

瀬戸内海における湾・灘水塊の移流・交換量の季節変動特性

広島大学	学生会員	○浜走幸育
広島大学	正会員	日比野忠史
広島大学	正会員	駒井克昭
国土交通省中国地方整備局		松岡純作

1. 本研究の目的

瀬戸内海は 12 の湾・灘に分けられ、それぞれの海域において固有の水塊特性を有している。国土交通省中国整備局では瀬戸内海を 8 つの海域（伊予灘～紀伊水道）に区分して年 4 回の水質調査を行っている。湾・灘スケールの海水の移流量および海水交換量を求めることによって栄養塩等の物質循環を明らかにすることができ、この水質調査結果を有効に活用していくことが可能となる。本論文では観測年の異常値を把握するための基準となる平年の瀬戸内海の各湾・灘間での移流・海水交換の季節変動量を推定することを目的としている。

2. 瀬戸内海における移流量の推定

瀬戸内海の各湾・灘間の海水流動（移流・海水交換）についてボックスモデルによる解析を試みる。解析には、瀬戸内海総合水質測定調査結果、潮位資料（日本海洋データセンター）および河川流量年表を用いた。湾・灘間での移流量を推定するためには、瀬戸内海全域にわたる水位の相対関係を求めるための基準海面を知る必要がある。北～西太平洋沿岸のグローバルな気圧勾配～水位勾配の季節変動と外洋水塊密度から、水位勾配が気圧勾配に依存せず（気圧勾配に対する水位勾配の変化率が 1cm/hPa ）密度が年平均値になる 6 月初旬の海面を基準海面とした。この妥当性については水位、外洋～瀬戸内海密度および気圧変動を用いて示されている。¹⁾

解析では図-1 に示すように瀬戸内海を A～D の 4 海域に分けた。A～D 海域間の移流量を図-2 に示す（正は外海から内海へ向かう流れ、負は内海から外海へ向かう流れを示す）。海域間の移流量は水位変化、河川流量を用いて質量保存則により求められた。計算はまず、B、C、D 間の水位勾配、B～C 海峡断面積と C～D 海峡断面積から B～C 間と C～D 間の移流量を求めた後、A～B 間、豊後水道～A 間、D～外海間の移流量を求めた。図-3 には年平均の移流量と移流の向きを示す。2～6 月には瀬戸内海西部、中央部では外から内へ向かう流れが、瀬戸内海東部では内から外へ向かう流れが生じ、1、8～12 月には瀬戸内海全体で内から外へ向かう流れが生じている（図-2）が年平均では外海へ向かう流れが卓越する（図-3）。瀬戸内海東部では年間通して外へ向かう流れが生じているが、これは東部海域に流入する河川流量（特に淀川・吉野川）が外海水の流入量に比べて大きいと考えられる。



図-1 ボックスモデルの模式図

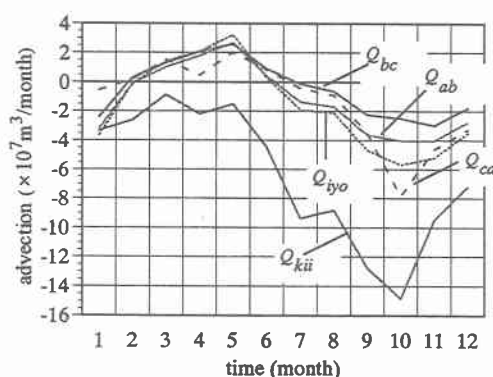


図-2 移流量の月変動

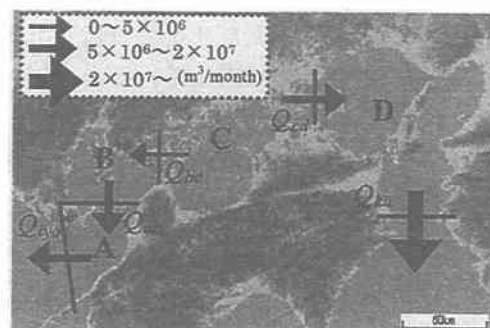


図-3 移流量の年平均と移流の向き

3. 瀬戸内海における海水交換量の推定

図-1 で分けた海域間の海水交換量について、保存系物質である塩分を指標としてボックスモデルによる解析を行った。海域内の時間的な塩分変化率 ($dS_i V_i / dt$) は海水交換による塩分の移動 ($\Delta S_{i-1,i} Q'_{i-1,i}$)、移流による塩分の輸送 ($S_{i-1} Q_{i-1,i}$) および河川水による塩分連行 ($S_i \pm R_i$: ここで $S_i \pm$ は海面下 2m の塩分を示す) によって生じる ((1) 式) として海水交換量を求めた。

$$dS_i V_i / dt = (S_{i-1} - S_i) Q'_{i-1,i} + (S_{i+1} - S_i) Q'_{i,i+1} + S_{i-1} Q_{i-1,i} + S_{i+1} Q_{i,i+1} - S_i \pm R_i$$

(i=A~D) (海水交換量の単位は m^3/month) (1)

海水交換量を推定するための仮定として

- ① 塩分は上層 (海面下 2m) と下層 (海底上 2m) で測定されており、海水交換・移流による塩分は上下層の鉛直平均、河川水は上層の塩分を連行するものとした。
- ② 塩分の供給は外海からであるので、計算は外海側から行った。まず、外海～瀬戸内海間での海水交換量 ($Q'_{kii} + Q'_{iyo}$) を求め、次に各海域間の海水交換量を求めた。その際、外海の塩分の季節変化は緩やかであることから、豊後水道と紀伊水道沖の平均塩分を外海塩分とし、瀬戸内海の塩分は A～D 海域の平均塩分を用いた。
- ③ 紀伊水道～外海間の海水交換量 Q'_{kii} と伊予灘～豊後水道間の海水交換量 Q'_{iyo} は和の形で算出されるので両者の割合は隣接海域の塩分差に比例すると仮定して求めた。

図-4 は海水交換量の月変動、図-5 は海水交換量の年平均を示す。A～D 海域間の海水交換量の計算は代入法で行っており、 Q'_{iyo} を用いて伊予灘 (A 海域) と広島湾、安芸灘 (B 海域) 間の海水交換量 Q'_{ab} を、 Q'_{kii} を用いて燧灘、備讃瀬戸 (C 海域) と播磨灘、大阪湾、紀伊水道 (D 海域) 間の海水交換量 Q'_{cd} を求めた上で、 Q'_{ab} と Q'_{cd} を用いて広島湾、安芸灘 (B 海域) と燧灘、備讃瀬戸 (C 海域) 間の海水交換量 Q'_{bc} を算出した。

紀伊水道～外海間の海水交換量 Q'_{kii} と備讃瀬戸～播磨灘間の海水交換量 Q'_{cd} が夏季に多い。紀伊水道からは多量の内海水が外海へ流出するため、紀伊水道ではこの流出に伴ったエスチャリー循環による外海水の流入 (ここでは海水交換として考えている) が考えられる。備讃瀬戸～播磨灘間においては海水交換量が 7 月に他の海域に比べて 10 倍近い値をとるが、この海峡では潮流が卓越し、さらに C 海域と D 海域での塩分差が大きいため海水交換量 Q'_{cd} が多くなると考えられる。

4. 結論

瀬戸内海では春～夏季に外海から内湾奥に向かう流れ、夏～冬季に外海へ向かう流れが生じている (図-2) が、年平均では外海へ向かう流れが卓越する (図-3)。特に東部海域においては年間を通して流出傾向にある (図-2)。これは、東部海域に流入する河川流量 (特に淀川・吉野川) が外海水の流入量に比べて大きいためである。紀伊水道ではこの流出に伴ってエスチャリー循環による外海水の流入が考えられるが、ここでは、この量は海水交換量によって表されている (図-4 の Q'_{kii})。なお伊予灘～播磨灘の塩分の季節変動は図-2 の移流方向と同傾向にあり、この移流量の妥当性が示唆される。また、瀬戸内海の塩分変動は、海水交換量が移流量と比較して 100 倍程度あることが分かった。移流量の効果が海水交換量と同程度の影響を及ぼす時期は瀬戸内海西部の 4～6 月頃であり、特に豊後水道からの移流量の効果が大きくなること、冬季には海水交換量が卓越し塩分変動は海域間の移流量を無視できることが明らかにされた。

参考文献 1) 日比野忠史 駒井克昭 浅井正：瀬戸内海平均海面の推定，水工学論文集，第 45 巻，2001

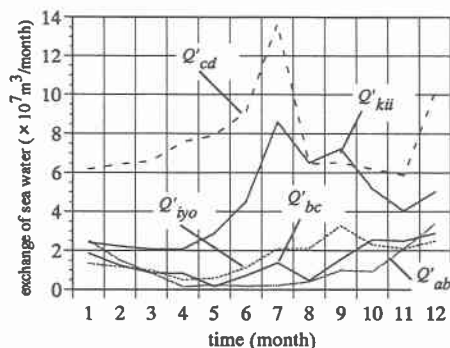


図-4 海水交換量の月変動

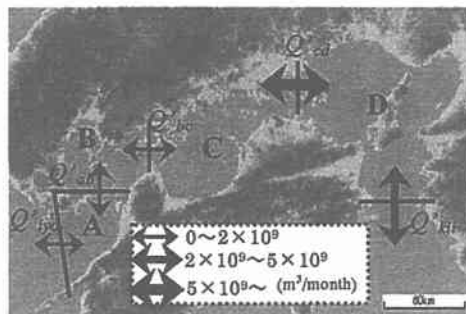


図-5 海水交換量の年平均