

4.2 海洋排出トリチウムの移行パラメータに関する調査研究

Transfer Parameters of Tritium from Seawater to Marine Organisms.

石川 義朗, 新井 竜司, 多胡 靖宏, 中村 裕二
環境シミュレーション研究部

Yoshio ISHIKAWA, Ryuji ARAI, Yasuhiro TAKO, Yuji NAKAMURA
Department of Environmental Simulation

Abstract

The operation of the commercial spent nuclear fuel reprocessing plant in Rokkasho is accompanied by the release of a certain amount of tritium into the Pacific Ocean. Although most of the tritium released will be diffused and spread widely throughout the ocean, a part of the tritium will be transferred into and accumulated in marine organisms living close to shore areas. Tritium in living things shows two chemical forms, one is free water tritium (FWT) which is directly exchanged with water in the living thing's body and organically bound tritium (OBT) fixed by its metabolic activity. In order to assess appropriately the impact of tritium released into seawater to the public, it is of importance to understand sufficiently the processes of transfer and accumulation of tritium from seawater to marine organisms. However, the data on the transfer of tritium from seawater to marine organisms are quite limited.

In this experiment, the transfer rates of tritium to form OBT in several marine organisms directly from seawater were determined as the first step of the research program to clarify the transfer of tritium from seawater into organisms, using the stable isotope of hydrogen, deuterium (D), as a substitute for tritium. The transfer rate of D from seawater to OBT in phytoplankton (*Chaetoceros gracilis*) was determined to be 0.17 h^{-1} , which was one order of magnitude larger than that in marine algae (*Ulva pertusa* Kjellman) to be 0.009 h^{-1} . This implied that the difference in the transfer rates would be attributed to the photosynthesis activity of these organisms. The transfer rates to OBT in the marine animals, small shrimp (*Ampithoe valida* Smith) and a sea urchin (*Strongylocentrotus nudus*) were also estimated as 0.018 and 0.022 h^{-1} , respectively. However, the OBT observed in marine animals in this experiment is thought to be easily exchangeable with that in seawater, being quite different from OBT in marine algae. Therefore, the process of OBT formation associated with the food chain in marine animals requires further study.

1. 目的

大型再処理施設の稼動に伴い、六ヶ所村沖合約 3 km の水深 44 m の海底に設置された海洋放出管出口から、微量ではあるが水素の放射性同位体であるトリチウム (T) が海水中に排出される。排出されたトリチウムは、海水の流れに沿って速やかに移流・拡散すると共に希釈されるが、一部は周辺海域に生息している海産生物の生体内へ移行・蓄積することが予測される。海産生物体内のトリチウムは、海水

中から直接体内の水と入れ替わった自由水型トリチウム (Free Water Tritium : FWT) と代謝活動により有機物と結合した有機結合型トリチウム (Organically Bound Tritium : OBT) の 2 つの形態に分けられる。海洋に排出されたトリチウムの安全性を評価するためには、海水から海産生物へのトリチウムの移行・蓄積過程を十分に理解することが重要である。しかし、これまで国内外におけるトリチウムの水産生物への移行に関する研究は、主に淡水生

物を対象として行われており、海産生物に関しては、諸外国においても再処理施設周辺海域における野外の調査例はあるものの (Williams *et al.*, 2001, Mccubbin *et al.*, 2001 等)、飼育実験による研究例は極めて少ない。

本調査は、海水中のトリチウムから海産生物生体内の OBT への移行・蓄積過程を明らかにする事を目的にしている。

2. 方法

海水-海産生物間におけるトリチウムの移行・蓄積過程に関する室内飼育実験は、トリチウムの代わりに、水素の安定同位体である重水素 (D) を用いて行った。

海水中のFWTから海産生物のOBTへの移行・蓄積に関する実験には、植物プランクトン (*Chaetoceros gracilis*)、海藻のアナアオサ (*Ulva pertusa* Kjellman)、モズミヨコエビ (*Ampithoe valida* Smith)、キタムラサキウニ (*Strongylocentrotus nudus*) を用いた。植物プランクトンを用いた実験では、増殖安定期に達した植物プランクトンの培養液中に重水 (D₂O) を添加し、植物プランクトン生体内の有機結合型重水素 (OBD) 濃度の時間変化を調べた。また、培養海水中のD濃度と植物プランクトン生体内のOBD濃度の関係を求めた。アナアオサの実験では、重水を添加し海水温を15°Cとした水槽内でアナアオサを培養・育成し、生体内OBD濃度の時間変化を調べた。また、同様の重水添加海水中で、市販の乾燥わかめを給餌して約40個体のモズミヨコエビを飼育し、生体内OBD濃度の時間変化を調べた。餌投与4時間後に残存した餌を回収した。さらに、10°Cに設定した重水添加海水中で、モズミヨコエビと同様に、市販の乾燥わかめを給餌してキタムラサキウニ40個体を飼育し、時間経過に従って3個体ずつ回収して生殖巣中のOBD濃度の時間変化を求めた。

食物連鎖に伴うOBTの移行・蓄積に関する調査では、海水温15°Cの180 Lの循環式水槽内に孔径315 μmのメッシュ布を用いて仕切りをし、モズミヨコエビ約40個体をOBD含有量約1000 ppmのアナアオサを与えて飼育し、生産者 (アナアオサ) - 消費者 (モズミヨコエビ) におけるOBD移行を調べるため

の予備実験を行った。

3. 成果の概要

植物プランクトン (*C. gracilis*) では、海水-生体間のOBD移行速度定数は0.17 (h⁻¹)、OBD濃縮係数は0.57 (Fig. 1) であった。同種を用いたKomatsu *et al.* (1981)の結果では、0.5と報告されている。また、Kanazawa *et al.* (1972)では、植物プランクトンの一種である*Chlorella pyrenoidosa* を用いた結果で平均0.7であったと報告されており、ほぼ同等の値であった。アナアオサにおけるOBD移行速度定数は0.009 (h⁻¹)で、*C. gracilis*に比べ1桁小さかった。この違いは、両者の光合成活性の違いに起因すると考えられる。モズミヨコエビでは、OBD移行速度定数は0.018 (h⁻¹)であった。甲殻類では体内の有機物中のキチン含有率は40~85%である。甲殻類では、キチンは餌中の炭水化物から合成されるため、直接取込まれた海水中のDがヨコエビの生体内でキチンの合成に使われることは少ないと考えられる。キタムラサキウニでのOBD移行速度定数は0.022 (h⁻¹)であった。平成20年度に行なった実験結果より、キタムラサキウニ生体内へのFWDの移行速度定数は2.06 (h⁻¹)で、OBDへの移行速度定数はFWDに比べて1/100程度であった。

食物連鎖によるOBDの移行・蓄積に関する実験系を構築するための予備試験から、モズミヨコエビ生体内におけるOBD濃度の時間変化が得られた (Fig. 2)。時間経過に伴ってモズミヨコエビ生体内のOBD濃度は増加し、実験開始から約700時間後に800 ppmに達した。試験期間内の水槽内海水の重水濃度は天然レベルであることから、この濃度上昇は海水からの移行によるものではない。このことから、アナアオサを摂食した事により生体内のOBD濃度は増加したと考えられる。

引用文献

- Komatsu *et al.* (1981) *J. Radiat. Res.*, **22**, 226-241.
Kanazawa *et al.* (1972) *Env. Sci. & Technol.*, **7**, 638-642.
Mccubbin *et al.* (2001) *Mar. Poll. Bull.*, **42**, 852-863.
Williams *et al.* (2001) *J. of Radio. Protec.*, **21**, 337-344.

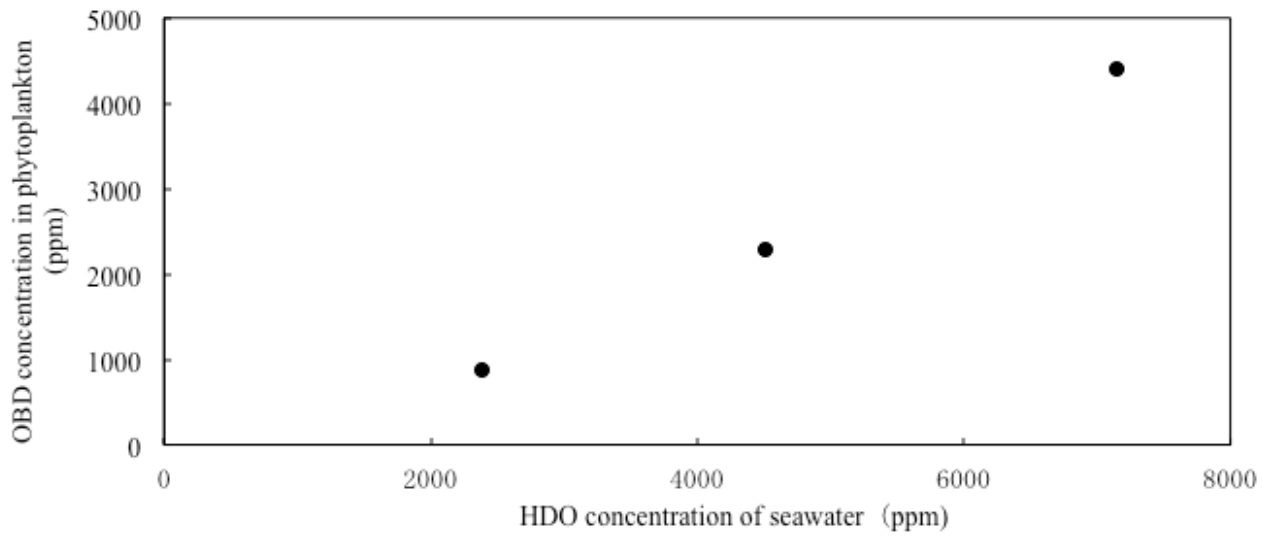


Fig.1 OBD concentrations in phytoplankton (*C. gracilis*) saturated in culture seawater with different HDO concentrations. Each data point indicates the bulk OBD concentration of all phytoplankton in one culture bottle (n=1).

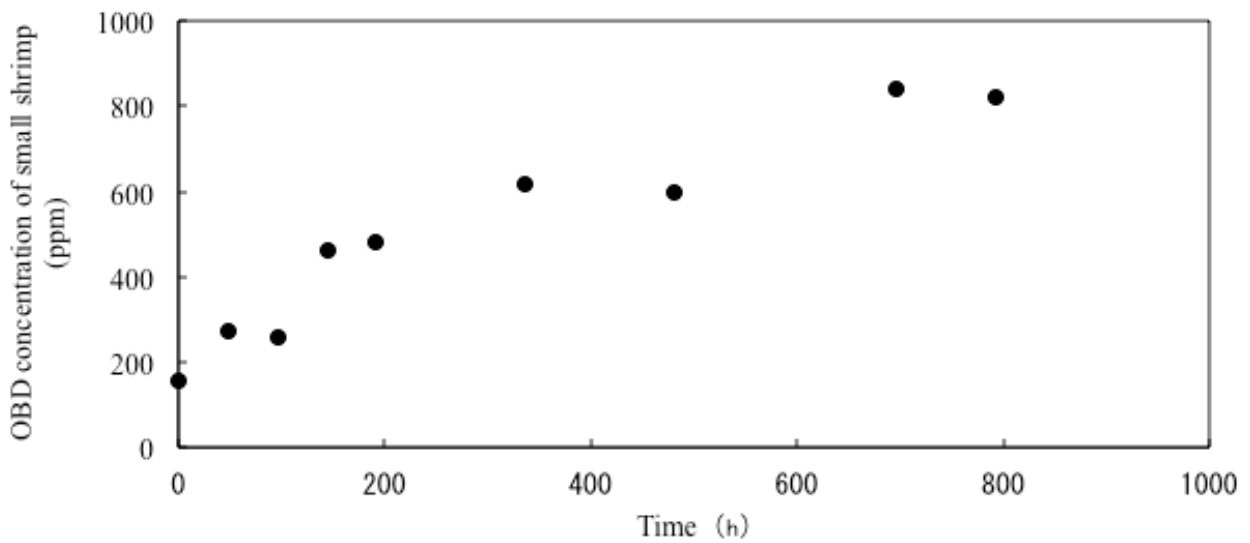


Fig.2 OBD concentrations in small shrimp (*A. valida* Smith) administered with OBD-enriched seaweed. Each data point indicates OBD concentration of one shrimp.