

ボックスモデルによる広島湾における海水の移流の推算

福岡県 正会員 ○長尾 陽

広島大学工学部 正会員 川西 澄

1. はじめに

広島湾は閉鎖性が強く、富栄養化や赤潮が社会問題化して久しい。こうした問題を解決する上で、物質の輸送に関係する移流を知ることは重要である。そこで本研究では、流動や生態系に大きな影響を与える水温、塩分を指標としたボックスモデル解析により、海水の移流構造について検討することを目的としている。また、その結果と密度流の駆動力を比較・検討する。

2. 本研究で利用した資料

広島湾の水温・塩分データは第六管区海上保安本部提供の海洋概報、気象データは気象庁提供の地上気象観測原簿過去データ CD-ROM・気象庁年報 CD-ROM、河川流量・河川水温は建設省河川局・山口県土木建築河川開発課・山口県環境保全課のデータを利用する。データの利用期間は、1989年4月～1998年3月の9年間である。それぞれの測定点は、図1に示す。測定は、気象データ、河川の流量データが1時間に1回、大田川・小瀬川の水温が1ヶ月に4回、広島湾の水温・塩分、錦川の水温である。

3. 物質収支モデルの構築

図2(a)に7月の密度の鉛直分布を、鉛直断面ラインは図2(b)に示す。図2(a)をみると、密度成層が水深5mに形成されている。よって、水深5mを境に上下層の2層に分割する。図3に本研究で設定したボックスを示す。また、各ボックスで、流量・塩分量・熱量の3つの保存方程式を以下のようにたてる。

$$\sum_j W_{ji} + \sum_r R_i + (P_i - E_i)A_i = \sum_j W_{ij}, \quad V_i \frac{dS_i}{dt} = \sum_j W_{ji} S_j - \sum_j W_{ij} S_i$$

$$V_i \frac{dT_i}{dt} = \sum_j W_{ji} T_j - \sum_j W_{ij} T_i + \sum_r R_i T_r + \frac{Q_i}{\rho_i C_{p_i}} A_i + P_i A_i T_{air_i} \quad (\text{熱量})$$

ここで添え字 i, j : ボックス番号 (i は計算対象としているボックス, j はボックス i に接している全てのボックス), 添え字 r : 各河川, W_{ij}, W_{ji} : 求めるべき未知数の輸送係数 (m^3/month) (W_{ij} はボックス i からボックス j への輸送係数, W_{ji} はボックス j からボックス i への輸送係数である), ρ : 海水の密度 (kg/m^3), R : 河川の流入量 (m^3/month), P : 降雨量 (m/month), E (m/month) : 蒸発量, S (PSU) : 海水の塩分, T : 海水の水温 ($^{\circ}\text{C}$), T_{air} : 気温 ($^{\circ}\text{C}$), C_p : 海水の比熱 ($\text{J}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$), Q : 大気と海洋の熱収支の総和 ($\text{J}/\text{m}^2/\text{month}$), V_i : ボックス i の体積 (m^3), A_i : ボックス i の面積

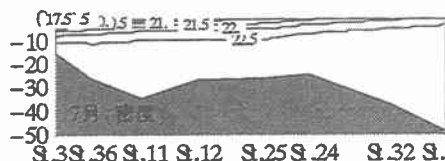
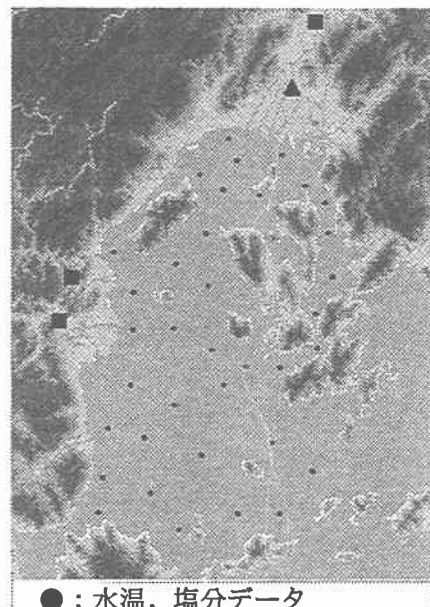


図2 (a)密度の鉛直分布 (左)と(b)鉛直断面ライン (右)



● ; 水温, 塩分データ
▲ : 気象データ
■ : 河川の流量, 水温データ

図1 観測地点

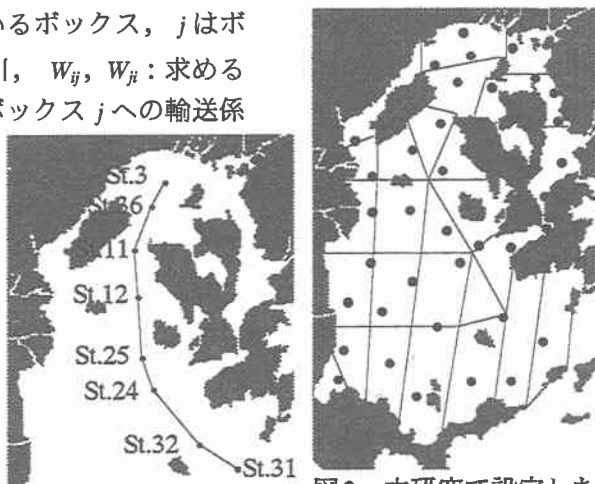


図3 本研究で設定したボックス

(m^2) である。

4. 解析結果

ボックスモデル解析によって得られた夏季における上層、下層の水平方向の移流量を図4に示す。また、水温、塩分データから算定した北部・西部海域における密度流の駆動力を図5に示す。まず、北部海域に関して考察する。図4をみると、大野瀬戸を除いて上下層とも移流量の方向は同じである。谷本ら¹⁾は、夏季において宮島・奈佐美瀬戸部で連続観測を行い、東部では上下層とも流入し、西部ではエスチュアリー循環を形成し、断面全体では流出していることを明らかにしているが、ボックスモデルの結果はこれと異なっている。本モデルは、宮島・奈佐美瀬戸の南側のボックスにおける水温、塩分を東部に位置する St.11 で代表させている。よって、瀬戸部の東部の流動構造を反映し、瀬戸部全体の流動構造を反映していないと考えられる。図5をみると、密度流の駆動力が北部海域（南北方向）、宮島・奈佐美瀬戸（南北方向）ともに上層で流入、下層で流出というエスチュアリー循環とは逆方向に働いている。以上のことより、北部海域の流れは非常に複雑で、2層モデルでは流れを再現できないのではないかと考えられる。また従来夏季において上下2層のエスチュアリー循環が卓越しているという見解がされてきた。しかし、このようなエスチュアリー循環が起こっているとは言い難い。次に、西部海域に関して考察する。図4をみると、南北方向、東西方向の移流量が上下層で異なる方向をとる。この上下層の移流の方向と、5mを境にした上下の密度流の駆動力が働く方向がほぼ一致している。南北方向でエスチュアリー循環の方向、東西方向でエスチュアリー循環とは逆の方向に移流量が流れ、駆動力が働いている。東西方向は水深20mの密度が中央部海域に比べ西部海域のほうが重いためにエスチュアリー循環とは逆向きになっている。これは、中央部海域に対する西部海域の成層強度が1.6倍も強く下層まで熱が供給されにくい。よって中央部海域に比べ西部海域の水温が低くなることに起因している。

5. 結論

ボックスモデルの解析と密度流の駆動力から、北部海域において従来からいわれているようなエスチュアリー循環は起きていないのではないかと考えられ、西部海域においては、密度流の駆動力と移流量の方向が一致していた。また、密度流の駆動力が3層構造を形成していることから、2層モデルで計算したボックスモデルでは流れをよく反映することができないのではないかと疑問が残る。

参考文献 1) 谷本照巳・星加章・三島康史：広島湾北部海域の開口部における夏季の流動と物質輸送，海と空，第74巻，第4号，pp127-136，1999。

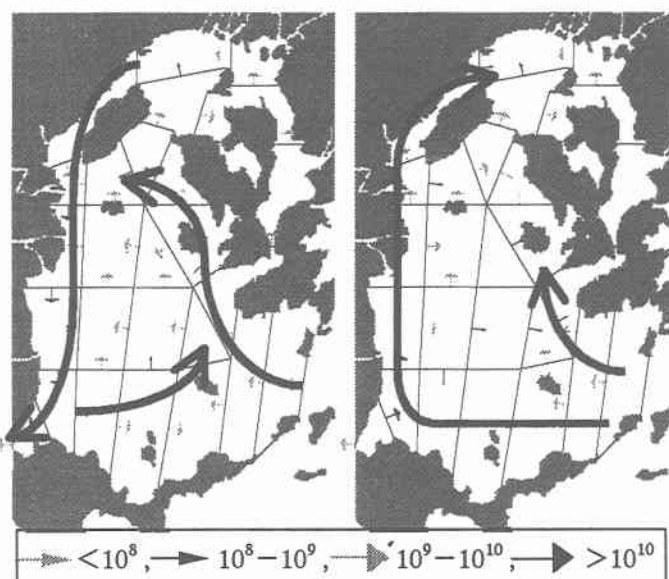


図4 夏季における上層・下層の移流 (m^3/month)

太矢印はおおまかな流れ

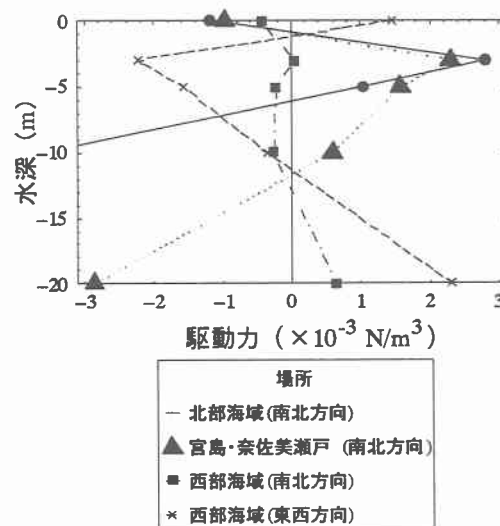


図5 夏季における北部・西部海域の密度流の駆動力（南北方向は北，東西方向は東を正とする）