

4. 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2）

西山泰彦・十川絏一*

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 (2) —

Yasuhiko Nishiyama・Kouichi Sogawa

【要旨】 水質汚濁防止法に基づく公共用水域監視結果を用い、海水温の経年変化を明らかにすることを試みた。県下全域の沿岸海域から代表的な5地点を選び、昭和52年度以降約30年間の監視結果から表層に近い海水温の経年変化を調べた。単回帰法、重回帰法のいずれの手法でも沿岸域の海水温上昇傾向が確認できた。上昇温度は、単回帰法では30年間換算で0.4～1.4℃、重回帰法では0.5～1.3℃と算出された。

Key words: 沿岸海域, 表層, 海水温, 重回帰, 単回帰, 上昇傾向, 水質汚濁防止法

1. はじめに

前報²⁾では、これまで蓄積された約30年間の公共用水域監視結果を解析し、沿岸海域の水温経年変化を明らかにできないか試みた。その結果、表1に示した5地点全てで海水温の上昇傾向が見られることがわかった。しかし、単回帰を使った単純な解析方法であったため、本報では季節変動を考慮に入れることが出来る重回帰分析手法を試みることとした。

2. 測定法・解析地点について

県でおこなう試料は表層(0.5m)、中層(2m)、下層(10m)の3層の海水を等量混合したものを分析しており、前報に引き続きこの方法を基に解析をおこなった。また、解析地点は、前報と同じく県内全域から5地点を選んだ。解析対象測定地点を表1に示した。

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	水深
宿毛湾水域	宿毛湾	宿毛湾St-4	39-607-03	A	1976(S51).7	約60m
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	約30m
		松尾地先St-2	39-609-02	A	1977(S52).2	約80m
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	約30m
室戸阿南海岸国定公園水域	芸東海域	三津地先St-1	39-610-01	A	1977(S52).7	約35m

* 現高知県環境対策課

表2 重回帰の目的変数と説明変数とダミー変数の設定方法の一例

測定年月	目的変数		説明変数											
	水温実測値 (T_j)	経過月数	季節効果(ダミー変数: A_k)											
			4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	
S52年4月	T_1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S52年5月	T_2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S52年6月	T_3	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S52年7月	T_4	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
S52年8月	T_5	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
S52年9月	T_6	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
S52年10月	T_7	7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
S52年11月	T_8	8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
S52年12月	T_9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
S53年1月	T_{10}	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
S53年2月	T_{11}	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
S53年3月	T_{12}	12	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

3. 監視結果のクリーンアップ手法について

解析を行うにあたり、測定結果のクリーンアップを行った。クリーンアップ手法は前報²⁾と同じ手法を用いた。各地点とも水深が10mを超えているため採水時に3層混合していない水温測定結果は解析から除外した。なお、今回も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。

4. 解析手法

海水温は外気温の影響を受けるため夏期は高く、冬期は低く推移すると考えられる。このため、季節変動を反映するため名目変数であるダミー変数(A_k)を表2のように設定し、各月毎のファクターを説明変数として設定した。ダミー変数は名目変数であるため単年度の和が0となるようにその年度の最後の月のダミー変数として-1を設定した。また、今回の解析では1977(S52)年4月を基点とし、その時の説明変数 $M_j = 1$ となるように設定し算出した。

このモデルを使うと、海水温を表す目的変数 T_j は全データに対する傾きと各月毎の効果に分離することができる。このため傾き効果と季節による気温変動の周期性に該当するファクター部分に分離することができ、より詳細な解析が期待できる。

目的変数である海水温実測値 T_j は次に示した

式1で説明できる。

$$T_j = \text{傾き効果} \times M_j + \text{定数項} + C_i \times A_k \dots (\text{式1})$$

T_j : 海水温

M_j : S52年4月を1とした経過月数

C_i ($i = 1 \sim 12$): 各月の偏回帰係数

A_k ($k = 1, 2, 4 \sim 12$): 各月のダミー変数

(ただし $k = i$ のとき $A_k = 1$, $k \neq i$ のとき $A_k = 0$)

また、単回帰分析には通常の方法とは違い丸めの誤差を確認するために全てのダミー変数を0と設定して算出してみることにした。解析にはマイクロソフト社のExcelにオプション付属している統計ツールを使用した。

5. 解析結果

5.1 宿毛湾St-4

宿毛湾St-4は、陸地から約3.5km離れており、水深は約60mである。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152日、除外は11日であった。重回帰解析結果を表3に単回帰解析結果を表4に示した。また、算出された重回帰モデルを使い、実測水温と算出水温を図1に示した。

表3 宿毛湾St-4 重回帰解析結果

回帰統計	
重相関 r	0.960
重決定 r ²	0.921
補正 r ²	0.914
標準誤差	1.204
観測数	152

分散分析表

	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F
回帰	12	2345.146	195.429	134.917	2.861E-70
残差	139	201.343	1.449		
合計	151	2546.489			

	係数	標準誤差	t	p-値	下限 95%	上限 95%	下限 99.0%	上限 99.0%
切片	21.2997	0.205	104.030	1.004E-133 ***	20.895	21.705	20.765	21.834
傾き効果	0.0013	0.001	1.262	0.209	-0.001	0.003	-0.001	0.004
4月	-2.7772	0.377	-7.375	1.346E-11 ***	-3.522	-2.033	-3.761	-1.794
5月	-1.5804	0.512	-3.087	2.440E-03 **	-2.593	-0.568	-2.917	-0.243
6月	2.0648	0.273	7.550	5.215E-12 ***	1.524	2.605	1.351	2.779
7月	4.5337	0.394	11.517	5.733E-22 ***	3.755	5.312	3.506	5.562
8月	6.1584	0.326	18.886	3.332E-40 ***	5.514	6.803	5.307	7.010
9月	5.2303	0.337	15.500	4.287E-32 ***	4.563	5.897	4.349	6.112
10月	2.7227	0.318	8.552	1.973E-14 ***	2.093	3.352	1.891	3.554
11月	-0.1670	0.516	-0.324	0.746	-1.186	0.852	-1.513	1.179
12月	-2.0774	0.273	-7.603	3.910E-12 ***	-2.618	-1.537	-2.791	-1.364
1月	-4.1440	1.114	-3.721	2.868E-04 ***	-6.346	-1.942	-7.052	-1.236
2月	-5.1847	0.280	-18.549	2.009E-39 ***	-5.737	-4.632	-5.915	-4.455

* : 危険率 5 % で有意, ** : 危険率 1 % で有意, *** : 危険率 0.1 % で有意

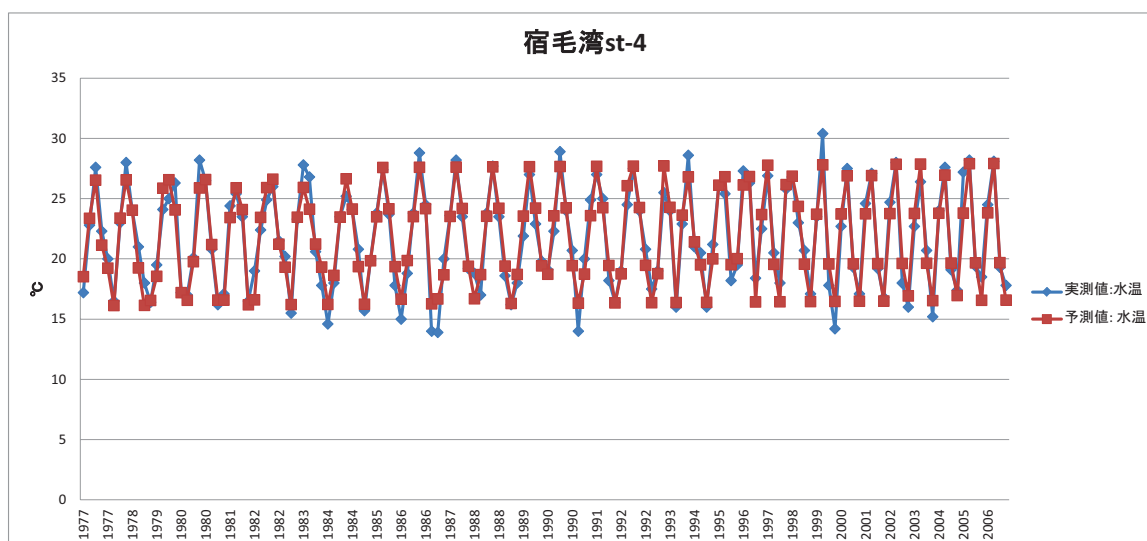


図1 宿毛湾St-4 水温経年変化 (実測値と予測値)

表4 宿毛湾St-4 単回帰解析結果*

回帰統計	
重相関 r	0.048
重決定 r ²	0.002
補正 r ²	-0.078
標準誤差	4.116
観測数	152

分散分析表

	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F
回帰	12	5.778	0.481	0.341	0.980
残差	150	2540.711	16.938		
合計	162	2546.489			

	係数	標準誤差	t	P-値	下限 95%	上限 95%	下限 99.0%	上限 99.0%
切片	21.443	0.636	33.732	6.412E-72	20.187	22.699	19.784	23.101
傾き効果	0.002	0.003	0.584	0.560	-0.005	0.008	-0.007	0.010

*すべてのダミー変数を0として算出

5. 2 足摺海域 叶岬沖St-4

叶岬沖St-4は、陸地から約1.4km離れており、水深は約30mとなっている。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9日であった。重回帰解析結果を表5に、単回帰解析結果を表6に示した。また、算出された重回帰モデルを使い、実測水温と算出水温を図2に示した。

表5 叶岬沖St-4 重回帰分析結果

回帰統計	
重相関 r	0.950
重決定 r ²	0.903
補正 r ²	0.888
標準誤差	1.246
観測数	151

分散分析表

	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F
回帰	12	2012.543	167.712	117.927	2.93E-66
残差	139	215.653	1.551		
合計	151	2228.196			

	係数	標準誤差	t	p-値	下限 95%	上限 95%	下限 99.0%	上限 99.0%
切片	21.4547	0.239	89.716	6.412E-125 ***	20.982	21.928	20.830	22.079
傾き効果	0.0024	0.001	2.246	2.626E-02 *	0.000	0.004	0.000	0.005
4月	0.0000	0.000	65535.000	***	0.000	0.000	0.000	0.000
5月	-0.4443	0.276	-1.610	1.096E-01	-0.990	0.101	-1.165	0.276
6月	1.3579	0.525	2.587	1.070E-02 *	0.320	2.396	-0.013	2.728
7月	4.0279	0.329	12.246	7.592E-24 ***	3.378	4.678	3.169	4.887
8月	4.9010	0.582	8.419	4.183E-14 ***	3.750	6.052	3.381	6.421
9月	5.1218	0.287	17.871	7.810E-38 ***	4.555	5.688	4.373	5.870
10月	2.3854	0.424	5.629	9.629E-08 ***	1.548	3.223	1.279	3.492
11月	-0.0401	0.265	-0.151	8.800E-01	-0.564	0.483	-0.732	0.652
12月	-2.4728	0.583	-4.243	4.000E-05 ***	-3.625	-1.321	-3.995	-0.951
1月	-4.7502	0.328	-14.494	1.393E-29 ***	-5.398	-4.102	-5.606	-3.894
2月	-5.3172	0.819	-6.489	1.414E-09 ***	-6.937	-3.697	-7.457	-3.177

*：危険率5%で有意，**：危険率1%で有意，***：危険率0.1%で有意

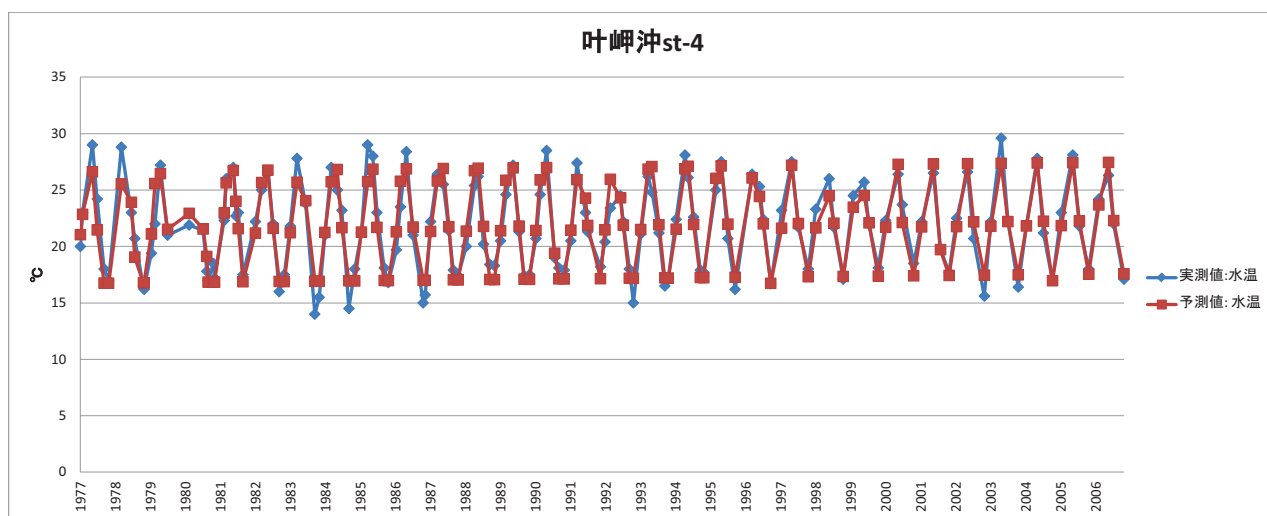


図2 叶岬沖St-4 水温経年変化 (実測値と予測値)

表6 叶岬沖St-4 単回帰解析結果*

回帰統計	
重相関 r	0.067
重決定 r^2	0.005
補正 r^2	-0.076
標準誤差	3.858
観測数	151

分散分析表

	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F
回帰	12	10.127	0.844	0.680	0.768
残差	149	2218.068	14.886		
合計	161	2228.196			

	係数	標準誤差	t	p-値	下限 95%	上限 95%	下限 99.0%	上限 99.0%
切片	21.2648	0.645	32.952	2.633E-70	19.990	22.540	19.581	22.949
傾き効果	0.0026	0.003	0.825	0.411	-0.004	0.009	-0.006	0.011

*すべてのダミー変数を0として算出

5.3 足摺海域 松尾St-2

松尾地先St-2は陸地から約1.5km離れており、水深は約80mとなっている。昭和52年度以降の3層混合監視結果を解析した。解析に使用した監視

結果は151日、除外は10日であった。重回帰解析結果を表7に、単回帰解析結果を表8に示した。また、算出された重回帰モデルを使い、実測水温と算出水温を図3に示した。

表7 松尾地先St-2 重回帰分析結果

回帰統計	
重相関 r	0.950
重決定 r ²	0.903
補正 r ²	0.888
標準誤差	1.187
観測数	151

分散分析表

	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F
回帰	12	1828.030	152.336	117.919	2.94E-66
残差	139	195.894	1.409		
合計	151	2023.924			

	係数	標準誤差	t	p-値	下限 95%	上限 95%	下限 99.0%	上限 99.0%
切片	21.7656	0.204	106.899	2.396E-135 ***	21.363	22.168	21.234	22.297
傾き効果	0.0032	0.001	2.835	5.271E-03 **	0.001	0.005	0.000	0.006
4月	0.0000	0.000	65535.000	***	0.000	0.000	0.000	0.000
5月	-0.6067	0.262	-2.318	2.189E-02 *	-1.124	-0.089	-1.290	0.077
6月	1.2636	0.289	4.367	2.445E-05 ***	0.691	1.836	0.508	2.019
7月	3.7009	0.432	8.574	1.739E-14 ***	2.847	4.554	2.574	4.828
8月	5.0906	0.274	18.579	1.708E-39 ***	4.549	5.632	4.375	5.806
9月	4.8863	0.345	14.155	1.001E-28 ***	4.204	5.569	3.985	5.788
10月	2.3975	0.345	6.946	1.326E-10 ***	1.715	3.080	1.496	3.299
11月	-0.2613	0.304	-0.861	0.391	-0.862	0.339	-1.054	0.532
12月	-1.9988	0.300	-6.672	5.538E-10 ***	-2.591	-1.406	-2.781	-1.216
1月	-4.7589	0.455	-10.462	2.972E-19 ***	-5.658	-3.860	-5.947	-3.571
2月	-4.7094	0.258	-18.226	1.139E-38 ***	-5.220	-4.199	-5.384	-4.035

*：危険率5%で有意，**：危険率1%で有意，***：危険率0.1%で有意

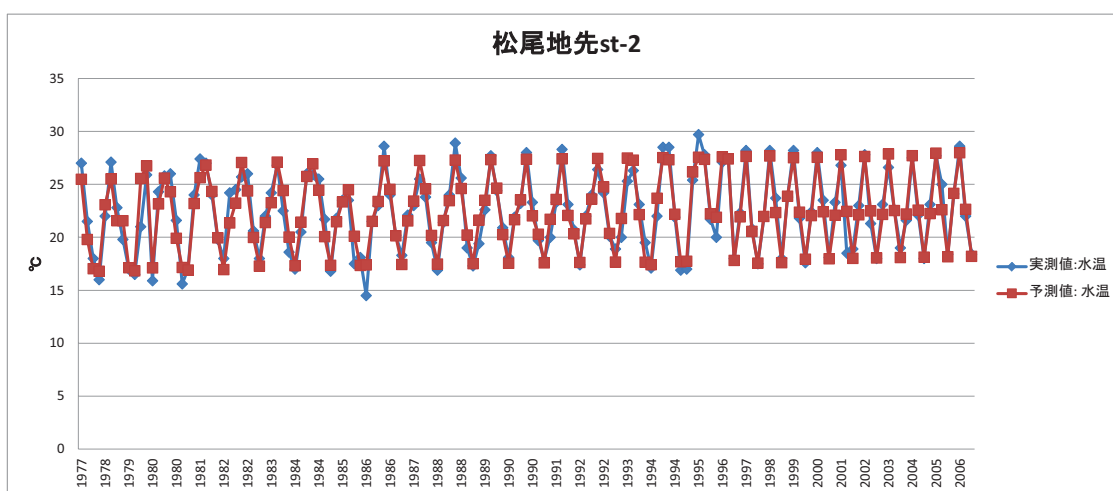


図3 松尾地先St-2 水溫経年変化（実測値と予測値）

表8 松尾地先 St-2 回帰解析結果*

回帰統計	
重相関 r	0.103
重決定 r^2	0.011
補正 r^2	-0.070
標準誤差	3.666
観測数	151

分散分析表					
	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F
回帰	12	21.676	1.806	1.613	0.095
残差	149	2002.248	13.438		
合計	161	2023.924			

	係数	標準誤差	t	p-値	下限 95%	上限 95%	下限 99.0%	上限 99.0%
切片	21.7165	0.591	36.728	0.000	20.548	22.885	20.174	23.259
傾き効果	0.0038	0.003	1.270	0.206	-0.002	0.010	-0.004	0.012

*すべてのダミー変数を0として算出

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。佐賀地先St-5は、陸地から1.2km程度離れており、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。解析に使用した監視結果は152日、除外は7日であった。重回帰解析結果を表9に、単回帰解析結果を表10に示した。また、算出された重回帰モデルを使い、実測水温と算出水温を図4に示した。

表9 佐賀地先St-5 重回帰分析結果

回帰統計	
重相関 r	0.955
重決定 r^2	0.912
補正 r^2	0.905
標準誤差	1.296
観測数	152

分散分析表					
	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F
回帰	12	2426.713	202.226	120.308	4.04E-67
残差	139	233.646	1.681		
合計	151	2660.3589			

	係数	標準誤差	t	p-値	下限 95%	上限 95%	下限 99.0%	上限 99.0%
切片	21.1065	0.211	100.242	1.628E-131 ***	20.690	21.523	20.557	21.656
連番	0.0022	0.001	1.897	0.05988	0.000	0.005	-0.001	0.005
4月	-3.4506	0.619	-5.573	1.259E-07 ***	-4.675	-2.226	-5.068	-1.833
5月	-0.9079	0.312	-2.905	4.271E-03 ***	-1.526	-0.290	-1.724	-0.092
6月	2.3030	0.393	5.867	3.093E-08 ***	1.527	3.079	1.278	3.328
7月	4.4670	0.330	13.520	4.109E-27 ***	3.814	5.120	3.604	5.330
8月	6.6912	0.549	12.197	1.013E-23 ***	5.607	7.776	5.258	8.124
9月	5.1986	0.295	17.601	3.402E-37 ***	4.615	5.783	4.427	5.970
10月	3.6954	0.466	7.928	6.538E-13 ***	2.774	4.617	2.478	4.913
11月	-0.6755	0.321	-2.105	3.706E-02 **	-1.310	-0.041	-1.513	0.162
12月	-2.1833	0.340	-6.418	2.028E-09 ***	-2.856	-1.511	-3.072	-1.295
1月	-4.6815	0.351	-13.329	1.262E-26 ***	-5.376	-3.987	-5.599	-3.764
2月	-5.2635	0.546	-9.633	3.877E-17 ***	-6.344	-4.183	-6.691	-3.837

*: 危険率5%で有意, **: 危険率1%で有意, ***: 危険率0.1%で有意

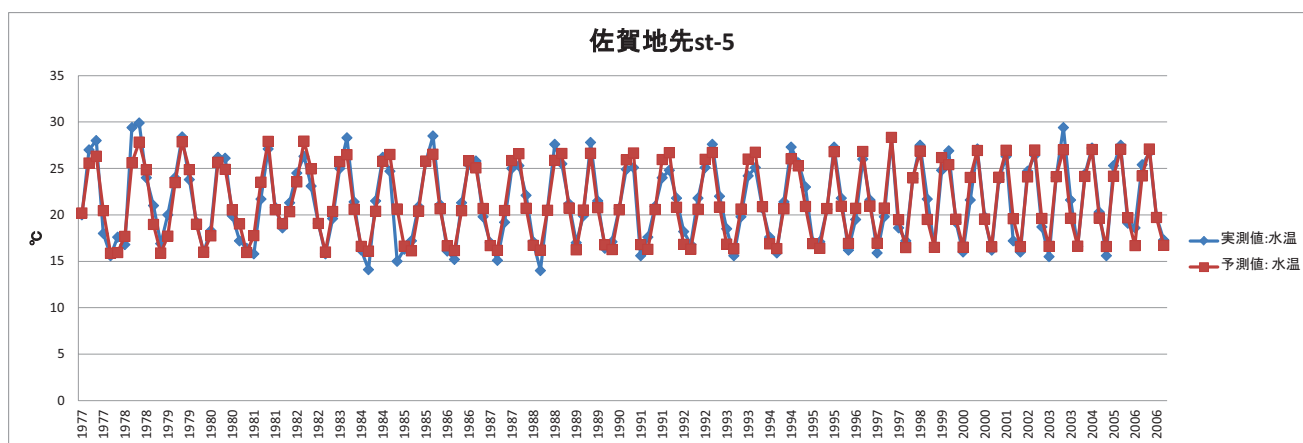


図4 佐賀地先St-5 水溫経年変化（実測値と予測値）

表10 佐賀地先St-5 単回帰解析結果*

回帰統計	
重相関 r	0.028
重決定 r^2	0.001
補正 r^2	-0.079
標準誤差	4.210
観測数	152

分散分析表

	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F
回帰	12	2.079	0.173	0.117	1.000
残差	150	2658.280	17.722		
合計	162	2660.359			

	係数	標準誤差	t	p-値	下限 95%	上限 95%	下限 99.0%	上限 99.0%
切片	21.1628	0.651	32.514	8.243E-70	19.877	22.449	19.465	22.861
傾き効果	0.0011	0.003	0.343	0.732	-0.005	0.008	-0.008	0.010

*すべてのダミー変数を0として算出

5.5 三津地先 St-1

三津地先St-1は、室戸岬の東側にあたり陸地から約0.6km離れており、水深は約35m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溫測定が十分おこなわれていなかったと考えられ、解析する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140日、除外は11日であった。重回帰解析結果を表11に単回帰解析結果を、表12に示した。また、算出された重回帰モデルを使い、実測水溫と算出水溫を図5に示した。

表11 三津地先St-1 重回帰分析結果

回帰統計	
重相関 r	0.942
重決定 r ²	0.888
補正 r ²	0.877
標準誤差	1.460
観測数	140

分散分析表

	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F
回帰	12	2140.951	178.413	83.705	2.92E-54
残差	127	270.694	2.131		
合計	139	2411.645			

	係数	標準誤差	t	p-値	下限 95%	上限 95%	下限 99.0%	上限 99.0%
切片	20.8163	0.259	80.326	9.784E-111 ***	20.3035	21.3291	20.1386	21.4940
傾き効果	0.0036	0.001	2.723	0.0074 ***	0.0010	0.0062	0.0001	0.0071
4月	-3.4615	0.620	-5.581	1.382E-07 ***	-4.6888	-2.2341	-5.0835	-1.8395
5月	-0.4798	0.318	-1.506	0.134	-1.1100	0.1504	-1.3126	0.3531
6月	1.4948	0.799	1.871	0.064	-0.0865	3.0760	-0.5949	3.5845
7月	4.6776	0.328	14.245	4.215E-28 ***	4.0279	5.3274	3.8189	5.5363
8月	5.3848	0.470	11.456	2.639E-21 ***	4.4546	6.3149	4.1556	6.6140
9月	5.7748	0.450	12.841	1.051E-24 ***	4.8848	6.6647	4.5987	6.9508
10月	2.5691	0.401	6.409	2.611E-09 ***	1.7759	3.3623	1.5209	3.6173
11月	0.6416	0.402	1.595	0.113	-0.1545	1.4377	-0.4104	1.6936
12月	-1.5804	0.616	-2.566	0.011 *	-2.7994	-0.3614	-3.1914	0.0305
1月	-4.6120	0.327	-14.092	9.823E-28 ***	-5.2597	-3.9644	-5.4679	-3.7562
2月	-4.6814	0.684	-6.846	2.898E-10 ***	-6.0345	-3.3283	-6.4696	-2.8933

* : 危険率 5 % で有意, ** : 危険率 1 % で有意, *** : 危険率 0.1 % で有意

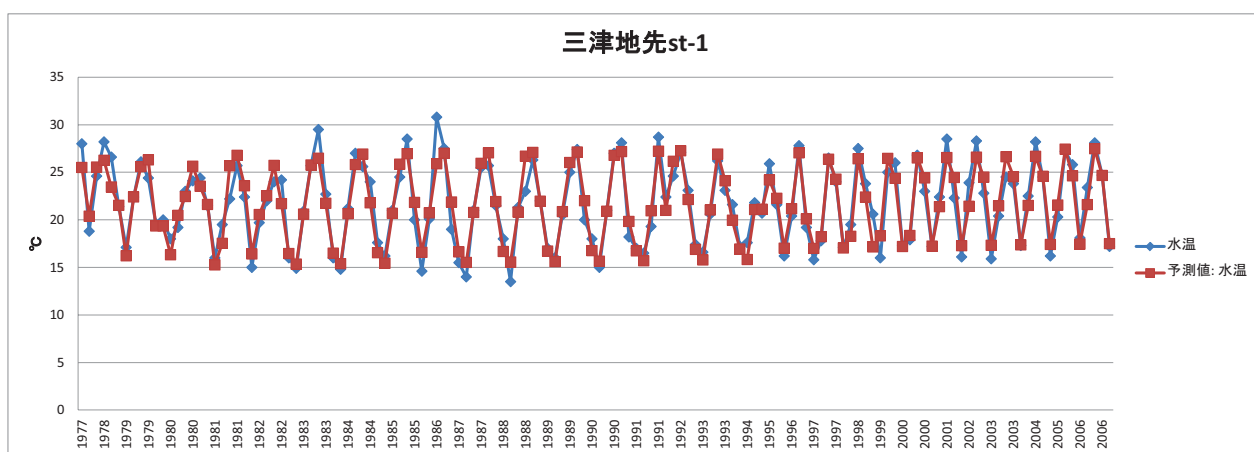


図5 三津地先St-1 水温経年変化 (実測値と予測値)

表12 三津地先St-1 単回帰解析結果*

回帰統計	
重相関 r	0.036
重決定 r ²	0.001
補正 r ²	-0.086
標準誤差	4.178
観測数	140

分散分析表

	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F
回帰	12	3.084	0.257	0.177	0.999
残差	138	2408.562	17.453		
合計	150	2411.645			

	係数	標準誤差	t	p-値	下限 95%	上限 95%	下限 99.0%	上限 99.0%
切片	21.4193	0.689	31.098	3.291E-64	20.057	22.781	19.620	23.218
傾き効果	0.0015	0.004	0.420	0.675	-0.005	0.008	-0.008	0.011

*すべてのダミー変数を0として算出

6. 考察

単回帰式とダミー変数を用いた重回帰式の比較から以下のことが考えられた。

ここでTとT_jは観測された海水温、MとM_jは昭和52年4月を1とした場合の経過月数である。

宿毛湾St-4、佐賀地先St-5の重回帰式の傾き（説明変数M_jの偏回帰係数）は5%の危険率で有意でないと判断されたため、参考値とし、傾きに（☆）と表記した。

表13 単回帰式、重回帰式の比較（昭和52年4月基準）

地点名	①単回帰	②重回帰	重回帰傾き効果 p 値
宿毛湾 St-4	T = 0.0019M + 21.4	T _j = 0.0013 ^(☆) M _j + 21.3 + C _{1j} *A _k	0.209
叶岬沖 St-4	T = 0.0026M + 21.3	T _j = 0.0024M _j + 21.5 + C _{2j} *A _k	0.026*
松尾地先 St-2	T = 0.0038M + 21.7	T _j = 0.0032M _j + 21.8 + C _{3j} *A _k	0.0053**
佐賀地先 St-5	T = 0.0010M + 21.3	T _j = 0.0022 ^(☆) M _j + 21.1 + C _{4j} *A _k	0.06
三津地先 St-1	Y = 0.0015M + 20.4	T _j = 0.0036M _j + 20.8 + C _{5j} *A _k	0.007**

i = kの時A_k = 1, i ≠ kの時A_k = 0 (C_i: 各月毎の回帰係数, A_k: 各月毎のダミー変数)

(☆) 危険率5%を超えたため参考値

*: 危険率5%で有意, **: 危険率1%で有意, ***: 危険率0.1%で有意

表14 単回帰式、重回帰式の定数項の比較

地点名	①単回帰 (°C)	②重回帰 (°C) 切片(各月ファクター)	切片 p 値
宿毛湾 St-4	21.4	21.3 (-5.18~+6.16)	1.004X10 ⁻¹³³
叶岬沖 St-4	21.3	21.5 (-5.32~+5.12)	6.400X10 ⁻¹²⁵
松尾地先 St-2	21.7	21.8 (-4.76~+5.09)	2.240X10 ⁻¹³⁵
佐賀地先 St-5	21.3	21.1 (-5.26~+6.69)	1.628X10 ⁻¹³¹
三津地先 St-1	20.4	20.8 (-4.68~+5.77)	9.784X10 ⁻¹¹¹

表13, 14の回帰式の傾きから30年（解析対象期間）での水温の上昇率の推定値を表15, 16に示した。これによると, ①単回帰式からは, 約0.4~1.4℃/30年, ②重回帰式からは, 約0.5~1.3℃/30年とほぼ同じ傾向にあり, すべての解析対象地点で上昇傾向を示していた。

地点別にみると, 宿毛湾, 松尾地先では重回帰の上昇率が低く, 佐賀地先, 三津地先では重回帰

の上昇率が2倍程度大きかった。叶岬沖では両者はほぼ同じであった。

特に, 松尾地先と三津地先の重回帰では, 危険率0.1%で1.2~1.3℃/30年の有意な温度上昇が示された。

表17に解析対象期間における測定地点の採水日数を示した。

表15 30年換算における水温の変化率

地点名	①単回帰	②重回帰
宿毛湾 St-4	0.7 °C / 30年	0.5 °C / 30年
叶岬沖 St-4	0.9 °C / 30年	0.9 °C / 30年*
松尾地先 St-2	1.4 °C / 30年	1.2 °C / 30年**
佐賀地先 St-5	0.4 °C / 30年	0.8 °C / 30年
三津地先 St-1	0.5 °C / 30年	1.3 °C / 30年**

*危険率5%で有意, **危険率1%で有意, ***危険率0.1%で有意

表16 重回帰式による30年換算における水温変化率 (95%信頼限界)

地点名	下方 95%信頼限界	上方 95%信頼限界
宿毛湾 St-4	-0.27 °C / 30年	1.20 °C / 30年
叶岬沖 St-4	0.10 °C / 30年*	1.61 °C / 30年*
松尾地先 St-2	0.31 °C / 30年**	1.54 °C / 30年**
佐賀地先 St-5	-0.03 °C / 30年	1.64 °C / 30年
三津地先 St-1	0.36 °C / 30年**	2.25 °C / 30年**

*危険率5%で有意, **危険率1%で有意, ***危険率0.1%で有意

表17 解析対象期間における測定地点の採水日数 (クリーンアップ後) (月ごと合計)

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	計(日)
宿毛湾 St-4	10	5	23	9	15	13	15	6	24	1	22	9	152
叶岬沖 St-4	0	23	5	15	4	21	8	26	4	15	2	28	151
松尾地先 St-2	0	21	16	7	19	11	11	16	15	6	22	7	151
佐賀地先 St-5	4	17	11	15	5	21	7	16	15	13	5	23	152
三津地先 St-1	5	23	3	21	9	10	14	13	5	22	4	11	140

7. まとめ

水質汚濁防止法に基づく過去約30年間の測定結果の解析から以下のことが確認できた。

1. 今回解析した5地点では、全て水深が10mを超えており3層を等量混合した試料で水質測定を行ってきた。約30年間の監視結果を見ると、季節効果を考慮した重回帰分析で解析した沿岸海域海水温は、全ての環境基準点で上昇傾向が見られ、地点によりその傾きに差があった。

単回帰式と比較したところ、3地点ではほぼ同じ傾向であったが、佐賀地先、三津地先では、重回帰式の方が2倍以上大きかった。ただ宿毛湾、佐賀地先の上昇率については危険率が5%を超えたため参考値として扱うのが妥当と考えられる。

2. 解析結果から全ての環境基準点で水温の上昇傾向がみられ、その上昇率は単回帰で約0.4~1.4℃/30年、重回帰で0.5~1.3℃/30年であった。

誤差の要因として、温度計の精密度、採水層や採水時間、採水頻度の影響、除外されたデータに由来するものなどが考えられる。ただ、解析をおこなった5地点中3地点が統計的に有意であることから、県沿岸海域の表層海水温はここ30年間上昇傾向にあると結論づけられるのではないかと考えられた。

なお、この研究は国立環境研究所と地方公共団体環境研究機関等でおこなってきた共同C型研究「地球温暖化がもたらす日本沿岸域の水質変化とその適応策に関する研究」の一部をとりまとめたものである。

解析にあたり様々な助言をいただいた国立環境研究所牧秀明氏、平成20-23年度統括代表者の皆様、その他助力頂いた各専門家・地方公共団体環境研究所・部門の皆様に感謝申し上げます。

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ます。

8. 参考文献

- 1) 高知県：公共用水域（及び地下水）の水質測定結果（1971-）
- 2) 西山泰彦・十川絃一・行弘恵：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・高知県沿岸域の経年変化について（その1）、高知県環境研究センター所報、26、67-78、2009
- 3) 二宮勝幸・柏木宣久：単回帰分析による季節時系列のトレンド推定の問題点、横浜市環境科学研究所報、34、43-45、2010
- 4) 二宮勝幸ほか：東京湾西部海域における表層水温のトレンドーダミー変数を用いた重回帰による推定一、横浜市環境科学研究所報、34、46-51、2010