

浅海定線調査データに基づく大阪湾の水質・密度構造の季節変化

山根伸之*・寺口貴康**・中辻啓二***・村岡浩爾***

1. 緒 言

大阪湾における水質構造の季節変動は湾内の流動特性なかでも密度構造に起因する物質輸送機構の季節変化と密接に関連している。近年、ADCP等に見られる現地観測技術の進歩により、湾内の流動や密度分布の3次元構造をより詳細に理解することが可能となってきた。しかしながら、このような現地観測手法は限られた海象条件および水域での観測である。湾内の流動・密度構造の全体像を把握するためには、このような詳細な観測データの分析に加え、より広域かつ種々の海象条件下での長期にわたる観測データについても並行して分析を進めていく必要がある。さいわい、大阪湾では浅海定線調査（大阪府水産試験場）において湾内の水温・塩分・その他水質項目の観測が1972年以降20年以上の期間にわたり広域的に行われている。

本研究では、浅海定線調査の20年間のデータを用いて大阪湾における密度構造の季節変動を分析する。さらに、水環境の代表的な指標として人間にとっての「透明度」および生態系にとっての「底層のDO飽和度」をとりあげ、湾内水質構造の季節変動について分析を行う。

2. 浅海定線調査概要

大阪府水産試験場では図-1に示す大阪湾内のSt. 1~St. 20の20地点で1972年以降「浅海定線調査」を行っている。浅海定線調査における観測内容を表-1に示す。このなかで、本研究で解析した観測データは一般項目では水温、塩分、透明度、特殊項目ではDO、COD、T-P、クロロフィルaである。解析対象のデータ期間は1973年~1992年の20年間である。また、観測された水温、塩分をもとに現地の海水密度(σ_t)の算出を行った。

3. 水温・塩分・密度の季節変動特性

湾内の水温、塩分、密度の季節変動特性を把握するために、各観測点における水深別水温、塩分、密度データ

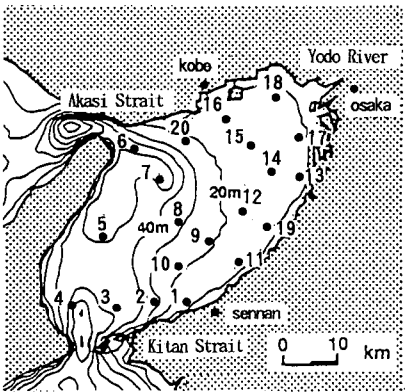


図-1 浅海定線調査地点

表-1 浅海定線調査の観測内容

種 別	観 測 項 目	観測回数	観 測 層
一般項目	水温、塩分、透明度 水色、気象	毎月1回	0, 5, 10, 20, 30 m, 底層
特殊項目	DO, pH, COD, NH ₄ -N, NO ₃ -N, NO ₂ -N, PO ₄ -P, T-P, クロロフィルa その他	年4回 (2, 5, 8, 11月)	表層, 底層

について、各月別の20年平均値を算定した。

(1) 密度の鉛直分布特性

大阪湾の長軸方向の測線（図-1のSt. 17→14→12→8→5→4を結ぶライン）における6月、9月、12月の鉛直密度分布を図-2に示す。図中の数値は σ_t を示す。6月と9月には湾奥部で成層が形成され、上層の水深は5m程度、そのフロントはほぼ20m等深線付近(st. 12とSt. 8の中間)まで達している。この20m等深線付近に密度フロントが発達することは数多くの実測から確認されており、本データにおいても密度フロントの存在が明らかとなった。なお、これまでの観測から密度フロントは冬季においても20m等深線上に位置するものと考えられている。しかしながら、本データにおけるSt. 14→12→8ライン上の密度フロントは後退している。

(2) 密度の水平分布特性

つぎに、大阪湾の表層および水深10mの6月、9月、

* 正 会 員 (株)建設技術研究所大阪支社
** 学生会員 大阪大学大学院 工学研究科
*** 正 会 員 工博 大阪大学教授 工学部土木工学科

12月の密度 σ_t の水平分布を図-3に示す。6月には西部海域と東部海域の密度差が大きく、水深20m線に沿って南北に走る密度フロントが最も明瞭となる。9月は湾

奥部の表層密度は6月と変化はない。しかしながら、西部海域の密度が水温の上昇とともに低下するため、両海域の密度差は6月に比べて小さくなっている。12月はほかの月に比べて湾奥部の成層水域は小さくなるものの、淀川河口沖合で成層を維持していることが分かる。一方、水深10mの水平密度分布は各月ともほぼ一様な値で分布しており、水平方向の密度差は小さい。

(3) 密度変化の要因

湾内の密度変化をより詳細に把握するために、密度フロントの西部および東部海域の各代表地点St. 7, St. 18における20年平均水温、塩分、密度の月別変化を図-4に示す。

St. 7は明石海峡からの強い潮流により生起する沖の瀬環流のほぼ中心に位置する。水温は9月に最高、3月に最低となる。塩分は明石海峡周辺とほぼ同じ濃度を示し、年間の変化は小さい。この結果、密度の季節変化は水温に依存し、9月に最小、3月に最大となる。水温、塩分、密度はいずれも表底層の差が小さく、年間を通じて強混合状態にある。

湾奥部のSt. 18では、水温の変化は5m以深では西部海域と同様の傾向を示す。一方、表層では4~9月にかけて海表面が暖められ、下層に比べて3~5°C程度高くなる。塩分は5m以深ではほぼ西部海域と同じ濃度変化を示し、年間の変化が小さいのに対して、表層の塩分低下は河川水の流入量の増大に起因していると考えられる。この結果、5m以深の密度は西部海域と同様に水温の

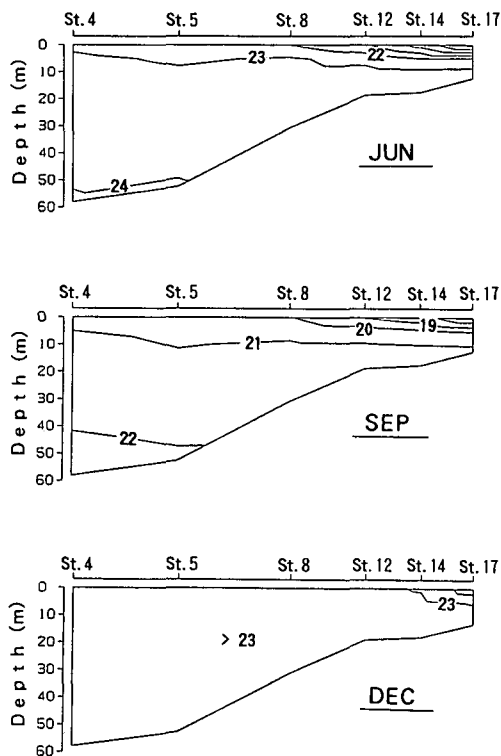


図-2 大阪湾長軸方向の20年平均密度 σ_t の鉛直分布

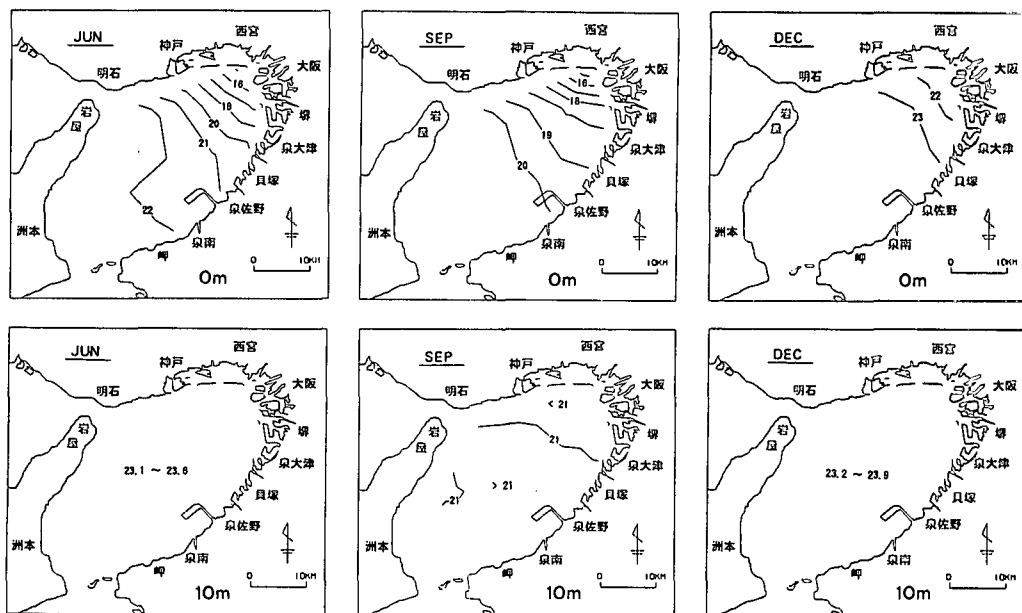
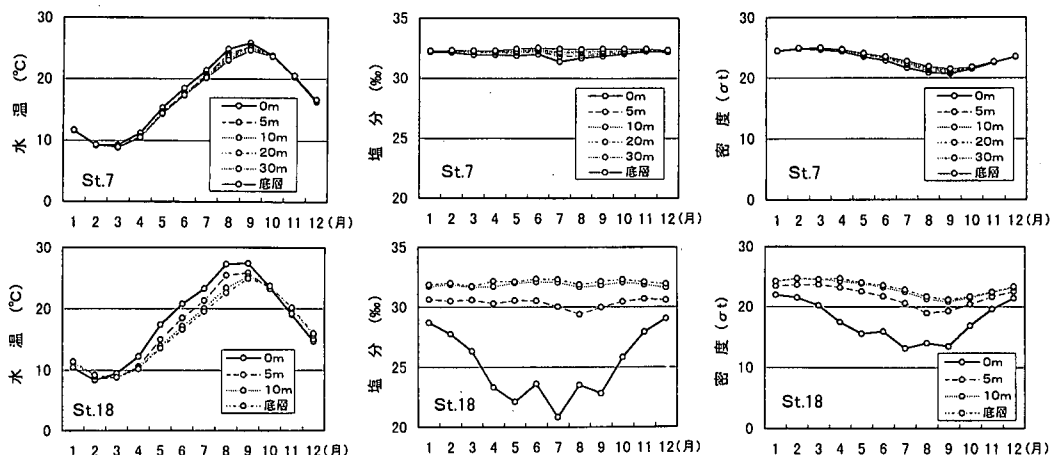


図-3 表層および水深10mの20年平均密度 σ_t の水平分布



図一4 大阪湾の西部および東部湾奥海域 (St. 7, St. 18) の20年平均層別水温, 塩分, 密度の月別変化

変化に依存するのに対して, 表層密度は表層塩分低下の影響で6~9月に最小となる。また, 表底層密度差は5~7月にかけて大きくなり, 12~1月にかけて小さくなるが, 冬季も成層状態を維持している。

以上より, 大阪湾の密度構造の季節変化は, 20 m等深線を境にした東部湾奥表層水域で顕著であり, これは春から秋にかけての淀川河川水の流入量の増大に起因していると考えられる。

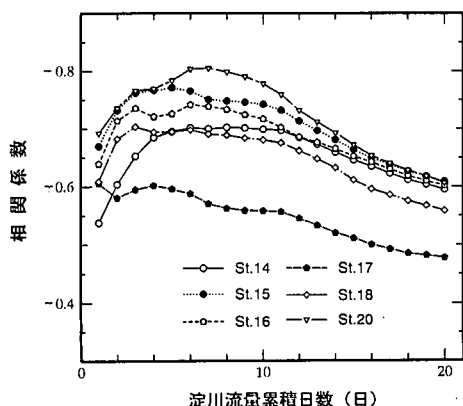
4. 湾奥部の密度分布と淀川流出量の関係

浅海定線調査で得られた大阪湾の密度構造と淀川河川流出量との応答を明らかにするため, 各地点で観測された表層塩分濃度 (20年×12月=240データ) と淀川河川流出量との相関解析を行った。その際, 淀川河川流出量は枚方地点の日平均流量 (建設省, 1973~1992) をもとに表層塩分の観測日から逆上る1~20日間, 20ケースの累積流量を設定した。各地点の相関解析の結果から, 図一5には東部湾奥海域の各地点における表層塩分と淀

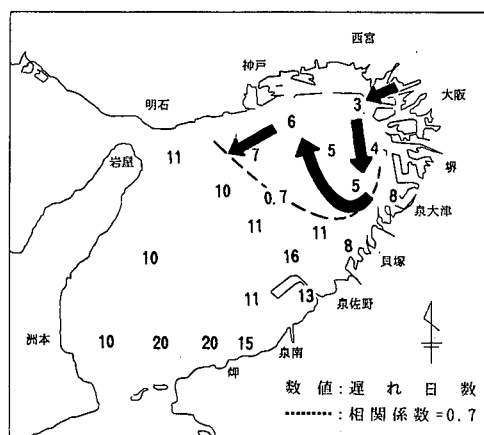
川流出量との相関係数を淀川流量の累積日数との関係で示している。各地点毎に最も相関の高くなる累積日数を「遅れ日数」として定義する。

各地点の遅れ日数とその時の相関係数の分布を図一6に示す。相関係数が高くなるのは東部湾奥海域である。表層塩分と淀川流出量との相関係数が0.7以上の海域は20 m等深線から東部の泉大津沖北側の水域, つまり西宮沖環流 (藤原ら, 1989 参照) の発達する海域に相当している。

遅れ日数は湾奥ほど小さく, 湾中央に向かうほど大きくなっている。さらに, 相関係数0.7以上の湾奥部についてこの遅れ日数を小さい順におっていくと, 淀川河口沖から南下し, 堺付近から沖に出て20 m等深線を左に見ながら北上し, 神戸沖に達する。この遅れ日数から類推される河川流の移動は, これまで湾奥部で存在するといわれている西宮沖環流による輸送であろう (中辻ら, 1994 参照)。遅れ日数10日の分布に着目すると, 神戸須磨沖で



図一5 表層塩分と淀川流出量の相関係数



図一6 表層塩分の遅れ日数とその相関係数

潮汐フロントを横切った河川水は、淡路島の沖合を海岸線に沿って流れることも確認された。

5. 大阪湾の水質分布特性

大阪湾浅海定線調査で観測された水質のうち、「透明度」と「底層の DO 飽和度」に着目して、その分布特性について分析を行った。

(1) 透明度の分布特性

大阪湾における月別の 20 年平均の透明度を算定した。湾内の代表地点として St. 3, St. 7, St. 12, St. 18 の 4 地点における透明度の月別変化を図-7 に示す。20 m 等深線より西部海域に位置する St. 7, St. 3 では年間を通じて透明度は 6 m 前後で安定しているのに対し、東部海域に位置する St. 12, St. 18 では透明度の季節変化が大きい。とくに、湾奥部の St. 18 の透明度は 1 月には 5 m 前後と西部海域とほぼ同レベルの値となっているのに対して、5 月～9 月にかけては 2 m を下回っており、年間 3 m 程度の変動がある。

透明度の変化要因を分析するため、全 20 地点の 2, 5, 8, 11 月における 20 年平均値を対象に、他の水質との相関解析を行った。対象とした水質項目は、透明度と表層の水温、塩分、COD、T-P、クロロフィル a であり、相関係数を表-2 に示す。

表-2 の結果から、透明度と各水質との相関分布は対象分布となっており、相関係数の高い (0.8 以上) 項目と

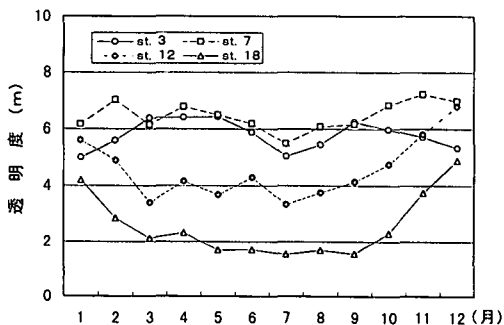


図-7 代表地点の 20 年平均透明度の月別変化

表-2 透明度とその他水質項目との相関係数

説明変数	線形回帰	対数回帰
表層水温	-0.199	-0.192
表層塩分	0.789	0.855
表層密度	0.635	0.712
表層 COD	-0.823	-0.879
表層 T-P	-0.700	-0.795
表層クロロフィル a	-0.704	-0.845

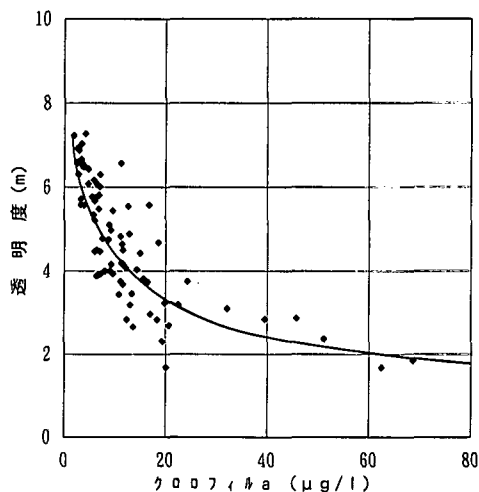


図-8 透明度とクロロフィル a との相関

しては表層塩分、COD、クロロフィル a が挙げられる。このうち、透明度と表層クロロフィル a の関係を図-8 に示す。透明度は、水中に含まれる浮遊物質などによる濁りの程度を表す指標である。このため、海水中の浮遊物質である植物プランクトン量の指標である表層クロロフィル a と透明度の関係には、高い負の相関が認められる。表層 COD については、クロロフィル a と同様に高い負の相関が得られており、COD は植物プランクトン態をはじめとする多くの浮遊物質で構成されていることがうかがわれる。また、透明度と表層塩分については、本来項目相互の相関は無いはずである。大阪湾では表層塩分の低い水域、つまり淀川河口を中心とした湾奥水域に浮遊物質が多く分布するために、透明度と塩分との相関が高くなっていると考えられる。

(2) 底層の DO 飽和度の分布特性

大阪湾における 20 年平均の月別 (2 月, 5 月, 8, 11 月) の底層の DO 飽和度を算定した。11 月を除く各月における湾内底層 DO 飽和度の水平分布を図-9 に示す。底層の DO 飽和度は 2 月はほぼ湾全域で 80% 以上であり、5 月でも湾奥部で 60~70% の海域があるものの生物の生息等に影響を及ぼすほどの悪い水質とはならない。これに対して、8 月には湾奥部において 30% 以下となる水域が広がっている。なお、図に示していないが、11 月の DO 飽和度の分布は 5 月とほぼ同様な分布となっている。

底層の貧酸素化の要因として、底泥の酸素消費量に関係する底泥質や底層水温のほか、上層からの酸素供給を遮断する水域の成層強度が挙げられる。底層の水温の異なる各月別に 20 地点の底層の DO 飽和度と表底層密度差の関係を示したものが図-10 である。これより、底層の DO 飽和度は成層度の指標として選んだ表底層密度差

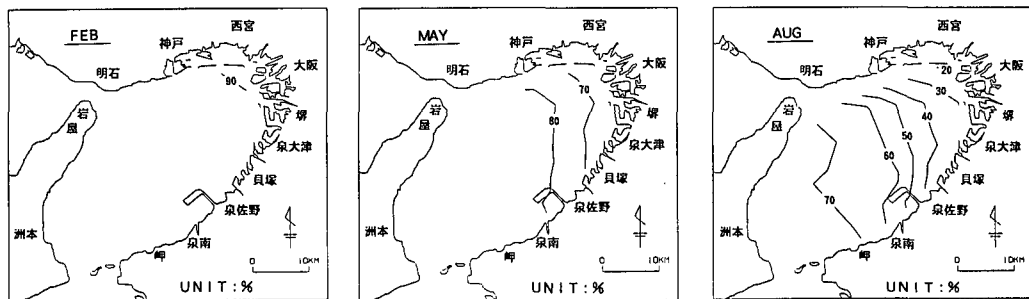


図-9 20年平均底層のDO飽和度の水平分布

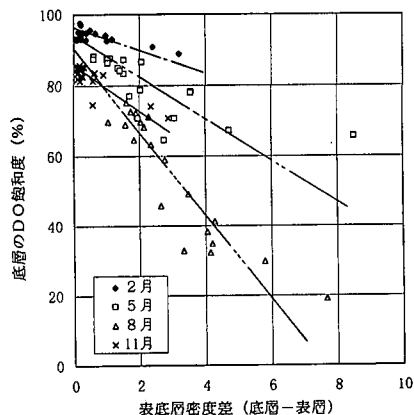


図-10 底層のDO飽和度と表底層密度差の関係

と密接な関係にあるものの、水温の異なる5月と8月では同程度の表底層密度差でも底層DOの飽和度は様相が大きく異なることがわかる。

6. ま と め

本研究で得られた結果をつぎに示す。

(1) 大阪湾では20m等深線を境に西部海域と東部海域で密度構造が大きく異なる。西部海域は年間を通じて水深方向に密度が一様な強混合状態にあり、密度の季節変化は水温の季節変化に依存している。一方、東部湾奥海域は水深5mを境に上下層で密度構造が大きく異なる弱混合状態にあり、これは淡水の大量流入に起因す

る表層塩分の低下が原因している。なお、湾奥部の表底層密度差は12月から2月にかけて最も小さくなるものの、成層は弱いながらも年間を通じ維持されている。

(2) 湾奥部の密度構造を大きく支配する表層塩分濃度は東部湾奥海域において淀川河川流出量と高い負の相関が見られた。また、表層塩分を支配する淀川河川流量の遅れ日数の分布から、湾奥部に存在すると言われる西宮沖環流による輸送過程を迫認することができた。

(3) 大阪湾の透明度は湾奥部で年間変化が大きく、春から秋にかけて低下する傾向が見られる。透明度は湾内の表層のCOD、クロロフィルa濃度と相関が高い。一方、表層塩分との相関も高く、東部湾奥部の河川水流入が表層水質汚濁の大きな要因となっていると考えられる。また、底層のDO飽和度は夏季8月に湾奥部で30%以下となる水域が広がる。底層のDO飽和度の低下の要因として、表底層密度差と底層水温が大きな要因であることが分かった。

参 考 文 献

- 大阪府水産試験場 (1973~1992): 浅海定線調査, 大阪府水産試験場事業報告。
- 建設省 (1973~1992): 流量年表, 建設省河川局。
- 藤原建紀・肥後竹彦・高杉由夫 (1989): 大阪湾の恒流と潮流・渦, 海岸工学論文集, 第36巻, pp. 209-213。
- 中辻啓二・末吉寿明・藤原建紀 (1994): 大阪湾湾奥で観察される高気圧性渦(西宮沖環流)の生成機構と淀川ブルームに及ぼす影響, 海岸工学論文集, 第41巻, pp. 331-335。