

周辺環境が魚類の放射性セシウム蓄積に及ぼす影響の解明 (平成25年度)

中禅寺湖のサケ科魚類3種における放射性セシウム137濃度;原発事故1年後の汚染状況

誌名	栃木県水産試験場研究報告
ISSN	13408585
著者名	横塚, 哲也 高木, 優也 小堀, 功男 鹿野, 秀一 伊藤, 絹子
発行元	栃木県水産試験場
巻/号	58号
巻号補足	
掲載ページ	p. 15-17
発行年月	2015年2月

周辺環境が魚類の放射性セシウム蓄積に及ぼす影響の解明（平成25年度）

中禅寺湖のサケ科魚類3種における放射性セシウム137濃度—原発事故1年後の汚染状況—

横塚 哲也・高木 優也・小堀 功男・鹿野 秀一¹・伊藤 絹子²

目 的

2011年3月に発生した福島第一原子力発電所事故に伴い放出された放射性セシウム（Cs）は、東日本の広域に降下し、中禅寺湖の魚類からも放射性Csが検出された。本研究では、中禅寺湖のサケ科魚類3種を対象に、事故後約1年が経過した2012年5月時点における魚類の放射性Cs-137濃度について、全長、炭素・窒素安定同位体比および胃内容物組成との関係性を検討した。

材料および方法

調査方法 2012年5月17日に釣りによってヒメマス、ブラウントラウトおよびレイクトラウトを採捕し、全長を測定したのち、筋肉および胃を摘出し、-30℃で冷凍保存した。魚類の筋肉は放射性Cs-137濃度測定および安定同位体比分析に、胃は胃内容物分析に供した。

放射性Cs-137濃度測定 「緊急時におけるガンマ線スペクトロメトリーのための試料前処理法」²⁾を参考に、筋肉を細切して測定試料を調整し、100mL 容U-8容器を用いて、ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリーにより放射性Cs-137濃度を測定した。³⁾

胃内容物分析 胃内容物については魚類（ヒメマス、ワカサギ、ウグイ、不明魚類を含む）、ヨシノボリ類、カジカ、エビ類、巻貝、ユスリカ蛹、水生昆虫、陸生昆虫および動物プランクトンの9型に分類したのち、それぞれ湿重量を計量した。

安定同位体比分析 魚類の筋肉を60℃で一晩乾燥させ、脱脂処理を行い分析試料とした。質量分析計（MATDELTA Plus, Finnigan社）を用いて、筋肉の炭素・窒素安定同位体比（ $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ ）を測定した。

データ解析 放射性Cs-137濃度、 $\delta^{13}\text{C}$ および $\delta^{15}\text{N}$ について、各魚種間の多重比較（Steel-Dwass test）を行った。各魚種における放射性Cs-137濃度と全長および $\delta^{15}\text{N}$ について、Spearmanの順位相関検定を行った。

結 果

放射性Cs-137濃度 放射性Cs-137濃度の平均値（範囲）（Bq/kg-wet）は、ヒメマスで94.4（61-135）、ブラウントラウトで104.9（43-237）、レイクトラウトで80.5（33-139）を示し、魚種間に有意な差は認められなかった。放射性Cs-137濃度の変動係数はヒメマスで17.6 %、レイクトラウトで37.6%、ブラウントラウトで43.2 %となり、後者ほど高い値を示した。

炭素・窒素安定同位体比 $\delta^{13}\text{C}$ の平均値（範囲）は、ヒメマスで-21.03 ‰（-22.42--19.00 ‰）、ブラウントラウトで-17.39 ‰（-20.96--14.22 ‰）、レイクトラウトで-17.19 ‰（-19.04--15.48 ‰）を示し（図1）、ヒメマスと他の2種の間で有意な差が認められた（ $P < 0.001$ ）。 $\delta^{13}\text{C}$ の変動係数はヒメマスで3.6 %、レイクトラウトで5.2 %、ブラウントラウトで8.3 %となり、後者ほど高い値を示した。 $\delta^{15}\text{N}$ の平均値（範囲）は、ヒメマスで11.05 ‰（6.62-12.25 ‰）、ブラウントラウトで12.17 ‰（10.58-14.97 ‰）、レイクトラウトで13.42 ‰（12.55-14.35 ‰）となり、全ての魚種間で有意な差が認められた（いずれも $P < 0.001$ ）。

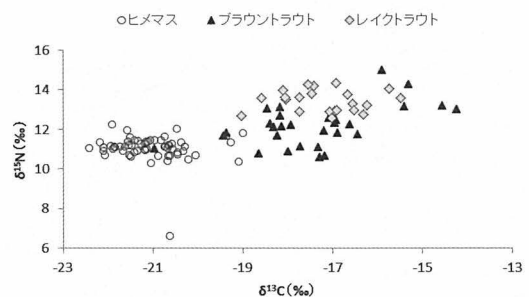


図1 各魚種の炭素・窒素安定同位体比

胃内容物組成 ヒメマスはユスリカ蛹および動物プランクトンのみを摂餌していた（表1）。

表1 各魚種の胃内容物組成（%）

魚種	n	魚類	ヨシノボリ類	カジカ	エビ類	巻貝	ユスリカ蛹	水生昆虫	陸生昆虫	動物プランクトン
ヒメマス	60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	98.4	0.0	0.0	1.6
ブラウントラウト	46	35.9	13.2	2.0	8.8	8.7	3.4	26.3	1.7	0.0
レイクトラウト	22	51.7	6.1	9.7	9.4	0.1	20.6	2.0	0.2	0.0

¹ 東北大学東北アジア研, ² 東北大学院農学部

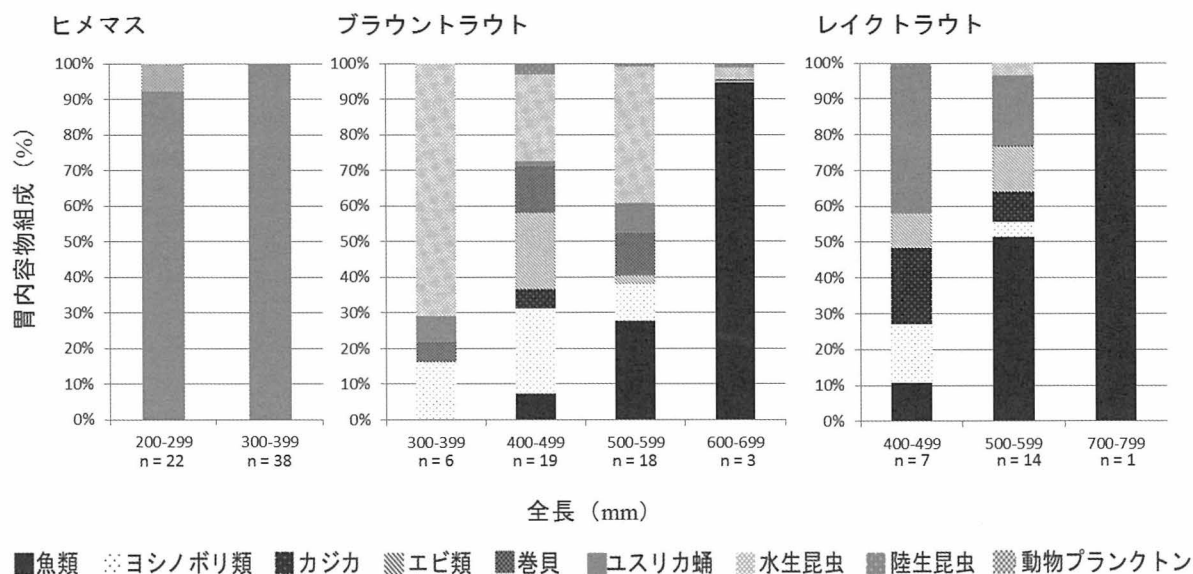


図2 各魚種の全長別胃内容物組成

ブラウントラウトおよびレイクトラウトは、魚類を中心に様々な生物を摂餌しており、ブラウントラウトでは巻貝、水生昆虫および陸生昆虫、レイクトラウトではユスリカ蛹の利用が特徴的であった。また、両種は全長が大きい個体ほど、胃内容物に占める魚類の割合が高かった (図2)。

放射性Cs-137濃度、全長および $\delta^{15}\text{N}$ の関係 ヒメマスでは、これらに関係性は認められなかった

(図3)。ブラウントラウトでは、放射性Cs-137濃度と全長の間に負の相関が ($R=-0.391$, $P<0.05$), 全長と $\delta^{15}\text{N}$ の間に正の相関が認められた ($R=0.613$, $P<0.01$)。レイクトラウトでは、放射性Cs-137濃度と全長および $\delta^{15}\text{N}$ の間に負の相関が (それぞれ, $R=-0.608$, $P<0.01$, $R=-0.515$, $P<0.05$), 全長と $\delta^{15}\text{N}$ の間に正の相関が認められた ($R=0.565$, $P<0.01$)。

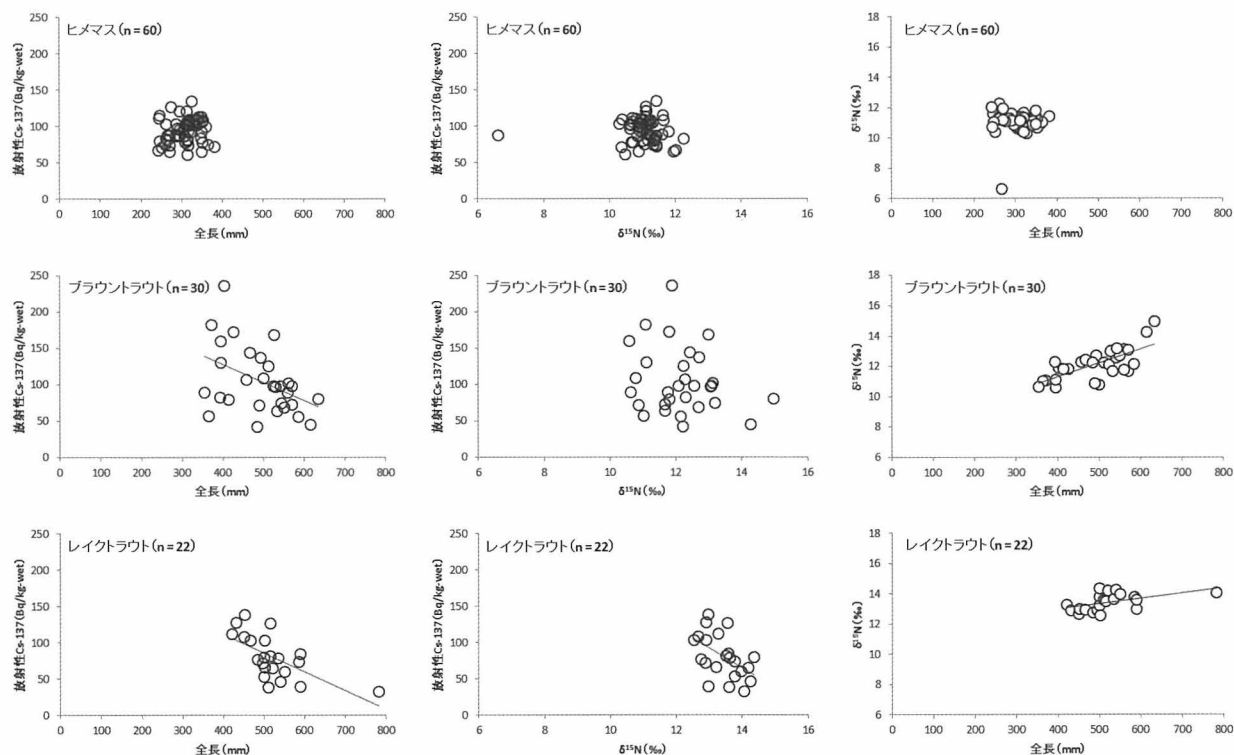


図3 各魚種における放射性Cs-137濃度、全長および $\delta^{15}\text{N}$ の関係

考 察

サケ科魚類3種の餌資源利用 ヒメマスの主要な餌資源は動物プランクトン（特にハリナガミジンコ類）であり、春にはユスリカ蛹も重要な餌資源になることが報告されている。⁴⁾ 今回、ヒメマスの胃内容物組成はユスリカ蛹が主体であったが、これは季節的な結果であると考えられる。一方、ブラウントラウトやレイクトラウトは、魚類を中心に様々な生物を摂餌しており、ヒメマスとは利用する餌資源が異なっていた。また、ヒメマスと他の2種で認められた $\delta^{13}\text{C}$ の有意な差は、栄養起源が異なる食物連鎖系列に属することを示唆している。さらに、ブラウントラウトとレイクトラウトでは、利用する餌資源が概ね重複していたが、ブラウントラウトの方が $\delta^{13}\text{C}$ の変動係数が大きく、餌資源利用の個体差が大きいことが示唆された。

ヒメマス、レイクトラウトおよびブラウントラウトの $\delta^{13}\text{C}$ の変動係数は後者ほど高い値を示し、放射性Cs-137濃度の変動係数も同様の傾向を示した。これは餌資源利用の個体差が大きい魚種ほど、放射性Cs-137濃度の個体差が大きいことを意味している。このことから、餌生物によって放射性Cs-137濃度が異なることが推察されるため、今後は各餌生物の放射性Cs-137濃度把握が必要と考えられる。

体サイズと放射性Cs-137濃度 1986年に発生したチェルノブイリ原発事故では、事故当初、ノルウェーのイワナやブラウントラウトにおいて放射性Cs-137濃度と体重や年齢の間に負の相関が認められたが、その後時間の経過に伴って正の相関へと変化した。⁵⁾ 一般に、魚類は大型個体ほど代謝速度が遅いため、放射性Cs-137の取込・排出速度が遅く、食物連鎖を介して放射性Cs-137が移行するまでに時間を要するとされている。加えて、栄養段階が高い個体ほど、放射性Cs-137濃度の上昇に時間がかかることが報告されている。⁶⁾ これらのことが、放射性Cs-137濃度と魚体サイズおよび年齢の関係性の時間的変化に影響するとされている。

中禅寺湖のブラウントラウトとレイクトラウトにおいても、福島原発事故から約1年が経過した2012年5月時点では、放射性Cs-137濃度と全長の間に負の相関が認められ、大型個体ほど放射性Cs-137濃度が低かったが、事故から約1年の日数では、放射性Cs-137が大型個体まで移行しておらず、大型個体の放射性Cs-137濃度が最大値に達していないことが考えられる。2013年の調査では、大型個体の放射性Cs-137濃度が上昇しつつあり、今後時間の経過に伴って大型個体への放射性Cs-137の移行が進行する可能性がある。

参考文献

- 1) 文部科学省. 放射線モニタリング情報. http://radioactivitynsr.go.jp/ja/contents/5000/4930/24/1305819_0727.pdf (2011年7月時点).
- 2) 文部科学省. 放射能測定シリーズ24：緊急時におけるガンマ線スペクトロメトリーのための試料前処理法（財）日本分析センター，千葉. 1992.
- 3) 文部科学省. 放射能測定シリーズ7：ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー（財）日本分析センター，千葉. 1992.
- 4) 坂野博之，山本祥一郎，阿部信一郎，中村英史，中島歩，武藤光司. 中禅寺湖に生息するヒメマスの食性と餌生物生産量の推定. 平成22年度日本水産学会春季大会講演要旨集2010：213.
- 5) Ugedal O, Forseth T, Jonsson B, Njastad O. Sources of variation in radiocaesium levels between individual fish from a Chernobyl contaminated Norwegian lake. *Applied Ecology*. 1995； 32：352-361.
- 6) Doi H, Takahara T, Tanaka K. Trophic position and metabolic rate predict the long-term decay process of radioactive cesium in fish：a meta-analysis. *PLoS ONE*. 2012；7：e29295.

（水産研究部）

周辺環境が魚類の放射性セシウム蓄積に及ぼす影響の
解明－中禅寺湖のサケ科魚類3種における放射性セシ
ウム¹³⁷濃度-原発事故1年後の汚染状況－（p15-17）

魚類の放射性セシウム濃度の決定要因を検討するため、ヒメマス、ブラウントラウト、レイクトラウトの放射性セシウム¹³⁷濃度と全長、胃内容物、安定同位体比の関係を調査しました。胃内容物や安定同位体比の調査から、ヒメマスと他の2種では、食物連鎖系列が異なることが明らかになりました。ブラウントラウトとレイクトラウトでは大型魚ほど放射性セシウム¹³⁷濃度が低い傾向が見られましたが、ヒメマスでは関係性は見られませんでした。以上のことから、サケ科魚類の放射性セシウム¹³⁷濃度は、利用する餌や全長（あるいは代謝速度）によって決定されることが示唆されました。