

東日本大震災後の大船渡湾における

貧酸素化の解消について

○ 笥 茂穂¹、神山孝史¹、加賀克昌²、加賀新之助³、内記公明²
(1:水産機構東北水研、2:岩手水技セ、3:岩手県庁)

1. はじめに

貧酸素あるいは無酸素に関わる問題は各地の沿岸域で頻繁に発生している。貧酸素化の要因には富栄養化、湾の閉鎖性の上昇に伴う海水交換の低下や成層の強化に伴う底層の孤立化などがある (Diaz, 2001; 柳, 2004)。本研究で対象とした大船渡湾は1967年に建設された大船渡湾湾口防波堤により、閉鎖度指標 ($EI = \sqrt{A \times D_1 / W \times D_2}$, ここで、 A は湾の面積、 D_1 は湾の最深部の水深、 W は湾口幅、 D_2 は湾口の最大水深) が1.4から14.04に急増した湾である。湾口防波堤の建設に伴い、湾内水が停滞しやすくなったこと (宮沢・早川, 1994)、夏季の底層には貧酸素水塊が形成されるようになったこと (Hayakawa 1990; 長坂ほか, 1997; Hayakawa et al. 2001) などが報告され、湾内の環境悪化が懸念されていた。また防波堤建設により湾内が穏やかな環境となり、マガキやホタテガイの養殖が盛んに行われ、その排泄物による富栄養化も貧酸素化に拍車をかけていた。この防波堤は、2011年3月の東日本大震災に伴う大津波により、倒壊し、湾の EI は再び1.4に低下した。村上ほか (2013) や Yamada et al. (2015) は2009~2010年と2012~2014年の比較を行い、震災後、底層の溶存酸素 (DO) 濃度が増加したことを示している。防波堤の倒壊により海水交換が向上したと考えられるが、定量的な研究は行われていない。本研究では1996~2015年にほぼ毎月観測された結果や震災後に湾内で行われた係留観測の結果を用いて、震災前後の大船渡湾における海水の滞留時間を定量化するとともに、貧酸素化の解消との関連について明らかにする。

2. 方法

1996年~2015年にかけて岩手県水産技術センターによりほぼ毎月実施されている大船渡湾における海洋観測結果を使用した。また、2014年7月~2015年12月、2016年3月~5

月にかけて大船渡湾に係留系を設置し、流速、水温・塩分を測定し、解析に用いた。

3. 結果

毎月の観測における湾内底層 (海底直上1m) の最低DOは、季節変動し、夏季に低下した。震災前の夏季の最低DOは毎年 1 mgL^{-1} 以下となることが多かったが、震災以降は $4.6 \sim 10 \text{ mgL}^{-1}$ であり、貧酸素水塊は見られなかった。震災前および後の最低DOはそれぞれ 5.81 ± 3.72 、 $7.22 \pm 1.49 \text{ mgL}^{-1}$ であり、有意な差があり ($p < 0.01$)、震災後は大幅に貧酸素化が解消していた (Fig. 1)。

係留観測から、表層で流出、中下層で流入する残差流が観測された。また、表層には低塩分水が分布し、エスチュアリー循環による海水交換が起きていることが示された。そこで、定常状態を仮定したボックスモデルによる塩・水の収支から海水の滞留時間 (τ) を求めた。震災前の τ は60~140日であり、震災後の τ (<60日) よりも有意に大きかった (Fig. 2)。

4. 考察

震災後は海水交換が活発になり、湾内底層の貧酸素化が解消していたという本研究の結果について以下のような考察を行った。湾外下層の塩分は震災後の方が有意に低かった。震災後の湾内表層の塩分は有意ではないものの震災前よりも高かった。後者は有意ではないものの低下量は前者よりも大きく、震災後の海水の滞留時間を低下させる主たる要因であることがわかった。河川流量は震災前後で有意な差はなかったことから、震災前は震災後よりも湾内が停滞しやすい環境にあったと考えられた。震災前に、湾内の海水交換を妨げていたものは湾口防波堤であり、この倒壊で貧酸素化が解消したものと結論づけられた。詳細については Kakehi et al. (2017) に記載されている。

5. 引用文献

- Diaz, R. J. (2001). Overview of hypoxia around the world. *Journal of environmental quality*, 30(2), 275-281.
- Hayakawa, Y. (1990). Mean seasonal changes of dissolved inorganic nutrients in the Ofunato estuary. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56(11), 1717-1729.
- Hayakawa, Y., Kobayashi, M., & Izawa, M. (2001). Sedimentation flux from mariculture of oyster (*Crassostrea gigas*) in Ofunato estuary, Japan. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, 58(2), 435-444.
- Takehi, S., T. Kamiyama, Y. Kaga, K. Naiki and S. Kaga (2017) Improvement of dissolved oxygen concentration and water exchange in Ofunato Bay, Japan, after the collapse of the bay-mouth breakwater by the 2011 Tohoku Earthquake and tsunami. *Fisheries Oceanography*, 26:2, 114-127, doi:10.1111/fog.12184
- 宮沢公明, & 早川康博. (1994). 大規模構造物と環境収容力: 人工構造物(大船渡湾湾口防波堤)が湾内に及ぼす影響(シンポジウム: 増養殖漁場の海洋環境をめぐる諸問題). *沿岸海洋研究ノート*, 32(1), 29-38.
- 村上明宏, 堺茂樹, 村上和男, 中村由行, 岡田知也, 高尾敏幸, & 柴木秀之. (2013). 東北太平洋沖地震津波後の大船渡湾の水質・底質の現状. *Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2 (Coastal Engineering)*, 69(2), I_496-I_500.
- 長坂猛, 鶴谷広一, 村上和男, 浅井正, & 西守男雄. (1997). 大船渡湾の成層と貧酸素水塊に関する現地観測. *海岸工学論文集*, 44, 1066-1070.
- Yamada, Y., Kaga, S., Kaga, Y., Naiki, K., & Watanabe, S. (2015). Changes of seawater quality in Ofunato Bay, Iwate, after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake. *Journal of Oceanography*, 1-14.
- 柳哲雄. (2004). 貧酸素水塊の生成・維持・変動・消滅機構と化学・生物的影響. *海の研究*, 13(5), 451-460.

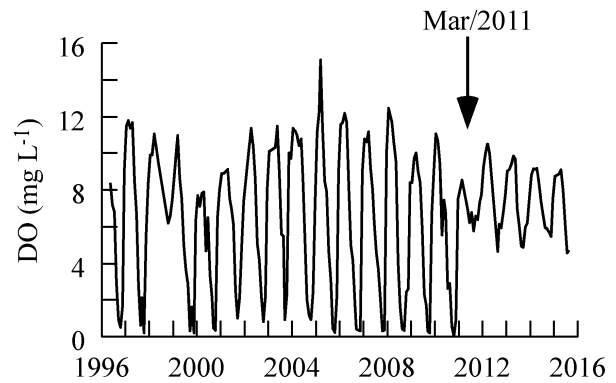


Fig. 1 岩手水枝センタによる大船渡湾の毎月観測(全6測点)の底層(B-1m)におけるDOの最低値の時系列。

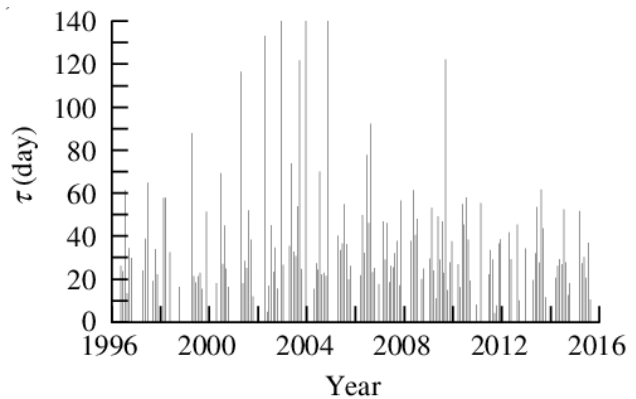


Fig. 2 海水の滞留時間(τ)の時系列。