と河底の土壌の放射能濃度の解析データの中で、今回測定された地点に近い地点のデータを選択し、本研究におけるカニの甲殻の放射能測定データと比較を行った(Fig. 5)。

原子力規制委員会の河底の土壌での測定データから、<sup>134</sup>Csの放射能濃度については請戸川、<sup>137</sup>Csの放射能濃度については富岡川が最大値を示していた。

また、河岸での測定データから、<sup>134</sup>Csと<sup>137</sup>Csの放射能濃度については浅見川が最大値を示していた。

### 考察

空間線量率を測定した河川で、新田川、太田川、小高川、請戸川が高値を示した理由として

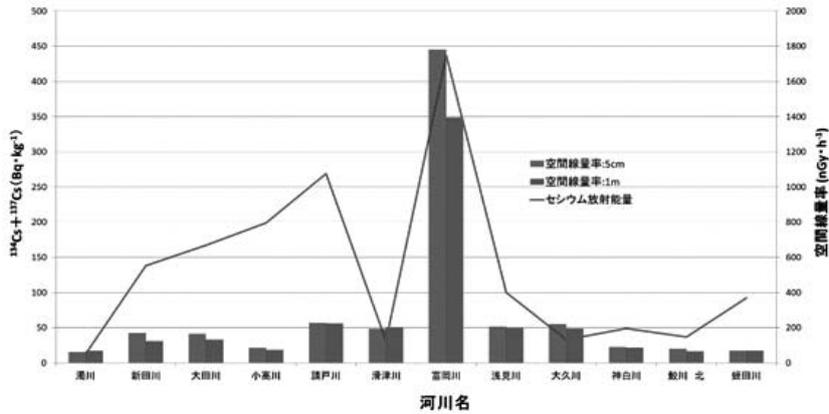


Fig. 2 各河川付近における高さ 5 cm、1 mでの空間線量率とモクズガニの甲殻の放射能量の関係

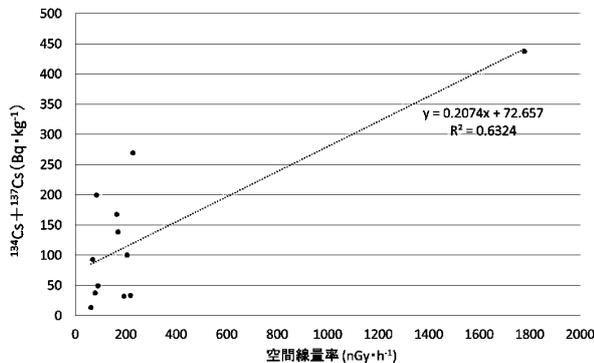


Fig. 3 高さ 5 cmにおける空間線量率とモクズガニの放射能量との相関図

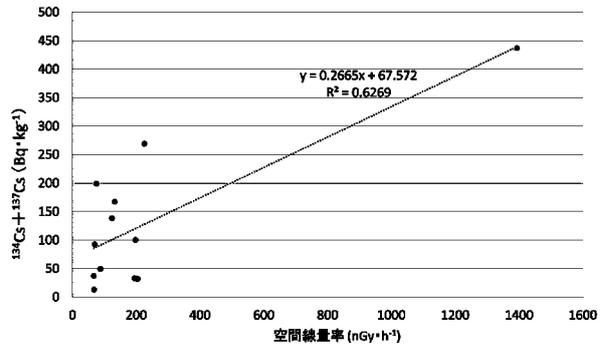


Fig. 4 高さ 1 mにおける空間線量率とモクズガニの放射能量との相関図

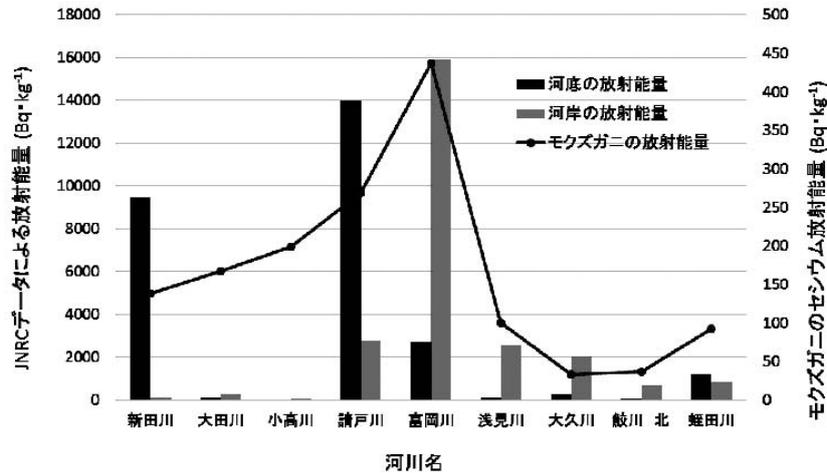


Fig. 5 カニの甲殻の放射エネルギーと原子力規制委員会による河岸・河底の土壌放射エネルギーとの比較

は、前日までの降雨後の測定であることや、測定当日の風向きがFNPPのある南方からの風であることが考えられた(気象庁ホームページ)。

また、原子力規制委員会のデータと我々の測定データとの比較をした結果、同じ傾向を示すものはなかった。

富岡川における空間線量率とモクズガニの放射エネルギーについては、同地点で高い値を示し、関係性があるように思えるが、FNPPから最も近い距離に存在し、風向きや過去の降雨などによる環境要因から受ける影響が大きく現れたのではないかと考えた。本来であれば他の地点において距離が離れることにより、放射性物質の拡散される量はその過程で減少していくと考えられるが、今回測定された空間線量率の大小と放射エネルギーの大小に関連性が見られないことから、相関関係がないと考えた。

我々は、今回測定されたカニの甲殻から測定されたデータと各種測定データとの間に関係性がほぼ見られないことから、現時点でのカニの甲殻から測定される放射性物質と、環境への影響との関係性についてもほとんどないと推測した。しかし、カニの甲殻へのセシウムの濃縮は、環境要因の変化から遅れて発生することが考えられる。濃縮係数は、一般的に放射性核種濃度が一定を保っている水中に生息する生物が、次第に核種を体内に取り込み、数十日から数百日

ほどの期間を経て生体内と環境水との濃度平衡が達せられたときに表現されるものとしている。したがって、実際に対象となる生物が放射性核種を濃縮するのに要する期間は詳細に言及されていない。

またモクズガニの習性として、幼生期には汽水水域と海域に生息し、成体になると河口から上流に生息する。したがって、広範囲での生息域であるため、部分的な環境要因ではなく、河全体での環境要因を把握する必要がある。これが上記の環境要因と、今回採取されたカニの甲殻の測定データとの間に関連性が見られなかった理由であると考えた。

## 結 論

本研究では、現在の環境の測定データとカニの甲殻における放射エネルギーと間に関係性がないことが証明された。しかし、モクズガニは日本全土に広く分布し、様々な地点において採取することができるため、更に多くのデータを得ることができると思う。今後は、環境の変化とモクズガニの甲殻における放射エネルギーの濃縮までの時間差に着目し、更に研究を進める必要がある。

**参考文献**

- 笠松不二男（1999）海産生物と放射能—特に海産魚中の<sup>137</sup>Cs濃度に影響を与える要因について—。Radioisotope. 48, 266-282
- 気象庁ホームページ。http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php（閲覧日：2015年10月10日）
- 原子力環境整備促進・資金管理センターホームページ。環境パラメータシリーズ6「海洋生物への放射性物質の移行」http://www.rwmc.or.jp/library/other/kankyo/（閲覧日：2015年11月30日）
- 清水誠（1973）環境における放射性物質の生物濃縮について。Radioisotope. 22, 662-673
- 森内茂，堤正博，斎藤公明（1990）自然放射線における空気吸収線量から実効線量当量への換算係数の評価。日本保健物理学会。25, 121-128
- International Atomic Energy Agency (1985) IAEA technical Reports Series 247
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (1993) Sources and effects of ionizing radiation. UNSCEAR 1993 report to the General Assembly with scientific annexes. United Nations, 62-74.

**Original article****Study of relation between Cesium concentrations in shell of Japanese Mitten Crab and air dose rate around Fukushima Daiichi Nuclear Power Plants**

Hideo Shimizu<sup>1</sup>, Kazuo Ishida<sup>2</sup>, Fumihiko Maedera<sup>3</sup>, Hiroshi Tsuruoka<sup>3</sup>,  
Kazumasa Inoue<sup>2</sup>, Masahiro Fukushi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Radiological Technology, Faculty of Health Science, Tsukuba International University

<sup>2</sup>Graduate School of Human Health Science, Tokyo Metropolitan University

<sup>3</sup>Faculty of Health Science, Tokyo Metropolitan University

**Abstract**

After an accident of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FNPP) of March 11, 2011, the environmental pollution by outflow of radioactive material to the ocean is acknowledge as a problem. In addition, it gives a citizen anxiety because radioactive material is taken in marine products. As for the preliminary research related to bioconcentration of marine products, there are many contents for fish. But there are few them which mentioned a shellfish. Therefore we focused our attention on the point. In this study, we measured air dose rate in 12 rivers around FNPP, we obtained shells of Japanese Mitten Crab from in that. Afterwards we measured those radioactivities with a high-purity germanium detector. The dose rates in air were measured with NaI(Tl) survey meter. The highest radioactivity (<sup>134</sup>Cs:132 Bq · kg<sup>-1</sup>, <sup>137</sup>Cs:305 Bq · kg<sup>-1</sup>) in shell was measured at estuary of Tomioka river which is located at 9 km south area from the FNPP. In addition, the highest dose rates in air at 5 cm and 1 m above the ground were measured to be 1393.8 nGy · h<sup>-1</sup>, 1780.0 nGy · h<sup>-1</sup> respectively. As a result of having compared each measurement data which we included other spots in, we considered that there was not relationship at this time between air dose rate and radioactivity of the crab from measurement data.

**Keywords:** Accident of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, Japanese Mitten Crab, Cesium, The dose rates in air, Radioactivity, Biological concentration