

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 9 月 4 日現在

機関番号：22604

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K08700

研究課題名(和文) 生物試料と深度分布測定を用いた河川の放射性セシウムの環境影響と人体影響の調査

研究課題名(英文) Investigation on the influence of rivers by biological samples and depth distribution measurement

研究代表者

福士 政広 (FUKUSHI, MASAHIRO)

首都大学東京・人間健康科学研究科・教授

研究者番号：70199199

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,800,000円

研究成果の概要(和文)：モクズガニの甲羅の放射性セシウム濃度が、比較的高い富岡川等で放射性セシウムの生物濃縮に関する調査研究を実施した。試料は、乾燥・粉碎処理後にゲルマニウム半導体分析器で測定した。また、土壌深度汚染度をDDSで測定した。その結果、富岡川のCs-137濃度は 299 ± 3.71 Bq/kg、 232.24 ± 2.63 Bq/kg、 110.48 ± 3.06 Bq/kgと変化した。他の河川も同様の傾向を示した。河川水は検出限界以下であった。土壌深度測定では汚染土が沈降していることが判明した。これらの結果から、河川に生息する生物への放射性セシウムの生物濃縮が明らかとなった。なお、今後とも長期的な調査の必要性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：I conducted a survey on Biological condensation of radioactive caesium at Tomioka River etc. in Fukushima Prefecture. The eriocheir japonica shell inhabiting the Tomioka River has a relatively high radioactive cesium concentration. The shell of eriocheir japonica was dried and crushed and measured with High purity germanium semiconductor detector. In addition, Soil depth contamination distribution was measured with portable radiation depth distribution spectrometer. As a result, the Cs - 137 concentration of the eriocheir japonica shell in the Tomioka River changed from 299 ± 3.71 Bq / kg (2015), 232 ± 2.63 Bq / kg (2016) and 110 ± 3.06 Bq / kg (2017). Other rivers also showed a similar trend. The concentration of Cs-137 in river water was not detected. In soil depth contamination distribution, contaminated soil was deeper than the surface layer.

From these results, the Biological condensation of organisms was found out. I think that investigation is necessary in the future.

研究分野：医学物理学

キーワード：モクズガニ 放射性セシウム濃度

1. 研究開始当初の背景

2011年3月の東日本大震災にともなう福島第一原子力発電所事故以来、放射性核種の降下による土壌や河川・湖沼への汚染が問題となっていた。直接人体に影響を与える食品等に関する調査は事故から3年半がたち多くの報告がされていた。しかし、他の環境要因においては未だ手が付いていないものもあった。なかでも甲殻類における放射性セシウムの移行に関する研究は少なく、明らかでない点が多く、甲殻類は節足動物門甲殻綱を形成する動物の一群でエビ・カニ・シャコ・フナムシ・ミジンコ・フジツボなどを指し、頭・胸・腹部に分かれ体表は甲殻でおおわれているもので、ほとんどが水中生活を営み、呼吸はえらまたは体表全体で行っている。この研究は、なかでも日本の河川の河口付近に多く生息するカニのモクズガニに注目したものである。



図1 モクズガニ

事故以来、研究者自身は汚染地域の野生キノコ放射性セシウム濃度とその移行率を測定してきた。他の植物に比べキノコの濃度は高く、移行率も大きな値を示した。その主原因は、キノコの細胞壁の主成分であるキチン（直鎖型含窒素多糖高分子ムコ多糖の一種）がセシウムの吸収に関連していることであ

った。また、キチンは節足動物や甲殻類の外皮や軟体動物の殻皮に多く含まれることが他の先行研究から掘り出されている。

先行研究として、大学構内(東京都荒川区)、福島県須賀川市(1箇所)福島県郡山市(3箇所)計5箇所に虫捕獲器を8月の1ヶ月設置して捕獲昆虫(甲殻類含む)の放射性セシウム濃度を測定した。捕獲された虫の種類は、大学構内ではセミ、コガネムシ類、須賀川市はカブトムシ、蛾、トンボ、バッタ類、郡山市はセミ、蛾、コガネムシ類、バッタ、トンボなどであった。測定結果は、大学構内ではコガネムシ類 110 Bq/kg、セミ 検出下限値以下、須賀川市はカブトムシ 302 Bq/kg、その他虫 315 Bq/kg、郡山市安積はその他虫 1549 Bq/kg、同市富田その他虫 564 Bq/kg、同市磐梯熱海その他虫 232 Bq/kg、セミ 170 Bq/kg となり郡山市安積地区の昆虫の濃度が高いことが判明した。また、採取した昆虫の成育環境が大いに作用したものと示唆された。さらに、2013年には福島県内の太平洋に注ぐ二級河川(図2)

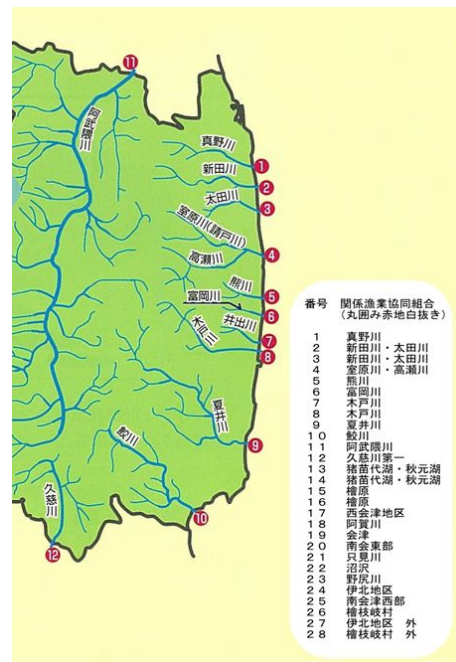


図2 調査対象河川図

である花貫川、塩田川、蛭田川、鮎川、神白川、諏訪川、弁天川、滑津川、夏井川、大

久川、紅葉川、木戸川、富岡川、請戸川などの河口の空間線量率と河川土壌の現地調査した際に、モクズガニの殻の採取が容易であることが判明した。昆虫の採取では季節要因が大きく関わるがモクズガニでは年間を通じた採取が可能であることと、ある程度の物量を確保することができ測定精度が向上することを確認できた。前述した昆虫の結果と同様に地域環境（特に河川流域）のセシウム汚染を反映することが我々の先行研究から明らかとなっている。そこで、モクズガニを用いて福島第一原発由来の放射性セシウム汚染について福島県を中心とした太平洋側河川流域の放射性セシウムの調査を実施して環境影響及び人体影響を評価することとした。

2. 研究の目的

東日本大震災にともなう福島第一原子力発電所事故由来の放射性核種の降下により土壌や河川・湖沼への汚染が問題となっている。食品に関する調査報告は多くされている。しかし、他の環境要因においては未だ手についていないものも少なからずある。その一つとしてカニやエビなどの甲殻類への放射性セシウム移行に関する研究はその一つである。自身の先行研究から甲殻類の外皮への放射性セシウム汚染に関する知見を得ている。甲殻類の身近なものとして河口付近に多く生息するモクズガニ（図1）がある。その放射性セシウム汚染濃度を知ることにより評価の難しい河川への影響を探る手立てとなる。また、河口付近の土壌深度汚染濃度を測定することにより、上流から運ばれて河口に堆積した汚染土壌を含めた河川流域の放射性セシウム濃度測定から環境影響や人体影響を評価する。

3. 研究の方法

対象河川から試料を採取し、乾燥、粉碎しU8容器に封入し、高純度ゲルマニウム半導体検出を用いて、放射性セシウムの検出下限値を

10 Bq/kg 程度になるように測定時間を設定し試料中の放射性セシウム濃度を測定する。同時に天然存在核種である ^{40}K の核種濃度を測定する。さらに、試料採取場所において地表5cmと1mの高さの空間線量率を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)を用いて測定した。

また、河口付近の土壌深度汚染分布測定は、多チャンネル可搬型スペクトロメータを用いて深さ50cmに渡り10ポイントの深度について放射性セシウム濃度を測定する。

4. 研究成果

地表からの高さ5cm、1m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9km南に位置する富岡川(^{134}Cs : $132 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$)であった。また、同河川で測定された高さ5cm、1mでの空間線量率は、24河川中それぞれ $1904 \text{ nGy} \cdot \text{h}^{-1}$ 、 $1491 \text{ nGy} \cdot \text{h}^{-1}$ で最大値を示した。

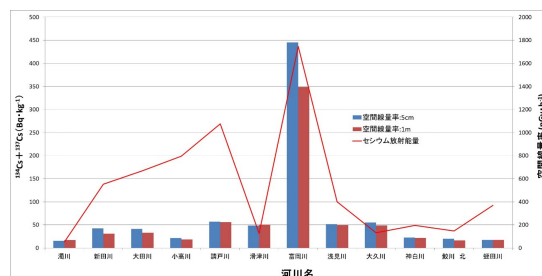


図3 各河川付近における高さ5cm、1mの空間線量率とモクズガニの甲殻の放射性セシウム濃度

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5cmでは鮫川($72.2 \text{ nGy} \cdot \text{h}^{-1}$)、1mでは濁川($66.8 \text{ nGy} \cdot \text{h}^{-1}$)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(図4, 図5)を作成した。

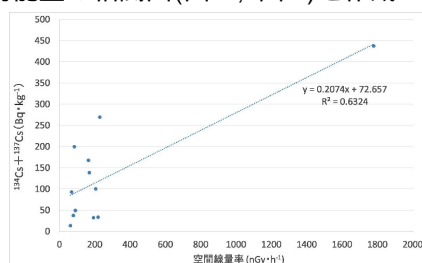


図4 高さ5cmにおける空間線量率とモクズガニ

の放射性セシウム濃度との相関

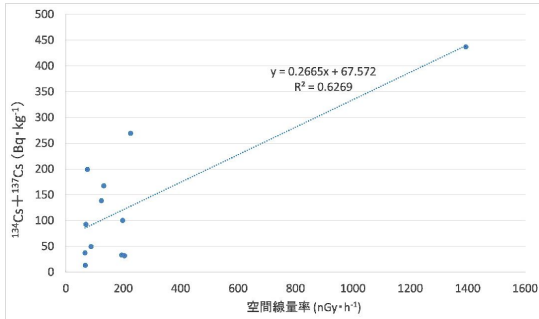


図 5 高さ 1m における空間線量率とモクズガニの甲羅の放射性セシウム濃度との相関

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(図 6)。

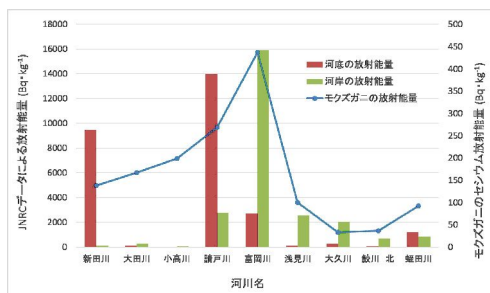


図 6 モクズガニの甲殻の放射性セシウム濃度と原子力規制委員会の河岸・河底の土壌放射能濃度との比較

原子力規制委員会の河底の土壌での測定データから、 ^{134}Cs の放射能濃度については請戸川、 ^{137}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、 ^{134}Cs と ^{137}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。

空間線量率を測定した河川で、新田川、大田川、小高川、請戸川が高値を示した理由としては、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福島第一原発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。

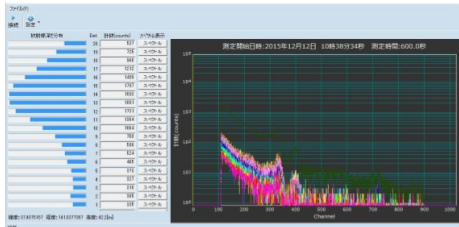
富岡川における空間線量率とモクズガニの放射能については、同地点で高い値を示し、関係性があるように思えるが、福島第一原発から最も近い距離に存在し、風向きや過去の降雨などによる環境要因から受ける影響が大きく現れたのではないかと考えた。本来であれば他の地点において距離が離れることにより、放射性物質の拡散される量はその過程で減少していくと考えられるが、当初の今回測定された空間線量率の大小と放射能の大小に関連性が見られないことから、周辺の空間線量率との相関関係がないと考えた。

3年間の調査結果では、富岡川のモクズガニの甲羅の Cs-134 濃度は 2015 年、 68.60 ± 3.17 Bq/kg、2016 年、 38.95 ± 2.50 Bq/kg、2017 年、 8.5 ± 1.31 、 Cs-137 濃度は 2015 年、 299 ± 3.71 Bq/kg、2016 年、 232.24 ± 2.63 Bq/kg、2017 年、 110.48 ± 3.06 Bq/kg へと変化した。また、採取場所の 2017 年の河川水の濃度は Cs-134 および Cs-137 濃度は共に N.D であった。河川水と比較してモクズガニの甲羅に集積した放射性セシウム濃度が高いことが判明した。また、2016 年度に開始できた福島第一原子力発電所の北側の最も近距離の河川である前田川の Cs-134 濃度は、2016 年 14.41 ± 1.75 Bq/kg、2017 年、 9.74 ± 2.13 Bq/kg、 Cs-137 濃度は 2016 年 222.89 ± 3.31 Bq/kg、2017 年、 137.53 ± 4.39 Bq/kg で当該河川水の 2017 年の濃度は Cs-134 及び Cs-137 濃度は共に N.D であった。さらに、2017 年に調査が開始できた熊川(福島第一原子力発電所の南側の最も近距離の河川)は、2017 年、 Cs-134 濃度、 8.51 ± 1.31 Bq/kg、 Cs-137 濃度 123.55 ± 3.19 Bq/kg で他の河川と同様に当該河川水の 2017 年の濃度は Cs-134 及び Cs-137 濃度は共に N.D であった。これらの調査結果より、河川水中の放射性セシウムは早期に消失するのに対して河川に生息する生物における生物濃縮は長期間に亘ることが判明した。なお、今後とも長期的な調査の必要性が示唆された。

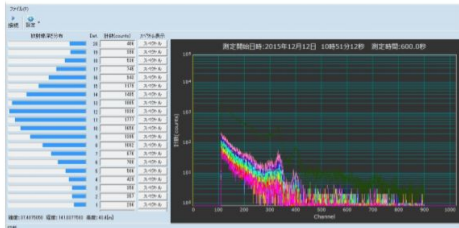
さらに、河口付近の土壌深度汚染分布測定は図 7 に示すとおり汚染土壌が表層から深部へ移行していることが確かめられた。このこ

とにより河口付近の表面における空間線量率は年々低下していくと考えられる。

DDS 測定データ No.1



DDS 測定データ No.2



DDS 測定データ No.3

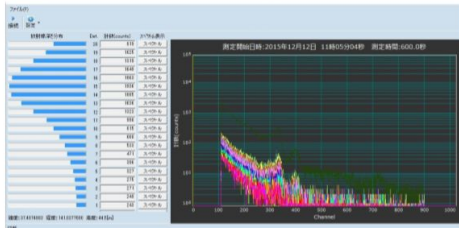


図 7 請戸川河口における放射性セシウム汚染土壌の深度分布図

以上3年間の研究期間で明らかとなったことは、水中生物における放射性セシウム濃度は空間線量率とは相関せず、生物濃縮があり遅延して減少することが明らかとなった。また、河口付近における放射性セシウム汚染土壌は沈降速度が速く、その場の空間線量率を低下させて要因となっていることが分かった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1 件)

1.清水秀雄, 石田和雄, 前寺郁彦, 窪岡 大, 井上一雅, 福土政広: 福島第一原子力発電所周辺における空間線量率とモクスガ二甲殻へのセシウム集積との関係性の検討, 医療保健学研究(7), 1-6, 2016 - 03, 査読有

〔学会発表〕(計 3 件)

1.荒井萌子, 井上一雅, 藤澤真, 福土政広, 福島第一原子力発電所事故後における栃木県の空間線量率. 第 11 回日本診療放射線学教育学会学術集会, 2017.08 (東京都)

2.荒井萌子, 井上一雅, 福土政広, 茨城県全域における福島第一原子力発電所事故後の空間線量率. 日本放射線技術学会第 70 回東京支部春期学術大会 2016.5(東京都).

3.福土政広, 福島第一原発事故と放射線教育. 第 9 回日本診療放射線学教育学会, 2015-09, (東京都)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 1 件)

名称: 放射線測定装置

発明者: 井上一雅、福土政広、阪間稔、藤本 憲市

権利者: 首都大学東京

種類: 特許

番号: 特願 2017-247979

出願年月日: 平成 29 年 12 月 24 日

国内外の別: 国内

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

福土 政広 (Masahiro Fukushi)

首都大学東京・人間健康科学研究科・教授

研究者番号: 70199199