

地方公共団体環境研究機関等と国立環境研究所との共同研究（C型）

「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」

報告書

Impact assessments of global warming on coastal water quality
and their application to design appropriate adaptation measures

平成 20～22 年度

目 次

1. 研究背景と概要	1
2. 岩手県沿岸域における海水温の傾向について	3
3. 宮城県沿岸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分析による推定ー	5
4. 山形県日本海沿岸海域における表層海水温のトレンド	11
5. 千葉県沿岸域の公共用水域水質測定地点における水温、COD の 重回帰分析による変動解析	17
6. 東京都内湾部・運河部における水温の長期変動傾向解析結果	23
7. 川崎港における海水温の連続モニタリング調査結果	27
8. 川崎港における表層海水温について ーダミー変数を用いた重回帰分析による推定ー	42
9. 東京湾西部（横浜沿岸）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分析による推定ー	49
10. 相模湾における水温経年変化	55
11. 公共用水域常時監視データによる静岡県沿岸の表層水温長期変動の検討	58
12. 名古屋港における水温変動の回帰分析について	63
13. 富山湾沿岸海域における水温変動と気温変動について	67
14. 石川県沿岸海域における表層海水温についてー水域別に見た水温の推移ー	71
15. 福井県沿岸域の表層水温のトレンドについて	74
16. 京都府沿岸域における水温上昇の検討	78
17. 大阪湾（大阪府沿岸域）における水温上昇傾向の検討	84
18. 神戸沿岸海域データの解析（ダミー変数を用いた重回帰分析）	86
19. 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 ー播磨灘における水温のトレンドー	102
20. 徳島県沿岸域における表層水温変化	112
21. 高知県沿岸域の海水温の変化について	116
22. 広島湾における水温上昇傾向の検討	132
23. 博多湾における水温上昇傾向と海水温の連続モニタリング	139
24. 大分県沿岸域の公共用水域水質測定地点における水温、COD の変動解析	156
25. 宮崎県沿岸域における水温等解析結果	162
26. 鹿児島県沿岸域における海水温等解析結果	170
27. 沖縄県における水温変動傾向について	184
28. データの質（取得頻度）の違いによる沿岸海水温変動解析結果	186
29. 資料（研究実施組織，全体会合記録，成果発表一覧，付録）	192

研究背景と概要

この報告書は平成 20 年度から 22 年度にかけて実施してきた平成 19 年度地方公共団体環境研究機関等と国立環境研究所との共同研究（C 型）「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」で得られた成果を取りまとめたものである。

本研究課題の主旨は、地球温暖化に伴う我が国の沿岸海域環境における海水温上昇傾向を公共用水域の常時監視（測定計画）で得られたデータから抽出し、また海水温上昇に伴う水質や海域環境の変化を評価するというものである。

水温は水質環境基準項目ではないが、公共用水域の常時監視の際に一般項目として必ず測定されている。しかしながら海水温は上昇傾向（トレンド）のみならず季節変動、日周変動等を含んで変化が著しいものであるにも拘わらず、公共用水域の常時監視では基本的に最大月一回以下の頻度でしか測定されていないためにデータの密度・精度として充分とは言えず、これまで積極的に解析・活用されてこなかったのが現実である。

そこで本研究課題では、先ず過去 30 年以上に渡って公共用水域の常時監視において月一回以下の頻度で測定された海水温データを用いた変動（上昇）傾向を抽出するべく統計的解析手法の開発・検討を行い、全国の沿岸海域での公共用水域の常時監視において取得・蓄積されてきた海水温データに適用した。

海水温の変動の統計的解析は、1) 長期の変動傾向（トレンド）、2) 季節（月毎）変動の二成分を基本としたダミー変数を用いた重回帰分析により実施した。なお一部のものには、4 月は月内の海水温の変動が他の月より著しいことから特異月と位置付け、この月の測定日を月内の前半・後半に分けた場合の影響を評価するための 3) 4 月効果、さらに測定時間帯（午前か午後）の影響を加味した 4) 時刻効果の二成分を追加した。

全国 207 地点の表層海水温データを解析した結果、132 地点で有意な上昇傾向（平均：0.039℃/年、最小：0.001℃/年～最大：0.104℃/年）が見られた。

また、表層以外の下中層・底層の海水温データ 130 地点・層分について同様に解析を行ったところ 106 地点・層分において有意な上昇傾向（平均：0.045℃/年、最小：0.018℃/年～最大：0.119℃/年）が見られた。興味深いことに、下中層・底層の方が同じ地点の表層よりも高い割合（頻度）で有意な海水温上昇傾向が見られ（千葉県 [東京湾・太平洋沿岸]、神奈川県 [相模湾]、京都府 [日本海沿岸]、福岡市 [博多湾]、鹿児島県 [鹿児島湾]）、またその上昇傾向も下中層・底層の方が表層よりも高い場合が多かった（千葉県 [東京湾・太平洋沿岸]、東京都・横浜市 [東京湾]、大阪府 [大阪湾]、鹿児島県 [鹿児島湾]）。

相模湾の各地点における海水温変動を統計数理研究所提供の Web decomp により解析を行ったところ、1980 年代から 2000 年までは上昇傾向が顕著である一方、2000 年以降は変動が明確ではないという傾向を示した。

このことから 1980 年代から直近（2007～2010 年）までと、1980 年代から 2000 年以前の二期間に分けて 75 地点における上層の海水温変動の解析を行ったところ、上昇傾向が有意に認められた地点数は両期間とも同じものの、上昇傾向は 1980 年代から 2000 年以前まで

の方が 1980 年代から直近（2007～2010 年）までよりも平均 0.022℃/年ほど高くなった。

地方毎の傾向をみてみると、山形県と岩手県、それに沖縄県では有意な海水温上昇傾向を示す地点が見られなかった。また、千葉県の外房、高知県、鹿児島県の太平洋沿岸部では海水温上昇傾向を有意に示す地点数が少なかった。山形県と同様に日本海側に面した福井県、京都府でも海水温上昇傾向を有意に示す地点数が少なかったが、これはこれら三つの府県では冬期に海域の公共用水域常時監視を行っていないために寒冷期の海水温データが欠損しているが、対照的に多くの地点で海水温上昇傾向が有意に認められた富山県では同じ日本海側に面しているながらも冬期も測定を行っており、データの充足状態により解析結果（海水温変動傾向）の違いが現れたものと考えられた。また、海域毎の特性として興味深かったのは大阪湾で、湾の東南域に当たる大阪府沿岸では表層・底層とも海水温上昇が有意に認められたが、西北域の兵庫県沿岸域では解析を行った 8 地点全てにおいて認められず、さらに神戸市管轄の 4 地点でも 1 地点しか有意な海水温上昇は認められなかった。大阪湾には、兵庫県部沖合の西北域には須磨沖反流、西宮沖環流と呼ばれる海流が有る一方、東南域の大阪府沿岸には東岸恒流帯と呼ばれる別の海流が有り、上記の海水温上昇傾向の相違に反映されていたと思われる。このように同じ海域でも異なった自治体（広域）で取得されてきた公共用水域常時監視データの変動傾向の解析結果が異なる例が示され、海洋構造や水域特性による水質形成の要因を探る上での定点観測による測定データの蓄積の重要性の一端がうかがえた。

本研究課題提案内容に盛り込んだ温暖化による沿岸域水環境の脆弱性、リスク解析、並びにシナリオ作成や適応策については残念ながら今回十分に検討、実施出来なかったが、東京湾を事例にした解析で、海水温上昇の底層の低・貧酸素化への寄与の増大やノリの養殖時期が変動する可能性が示唆され、熱帯域・亜熱帯域に分布する有毒のヒョウモンダコの博多湾における生息が 2009 年以降に確認されている。

今後は全国の沿岸海域における物質循環の過程や生物相の変化と併せて、海水温変動の影響を詳細に精査・検討する必要があると思われる。

本研究遂行に当たり、当初の研究内容を立案、提案書を作成され、平成 20 年度～21 年度に渡り課題代表者を務めて頂いた宮城県保健環境センターの佐々木久雄前副所長（現・東北大学大学院工学研究科）平成 22 年度の課題代表者を務めて頂き、ダミー変数による海水温変動の重回帰分析を開発された横浜市環境科学研究所の二宮勝幸前主任研究員（現・横浜市環境創造局下水道水質課）、それに様々な統計解析に関するご助言・指導を賜りました統計数理研究所の柏木宣久教授にはこの場を借りて、深謝申し上げます。

最後に、本課題に参加されてこられた地方環境研究機関の皆様方全員に対しまして、厚く御礼申し上げます。

2011 年 独立行政法人 国立環境研究所
地域環境研究センター 牧 秀明

—相模湾における水温経年変化—

神奈川県環境科学センター調査研究部 岡 敬一

1. 使用データ

神奈川県水質測定結果 1980 年度～2008 年度

図 1 に相模湾の採水地点を示す。

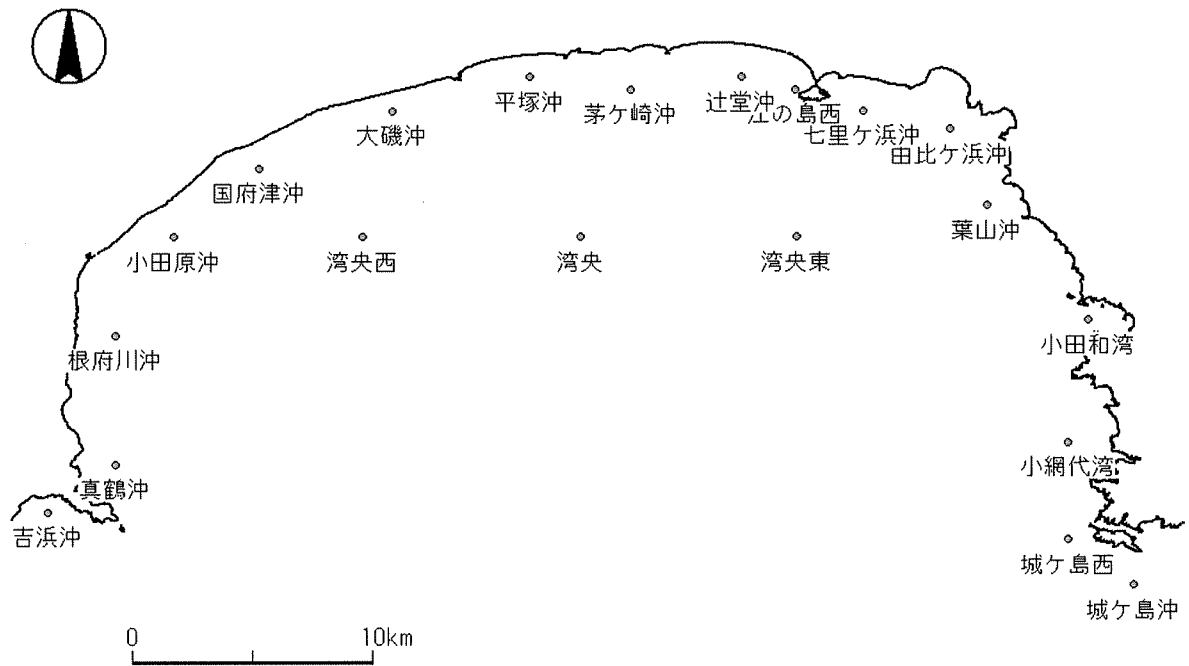


図 1 相模湾採水地点図

採水地点の水深を表 1 に示す。

なお、51m より深い水深は、海図から読み取った。

採水位置は、上層は、水面下 0.5m、下層は、底上から 1m 上。ただし、水深が 51m より深いところは 50m で採水。

水温は、採水時に棒状温度計で測定している。

- ① JIS B 7411 に規定する一般用ガラス製棒状温度計の 50 度温度計を用いる。
- ② 温度計を現場の水に直接差し入れるか、採取直後の試料(1)の中に差し入れて感温液の止まる目盛付近まで浸没した状態に保ち、感温液の止まるときの目盛を読み取る。
- ③ 目盛りは、小数第一位まで読み取る。

注(1) 容器及び外気の温度の影響を避けるため、多量の試料を採取する。

備考 ペッテンコーヘル水温計を用いる場合には、金属筒内に試料を 3 回入れ替えた後、試料を満たし、感温液の止まるときの目盛を読み取る。

2. 解析方法

1)統計数理研究所のトレンド解析ソフトウェア Web decomp を使い、トレンドを解析する。

2)ダミー変数を用いた重回帰分析により、上昇温度を求める。

3. 結果

各地点の水質を層別にトレンド解析した結果、水温は2000年までは上昇傾向にあったが、2000年以降は、横ばいとなっていた。

20地点の水温月平均値を層別に解析したトレンドを図2に示す。

重回帰分析は、全期間を通じた解析と2000年（1999年度）までの解析を行った。

表1に年間の水温上昇量と統計値の有意性を示す。

重回帰分析の結果、国府津沖の全期間のケース除いて、他では全て統計的に有意な水温上昇が見られた。

相模湾で水質の測定が始まった1980年4月から2009年3月までの29年間の水温上昇量は、全地点平均で1.0℃であった。

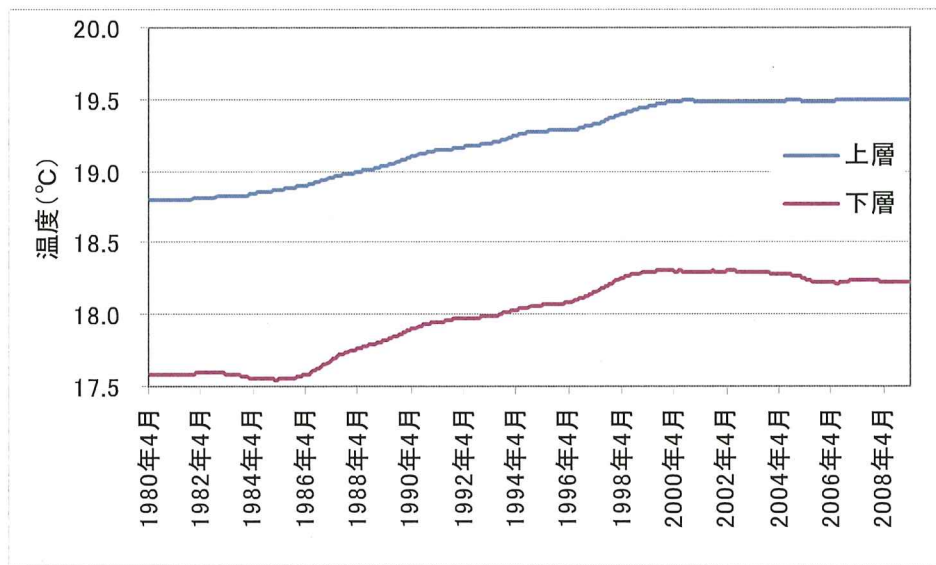


図2 相模湾における水温のトレンド

表1 相模湾における水温上昇量 (単位: °C/年)

採水地点名	1980-1999 年度		1980-2008 年度		採取水深(m)		水深 (m)
	上層	下層	上層	下層	上層	下層	
江の島西	0.054 ***	0.068 ***	0.047 ***	0.043 ***	0.5	9.7	10.7
辻堂沖	0.053 ***	0.067 ***	0.045 ***	0.035 ***	0.5	13.7	14.7
城ヶ島沖	0.056 ***	0.044 **	0.029 ***	0.034 ***	0.5	50	60
城ヶ島西	0.051 ***	0.042 **	0.029 ***	0.034 ***	0.5	50	60
小網代湾	0.049 ***	0.054 ***	0.032 ***	0.039 ***	0.5	45.6	46.6
小田和湾	0.047 ***	0.057 ***	0.047 ***	0.030 ***	0.5	8.2	9.2
葉山沖	0.048 ***	0.060 ***	0.040 ***	0.039 ***	0.5	23.3	24.3
由比ヶ浜沖	0.046 ***	0.061 ***	0.043 ***	0.039 ***	0.5	14.7	15.7
七里ヶ浜沖	0.055 ***	0.064 ***	0.044 ***	0.040 ***	0.5	14.5	15.5
茅ヶ崎沖	0.058 ***	0.065 ***	0.046 ***	0.038 ***	0.5	23.5	24.5
平塚沖	0.056 ***	0.058 ***	0.040 ***	0.041 ***	0.5	13.7	14.7
大磯沖	0.042 **	0.056 ***	0.033 ***	0.032 ***	0.5	17.5	18.5
湾央東	0.058 ***	0.057 ***	0.036 ***	0.037 ***	0.5	50	100
湾央	0.050 ***	0.051 ***	0.026 **	0.035 ***	0.5	50	500
湾央西	0.051 ***	0.048 **	0.027 **	0.035 ***	0.5	50	100
国府津沖	0.045 **	0.045 **	0.017	0.034 ***	0.5	50	150
小田原沖	0.050 ***	0.048 **	0.027 **	0.033 ***	0.5	50	200
根府川沖	0.042 **	0.047 **	0.024 **	0.027 ***	0.5	50	300
真鶴沖	0.037 **	0.049 ***	0.027 ***	0.032 ***	0.5	50	100
吉浜沖	0.047 ***	0.062 ***	0.030 ***	0.029 ***	0.5	24.3	25.3

注 ** : p<0.01、*** : p<0.001