

## 日本海盆における $^{228}\text{Ra}$ と $^{226}\text{Ra}$ の鉛直分布からみた海水循環

井上睦夫<sup>1</sup>、皆川昌幸<sup>2</sup>、吉田圭佑<sup>1</sup>、中野佑介<sup>1</sup>、小藤久毅<sup>3</sup>、  
長尾誠也<sup>1</sup>、濱島靖典<sup>1</sup>、山本政義<sup>1</sup>

<sup>1</sup>〒923-1224 石川県能美市和気町 金沢大学環日本海域環境研究センターLLRL

<sup>2</sup>〒236-8648 神奈川県横浜市 独立行政法人水産総合研究センター中央水産研究所

<sup>3</sup>〒035-0064 青森県むつ市港町 日本海洋科学振興財団

Inoue, M., Minakawa, M., Yoshida, K., Nakano, Y., Kofuji, H., Nagao, S., Hamajima, Y. and Yamamoto, M.: Vertical profiles of  $^{226}\text{Ra}$  and  $^{228}\text{Ra}$  in the Japan Basin of the Sea of Japan

### [はじめに]

日本海は、ユーラシア大陸と日本列島に囲まれた縁辺海で、対馬、津軽、宗谷といった浅い海峡 (<150 m) により隣接する海洋とつながっている。表層水は対馬海流やリマン海流により循環系を形成しているが、これら海流により蓋をされる形で水深約 300 m 以下に、冬季の鉛直混合によって形成された低温の日本海固有水として深層循環を形成している。Ra 同位体は海水中に溶存しているため、海水循環のトレーサーとして有効である。本研究では  $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{228}\text{Ra}$  濃度の鉛直分布から固有水の滞留時間を見積もった。

### [試料と実験]

海水試料は、07 年蒼鷹丸調査航海において日本海盆 (SY07; N41°02', E138°10'; 水深 3700 m) で 14 層 (各 50 L) 採取した。 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{228}\text{Ra}$  の測定には、低バックグラウンド  $\gamma$  線法を適用した。測定法は Nakano *et al.* [1] に詳しい。

### [結果]

$^{226}\text{Ra}$  濃度は表層で 1.5 mBq/L と低く、下部固有水層 (1000 m 以深) では 2.3 mBq/L に上昇した (Fig. 1b)。一方、 $^{228}\text{Ra}$  濃度は日本海盆の表層では 1.2 mBq/L と高く、深さとともに急激に減少、下部固有水層でほぼ一定 (~0.1 mBq/L) となった (Fig. 1c)。

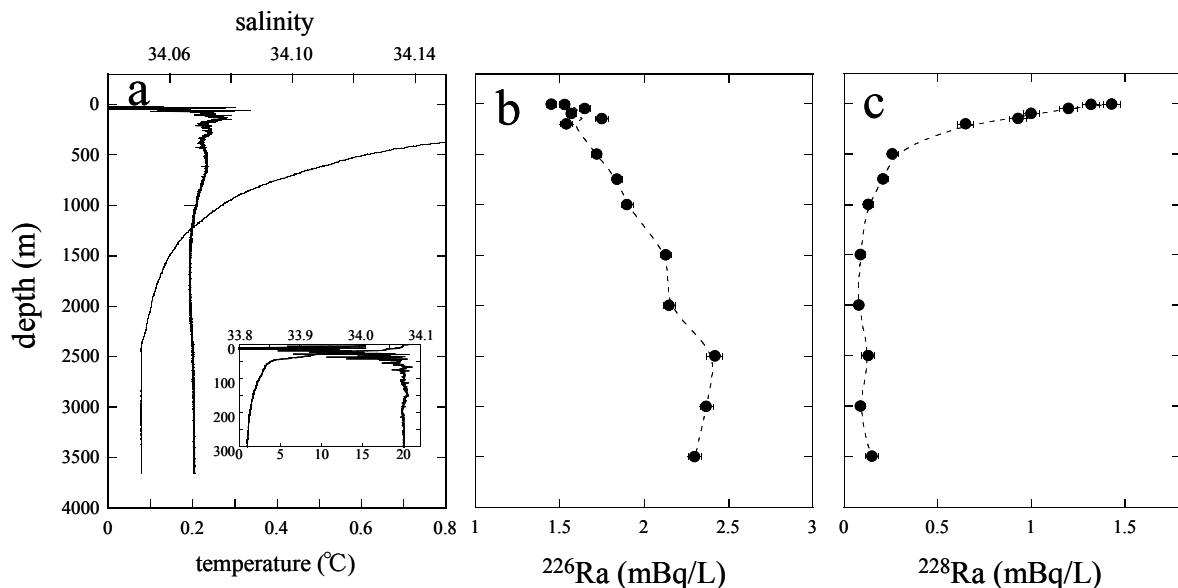


Fig. 1. Vertical profiles of a) potential temperature and salinity, b)  $^{226}\text{Ra}$ , and c)  $^{228}\text{Ra}$  activities of the SY07 water samples from the Japan Basin.

### [固有水滞留時間の見積もり]

本研究では、2 ボックスモデル（混合層 (MLW) + 上部固有水層 (UPW) と下部固有水層 (DPW)）を想定し、 $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$  濃度より、下部固有水の滞留時間を計算した (Fig. 2)。

下部固有水層の  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$  量は式 1)、2) で表わされる。

$$V\delta[^{226}\text{Ra}]_D/\delta t = [^{226}\text{Ra}]_{(M+U)}\nu + F_{226}S - [^{226}\text{Ra}]_D\nu - [^{226}\text{Ra}]_D V\lambda_{226} \quad 1)$$

$$V\delta[^{228}\text{Ra}]_D/\delta t = [^{228}\text{Ra}]_{(M+U)}\nu + F_{228}S - [^{228}\text{Ra}]_D\nu - [^{228}\text{Ra}]_D V\lambda_{228} \quad 2)$$

[ $V$ ; 下部固有水量 ( $\text{m}^3$ ):  $[^{226}\text{Ra}]$ ,  $[^{228}\text{Ra}]$ ;  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$  濃度 ( $\text{Bq}/\text{m}^3$  ( $= \text{mBq}/\text{L}$ )):  $\nu$ ; 混合層-上部固有水層と下部固有水層間の混合速度 ( $\text{m}^3/\text{y}$ ):  $F_{226}$ ,  $F_{228}$ ; 海底堆積物からの  $^{226}\text{Ra}$  と  $^{228}\text{Ra}$  の溶出フラックス ( $\text{Bq}/\text{m}^2/\text{y}$ ):  $S$ ; 海底の面積 ( $\text{m}^2$ ):  $\lambda_{226}$ ,  $\lambda_{228}$ ; 壊変定数 ( $1/\text{y}$ ) (下付きの M+U, D は、混合層+上部固有水層および下部固有水層)

$^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$  濃度 が定常状態と仮定 ( $\delta[^{226}\text{Ra}]_D/\delta t = \delta[^{228}\text{Ra}]_D/\delta t = 0$ ) すると、

$$\Delta[^{226}\text{Ra}]_{(M+U)-D}/\tau_w + F_{226}S/V - [^{226}\text{Ra}]_D\lambda_{226} = 0 \quad 1)'$$

$$\Delta[^{228}\text{Ra}]_{(M+U)-D}/\tau_w + F_{228}S/V - [^{228}\text{Ra}]_D\lambda_{228} = 0 \quad 2)'$$

ここで固有水滞留時間を  $\tau_w (= V/\nu)$  (y)、 $[^{226}\text{Ra}]_{(M+U)} - [^{226}\text{Ra}]_D = [^{226}\text{Ra}]_{(M+U)-D}$ 、 $[^{228}\text{Ra}]_{(M+U)} - [^{228}\text{Ra}]_D = [^{228}\text{Ra}]_{(M+U)-D}$  とすると、 $\tau_w$  は式 3) より見積もられる。

$$1/\tau_w = \{\lambda_{226}[^{226}\text{Ra}]_D - F_{226}/F_{228}\lambda_{228}[^{228}\text{Ra}]_D\} / \{\Delta[^{226}\text{Ra}]_{(M+U)-D} - F_{226}/F_{228}\Delta[^{228}\text{Ra}]_{(M+U)-D}\} \quad 3)$$

日本海海底堆積物のリーチング実験で求めた  $^{226}\text{Ra}/^{228}\text{Ra}$  比 ( $F_{226}/F_{228} = 0.92$ )、混合層+上部固有水層および下部固有水層の  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$  のインベントリー ( $[^{226}\text{Ra}]_{(M+U)} = 1.83 \text{ mBq}/\text{L}$ ;  $[^{226}\text{Ra}]_D = 2.47 \text{ mBq}/\text{L}$ ;  $[^{228}\text{Ra}]_{(M+U)} = 1.08 \text{ mBq}/\text{L}$ ;  $[^{228}\text{Ra}]_D = 0.11 \text{ mBq}/\text{L}$ ) を式 3) に代入すると、100 年という値が得られる。滞留時間 100 年に相当する量の上層水が下部固有水層に混入していると考えられる。この結果は、最近、様々な核種により計算された固有水層の滞留時間 (100-200 y:  $^3\text{H}$  [2];  $^{14}\text{C}$  [3, 4];  $^{129}\text{I}$  [5]) と矛盾はない。

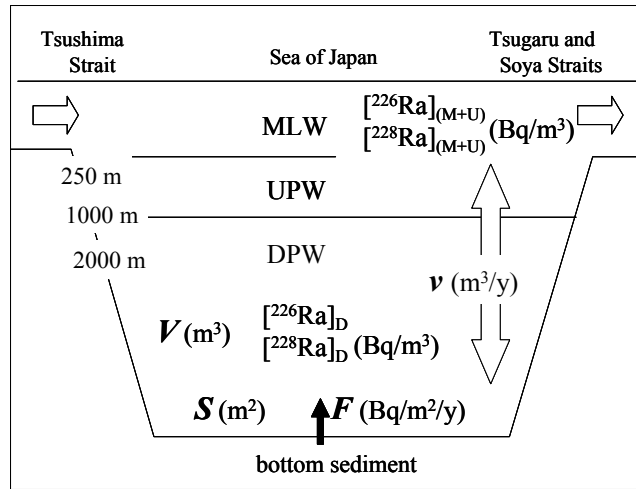


Fig. 2. A simple two-box model for the delivery of  $^{226}\text{Ra}$  and  $^{228}\text{Ra}$  to the DPW

参考文献: [1] Nakano, Y., Inoue, M., Komura, K.: *J. Oceanogr.* **64**, 713-717 (2008). [2] Watanabe, Y. W., Watanabe, S., Tsunogai, S.: *Mar. Chem.* **34**, 97-108 (1991). [3] Chen, C.-T. A., Bychkov, A. S., Wang, S. L., Pavlova, G. Y.: *J. Geophys. Res.* **100** (C7), 13737-13745 (1995). [4] Kumamoto, Y., Yoneda, M., Shibata, Y., Kume, H., Tanaka, A., Uehiro, T., Morita, M., Shitashima, K.: *Geophys. Res. Lett.* **25**, 651-654 (1998). [5] Suzuki, T., Minakawa, M., Togawa, O.: *Geophys. Res. Lett.* (2009) (submitted).