

## 第5章 東京湾における水質濃度分布の季節別特徴

二宮 勝幸\*, 安藤 晴夫\*\*, 柏木 宣久\*\*\*

### 5-1 はじめに

東京湾の水質は季節毎にまた河川水の影響の程度や地形などが異なるため地点毎に変化している<sup>1)</sup>。このような東京湾における季節毎の空間濃度分布を把握するためには、東京湾内の多数の定点で毎月測定されている公共用水域水質測定結果を用いることが有効と考えられる。すなわち、毎月の多地点のデータに平面補間法を適用することにより水質の空間濃度分布図が得られ、その季節別特徴を把握することができると思われる<sup>2)</sup>。

一方、東京湾など海域の水質は、年々変動や季節変動のほかに潮流や気象変化などにもなう半日から10数日程度の短いサイクルの変動があり<sup>3,4)</sup>、この短いサイクルの変動は年々変動や季節変動という長いサイクルの変動の上に重なったものとみなせる。このような水質時系列を統計的見地からみると、年々変動成分や季節変動成分に不規則変動成分が付加されたものといえる。この不規則変動成分を水質時系列から除くことによって、より精度よく水質の季節変動をとらえることができよう。

そこで、この章では、東京湾内約40地点の過去5年間の公共用水域水質測定結果を用い、まず地点毎・項目毎にベイズ型季節調整<sup>5)</sup>という統計手法により不規則変動成分を除去した各月の推定値を求めた。次に各月の推定値から離散薄板補間法<sup>6)</sup>により東京湾の水質濃度分布を作成し、その季節的特徴を検討した。

### 5-2 解析資料

次の東京湾の公共用水域水質測定結果<sup>7,8,9)</sup>を用いた。

期 間：1985～1989年度の毎月のデータ (n=60)

地 点：神奈川県分15地点、千葉県分19地点、東京都分7地点の計41地点

測定水深：上層は海面下0.5mの位置、下層は海底上1mの位置

項 目：水温、塩分、COD、DOの計4項目

### 5-3 解析方法

まず、公共用水域水質測定結果にベイズ型季節調整<sup>5)</sup>を適用し各月の推定値を求めた。今回用いたある地点のデータ  $y$  は次のように分解できる。

$$y_j = t_j + s_j + i_j$$

ここで、 $y_j$  はある月  $j$  ( $j=1, \dots, 60$ ) における観測値、 $t_j$  は傾向変動成分、 $s_j$  は季節変動成分、 $i_j$  は不規則変動成分である。推定は最尤推定法およびベイズ推定法により行い、各地点における  $t_j + s_j$  を推定した。

次に、図5-1のように東京湾を1kmメッシュで分割し、測定地点を含むメッシュにその地点の季節調

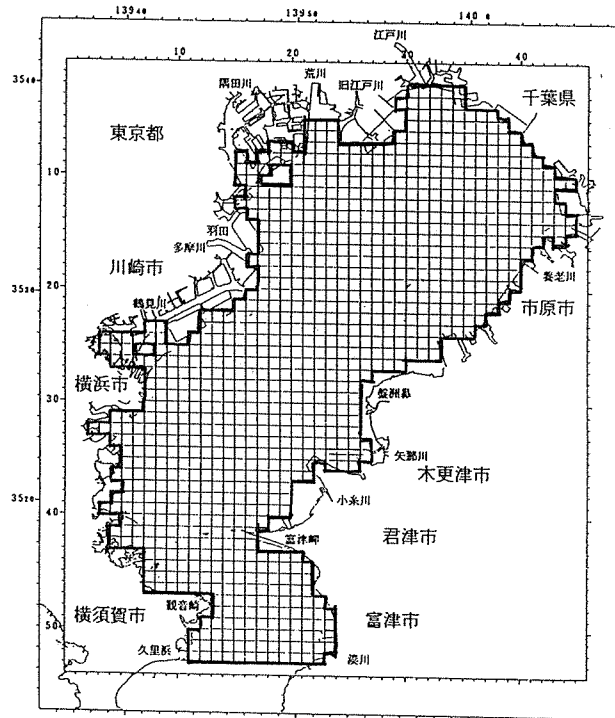


図5-1 東京湾の1 km メッシュ図

整した推定値 ( $t_j + s_j$ ) を当てはめ、離散薄板補間法<sup>6)</sup>で水質濃度分布を作成した。

#### 5-4 結果

図5-2~9に、各項目の1年間分(1987年4月から1988年3月まで)の水質濃度分布を示す。また、図5-10には、夏季における特徴的な塩分濃度分布をあらわしている1987年8月の上層の塩分濃度分布の鳥瞰図を示す。水質濃度分布の季節別特徴は以下の通りである。

##### (1) 水温

上層水温は6月にほぼ東京湾全域で20℃を超え8・9月に25~26℃と最も高い値を示した。下層水温も8・9月に最高となり、その時の水温はほぼ東京湾全域で20℃以上を示した。また、水温は上下層とも5月から10月までは湾口部に比べ湾奥部のほうが高く、逆にそれ以外の月は湾口部のほうが高い。そのほかの特徴として、下層水温は湾奥部の中央ではその周辺水域にくらべ夏季に低く冬季に高いことから、湾口部から流入した外洋水は湾奥部まで達していると考えられる。

##### (2) 塩分

上層塩分については特に夏季に荒川河口や多摩川河口で低く、そこから西岸に沿い湾口部に向かって高くなっていることから、それらの河川水は海水と混ざり合いながら西岸に沿って南下していると考えられる。その分布の特徴は図5-10によっても明確に認められる。低塩分の西岸に対して東岸では高塩分となっており、その傾向は冬季にははっきりとあらわれることから、冬季には北東風にとまなう高塩分の下層水の湧昇が盛んに行われているようである。また、下層において外洋水に近い塩分濃度の33‰の等濃度線は湾口部から西岸に沿って多摩川河口の沖合まで分布し、特に夏季には、その高塩分域から沿岸に向かって低塩分となっている。これは、水深の浅いほうが低塩分の上層水との混合影響が大きいことを示しており、水深の違いを反映しているものと考えられる。

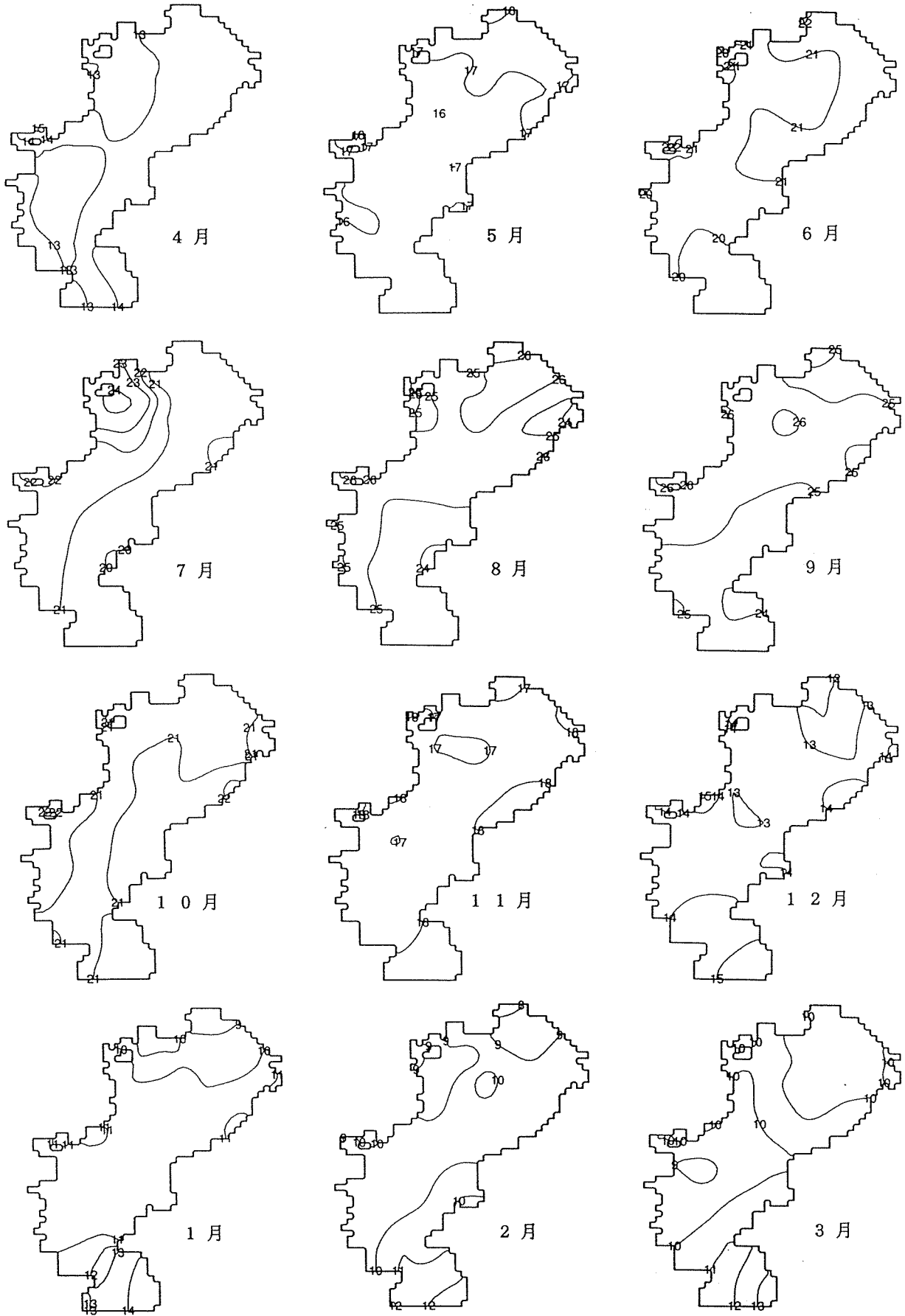


図5-2 上層の水温分布(°C)

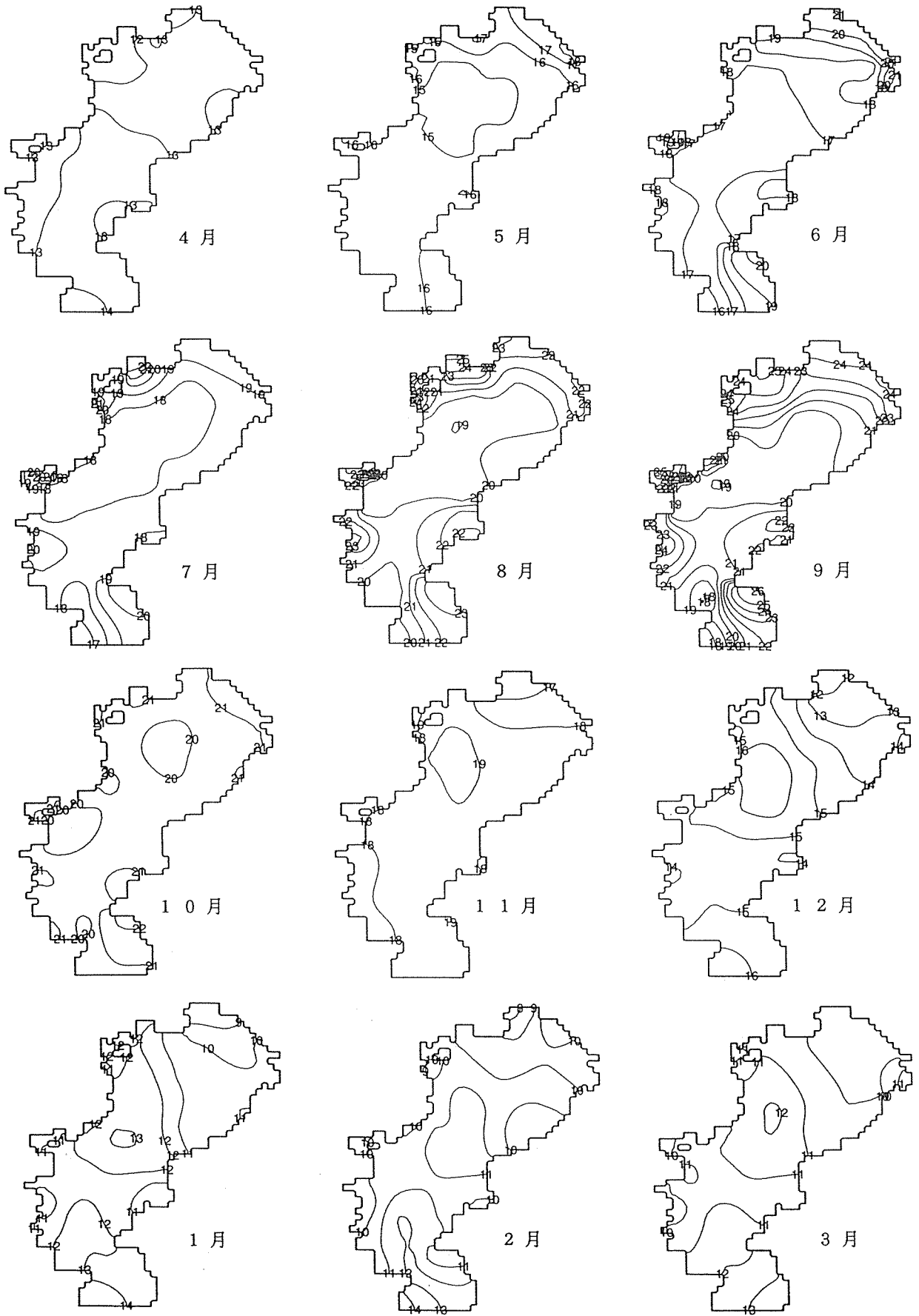


図5-3 下層の水温分布(°C)

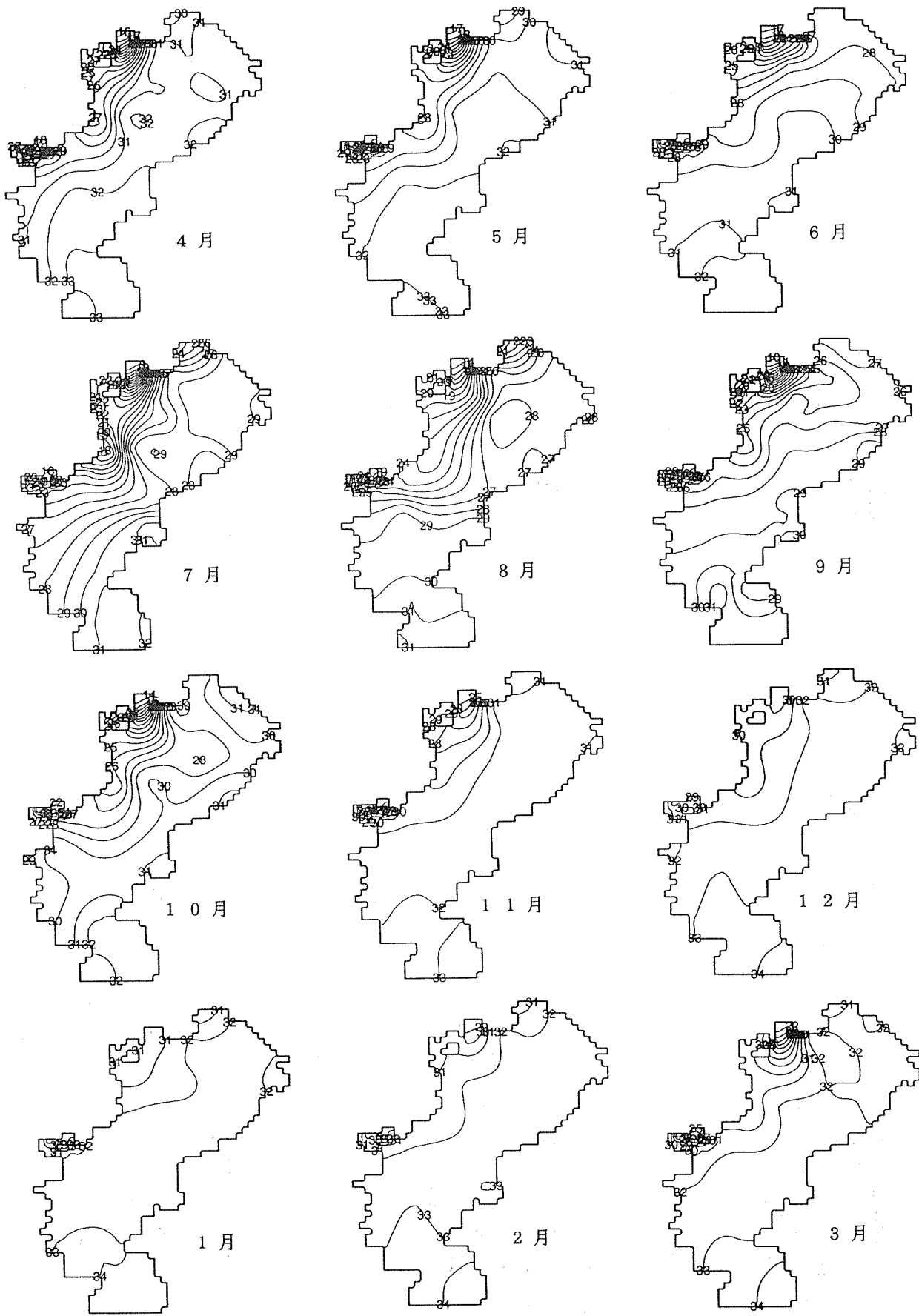


図5-4 上層の塩分濃度分布(%)

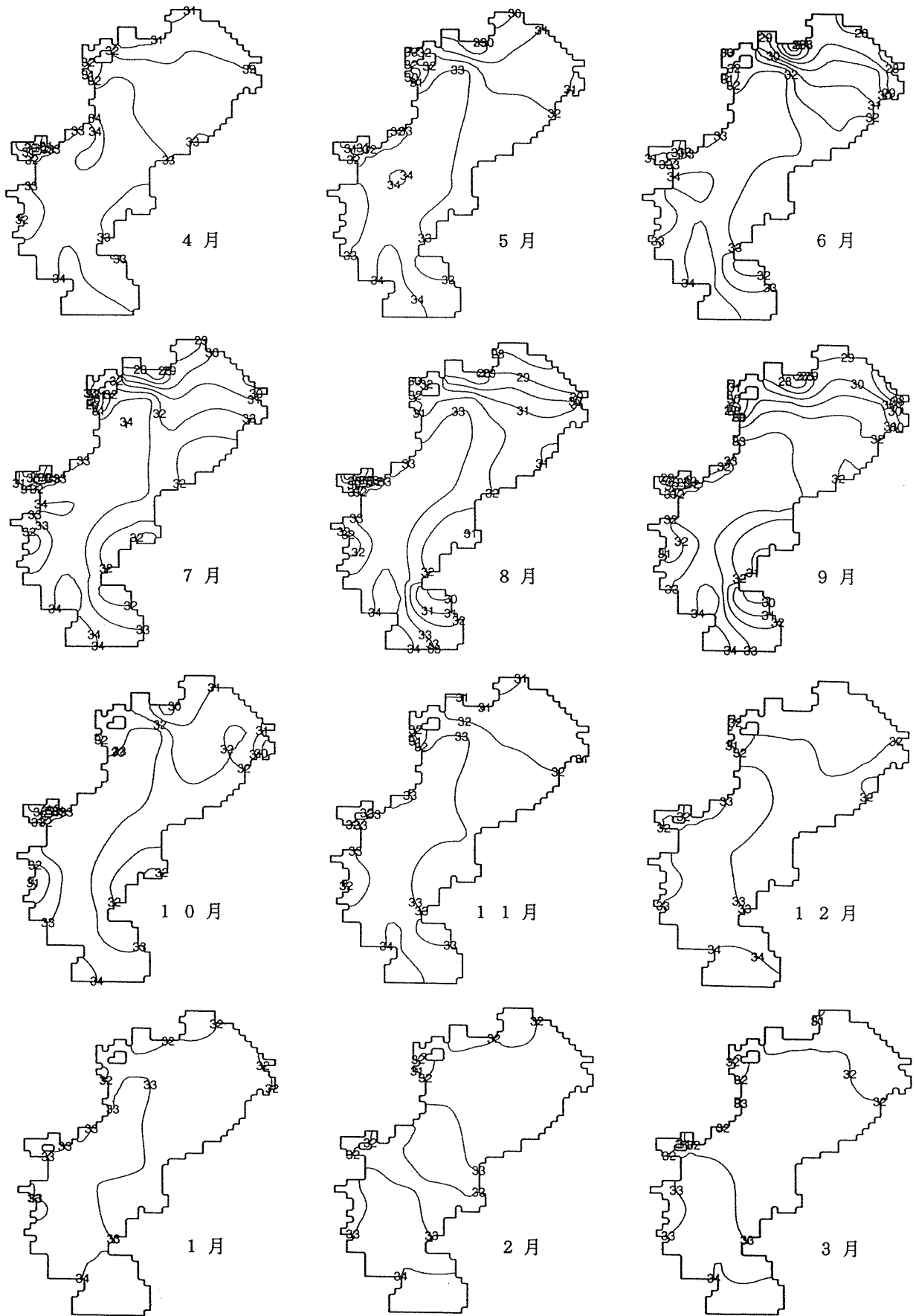


図5-5 下層の塩分濃度分布(%)

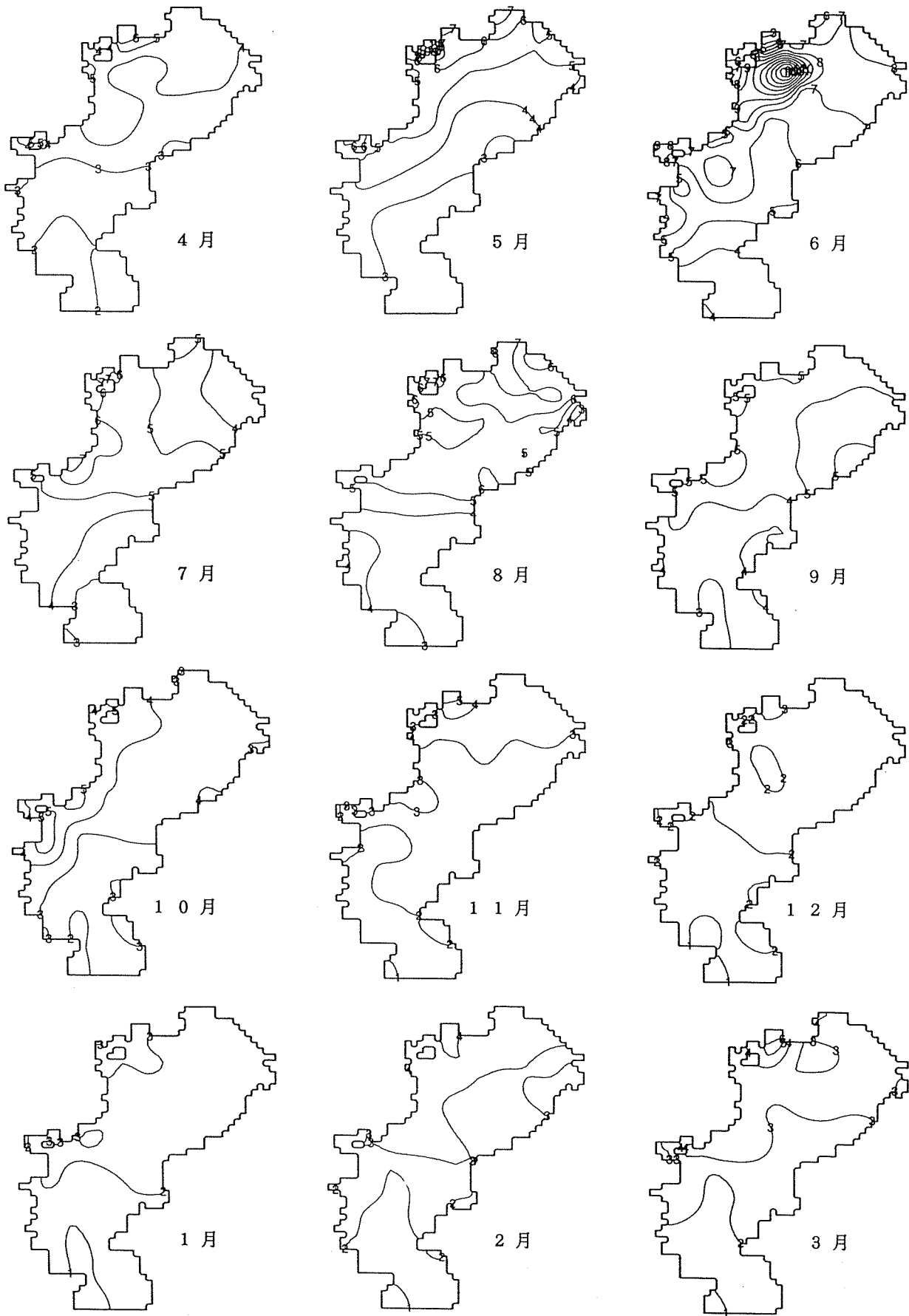


図5-6 上層のCOD濃度分布(mg/l)

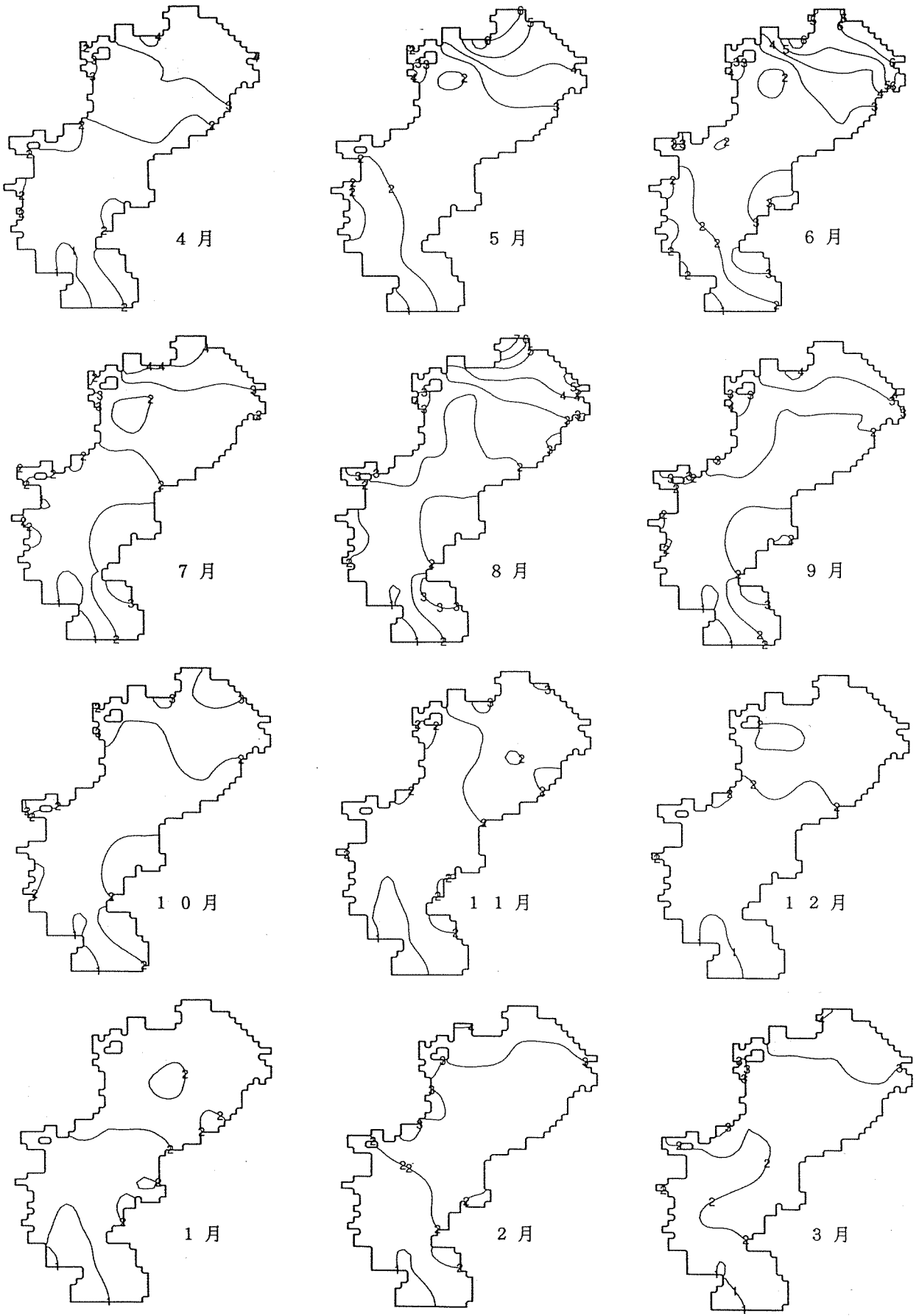


図5-7 下層のCOD濃度分布(mg/l)



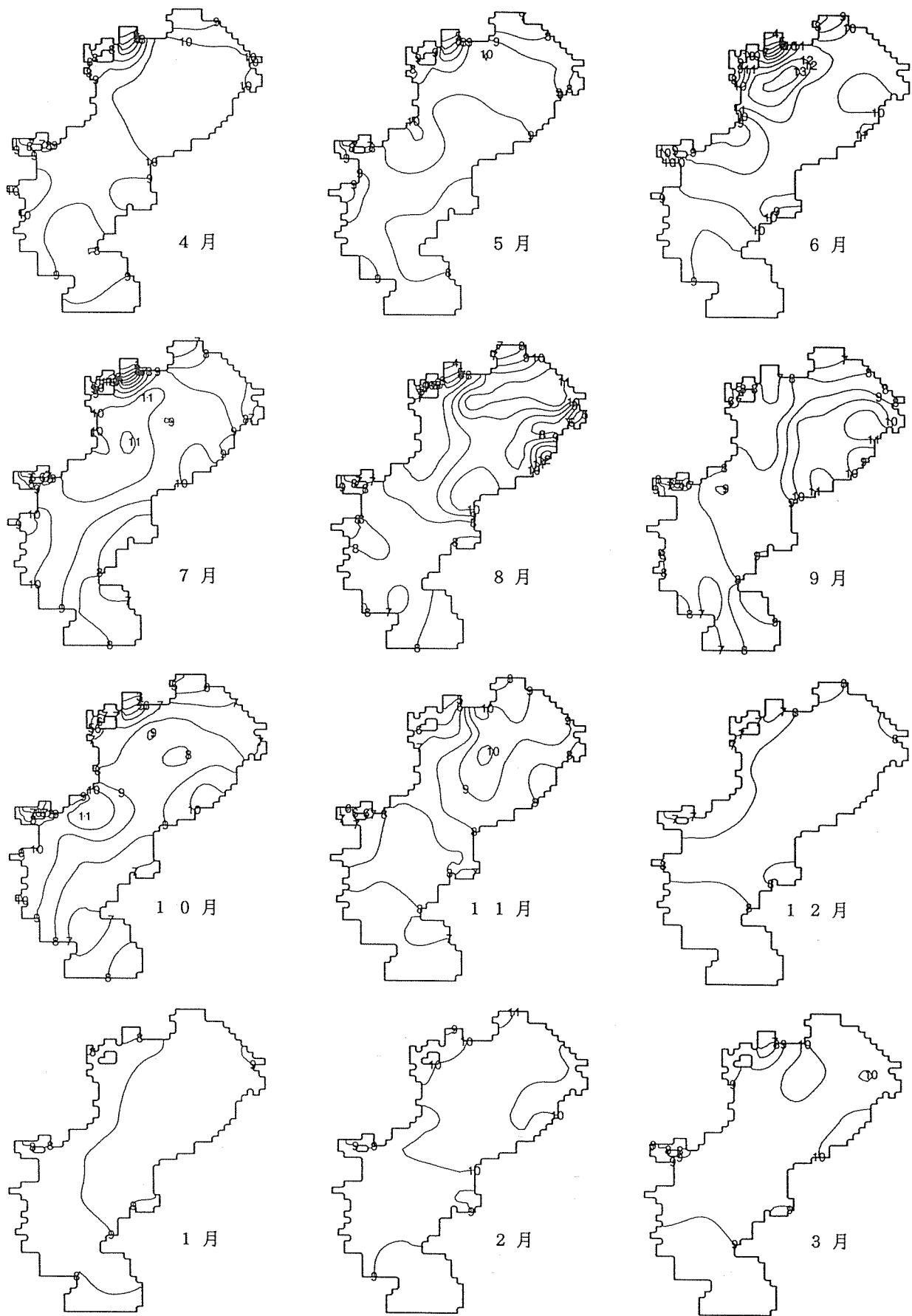


図5-8 上層のDO濃度分布(mg/l)

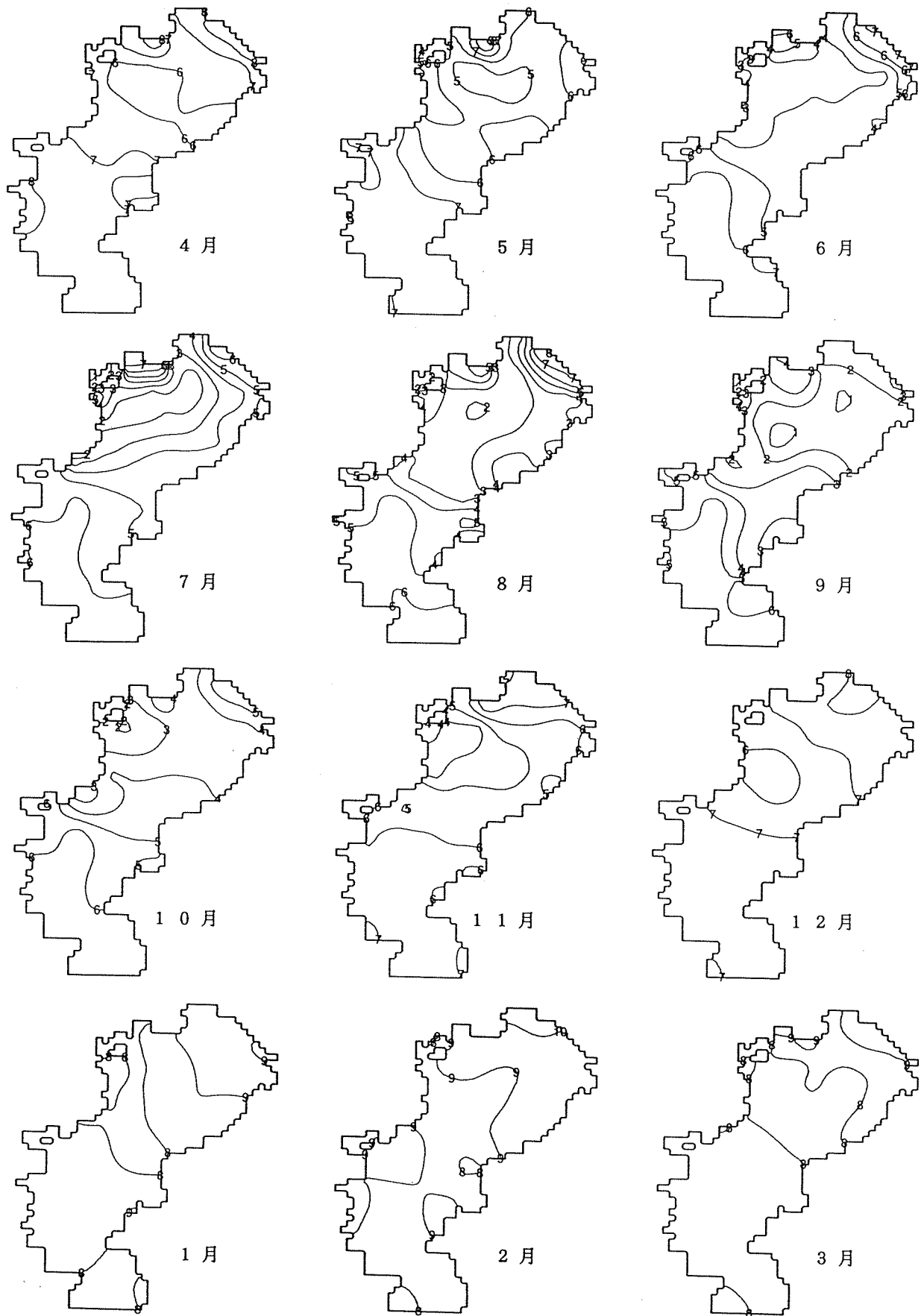


図5-9 下層のDO濃度分布(mg/l)

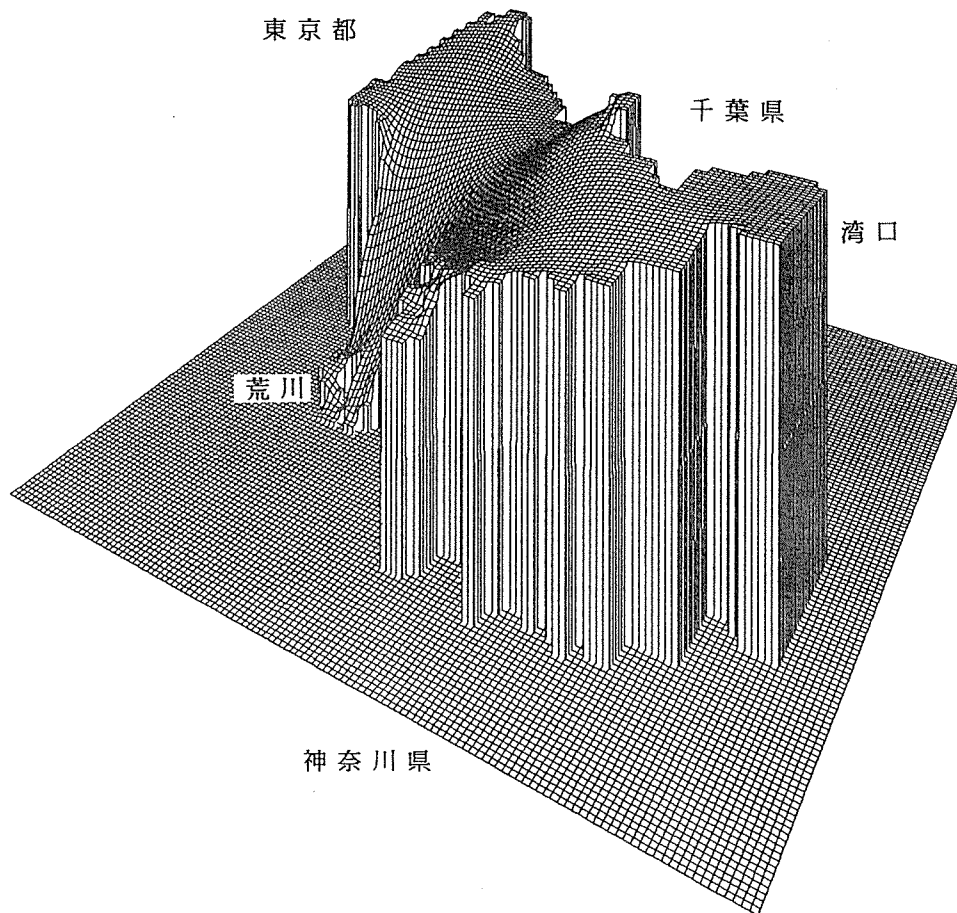


図5-10 8月の上層塩分濃度分布の鳥瞰図

### (3) COD

上層のCODは湾奥部から西岸に沿って高くなっており、その傾向は春季から秋季にかけてははっきりあらわれている。なかでも、6月は湾奥部でCOD値がかなり高くなっている。これは、6月には成層構造が安定化し水温が赤潮の発生に適した $20^{\circ}\text{C}$ 程度になるためであり、最も高い荒川河口沖合のCOD値は $15\text{ mg/l}$ を示した。下層のCODについては湾奥部や沿岸で高い値を示すことから、塩分の場合と同様に水深の違いを反映しているものと考えられる。

### (4) DO

上層のDO濃度分布はCODの濃度分布と比較的類似していることから、植物プランクトンの炭酸同化作用にともなう赤潮発生域での酸素量の増加を反映していると考えられる。その傾向は春季から秋季にかけて顕著であり、大規模な赤潮が発生した6月はDOとCODの濃度分布はよく一致している。他方、下層のDOは年間を通して上層のDOより低い。湾奥部では、DOは4月から徐々に減少していき、9月になると $1\text{ mg/l}$ 以下の嫌気的な水域も出現している。10月になるとDOは増加に転じ、水温が最低値を示す2月にはDOはほぼ湾全域で $9\text{ mg/l}$ と年間最大値を示した。

## 5-5 まとめ

統計的手法を用いて東京湾における各月の水質濃度分布図を作成し、その季節別特徴を把握することができた。CODの濃度分布から推察されたことは、COD値の比較的高い水域が湾奥部から西岸にかけて広がっており、時期としては6月にCOD値がかなり高くなる傾向を示したことである。その水域は主として荒川や多摩川からの河川水の影響を受けていることから、河川水に豊富に含まれている栄養塩類などを栄養源として

植物プランクトンが盛んに増殖しているものと考えられる。また、6月の水温は植物プランクトン、なかでもヘテロシグマアカシヲの増殖に最適な20℃前後となっており<sup>10)</sup>、そのことが6月に植物プランクトンの異常増殖を引き起こしている一因となっていると推察される<sup>11)</sup>。したがって、この水域では気象条件が植物プランクトンの増殖条件と一致すれば、いつでも植物プランクトンの異常増殖を引き起こす可能性が高い。このようにして増殖した植物プランクトンは最終的には死滅沈降して底質に堆積し、そこで微生物の作用により栄養塩が無機化され再び海水へ回帰することになる。栄養塩のなかでもリン酸塩は嫌気的条件下で底質から溶出しやすい<sup>12,13)</sup>。7月から9月にかけては湾奥部の下層でDOが2mg/l以下となる水域が出現していることから、そこがまたリン酸塩の供給源となっているものと考えられる。したがって、富栄養化対策を行うためには、河川水中の栄養塩類の削減のほか、特に湾奥部の底質についても考慮していく必要がある。

## 謝 辞

公共用水域水質測定結果を利用するにあたり、東京都環境保全局・神奈川県環境部・横浜市環境保全局・千葉県環境部の協力を得た。ここに記して感謝します。

## 文 献

- 1) 二宮勝幸：横浜市沿岸域および沖合域の水質変動特性，横浜市公害研究所報，14，105-120(1990)。
- 2) 柏木宣久：東京湾広域総合水質調査データの統計分析の試み - 季節調整と平面補間による -，自然環境についての標本調査法の研究，統計数理研究所共同研究レポート16，統計数理研究所，71-86(1989)。
- 3) 二宮勝幸，水尾寛己，畠中潤一郎，小野寺典好，若林信夫：赤潮の消長における気象因子の影響，横浜市公害研究所報，15，67-73(1991)。
- 4) 安藤晴夫，曾田京三：東京湾の富栄養化機構の研究(その10) - 水質変動要因に関する研究 -，東京都環境科学研究所報，111-118(1991)。
- 5) Akaike H. : Likelihood and the Bayes procedure, *Trabajos de Estadística*, Vol.31, 143-166(1980)。
- 6) Matusita K., Kashiwagi N., Aki S. and Kuboki H. : Statistical analysis of air pollution data with graphical methods; location characteristics of the monitoring stations, *Statistical theory and data analysis II*, 59-70, Elsevier Science Publishers B.V. (1988)。
- 7) 東京都環境保全局：昭和60-平成元年度版，公共用水域の水質測定結果(資料編)(1985-89)。
- 8) 神奈川県環境部：昭和60-平成元年度版，神奈川県水質調査年表(1985-89)。
- 9) 千葉県環境部：昭和60-平成元年度版公共用水域水質測定結果(1985-89)。
- 10) 渡辺信，中村泰男：赤潮鞭毛藻 *Heterosigma akashiwo* Hada の増殖特性，1.増殖に及ぼす水温，塩分，照度，pH の影響，国立公害研究所研究報告，63，51-58(1984)。
- 11) 佐藤正春，小川カホル：赤潮プランクトン調査，千葉県水質保全研究所年報，45-54(1989)。
- 12) 成瀬洋児，安藤良，榊原靖，土山ふみ：底泥からのリンの溶出への影響因子について，名古屋市公害研究所報，14，59-65(1984)。
- 13) 白柳康夫，大矢正代：横浜港底質からのリン，窒素の溶出，- 溶存酸素濃度と温度の影響 -，横浜市公害研究所報，15，57-66(1991)。