

## 2層ボックスモデルによる有明海奥部西岸域の貧酸素水塊発生機構の検討

### Study of Occurrence Mechanism of Hypoxic Water in the Western Inner Parts of the Ariake Sea Using a Two-Layer Box Model

○郡山益実\*・瀬口昌洋\*・石谷哲寛\*\*

Masumi KORiyAMA・Masahiro SEGUCHI・Tetuhiko ISHITANI

1.はじめに：有明海では近年、夏季に長期的かつ広範囲に貧酸素水塊が発生し、水質及び底質の環境悪化が深刻化している。本研究では、奥部西岸域における貧酸素水塊発生機構の全般的な概要を明らかにするために、1972～2005年の浅海定線調査データから、移流・拡散過程を考慮した2層ボックスモデルを用いて対象海域における移流速度、鉛直拡散係数及び生化学的酸素消費速度の解析を行い、それらの年平均値について検討した。

2. 使用データ及び解析方法：解析に用いた海水温( $T$ )、塩分( $S$ )及び溶解酸素(DO)データは、Fig.1に示されるSt.A～Jにおける佐賀県浅海定線データである。各測点のこれらのデータは、海面下0m, 5m, 10m, 20m, 30m, 40mで得られており、本研究では、これらのデータを水深1m間隔に線形補間した。なお、海水密度( $\rho$ )は $T$ 及び $S$ のデータより算出した。気象データに関しては、佐賀地方気象台で得られた毎月の平均値を用いた。また、奥部西岸域に流入する河川流量に関しては、集水面積と月降水量から推定した。

本研究では、解析対象海域(Fig.1の破線で囲まれた領域)をFig.2に示される2層のボックスモデルで近似した。上下ボックスの境界深さ( $H_1$ )は2005年8月の現地観測で得られた密度躍層の水深4mとした。上下層内の塩分( $S_1, S_2$ )及びDO( $C_1, C_2$ )は、各層内に含まれるSt.A～E(Fig.1)の $S$ とDOの値を平均して求めた。また、東西方向のボックス外の塩分( $S_3, S_4$ )及びDO( $C_3, C_4$ )

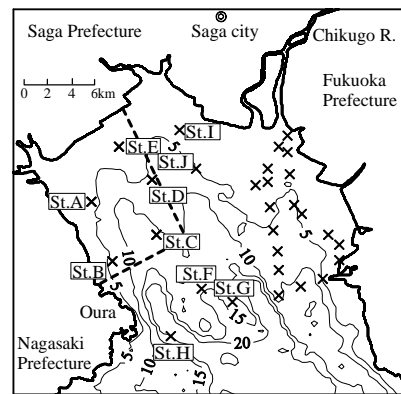


Fig.1 有明海奥部における解析対象海域(破線で囲まれた海域)

Study area (sea area surround by broken lines) in the interior parts of the Ariake Sea

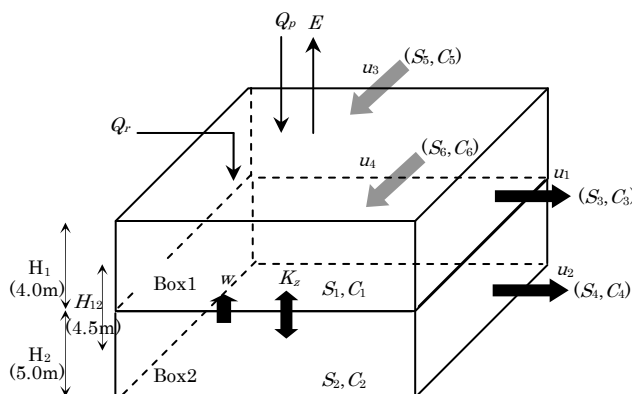


Fig.2 ボックスモデルの概要  
Schematic diagram of box model

Table-1 各ボックスの諸元  
Dimensions of each box

Volume (km <sup>3</sup> )	$V_1$	0.426
	$V_2$	0.533
Interface Area (km <sup>2</sup> )	$A_{12}$	106.56
Cross Section Area (km <sup>2</sup> ) (North-South)	$A_1$	0.029
	$A_2$	0.037
Cross Section Area (km <sup>2</sup> ) (East-West)	$B_1$	0.058
	$B_2$	0.072

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

\*\*鹿児島大学大学院連合農学研究科 The United Graduate of Agricultural Sciences, Kagoshima University

キーワード：貧酸素水塊, ボックスモデル, 有明海

と南北方向のボックス外の塩分 ( $S_5, S_6$ ) 及び DO ( $C_5, C_6$ ) は、それぞれ St.F~H (Fig.1) 及び St.I~J (Fig.1) の  $S$  と DO の値を海面 ~  $H_1$  と  $H_1$  以深で平均して求めた。

各ボックスにおける塩分収支及び水収支は、それぞれ (1) ~ (5) 式で表される。なお、各ボックスの諸元は Table-1 に一覧される。

$$\text{Box1} \quad V_1 \frac{dS_1}{dt} = -u_1 A_1 S_{13} + w A_{12} S_{12} + u_3 B_1 S_{15} + \frac{K_z (S_2 - S_1) A_{12}}{H_{12}} \quad (1)$$

$$u_1 A_1 = Q + w A_{12} + u_3 B_1 \quad (2) \quad Q = Q_r + Q_p - E \quad (3)$$

$$\text{Box2} \quad V_2 \frac{dS_2}{dt} = -u_2 A_2 S_{24} - w A_{12} S_{12} + u_4 B_2 S_{26} + \frac{K_z (S_1 - S_2) A_{12}}{H_{12}} \quad (4)$$

$$u_2 A_2 = -w A_{12} + u_4 B_2 \quad (5)$$

ここに、 $V_1, V_2$  はそれぞれ上層及び下層ボックスの体積、 $A_{12}, A_1, A_2, B_1, B_2$  はそれぞれ上下ボックスの水平断面積、上下ボックスの南北方向の鉛直断面積及び東西方向の鉛直断面積、 $u_1, u_2$  はそれぞれ南北方向の上層及び下層の水平流速、 $u_3, u_4$  はそれぞれ東西方向の上層及び下層の水平流速、 $w$  は上下ボックス間の鉛直流速、 $H_{12}$  は上下ボックスの中央点間距離、 $S_{ij} = (S_i + S_j)/2$ 、 $Q$  は上層ボックスへの淡水流入量で、河川からの流入量 ( $Q_r$ ) と降雨量 ( $Q_p$ ) 及び蒸発量 ( $E$ ) を考慮した正味の値である。

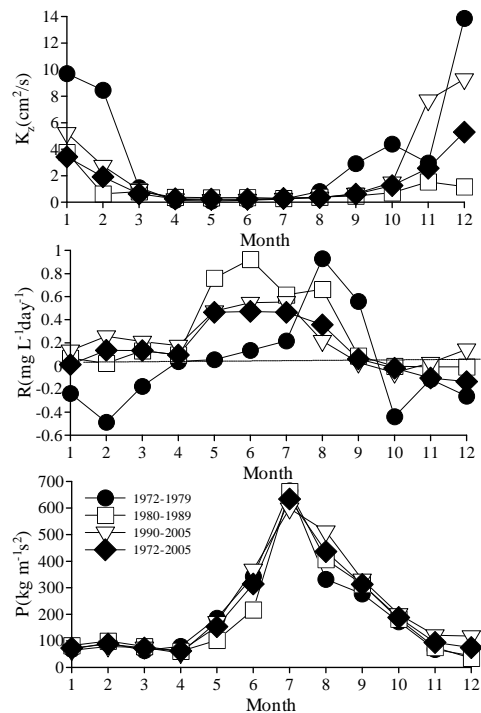
(1), (2), (4) 及び (5) 式から明らかなように、これらの式中には未知数  $u_1 \sim u_4, w, K_z$  の 6 個あるため、解析的に未知数を求めることは出来ない。そこで、ここでは最小二乗法を適用し、各月の未知数を決定した。一方、下層ボックスにおける DO 濃度の時間的変化を支配する方程式は、次式で表される。

$$V_2 \frac{dC_2}{dt} = -u_2 A_2 C_{24} - w A_{12} C_{12} + u_4 B_2 C_{26} + \frac{K_z (C_1 - C_2) A_{12}}{H_{12}} - V_2 R \quad (6)$$

ここに、 $C_{ij} = (C_i + C_j)/2$ 、 $R$  は生化学的な酸素消費速度である。

**3. 解析結果：** 図-3 は、1972~1979 年、1980~1989 年、1990~2005 年、1972~2005 年における  $K_z, R$  及び成層強度 ( $P$ ) の年平均値の月変動を表わしたものである。図示されるように、各期間の  $K_z$  は冬季に増加し、夏季に減少する季節変動を示す。1970 年代冬季の  $K_z$  は、他の期間のそれと比較して高い値を示すが、夏季の  $K_z$  の年平均値に大きな変化を見られない。 $R$  は、全体的に夏季に正の値 (酸素の消費)、冬季に負の値 (酸素の生産) を示し、夏季の  $R$  の年平均値に変化が見られる。すなわち、1970 年代の  $R$  は、5~7 月に低く、8 月に急増するのに対して、1980 年代以降の  $R$  は、5~8 月の期間高い値で推移している。一方、 $P$  は夏季に増加し、冬季に減少する季節変動を示すが、各期間における  $P$  の年平均値に変化は見られない。海水中の DO 濃度は、移流・拡散過程や生化学的過程に伴う酸素の供給と消費のバランスにより決定される。したがって、1972~2005 年において対象海域の海水の鉛直混合や上層から底層への DO 供給量に変化は見られないことから、夏季の DO 消費量の増加が対象海域における底層水の低酸素さらには貧酸素化に大きく寄与しているものと推察される。

**4. まとめ：** 本研究より、2 層ボックスモデルを用いて、1972~2005 年における有明海奥部西岸域の  $K_z, R$  及び  $P$  を解析し、それらの年平均値の変動が把握された。今後、より詳細な現地観測データを収集・蓄積し、対象海域における貧酸素水塊の発生機構について明らかにする予定である。



**Fig.3**  $K_z, R$  及び  $P$  の年平均値の変化  
Variations in average year value of  $K_z, R$  and  $P$