

# 有明海奥部における貧酸素水塊の形成機構について

## Formation Mechanism of Hypoxic Water in the Interior Parts of Ariake Sea

○石谷哲寛\* 瀬口昌洋\*\* 郡山益実\*\*\*

○Tetsuhiro ISHITANI\* Masahiro SEGUCHI\*\* Masumi KORiyAMA\*\*

1. はじめに 貧酸素水塊の発生は、底生生物の減少など海域の生態系に大きな影響を及ぼし、またそれに伴い、浄化機能の低下などの、さらなる問題を引き起こす原因でもあるため、その対策は非常に重要である。有明海奥部では、2000～2001年にかけての養殖ノリの大凶作を契機に環境悪化が指摘され、それ以降、様々な調査・研究が実施されているが、貧酸素水塊の形成機構の解明及びその防止策については、まだ十分であるとはいえない。本研究は、有明海奥部における貧酸素水塊の形成機構について、現地観測データを基に検討・考察したものである。

2. 貧酸素水塊の発生状況について Fig.1は、独立行政法人西海区水産研究所によって2008年夏季に行われた有明海

貧酸素水塊広域連続観測の観測地点及び水深を示している。本研究では、この観測によって得られたデータを使用した。Fig.2は、Fig.1の六角川における水深と底層DO、浜川、大浦沖及びB6における底層DOの経時変化を示している。

図示されるように、底層DOの変動は基本的には潮汐振幅の変動と対応し、大潮期に上昇、小潮期に低下する傾向を示す。また、水深の浅い地点（六角川、浜川）と深い地点（大浦沖、B6）では、DOの変動は潮汐振幅の変動に伴う数日周期の変動とは別に、数時間程度の短周期の変動が卓越した。これは、水深の浅い地点は潮流や波浪による鉛直混合の影響を直接的に受けやすいためと考えられる。また、4地点のDO低下時の見かけの酸素消費速度の平均値を求めると、六角川は $1.380\text{mg L}^{-1}\text{d}^{-1}$ 、浜川は $1.371\text{mg L}^{-1}\text{d}^{-1}$ 、大浦沖は $0.531\text{mg L}^{-1}\text{d}^{-1}$ 、B6は $0.374\text{mg L}^{-1}\text{d}^{-1}$ であり、水深の浅い地点は深い地点に比べて、底層の酸素消費量が大きい。これは、有明海奥部及び西部の水深の浅い地点は、底質の含泥率及びCOD

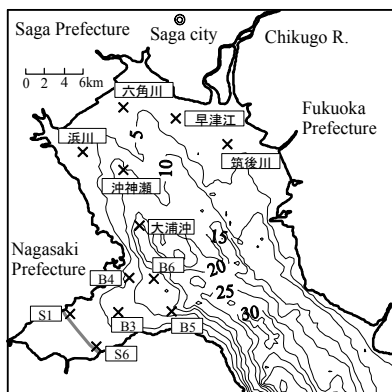


Fig.1 観測地点及び水深 (m)  
Observation points and water depth (m)

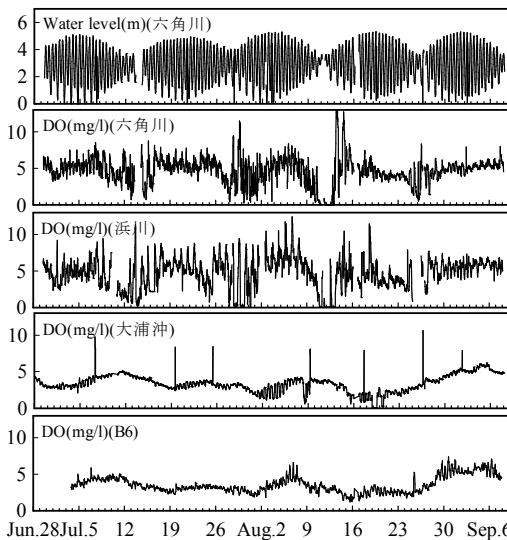


Fig.2 水位、DOの経時変化 (2008年)  
Temporal variations of water level and DO (2008)

\*佐賀大学大学院農学研究科 Graduate School of Agricultural Science, Saga University

\*\*佐賀大学 Saga University

\*\*\*佐賀大学農学部 Faculty of Agriculture, Saga University

キーワード：有明海、貧酸素水塊、2層ボックスモデル

が高いため、底質の酸素消費量が大いこと、また前述のように、水深の浅い地点は潮流や波浪による鉛直混合の影響を直接的に受けやすいため、底質の巻き上げが起りやすく、巻き上げられた有機物による底層水中での酸素消費が多くなることが原因と考えられる。

**3. 貧酸素水塊発生に及ぼす物理的及び生化学的要因の影響について** 有明海奥部における貧酸素水塊の発生には、鉛直拡散による底層への酸素補給と、底層での酸素消費が影響していると考えられるが、それぞれのパラメータが底層の貧酸素化に及ぼす影響について、**Fig.3** のような2層ボックスモデルを用いて検討した。底層の DO 濃度の時間変化は次式で表される。

$$V_2 \frac{dC}{dt} = A_{12} \frac{C_u - C}{H_{12}} K_{12} + A_2 u_L (C_L - C) - R V_2 C \quad (1)$$

ここで、 $K_{12}$  は表底層間の鉛直拡散係数、 $u_L$  は底層ボックス沖合側の鉛直断面での移流速度、 $C_L$  は底層ボックス外沖合側の平均 DO 濃度、 $R$  は DO 消費率である。(1) 式を  $T=0$  のとき  $C=C_0$ 、 $T=\infty$  のとき  $C=C_\infty$  という条件のもとで解くと、次式が得られる。

$$C = C_\infty + (C_0 - C_\infty) e^{-\gamma t} \quad (2)$$

ここで、

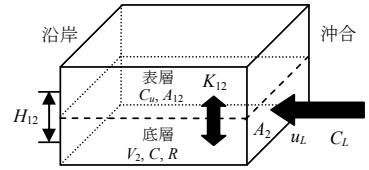
$$C_\infty = \frac{\frac{A_{12}}{V_2 H_{12}} K_{12} C_u + \frac{A_2}{V_2} C_L u_L}{\frac{A_{12}}{V_2 H_{12}} K_{12} + \frac{A_2}{V_2} u_L + R}$$

$$\gamma = \frac{A_{12}}{V_2 H_{12}} K_{12} + \frac{A_2}{V_2} u_L + R$$

である。**Fig.4** は、対象海域における貧酸素水塊発生時の平均的な各パラメータ  $K_{12}$ 、 $R$ 、 $u_L$  の値

(**Table 1**) に対する相対変化量  $\Delta K_{12}/K_{12}$ 、 $\Delta R/R$ 、 $\Delta u_L/u_L$  とそれに伴う  $C_\infty$  の相対変化率  $\Delta C_\infty/C_\infty$  を  $C_L=1$ 、3、5 及び  $7 \text{ mg L}^{-1}$  の各ケース毎に示したものである。図示されるように、 $\Delta R/R$  は  $\Delta C_\infty/C_\infty$  の変化に与える影響は常に一定で、その影響の大きさも他のパラメータに比して大きい。 $\Delta K_{12}/K_{12}$

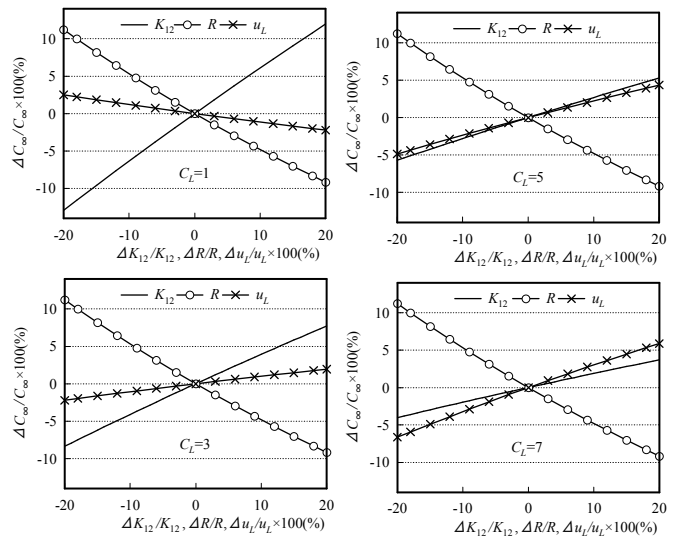
の影響は、 $C_L$  が小さい場合は大きい、 $C_L$  が大きくなるにつれて次第に低下する。 $\Delta u_L/u_L$  の影響は、 $C_L$  が小さい場合は  $\Delta C_\infty/C_\infty$  を低下させる方向に働くが、 $C_L$  が大きくなると逆に  $\Delta C_\infty/C_\infty$  を増大させる方向に働き、またその影響の大きさも増大する。



**Fig.3** 対象海域の2層ボックスモデルの概略図  
Schematic diagram of box model

**Table 1** 2層ボックスモデルの諸元及び対象海域における貧酸素水塊発生時の  $C_u$ 、 $C_L$ 、 $u_L$ 、 $K_{12}$  及び  $R$  の平均的な値

Dimensions of box model and average values of $C_u$ , $C_L$ , $u_L$ , $K_{12}$ and $R$			
$V_2(\text{km}^3)$	0.533	$C_u(\text{mg/l})$	6.79
$A_{12}(\text{km}^2)$	106.56	$C_L(\text{mg/l})$	3.87
$A_2(\text{km}^2)$	0.037	$u_L(\text{cm/s})$	5.0
$H_{12}(\text{m})$	4.5	$K_{12}(\text{cm}^2/\text{s}^{-1})$	0.5
		$R(\text{day}^{-1})$	0.5



**Fig.4**  $C_\infty$  及び  $T_\infty$  に対する  $K_{12}$ 、 $R$  及び  $u_L$  の感度分析結果  
Results of sensitivity analysis of  $K_{12}$ ,  $R$  and  $u_L$  for  $C_\infty$  and  $T_\infty$