

## 6. 水質汚濁防止法第17条の規定に基づく「公共用水域及び地下水の水質測定結果」の利用に関する試み・高知県沿岸海域の水温経年変化について（その1）

西山 泰彦・十川 紘一・行弘 恵\*

### The continuous monitoring of the conditions of the costal seas in Kochi Prefecture pursuant to the Water Pollution Control Act -Annual trend of sea-surface temperatures in Kochi- (1)

Yasuhiko Nishiyama・Kouichi Sogawa・Megumi Yukihiro\*

#### 1. はじめに

水質汚濁防止法（以下法という）は昭和45年に成立し、昭和46年から施行されている水質分野の中心的な法律であるが、時代背景もあり当初は工場及び事業場の汚水及び廃液に関して人の健康への被害を防止するという点に主眼が置かれていた。

また、法第15条では法の目的を達成するため「都道府県知事は、公共用水域（及び地下水）の水質の汚濁の状況を常時監視しなければならない。」とされ、法第16条では測定計画が、法第17条では「都道府県知事は、当該都道府県の区域に属する公共用水域（及び当該区域にある地下水の水質）の汚濁の状況を公表しなければならない。」と公表の義務が定められている。

県では、法の施行を受け、昭和46年度から公共用水域の監視業務をおこなっており、その監視結果の蓄積は陸水においては約40年となっている。また、海域については、当初中央部浦戸湾水域のみの監視体制であったが、昭和50年初頭から全県的な監視体制が整い県中央部では約40年、それ以外では約30年の監視実績がある。このようなことから、これまで蓄積された監視結果を利用し、県沿岸海域の経年変化の解析を試みたので報告する。

#### 2. 測定法について

公共用水域の測定については、環境庁（当時）

が昭和46年9月30日付け環水管30号で示した「水質調査方法」に基づいて調査をおこなっている。

その中で海域については次のような規定が存在する。

ウ 採水方法としては、

原則として表層および中層から採水する。表層とは、海面下0.5m、中層とは海面2mの水位置とする。水深が5m以浅の地点では表層のみから採水する。ただし、水深10mをこえる地点では、必要に応じ下層（海面下10m）からも採水する。

採水時は、昼間の干潮時を含める。なお、採水にあたっては、一斉採水が望ましい。

また、各層の試料を別々に採水分析するのを原則とするが、環境水監視調査にあつては、各層から等量ずつ採取した試料を混合し、分析してもよい。

このため、県下の調査については昭和46年の監視当初は表層のみの測定であったが、昭和47年からは各層の試料を中層採水器で採取・等量混合し、分析をおこなってきている。この結果、水深が10mを超える測定点では表層（0.5m）、中層（2m）、下層（10m）の3層を等量混合した試料のものであり、この監視結果を基に解析をおこなった。

\*現安芸農業振興センター

採水時の気温については、サンプリング地点の船上で棒状温度計を用い測定しており、水温については、等量混合した試料に棒状温度計を浸漬し測定をおこなってきた。

### 3. 解析対象測定点の選定について

高知県は、東西に広く、扇状に広がった地形を持つため海岸線が非常に長く、測定地点も愛媛県と接する県西部の宿毛市から徳島県と接する県東部の東洋町まで広い範囲に分布している。また、太平洋に面しているため沿岸海域に関しても黒潮の影響も大きいのではないかと考えられる。このため今年度の解析では、県内沿岸海域全体の大きな変化を捉えることができないかという点に主眼を置くこととし、次の基準で解析地点を選定することとした。

1. 県の海域測定地点のうち、環境基準点から選出する。
2. 内湾、湾内など陸水の影響が大きいと考えられる地点は除外する。
3. 県下全域からそれぞれの海域（宿毛湾、足摺海域、中土佐地先海域、芸東海域）から解析地点を選出する。
4. 大きな河川（主として一級河川）の河口沖では河川水温・水質の影響があることも考えられるため、今回の解析地点からは除外する。

この結果、昭和51～52年度以降継続的に測定している環境基準点の中から表1に示した5地点を選んだ。

図1に県下全体の公共用水域類型指定状況、図2～図5に、宿毛湾水域、足摺宇和海国立公園水域、中土佐地先海域関連水域、室戸阿南海岸国立公園水域の測定地点の位置図を示した。

表-1 解析対象測定地点一覧

水域名	海域名	地点名	統一地点番号	類型	監視開始年月
宿毛湾水域	宿毛湾	宿毛湾 St-4	39-607-03	A	1976(S51).7
足摺宇和海国立公園水域	足摺海域	叶岬沖 St-4	39-609-04	A	1976(S51).5
		松尾地先St-2	39-609-02	A	1977(S52).2
中土佐地先海域関連水域	中土佐地先海域	佐賀地先 St-5	39-608-05	A	1977(S52).5
室戸阿南海岸国立公園水域	芸東海域	三津地先 St-1	39-610-01	A	1977(S52).7

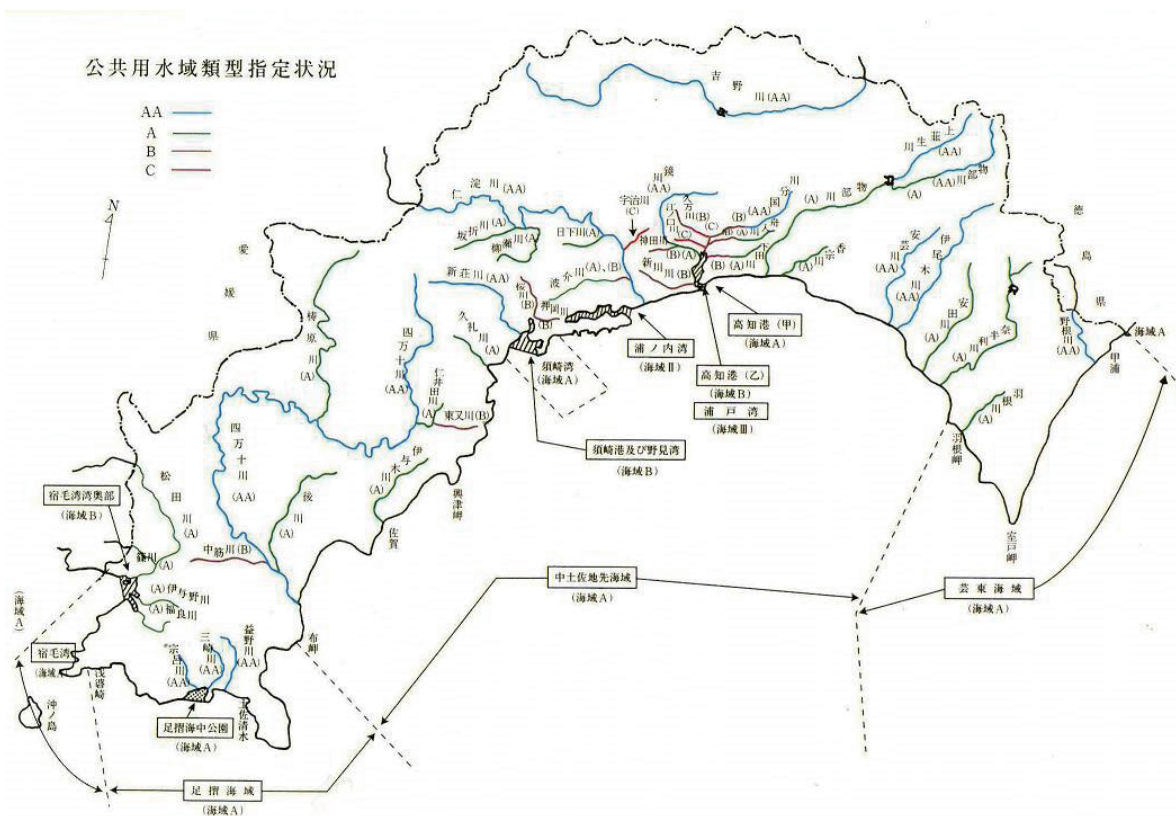


図-1 高知県公共用水域類型指定状況



図-2 宿毛湾水域・宿毛湾 (St-4)

足摺宇和海国立公園水域

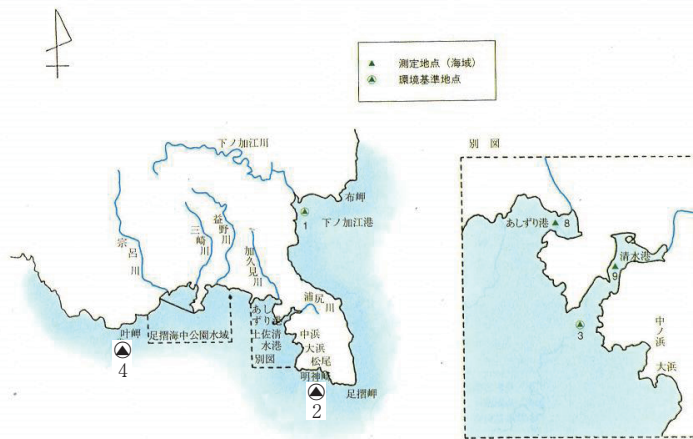


図-3 足摺宇和海国立公園水域・叶岬沖 (St-4), 松尾地先 (St-2)

中土佐地先海域関連水域

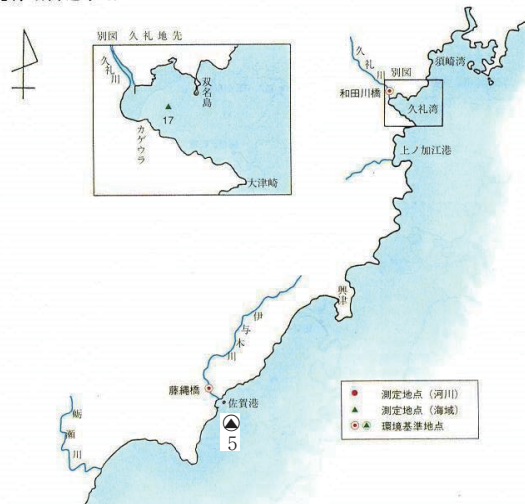


図-4 中土佐地先関連水域 佐賀地先 (St-5)

室戸阿南海岸国立公園水域

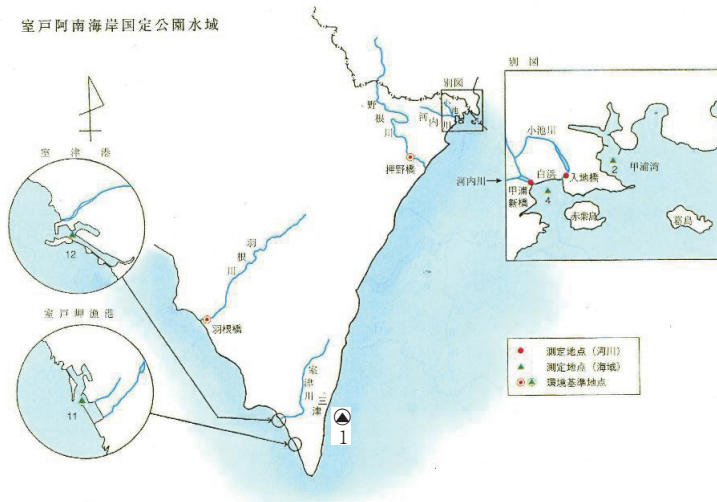


図-5 室戸阿南海岸国立公園水域・三津沖 (St-1)

4. 監視結果のクリーンアップ手法について

統計解析をおこなうにあたり、監視結果のクリーンアップをおこなった。すなわち規定に定められた通り3層混合していない試料の水温監視結果については、統計に与える影響が大きいと考えるため解析からは除外した。また、水温が35度を超え、気温よりも数度高い監視結果が確認されたため、異常値として今回の解析からは除外した。採水はすべて昼間におこなっているが、採水時刻による気温、水温の日間変動については考慮しなかった。また、今回の解析では監視結果として確定している平成18年度までのものを使用した。

5. 各地点の水温経年変化

5. 1 宿毛湾St-4

宿毛湾St-4は、陸地から3.5km程度離れており、

ほぼ外洋と言って良い状態である。水深は60m程度であり、陸水の影響はないと考えられる。昭和51年度年2回の測定が開始され、翌年からは年6回の測定となった。平成8年度からは、財政的な問題のため年4回の測定となり、現在に至っている。昭和51年度の試料は、3層混合でないことが確認されたため、今回の解析では昭和52年度以降の監視結果を用いた。解析に使用した監視結果は153日、除外は4日であった。

また、採水時に現地の船上で気温と水温を測定しているため、気温、水温経年変化を図6に、その相関について図7に示した。ただ、実務上船上で日陰を見つけるのは難しく、気温測定値は日光や放射熱の影響を受け通常の意味の気温よりも高めの値が出ている可能性が大きい。

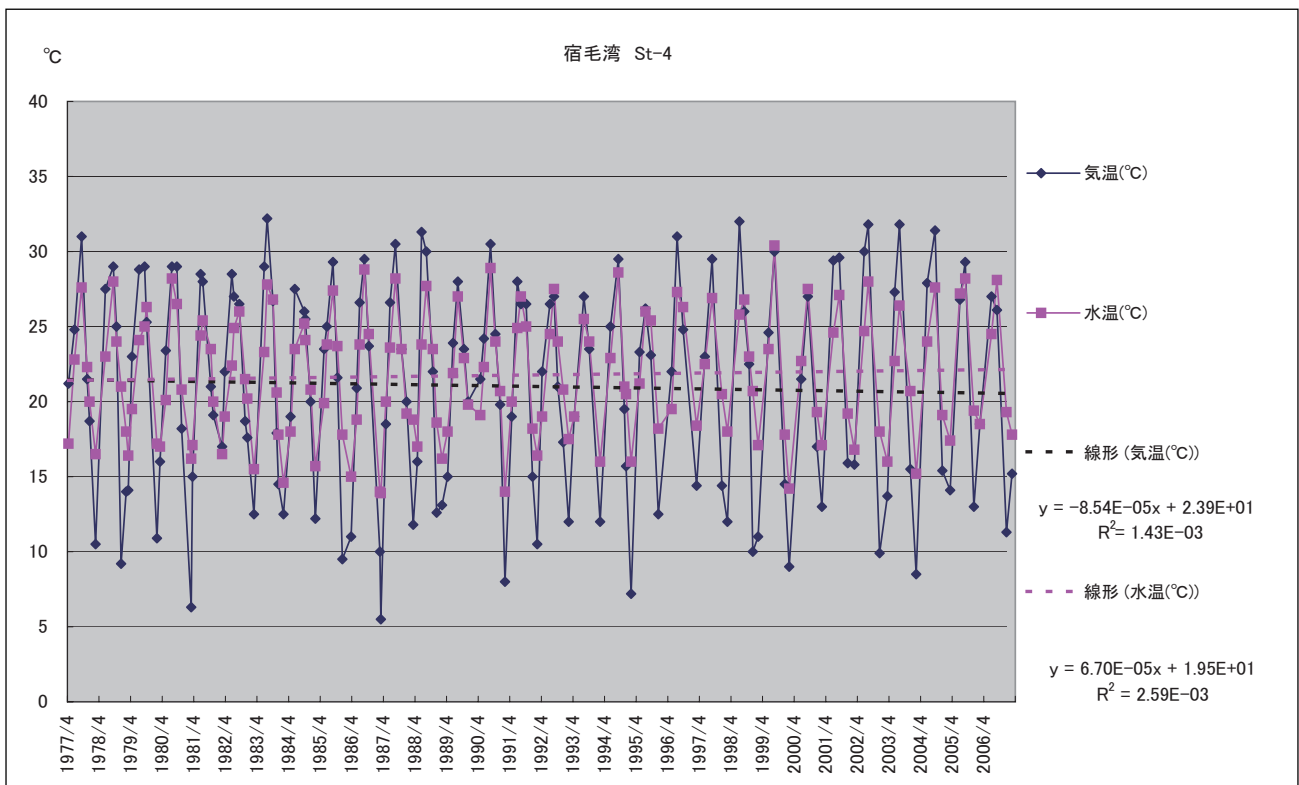
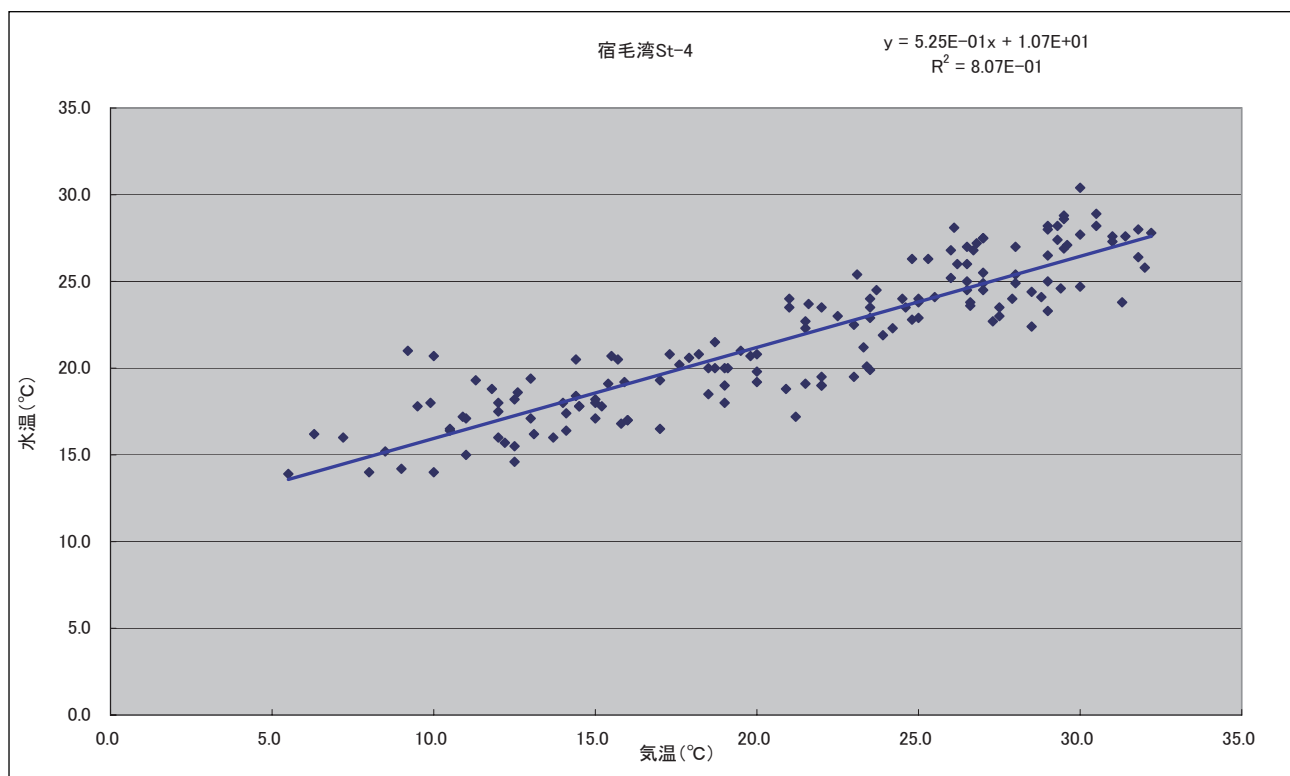


図-6 宿毛湾St-4気温・水温経年変化



図－7 宿毛湾St-4気温・水温相関

5. 2 足摺海域 叶岬沖St-4

叶岬沖St-4は、陸地から1.4km程度離れており、陸水の影響はないと考えられる。水深は30m程度となっている。昭和51年度、年2回の測定が開始され、翌年からは年6回の測定となった。その後

の経緯は、宿毛湾St-4と同じである。昭和51年度試料は3層混合ではないため今回の解析からは除外し、昭和52年度以降の3層混合試料のみで解析をおこなった。解析に使用した監視結果は151日、除外は3日であった。

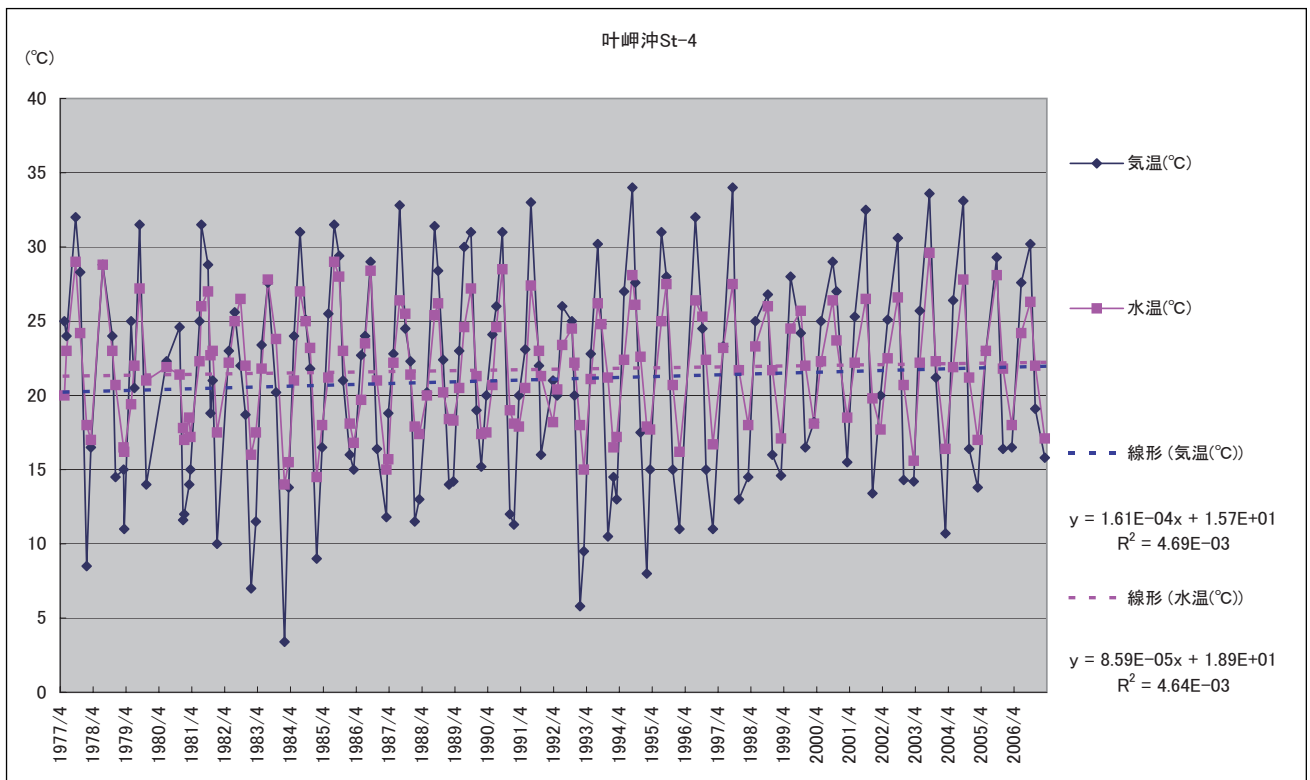


図-8 叶岬沖St-4 気温・水温経年変化

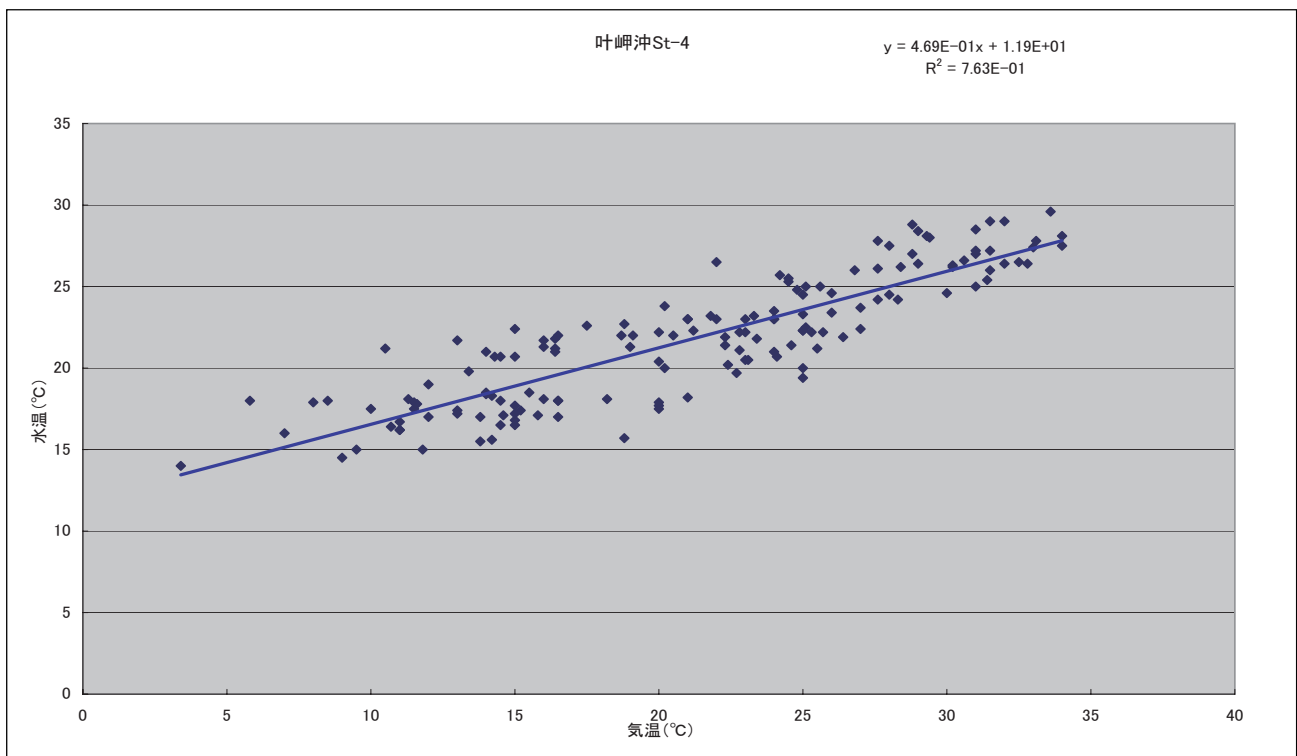


図-9 叶岬沖 St-4気温・水温相関

### 5. 3 足摺海域 松尾St-2

松尾地先St-2は陸地から1.5km程度離れており、陸水の影響はないと考えられる。水深は80m程度となっている。昭和51年度、年1回の測定が開始され、翌年からは年6回の測定となった。昭和51

年度の試料は3層混合でなかったため、今回の解析から除外し昭和52年度以降の3層混合監視結果を解析した。その後の経緯は、他の解析地点と同じである。解析に使用した監視結果は151日、除外は5日であった。

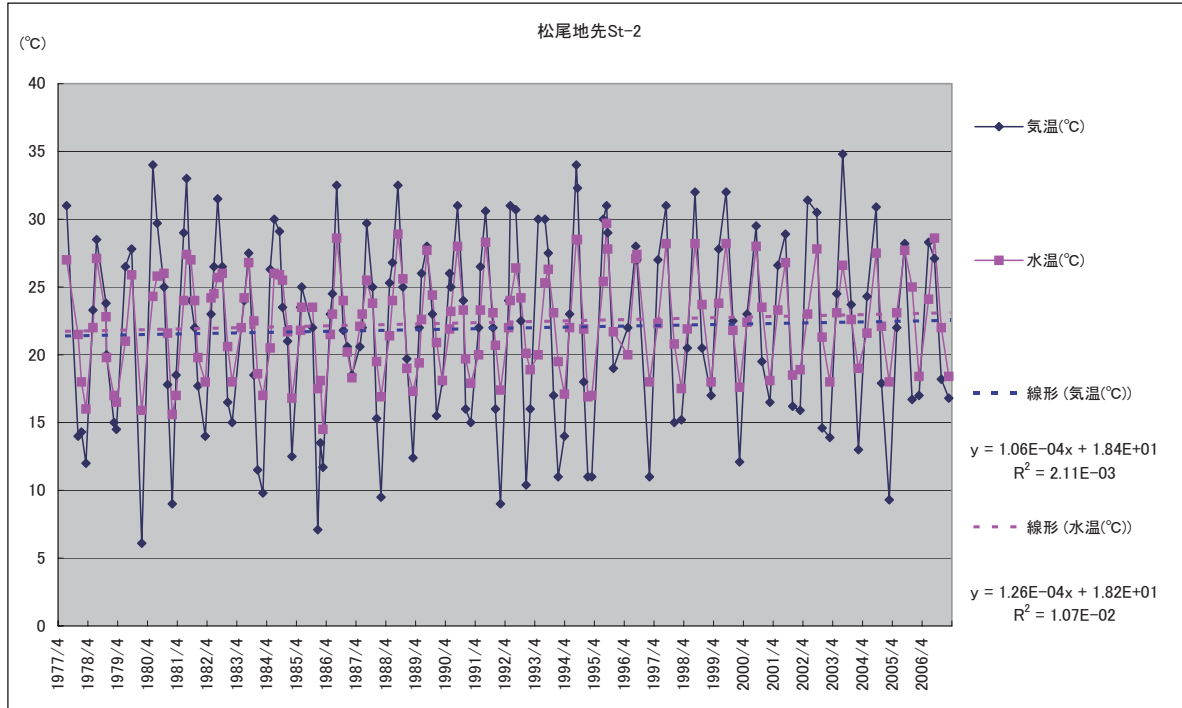


図-10 松尾地先St-2 気温・水温経年変化

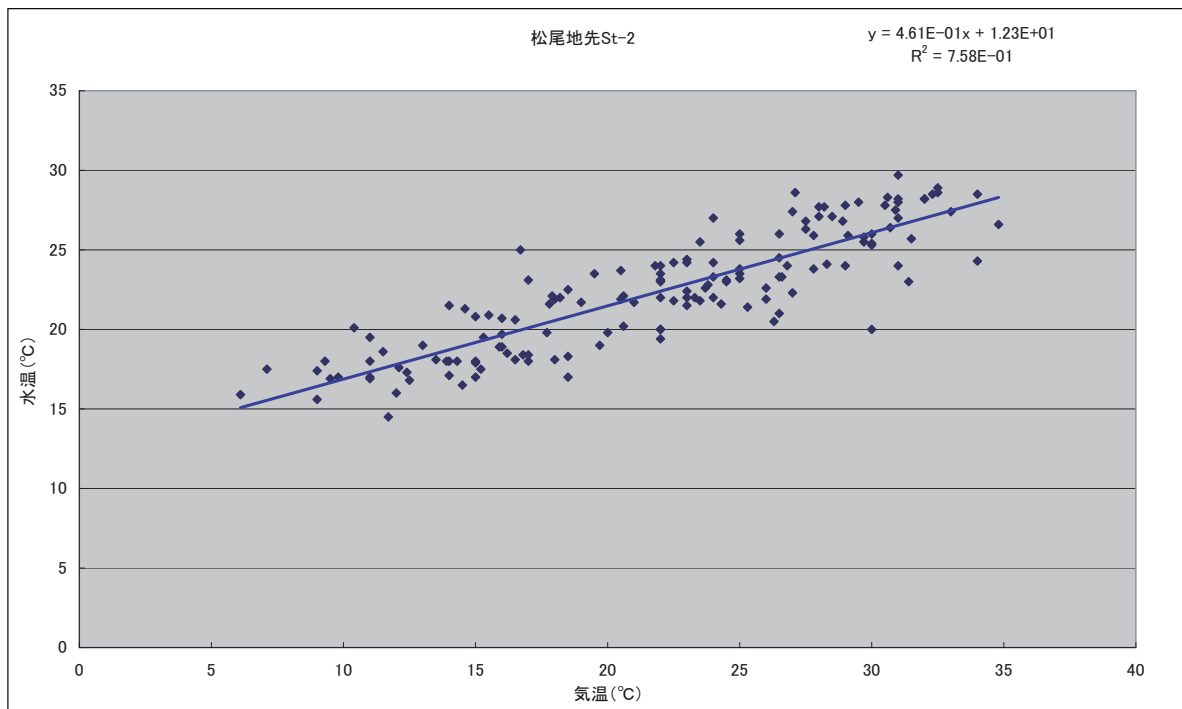


図-11 松尾地先St-2 気温・水温相関



5. 4 佐賀地先 St-5

佐賀地先St-5は昭和52年度，年6回の測定が開始された．その後の経緯は，他の解析地点と同じである．佐賀地先St-5は，陸地から1.2km程度離れており，陸水からの影響は少ないと考えられる．二級河川伊与喜川の河口沖に当たるため，海水温に影響があるかについては検討の余地があると考

えられる．水深は，30m程度であった．また，3層混合の水温が35℃を超え，気温よりも高い事例が見つかったため，異常値として今回の解析からは除外した．また，3層混合以外の試料監視結果についても解析から除外している．解析に使用した監視結果は152日，除外は3日であった．

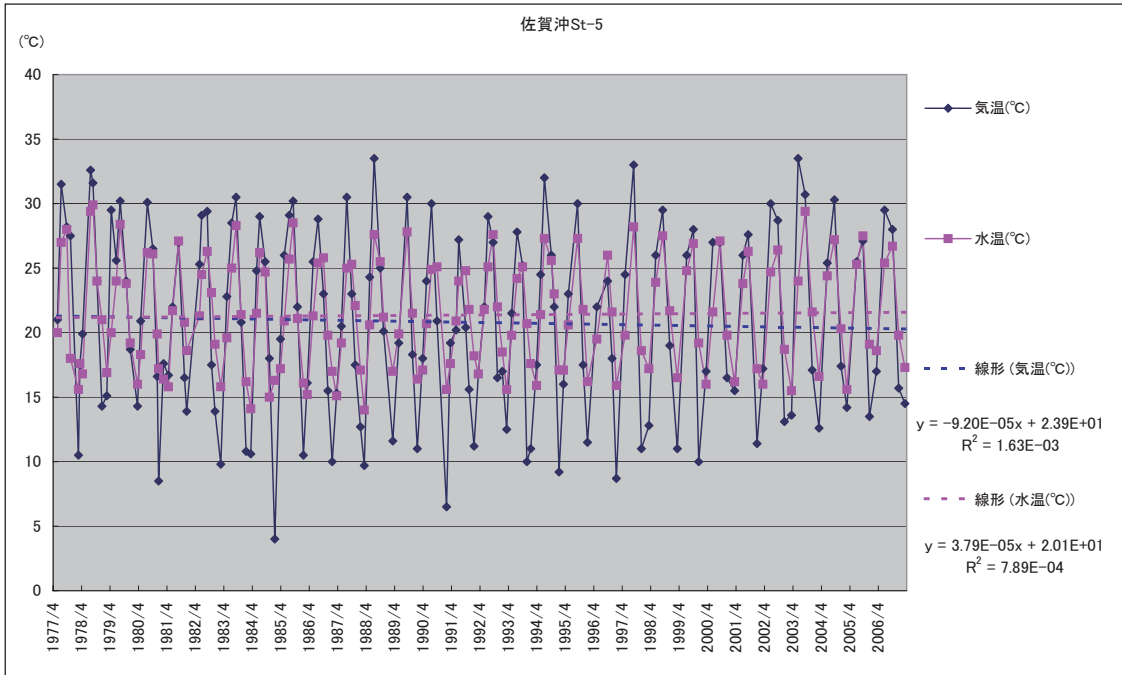


図-12 佐賀地先St-5 気温・水温経年変化

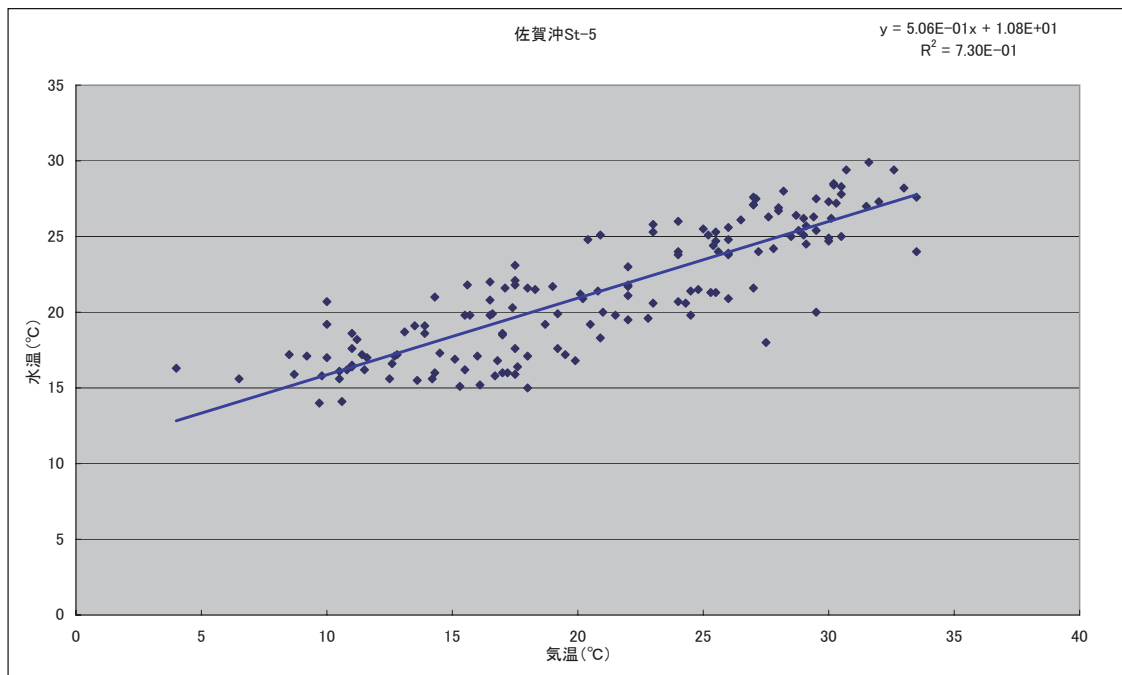


図-13 環境基準点 佐賀地先St-5 気温・水温相関

### 5.5 三津地先 St-1

三津地先St-1では、昭和52年度年1回の測定が開始され、翌年からは年6回の測定となった。その後の経緯は、他の解析地点と同じである。三津地先St-1は、室戸岬の東側にあたり陸地から0.6km程度離れている。周辺に河川はないことから陸水の影響はないと考えられる。水深は35m程度で

あった。

また、平成6年度（1994年）については3層混合試料による水温測定が十分おこなわれていなかったと考えられ、解析の上では除外せざるを得なかった。解析に使用した監視結果は139日、除外は11日であった。

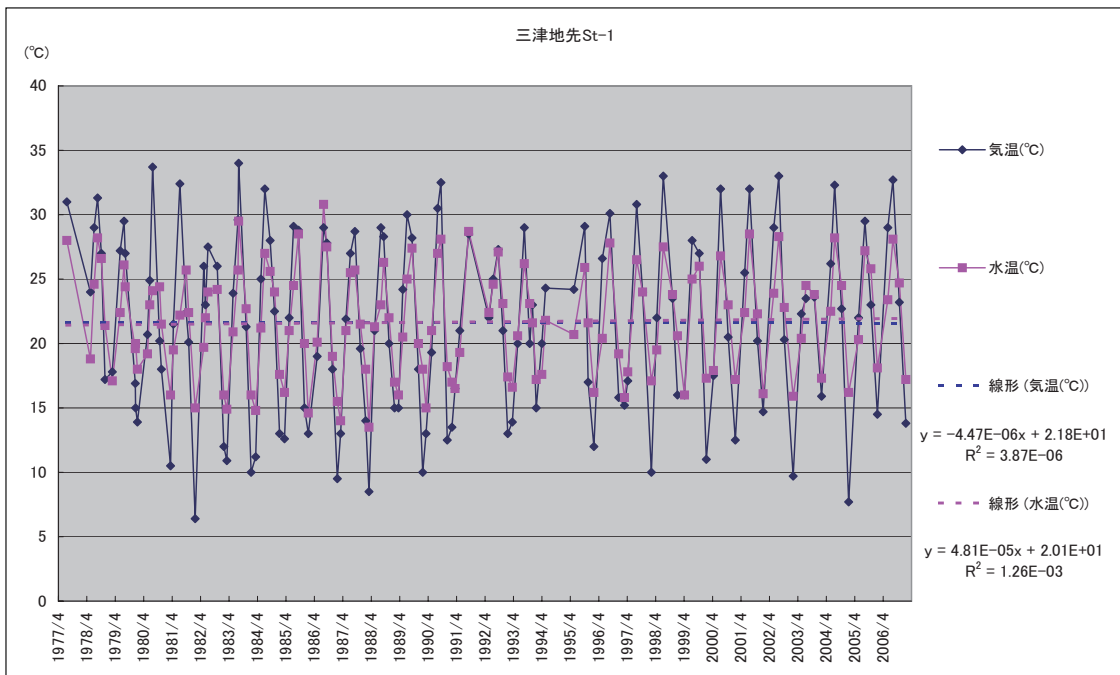


図-14 三津地先St-1 気温・水温経年変化

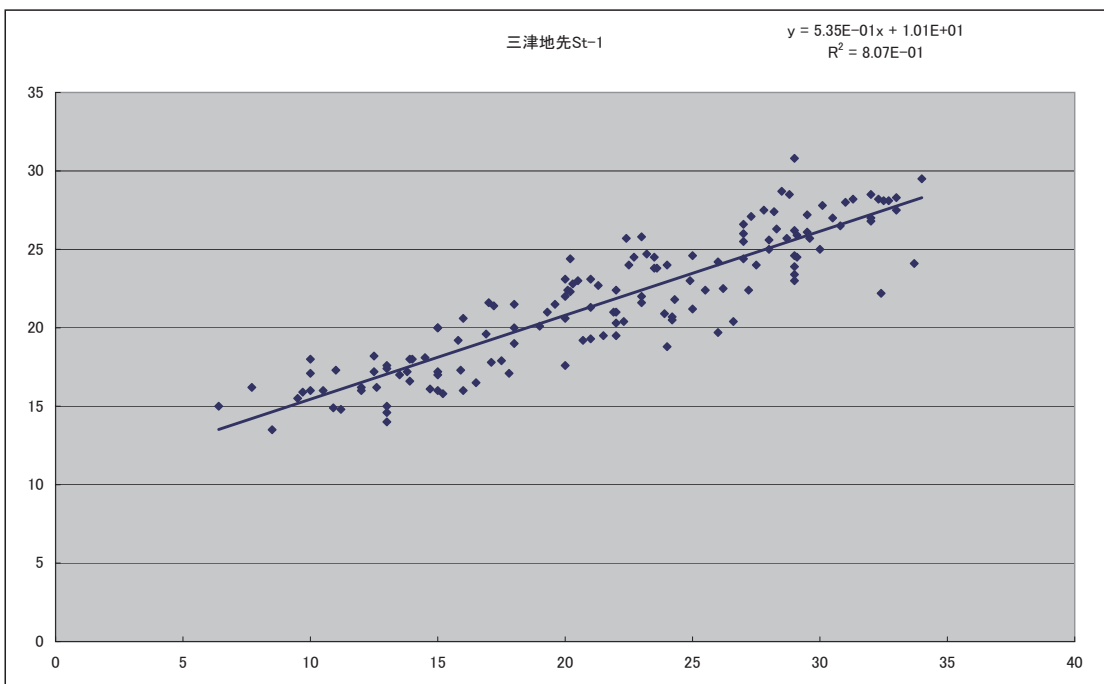


図-15 三津地先St-1 気温・水温相関

## 6. 解析結果

今回の解析では、単純な回帰モデルを適用した。回帰式の妥当性については次報以降で検討する予定であるが、結果を表2にまとめた。ここでYは、現場気温または3層混合水温であり、Xの単位は日である。Xは1900年1月1日を1とした場合の経過日数であり、例えば1977（S52）年4月1日であれば26390日と算出されることとなる。

表-2 解析環境基準点における経年変化単回帰（S52-H18年度）

地点名	気温回帰式	水温回帰式
宿毛湾 St-4	$Y = -0.0000854X + 23.9$	$Y = 0.0000670X + 19.5$
叶岬沖 St-4	$Y = 0.000161X + 15.7$	$Y = 0.0000859X + 18.9$
松尾地先 St-2	$Y = 0.000106X + 18.4$	$Y = 0.000126 X + 18.2$
佐賀地先 St-5	$Y = -0.0000920X + 23.9$	$Y = 0.0000379X + 20.1$
三津地先 St-1	$Y = -0.0000447X + 21.8$	$Y = 0.0000481X + 20.1$

また、現地気温と3層混合試料水温の解析結果を表3に示した。ここで、Aは現場気温、Bは、3層混合試料の海水温である。

表-3 解析環境基準点における気温・水温単回帰（S52-H18年度）

地点名	気温・水温回帰式	決定係数
宿毛湾 St-4	$B = 0.525A + 10.7$	$R^2 = 0.807$
叶岬沖 St-4	$B = 0.469A + 11.9$	$R^2 = 0.764$
松尾地先 St-2	$B = 0.461A + 12.3$	$R^2 = 0.758$
佐賀地先 St-5	$B = 0.506A + 10.8$	$R^2 = 0.730$
三津地先 St-1	$B = 0.535A + 10.1$	$R^2 = 0.807$

## 7. まとめ

水質汚濁防止法に基づく過去約30年間の監視結果を解析すると次の点が推定された。

1. 今回解析した5地点では、全て水深が10mを超え3層を等量混合した試料で水質測定をおこなってきた。今回、現場気温と水温の相関をみると、図7, 9, 11, 13, 15に示したとおり強い相関があり、3層混合した海水温は外気温の影響が大きいと考えられる。
2. 測定結果を見ると外気温は夏場35℃前後、冬場5℃前後と大きな季節変動があるが、3層を等量混合した試料海水温では、夏場で30℃程度、冬場で15℃前後と変動は小さい。相関係数の強さから判断すると混合試料についても外気温の変動と同じような季節変動があるものと考えられる。
3. 約30年間の監視結果を見ると、解析した高知

県沿岸海域の環境基準点の海水温は全ての基準点で上昇傾向が見られた。地点によりその傾きに差があり、単回帰式を適用したところ、佐賀地先では傾きがやや小さく、叶岬沖、松尾地先ではやや大きい傾向がみられた。傾きの大きさは、松尾地先、叶岬沖、宿毛湾、三津地先、佐賀地先の順であった。この差に伊与喜川等の陸水の影響や黒潮の影響等があるのか現時点では不明である。

4. 監視結果に単純に単回帰式を適用すると全ての環境基準点で水温の上昇傾向がみられ、その上昇率は0.4~1.4℃/30年と大きなばらつきがあった。ただ、気温や水温のように季節変動がある観測結果に単純に単回帰式を適用してよいのか、また年度により測定回数が違う監視結果を単純に解析してよいのかという統計的な疑問が存在する。見積られた値が、これまでの報告に比べて大きすぎるのではないかと考えられるため、次年度の解析では、季節変動も考慮に入れることができる重回帰分析等、現在有効ではないかと考えられる統計解析方法を試み、結果に有意性があるのか解析する予定としている。
5. 気温の単回帰式では、上昇する地点、下降する地点等様々であるが、単回帰式の傾きが通常の報告に比べ差異があると考えられる。実務では測定地点周辺の港で小さな漁船、渡船を借り上げ、サンプリング、測定をおこなうことが通常である。小さな船上では、気温を正確に測定することは困難であり、測定時刻の補正をおこなっていないことも結果に影響しているのではないかと考えられる。

## 8. 最後に

高知県では昭和46年からの水質汚濁防止法に基づく公共用水域の監視結果が蓄積されてきた。測定地点については、増減はあるが、沿岸海域では昭和50年度初頭から全県的監視体制が整い、地道な監視が続けられている。また、平成8年度からは財政的な問題もあり監視体制の縮減がはかれることとなった。

公共用水域監視結果は、陸水では約40年間、海域でも約30年間蓄積されており、今後も継続的に監視されることとなっている。このようなことか

ら、これまで蓄積された監視結果を有効利用し、  
県下の環境変化について解析を試みた。

蓄積されてきた監視結果は膨大であるが、今年  
度については、海域環境基準点の中から代表的な  
数ヶ所を選び、単純な探索的解析をおこなった。  
高知県は、太平洋に面し、海水温は黒潮の影響を

受けるのではないかと考えられるが、沿岸海域に  
関しても地点による特徴があると考えられる。

最後に、これまで地道に県下公共用水域の監視、  
測定、分析、整理されてきた諸先輩、同僚の皆様  
に感謝したい。