

内湾の海水交換に関する考察

名古屋大学 学生員 ○ 滝沢源司
名古屋大学 正会員 足立昭平

1 緒言

伊勢湾、東京湾のような閉鎖性の強い内湾では、外海水と湾内水の交換が非常に悪く、水質は悪化の一途をたどっているが、それぞれの内湾を比較すると、水質の悪化の程度が異なっている。たとえ、伊勢湾と三河湾を比較した場合、三河湾は汚濁負荷量が少ないにもかかわらず、水質低下の割合が大きいことが指摘されている。この一見相反する傾向の原因として、一つには、水深や海況、特性に基づく基礎生産能力の差異によることが報告されている。一方、内湾の特性に基づく、海水交換能力の差異も重要な原因と考えられる。本研究では、後者の立場に立ち、海水交換機構を把握することを目的とし、海水交換率を用いた lump モデルにより、海水交換率の季節的変動を調べ、その変動要因に対し、若干の考察を試みた。

2 海水交換率

海水は、潮流の往復運動により、図-1の①、②の過程を繰返し、その間に、湾内水と外海水の交換もおこなう。Parker ら (1972)¹⁾ は、①の過程に注目し、上げ潮時に流入する海水量 (V_F) の中で、はじめ湾内に入る外海水の量 (V_0) の占める割合 $Y_E = V_0/V_F$ を海水交換率と定義した。一方、掛井 (1977)²⁾ は、②の過程に注目し、下げ潮時の流出量 (V_E) のうち、はじめ湾外に流出する内湾水の量 (V_0) を、 $Y_F = V_0/V_E$ と定義した。以上の2つの定義は、下げ潮時の平均濃度 (C_E)、上げ潮時の平均濃度 (C_F)、外海水の濃度 (C_0)、湾内水の濃度 (C_B) を用いれば、次のように表わされる。

$$Y_E = \frac{C_F - C_E}{C_0 - C_E} \quad (1) \quad Y_F = \frac{C_F - C_E}{C_F - C_B} \quad (2)$$

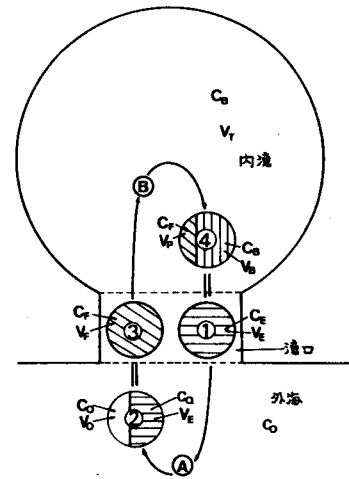


図-1 海水交換モデル

3 海水交換モデル

著者は、海水交換率の季節的変動を調べるために、上記の海水交換率の定義のタイムスケールを拡張し、新しく n 潮汐間 (1ヶ月程度) の海水交換率を、次のように定義し、モデルをつくった。

$$\bar{Y}_E = \frac{\sum_{i=1}^n V_{Fi}}{\sum_{i=1}^n V_{Ei}} = \frac{\bar{C}_F - \bar{C}_E}{\bar{C}_0 - \bar{C}_E} \quad (3) \quad \bar{Y}_F = \frac{\sum_{i=1}^n V_{Ei}}{\sum_{i=1}^n V_{Fi}} = \frac{\bar{C}_F - \bar{C}_E}{\bar{C}_F - \bar{C}_B} \quad (4)$$

ここに、 $\bar{C}_F$ 、 $\bar{C}_E$ 、 $\bar{C}_0$ 、 $\bar{C}_B$ は、それぞれ、 n 潮汐間にわたる、上げ潮時、下げ潮時の平均濃度、外海水、湾内水の平均濃度である。 $\bar{Y}_E$ は、 i 潮汐目の海水交換率 Y_{Ei} に、上げ潮時の流量 (V_{Fi}) の重みをつけて平均化したものを意味する。(3)、(4)式と、 n 潮汐間の湾内の水の収支式、物質 (塩分) の収

式から、湾内の物質の収支を表わすモデルは、次のようになる。

$$V_T \cdot \Delta C_B = \left(\frac{\bar{V}_E \bar{V}_F}{\bar{V}_E + \bar{V}_F - \bar{V}_E \bar{V}_F} \right) \left(\sum_{i=1}^n \bar{V}_i \right) (\bar{C}_0 - \bar{C}_B) - \left(\sum_{i=1}^n \bar{V}_i \right) \left\{ \left(\frac{\bar{V}_E - \bar{V}_F}{\bar{V}_E + \bar{V}_F - \bar{V}_E \bar{V}_F} \right) \frac{(\bar{C}_0 - \bar{C}_B)}{2} + \frac{\bar{C}_0 + \bar{C}_B}{2} \right\} \quad (5)$$

ここで、 V_T は、内湾の体積、 $\bar{V}_i = (V_{E_i} + V_{F_i})/2$ 、 V_{F_i} は淡水供給量である。このモデルの実際問題への適用にあたり、海水交換率 $\bar{V}_E$ 、 $\bar{V}_F$ の値が問題となる為、以下では、その特性を解析した。

4 海水交換率の解析

海洋要素としての塩分のデータは、1950～1973年までの約26000個の資料に基づき、宇野木ら³⁾によって整理されたものである。

図-2は、解析に用いた伊勢湾、三河湾のBoxの区分を示す。Box1を伊勢湾、Box2を三河湾、Box4を外海と考えたときの海水交換を調べた。

図-3、図-4に、伊勢湾と三河湾について、月別の海水交換率の $\bar{V}_E$ ～ $\bar{V}_F$ 曲線を示した。伊勢湾、三河湾ともに、ほぼ $\bar{V}_E$ ～ $\bar{V}_F$ の直線上を移動する双曲線であり、季節により大きく変動している。また、両湾とも夏季が大きく、冬季が小さいパターンがある。図中の太線破線は、年平均の海水交換率を示す $\bar{V}_E$ ～ $\bar{V}_F$ 曲線であり、三河湾は、伊勢湾に比べ海水交換率が小さく、海水交換が悪いことがわかる。

季節変動の要因としては、成層、淡水供給量、恒流系等の季節変化が考えられるが、特に、淡水供給量と海水交換率の関係について述べる。図-5は、伊勢湾と三河湾の $\bar{V}_E$ ～ $\bar{V}_F$ 曲線上の $\bar{V}_E = \bar{V}_F$ の値と、淡水供給量と平均交流量の比 $(\frac{\sum V_{F_i}}{\sum V_{E_i}})$ という無次元パラメータ間の相関を調べたものであり、(1)両者の間には、強い相関がある。(2)伊勢湾は、潮流の交流量に対する、淡水供給量(木曾三川)の割合が大きく、これが、伊勢湾の海水交換に大きく寄与している。ことが判明した。成層、恒流系との関係についても検討中であるが、今後も、海水交換現象に支離的な、無次元パラメータ間の関係を明確にし、量的に、海水交換機構を把握していくことが大切と思われる。

- 参考文献 1) D.S. Parker, O.P. Norris and A.W. Nelson; proc of ASCE, 98 NO. SA2. 305～323 (1972)
 2) 相井誠; 海洋学会春季大会講演要旨集, 96～97 (1977)
 3) 宇野木早苗, 岡野登, 岸野元彰; 伊勢湾における汚濁物質の循環機構に関する調査報告書, 産業公害防止協会, 31～130 (1974)

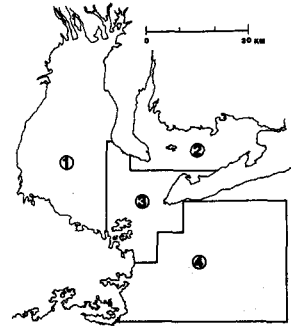


図-2 ボックス区分

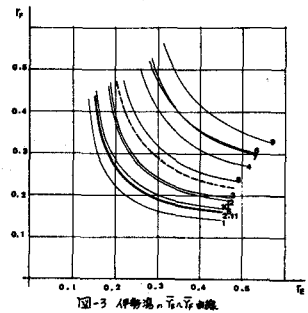


図-3 伊勢湾の $\bar{V}_E$ ～ $\bar{V}_F$ 曲線

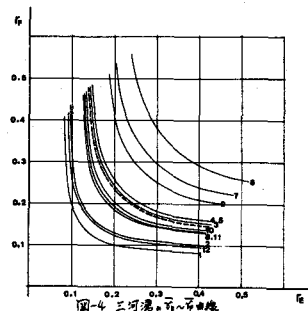


図-4 三河湾の $\bar{V}_E$ ～ $\bar{V}_F$ 曲線

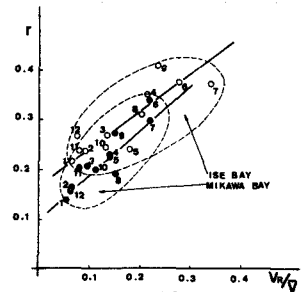


図-5 淡水供給量～海水交換率