

# 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 — 沖縄県における海水温変動傾向について —\*

天願博紀

## Impact Assessments of Global Warming on Japanese Coastal Water Quality and their Utilization in Designing Appropriate Adaptation Measures — Trends of Seawater Temperature in Okinawa —\*

Hiroki TENGAN

**要旨**：沖縄島沿岸域の5地点における公共用水域水質測定のプロトタイプ水温データに、ダミー変数を用いた重回帰分析を適用して水温上昇率を求め、その結果について検討した。ダミー変数を用いた重回帰分析の結果、月海水温変動は3地点で正、2地点で負であり、危険率（P-値）は全地点で0.05よりも大きく、有意な水温上昇あるいは下降傾向は認められなかった。その原因として、解析期間が短かったこと、公共用水域水質測定結果のプロトタイプ水温測定が、毎月あるいは隔月に1回の測定頻度なので、採水日の変動及び採水時刻の変動の影響が示唆された。

**Key words**: 沖縄島沿岸, 海水温, ダミー変数, 重回帰分析

### I はじめに

地球温暖化による気温上昇が指摘されているが、日本の年平均気温は、長期的には100年あたり約1.15℃の割合で上昇しており、特に1990年代以降、高温となる年が頻出している<sup>1)</sup>。この結果は、気象台などで長期間にわたって測定されているデータが基になっている。温度上昇による気象や生物などへの影響を把握する上で基本的に重要なことは、正確な温度上昇率を知ることである。

海水温は環境基準の項目ではないが、公共用水域水質測定のプロトタイプ時に記録を残しており、データが長年に渡って蓄積されており、沖縄県では1980年頃から蓄積されている。海水温の上昇率は、この長期的にデータが蓄積されている公共用水域水質測定結果を解析することによって把握できると考えられる。

本共同研究は、全国の地方自治体が業務として蓄積してきた公共用水域の水質測定データの統一的解析によって地球温暖化の進行状態を解明する試みであり、統一的解析手法として二宮らのダミー変数を用いた重回帰分析<sup>2)</sup>を採用し、解析を行った。その結果より、全国規模の影響評価が可能になるとともに、特異的な地域の状況を把握できる。

本研究では、沖縄県における海水温変動傾向について解析したので、その結果について報告する。

### II 方法

#### 1. 使用データ

次の沖縄県の公共用水域水質測定結果<sup>4)</sup>を用いた。

##### (1) 地点

沖縄島沿岸域の5地点（表1及び図1）。

##### (2) 期間

残波岬南・砂辺地先及び大山地先：1995年4月～2006年3月。

伊計島西及び伊計島東：1981年4月～2006年3月。

##### (3) 測定水深

表層。

##### (4) 水温測定方法

棒状温度計により測定。

#### 2. 統計手法

先述したダミー変数を用いた重回帰分析による方法を用いた。なお、ダミー変数とは、説明変数が0か1かいずれかの値をとるもので、例えば0の場合は効果無し、1の場合は効果有りという使い方で活用される<sup>3)</sup>。

二宮らは水温時系列 $Y_t$ は式(1)のように表されると報告している<sup>2)</sup>。

$$Y_t = T_t + S_t + A_t + H_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

ここで、 $T_t$  = トレンド成分,  $S_t$  = 季節成分,  $A_t$  = 4月遅係数（傾き）,  $H_t$  = 時刻成分,  $\varepsilon_t$  = 誤差である。また、 $a$  を回帰係数（傾き）,  $b$  を切片とすると、 $T_t = at + b$

\* 本研究は国立環境研究所及び地方公共団体環境研究機関等のC型共同研究によって実施した。

表1. 沖縄島沿岸域5地点の緯度・経度及び全水深.

番号	地点	北緯	東経	全水深(m)
①	残波岬南	26.24.32	127.42.38	16
②	砂辺地先	26.19.19	127.44.40	24
③	大山地先	26.17.17	127.44.05	7
④	伊計島西	26.23.58	127.59.27	8
⑤	伊計島東	26.22.29	127.59.49	11



図1. 沖縄島沿岸域で海水温の分析対象とした5地点の位置.

表2. 残波岬南・砂辺地先及び大山地先におけるダミー変数を用いた重回帰分析の目的変数と説明変数.

測定年月	目的変数		説明変数											
	水温 実測値	傾き 効果	季節効果											
			4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	
1995.04	Y <sub>1</sub>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1995.05	Y <sub>2</sub>	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1995.06	Y <sub>3</sub>	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1995.07	Y <sub>4</sub>	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1995.08	Y <sub>5</sub>	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
1995.09	Y <sub>6</sub>	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
1995.10	Y <sub>7</sub>	7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1995.11	Y <sub>8</sub>	8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1995.12	Y <sub>9</sub>	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
1996.01	Y <sub>10</sub>	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1996.02	Y <sub>11</sub>	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1996.03	Y <sub>12</sub>	12	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
1996.04	Y <sub>13</sub>	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2006.01	Y <sub>130</sub>	130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
2006.02	Y <sub>131</sub>	131	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2006.03	Y <sub>132</sub>	132	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

で表される. これを参考にして, 水温時系列はトレンド成分及び季節成分の和で表されると考えた. なお, 水質測定実施日は同じ月の中でも年度によって月の上旬・中旬・下旬の違いがあり, また, 採水時刻の違いもあるが, 今回の解析では考慮しなかった. そのとき, 水温時系列 Y<sub>t</sub> は各基本成分の和として, 次式のように表される.

$$Y_t = T_t + S_t + \epsilon_t \quad (2)$$

記号の意味は前述の通りである. 式(2)の各基本成分に対応した重回帰における説明変数の例を表2及び表

3に示した.トレンド成分 T<sub>t</sub> は採水年月に対応しており, その偏回帰係数(傾き)が水温変化率(°C/月)である. 季節成分 S<sub>t</sub> は各月の季節効果を表す成分である.ただし, それぞれの月は名義尺度であるため, ダミー変数を用いて, 季節効果に該当する月は1とし, それ以外の月は0とした. なお, 測定年月の3月(表2)及び2月(表3)においてすべての月の季節効果を-1に設定したのは, 年度毎の季節成分の和を0にするためである.

表3. 伊計島西及び伊計島東におけるダミー変数を用いた重回帰分析の目的変数と説明変数.

測定年月	目的変数		説明変数				
	水温 実測値	傾き 効果	季節効果				
			4月	6月	8月	10月	12月
1981.04	Y <sub>1</sub>	1	1	0	0	0	0
1981.06	Y <sub>2</sub>	3	0	1	0	0	0
1981.08	Y <sub>3</sub>	5	0	0	1	0	0
1981.10	Y <sub>4</sub>	7	0	0	0	1	0
1981.12	Y <sub>5</sub>	9	0	0	0	0	1
1982.02	Y <sub>6</sub>	11	-1	-1	-1	-1	-1
1982.04	Y <sub>7</sub>	13	0	0	0	0	0
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
2005.10	Y <sub>148</sub>	295	0	0	0	1	0
2005.12	Y <sub>149</sub>	297	0	0	0	0	1
2006.02	Y <sub>150</sub>	299	-1	-1	-1	-1	-1

表4. 沖縄島沿岸域5地点における水温のダミー変数を用いた重回帰分析結果.

番号	地点	月海水温変動 (°C)	危険率 (P-値)
①	残波岬南	0.00085	0.746
②	砂辺地先	-0.00204	0.444
③	大山地先	-0.00040	0.872
④	伊計島西	0.00108	0.208
⑤	伊計島東	0.00055	0.566

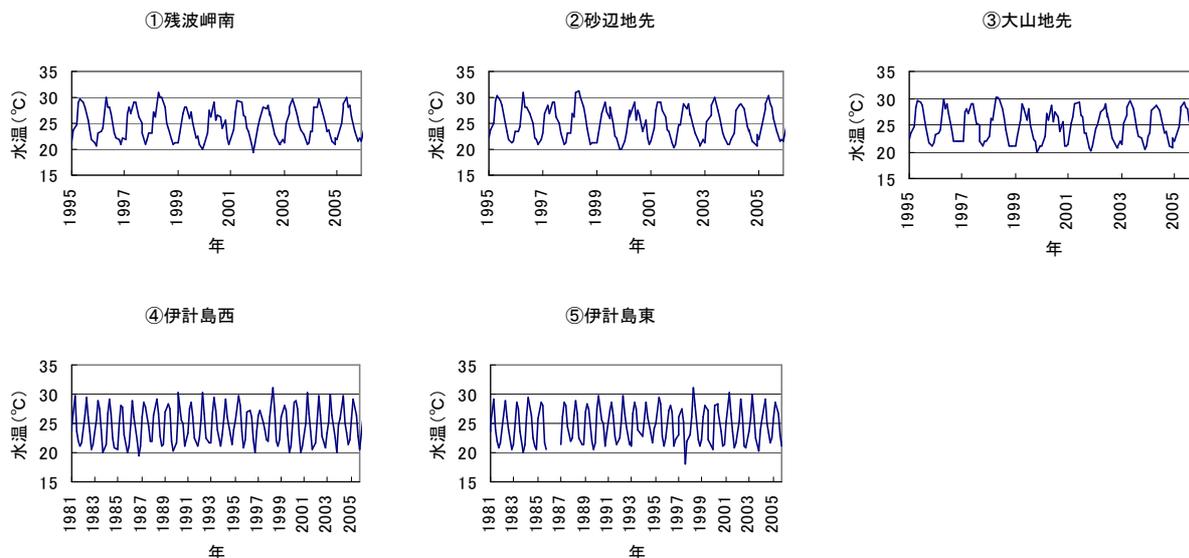


図2. 沖縄島沿岸域5地点における海水温の時系列変化.

### Ⅲ 結果及び考察

図2に沖縄島沿岸域5地点における水温時系列を示した。いずれの地点も水温の季節変動が大きく、上昇あるいは下降傾向の判断が困難であった。

表4にダミー変数を用いた重回帰分析の結果を示した。月海水温変動は3地点で正、2地点で負であり、危険率(P-値)は全地点で0.05よりも大きく、有意な水温上昇あるいは下降傾向は認められなかった。

図3に採水時刻の変動を示し、図4に採取日の変動を示した。これらは今回の分析では考慮しなかったが、残波岬南、砂辺地先及び大山地先については2001年度以降

に採水時刻が早まる傾向が見てとれる。このことが水温の変動傾向に影響していると考えられた。採水日については一定の傾向は見えてとれなかった。

気象庁によると、九州・沖縄海域における2010年までのおよそ100年間にわたる海域平均海面水温(年平均)の上昇率は、東シナ海南部で1.1°C/100年、先島諸島周辺で0.7°C/100年となっており、また、日本の気温の上昇率は1.1°C/100年となっている<sup>5)</sup>。

このことより、今回の重回帰分析では有意な水温上昇傾向がみられてもおかしくはなかったが、有意な水温上昇はみられなかった。その原因として、解析期間が短か

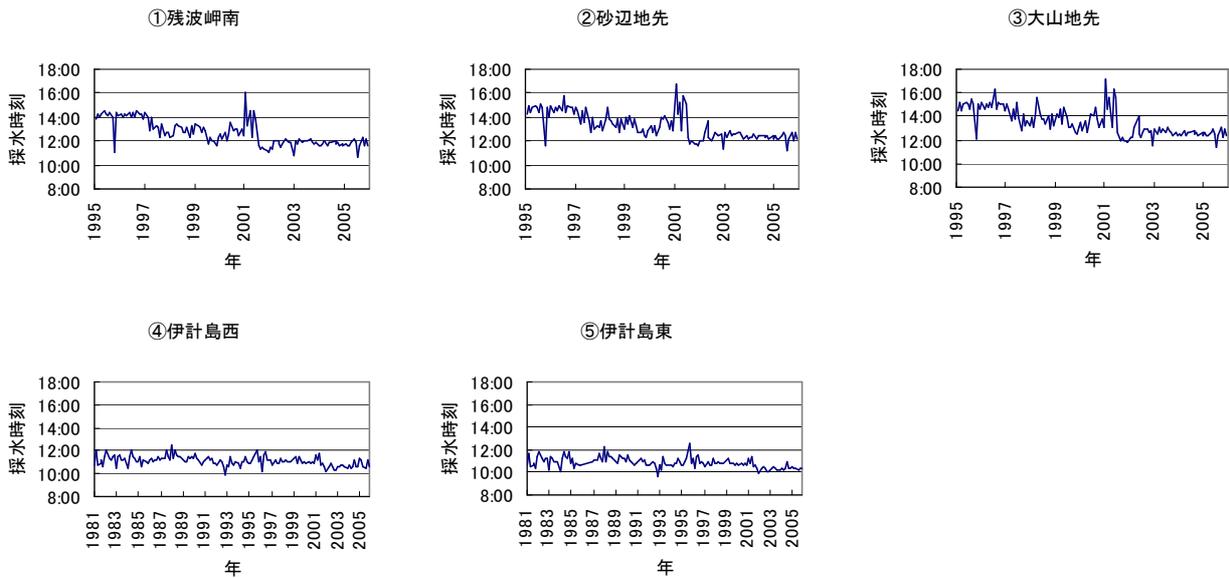


図3. 沖縄島沿岸域5地点における採水時刻変化.

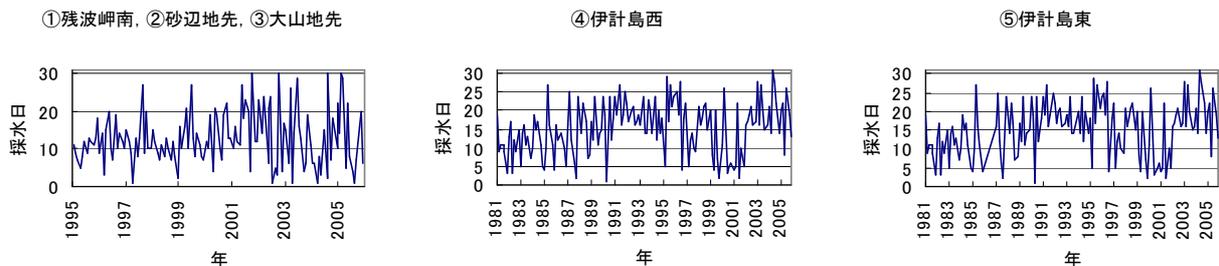


図4. 沖縄島沿岸域5地点における採水日変化.

ったこと、公共用水域水質測定結果の採水時水温測定が、毎月あるいは隔月に1回の測定頻度なので、採水日の変動及び採水時刻の変動の影響が示唆された。

#### IV 参考文献

- 1) 気象庁 (2011) 日本の年平均気温. <[http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/temp/an\\_jpn.html](http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/temp/an_jpn.html)>.
- 2) 二宮勝幸・柏木宣久・岡敬一・岩淵美香・飯島恵 (2010) 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分析による推定. 横浜市環境

科学研究所所報, 34: 46-51.

- 3) Aoki, S. (2003) ダミー変数について. <<http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/lecture/Regression/mreg/dummy-variable/dummy.html>>.
- 4) 沖縄県文化環境部: 水質測定結果 (1981年度-2005年度).
- 5) 気象庁 (2011) 海面水温の長期変化傾向 (九州・沖縄海域). <[http://www.data.kishou.go.jp/kaiyou/shindan/e\\_4/nagasaki\\_warm/nagasaki\\_warm.html](http://www.data.kishou.go.jp/kaiyou/shindan/e_4/nagasaki_warm/nagasaki_warm.html)>