

2.2 水産生物におけるヨウ素の形態別濃縮係数

Concentration Coefficients of Radioiodine in Different Chemical Forms from Sea Water to Fishery Products

高橋 賢臣, 高久 雄一, 久松 俊一
環境影響研究部

Masaomi TAKAHASHI, Yuichi TAKAKU, and Shun'ichi HISAMATSU
Department of Radioecology

Abstract

Radioiodine discharged from the first Japanese commercial nuclear fuel reprocessing plants located in Rokkasho has been found in different chemical forms such as I^- and IO_3^- in the ocean. Since the concentration coefficient of iodine from seawater to marine products strongly depends on the chemical form of the iodine, it is necessary for realistic assessment of radiation dose from the discharged radioiodine via marine products to use the concentration coefficient of each chemical form of iodine. This study aims to establish the concentration coefficient of radioiodine in I^- and IO_3^- for marine products (seaweed, shellfish and benthos). In FY 2011, the following experimental methods for getting the concentration coefficients were decided: 1) the incubation methods of seaweeds for experiments using an iodine radiotracer; 2) the cultivation method of phytoplankton which has a high concentration of iodine; and 3) the analytical method for determining the chemical form of stable iodine in marine products using X-ray absorption fine structure (XAFS) analysis.

Incubation methods of *Ulva pertusa* and *Sargassum siliquastrum* for a few days and weeks were established by using a culture flask and a marine flask, respectively. The iodine volatilized from the incubation vessel was captured with activated carbon filters with the collecting efficiency of >99%. The concentration coefficient of I^- or IO_3^- for *Ulva pertusa* and *Sargassum siliquastrum* was preliminary measured with stable iodine in different concentrations in incubation seawater. The seaweed samples were incubated for 3 d at 15°C in the media with added iodine to get concentrations of 0, 100, 500 and 1000 ng g⁻¹ seawater. Iodine concentration in the seaweed samples increased in proportion to that in incubation media excluding that in *Ulva pertusa* incubated in the media with added IO_3^- . The iodine concentration of *Ulva pertusa* exposed to IO_3^- did not show any significant increase. The concentration coefficients of I^- for *Ulva pertusa* and *Sargassum siliquastrum* were found as 310 and 660, respectively, while that of IO_3^- for *Sargassum siliquastrum* was 330. Those results showed that the iodine concentration coefficients of seaweeds depend on not only the chemical form of iodine but also the seaweed species.

The incubation methods of *Skeletonema costatum* and *Nitzschia sp* with a high concentration of iodine were established. The concentration coefficient of iodine depended on chemical forms, and increased in the order of $IO_3^- < I^- < \text{organic iodine (thyroxin)}$.

The analysis method of the chemical form of stable iodine (I^- , IO_3^- and organic iodine) in the marine products was established using XAFS analysis. Most of the iodine in *Sargassum siliquastrum* incubated in seawater without added iodine was found to be organic iodine.

1. 目的

大型再処理施設の海洋放出管から排出される放射性ヨウ素はIおよび IO_3^- の化学形態であるため、水産物を介した現実的な被ばく線量を評価する際には、化学形態別の濃縮係数を用いる必要がある。そこで本調査では、六ヶ所村周辺で採取される海産物（緑藻、褐藻、二枚貝、底生生物等）を対象に、海水から各海産物への放射性ヨウ素の濃縮係数を化学形態（I又は IO_3^- ）別に求める。

平成23年度は、実験環境の整備及び曝露方法等を確立するために、以下に示す3項目について研究を実施した。

- 1) 水産物の培養法及びヨウ素の形態別濃縮係数に関する実験手法の確立
- 2) 放射性ヨウ素で標識した植物プランクトンの作製方法の確立
- 3) 水生生物中のヨウ素等の化学形態分析法の確立

2. 方法

2.1 水産物の培養法及びヨウ素の形態別濃縮係数に関する実験手法の確立

実験環境の整備及び曝露方法等を確立する為に、

- (1) 実験に用いる海藻等の最適な培養・飼育法の確立。
- (2) ヨウ素の実験系外への拡散防止法の検討。
- (3) 水産物中の安定ヨウ素の濃縮係数の取得。
- (4) 安定ヨウ素を用いた予備実験の4項目の実験を行った。

2.2 放射性ヨウ素で標識した植物プランクトンの作製方法の確立

植物プランクトンの大量培養法を確立するとともに、放射性ヨウ素を濃縮した植物プランクトン試料の作製方法を確立する。加えて、植物性プランクトンへのヨウ素の形態別濃縮係数を求める。

2.3 水生生物中のヨウ素等の化学形態分析法の確立

XAFS法によって水生生物中のヨウ素の化学形態を調べる手法を確立することを目的として、種々のヨウ素標準試料及び水生生物試料の測定条件を検討した。

3. 成果の概要

3.1 水産物の培養法及びヨウ素の形態別濃縮係数に関する実験手法の確立

(1) 培養・飼育法の確立

アオサおよびホンダワラについて栽培条件の検討を行った結果、培養フラスコを用いた短期培養（数日間）及びマリンフラスコを用いた長期培養（数週間）が可能となった。

(2) ヨウ素の拡散防止法の検討

培養容器から揮散したヨウ素は1段の活性炭フィルターにより99%以上が捕集できることが分かった。

(3) 水産物中の安定ヨウ素の濃縮係数

六ヶ所村周辺の各種海産物中のヨウ素濃度（ $\mu\text{g g}^{-1}$ 乾）を測定し、海水中のヨウ素濃度（ 60 ng g^{-1} ）で割ることにより濃縮係数を算出した。従来の研究において指摘されている様に、海藻類が1000以上の高い濃縮係数を示した。ワカメは、葉部が茎に比べて2倍以上ヨウ素を濃縮していた。貝類では、海藻類を主食とするアワビが、プランクトンを主食とするホタテより高い濃縮係数となった。部位別では貝柱が低く、内臓が高い濃縮係数を示している。また、底生生物ではナマコ（200）がアワビ（300）とほぼ近い値となったが、海藻が主食であるにも関わらずヨコエビは30と低い値であった。

(4) 安定ヨウ素を用いた予備実験

海水にヨウ素をI 又は IO_3^- の形で添加し、化学形態別の濃縮係数を求めた。濃縮係数は各試料の乾燥重量あたりのヨウ素濃度（ $\mu\text{g g}^{-1}$ ）をヨウ素の添加濃度（ $\mu\text{g g}^{-1}$ ）で割り算出した。ヨウ素添加量は、① 無添加、② 100 ng g^{-1} 、③ 500 ng g^{-1} 、④ 1000 ng g^{-1} の4段階とし、3日間 15°C でアオサとホンダワラを各3試料ずつ培養した。

結果をFig. 1に示す。横軸は添加したヨウ素濃度、縦軸は、添加試料から無添加試料のヨウ素濃度を引いた値である。アオサに、Iの形態で添加した場合、アオサ中のヨウ素濃度は添加量に比例して増加した。この結果から得られたIの濃縮係数は310となる。また、今回の実験においては、添加したヨウ素のおよそ50%がアオサに収着した。一方 IO_3^- では、アオサ中のヨウ素濃度は増加したものの添加濃度との間に明瞭な相関は見られず今回は IO_3^- の濃縮係数は求められなかった。このように、アオサの場合、添加されたヨウ素の化学形態によってその濃縮係数に

大きな違いがあることが判明した。

ホンダワラの場合、 I^- 及び IO_3^- とも、ホンダワラ中のヨウ素濃度は添加量に比例して増加した。この結果から得られた I^- および IO_3^- の濃縮係数は、それぞれ 660 と 330 となる。また、今回の実験においては、 I^- および IO_3^- の形態で添加したヨウ素は、 I^- で約 80%、 IO_3^- で約 50%がホンダワラに収着した。このように、アオサの場合ほど極端では無いものの、ホンダワラにおいても添加されたヨウ素の化学形態によってその濃縮係数に大きな違いがあることが判明した。

3.2 放射性ヨウ素で標識した植物プランクトンの作製方法の確立

植物プランクトンの大量培養法を確立した後に、*Skeletonema costatum*および *Nitzschia sp.*についてヨウ素の形態別濃縮係数を求めた。その結果、 IO_3^- 、 I^- 、有機態ヨウ素（チロキシン）の順で濃縮係数が高くなることが分かった。

3.3 水生生物中のヨウ素等の化学形態分析法の確立

ヨウ素K吸収端XANESスペクトル解析により、水産物試料中ヨウ素の存在形態（ I^- 、 IO_3^- 及び有機態ヨウ素）を分析する手法を確立した。ヨウ素を添加しない海水で培養したホンダワラに含まれるヨウ素は、大部分が有機態ヨウ素で存在することが分かった。

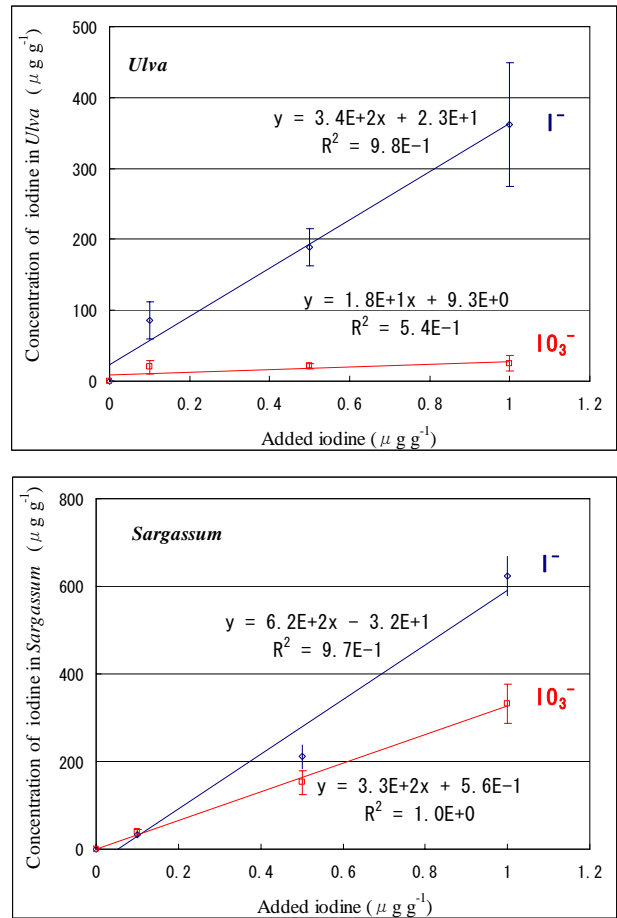


Fig. 1 Concentration of iodine to seaweed.