

# 岡山県沿岸海域における季節別，年代別の水温上昇傾向の特徴

石黒貴裕

The Seasonal and Age Characteristics of Warming Trend of Seawater in Coastal of Okayama Prefecture

Takahiro Ishiguro

沿岸や内湾域では地球温暖化に伴って海水温の上昇が見られるようになった<sup>1)</sup>。海水温の上昇は，岡山県の主要漁業であるノリ *Porphyra* spp. やマガキ *Crassostrea gigas* の養殖に影響を及ぼしている。ノリ養殖業では，秋季における水温下降の遅れから，養殖開始期が遅れており<sup>2-4)</sup>，カキ養殖では，夏季の高水温によるへい死が見られている<sup>5,6)</sup>。このように水温は養殖業に大きな影響を及ぼすことから，常に水温の変動を把握することは養殖管理上必要であり，水温の長期的傾向の把握は養殖スケジュールや導入種苗の種類を検討する上でも重要である。

これまでの研究によると，瀬戸内海全体の10m層水温は，1972～2000年の28年間に1.0℃上昇した<sup>7)</sup>。季節別に見ると，冬季は1989/1990年頃を境に高めで転じていたが，夏季は1980年代以降の明瞭な上昇傾向は認められなかった<sup>8)</sup>。岡山県周辺海域では1974～2000年に水温（10m層）が備讃瀬戸で0.030℃/年，播磨灘で0.025℃/年上昇していた<sup>9)</sup>。

このように，海水温の上昇は瀬戸内海に共通して見られる現象であるが，その傾向は，季節や年代，および海域によっても異なっていた。このことはノリやマガキの養殖管理上，以下の2点について，さらに明らかにする必要がある。一つ目は，各月の水温変動を年代ごとに把握することである。これが明らかになれば，秋季の水温下降の遅れや夏季の高水温化が，いつ頃から見られたのかを把握できる。二つ目は，どのような海域で水温上昇が著しいかを明らかにすることである。備讃瀬戸と播磨灘で上昇傾向が異なっていたことは，気温などの気象条件からでは説明ができない。これらは，河川水や温排水，海水の上下混合など様々な要因によって生じたと考えられる。そのため，各漁場によって水温の上昇傾向が異なる可能性が考えられ，これらを把握することは漁場の特性を知る上で重要である。

本研究ではノリやカキ養殖に直接影響を与える表層水

温に着目し，まず，岡山県周辺海域全体における近年の水温の変動傾向を明らかにした。その上で，各月の水温変動を年代ごとに明らかにし，また，どのような海域で水温が上昇しているかを明らかにした。

## 材料と方法

**基本集計** 浅海定線調査の調査点（図1）において，1981年から2010年までの各月に得られた表層の水温を用いた。水温測定は，Compact-CTD（アレック電子 ASTD 687）によって行った。当該調査は原則として毎月月上旬に行ったが，荒天の影響で中旬や下旬にずれ込むこともあった。そうした影響をできるだけ排除するため，実際的水温値から線形補間によって各月1日の調査点ごとの水温値を求めた。

得られたデータは各月ごとに全調査点で平均を施した。次に12か月移動平均を施し，季節変動成分を除去した。さらに，72か月移動平均を施し，72か月（6年）よりも長い周期の変動を調べるデータセットとした。

**年代毎の水温変動** 牛窓地先に設置（図1）している連続観測装置（JFE アドバンテック株）による2m層水温データを用いた。観測は30分間隔で毎日48回行われた。1981～2010年の日平均水温を平均し，平年値を算出した。さらに，1981～1990年をI期，1991～2000年をII期，2001



図1 調査定点図（●調査定点，○連続観測定点）

～2010年をⅢ期と10年毎に区分けし、それぞれの平均値と平年値との差を求め、10日移動平均を行った。

**定点毎の水溫変動** 各月1日に補正した浅海定線調査の各定点の水溫データを月別に分け、 $x$ 軸を年度、 $y$ 軸を水溫とした散布図を作成し、回帰直線の傾きを最小二乗法により計算した。得られた回帰係数について $t$ 検定を行い、有意性が認められたものをプロットした。

## 結 果

岡山県沿岸海域における表層水溫の推移を図2に示した。各年の表層の最高水溫のうち、最も高かったのが、2010年9月の29.46℃で、最も低かったのが1993年9月の24.52℃だった。また、最低水溫のうち、最も高かったのが、2007年の3月の10.35℃で、最も低かったのが、1984年3月の6.57℃だった。

12か月移動平均水溫及び、72か月移動平均水溫を図3に示した。12か月移動平均水溫は数年からなる小変動を繰り返していた。1996～1999年では特に変動が大きく、3年間で約2.0℃の上昇が見られた。全体的にみると、近似直線の傾きは正であり( $\beta=0.032$ ,  $p<0.01$ ), 30年間

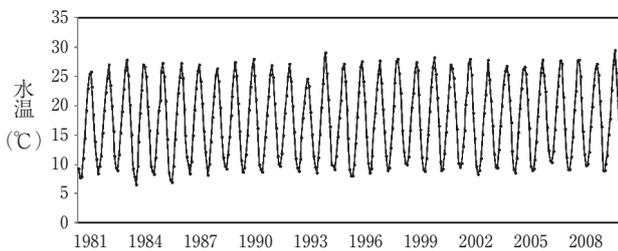


図2 岡山県沿岸海域における表層水溫の推移(1981.1～2010.12)

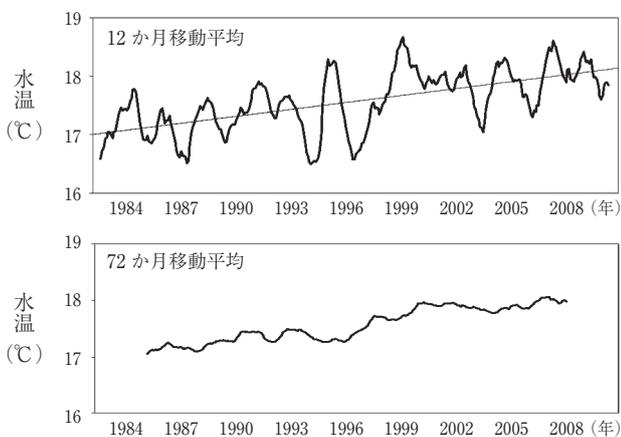


図3 岡山県沿岸海域における12か月移動平均水溫(上)と72か月移動平均水溫(下)の推移

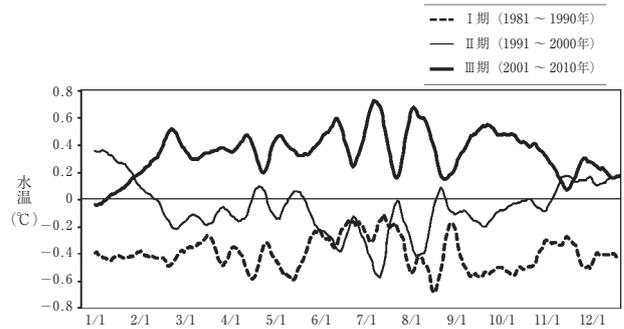


図4 牛窓地先における2m層の平年偏差の推移

で約1.0℃の上昇と見積もられた。一方、72か月移動平均水溫では、1984～1994年は微増であったが、1996～1999年で急激に上昇し、以降は比較的横ばいで推移していた。

牛窓地先の定点連続観測データから求めた年代別の平年偏差の推移を図4に示した。Ⅰ期における平均平年偏差は、 $-0.40^{\circ}\text{C}$ 、Ⅱ期は $-0.05^{\circ}\text{C}$ 、Ⅲ期は $+0.34^{\circ}\text{C}$ となり、Ⅰ期からⅢ期にかけて $0.74^{\circ}\text{C}$ の水溫上昇が見られた。月別に見ると、1月はⅠ期からⅡ期にかけて急激な水溫上昇が見られた。2～5月はⅠ期からⅢ期にかけて順次上昇した。6～8月はⅠからⅡ期ではあまり差が見られなかったが、Ⅱ期からⅢ期にかけて急激に上昇した。9～10月はⅠ期からⅢ期にかけて順次上昇した。11～12月はⅠ期からⅡ期で急激な上昇が見られたが、Ⅱ期とⅢ期はあまり差が見られなかった。したがって、1981～2010年の30年間で、春季は単調に上昇、夏季は最近の10年間で急激に上昇、秋季は春季と同様に単調に上昇、冬季は過去急激に上昇したが、最近10年間では比較的横ばいであった。

浅海定線の各定点における水溫の上昇傾向を図5に示した。各定点の水溫は、2月では西部海域や児島湾口部において僅かに上昇傾向が見られたが、3、4月はほぼ全域で上昇していた。5、6月は東部の一部で僅かに水溫上昇が見られたが、7、8月は、児島湾口の沿岸海域を中心に上昇傾向が見られ、9月は児島湾口の沿岸海域のほか、西部海域でも上昇が見られた。10月以降は全定点で上昇が見られ、特に11月は最も大きく水溫が上昇していた。

## 考 察

12か月移動平均の水溫の推移から、岡山県沿岸海域における過去30年の上昇率は $0.032^{\circ}\text{C}/\text{年}$ であり、藤沢ら<sup>9)</sup>の結果とほぼ同様であった。このことから、2000年以降の10年間のデータを加えても、長期的な傾向に変化はな

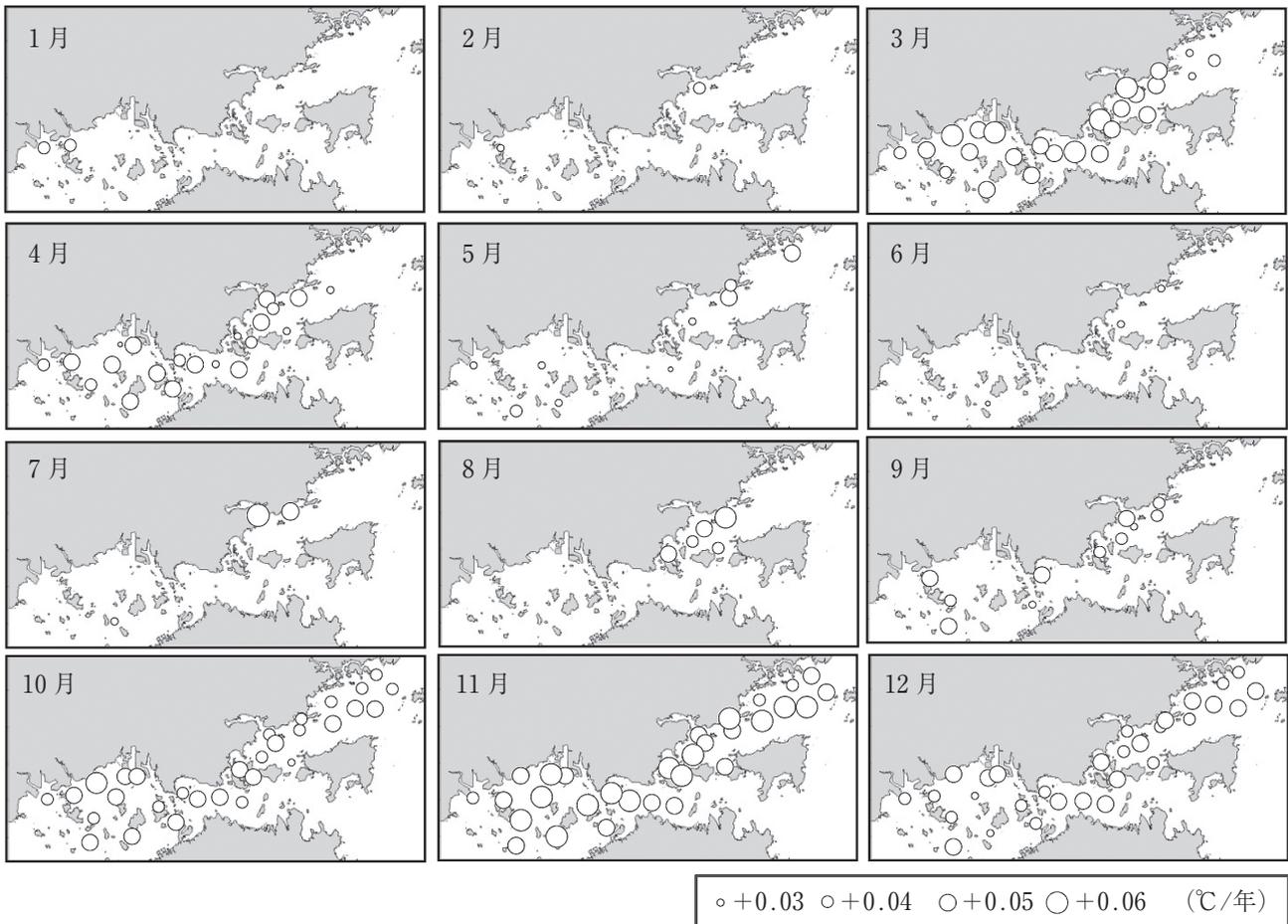


図5 定点毎の表層水温の上昇傾向(1981~2010年)

各定点の月別水温データから最小二乗法によって回帰係数を求め、有意性 ( $p < 0.05$ ) が認められたもののみを示した

かったと考えられた。一方、72か月移動平均のデータを見ると、2000年まで上昇していた水温は頭打ちとなり、今後、通年の水温上昇傾向は緩やかに推移する可能性が考えられた。

年代別の年平均偏差の推移結果を見ると、夏季の水温は2000年以降急激に上昇したと考えられる。また、秋季の水温は過去30年間で単調に増加したことから、今後も夏季と秋季では上昇傾向が続くと考えられた。一方、冬季では最近10年間に顕著な水温上昇が見られず、今後の水温上昇は緩やかになる可能性が考えられた。

以上のことから、夏季の急激な水温上昇と秋季の水温下降の遅延は今後も継続する可能性は高く、ノリやカキ養殖への影響が懸念された。

次に、定点別の水温上昇傾向を見ると、3、4月および10~12月の水温上昇は岡山県沿岸海域全体で見られたため、地球温暖化による気温の影響を強く受けたものだと考えられた。一方、7~9月の水温上昇は児島湾口付近の海域で見られた。その要因として、河川水の影響が

考えられるが、旭川(牧山観測所)の7、8、9月の流量<sup>10)</sup>は、データ登録されている1993年以降、有意な傾向が見られなかったため(7月： $\beta = -2.17$ ,  $p > 0.05$ , 8月： $\beta = -2.35$ ,  $p > 0.05$ , 9月： $\beta = -1.83$ ,  $p > 0.05$ )、本研究によって要因を明らかにすることはできなかった。

これらのことから、藤沢ら<sup>9)</sup>で見られた岡山県周辺海域における備讃瀬戸と播磨灘の水温傾向の違いは、児島湾口周辺の水温上昇に影響されたことが要因の一つと考えられた。また、秋季の水温下降の遅れは、海域によって異なっていた。特に児島湾口付近で顕著な現象であり、その要因は今後、明らかにする必要があると考えられた。

## 文 献

- 1) 樽谷賢治, 2002: 沿岸・内湾域における近年の水温上昇について, 瀬戸内水研ニュース, 10, 11-12.
- 2) 林 浩志, 草加耕司, 弘奥正憲, 2011: 平成22年度ノリ養殖概況, 岡山水研報, 26, 66-67.
- 3) 草加耕司, 清水泰子, 弘奥正憲, 2009: 平成20年度ノリ養殖概

- 況, 岡山水試報, **24**, 138-140.
- 4) 杉野博之, 草加耕司, 石飛博敏, 2008: 平成19年度ノリ養殖概況, 岡山水試報, **23**, 120-122.
- 5) 草加耕司, 清水泰子, 檜東裕子, 2008: 平成19年度カキ養殖概況, 岡山水研報, **23**, 123-124.
- 6) 野坂元道・村山史康, 2011: 平成22年度カキ養殖概況, 岡山水研報, **26**, 68-69.
- 7) 高橋 暁・清木祥平, 2004: 瀬戸内海の長期水温変動, 海と空, **80**, 69-74.
- 8) 樽谷賢治, 2007: 瀬戸内海の環境の30年間の変化—水産の環境モニタリング“浅海定線観測調査”のとりまとめ—, 日本ベントス学会誌, **62**, 52-56.
- 9) 藤澤邦康・小橋啓介・林 浩志, 2002: 備讃瀬戸及び播磨灘における水温経年変化について (1974年度~1999年度), 岡山水試報, **17**, 87-90.
- 10) 国土交通省, 水文水質データベース (<http://www1.river.go.jp/>).