

スズキによる¹³⁷Csの濃縮に与える環境水塩分の影響

目的

¹³⁷Csは核分裂生成物の中でも半減期が比較的長い(約30年)ため、現在⁹⁰Srと共に環境放射能モニタリング試料中に見出される主要な人工放射性核種である。これらは1960年代前半まで行なわれた大気圏内核実験の放射性降下物に由来するものと考えられるが、¹³⁷Csは生物体内の軟組織にとり込まれやすく、魚類筋肉中に見出されるほとんど唯一の人工放射性核種となっている。

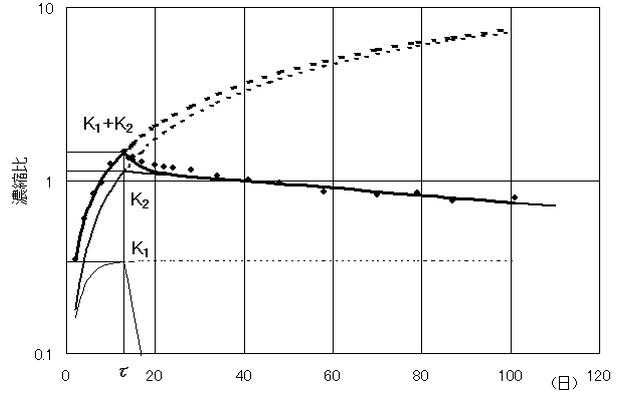
スズキ (*Lateolabrax japonicus*) は、広く日本沿岸に産し、漁業、遊漁上重要な広塩性魚類の一つである。わが国の海洋環境放射能モニタリングにおいて、スズキ筋肉中の¹³⁷Cs濃度が他の魚種に比較して高く、また季節的及び地域的にも変動することが認められている。スズキは生活史の初期に汽水域に生息することから環境水の塩分が¹³⁷Cs蓄積に影響することが考えられる。そこで海生研では、独立行政法人放射線医学総合研究所那珂湊支所との共同研究で、飼育海水の塩分を変えてRIトレーサー実験をし、海水中に溶解する¹³⁷Csがエラや体表から直接取り込まれる経路と、餌料生物中の¹³⁷Csが消化管を通して取り込まれる経路についてスズキの¹³⁷Cs蓄積に対する塩分の影響等を検討した。

成果

1. 環境水からの取り込み及び排出実験

飼育海水は100%天然海水と、これを淡水で稀釈した50%海水及び10%海水の3段階とし、それぞれに¹³⁷Cs(塩化物水溶液)を投入して人工的に汚染させた。あらかじめ各塩分区分で十分に馴致させたスズキをこれらの汚染海水中で飼育し、経日的に取り上げ、Ge半導体検出器により全身の放射能を計測した。7日間汚染海水で飼育した後、¹³⁷Csを含まないそれぞれの塩分区分の海水に移してスズキ全身の計測を続け、スズキ体内からの¹³⁷Csの排出状況を観察した。各塩分区分ともに、実験期間中の水温は常に20±1℃に保った。

¹³⁷Csの取り込み及び排出は、基本的には、第1図に示すような2成分をもった指数関数モデルによって表すことができ、これにより取り込み定数及び排出定数



取り込み曲線

$$F(t) = \alpha_1 / \beta_1 \cdot (1 - \exp(-\beta_1 t)) + \alpha_2 / \beta_2 \cdot (1 - \exp(-\beta_2 t))$$

排出曲線

$$f(t) = K_1 \cdot \exp(-\beta_1 t) + K_2 \cdot \exp(-\beta_2 t)$$

K : 核種濃度, 濃縮比, 負荷量, 保持率など

α : 取り込み定数 (/日)

β : 排出定数 (/日)

濃縮係数

$$CF = \alpha_1 / \beta_1 + \alpha_2 / \beta_2$$

第1図 スズキによる¹³⁷Csの取り込み・排出モデル

を求めた。また生物学的半減期(Tb1/2)は下記の式により求めた。

$$Tb_{1/2} = \ln 2 / \text{排出定数}$$

得られた排出定数は100%海水区>50%海水区>10%海水区の順となり、環境水中のK等のミネラル成分の少ない低塩分区分では、一旦体内に取り込むと排出し難くなり、従って生物学的半減期はより長くなることが明らかになった。

2. 餌料からの取り込み及び排出実験

ペレット状配合餌料に¹³⁷Csを滴下し赤外線ランプで乾燥する操作を繰返し、高濃度の¹³⁷Cs汚染餌料を作成し、この一定量をスズキに強制的に経口投与した。投与直後に計測したスズキ全身の放射能濃度をC(0)とし、t日目の全身放射能C(t)を連続的に計測して、t日目の放射能保持率R(t)=C(t) / C(0)を求めてデータを標準化した。

この実験は、試料魚の大きさ(平均体重)によって排出速度がどの様になるかを知るために、平均体重が4.2g, 16.7g及び59.1gの3段階の試料魚を用いて繰

第1表 経口投与した¹³⁷Csのズキ全身及び筋肉の排出定数及び生物学的半減期（日）

塩分			平均体重(g)		
			4.2	16.7	59.1
100%海水	全身	排出定数	0.0175	0.0110	0.0114
		生物学的半減期(日)	40	63	61
	筋肉	排出定数	0.0136	0.0089	0.0083
		生物学的半減期(日)	51	78	84
50%海水	全身	排出定数	0.0117	0.0077	0.0065
		生物学的半減期(日)	59	90	106
	筋肉	排出定数	0.0097	0.0066	0.0047
		生物学的半減期(日)	72	105	147
10%海水	全身	排出定数	0.0086	0.0047	0.0043
		生物学的半減期(日)	80	148	159
	筋肉	排出定数	0.0058	0.0042	0.0032
		生物学的半減期(日)	120	165	216

返し行った。全身及び筋肉の排出定数と生物学的半減期を第1表に示す。

この表から、経口投与されたズキの¹³⁷Csの生物学的半減期は、低塩分ほど長く、排出定数は小さくなるのがわかる。この事は低浸透圧の環境水ではミネラル成分をできるだけ体内に保持して浸透圧調整する生理機構が働いていることを示すものと考えられる。また、¹³⁷Csの排出定数は小型魚ほど大きく、生物学的半減期は、100%海水区の小型魚全身(4.2g)の40日から10%海水区の大型魚全身(59.1g)の159日、筋肉でも小型魚の51日から大型魚の216日まで4倍以上の差異があることがわかった。これらのことから天然におけるズキの¹³⁷Cs濃度は低塩分ほど高くなることが示唆された。

3. 環境水及び餌料からの取り込み・排出の比較

一般に海洋生物は、その環境から放射性核種を体内に取り込むと同時に体内にある放射性核種を排出している。放射性核種によって汚染された餌料生物を摂ると、消化管から吸収され、体内の臓組織に蓄積する。この場合の取り込み定数は、餌料生物の濃縮係数×吸収率×日間摂餌率で表現できる。

天然における海洋生物の濃縮係数は環境水からと餌料からの濃縮係数の和と考えることができる。1) 海水を¹³⁷Csで汚染させた場合、2) 餌料を汚染させた場合、さらに、3) 海水と餌料の両方を汚染させた場合の3つの系でズキの取り込み・排出実験を行った結果を第2表に示す。

100%海水区における海水+餌料からの濃縮係数は28で、海水と餌料の濃縮係数への寄与率はほぼ50%程度であったが、50%海水区では濃縮係数は45とな

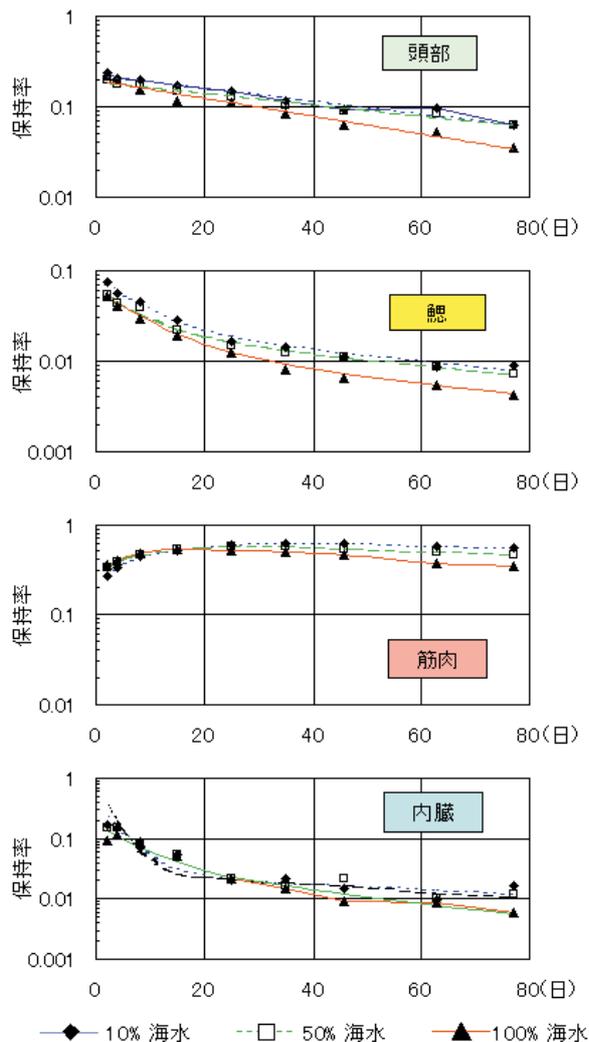
り海水から40%、餌料から60%となった。低塩分になればなるほど餌料からの寄与率は高まることが考えられる。

第2表 スズキによる¹³⁷Csの取り込み経路別代謝パラメータ

塩分	取り込み経路	取り込み定数	排出定数	濃縮係数	生物学的半減期(日)
100%海水	海水	0.12	0.0082	15	87
	餌料	0.09	0.0073	14	110
	海水+餌料	0.20	0.0074	28	95
50%海水	海水	0.15	0.0075	19	99
	餌料	0.17	0.0061	28	121
	海水+餌料	0.24	0.0055	45	134

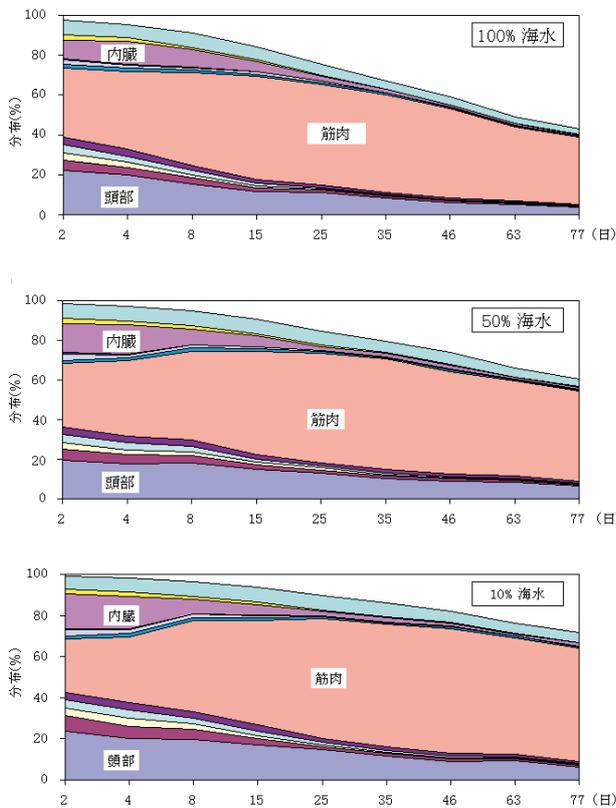
4. ¹³⁷Csの体内分布

第2図は¹³⁷Cs汚染餌料を与えた場合の主要な臓組織からの排出曲線を経日的に示したものである。



第2図 スズキの主要臓組織における¹³⁷Cs保持率の変化（経口投与の場合）

投与された ^{137}Cs の大部分は、直ちに消化吸収され、速やかに血流によって全身に移行するが、頭部、エラ及び内臓からの排出は、急速に排出される部分と、その後一定の速度定数をもって排出される部分とに分かれる。前者は、消化器官を含む内臓で顕著なことから、余分な排泄物などに含まれる部分であるが、後者は、いわゆる代謝系へ移行し徐々に排出されてゆく部分と考えられる。しかし、筋肉では投与後25日ごろまで ^{137}Cs 保持率の増加が見られ、その後はゆっくりと排出されてゆくことが示された。このことは体内の各臓組織に一旦分布した ^{137}Cs の一部が筋肉に移行し蓄積されてゆくものと考えられる。



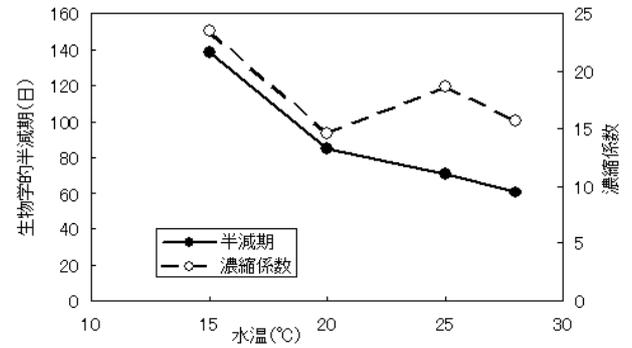
第3図 スズキ全身における分布(%)の経日的変化 (経口投与の場合)

第3図は各塩分区分で全身に分布した ^{137}Cs を100%とした時、時間の経過に伴ってどのように分布が変化してゆくかを示したものである。実験終了時の77日目では、100%海水区では60%が、50%海水区では40%、10%海水区では30%程度がスズキの全身から排出されていることがわかる。しかし、筋肉中の ^{137}Cs の割合は、いずれの塩分区分でも最初は20~30%であったが、最終的には70%以上となっている。このように ^{137}Cs

はスズキの筋肉に集まる傾向が確認された。

5. ^{137}Cs 蓄積に及ぼす水温の影響

水温の変化に伴って濃縮係数や生物学的半減期(日)はどのように変化するかを示したのが第4図である。



第4図 スズキにおける ^{137}Cs の濃縮係数と生物学的半減期に及ぼす水温の影響

15, 20, 25及び28°Cに水温を保ち、それぞれ ^{137}Cs の取り込み・排出実験を実施し、得られたデータから濃縮係数及び生物学的半減期を計算し、水温毎にプロットしたものである。生物学的半減期は高水温になるに従いほぼ直線的に短くなったが、濃縮係数は20°C以上は大きな変化は見られなかった。水温の上昇に伴い代謝活性が増大したためと考えられる。

今後の課題

今回は海洋放射能モニタリング上重要なスズキの ^{137}Cs 蓄積に対する塩分の影響を調べるためのRIトレーサー実験の概要について紹介した。モニタリングで得られた結果は、自然環境における複雑な条件下での数値であり、その濃度を支配する要因まで特定することは至難である。放射性核種を利用した水槽実験は複雑な自然環境を出来るだけ単純化し、人工的に条件を与えることができるため、生物濃縮メカニズムを探るための優れた手法の一つである。モニタリングの結果を正しく解釈し、説明するためには、モニタリングとメカニズムの解明を車の両輪としてとらえてゆく必要があると思われる。今後も広く共同研究などを通じて生物濃縮の機構解明を続けてゆくことが肝要である。

(事務局 研究調査グループ 鈴木 謙)