

橘港における海洋環境の時間および空間変動に関する研究 (第2報)

徳島県保健環境センター

有澤 隆文・小西 壽久¹⁾・佐坂 克己
駒井 正弘・阿部 久一・大垣 光治
土佐 政二

Temporal and Spatial Variation in Sea Water at Tachibana Bay (II)

Takafumi ARISAWA, Toshihisa KONISHI, Katsumi SASAKA, Masahiro KOMAI,
Hisakazu ABE, Mitsuharu Ogaki and Seiji TOSA

Tokushima Prefectural Institute of Public Health and Environmental Sciences

Abstract

At Kokatsu island of Tachibana bay, coal-fired thermal power stations that generate the most powerful power (2,800,000kw) in Japan begin to be operated in December 2000. Water quality (i.e. water temperature, chlorinity, DO, pH, COD, chlorophyll-a and nutrients) of Tachibana bay St.2 have been investigated since 1997, because this station would be expected to be affected by the thermal effluent from these stations.

We report the result in 1999 and discuss the water quality as compared with the results in 1997~1998. Monthly changes and vertical profiles indicate the general behavior to be observed at shallow sea from the results for 3 years. Stratificative strength ($\Delta\sigma_t = \sigma_{t\text{bottom}} - \sigma_{t\text{surface}}$) which means the stability of the water column is almost low, which suggests that water column mixes between the surface and the bottom well. Therefore anoxic water could not be formed at the bottom during summer at Tachibana bay

Key words : 橘港 Tachibana Bay, 火力発電所 Coal-fired Thermal Power Station, 水質 Water Quality
鉛直分布 Vertical Profile, 月別変化 Monthly Change, 成層強度 Stratificative Strength

I はじめに

橘港小勝島では、国内最大級の出力(280万kw)を持つ石炭火力発電所が平成12年12月から営業運転を開始している。平成9、10年度には発電所の温排水の影響を受けやすいと思われる橘港の環境基準点 St.2 において水質の現状を把握することを目的とした調査が行われた。本報では、その継続調査としておこなわれた平成11年度の水質調査の結果について報告・考察する。

II 調査方法

調査地点・方法等の詳細は、前報と同様である¹⁾。調査地点 St.2 (水深約15m) を図-1 に示す。

分析項目は、水温、塩素量、DO、pH、COD、クロロフィ

ル a (以下 Chl.a)、栄養塩類(全窒素(以下 T-N)、全磷(以下 T-P)、硝酸および亜硝酸態窒素(以下 $\text{NO}_3 + \text{NO}_2\text{-N}$), ア

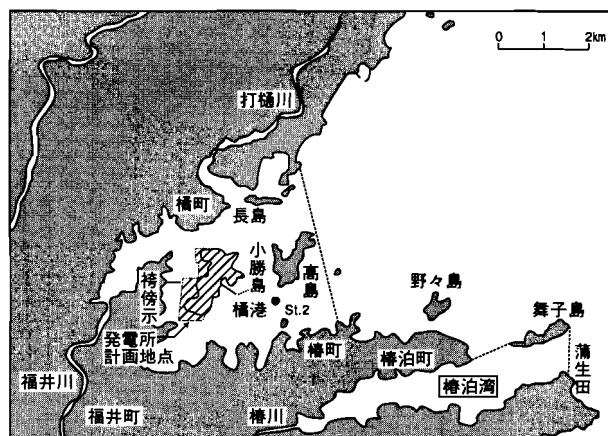


図-1 調査地点

1) 現 徳島県業務課

ンモニア態窒素(以下 $\text{NH}_4\text{-N}$), リン酸態リン(以下 $\text{PO}_4\text{-P}$), ケイ酸塩(以下 $\text{SiO}_2\text{-Si}$)であり, 採水は表層(0.5m), 2.0m, 5.0m, 8.0m, 底層(海底から-2m)の計5層である。ただしChlaは表層(0.5m), 栄養塩類は表層(0.5m)と底層(海底から-2m)について採水・測定した。調査は平成11年の4月から平成12年3月にかけて月1回, 本県環境調査船“ゆうなぎ”でおこなった。

差は(図-3), 11, 2月に約2℃あったが, その他の月では, 水温差も小さく約1℃以下であり, 水温躍層はみられなかった。

本調査時には1月と3月に3機ある発電所のうち2機で試運転中であり, 温排水が排出されていたが(表-1), これらの時期の水温は, 例年と比較して大差が見られなかった。

Ⅲ 調査結果

1 水温

水温は, 8月に表層で27.6℃になり, 最高を示し, 2月の表層で9.8℃になり最低を示した(図-2)。一般に, 春季から8月にかけて, 気温が上昇する時期には底層よりも表層の水温が高いが, 9月から冬季にかけて気温が下がる時期には, その逆を示す傾向があった。表層と底層の水温

表-1 温排水の試運転の状況

月	橋湾火力発電所 1号機			橋湾発電所		
	発電出力 (MW)	取水温度 (℃)	冷却水温度差 (℃)	発電出力 (MW)	取水温度 (℃)	冷却水温度差 (℃)
1月	発電停止中			697	12.7	6.2
3月	361	10.5	3.5	492	10.4	3.3

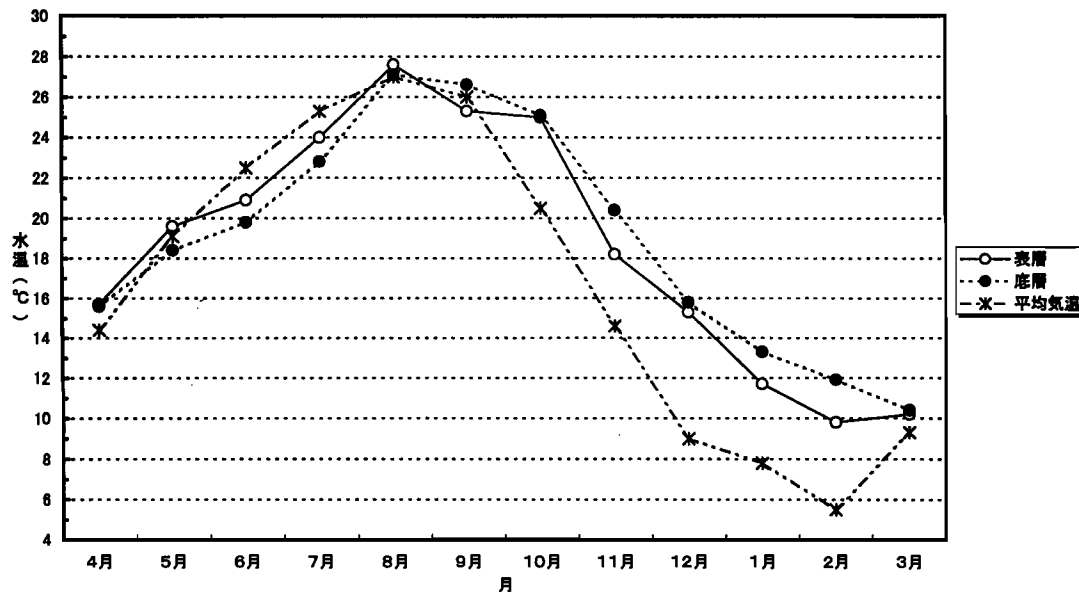


図-2 水温の月別変化

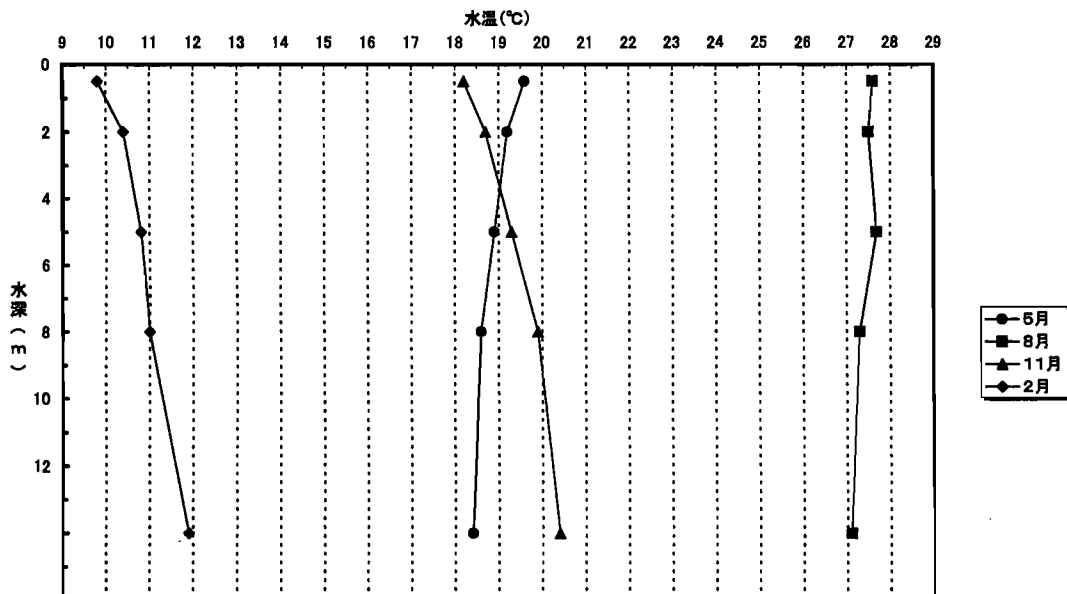


図-3 水温の鉛直分布

2 塩素量

表層の塩素量は8月から9月には16未満になり低くなったが、14~18の間で推移した。底層では、17~18の間で推移した(図-4)。

表層で塩分躍層が顕著な時期(8月, 9月)以外は、表層で若干低くなるかあるいは底層とほぼ同じ値になり、その差も1未満であった(図-5)。

3 DO

DO濃度とWeissの式²⁾により算出した酸素飽和量(%)の月別変化および鉛直分布をそれぞれ図-6, 7, 8, 9に示す。月別変化および鉛直分布はDO濃度・飽和量ともに同じ様な変動を示した。

表層濃度は10月には6.3mg/lで最低になり、2月には10.6mg/lで最高になった。底層では8月に最低になり5.5

mg/lを示し、7月~10月まで約6mg/l前後で推移するが、その後は、表層と同程度の濃度に近づいていった。

酸素飽和量は、6月から8月にかけて表層で過飽和になり110%を越えるが、逆に底層では7月に80%未満になり未飽和になった。他の月の表層では100%前後、底層では80%~120%で推移した。

4 pH

8, 2月の表層と、3月の表層・底層で8.3以上になり高い値を示した(図-10)。7月~9月の底層では8.1未満になり低い値を示したが、一般に8.0~8.3の範囲で推移した。

鉛直分布を図-11に示す。8月には表層で高い値になり、深度を増すにつれ低くなったが、他の月の表層と底層では、大きな差はみられなかった。

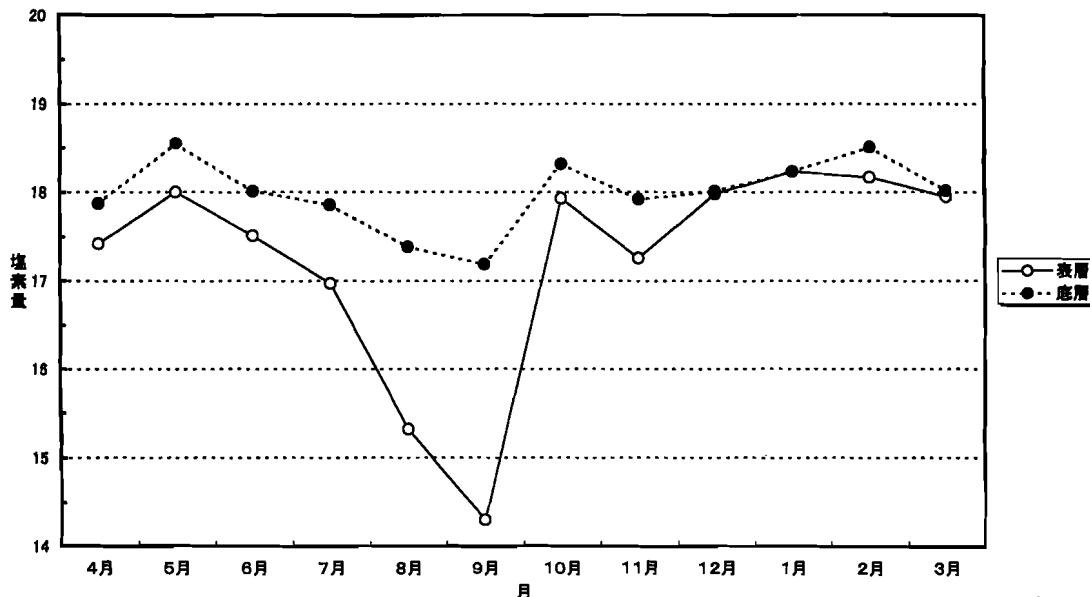


図-4 塩素量の月別変化

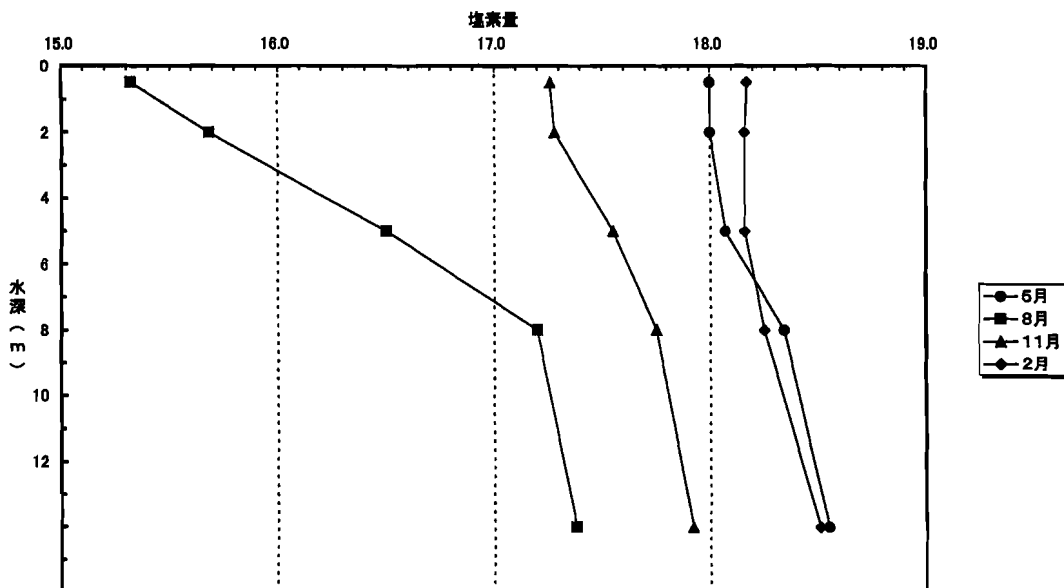


図-5 塩素量の鉛直分布

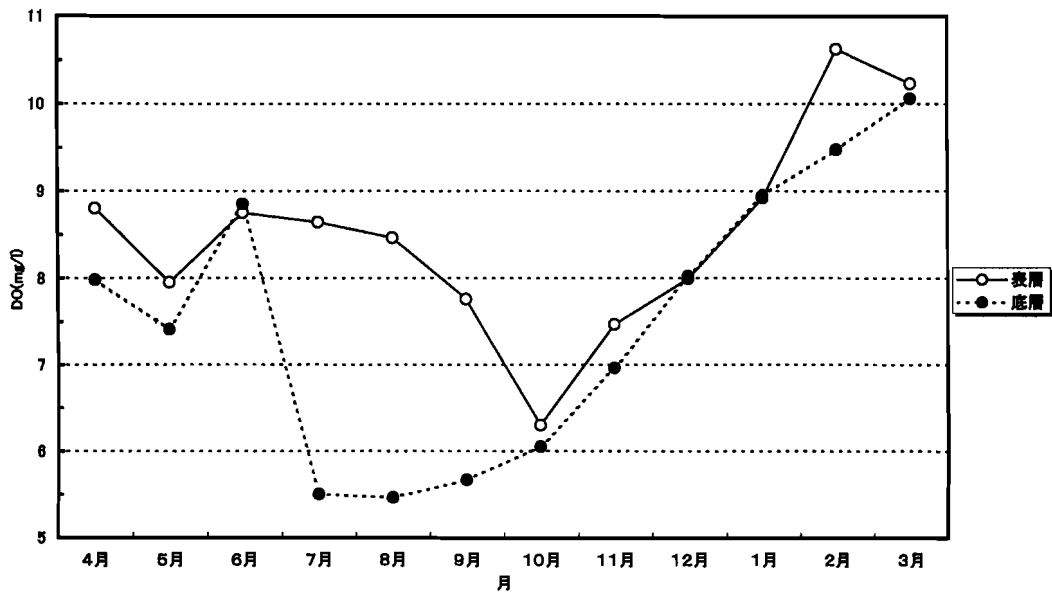


図-6 DOの月別変化

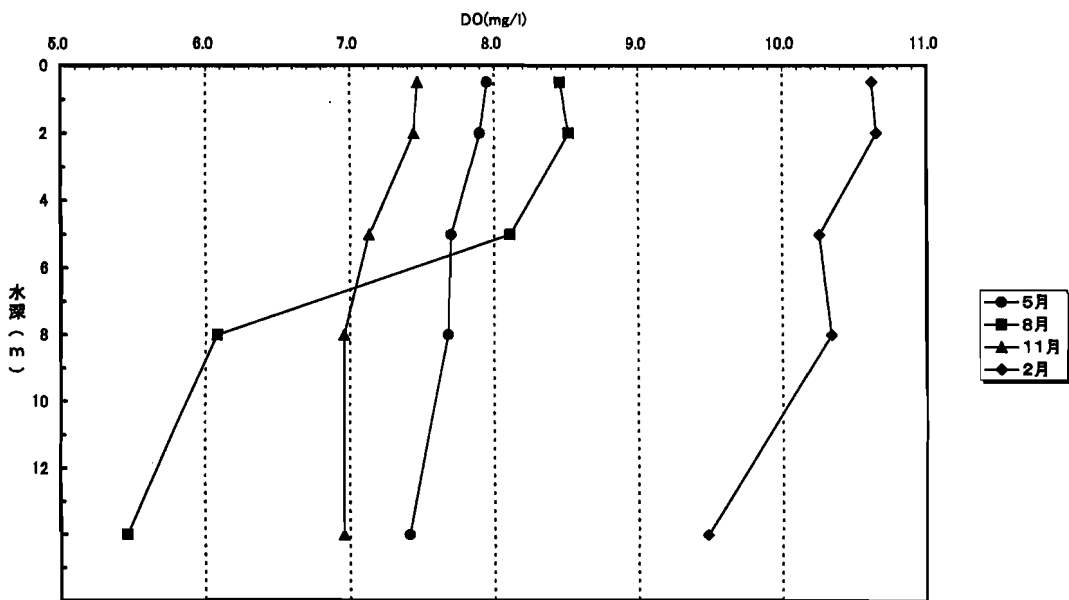


図-7 DOの鉛直分布

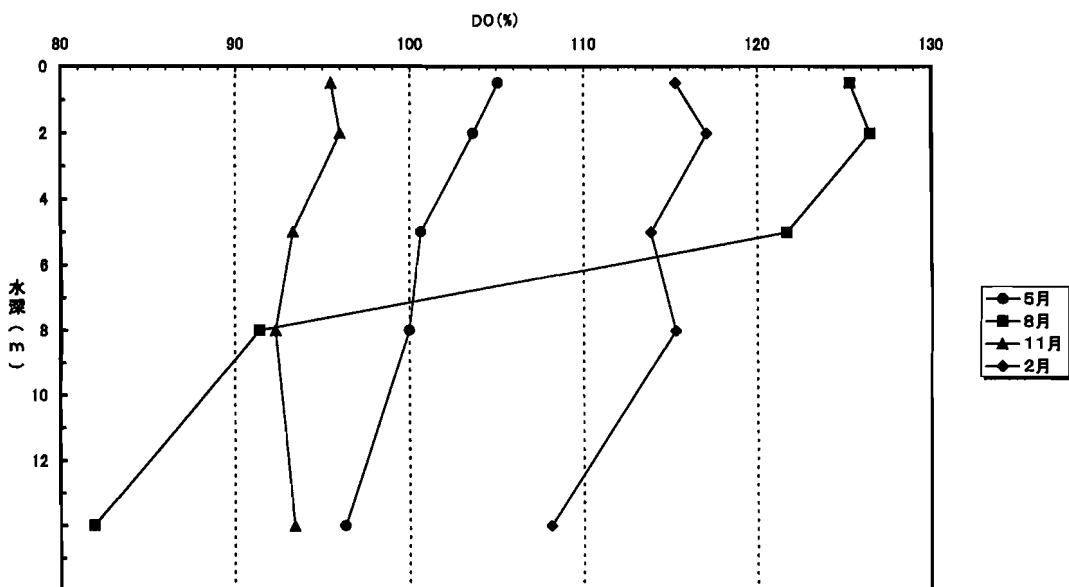


図-8 酸素飽和量の鉛直分布

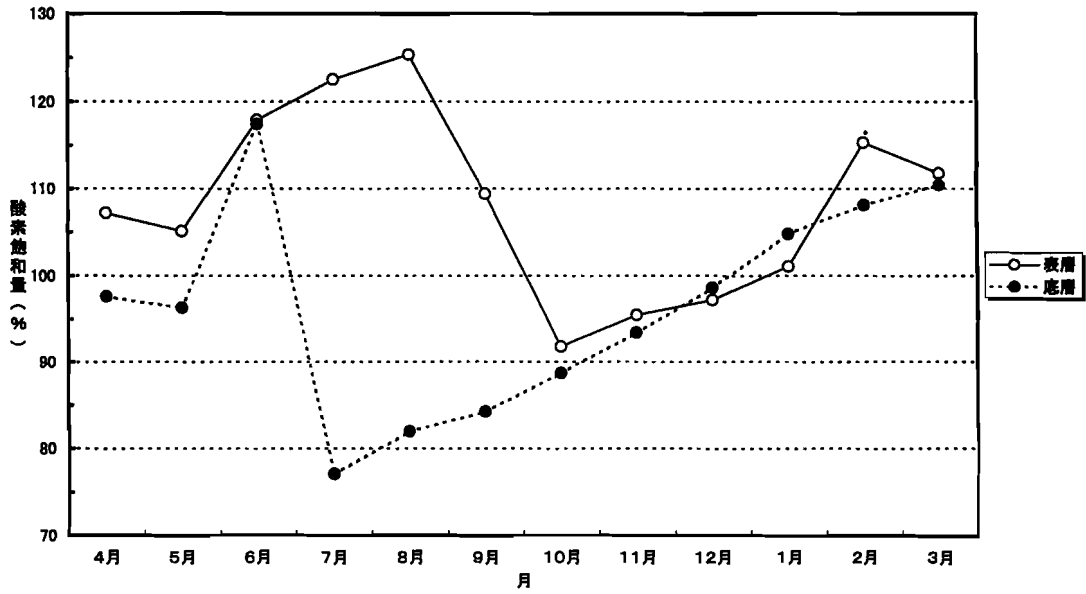


図-9 酸素飽和量の月別変化

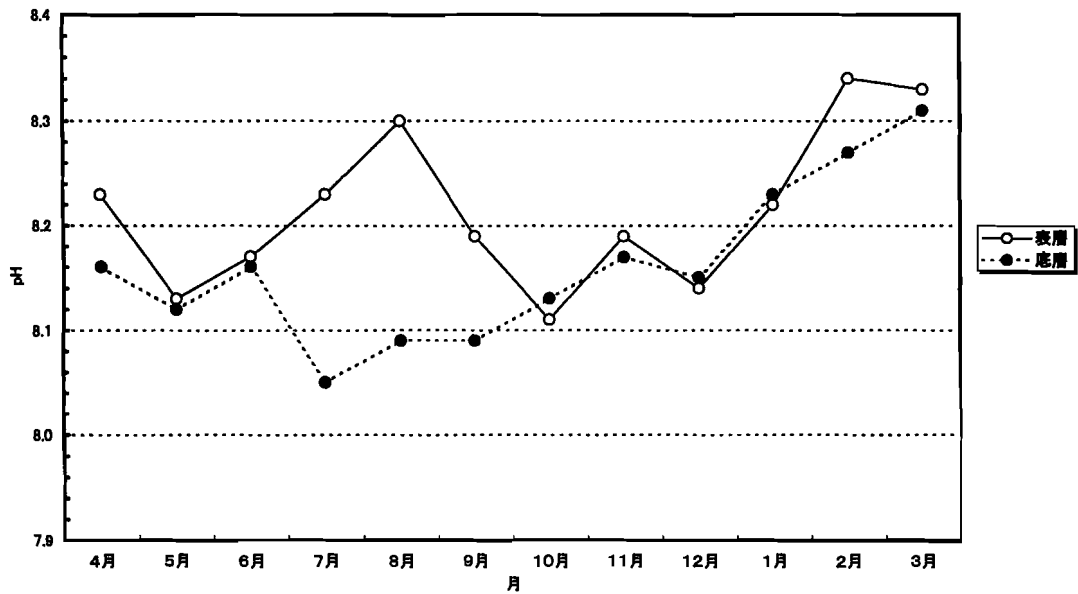


図-10 pHの月別変化

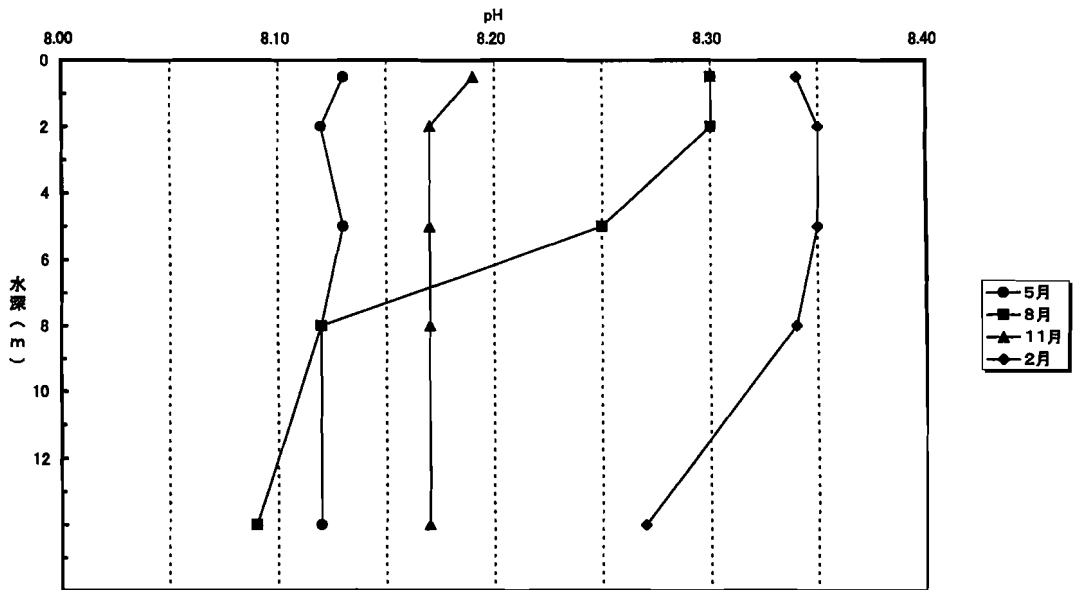


図-11 pHの鉛直分布

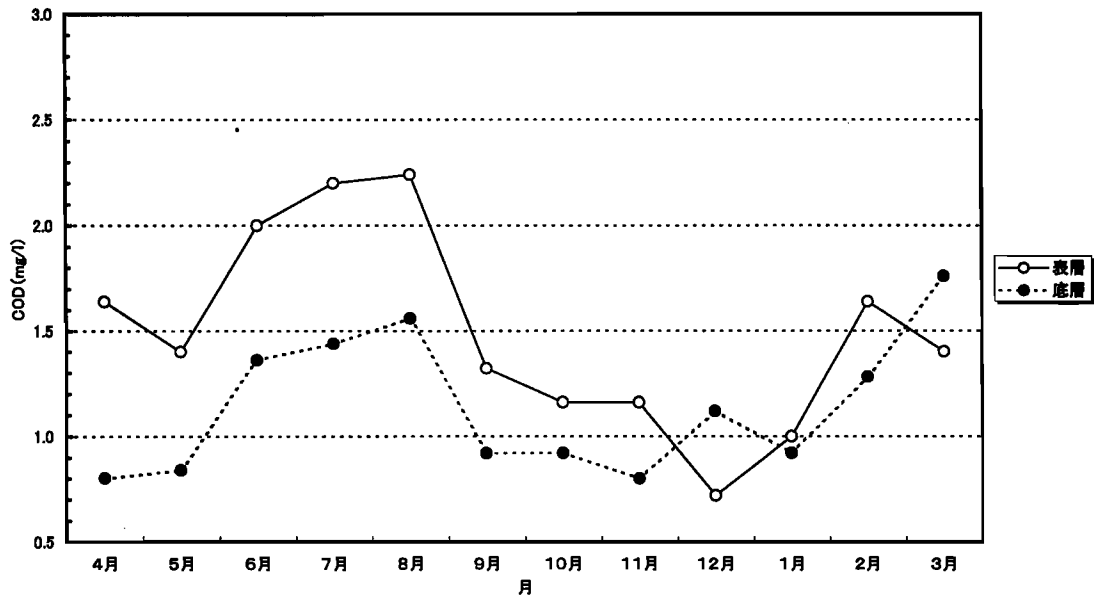


図-12 CODの月別変化

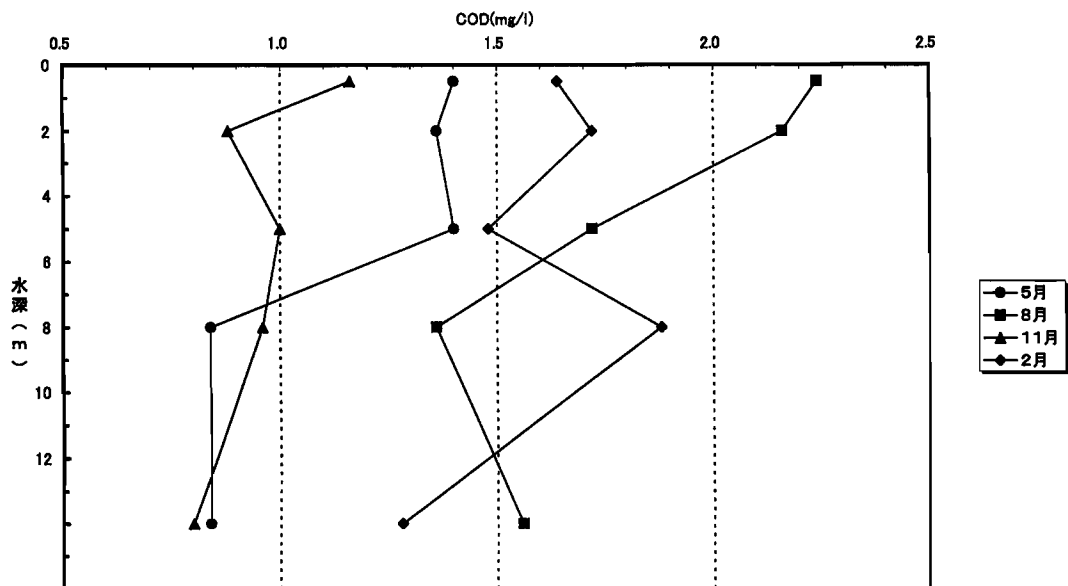


図-13 CODの鉛直分布

5 COD

6月, 7月, 8月の表層において2 mg/lを超過したが(図-12), それ以外の月では表層・底層ともに0.8mg/l~1.7mg/lの間で推移した。

一般に表層で高く, 底層で低濃度になる傾向(図-13)があった。

6 Chl.a

図-14に表層のChl.aの月別変化を示す。平均濃度は2.4 mg/m³であり, 11月に最も低く0.8mg/m³, 6月に最も高く5.4mg/m³であった。春~夏季に向け高くなり, 秋~冬季には低くなる傾向を示した。

7 栄養塩類

T-Nの月別変化を図-15に示す。表層平均の濃度が0.26

mg/l, 0.18mg/l~0.46mg/lの間で推移した。底層では平均0.26mg/l, 0.11mg/l~0.49mg/lで推移した。6月に表層・底層でピークがみられ, Chl.aと同じような変動を示した。

T-Pの月別変化を図-16に示す。表層平均の濃度が0.022 mg/l, 0.011mg/l~0.030mg/lの間で推移した。底層では平均0.026mg/l, 0.017mg/l~0.039mg/lで推移した。7月に底層でピークがみられた。

NO₃+NO₂-Nの月別変化を図-17に示す。表層の平均濃度が0.033mg/l, 0 mg/l~0.110mg/lで推移した。底層では平均0.048mg/l, 0 mg/l~0.105mg/lで推移した。6月の底層と8月の表層で枯渇するが, 12月には, 表層・底層ともに高濃度であった。

NH₄-Nの月別変化を図-18に示す。表層の平均濃度が0.027mg/l, 0.003mg/l~0.059mg/lで推移した。底層で

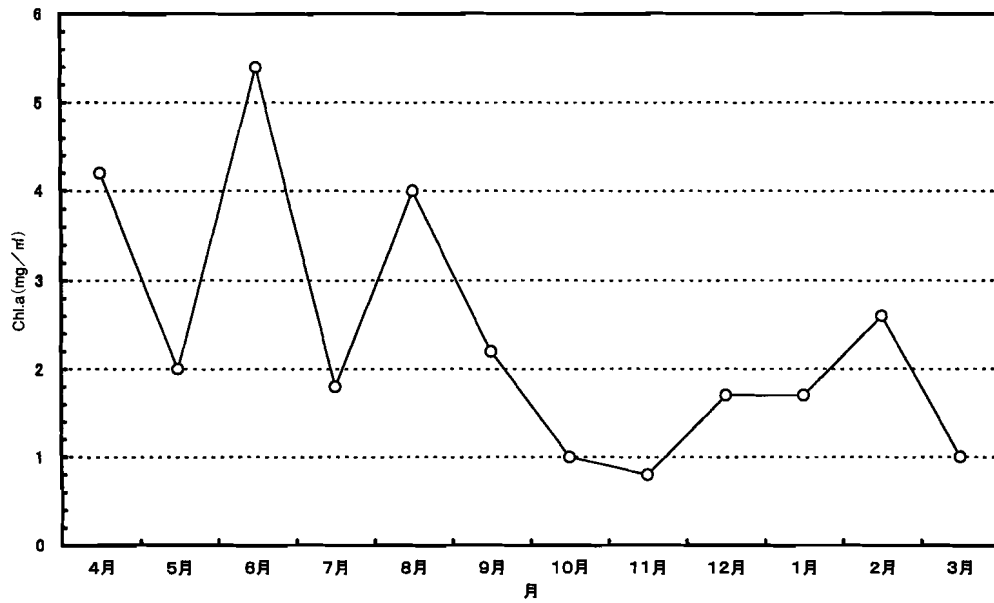


図-14 Chl. a の月別変化

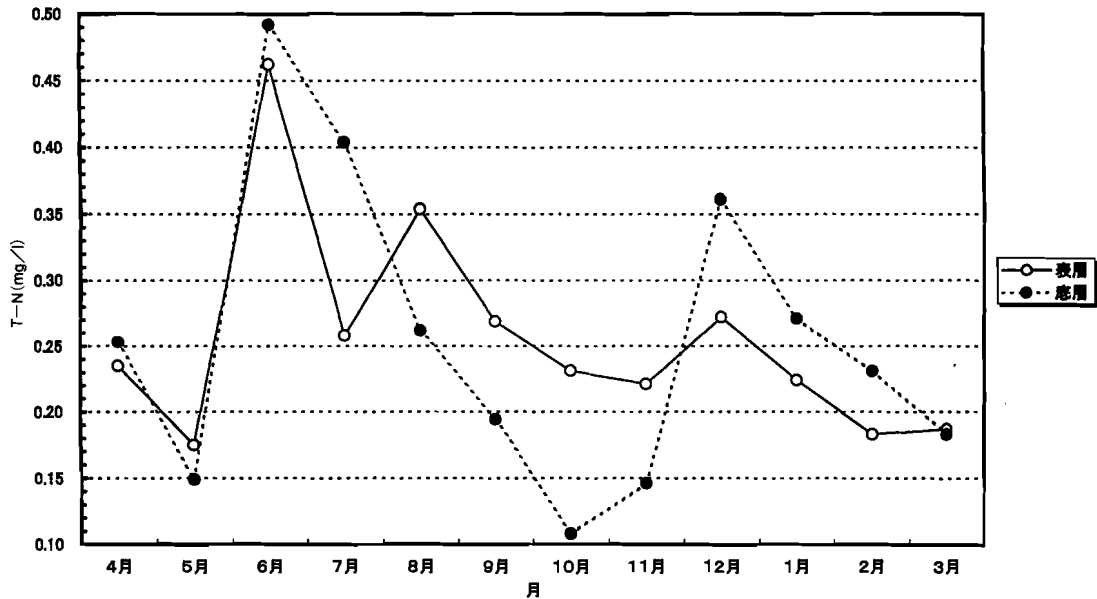


図-15 T-N の月別変化

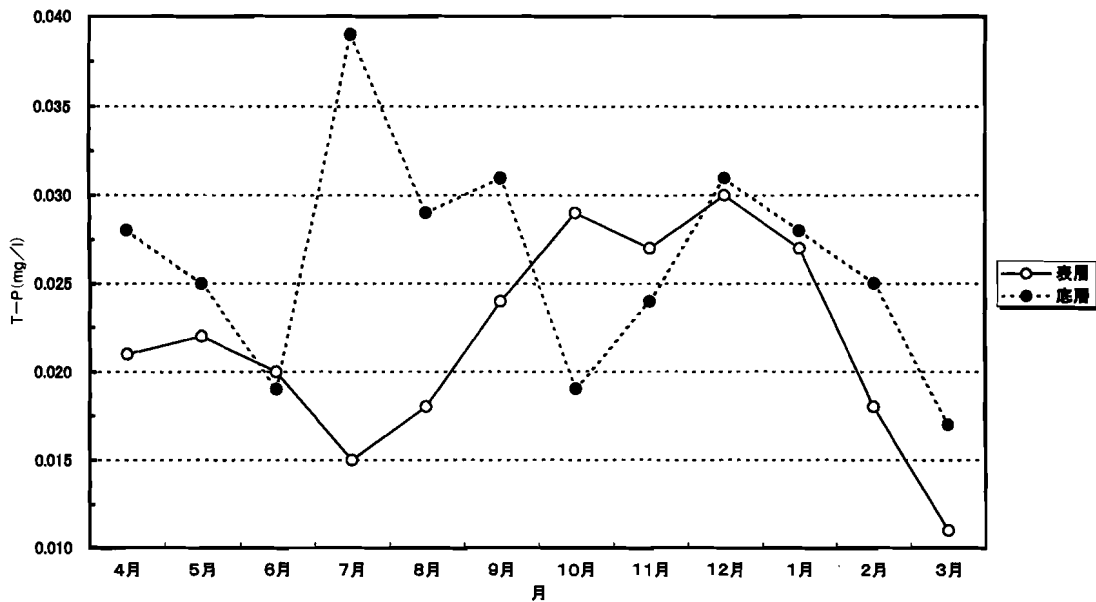


図-16 T-P の月別変化

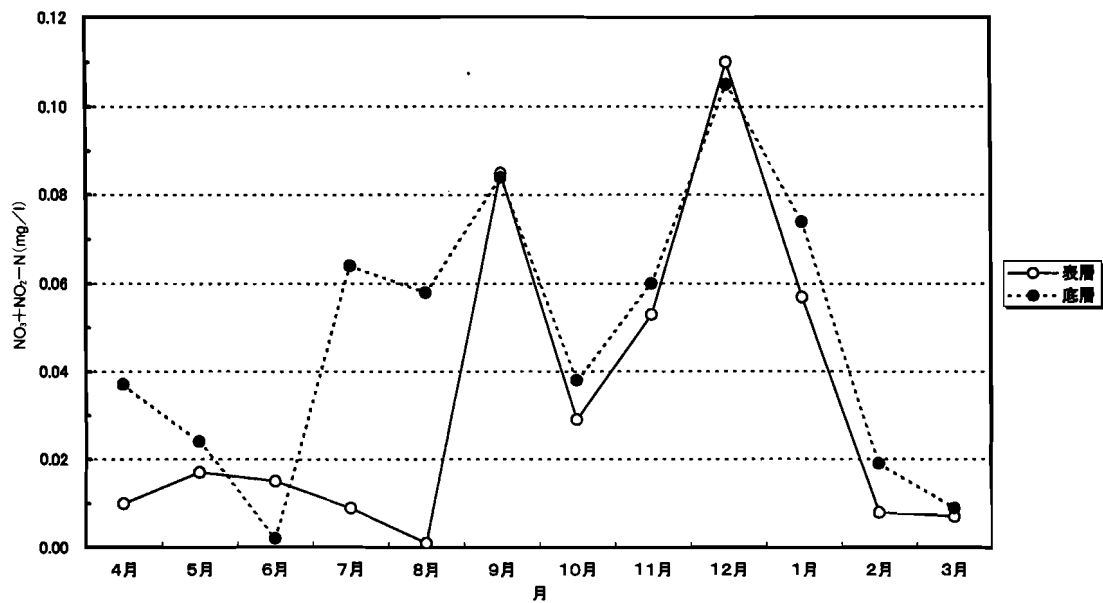


図-17 NO₃+NO₂-Nの月別変化

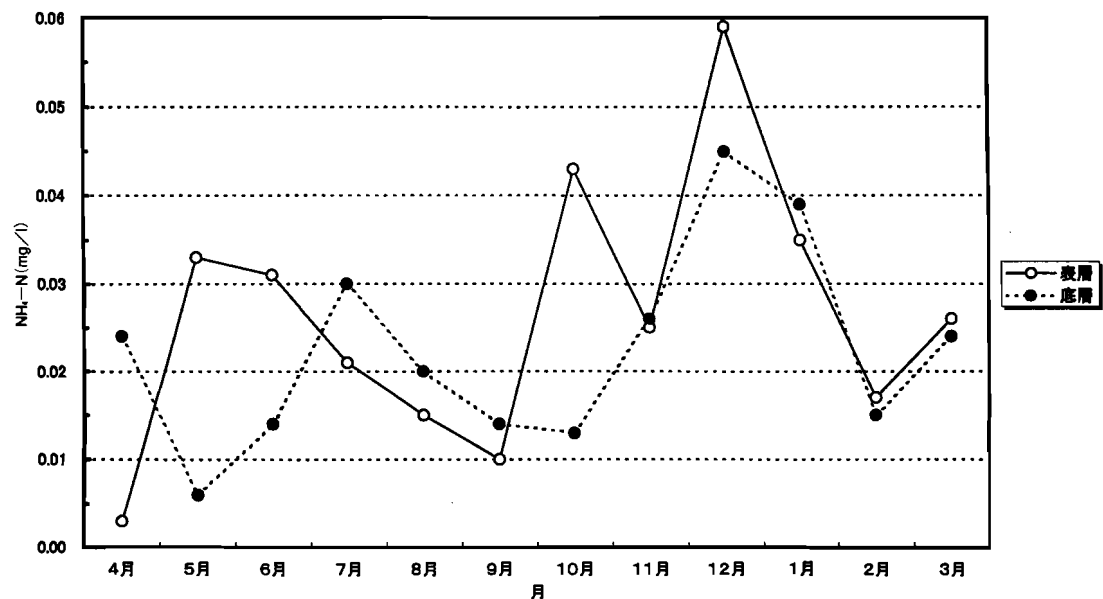


図-18 NH₄-Nの月別変化

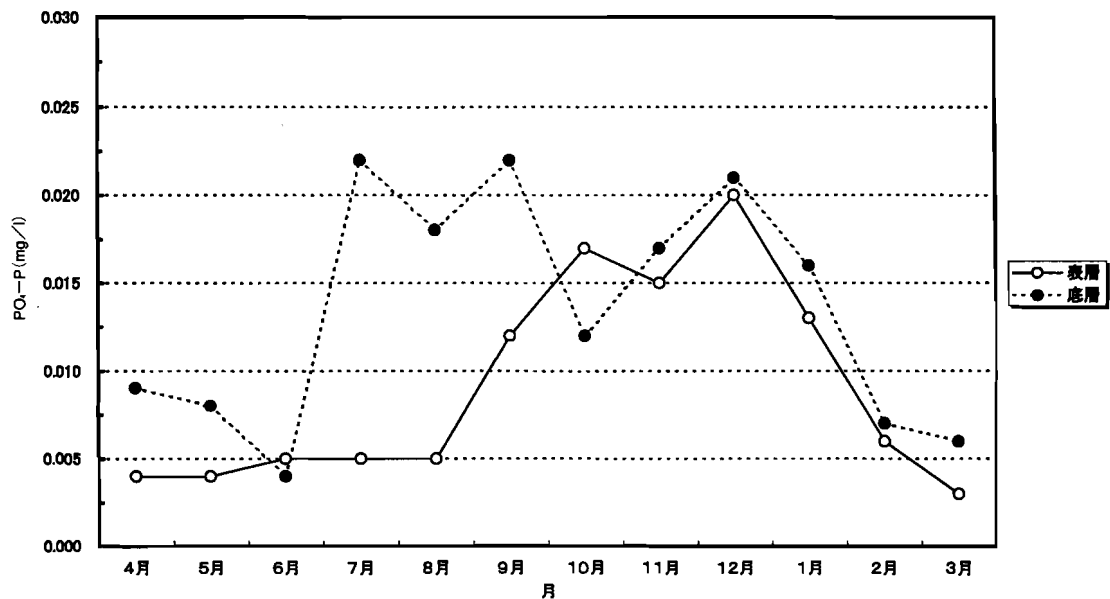


図-19 PO₄-Pの月別変化

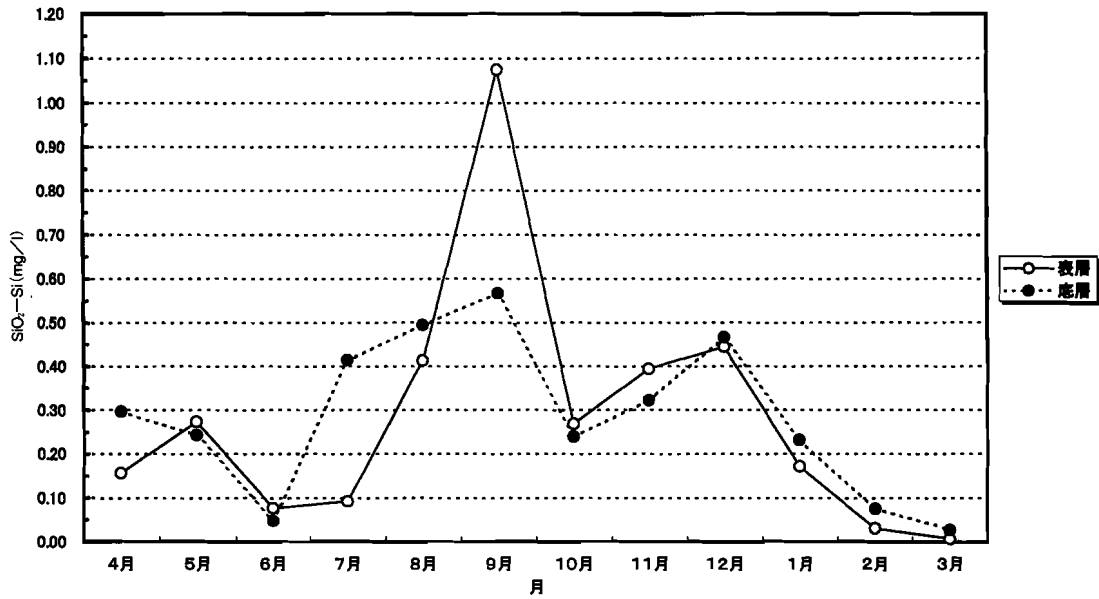


図-20 SiO₂-Si の月別変化

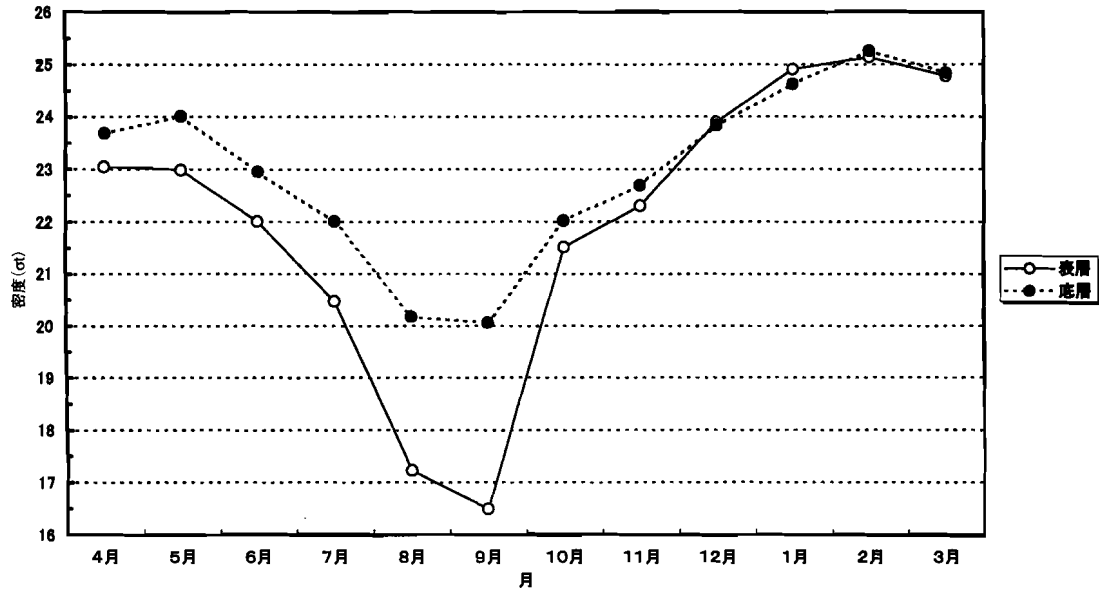


図-21 密度の月別変化

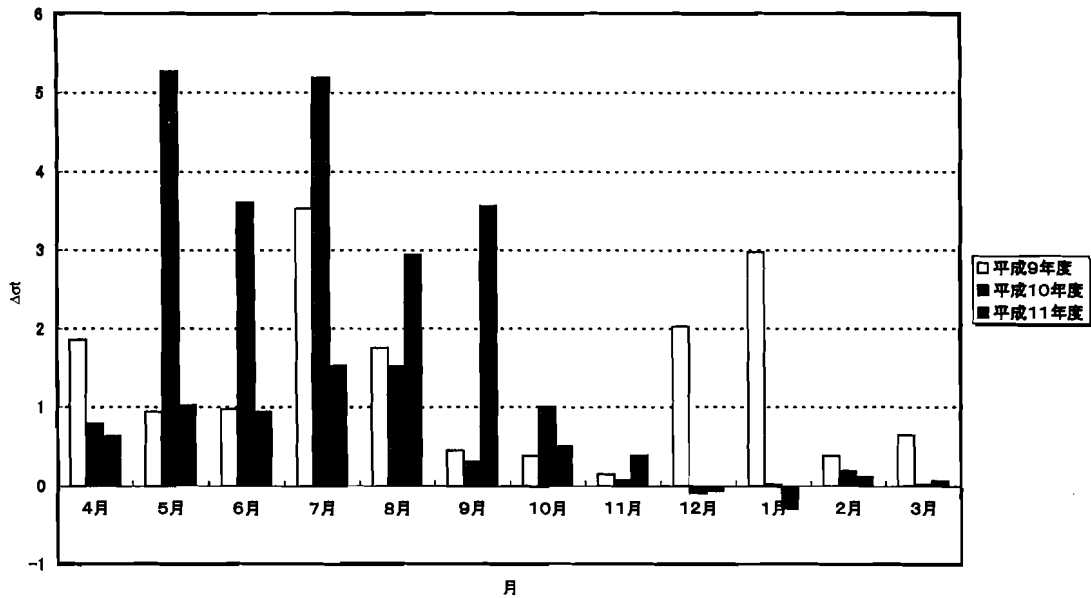


図-22 成層強度の月別変化

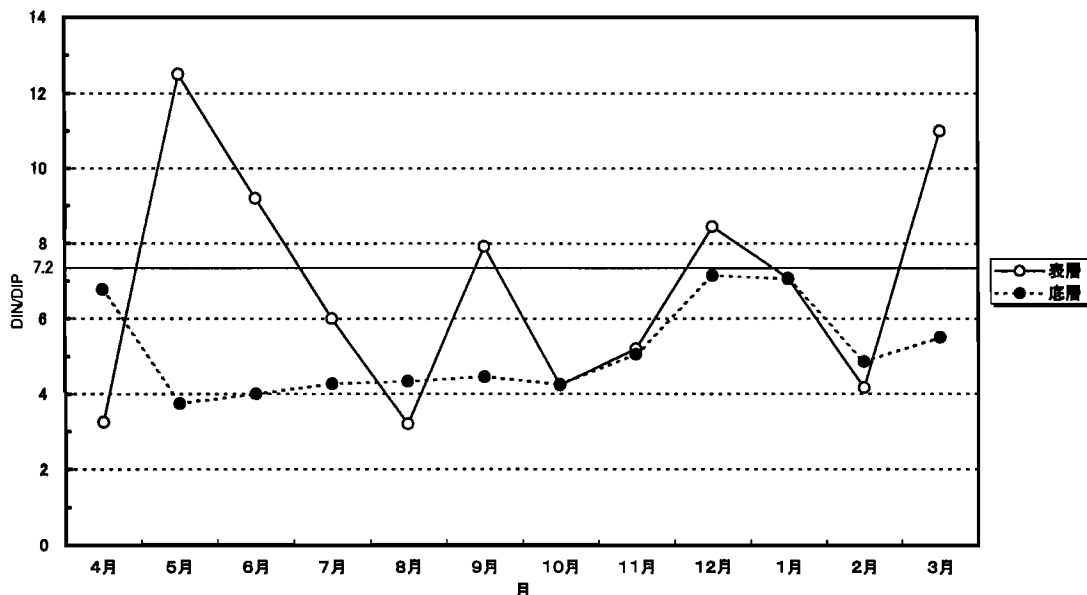


図-23 DIN/DIP の月別変化

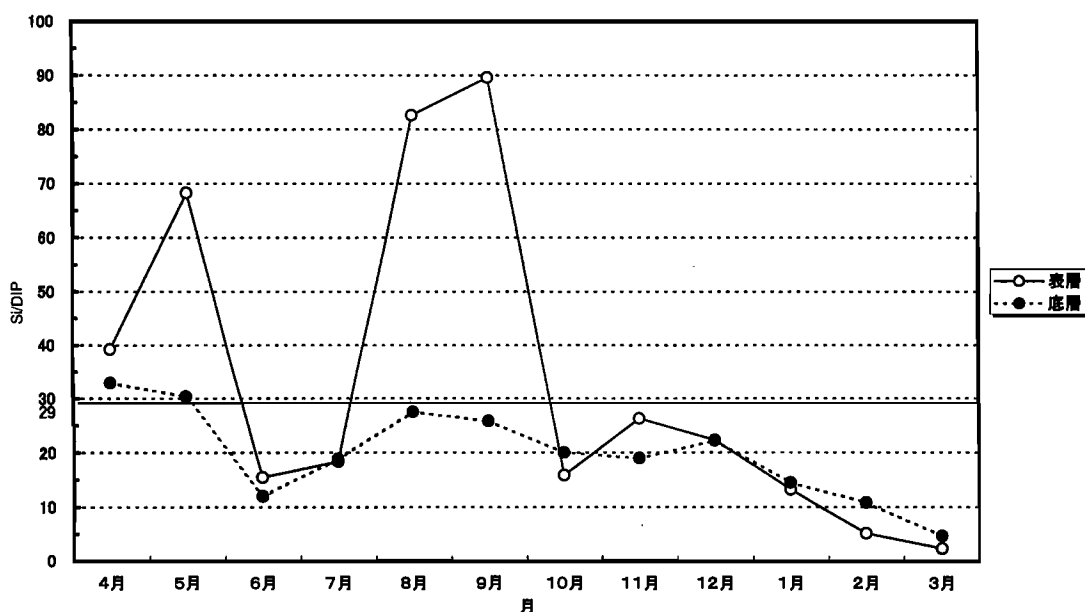


図-24 Si/DIP の月別変化

は平均0.023mg/l, 0.006mg/l~0.045mg/lで推移した。

12月には表層・底層ともに高濃度であった。

PO₄-Pの月別変化を図-19に示す。表層の平均濃度が0.009mg/l, 0.003mg/l~0.020mg/lで推移した。底層では平均0.014mg/l, 0.004mg/l~0.022mg/lで推移した。表層では、4月から8月, 2, 3月には、低濃度であるが、秋から冬にかけて高濃度であった。底層では、4月から6月, 2月から3月に低濃度で推移するが、7月から1月にかけては高濃度で存在していた。

SiO₂-Siの月別変化を図-20に示す。表層の平均濃度が0.28mg/l, 0 mg/l~1.08mg/lの間で推移した。底層では平均0.29mg/l, 0.03mg/l~0.57mg/lで推移した。9月には表層・底層で高濃度を示したが、7月の表層, 6月, 2月の表層・底層で低濃度であり、3月の表層・底層では枯渇していた。

IV 考 察

本調査時には1月と3月に、温排水が排出されていたが、調査地点の水温に影響を及ぼしていないことから、本調査中では、温排水による水質への影響は無視できるものと考えられる。

そこで、前報と本報の3か年(平成9年度~平成11年度)の結果から橋港St.2の水質について以下のようにまとめた。

- ・ 1 水温は、春から夏にかけて上昇していき、8月, 9月頃に最も高くなり、秋から冬にかけて低下し、2月に最も低くなる。一般に春から夏にかけては、表層が高く、秋から冬では、その逆で底層が高くなるが、いずれの場合も水温差は3℃未満である。
- 2 塩素量は表層, 底層ともに17から18で推移し、表層で若干低いかあるいは、ほぼ同じ値を示した。ただし、陸水からの影響があると、表層では14近くにまで下がり、水深8

m ぐらいまで塩素量は下がり塩素量躍層を形成する。

平成11年度の水温、塩素量の結果から、水の混合状態を表す指標として表層と底層の密度 (σ_t) を計算し、その月別変化を図-21に示す。表層の σ_t は16.5~25.1、底層では20.0~25.2で推移し、表層、底層ともに8、9月に低くなった。

さらに、表層と底層の密度差を、成層強度 ($\Delta\sigma_t = \sigma_{t_{表層}} - \sigma_{t_{底層}}$) とし、その3か年の月別変化を図-22に示す。平成11年度では、8月と9月の表層で $\Delta\sigma_t$ が2以上になったが、他の月では、7月を除いては1未満になり、特に冬季の $\Delta\sigma_t$ は小さくなった。過去の結果と比較すると、橋港では年度によって月ごとの $\Delta\sigma_t$ は異なるが、表層の塩素量が低い場合に $\Delta\sigma_t$ が大きくなる。したがって、橋港では、陸水の流入が少ない秋から冬にかけては、表層と底層の塩素量の差が小さいため $\Delta\sigma_t$ も小さく1未満になるが、表層で塩素量が低くなる時期、例えば春から夏にかけては、 $\Delta\sigma_t$ が大きく、密度躍層を形成するものと思われる。

3 DOは、夏季に過飽和になり、表層で120%になる。逆に底層では未飽和になるが、70%未満になることはなく、橋港では貧酸素化がみられない。

底層貧酸素水塊の形成要因として、底層の有機物の量やその分解等による生物化学的な過程が複合的に絡んでくるが、物理的な要因の一つとして、 $\Delta\sigma_t$ の大きさが考えられている。すなわち、 $\Delta\sigma_t$ が大きいと、表層・底層間で密度差が大きいため水柱の鉛直混合が起こりにくく、表層から底層への酸素供給を妨げ、貧酸素化を形成させる要因となる。しかし、橋港では、密度躍層を形成するものの、貧酸素化を形成している広島湾のように高い $\Delta\sigma_t$ 値はみられず、水柱の鉛直混合は比較的スムーズに行われていると思われる。また、環境庁が示した海域の底層 DO の基準案³⁾ では、4つのランクに分類している。この場合、橋港は一番上位の A 類型 (>4.3mg/l) にあてはまり、水産・親水の利用目的からも、底層の水質は、良好な状態を維持していると思われる。

4 pHは、夏季の表層で高く、底層では低くなるが、年間を通じて表層・底層間で大きな差はみられない。

5 CODは、夏季に高くなる傾向がある。一般に、底層より表層で高く、Chla濃度が高いとその内部生産により高い値を示す。

6 T-Nの平均濃度は、表層・底層ともに約0.2mg/l、T-Pの平均濃度は、表層・底層ともに約0.02mg/lであり、橋港の環境基準値・類型II (T-N:0.3mg/l、T-P:0.03mg/l) を満たす。

7 $\text{NO}_3 + \text{NO}_2 - \text{N}$ の平均濃度は、表層で約0.03mg/l、底層で約0.05mg/lである。夏から秋に表層で枯渇する場合もある。

8 $\text{NH}_4 - \text{N}$ の平均濃度は、年度によって異なる。0 mg/l~0.1 mg/l の範囲で変動する。

9 $\text{PO}_4 - \text{P}$ の平均濃度は、表層で約0.01mg/l、底層で約0.015 mg/lを示す。夏季の表層で低濃度である。

10 $\text{SiO}_2 - \text{Si}$ の平均濃度は、表層・底層ともに約0.3mg/lである。夏から秋にかけて表層で低濃度を示す。

11 Chlaは、夏季に向け高くなり冬季には低くなる傾向を示す。平均濃度は2 mg/m³~5 mg/m³、0~16mg/m³の範囲で推移する。

平成11年度のDIN ($\text{NO}_3 + \text{NO}_2 - \text{N} + \text{NH}_4 - \text{N}$)/DIP ($\text{PO}_4 - \text{P}$) 比 (重量比; 以下N/P比) の月別変化を図-23に示す。N/P比は表層で平均6.9(3.2~12.5)、底層で平均5.1(3.8~7.1)であった。5月、6月、9月、12月、2月、3月の表層におけるN/P比は、Redfield比である7.2より大きくなることから、Pが植物プランクトンの増殖制限要因の可能性として考えられる。また、それら以外の月では、表層、底層ともに7.2より小さくなることからNがその成長制限要因として考えられる。過去2か年における平均N/P比と比較してみても、底層のN/P比はRedfield比より小さく、NよりPの比率が高くなる傾向にあるが、その比は月によって異なるものと思われる。

植物プランクトンの指標であるChlaは、過去の結果から6月や7月には、珪藻の増殖により表層で約10mg/m³以上になり極大を示した。本年度の場合、これらの時期の優占種は珪藻であったが、Chla濃度極大は5 mg/m³であり、例年の半分程度の濃度であった。Redfield比から考えると、前述のように6月はP、7月はNが成長制限要因である可能性も示唆されるが、表層では珪藻の成長に必要なSi濃度が低く、また珪藻中のSi/P比(重量比)である29⁴⁾を下回ることから(図-24)、分裂スピードの速い珪藻がSiにより増殖制限されたため、例年よりもChla濃度が低くなったのかもしれない。

V まとめ

平成11年度および前報で報告した過去2か年における橋港St.2の水質について考察した。

橋港の水質は一般的な浅海でみられる挙動を示した。春季から夏季にかけて陸水からの影響により塩素量が低下し、 $\Delta\sigma_t$ が大きくなる場合もあるが、表層から底層にかけて水柱は比較的安定しているため、貧酸素化を生じないものと思われる。

火電稼働後も同様な調査を行い、橋港の環境のモニタリングを継続していく予定である。

最後に火力発電所のデータを快く提供いただいた関係各者に心から深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 有澤 隆文他：徳島県保健環境センター年報, 17, 79-89 (1999)
- 2) 日本海洋学会：海洋観測指針（気象庁編）(1999)
- 3) 須藤 隆一：第7回オートアナライザー研究会講演要旨集, 1-7 (2000)
- 4) Darley, W. M.: The Biology of Diatoms, 198-223, Blackwell Sci. Pub. (1977)