

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 to Marine Organisms

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

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

Abstract

A commercial large-scale nuclear fuel reprocessing plant in Rokkasho, Aomori Prefecture, Japan is now under final safety assessment by the Nuclear Regulation Authority. Radionuclides including radiostrontium and radioiodine are discharged by the normal operation of the plant. In order to assess the realistic impact of those radionuclides, it is important to understand the processes of their accumulation from seawater to marine organisms. In this research, we investigated the transfer of Sr and I from seawater and feed to bastard halibut (*Paralichthys olivaceus*), a commercially important fish found in the coastal waters of Aomori Prefecture.

In order to investigate transfer of radiostrontium ingested as feed to bastard halibut, white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and Japanese medaka (*Oryzias latipes*) were kept in water with enriched ^{86}Sr and ^{87}Sr as tracers, respectively. The organisms were lyophilized, powdered, and dispersed in gelatin glue derived from fish. The solidified glue was cut into a suitable size pieces and administered as feed to the halibut. The concentrations of tracer Sr isotopes in the muscle and vertebra in the halibut were increased depending on the dose.

To clarify the long-term excretion rate of Sr from the halibut, we transferred the halibut, which had been kept in seawater with enriched ^{86}Sr in advance, to normal seawater tanks. The fish were periodically collected up to 217 d after the transfer, and the concentrations of ^{86}Sr in their muscle and vertebra were measured. The ^{86}Sr concentration decrease in the muscle could be described by two exponential curves with half-times of 0.29 d and 1.7×10^2 d, while the decrease in the vertebra could be described by a curve with half-time of 2.2×10^2 d. The experiment will be continued in FY 2019, and all data obtained will be used for construction of a metabolic model of Sr in bastard halibut.

In FY 2018, we developed a short-term metabolism model of ^{125}I in bastard halibut using retention data after ingestion of ^{125}I incorporated into Japanese medaka, which had been kept for 7 d in water containing ^{125}I . Bastard halibuts aged >159 d after hatching were fed only ^{125}I labeled medaka once a day for 1-6 d. The radioactivity of ^{125}I in individual medaka was measured before feeding, and the medaka was given whole to the bastard halibut. Bastard halibuts were collected 24 h after the last feeding and dissected, followed by the measurement of radioactivity in their tissues. In addition, certain fish in the group fed medaka for 6 d were sampled 3 and 6 d after the last feeding. Using whole body retention data of ^{125}I excluding that in the gastrointestinal (GI) tract, we constructed a single compartment model to simulate ^{125}I uptake and metabolism. The GI absorption ratio ($f_1=0.41$) and elimination rate constant from the whole body ($k_{\text{el}}=0.010 \text{ h}^{-1}$ corresponding to biological half-time of 2.9 d) were obtained using the least squares method. The model adequately simulated

the short-term behavior of ^{125}I and indicated the rapid metabolism of radioiodine in bastard halibut.

1. 目的

大型再処理施設の稼働に伴い、六ヶ所村沿岸沖合約 3 km、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及びヨウ素等が排出される。一部の海産生物がヨウ素を高濃度で濃縮することは知られているものの、海産魚における放射性ストロンチウム及びヨウ素の移行に関する報告は少ないため、本調査では青森県の県魚であるヒラメ (*Paralichthys olivaceus*) を対象に、ストロンチウムの安定同位体 (^{86}Sr あるいは ^{87}Sr) 及びヨウ素の放射性同位体 (^{125}I) をトレーサーとして、海水及び餌料からの移行に関する実験データを取得し、移行モデルを構築することを到達目標としている。

平成 30 年度のストロンチウムの移行に関する実験では、 ^{87}Sr または ^{86}Sr 濃度を高めた餌料をヒラメへ投与する摂餌実験、平成 28 年度から ^{86}Sr 添加海水中で飼育していたヒラメを通常の海水中に戻す排泄実験を開始した。また、ヨウ素の移行に関する実験では、 ^{125}I を含有する餌料をヒラメへ投与する摂餌実験を実施し、餌料からヒラメへの移行パラメータを取得することを目標とした。

2. 方法

2.1 ストロンチウム移行実験

2.1.1 ^{87}Sr 、 ^{86}Sr 摂餌実験

餌料としてバナメイエビ (*Litopenaeus vannamei*) 及びメダカ (*Oryzias latipes*) を用いることとし、 ^{86}Sr を添加した汽水中でバナメイエビを 14 日間、 ^{87}Sr を添加した淡水中でメダカを約 60 日間飼育した。飼育終了後、凍結乾燥及び粉碎処理を施し、膠と混合して固めたものを裁断して各餌料として用いた。摂餌実験に、カセット式水槽 (幅 160 mm×奥行 250 mm×高さ 225 mm, 水容量 4.4 L) を用い、各餌料を最大 14 日間投与し、各最終投与の 2 日後にヒラメを回収し、筋肉及び脊椎骨中 Sr 濃度を測定した。

2.1.2 ^{86}Sr 添加海水で飼育したヒラメの排泄実験

平成 28 年度から ^{86}Sr 添加ろ過海水中で 369 日以上飼育していたヒラメを ^{86}Sr 無添加のろ過海水中に

移して飼育し、排泄実験を開始した。排泄期間中、経時的にヒラメを回収し、筋肉及び脊椎骨中の ^{86}Sr 濃度を測定した。

2.2 ヨウ素移行実験

^{125}I 含有餌として、約 200 Bq g^{-1} の ^{125}I を含む水中で 7 日間飼育したメダカを用意した。摂餌実験には、アクリル製密閉型水槽 (幅 400 mm×奥行 300 mm×高さ 350 mm, 海水量約 8 L, 気層部約 20 L) を用い、孵化後 159 日以降、平均体重 12.9 ± 6.5 g (平均値±標準偏差) のヒラメ 1 尾を 1 水槽に収容し、エアレーションを実施した。実験期間中、 ^{125}I 含有餌料以外は無給餌、飼育海水は ^{125}I 無添加の濾過海水とした。 ^{125}I 含有メダカは無処理で投与したが、投与前にオートウェルガンシステムで放射能を測定し、ヒラメ個体への ^{125}I 投与量を記録した。メダカ餌料は 1 日 1 回、最大 6 回まで投与し、餌料 6 回投与群については投与終了後に、最大 6 日間の排泄期間も設定した。各投与終了の 24 時間後または排泄期間終了後にヒラメを回収し、心臓、胆嚢、肝臓、脾臓、胃を含む消化管、腎臓、エラ及び筋肉の各部位に分けた後、各々の放射能を測定した。また、これらの部位を採取した残りの部分の放射能もあわせて測定し、ヒラメ 1 個体全身の ^{125}I 量を算出できるようにした。

3. 成果の概要

3.1 ストロンチウム移行実験

3.1.1 ^{87}Sr 、 ^{86}Sr 摂餌実験

^{87}Sr 濃縮メダカ餌及び ^{86}Sr 濃縮バナメイエビ餌をヒラメへ投与したところ、ヒラメ筋肉及び脊椎骨中の ^{87}Sr 、 ^{86}Sr 濃度は摂餌量に従って上昇し、摂餌によるヒラメ体内への移行が確認され、投与量に対する体内残留率を得た。また、メダカとバナメイエビでは残留率が異なる可能性が示唆された。

3.1.2 ^{86}Sr 添加海水で飼育したヒラメの排泄実験

^{86}Sr 濃度を高めたヒラメを ^{86}Sr 無添加海水に移して排泄実験を開始した。筋肉では実験開始時に ^{86}Sr 濃度が大きく減少し、その後、緩やかに減少するという 2 段階の排泄が見られた。脊椎骨では ^{86}Sr 濃度

は実験開始時から緩やかに減少した。指数関数でフィッティングした結果、半減期として、筋肉における速い成分は 0.29 d、遅い成分は 1.7×10^2 d、脊椎骨では 2.2×10^2 d が得られた。排泄実験をさらに継続し、経時的にヒラメ中 ^{86}Sr 濃度を測定することで、排泄に関する長期的な移行パラメータを求める予定である。

3.2 ヨウ素移行実験

ヒラメへ投与したメダカの個体あたりの ^{125}I 量は、 $1.2 \pm 0.6 \text{ kBq}$ であった。 ^{125}I 含有餌料を 1 回投与したヒラメの場合、投与 24 時間後のヒラメ全身には平均して投与量の 21% が残存し、79% は排泄されていることが分かった。部位別の ^{125}I 量を比較すると、その他の部位（皮、血液、骨及び頭部等が該当）が

最も大きく、次いで筋肉、胃を含む消化管、エラ、その他の臓器の順となった。

摂餌実験により取得したデータに基づき、ヒラメ全身の ^{125}I 量を推定する 1 コンパートメントモデルを作成した (Fig. 1)。消化管吸収率 f_1 及び排泄速度定数 k_{el} を未知数とし、胃腸管を除いたヒラメ全身の ^{125}I 量実測値を用いた最小二乗法により $f_1=0.41$ 及び $k_{el}=0.010 \text{ h}^{-1}$ (2.9 d の生物学的半減期に相当) を得た。ヒラメ全身の ^{125}I 量の実測値と推定値のプロットを Fig. 2 に示しており、両者は比較的良好に一致している。これらの結果から、本モデルにより、餌料として摂取した ^{125}I のヒラメ全身における短期挙動を概ね推定できることが示された。

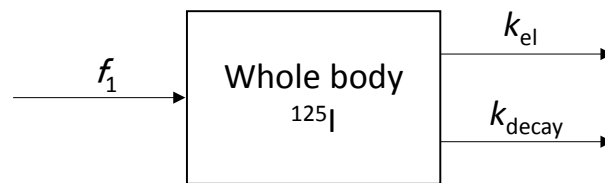


Fig. 1 Scheme of compartment model of ^{125}I ingested as biologically-incorporated ^{125}I in bastard halibut. f_1 , GI absorption ratio; k_{el} (h^{-1}), elimination rate constant; k_{decay} , decay constant of 0.00019 h^{-1} .

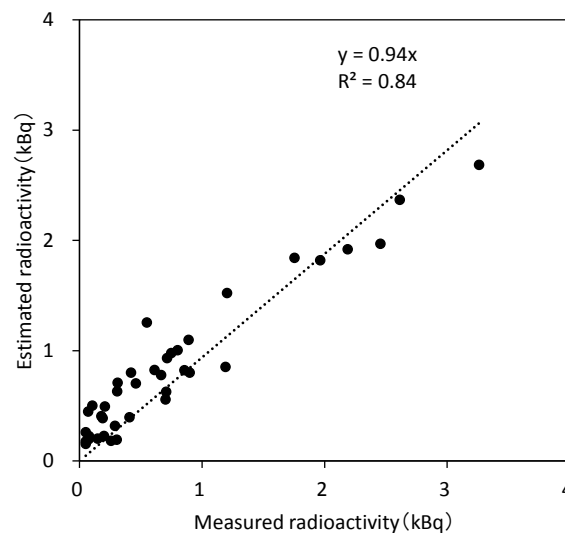


Fig. 2 Radioactivity of ^{125}I estimated with the compartment model against the measured one in bastard halibut after ingestion of biologically incorporated ^{125}I .