

1.2.3 海産物への放射性ストロンチウム・ヨウ素移行調査

Transfer of Radiostrontium and Radioiodine from Seawater to Marine Organisms

石川 義朗, 今井 祥子, 谷 享, 多胡 靖宏, 高久 雄一, 久松 俊一
環境影響研究部

Yoshio ISHIKAWA, Shoko IMAI, 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, from FY2016, the transfer rate of radiostrontium in seawater to bastard halibut (olive flounder: *Paralichthys olivaceus* Temminck et Schlegel) has been studied by using stable ^{86}Sr tracer instead of radiostrontium, while from FY 2018, it is planned to measure the transfer rate of radioiodine.

In FY 2016, we started exposure of one bastard halibut 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 then commercial bastard halibut 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 in FY2016. We continued the exposure experiment up to 553 d with sequential sampling and analysis in FY 2017. By using all data, we tentatively constructed a multi-compartment model for metabolism of Sr in bastard halibut, and confirmed that the model well simulated the measured data during the exposure period.

For validation and further tuning of the model, we planned an experiment for measuring excretion rate of ^{86}Sr from the bastard halibut, which had accumulated ^{86}Sr in advance of the experiment. We started exposure of two other groups of bastard halibut, 191 d and 276 d after hatching, to ^{86}Sr -enriched seawater with $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr}$ ratios of ~ 0.1495 in FY 2017, and kept them under similar conditions as mentioned in the second paragraph. The excretion experiment will be started in FY 2018.

An air-tight acrylic tank system, which had 8 L seawater and 20 L air, was constructed for the short term ^{125}I tracer experiment using bastard halibut and it was tested in the cold condition without the tracer. Water quality level, which does not affect the survival of bastard halibut, could be maintained for 10 days in the breeding density up to three fish per tank ($5.85 \text{ g-fish weight L}^{-1}$ -seawater) with non-feeding. The actual tracer experiment will be done using the developed system in FY 2018.

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、放射性ストロンチウム (^{90}Sr) 及びヨウ素 (^{131}I , ^{129}I) 等が排出される。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、ヨウ素の強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及びヨウ素の放射性同位体をトレーサーとして、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標としている。

平成 29 年度は、ストロンチウムの海水からヒラメ体内への移行に関する実験を平成 28 年度から継続して行った。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）に向けて、 ^{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 の蓄積を平成 28 年度から継続して行った。

放射性ヨウ素に関する実験では、 ^{125}I を添加した海水中でヒラメを飼育する実験、及び ^{125}I を蓄積させた生物を餌として投与する実験により、ヒラメ体内への移行・蓄積に関するパラメータを取得する。平成 29 年度は、 ^{125}I をトレーサーとして用いる RI 実験系を構築することを目標とした。

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た。 ^{86}Sr を海水 1 t 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、平成 28 年 2 月 23 日に (株) マリンテックより導入し、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 日に体重を計測後（平均体重 \pm 標準偏差は 14.0 ± 2.5 g）、 ^{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°C に設定し、ヒラメ用餌料

(EP-4) を週 2 回ヒラメ全個体が摂餌行動を示さなくなるまで与え、投与量を記録した。

ばく露実験開始時及び開始から所定の期間飼育後に 5 個体ずつ、各々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°C で 3 時間燃焼させて灰試料とした。

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導入・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 (第一群)。また、これとは別に、平成 28 年 10 月 3 日に孵化した稚魚を、導入・馴致後、平成 29 年 7 月 5 日にばく露を開始した (第二群)。飼育に用いた ^{86}Sr 濃度、水温は、前項 2.1 と同様であり、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。

2.3 ヨウ素移行実験

^{125}I をトレーサーとした実験に使用するアクリル製密閉型水槽 (海水量: 約 8 L、気層部: 約 20 L) を用いて、1 水槽あたりのヒラメ収容尾数及び供試魚サイズ等の飼育条件を決定するための飼育実験を実施した。

3. 成果の概要

3.1 ^{86}Sr ばく露実験

Fig. 1 に、ばく露実験期間中におけるヒラメの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、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 (Fig. 2) を作成した。モデルのコンパートメントサイズは、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た。ストロンチウムは海水及び餌から吸収することとし、餌からの寄与率を含むパラメータ (Table 1) を最小二乗法により推

定した。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、海水中と生体中の ^{86}Sr 濃度は飼育開始後約 300 日で平衡に達した。餌のストロンチウム摂取寄与率は約 6%と低く、この値については、平成 30 年度に実施する摂食実験により確認する計画である。

3.2 ^{86}Sr 排泄実験用ばく露

第一・第二群とも経時的に体重測定を行った結果、順調な体重増加が認められた。成長に伴い体内に ^{86}Sr を蓄積していると考えられる。ばく露実験の結果か

ら、1年程度のばく露により海水中のストロンチウム同位体比と平衡に達すると推定されることから、平成30年度に排泄実験が開始可能であると考えられる。

3.3 ヨウ素移行実験

1水槽あたり3尾(最大魚体密度 5.85 g L^{-1})を無給餌で飼育した場合、10日間は生存に影響を及ぼさない水質レベルを維持できることを確認した。

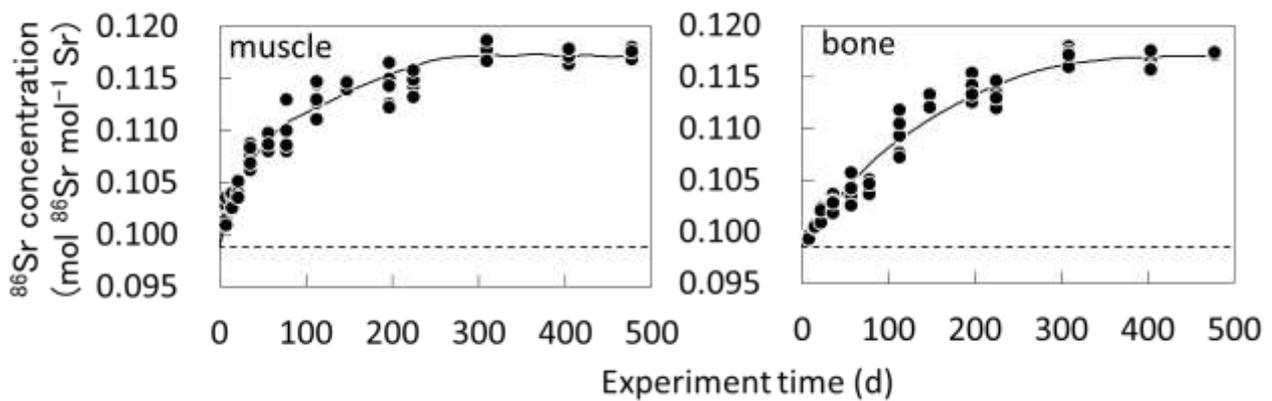


Fig. 1 Time dependency of ^{86}Sr concentration in the muscle and bone of bastard halibut (*Paralichthys olivaceus* Temminct et Schlegal) during exposure to ^{86}Sr -enriched seawater. Circles show measured values and the solid lines show values estimated by the metabolism model. The dotted lines are the background ^{86}Sr concentration in seawater.

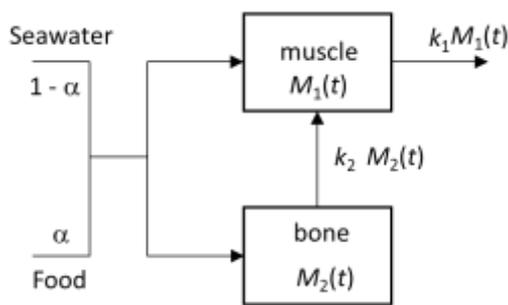


Fig. 2 Scheme of ^{86}Sr metabolism model in bastard halibut.

Table 1 Parameters of ^{86}Sr metabolism model in bastard halibut.

Parameter	Unit	Value	Confidence Interval of 95%
α		0.049	0.028 – 0.71
k_1	d^{-1}	0.037	0.029 – 0.046
k_2	d^{-1}	0.0017	0.0012 – 0.0021