

### 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 olive flounder (*Paralichthys olivaceus*), a commercially important fish found in the coastal waters of Aomori Prefecture.

From FYs 2018 to 2019,  $^{86}\text{Sr}$ -labelled olive flounder were kept in natural seawater, and the concentrations of  $^{86}\text{Sr}$  in their muscle and vertebra were measured to clarify the long-term elimination rate of Sr. A four-compartment model was developed by using the data obtained from the exposure experiment of the olive flounder to  $^{86}\text{Sr}$ -enriched seawater, feeding experiments using  $^{86}\text{Sr}$ -labelled shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and  $^{87}\text{Sr}$ -labelled Japanese medaka (*Oryzias latipes*), and the elimination as described above. In our compartment model, Sr entering a transfer compartment is transferred to two muscle compartments with different turnover rates and one vertebra compartment. The model estimates of the concentrations of  $^{86}\text{Sr}$  and  $^{87}\text{Sr}$  in muscle and vertebra were in good agreement with the experimental observations.

In FY 2019, we developed a short-term metabolism model of  $^{125}\text{I}$  in olive flounder using retention data after exposure experiments in water containing  $^{125}\text{I}$ . Olive flounder aged >200 d after hatching were kept for 1 – 7 d in water containing  $^{125}\text{I}$ . Most of the olive flounder were collected at the end of this exposure and dissected, followed by the measurement of radioactivity in their tissues. However, additionally, certain fish in the group exposure for 7 d were transferred to  $^{125}\text{I}$ -free water for 1 – 7 d, before collection, dissection and radioactivity measurement. A single-compartment model was developed by using whole body retention data of  $^{125}\text{I}$  excluding the gastrointestinal (GI) tract by a feeding experiment in FY 2018 and the exposure experiments in FY 2019. The GI absorption ratio ( $f_i=0.5$ ), uptake rate of seawater for  $^{125}\text{I}$  absorption ( $\alpha_1=2.7\text{ g h}^{-1}$ ) and elimination rate constant from the whole body ( $k_{el}=0.014\text{ h}^{-1}$  corresponding to biological half-time of 2.1 d) were obtained using the least squares method. The model adequately simulated the short-term behavior of  $^{125}\text{I}$  and indicated the rapid metabolism of radioiodine in olive flounder.

#### 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。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、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 ( $^{86}\text{Sr}$ ) 及びヨウ素の放射性同位体 ( $^{125}\text{I}$ ) 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た。

令和元年度は、 $^{86}\text{Sr}$  添加海水中でばく露したヒラメからの排泄データを平成 30 年度より継続して取得するとともに、海水からヒラメ体内への  $^{125}\text{I}$  移行データを取得した。さらに、令和元年度までに取得した実測データに基づき、ヒラメにおけるストロンチウム及びヨウ素移行モデルを構築した。

## 2. 方法

### 2.1 ストロンチウム移行実験

$^{86}\text{Sr}$  添加海水中で飼育したヒラメを用いた排泄実験を平成 30 年度より継続し、2 ヶ年に亘る排泄期間における筋肉及び脊椎骨中  $^{86}\text{Sr}$  濃度の時間変化データを取得した。また、令和元年度までに取得した実測データに基づき、ヒラメの筋肉及び脊椎骨中  $^{86}\text{Sr}$  濃度を推定可能な Sr 移行モデルを作成した。

### 2.2 ヨウ素移行実験

$^{125}\text{I}$  を約  $80 \text{ Bq g}^{-1}$  になるように添加した海水中で、ヒラメを最長 7 日間ばく露するとともに、 $^{125}\text{I}$  無添加海水中に移して最長 7 日飼育し、定期的にヒラメを回収、ヒラメ全身及び各部位あたりの放射能を測定した。実験は無給餌で行った。また、これまで実施した  $^{125}\text{I}$  摂餌実験及び  $^{125}\text{I}$  海水ばく露実験で得られた実測データに基づき、ヒラメ全身の  $^{125}\text{I}$  量を推定するモデルを作成した。

## 3. 成果の概要

### 3.1 ストロンチウム移行実験

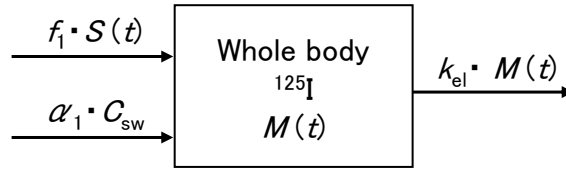
$^{86}\text{Sr}$  を用いた排泄実験の結果、筋肉では  $^{86}\text{Sr}$  濃度が 2 段階で減少し、脊椎骨では排泄期間開始時から緩やかに減少することが明らかになった。また、ヒラメ体内の通過コンパートメントに取り込まれた海水及び餌由来の Sr が、筋肉の代謝速度の異なる 2 コ

ンパートメント及び脊椎骨コンパートメントに移行する 4 コンパートメントモデルを作成し、実測した筋肉及び脊椎骨中  $^{86}\text{Sr}$  濃度を再現することができた。

### 3.2 ヨウ素移行実験

海水ばく露におけるヒラメ体内  $^{125}\text{I}$  量を算出した結果、ばく露の取込最長日数である 7 日区では、その他の組織（皮、血液、骨及び頭部等が該当）が最も高く、次いで筋肉、エラ、胆嚢及び内臓（胆嚢を除く）で高い分布を示した。胆嚢及びエラの  $^{125}\text{I}$  量は内臓（胆嚢を除く）、筋肉及びその他の組織はより排泄が緩やかであった。胆嚢中  $^{125}\text{I}$  量については、無給餌飼育によって胆汁分泌が抑えられたためと考えられるが、エラの  $^{125}\text{I}$  排泄が遅い原因は不明である。平成 30 年度に実施した摂餌実験においても同様の現象が認められており、エラにおける  $^{125}\text{I}$  の排泄はそれ以外の部位とは異なることを示唆している。

平成 30 年度に実施したメダカを用いた  $^{125}\text{I}$  摂餌実験及び今回行った  $^{125}\text{I}$  海水ばく露実験により取得したデータに基づき、ヒラメ全身の  $^{125}\text{I}$  量を推定するヒラメ  $^{125}\text{I}$  移行モデルを作成した (Fig. 1)。未知数とした消化管吸収率  $f_1$ 、 $^{125}\text{I}$  の吸収に係る海水からの取込速度  $\alpha_1$  及び  $^{125}\text{I}$  の排泄速度定数  $k_{el}$  は、消化管を除いたヒラメ全身の  $^{125}\text{I}$  量の実測値に基づき、最小二乗法により推定した。各パラメータの推定値を Table 1 に示す。ヒラメ  $^{125}\text{I}$  移行モデルにおける  $k_{el}$  から算出した生物学的半減期は、2.1 日であった。摂餌実験に関しては、ヒラメにおける  $^{125}\text{I}$  量の実測値とヒラメ  $^{125}\text{I}$  移行モデルによる推定値との一致性が高く、餌として  $^{125}\text{I}$  を取込んだ場合のヒラメ全身における短期的挙動を概ね推定できることが分かった (Fig. 2)。しかしながら、海水ばく露実験に関しては、実測値と推定値の一致性が低下していた (Fig. 3)。実施した海水ばく露は最長 7 日間であり、実験期間ではヒラメ体内各部の放射能が平衡に達していなかったことから、ヒラメにおける海水からの  $^{125}\text{I}$  の取込に関して、より長期的なばく露実験を実施し、パラメータを取得する必要があると考えられる。



$f_1$  : GI absorption ratio  
 $S(t)$  : Feeding rate (Bq h<sup>-1</sup>)  
 $\alpha_1$  : Uptake rate of seawater for <sup>125</sup>I absorption  
 $C_{sw}$  : <sup>125</sup>I in seawater (Bq g<sup>-1</sup>)  
 $M(t)$  : Whole body <sup>125</sup>I (Bq)  
 $k_{el}$  : Elimination rate constant from the whole body (h<sup>-1</sup>)

Fig. 1 Scheme of single compartment model of <sup>125</sup>I in olive flounder.

Table 1 Estimated values of GI absorption ratio ( $f_1$ ), uptake rate of seawater for <sup>125</sup>I absorption ( $\alpha_1$ ) and elimination rate constant from the whole body ( $k_{el}$ ) by the single compartment model.

Unknown parameter	Estimated value
$f_1$	0.5
$\alpha_1$ (g h <sup>-1</sup> )	2.7
$k_{el}$ (h <sup>-1</sup> )	0.014

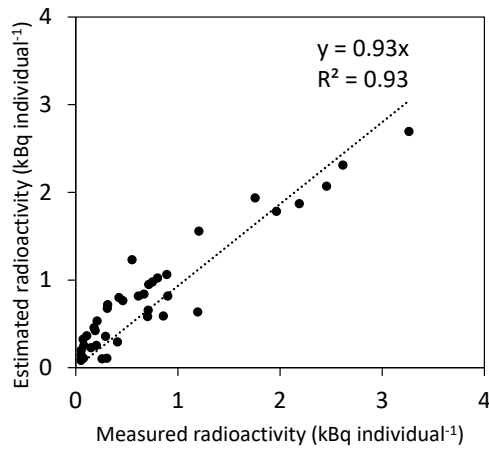


Fig. 2 Comparison of estimated radioactivity using a single compartment model with measurements in olive flounder in <sup>125</sup>I feeding experiment.

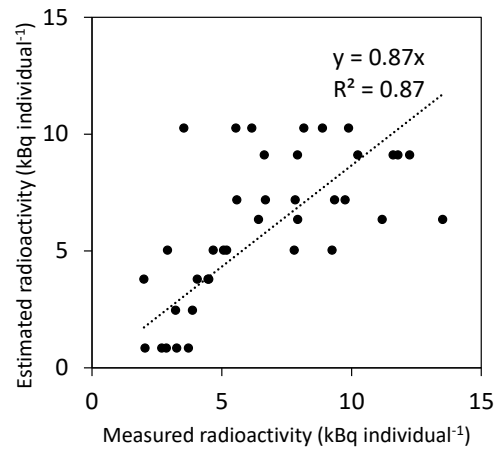


Fig. 3 Comparison of estimated radioactivity using a single compartment model with measurements in olive flounder in <sup>125</sup>I exposure experiments.