

豊後水道西部海域における水温の長期変動

安部洋平

大分県農林水産研究指導センター水産研究部

Long-term Fluctuations of Water Temperature in the Western Part of Bungo Channel

YOHEI ABE

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

キーワード：豊後水道，水温，長期変動

近年，海水温の上昇による漁業への影響が指摘されているが，本県においても沿岸環境の変化や資源の変動を予測するうえで，水温の長期変動を把握しておく意義は大きい。気象庁によると，日本近海の年平均海面水温はほとんどの海域で有意に上昇しているとされる¹⁾。大分県海域も例外ではなく，別府湾では表層で $+0.033$ °C/年の上昇²⁾，周防灘では表層で $+0.010$ °C/年の上昇，低層で $+0.027$ °C/年の上昇³⁾，佐伯市上浦地先でも表層で $+0.027$ °C/年の上昇⁴⁾が認められている。豊後水道西部海域の表層水温の上昇については1967~2002年の期間をまとめた報告があるが⁵⁾，報告から既に12年が経過していることから未解析のデータが集積している。そこで本報告では未解析期間のデータ12年分を新たに付加し，表層水温および50m水温の長期変動について解析したので報告する。

材料と方法

大分県農林水産研究指導センター水産研究部では，図1に示した豊後水道の22定点で調査船による毎月一回の観測が行われている。解析に用いたデータは，表層水温が1967年1月から2014年12月までの，50m水温が1983年1月から2014年12月までの観測値である。水温の長期変動の解析には，月別偏差の25か月移動平均を用いた。また，1~3月を冬季，4~6月を春季，7~9月を夏季，10~12月を秋季とし，各季節における表層水温および50m水温の変化量の比較を行った。

さらに，各定点における表層および50m水温値を用いてクラスター分析による海域分類を行い，海域別における水温変化量を比較した。クラスター分析にはウ

ォード法を用い，対象間距離はユークリッド平方距離を用いた。なお，水温変化量は最小二乗法の一次回帰直線によって求め，F検定により有意水準5%を基準として有意性の有無を検討した。

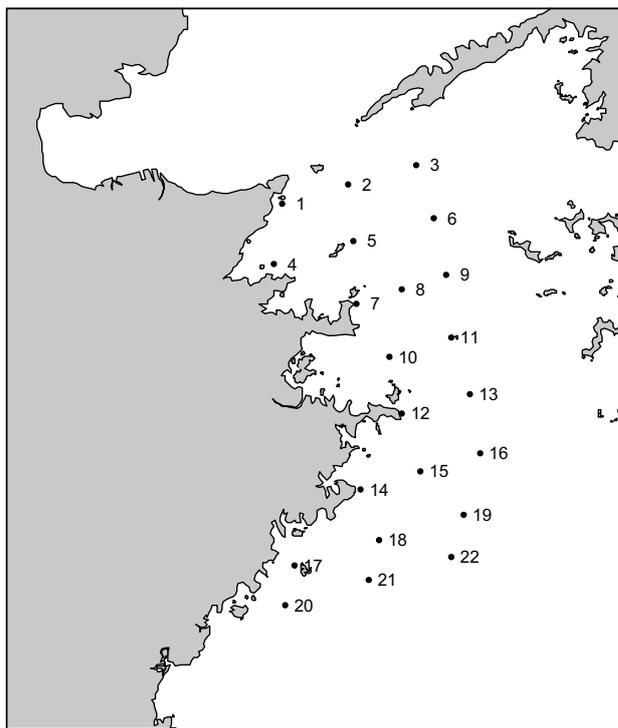


図1. 調査定点

結果

表層水温・50m水温の経年変動

表層水温および50m水温の年別平均値の推移を示したものが，図2および3である。これらの図から表層水温は年間 $+0.017$ °C ($r=0.50$ ($p<0.01$))，50m水温で

は年間+0.021℃（ $r=0.52$ （ $p<0.01$ ））の上昇が認められた。また、長期変動の傾向をみるため表層水温および50m水温における月別偏差の25か月移動平均を示したものが図4である。表層水温は1990年頃まで負偏差で推移していたが、1992年から正偏差へとシフトした。50m水温では表層水温と似たような変動を示し、1992年から偏差は増加傾向となった。しかし2011年以降、表層水温は負偏差を示し、50m水温でも同様に偏差は減少している。

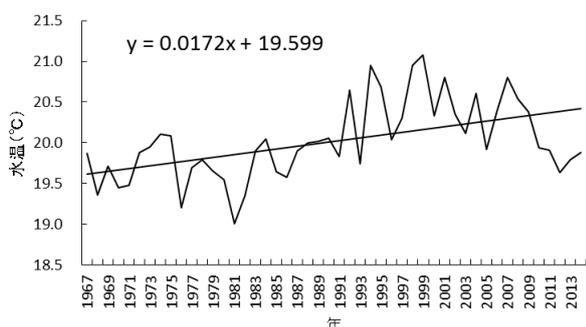


図2. 表層水温の経年変動

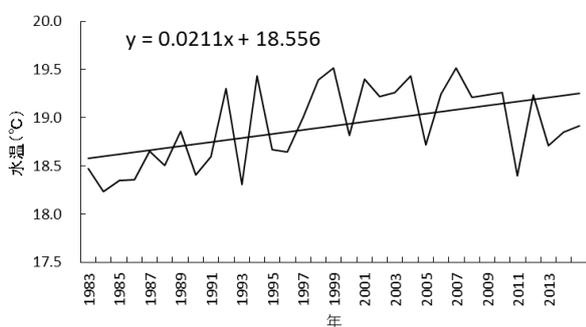


図3. 50m水温の経年変動

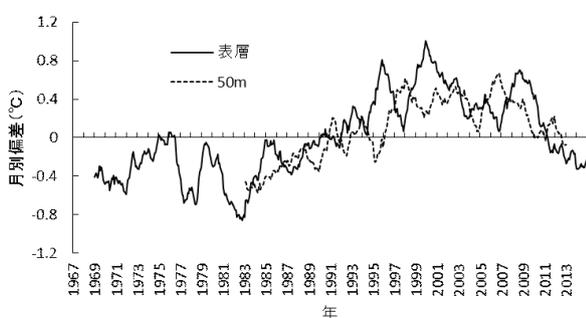


図4. 表層水温および50m水温における月別偏差の25か月移動平均

季節別水温の経年変動

表層水温および50m水温の各季節における水温変化量を示したものが表1である。表層では春季の水温が+0.036℃/年の上昇を示したが（ $r=0.65$ （ $p<0.01$ ））、冬季・夏季・秋季については有意な上昇は見られなかった。50mでも同様に春季に+0.042℃/年の水温上昇が見られたが（ $r=0.72$ （ $p<0.01$ ））、冬季・夏季・秋季については有意な上昇は見られなかった。

表1. 季節別の水温変化量（*： $p<0.05$ ）

季節	年変化率	
	表層水温	50m水温
冬季(1~3月)	0.013	0.013
春季(4~6月)	0.036*	0.042*
夏季(7~9月)	0.011	0.020
秋季(10~12月)	0.010	0.018

海域別水温の経年変動

各定点における水温値を用いたクラスター分析で得られたデンドログラムが、図5および図6である。表層水温では、非類似度20で海域区分した場合に3海域に区分され、本報ではこれらの海域を、豊後水道北部（測点1,2,3,4,5,6,7）、豊後水道中部（測点8,9,10,11,12,14）、豊後水道南部（測点13,15,16,17,18,19,20,21,22）と呼ぶことにした。50m水温でも表層水温と同様に、非類似度20の区分で3海域に分類され、豊後水道北部（測点1,2,3,5,6,7,8,9,10）、豊後水道中部（測点11,12,13,14,15,16,17）、豊後水道南部（測点18,19,20,21,22）と呼ぶことにした。それぞれ

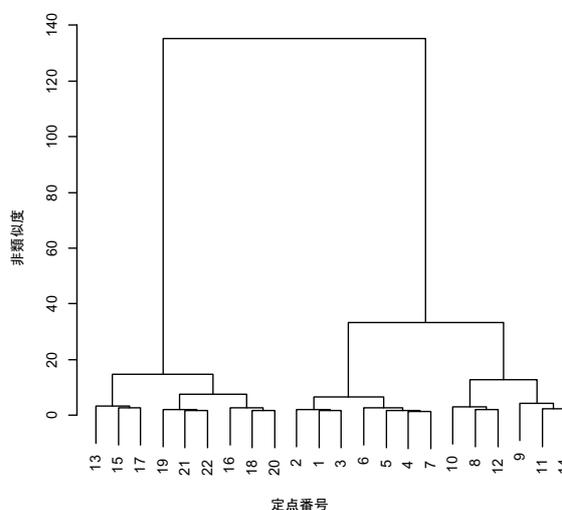


図5. 表層水温による定点のクラスター分析結果

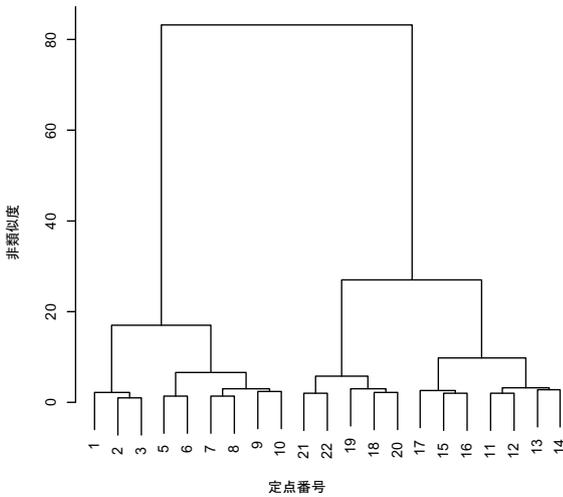


図6. 50m 水温による定点のクラスター分析結果

の海域において表層及び 50m 水温の水温変化量を示したものが表 2 である。表層水温の豊後水道中部を除く海域では有意な水温上昇が認められ、いずれの海域も水温の年変化率は+0.020 °C/年~+0.030 °C/年の範囲内であり、海域別における水温変化量に大きな差は見られなかった。

表 2. 海域別における水温変化量 (* : $p < 0.05$)

水温	海域名	年変化率
表層水温	豊後水道北部	0.020*
	豊後水道中部	0.010
	豊後水道南部	0.020*
50m水温	豊後水道北部	0.025*
	豊後水道中部	0.027*
	豊後水道南部	0.030*

考 察

水温の長期変動解析の結果から、豊後水道西部海域の表層水温は+0.017 °C/年上昇していることが明らかになった。気象庁によれば豊後水道近隣海域である日向灘や高知沖を含む四国・東海沖の海域平均海面水温は 100 年間で約 1.21 °C の上昇とされており¹⁾、豊後水道でも近隣海域同様に表層水温の上昇傾向が認められた。また、木村による豊後水道西部海域における表層水温の長期変動解析結果では +0.030 °C/年 の上昇と見積もられているが⁵⁾、今回新たに 12 年分のデータを

付加した結果では+0.017 °C/年と上昇率が低くなった。これは本解析結果における 2011 年以降の水温低下傾向が、期間全体の上昇率に影響を与えたものと考えられる。同様に 50m 水温についても+0.021 °C/年の上昇が認められ、表層水温と同じく上昇傾向にあることが明らかになった。すなわち、豊後水道西部海域では表層水温が 48 年間で約 0.8 °C、50m 水温が 32 年間で約 0.7 °C 上昇したといえる。

水温の 25 か月移動平均により長期的な水温変動傾向を検討したところ、表層および 50m 水温ともにおよそ 4~6 年周期で増減しており、1990 年代には急激な水温上昇が見られた。90 年代は大分県のマイワシ漁獲量が激減した時代にあたり⁶⁾、海水温変動と漁況との関連性もうかがわれる。90 年代からの高水温化傾向はしばらく続いていたが、表層水温については 2011 年以降に負偏差へシフトしている。気候変動に関する政府間パネル (Intergovernmental Panel on Climate Change : IPCC) によると、近年、気温の上昇傾向の弱まりが世界規模で見られ、IPCC 第 5 次報告書では放射強制力の変化傾向の弱まりが上昇傾向を弱めている要因の一つとされ、火山活動と 11 年周期の太陽活動が下降位相にあると述べられている⁷⁾。気温の変動現象がどの程度海水温に影響を与えているかは不明だが、豊後水道においても近年の水温低下傾向に、放射強制力の変化傾向の弱まりが影響している可能性もある。

季節別水温の長期変動解析では、表層および 50m 水温とも春季に有意な水温上昇が認められ、その他の季節では有意な上昇は認められなかった。このことから、年平均水温の上昇には春季の水温上昇が大きく影響していると考えられる。また、本県の豊後水道沿岸に位置する佐伯湾においても本解析結果と同様に、春季水温の上昇率が高いことが報告されている⁴⁾。ただし、佐伯湾では冬季の水温上昇率も春季と同程度に高いとされ、本解析結果とはやや異なるが、これはデータの観測回数や観測期間の違いによるものと考えられる。

クラスター分析結果から、表層および 50m 水温とも図 7 に示したように豊後水道の南西方向から北東方向に向かう区分線によって、北部、中部、南部の 3 海域に分類された。豊後水道における暖水の流入は、水道中央部から東側にかけて流入することが知られており⁸⁾、区分線が南西方向から北東方向に向かうのは豊後水道中央部に位置する定点が暖水の影響を受けやすいことによるためだと考えられる。また、豊後水道の南部は黒潮由来の暖水を、北部は瀬戸内海由来の海水の影響を受けやすく、各海域において特性が異なるこ

とから水温変化量の違いを解析した。その結果、豊後水道中部の表層を除き、調査対象海域の各層で有意な水温上昇が認められたがその差は小さく、海域の違いによる水温変化量に程度の差は見られなかった。また、豊後水道中部の表層水温だけで有意な水温上昇がなかった現象については、各海域間における海水動態の関係性を含めて今後検討する必要がある。

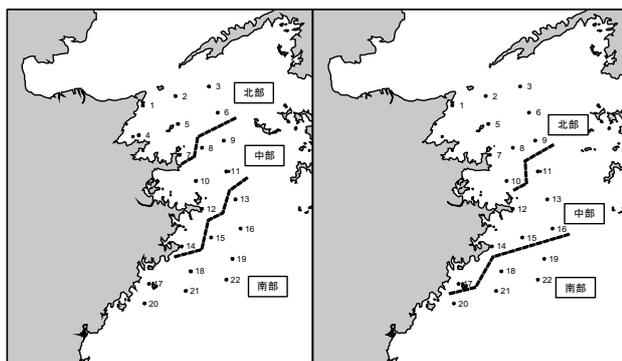


図 7. クラスタ分析による海域区分
左図：表層水温，右図：50m 水温

本報の解析によって、豊後水道西部海域における表層および 50m 水温の長期的な水温上昇を確認することができた。また近年は、海水温が低下傾向を示していることも明らかとなったが、長期的に見れば上昇傾向を示していることは確かである。今後も海水温の上昇が続けば、沿岸生態系の構造の変化によって当該海域の漁業に大きく影響を与えることが予想される。例えば、海水温の上昇でアイゴやブダイなどの植食性魚種の摂餌活動期間が長くなり、磯焼け発生の助長要因となることが懸念される。アイゴは水温 17.5℃以下ではほとんど摂餌しないが 17.5℃を超えると良く摂餌するようになり、ブダイは水温 18.5℃前後で良く摂餌するとの報告がある⁹⁾。豊後水道西部海域では 4~5 月に 16~18℃程度の水温となるため、春季の水温上昇は植食性魚種の摂餌活動を高める可能性がある。また最近、大分県のまき網漁業でカタボシイワシなどの暖海性魚種が混獲されるようになってきており、海水温の上昇が暖海性魚種の漁獲割合を高める可能性がある。豊後水道に隣接する瀬戸内海では、海水温の変化が理由と考えられる異変が報告されていることから¹⁰⁾、今後、豊後水道でも同様の報告の増加が予想される。したがって、現行の海況モニタリング調査を今後も継続し、あらゆる環境変化に注視して現況を把握しておくことが強く望まれる。

謝 辞

本研究は沿岸定線調査の長期にわたる観測資料によるものであり、これまで海洋観測業務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この場を借りて感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 海洋の健康診断表 総合診断表第 2 版. 気象庁, 東京. 2013.
- 2) 野田誠, 行平真也. 別府湾における表層水温と塩分の長期変動. 大分県農林水産研究指導センター研究報告 2013 ; 3 : 7-11.
- 3) 瀬戸内海ブロック浅海定線調査観測 40 年成果 (海況の長期変動). 瀬戸内海区水産研究所, 広島. 2015.
- 4) 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 2013 ; 3 : 1-5.
- 5) 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. 大分海水研調研報 2004 ; 5 : 1-10.
- 6) 安部洋平, 内海訓弘. 資源・環境に関するデータの収集・情報の提供 - 1 漁海況予報事業. 平成 26 年度大分県農林水産研究指導センター水産研究部事業報告書 2013 ; 57.
- 7) Summary for Policymakers. In : Climate Change 2013 : The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2013
- 8) 安部洋平. 佐伯宿毛間定期フェリー航路水温を用いた豊後水道表層水温の変動解析. 大分県農林水産研究指導センター研究報告 2015 ; 5 : 1-12
- 9) 木村創. 養殖ヒロメにおける魚類の補食. 和歌山県水産増殖試験場報告 1994 ; 26: 12-16
- 10) 重田利拓. 瀬戸内海の魚類に見られる異変と諸問題. 日本水産学会誌 2008 ; 74 : 868-872.