

ボックスモデルを用いた有明海奥部西岸域における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 Box Model

○郡山益実*・瀬口昌洋*・石谷哲寛**

Masumi KORİYAMA・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、1972～2000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成層ボックスモデルを用いて対象海域を解析し、移流、鉛直拡散及び生化学的酸素消費量の底層DOの季節変化に及ぼす寄与分について検討、考察した。

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)及び溶存酸素(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(ρ)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

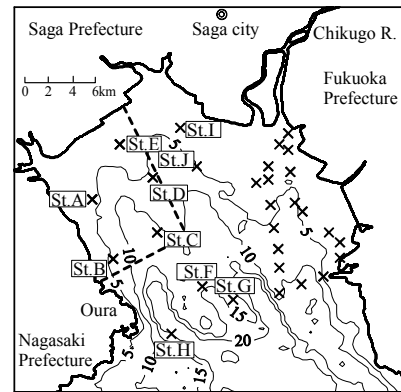


Fig.1 有明海奥部における解析対象海域 (破線で囲まれた海域) Study area (sea area surround by broken lines) in the interior parts of the Ariake Sea

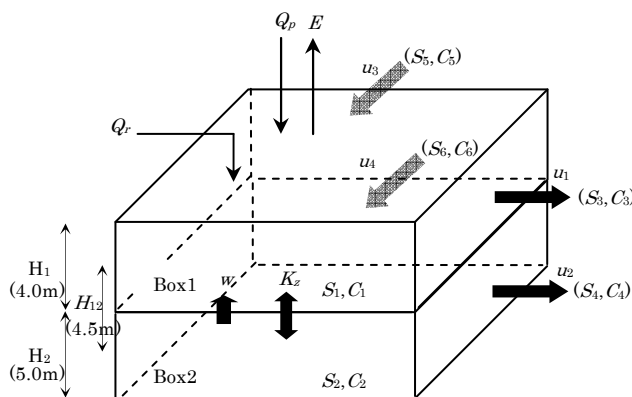


Fig.2 ボックスモデルの概要 Schematic diagram of box model

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

Volume (km ³)	V_1	0.426
	V_2	0.533
Interface Area (km ²)	A_{12}	106.56
Cross Section Area (km ²) (North-South)	A_1	0.029
	A_2	0.037
Cross Section Area (km ²) (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

DO (C_3, C_4)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 $\sim H_1$ 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 1972~2000 年の各月 29 個のデータについて、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、(6)式右辺各項の月変化を示したものである。図示されるように、1月~4月、11月、12月の春季、冬季においては、1日当たりの水平方向(東西、南北)及び鉛直方向の移流量は非常に大きい、6月~8月の夏季、秋季においては減少し、鉛直拡散量及び生化学的酸素消費量とオーダ的にほぼ等しくなっている。これは、夏季を中心に安定した密度躍層が形成されるために、鉛直方向の移流量さらにはそれを補充するための水平方向の移流量が大きく抑制されたためと推察される。一方、1日当たりの鉛直拡散量及び生化学的

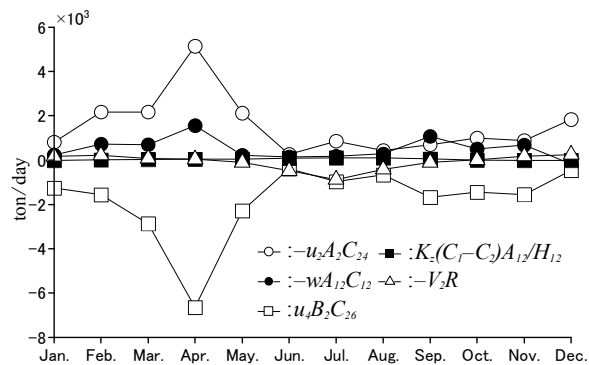


Fig.3 (6)式における右辺各項の月変化
Monthly variation of each term in right hand of equation (6)

酸素消費量は年間を通じて全般的に小さい。しかし、特に鉛直拡散量は6月から8月にかけて徐々に増加するが、生化学的酸素消費量は4月から7月にかけて増加した後、7月から10月にかけては減少する。これらの量の月変化から推測されるように、鉛直拡散量や酸素消費量の DO の時間的変化に寄与する割合は、春季、冬季においては僅少であるが、夏季では特に酸素消費量のそれは増大し、DO の時間的変化さらには分布を大きく左右すると考えられる。

4. まとめ : 本研究より、2層ボックスモデルを用いて、移流、鉛直拡散及び生化学的酸素消費量の有明海奥部西岸域における底層 DO に及ぼす寄与分の季節変化が把握された。今後、より詳細な現地観測データを収集・蓄積し、モデル精度の向上を行う予定である。