

# 橘湾における環境調査

徳島県保健環境センター

出羽 達也・有澤 隆文\*

## Environmental Investigation in Tachibana Bay

Tatsuya DEBA, Takafumi ARISAWA

Tokushima Prefectural Institute of Public Health and Environmental Sciences

**Key words:** 橘港 Tachibana Bay, 環境調査 Environmental investigation, 水質 Water Quality

火力発電所 Steam Power Plant, 経年変化Secular change, 温排水 Thermal Effluent, 拡散 Diffusion

### I はじめに

橘湾は大小の島が点在しており古くから阿波の松島として親しまれ、小勝島東部は室戸阿南海岸国定公園の特別地域に、また東部海域は普通地域に指定されている。天然の良港として、ぱっち漁、船びき網、わかめ養殖業等、様々な漁業も盛んである。

昭和初期には海上交通の中継基地として栄え、昭和30年代には重要港湾に指定され、石油火力発電所の操業など県南部の工業開発の拠点として注目を集め、さらに、平成12年度には、国内最大級の出力（3基、280万kW）を持つ橘湾石炭火力発電所の操業が開始された。この様に温暖な気候で風光明媚な景観を有する橘湾は、古くから工業開発に伴う環境への影響が懸念されてきた。この国内最大級の出力を持つ石炭火力発電所の稼働による橘湾の水質への影響が考えられることから、水質環境保全に資する目的で今回の調査を実施した。

橘湾石炭火力発電所では、発電所の冷却水として使われる海水が小勝島の北部及び南部から深層取水方式で取水され、島の東部2カ所から温排水として水中放水される（図1、表1）。

『橘湾水質予測調査報告書』<sup>1)</sup>によると

- 1) COD 拡散予測は、ほぼ全域で 2mg/l 以下

2) 温排水による表層での1℃上昇最大包括範囲の面積は 8.1km<sup>2</sup>

3) 放水口から約300~400m離れた海面で約35~40cm/sの流速になると予測している。

そこで火力発電所放水口から約1.2km離れており最も温排水の影響を受けやすいと思われる環境基準点St.2における一般項目やクロロフィル、栄養塩類等の経年変化を調査した。

（橘湾モニタリング調査）

また、湾内における水温の鉛直及び水平分布について調査し、温排水の拡散状況について調査した。（橘湾温排水拡散実態調査）

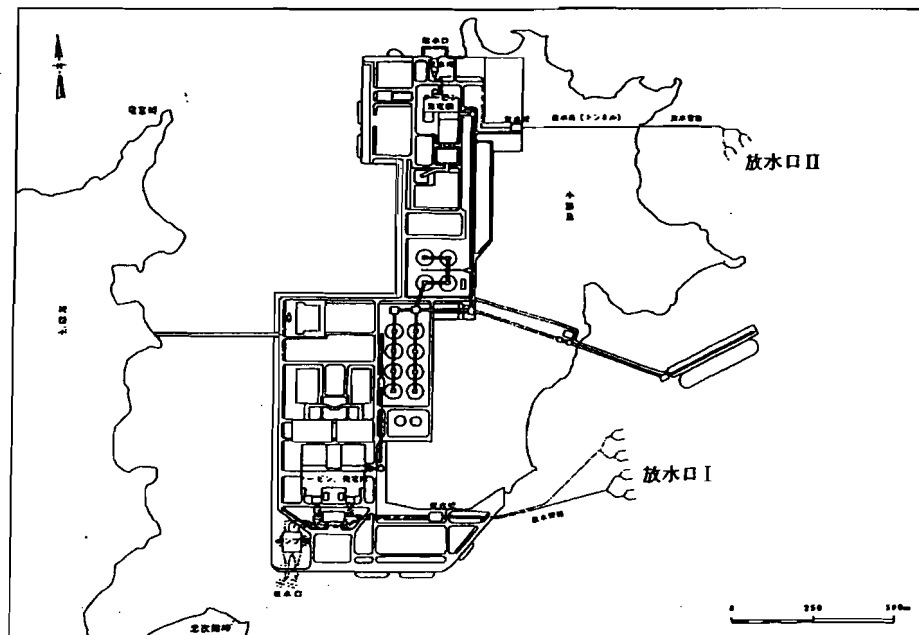


図-1 温排水の放水口

\*現 工業技術センター

表-1 取放水設備の計画概要

項目	石炭火力発電所	
	放水口 I	放水口 II
〔取水設備〕		
取水方式	深層取水 (管路)	深層取水 (カーテンウォール)
取水口数	2	1
使用水量	90.0 m <sup>3</sup> /s	32.0 m <sup>3</sup> /s
取水水深	D.L. -5.7~-9.5m	D.L. -7.0~-10.0m
取水速度	0.2m/s	0.2m/s
〔放水設備〕		
放水方式	水中放水 (管路)	水中放水 (管路)
放水温度	取水水温+7℃	取水水温+7℃
放水水深	D.L. -9m	D.L. -9m
放水流速	3m/s	3m/s
放水口数	8	4
放水管径	2.2m	1.9m
放水管設置間隔	30m	30m
放水管設置高さ	3m	3m

注：放水管設置高さは、海底面より放水管中心までの距離



図-2 調査地点



図-3 調査地点

## II 調査方法

### (1) 橋湾モニタリング調査

調査地点St.2について、石炭火力発電所が本格的に操業を開始した平成12年12月の前後での変化を見るため、平成10年4月から平成16年3月にかけて月1回調査を行った(図2)。

調査項目は水温、塩素量、pH、COD等の一般項目と全窒素(以下T-N)及び全リン(以下T-P)の栄養塩類であり、またクロロフィル類の中で最も大きい割合を占め、かつ定量性も高いクロロフィルa(以下Chl. a)、リン酸態リン(以下PO<sub>4</sub>-P)等の項目についても定期的もしくは一定期間調査した。

分析方法はJIS K 0102や瀬戸内海広域総合水質調査(環境省)等に準じた。なお栄養塩類の分析はAuto Analyzer (BRAN+LUEBEE)で行った。

### (2) 橋湾温排水拡散実態調査

発電所の稼働後、橋湾の13地点を調査地点とし、測定項目については、水温と塩分を測定した(図3)。測定にはアレック電子株式会社製の塩分水温水深計(メモリーSTDタイプのクロロテックACL208-PDK)を使用した。これは水深0.1m毎にサンプリング可能であり、鉛直方向の測定は海底から1m浅い水深まで測定を行った。

## III 調査結果及び考察

### (1) 橋湾モニタリング調査

年度別のデータの代表値として、算術平均値を用いた。な

お、pH、DO、CODは表層(0.5m)と2.0mの2層について、またその他の項目については、表層の日間平均値を用いた<sup>2),3),4)</sup>。

#### ① pH(図4)

pHの経年変化については、その年度別平均値が8.08~8.17の範囲で安定して推移し、このSt.2の環境基準である類型Aの基準値(7.8~8.3)を達成していた。

#### ② COD(図5)

CODの経年変化については、その年度別平均値が1.38~1.85mg/lの範囲で推移し、横ばい傾向であった。調査期間中に類型Aの環境基準(2.0mg/l以下)を超過する割合は約10%であり、基準を達成していた。

#### ③ DO(図6)

DOの経年変化については、その年度別平均値が7.45~8.45mg/lの範囲で推移し、緩やかな減少傾向を示した。これは平均値が低い平成14、15年度について、河川からの流入水量の低下によって起きたと考えられる塩分量上昇が原因と思われる。CODの推移を考慮しても、有機汚濁の進行によるDOの消費ではないと考えられる。

#### ④ 栄養塩類(T-N, T-P)(図7)

T-Nの経年変化については、その年度別平均値が0.16~0.25mg/lの範囲で推移し、減少傾向がみられ、類型IIの環境基準値(0.3mg/l)以下の水準であった。

またT-Pの経年変化については、その年度別平均値が0.020

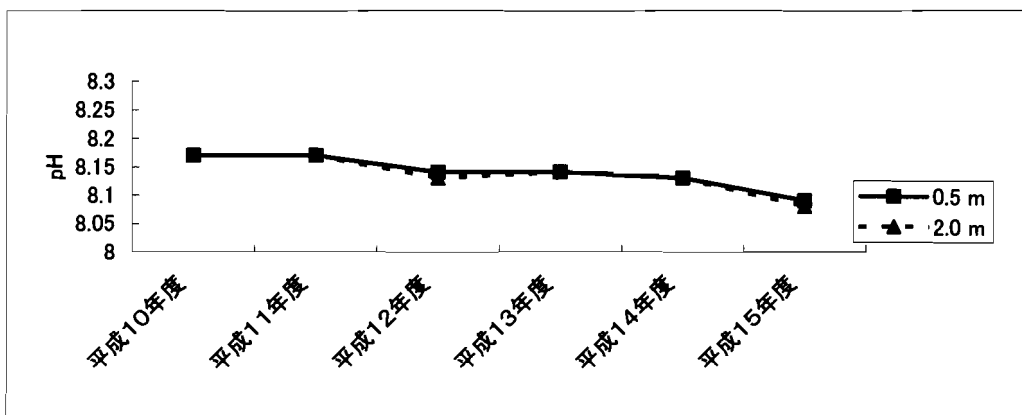


図-4 pHの年度別経年変化

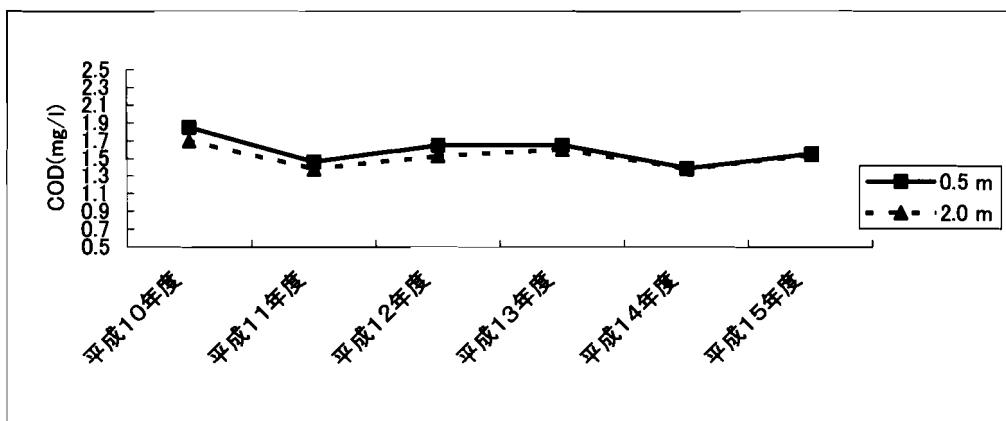


図-5 CODの年度別経年変化

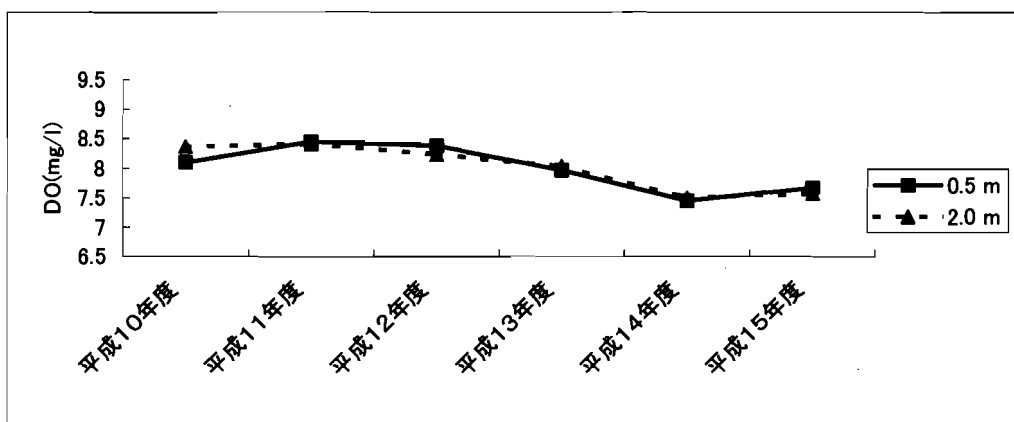


図-6 DOの年度別経年変化

～0.024mg/lの範囲で推移し、年度間の差が小さかった。またこの水準についても、類型Ⅱの環境基準（0.03mg/l以下）を達成していた。

⑤ Chl. a (図8)

植物プランクトンの増殖の指標となるChl. aの年度別平均値は0.98～4.15 $\mu$ g/lの範囲内で推移し、概ね減少傾向を示した。しかしながら今回の調査期間中のCODの推移は横ばい傾向であったことから、CODに占める植物プランクトン等の内部生産の割合はある程度限定的なものと考えられる。

以上の結果から、石炭火力発電所の稼働による橘湾の水質（水温を除く）への影響は、小さなものであると考えている。

(2) 温排水拡散実態調査

この調査において代表的な例を示した平成13年8月24日の結果について次に示す<sup>5)</sup>。なおこの日の調査中の橘湾発電所と橘湾火力発電所の稼働率は、ほぼ100%であった。

① 鉛直分布

各地点における塩分の鉛直分布を図9に、水温の鉛直分布を図10に示す。

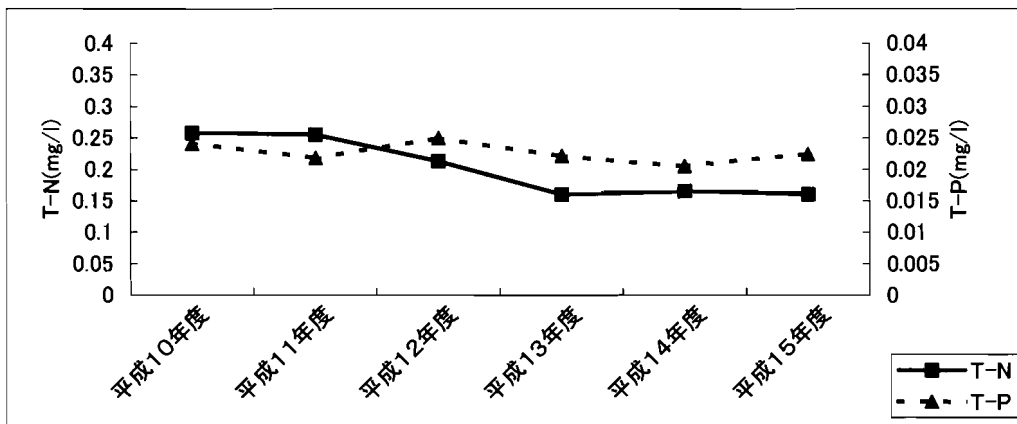


図-7 T-N, T-Pの年度別経年変化

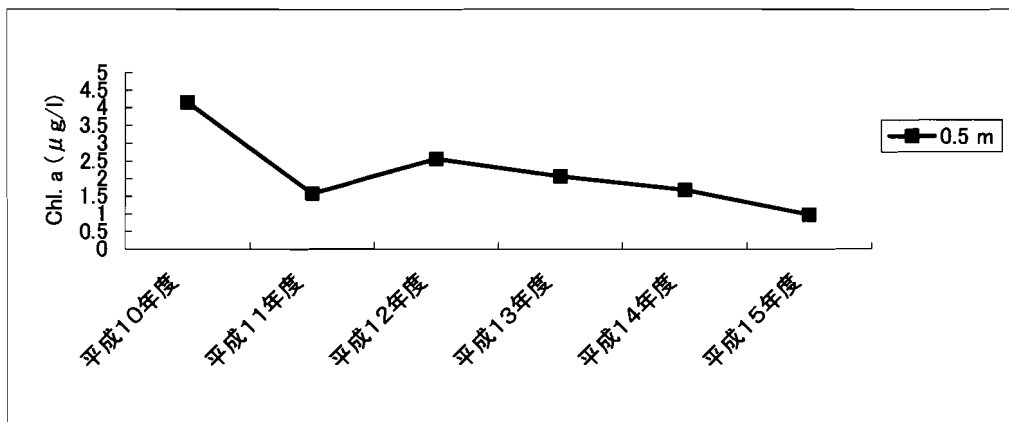


図-8 Chl. a の年度別経年変化

表層の塩分は、沖の地点で南の地点ほど低くなり、極表層域では30psu\*\*以下になる場合もあった。このことは8月20日、21日に台風11号が上陸し、陸域からの出水が沖に運ばれたため、表層で低くなったものと思われる。しかし、どの地点においても5m以深になるとおおよそ33~34psuになり、水深にかかわらず一定値になり、水柱は安定していた。

水温は、表層から約5m付近で最大値が見られ、水深が深くなるにつれて低下する傾向が見られた。

橘湾発電所の放水口に最も近いM-9の水温は、表層で最も高く27.7℃、底層で最も低く26.9℃であり、その温度差は0.8℃であった。放水口（水深7m）では、約32.8℃の温排水が放水されており、その温排水は海表面へ冷却されながら浮上し、取水口の水温である26.5℃よりも1.2℃高い水温が、M-9で観測された。橘湾火力発電所放水口に最も近いM-8の水温は、表層で最も高く28.3℃、底層で最も低く26.9℃であり、その温度差は1.4℃であった。放水口（水深9m）では、約33.7℃の温排水が放水されており、その温排水は海表面へ冷却されながら浮上し、取水口の水温である27.3℃より

も1℃高い水温がM-8では観測された。

以上のことより、橘湾発電所・橘湾火力発電所から深層より放出された温排水は、温度が高いことから比重が小さいため、比較的早く海表面へ冷却されながら浮上し、その放水口近傍の地点の水温は、取水口の水温より約1℃高くなっていた。

#### ② 水平分布

図11に、水深0, 0.5, 1, 2, 5, 6, 7, 8mにおける水温水平分布を示す。

橘湾の北岸では阿南発電所と橘湾発電所の温排水の影響があり、周辺では27.5℃の水温が表層から水深5mまで見られたが、その影響範囲は限られており小さかった。

一方、湾の南岸でも、橘湾火力発電所からの温排水の影響が見られ、その拡散範囲は湾口部へ広がっていた。橘湾火力発電所放水口に最も近いM-8の表層水温（28℃）を温排水の指標として考えると、表層から水深5mにかけては小勝島から約3km沖に離れた高島周辺まで温排水の影響があった。しかし水深6m以深になると、放水口付近で若干水温が高い

\*\* practical salinity unit (実用塩分単位)

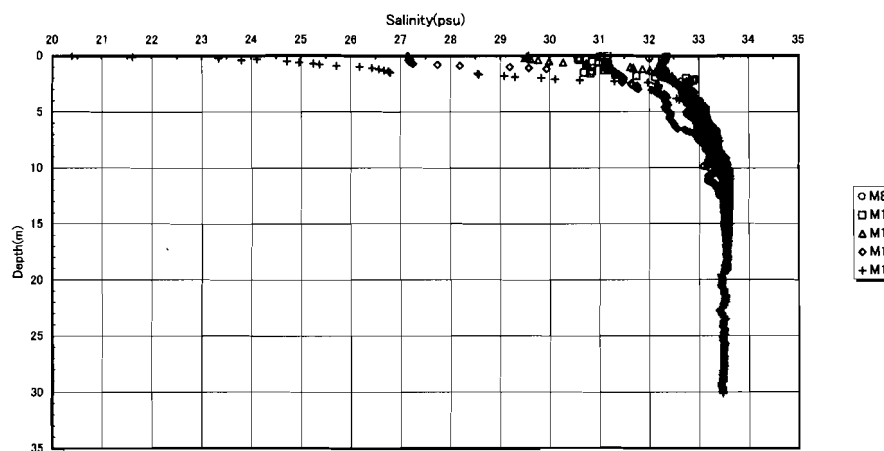
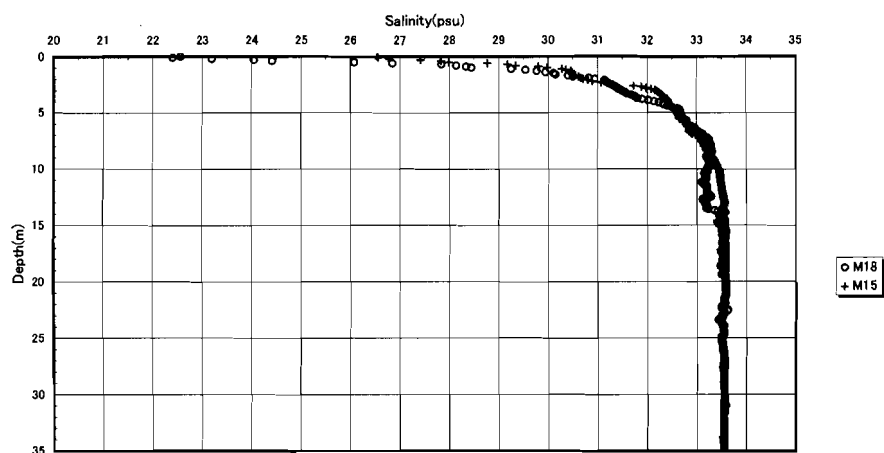
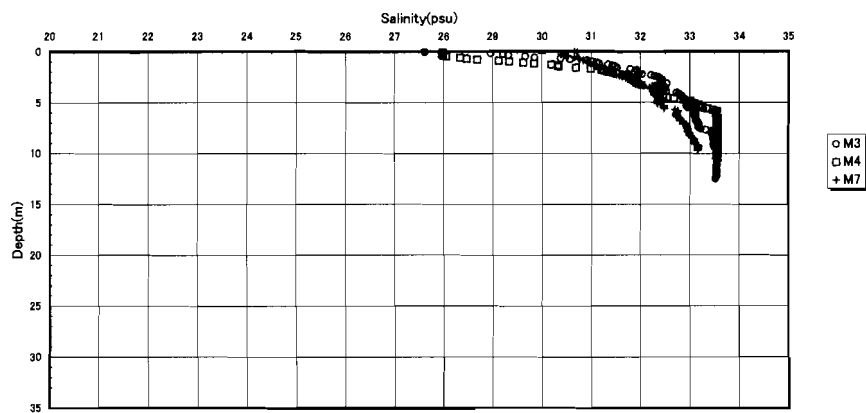
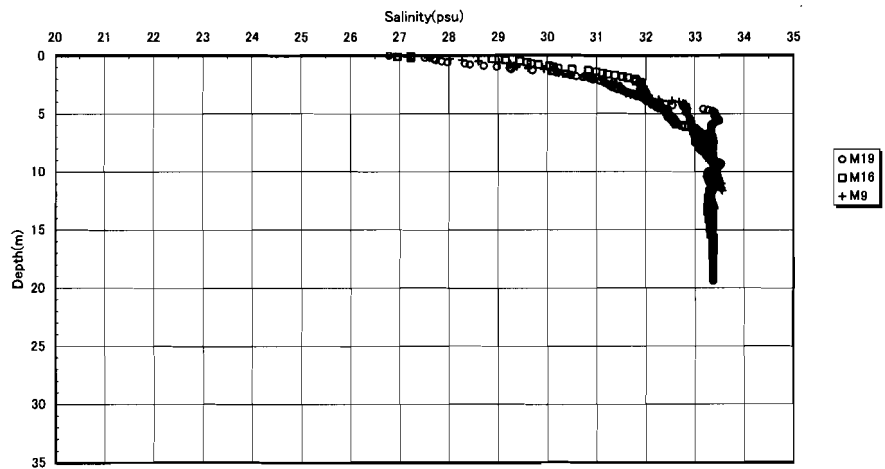


図-9 塩分の鉛直分布

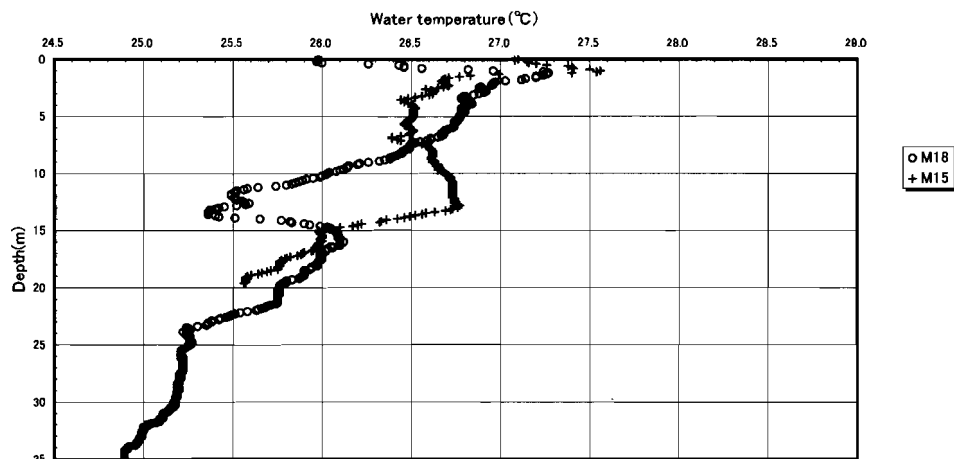
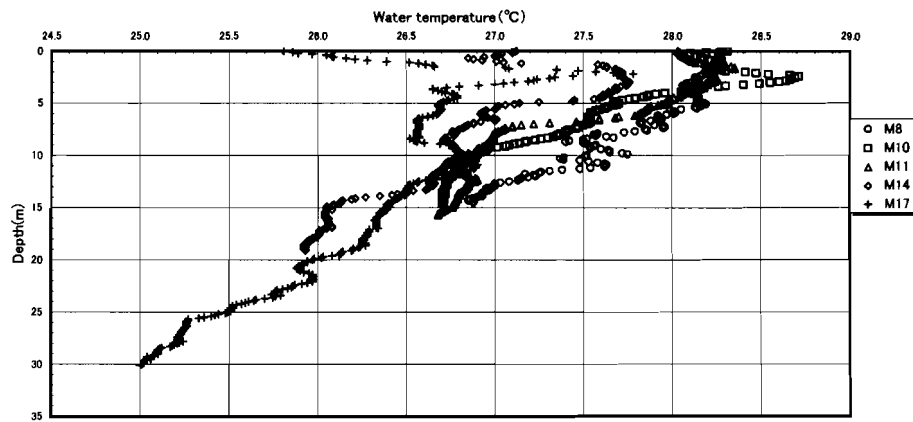
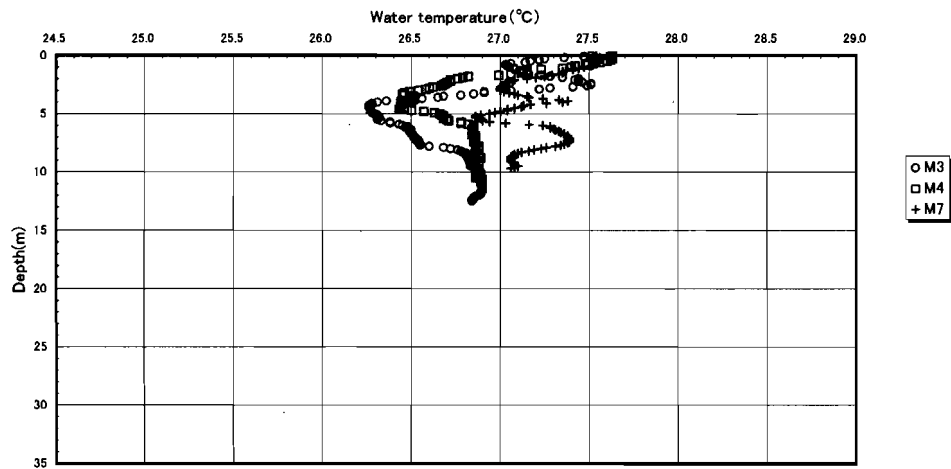
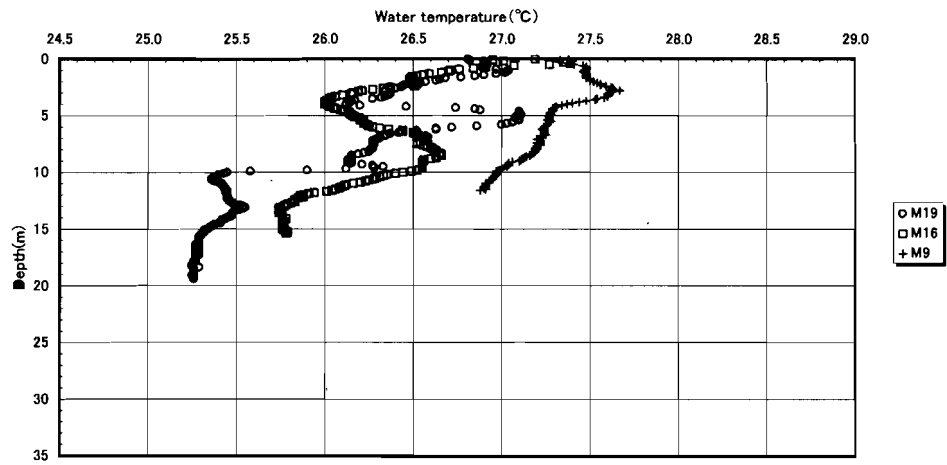
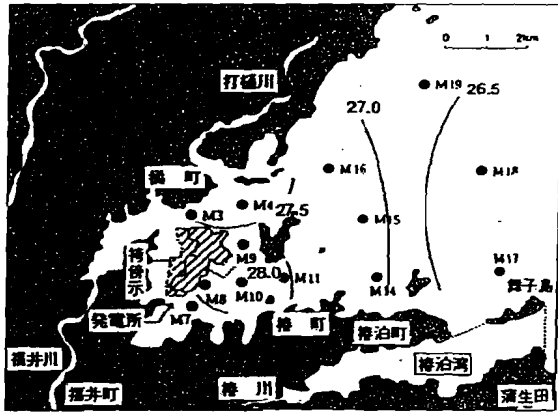
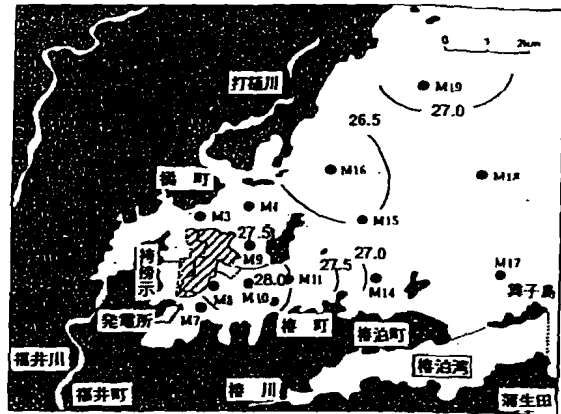


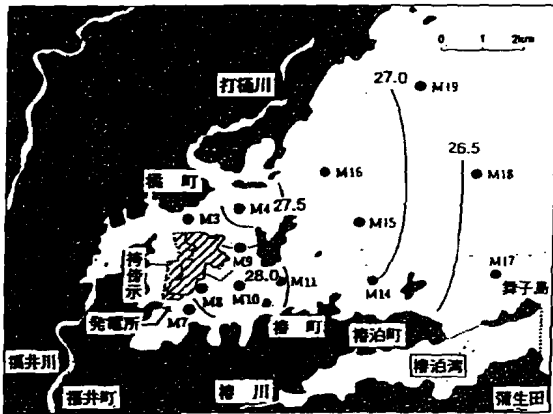
図-10 水温の鉛直分布



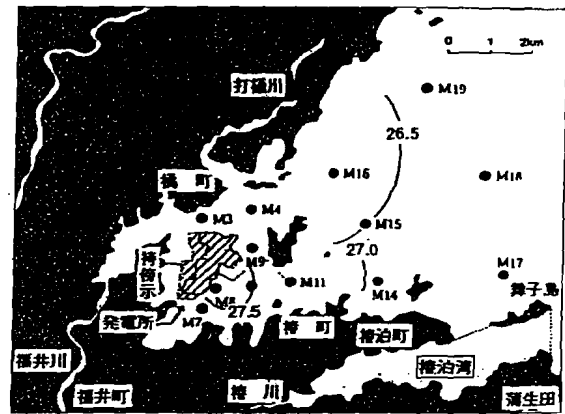
表層0mの水温(°C)水平分布



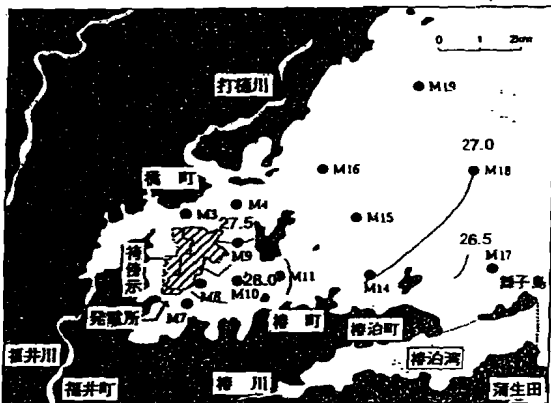
水深5.0mの水温(°C)水平分布



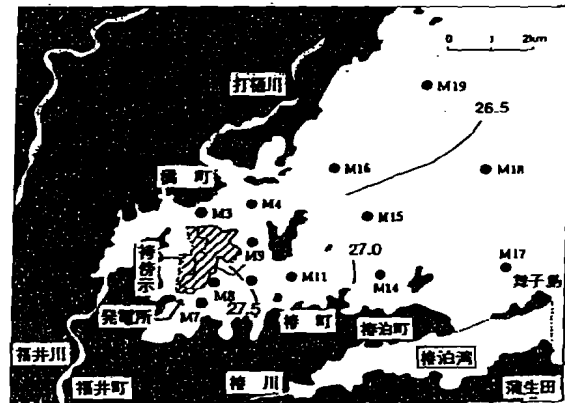
水深0.5mの水温(°C)水平分布



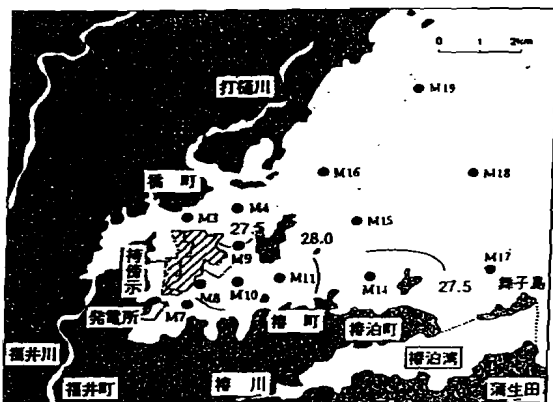
表層6.0mの水温(°C)水平分布



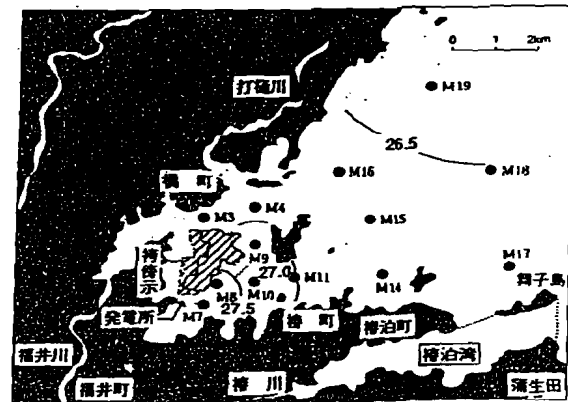
水深1.0mの水温(°C)水平分布



表層7.0mの水温(°C)水平分布



水深2.0mの水温(°C)水平分布



水深8.0mの水温(°C)水平分布

図-11 水温の水平分布

部分が見られるだけであり、小勝島から離れると徐々に水温の減衰が見られ温排水の影響は小さくなっていった。また水深2mでは野々島周辺まで27.5℃を示し、温排水の拡散距離は最も長くなった。

### ③ 考察

温排水は、放水口から排出されると、取水口の温度より約1℃の水温上昇が見られた。特に南岸では湾口部に向かって温排水が拡散しており、表層から水深5mにかけては小勝島から約3kmまで橘湾火力発電所放水口の温度が保たれていた。また他年度の夏期の調査においても、概ね同様の傾向を示した。

また冬期にも調査を実施したが、一般に塩分と水温の鉛直分布は、水柱で鉛直混合を生じている冬型のプロファイルを示したが、温排水の影響がある地点の水温は、底層よりも表層が高かった<sup>6)</sup>。

橘湾火力発電所の放水口近傍の水温を指標とした温排水は、表層から水深1mにかけて、小勝島から東方向の湾口部へ約1kmまで拡散していた。しかし、夏季の結果と比較すると、調査時には満干潮の時間を考慮したにもかかわらず、影響する水深や距離が小さいというのが冬期における調査結果の傾向であった。

## IV まとめ

橘湾の環境保全に資する目的で、定点モニタリング調査、温排水拡散実態調査等を実施した。温排水拡散実態調査では、水温と塩分量の鉛直分布と水平分布を調査することで、橘湾に与える影響を把握することができ、またモニタリング調査により水質の経過について調査し石炭火力発電所の稼働による影響が限定的なものであった。

## V 文献

- 1) 徳島県：橘湾水質予測調査 報告書，平成5年3月
- 2) 徳島県：公共用水域及び地下水の水質測定結果，平成10年度～平成15年度
- 3) 有澤 隆文他：徳島県保健環境センター年報，17，79-89 (1999)
- 4) 有澤 隆文他：徳島県保健環境センター年報，18，67-78 (2000)
- 5) 有澤 隆文他：徳島県保健環境センター年報，19，59-64 (2001)
- 6) 有澤 隆文他：徳島県保健環境センター年報，20，65-69 (2002)