

番号	線量 O17
大項目	実験研究
中項目	環境移行
小項目	淡水・汽水系生物
タイトル	淡水・汽水系魚類への放射性核種の蓄積 Accumulation of radionuclides in freshwater and blackish fishes
キーワード	淡水魚、汽水魚、生物濃縮パラメータ、セシウム、ストロンチウム、ヨウ素
概要	
<p>1) 淡水魚であるコイによる放射性セシウムの取り込み・排出を取り込み経路別に水槽実験で観察し、濃縮係数 (CF)、生物学的半減期などの生物濃縮パラメータを求めた。餌からも環境水からもセシウムは同じように代謝・排出されるが、濃縮係数で比較すると、餌からの蓄積が飼育水からの蓄積より遥かに大きい結果が得られ、水生生物のセシウム-137 (^{137}Cs) 濃縮に対する食物連鎖の影響の大きさが認められた。</p> <p>2) 汽水魚についても同様に放射性核種の生物濃縮パラメータを水槽実験から推定し、環境水の塩分が放射性核種の濃縮に与える影響についても検討した。その結果、塩分濃度が低くなるにつれ、ストロンチウムとヨウ素の平衡時の濃縮係数が増大し、20%海水では 60%海水の 2~3 倍の値を示した。しかしセシウムの濃縮係数は塩分による影響は見られなかった。</p>	
詳細	
<p>1) コイによる放射性セシウムの濃縮・排出</p> <p>コイ (平均体重 26g) による ^{137}Cs の取り込みを水経由と餌経由にわけて観察した。水経由の取り込みは、^{137}Cs (塩化物) を添加した淡水中でコイ 6 尾を 31 日間飼育して、^{137}Cs の魚体内への蓄積を追跡した。その後、それらのコイを非汚染水中で 21 日間飼育し、体内からの ^{137}Cs の排出を観察した。餌経由の ^{137}Cs の取り込みは、10 尾のコイに ^{137}Cs でラベルしたペレットを 1 回投与するグループと、7 尾のコイに ^{137}Cs を取り込ませたヒメダカを同様に 1 回投与するグループについて観察した。両グループ共に餌投与直後のコイの ^{137}Cs 濃度を基準とし、52 日間にわたり体内残留率を測定した。</p> <p>水からの取り込み実験では、コイ 6 尾の放射能を取り込み実験時 (31 日間) に 6 回、排出実験時 (21 日間) に 5 回測定した。排出の曲線から、速く排出される成分 (第一成分) と排出の遅い成分 (第二成分) の存在が推測された。これらのデータについて、柴田 (放医研) の開発した指数関数モデルを基礎とした「生物濃縮解析プログラム」を用いて、各成分の取り込み速度、排出速度、濃縮係数 (CF)、生物学的半減期などの生物濃縮パラメータを計算し、表 1 に示した。一方、餌からの取り込み実験では、ペレット投与群、ヒメダカ投与群ともに 52 日間に 10 回魚体の放射能を測定した。餌の実験でも排出の速い成分と遅い成分の存在が推測された。これらのデー</p>	

タについて前述の計算プログラムで解析し、餌からの ^{137}Cs の排出速度、生物学的半減期を成分ごとに求めた。餌からの ^{137}Cs の吸収率(%)は、汚染餌投与直後の魚体の放射能を100%として、汚染餌の消化排泄が終了すると予測される餌投与後24~48時間に魚体に残存する放射能の割合(%)とした。表2に水経由で取り込まれた ^{137}Cs の生物学的半減期と、ペレットおよびヒメダカを摂餌して取り込まれた ^{137}Cs の生物学的半減期を示した。また、表3にコイによる ^{137}Cs の飼育水からのCFと共に、以下の計算式で求めた餌からのCFを示した。

餌からのCF = 餌のCF × (消化管吸収率/100) × (日間摂餌率/100) ÷ 排出速度

餌とするヒメダカのCFを別の実験から推定された10とし、コイがこのヒメダカを毎日自分の体重の4%(日間摂餌率)食べると仮定して、当実験で求められた消化管吸収率91%、排出速度(0.00943)を用いて計算した。

飼育水から取り込まれた ^{137}Cs の排出曲線は、排出の速い成分(第一成分)と排出の遅い成分(第二成分)で構成され、第二成分の割合が大きく、排出は緩慢であった。

餌から取り込まれた ^{137}Cs の排出曲線もやはり2成分で表され、排出の遅い成分がコイの消化管から代謝系に吸収されたのちに排出される部分と推定される。その半減期はペレット餌、ヒメダカ餌ともに70日前後で大きな違いがなく、餌に含まれる ^{137}Cs の存在形態に関係なく吸収、代謝、排出されるものと思われる。さらに、飼育水から取り込まれた ^{137}Cs の生物学的半減期と比較しても、両成分共に類似の値を示し、取り込み経路が異なっても ^{137}Cs はコイにより同じように代謝、排出されると推定された。しかし、濃縮係数で比較すると、餌からの蓄積が飼育水からの蓄積より遥かに大きい結果が得られ、水生生物の ^{137}Cs 濃縮に対する食物連鎖の影響の大きさが認められた。

2) 汽水魚の放射性セシウム、ストロンチウム、ヨウ素の生物濃縮パラメータ

汽水域は、一般に生物の生産性が高く、また水産上重要な生物も多く生息する。汽水域は淡水域や海水域とは異なり、潮の干満で塩分が大きく変動するため、この変動に耐える生物のみが生息可能である。実験には、大型の核燃料再処理工場が建設されている青森県六ヶ所村の汽水湖である尾ぶち沼に生息するハゼの一種のピリンゴ(平均体重1.1g)とヌマガレイ(平均体重10.3g)を用いた。トレーサーは ^{137}Cs 、 ^{85}Sr 、 ^{125}I で、前2者は塩化物、 ^{125}I は I^- の形で用いた。飼育水は尾ぶち沼の汽水(Na, Ca, Mgなどの元素分析の結果から海水のほぼ半分の塩分濃度と推定された)を用いた。

汽水経由の放射性核種の取り込み・排出実験から計算された生物濃縮パラメータを表4に示した。Cs, Srでは魚種による差は見られなかったが、Iではピリンゴがヌマガレイの約4倍高い蓄積を示した。Iは脊椎動物の甲状腺ホルモンとして必須元素であり、生物代謝の重要部分を担っているが、生物の成長段階や季節などにより、また種類によって要求量が異なるのがこの差の原因と思われる。

ピリンゴについては、環境水の塩分の変化によるパラメータの変動を観察するために、海水を水道水で3段階に希釈した飼育水(海水の割合を%で表現し、例えば海水1に対して水道水9を加えたものを10%海水の様に表記した。)で同様の取り込み・

排出実験を行った。実験から得られた取り込み・排出の曲線に、指数関数モデルをあてはめて各成分についてパラメータを求めた。そのうち、主要成分である第二成分の取り込み速度、排出速度と第一、第二成分を加算した濃縮係数 (CF_1+CF_2) を表 5 に示した。Sr, I共に塩分の低下につれて平衡時の濃縮係数が増大し、20%海水では60%海水の2~3倍の値を示した。一方Csでは顕著な影響は見られなかった。Sr, Iの塩分低下によるCFの増大は、塩分の変動で魚体からの排出速度があまり変化しないのに対し、塩分低下につれて環境水からの核種の取り込み速度が大きくなることが主因と思われる。魚にとっての核種の必須性に依りて、環境水からの核種の取り込みが能動的に変動する可能性が示唆された。

図表

表1. コイによるCs-137の生物濃縮パラメータ (水からの取り込み)

	取り込み速度 (u) (日 ⁻¹)	排出速度 (β) (日 ⁻¹)	濃縮係数 CF (u/β)	生物学的半減期 (Tb) (日)
第1成分	0.1400	0.9921	0.14	0.7
第2成分	0.0827	0.0111	7.47	63

表2. コイに取り込まれたCs-137の生物学的半減期 (Tb)

取り込み経路	第1成分 Tb (日)	第2成分 Tb (日)
水から	0.7	63
餌から (ペレット)	1.2	69
(ヒメダカ)	3.4	75

表3. コイ全身におけるCs-137の濃縮係数 (経路別)

取り込み経路	濃縮係数 (CF)
水から	7.6
餌から (ヒメダカ)	38.6

(Kimura et al.: International Seminar on Freshwater and Estuarine Radioecology, Lisbon, Portugal. (1994) より)

表 4. 汽水魚の全身における放射性セシウム、ストロンチウム、ヨウ素の生物濃縮パラメータ（水からの取り込み、水温 20℃）

核種	魚種	第 1 成分 取り込み 速度(日 ⁻¹)	排出速度 (日 ⁻¹)	濃縮係数 CF ₁	第 2 成分 取り込み 速度(日 ⁻¹)	排出速度 (日 ⁻¹)	濃縮係数 CF ₂	CF ₁ +CF ₂
放射性 セシウム	ピリング	0.0760	0.4764	0.2	0.0862	0.0102	8.4	8.6
	ヌマガレイ	0.1052	0.2908	0.4	0.1644	0.0202	8.1	8.5
放射性ス トロンチ ウム	ピリング	0.0620	0.7941	0.1	0.0495	0.0063	7.9	8.0
	ヌマガレイ	0.0617	1.4650	0.04	0.0549	0.0039	14.2	14.2
放射性 ヨウ素	ピリング	2.2397	0.1192	18.8	0.9323	0.0298	31.3	50.1
	ヌマガレイ	2.3081	0.3543	6.5	0.4610	0.0605	7.6	14.1

(特別研究報告書 NIRS-R-36 (1999) より)

表 5. ピリングによる放射性核種を取り込みへの塩分の影響（水からの取り込み、水温 20℃）

	¹³⁷ Cs			⁸⁵ Sr			¹²⁵ I		
	第 2 成分		CF ₁ +CF ₂	第 2 成分		CF ₁ +CF ₂	第 2 成分		CF ₁ +CF ₂
	取り込み 速度 (day ⁻¹)	排出速度 (day ⁻¹)		取り込み 速度 (day ⁻¹)	排出速度 (day ⁻¹)		取り込み 速度 (day ⁻¹)	排出速度 (day ⁻¹)	
20%海 水	0.0576	0.0114	5.2	0.1085	0.0044	26.1	4.4762	0.0433	143
40%海 水	0.0709	0.0126	5.7	0.0557	0.0041	13.8	4.1321	0.0408	121
60%海 水	0.0935	0.0110	8.6	0.0430	0.0051	8.5	2.1631	0.0365	79

(特別研究報告書 NIRS-R-36 (1999) より)

文献

1. K. Kimura and R. Nakamura: Accumulation and retention of ¹³⁷Cs by a freshwater fish, *Cyprinus carpio* L. from water and food. International Seminar on Freshwater and Estuarine Radioecology, Lisbon, Portugal, 21-25 March, 1994.
2. 特別研究「環境における放射性物質の動態と被ばく線量算定に関する調査研究」、放医研 NIRS-R-36 (1999)
3. 柴田貞夫：RI 排泄パターンが複数の指数関数で表現できる水生生物の濃縮係数の求め方について、「第 25 回理工学における同位元素研究発表会要旨集」、東京、1988