

番号	線量 016
大項目	実験研究
中項目	環境移行
小項目	海産生物
タイトル	海産魚への放射性核種の蓄積 Accumulation of radionuclides in marine fishes
キーワード	シラス、指標生物、海産魚、セシウム、ストロンチウム、 生物濃縮パラメータ
概要	
<p>1) 海産生物の中でも、カタクチイワシの稚魚であるシラスは沿岸海洋の放射能汚染の重要な指標生物となっている。シラスの放射性セシウム、ストロンチウムの濃縮・排出を水槽実験で観察した。その結果、セシウムは、比較的早く海水と魚体との間で濃縮平衡に近づき、ストロンチウムの 10 倍近い濃縮係数値を示すが、排出される速度も早い傾向が見られた。</p> <p>2) 海産生物が放射性核種を体内に取り込む経路として、海水を介して鰓から取り込む経路と汚染した餌を介して消化管から取り込む経路が主要な経路と考えられる。種々の海産生物について経路別の放射性核種の濃縮・排出を水槽実験で観察し、濃縮係数、生物学的半減期などの生物濃縮パラメータを求めた。その結果、セシウムは非常に吸収され易く、餌と共に摂取された放射能の 80% 近くが吸収されたのに対し、ストロンチウムは数%と低い吸収率であった。ヨウ素は魚種により差が見られたが、セシウムとストロンチウムの中間と推定された。</p>	
詳細	
<p>1) シラスによる放射性セシウム、ストロンチウムの濃縮・排出</p> <p>海水にストロンチウム-85 (^{85}Sr)、セシウム-137 (^{137}Cs) を添加し、放射能濃度が安定してからそれぞれの水槽にシラスを投入した。以後、経時的にとりあげた個体について、全魚体の放射能を測定して海水の放射能濃度との比を求めると共に、内臓部分とその他の部分とに大別して放射能を測定した。また、一部のシラスを汚染海水から清浄海水に移して、放射性核種の排出状況も観察した。</p> <p>図 1 に飼育約 300 時間までの ^{85}Sr と ^{137}Cs の取り込み状況を示した。^{85}Sr の濃縮曲線は、立ち上がりが急であったが、その後は緩やかに増加した。最後の取り上げの 18 日目のシラスと海水の放射能濃度比は、0.97 であった。この場合、内臓とそれ以外の部位とを比較すると、後者は海水濃度の 0.7~0.8 前後の比較的安定した濃度比を示したが、内臓では変動が大きかった。一方、^{137}Cs では比較的早く魚体と海水の間で濃縮平衡に近づくとみられ、飼育 13 日目には海水との濃度比が 10.5 になり、^{85}Sr に比べると約 10 倍の値を示した。^{137}Cs の場合も内臓は他の部分に比較して 2 倍程度の高い濃縮を示した。</p> <p>図 2 は両核種の排出状況を比較したものである。何れの核種も初期に速く排出される成分と、それに続いて緩慢に排出される成分がみられる。両成分の生物学的半減期</p>	

を計算すると、 ^{85}Sr では1.9日および83.2日となった。 ^{137}Cs では4.2日および25.2日となり、全般に ^{85}Sr より排出は迅速であった。

2) 海産魚の放射性セシウム、ストロンチウム、ヨウ素に関する生物濃縮パラメータ

種々の海産魚について海水経由および餌経由での放射性核種の取り込み、排出を水槽実験で観察した。海水経由の取り込み実験は、放射性核種を添加した海水中で海産魚を1~2週間程度飼育しその間、経時的に6~10尾を水槽から取り上げ、個体毎の放射能を計測した。海水は1~2日置きに交換し、その都度海水の放射能レベルを調整した。取り込み終了後、非汚染海水に移して魚体からの放射性核種の排出を1から3か月程度追った。排出実験の間も海水を適宜交換した。水温は15または20℃に調整した。

餌経由の取り込み実験は、海産魚に汚染餌を1回投与してその後の放射性核種の排出状況を1~3か月程度追った。海水経由および餌経由の水槽実験で観察された魚の放射能の増減曲線に柴田（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」を当てはめて、放射性核種の取り込み速度、排出速度などの生物濃縮パラメータを求めた。

海水経由による放射性核種の取り込みに関する生物濃縮パラメータを、核種別に表1から3に示した。放射性セシウムに関しては、排出の速い成分（第一成分）と排出の遅い成分（第二成分）の2成分が見られ、排出の遅い成分が海産魚の放射性セシウム蓄積の主要部分を占めた。魚の組織を骨や鱗などの硬組織と筋肉や内臓などの軟組織に分けると、放射性セシウムは両組織に分布するが、軟組織がやや高めであり、筋肉では排出も遅くなる傾向が見られた。

放射性ストロンチウムでも排出の速い成分と遅い成分の存在が示され、やはり排出の遅い成分（第二成分）の割合が大きかった。SrはCaと似た化学的性質を有し、骨や鱗などの硬組織に蓄積され、筋肉などの軟組織への蓄積は低い。しかし、硬組織に入ったSrは、その後の排出が緩慢なため、魚全身の放射性ストロンチウムの生物学的半減期を長くする要因となっている。

放射性ヨウ素に関しても2成分が観察されたが、Cs, Srの場合と異なり、海産魚では蓄積への寄与の割合は両成分とも同程度であった。放射性ヨウ素は、筋肉部位にはあまり蓄積せず、内臓部位が高かった。

餌経由の実験から、汚染餌を摂取することによる放射性核種の消化管吸収率（%）を核種別に表1に示した。海産魚では、餌の消化・排泄は1~2日以内に終了するので、ここでの消化管吸収率（%）は、摂取した汚染餌の放射能に対しての、汚染餌摂取後1~2日目の時点で魚体内に残存した放射能の割合を%で示したものである。海産魚による消化管吸収率は各々の核種で特徴が見られた。すなわち、Csは非常に吸収されやすく、餌と共に摂取された放射能の80%近くが吸収されたのに対し、Srは数%と低い吸収率であった。Iは魚種により差が見られたが、CsとSrの中間と推定された。

図表

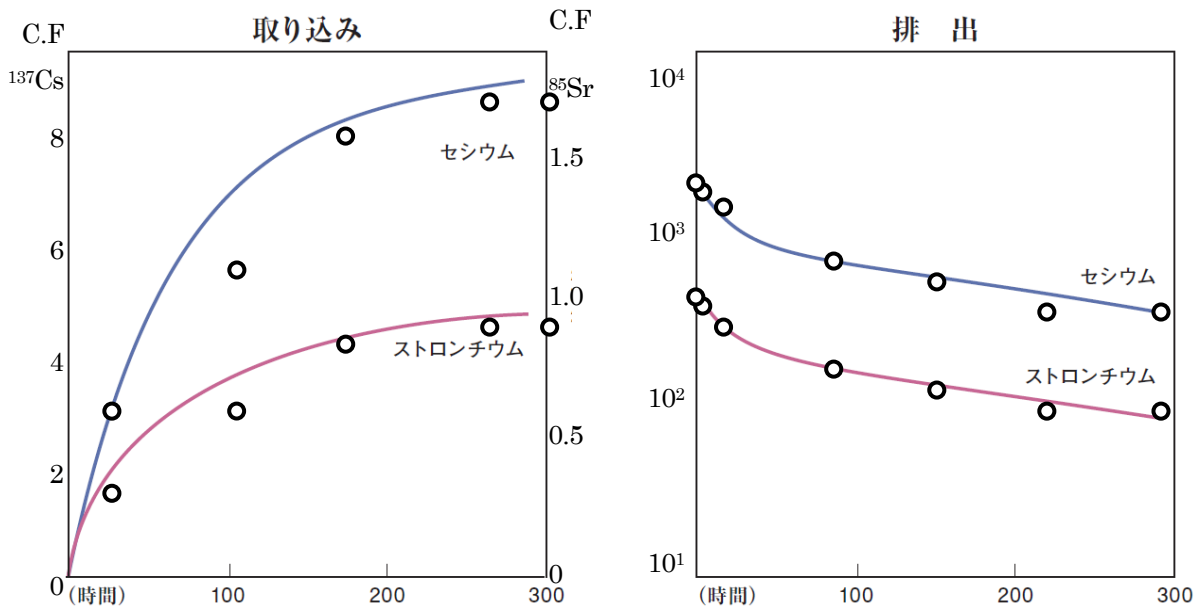


図1 「シラス」の¹³⁷Csと⁸⁵Srの取り込みと排出

(佐伯：放射線科学 51 (2008) より一部改編)

表 1. 海産魚の海水経路による放射性セシウムの取り込みの生物濃縮パラメータ

魚種	平均体重 (g)	部位	第 1 成分			第 2 成分			CF ₁ +CF ₂	水温 (°C)
			取り込み速度 (day ⁻¹)	排出速度 (day ⁻¹)	CF ₁	取り込み速度 (day ⁻¹)	排出速度 (day ⁻¹)	CF ₂		
クロソイ	6	全身	0.1303	0.0824	1.6	0.1479	0.0144	10.3	11.9	15
	42	全身	0.0461	0.0595	0.8	0.0939	0.0048	19.5	20.3	15
	42	筋肉	0.0066	0.0263	0.3	0.1714	0.0029	59.5	59.8	15
	303	全身	0.0587	0.7430	0.1	0.0818	0.0078	10.5	10.6	15
ヒラメ	10	全身	0.2871	0.4044	0.7	0.2436	0.0095	25.6	26.3	15
	392	全身	0.1253	0.2591	0.5	0.1116	0.0111	10.1	10.6	15
スズキ	25	全身	—	—	—	0.1467	0.0125	11.8	11.8	20
トラザメ	339	全身	0.0008	0.1559	0.0	0.0096	0.0041	2.3	2.3	15

(特別研究報告書 NIRS-R-36 (1999) より)

表2. 海産魚の海水経路による放射性ストロンチウムの取り込みの生物濃縮パラメータ

魚種	平均体重 (g)	部位	第1成分			第2成分			CF ₁ +CF ₂	水温 (°C)
			取り込み速度 (day ⁻¹)	排出速度 (day ⁻¹)	CF ₁	取り込み速度 (day ⁻¹)	排出速度 (day ⁻¹)	CF ₂		
クロソイ	42	全身	0.2063	2.7256	0.1	0.0275	0.0010	27.5	27.6	15
	42	筋肉	0.0221	2.7860	0.01	0.0013	0.0116	0.1	0.1	15
スズキ	25	全身	—	—	—	0.0236	0.0038	6.2	6.2	20
トラザメ	339	全身	0.0049	0.2541	0.02	0.0043	0.0101	0.4	0.4	15

(特別研究報告書 NIRS-R-36 (1999) より)

表3. 海産魚の海水経路による放射性ヨウ素の取り込みの生物濃縮パラメータ

魚種	平均体重 (g)	部位	第1成分			第2成分			CF ₁ +CF ₂	水温 (°C)
			取り込み速度 (day ⁻¹)	排出速度 (day ⁻¹)	CF ₁	取り込み速度 (day ⁻¹)	排出速度 (day ⁻¹)	CF ₂		
クロソイ	42	全身	2.0161	0.1914	10.5	0.1901	0.016	11.9	22.4	15
	42	筋肉	0.4010	0.1429	2.8	0.0303	0.0277	1.1	3.9	15
スズキ	43	全身	1.3914	0.5720	2.4	0.0542	0.0451	1.2	3.6	20
	43	筋肉	0.9784	0.7659	1.3	0.0363	0.0682	0.5	1.8	20
トラザメ	339	全身	—	—	—	1.8014	0.0476	37.8	37.8	15

(特別研究報告書 NIRS-R-36 (1999) より)

表4. 海産魚による放射性セシウム、ストロンチウム、ヨウ素の餌からの吸収率 (%)

核種	魚種	体重 (g)	吸収率 (%)	水温 (°C)
¹³⁷ Cs	クロソイ	13	83	15
		352	82	15
	ヒラメ	15	92	15
		405	78	15
⁸⁵ Sr	メジナ	10	50	20
		320	5	20
	ヒラメ	10	6	20
		75	7	20
¹²⁵ I	メジナ	40	20	20
	スズキ	58	9	20
	ブリ	90	40	15

(特別研究報告書 NIRS-R-36 (1999) より)

文献

1. 海洋放射能調査研究報告書—放射性核種の海産生物への移行に関する研究ならびに水産食品消費の実態調査—、放医研 NIRS-R-3 (1974)
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、1998