

1. 2. 3 海産物への放射性ストロンチウムの移行調査

Transfer of Radiostrontium from Seawater to Marine Organisms

石川 義朗, 谷 亨, 多胡 靖宏, 高久雄一, 久松 俊一
環境影響研究部

Yoshio ISHIKAWA, Takashi TANI, Yasuhiro TAKO, Yuichi TAKAKU, Shun'ichi HISAMATSU
Department of Radioecology

Abstract

In the safety review of the commercial spent nuclear fuel reprocessing plant in Rokkasho, a certain amount of radiostrontium is assumed to be discharged into the Pacific Ocean. In addition, radioiodine was discharged to the ocean during the final test of the plant using actual spent fuel in 2006-2008. In order to assess the realistic impact of those radionuclides to the public, it is important to understand the processes of their accumulation from seawater to marine organisms. In this research, the transfer rate of radiostrontium in seawater to olive flounder (*Paralichthys olivaceus* Temminck et Schlegel) has been studied by using stable ^{86}Sr tracer instead of radiostrontium from FY2016, while from FY 2018, it is planned to measure the transfer rate of radioiodine.

In FY 2016, we started exposure of one olive flounder group, 284 d after hatching, to ^{86}Sr -enriched seawater with $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr}$ ratios of 0.1495; we kept the fish at 15°C, giving them commercial olive flounder feed (EP-4). The accumulation of ^{86}Sr in their muscle and bone was measured by using samples collected sequentially up to 112 d after the start of the exposure. We plan to continue the exposure for up to ~600 d. A multi-compartment model for metabolism of Sr in olive flounder was tentatively constructed by using measured results. In the model, Sr in seawater directly entered into muscle and bone compartments with a transfer path from bone to muscle. Although the parameters in the model were calculated by a least square fitting method, the excretion rate constant from the bone compartment could not be obtained because of its slow excretion rate. Therefore, the present model did not take into account Sr excretion from bone; however, the model well simulated the measured data during the exposure period.

We also started to expose a second olive flounder group, which will be used from FY 2018 for measuring excretion rate of ^{86}Sr from the fish body, to ^{86}Sr -enriched seawater.

1. 目的

大型再処理施設の稼動に伴い、六ヶ所村沿岸から沖合約 3 km の水深約 44 m の海底に設置された海洋放出口から、ヨウ素 (^{129}I 、 ^{131}I) が排出され、放射性ストロンチウム (^{90}Sr) 等の排出も想定されている。ストロンチウムはカルシウムと同族元素であるため、海産生物中ではカルシウムと同様の挙動を示し、筋肉及び骨格中に移行・蓄積すると考えられる。また、

一部の海産生物では、ヨウ素の高い濃縮が知られているが、放射性ストロンチウム、ヨウ素ともに、海水魚における代謝はよく知られていない。そこで、本調査では、青森県の県魚であり太平洋沿岸海域で漁獲されているヒラメ (*Paralichthys olivaceus* Temminck et Schlegel) を対象として、ストロンチウムの安定同位体あるいはヨウ素の放射性同位体をトレーサとして海水及び餌からの移行、並びに排泄に

関する実験データを取得し、ヒラメにおける放射性ストロンチウム及び放射性ヨウ素の移行モデルを作成することを目指としている。

平成 28 年度は、ストロンチウムの海水から生体内への移行に関する約 3 ヶ月間の短期実験を行った。さらに、平成 30 年度より開始するヒラメ体内から海水へのストロンチウムの排泄に関するパラメータを取得するための実験（排泄実験）の準備として、 ^{86}Sr を添加した海水中でヒラメ稚魚の飼育を行い、魚体内への ^{86}Sr の蓄積を開始した。

2. 方法

2.1 ^{86}Sr ばく露実験

実験には、400 L の水槽 2 基を用い、海水は六ヶ所村むつ小川原港で採水し、孔径 1 μm のフィルターでろ過して、塩分を 3.5% とした。 ^{86}Sr を海水 1 m^3 あたり 200 mg 添加して、海水中の $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr}$ 比を 0.1495 とし、 ^{86}Sr 濃縮海水として用いた。平成 27 年 10 月 20 日に孵化したヒラメを平成 28 年 2 月 23 日に（株）マリンテックより入手し、馴致を続けていた 107 個体を実験に使用した。平成 28 年 8 月 1 日に、ナンバータグを打ち、体重を計測し、写真撮影を行った。平均体重±標準偏差は 14.0±2.5 g であり、当日に ^{86}Sr 濃縮海水へのばく露を開始した。実験期間中の水温は 15℃ に設定し、ヒラメ用餌料（EP-4）を月、水曜日にヒラメ全個体が摂餌行動を示さなくなるまで与え、投与量を計測した。平日は毎日水槽掃除を行い、約 50 L の ^{86}Sr 濃縮海水を交換した。ばく露実験期間中の毎月曜日に採水し、アンモニア、硝酸及び全有機炭素濃度の計測を行い、それぞれ適切な範囲に保った。

実験開始後、10 月 3 日、12 月 28 日に生存していた個体の体重計測と写真撮影を行った。ばく露実験開始時と、開始から 7、14、21、35、42、77 及び 112 日後に 5 個体ずつ、ヒラメを採取し、それぞれの筋肉及び骨試料を採取した。筋肉試料を凍結乾燥後に粉碎して乾燥試料とし、脊椎骨の椎体部分を 650℃ で 3 時間燃焼して灰試料とした。

試料中のストロンチウム同位体比と全ストロンチウム濃度を多重検出器型 ICP 質量分析装置 (HR, Nu-

Plasma) とプラズマ発光分光分析装置 (Vista, Agilent) によりそれぞれ測定した。

2.2 ^{86}Sr 排泄実験用ばく露

平成 30 年度から開始するストロンチウム体外排泄実験に用いるヒラメの ^{86}Sr 蓄積を開始した。平成 28 年 8 月 3 日に孵化した稚魚を平成 28 年 10 月 27 日に（株）マリンテックより入手し、体長 6 cm の 200 個体を馴致後、同年 12 月 12 日に ^{86}Sr 濃縮海水へのばく露を開始した。飼育に用いた ^{86}Sr 濃度、水温、その他の条件は、前項 2.1 と同様であるが、給餌は稚ヒラメ用餌料（EP-2）を週 2～3 回、2.1 に記述した方法で与えた。 ^{86}Sr 濃縮海水ばく露開始 60 日後に生存個体の中から 40 個体を選び出し、体重の計測を行った。

3. 成果の概要

3.1 ^{86}Sr ばく露実験

実験後の 2 回の体重測定により成長が認められたが、個体差が大きく、今後、成長状態を考慮した解析が必要になる可能性も認められた。

Fig. 1 にばく露実験期間中のヒラメ筋肉と脊椎骨試料中の ^{86}Sr 濃度の時間変化を示す。これらの実験結果を基にヒラメの筋肉及び脊椎骨の ^{86}Sr 濃度を推定するコンパートメントモデルを作成した (Fig. 2)。モデルのコンパートメントサイズは、ヒラメ個体の筋肉及び脊椎骨のストロンチウム量をロジスティック関数で近似することで時間変化させ、モデルのパラメータである α 及び $k_1 \sim k_3$ は、最小二乗法により推定した (Table 1)。ストロンチウム移行モデルによる筋肉及び脊椎骨の ^{86}Sr 濃度の推定値は実測値と概ね一致したが (Fig. 2)、112 日間という短期的な ^{86}Sr ばく露実験のデータではパラメータの誤差が大きいため、より長期の ^{86}Sr ばく露実験データが必要である。

3.2 ^{86}Sr 排泄実験用ばく露

ばく露開始 60 日後の体重測定の結果、体重増加が認められ、それに伴い体内に ^{86}Sr を蓄積していると考えられる。この飼育を継続し、排泄実験供試ヒラメを作製する。

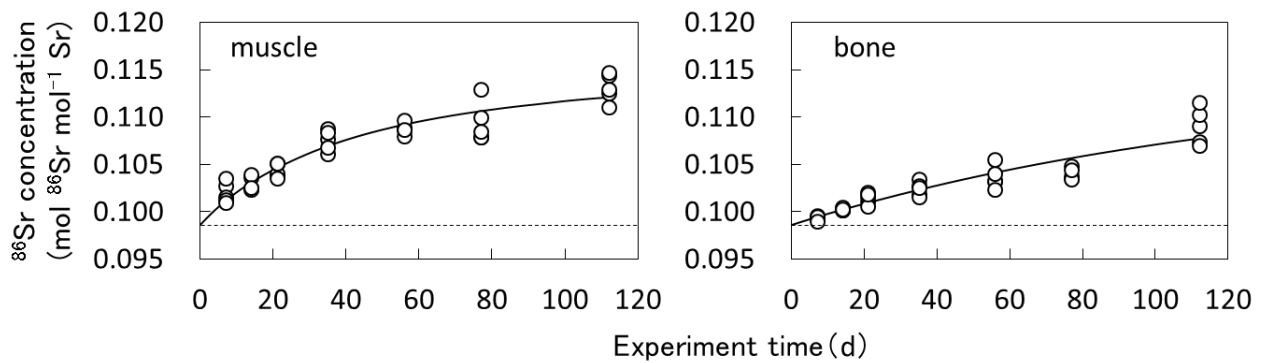


Fig. 1 Time dependency of ^{86}Sr concentration in the muscle and bone of olive flounder (*Paralichthys olivaceus* Temminct et Schlegel) during ^{86}Sr seawater exposure. Open circles show measured values and the solid line shows values estimated by the metabolism model. The dotted line is the background ^{86}Sr concentration in seawater.

Table 1 Parameters of ^{86}Sr metabolism model in olive flounder.

Parameter	Unit	Value	Confidence interval of 95%
α		0.24	0.17 - 0.30
k_1	d^{-1}	0.036	0.019 - 0.057
k_2	d^{-1}	0.0018	0.0008 - 0.0029
k_3	d^{-1}	0	

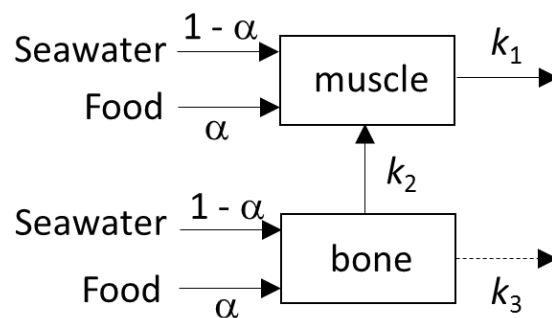


Fig. 2 Scheme of ^{86}Sr metabolism model in olive flounder.