

## 別府湾における表層水温と塩分の長期変動

野田 誠・行平真也

### Long-term Fluctuations of Surface Water Temperature and Salinity in Beppu Bay

MAKOTO NODA and MASAYA YUKIHIRA

大分県農林水産研究指導センター水産研究部

Fisheries Research Division, Oita Prefectural Agriculture, Forestry and Fisheries Research Center

キーワード：別府湾、浅海定線、長期変動解析、水温、塩分

### 緒 言

近年、大分県沿岸海域では海水温の上昇<sup>1)、2)</sup>によって、豊前海ではナルトビエイの増加によるアサリ等二枚貝の食害<sup>3)</sup>や、豊後水道域ではアイゴなどの暖海性魚種の増加による藻場を構成する海藻への食害など<sup>3)</sup>、水産業に大きな影響が生じている。また、亜熱帯性の貝毒プランクトン *Alexandrium tamiyavanichii* の出現や寄生虫の分布拡大による水産増養殖への影響も懸念される<sup>4)</sup>。したがって、環境の長期変動要因について検討することは、将来の沿岸環境だけでなく、水産資源の変動を予測する上で極めて重要な課題である。

本県別府湾の水温・塩分の長期変動は、すでに田村<sup>\*1</sup>によってまとめられているが、報告から9年が経過し、未解析のデータが集積している。そこで、本報では近年の観測値を追加して、別府湾における表層水温と塩分の長期変動を解析した。

### 方 法

大分県農林水産研究指導センター水産研究部（旧大分県水産試験場）は1972年以来、調査船「速吸丸」、「黒潮丸」、および「豊洋」を用いて別府湾および伊予灘

西部海域で浅海定線調査を実施してきた。浅海定線調査では、図1に示した29定点で毎月上旬に3日間かけて海洋観測を行う。解析には、図1中に示した別府湾内の12点（st.19～27、st.29～31、同日で実施）の表層水温と5m層塩分の浅海定線調査の観測データを用いた。表層における塩分は降雨中や降雨直後の調査では極めて低い値となり、直接的な影響を強く受ける。そのため、調査日前の天候による誤差を除外するため、本報告では5m層塩分を表層塩分として、1972年4月から2011年3月までの39年間の表層（0m層）水温と5m層塩分のデータを解析に使用した。以下、表層塩分

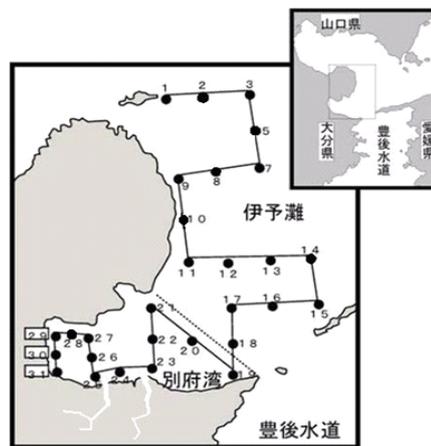


図1 浅海定線調査定点

\*1 伊予灘西部・別府湾：瀬戸内海ブロック浅海定線調査観測30年成果集. p160-178 (2005)

表 1 表層水温の月別平均値

月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
別府湾表層水温(°C)	13.5	11.4	10.9	12.8	17.1	20.1	23.4	26.5	26.0	23.6	20.7	17.2

と記載しているのは 5m 層塩分である。なお、欠測値は線形補間によって補った。解析は月別平均値から季節変動を取り除くため月別偏差を求め、2 年以下周期変動を取り除いて長期変動をみるために 25 ヶ月移動平均を求め、最小二乗法により一次回帰直線を算出した。

気象データは、気象庁のアメダスデータ（<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>、2012 年 1 月 10 日）を用いた。別府湾の気温、降水量の代表点として大分市（図 1 中★）の観測値（1972 年 4 月～2011 年 3 月）を用い、解析は水温および塩分と同様の方法で行った。

## 結 果

### 表層水温の長期変動

別府湾における表層水温の月別平均値を表 1 に示した。最低値は 3 月の 10.9 °C、最高値は 8 月の 26.5 °C であった。表層水温の月別平均値の推移を図 2 に示した。月別平均値は 7.62 °C～28.8 °C の範囲で推移していた。表層水温の変動（月別偏差の 25 ヶ月移動平均）を図 3 に示した。月別偏差の 25 ヶ月移動平均は、1993 年を境に負から正へと移行し、1993 年以降は正偏差を維持しているが、2007 年頃から下降傾向で推移している。

表層水温の年別平均値を図 4 に示した。最小二乗法で得られた一次回帰直線から上昇率 0.033 °C/年が導かれ、回帰式から 39 年間で約 1.29 °C 上昇したといえるが、2007 年以降は下降傾向で推移している。季節ごとの上昇率を検討するために、冬季を 1～3 月、春季を 4～6 月、夏季を 7～9 月、秋季を 10～12 月として年別平均値と同様の方法で各季節の上昇率を表 2 に示した。この 39 年間の上昇率は春季、夏季に低く、秋季、冬季に高かった。

### 気温の長期変動

大分市（図 1 ★）における気温の月別平均値を表 3 に示した。最低値は 1 月の 6.1 °C、最高値は 8 月の 27.1 °C であった。気温の月別平均値の推移を図 5 に示した。月別平均値は 3.5 °C～29.3 °C の範囲で推移していた。気温の変動（月別偏差の 25 ヶ月移動平均）を図 6 に示

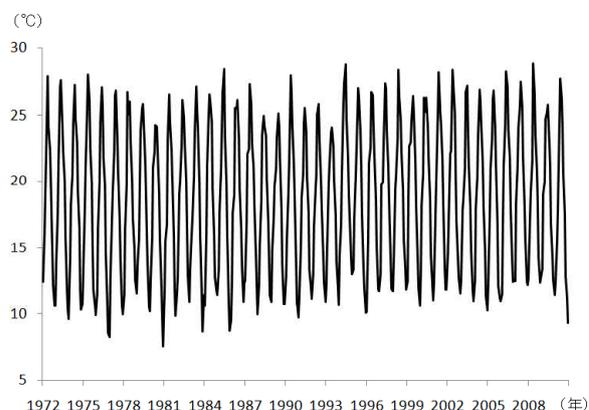


図 2 表層水温の月別平均値の推移

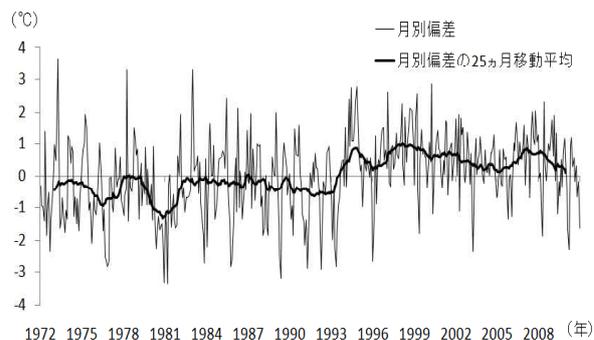


図 3 表層水温の月別偏差と月別偏差の 25 ヶ月移動平均

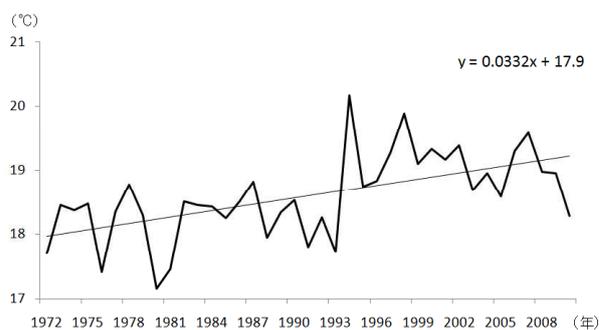


図 4 表層水温の年別平均値の推移

表 2 季節別表層水温上昇率

	春季	夏季	秋季	冬季
上昇率°C/年	0.009	0.012	0.057	0.055

表3 気温の月別平均値

月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
大分市気温(°C)	6.1	6.8	9.5	14.4	18.7	22.3	26.4	27.1	23.7	18.5	13.2	8.3

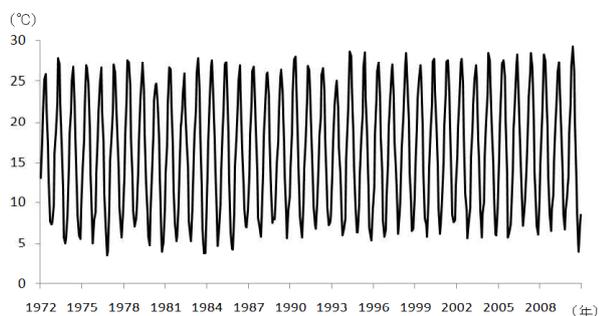


図5 気温の月別平均値の推移

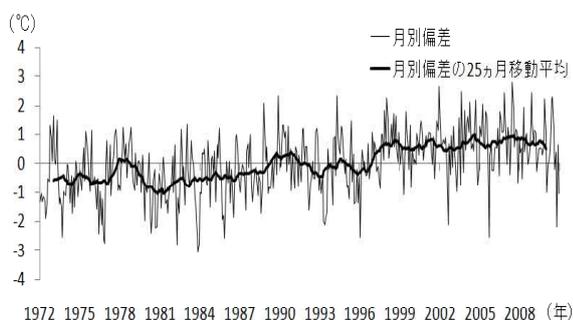


図6 気温の月別偏差と月別偏差の25ヵ月移動平均

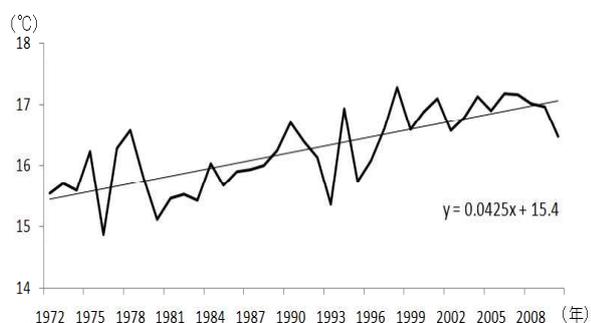


図7 気温の年別平均値の推移

表4 季節別気温上昇率

	春季	夏季	秋季	冬季
上昇率°C/年	0.034	0.049	0.044	0.042

した。月別偏差の25ヵ月移動平均は、1972年から概ね負偏差で推移していたが、1997年頃から正偏差へ移行して推移している。

気温の年別平均値を図7に示した。得られた一次回帰直線から上昇率0.043°C/年が導かれ、回帰式から39

年間で約1.66°C上昇したといえるが、2006年以降は下降傾向で推移している。水温と同様の方法で、気温の季節ごとの上昇率を検討した結果、表4に示したように上昇率は春季にやや低く、夏季から冬季にかけて高かった。

### 表層塩分の長期変動

別府湾における表層塩分の月別偏差の25ヵ月移動平均を図8に示した。負偏差のピークは1976年、1980年、1987年、1991年、1993年、1998年と2005年、正偏差のピークは1974年、1978年、1984年、1989年、1992年、1995年、2002年と2008年にみられた。

### 降水量の長期変動

大分市における降水量の月別偏差の25ヵ月移動平均を図9に示した。大分市の降水量は、別府湾における表層塩分と逆の挙動を示しており、偏差のピークもよく対応していた。

## 考 察

本報における解析結果では、別府湾の表層水温は0.033°C/年の割合で上昇していた。大分県の報告<sup>1,5,6,7,11</sup>において、気温が水温に大きな影響を与えることが指摘されている。そこで、水温と気温それぞれの月別偏差の25ヵ月移動平均の相関について検討を行った(図10)。大分市の気温との相関を求めた結果、別府湾の表層水温と大分市の気温との間に有為な相関( $r=0.76$ ,  $p<0.01$ )がみられた。したがって、別府湾の表層水温は気温の影響を強く受けることが確認された。

別府湾における季節ごとの表層水温の上昇率は、特に秋季・冬季に高かった。本県の佐伯湾においても別府湾と同様に、冬季水温の上昇率が高いことが報告されている<sup>5,6</sup>。また、別府湾では2007年以降水温が下降傾向にあるが、大分市気温も同様に2006年以降下降傾向にあることが分かる。今後、水温がこのまま継続的に下降していくか再び上昇に転じるのかについては、引き続き観測していく必要がある。

別府湾における表層塩分は、本報の月別偏差の解析結果では、正負のピークが出現した。塩分に影響を与

える気象値として降水量が考えられることから、大分市における降水量の変動と別府湾における表層塩分の変動の相関について検討を行った（図 11）。その結果、別府湾の表層塩分と大分市の降水量において、有意な負の相関( $r=-0.72$ ,  $p<0.01$ )がみられた。以上のことから、別府湾における表層塩分は降水量の影響を強く受けることが示唆された。これは、別府湾が湾奥の水深が最も深いすり鉢状の構造であることや<sup>7)</sup>、図 1 に示すとおり一級河川である大分川（流域面積：650km<sup>2</sup>）や大野川（流域面積：1,465km<sup>2</sup>）などの大きな河川が流入しており、降水量の影響を受けやすいためと考えられる。

以上の知見は、1972 年から継続して行われてきた浅海定線調査の海洋調査結果により明らかになったものである。定線調査は全国的に実施されているが、燃料の高騰や予算の削減によって現状での継続が厳しい状況である。これまで、定線調査の水温、塩分データ等を用いて漁況、漁獲変動、またプランクトン量との関係を調べた研究も多い<sup>8-11)</sup>。より詳細に漁海況と海洋環境の関連を調べるためにも、長期の資料の蓄積が必要であり、海洋観測調査の継続が望まれる。

## 摘 要

- 1 別府湾の 1972 年 4 月から 2011 年 3 月までの毎月の表層水温・表層塩分の観測値をまとめて、長期変動解析を行った。
- 2 別府湾では 0.033 °C/年の割合で表層水温が上昇しており、回帰式から 39 年間で約 1.29 °C水温が上昇していることが導かれた。
- 3 別府湾の表層水温と大分市の気温に相関関係が認められた。
- 4 別府湾の表層塩分と大分市の降水量に負の相関関係が認められた。

## 謝 辞

本研究は浅海定線調査の長期にわたる観測資料によるものであり、浅海定線調査で海洋調査や資料整理に携わってこられた漁業調査船の歴代の乗組員及び担当職員の方々に敬意を表します。また、本稿をとりまとめるにあたり、ご助言いただいた宮崎県水産試験場資源部の渡慶次力主任技師、大分県農林水産研究指導センター水産研究部の福田穰主幹研究員（チームリーダー）、田村勇司主幹研究員、宮村和良主任研究員に感謝いたします。

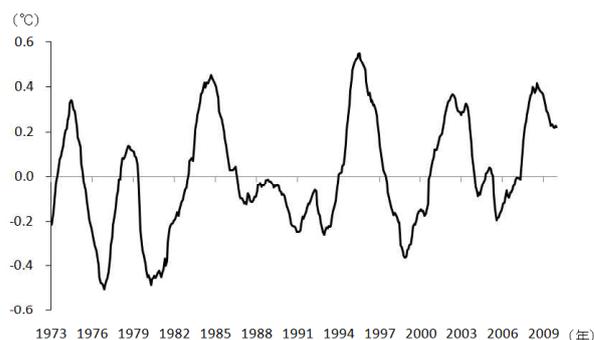


図 8 表層塩分の月別偏差の 25 ヶ月移動平均

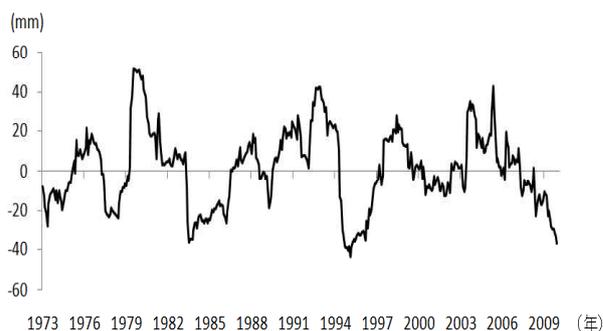


図 9 降水量の月別偏差の 25 ヶ月移動平均

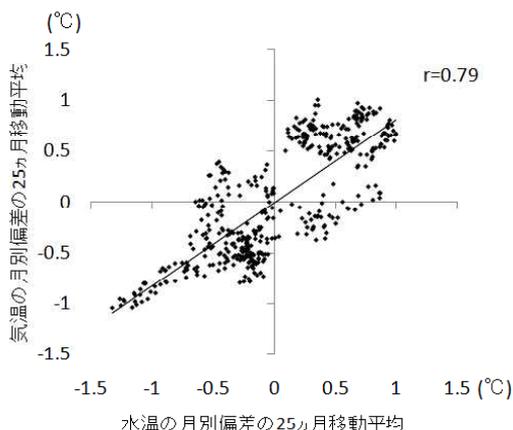


図 10 水温と気温の 25 ヶ月移動平均の相関図

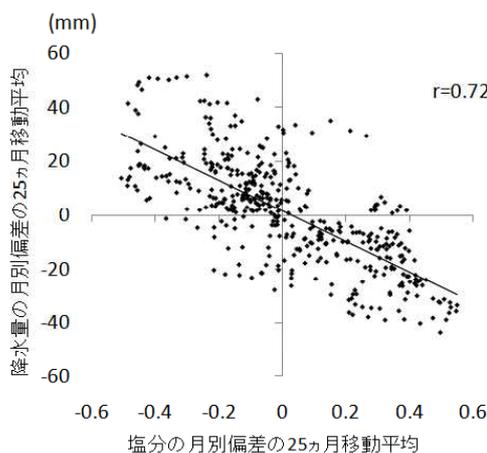


図 11 塩分と降水量の 25 ヶ月移動平均の相関図

## 引用文献

- 1) 木村聡一郎. 1967～2002年における豊後水道域の水温の長期変動. 大分県海洋水産研究センター調査研究報告 2004 ; **5** : 1-9.
- 2) 伊藤龍星, 平川千修. 胃と腸の内容物からみた周防灘南部沿岸におけるナルトビエイの食性. 水産技術 2009 ; **1**(2) : 39-44.
- 3) 静岡県, 大分県, 長崎県. 藻食性魚類による大型褐藻類に対する食害の実態把握に関する研究(大分県). 藻食性魚類による大型褐藻類に対する食害の実態解明総括報告書 2005 ; 1-30.
- 4) 高柳和史. 地球温暖化の漁業および海洋生物への影響. 地球環境 2011 ; **14**(2) : 223-230.
- 5) 木村聡一郎. 佐伯湾奥における表層水温の長期変動. 大分県海洋水産研究センター調査研究報告 2005 ; **6** : 1-7.
- 6) 行平真也. 1977～2012年における大分県佐伯湾奥の表層水温の長期変動. 大分県農林水産研究指導センター研究報告(水産研究部編) 2013 ; **3** : 1-5.
- 7) 日隈邦夫. 別府湾における水塊の季節変化. 大分県水産試験場調査研究報告 1985 ; **12** : 84-97.
- 8) 森山 充, 安達辰典. 福井県沿岸のアカガレイ漁況変動に及ぼす海況の影響. 水産海洋研究 2002 ; **66**(2) : 84-87.
- 9) 岡崎孝博, 鎌田信一郎, 和田隆史, 上田幸男. 徳島県産ハモの漁獲変動に及ぼす水温の影響. 黒潮の資源海洋研究 2012 ; **13** : 57-61
- 10) 兪 俊宅, 中田英昭. 黒潮の離接岸変動が沿岸の動植物プランクトン生物量に及ぼす影響. 水産海洋研究 2002 ; **66**(4) : 224-231.
- 11) 野澤清志, 長洞幸夫, 高杉 知. 岩手県における主要魚種の漁獲量と定置水温の長期変動について. 水産海洋研究 1997 ; **61**(1) : 77-78.