

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

安部洋平

Variability Analysis of the Surface Temperature in Bungo Channel Using the Ferry Service between Saiki and Sukumo

YOHEI ABE

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：表層水温，豊後水道，フロント

材料と方法

豊後水道は瀬戸内海西部と外海を結ぶ水路となっており，最も狭い関崎と佐田岬の間の約 14 km の豊予海峡で瀬戸内海と太平洋の海水が出入りしている。水道沿岸には大きな河川がないため塩分差が小さく，水塊構造は水道内に南下流入する瀬戸内海水と，外海から水道内に流入してくる黒潮系海水の動態によって決定されると考えられている¹⁾。

大分県農林水産研究指導センター水産研究部では，1992 年から大分県佐伯港と高知県宿毛港を往復する定期フェリーに水温計を設置し，表層水温の測定を継続的に行っている。得られた連続水温は，ほぼ同一航路の同一時間帯に継続して測定されたものであり，長期の海洋モニタリングに適している。すでに本データを用いて，1997 年 1 月から 1999 年 4 月の期間中における豊後水道の表層水温変動特性が報告されている²⁾⁵⁾。また，同海域における表層水温の変動特性に関する知見として，武岡らの急潮現象に関する報告がある⁶⁾。

大分県南部海域で漁獲される魚種にはアジ類やブリ類など暖水波及と関係の強いものが多く⁷⁾，豊後水道の水温変動，特に暖水侵入の把握は，短期的な漁況予測を行う上で重要である。また，近年では大量に発生したクラゲやハリセンボンの入網による漁業被害，ウニや植食性魚種による磯焼けなどの問題解決のためにも，水温変動の特徴は有用な情報になり得る。そこで本報では佐伯宿毛間定期フェリー航路水温を用いて，近年における豊後水道の表層水温変動特性について解析した。

本研究では，佐伯港と宿毛港を航行する定期フェリー「ニューあしずり（999 トン）」に設置した水温計で，2008 年 1 月から 2013 年 12 月に観測された連続表層水温を用いた。なお，定期フェリーは両港間を 1 日に 3 往復しており（図 1.），2011 年 8 月以前と 9 月以降でフェリーの出入港時間は異なっている（表 1.）。水温測定はエンジン冷却用の取水パイプの内側に設置した TidviT[®]v2（Onset Computer Corporation）を用い，2 分間隔で水温を連続測定した。また，出入港時刻欄を設けた航海日誌の記帳を依頼した。図 1. に示した佐伯宿毛間の 80km の航路上に，佐伯港を 1，宿毛港を 80 として 1km おきの 80 測点を抽出し，各航海の出入港時刻から各測点における表層水温を決定した。航路表層水温の時空間変動図は，横軸が時間，縦軸が佐伯港から各測点までの距離，図中に等水温線を施した 3 次元スケールで表した。また，各測点表層水温の時間変動図は，横軸が時間で，各測点の水温変化を測点 1 から 80 まで順に積み上げたものであり，基準日（1 月 1 日または 7 月 1 日）における各測点間隔が水温 1℃に相当する。

なお，これらの図は 1~6 月と 7~12 月に分けて作成した。図の空白期間は欠測を意味し，2010 年 7~12 月は全期間欠測であった。本報では佐伯宿毛間の 80 測点を水温変動の特徴から佐伯湾（測点 1~20），豊後水道中央（測点 21~40），豊後水道東側（測点 41~60），宿毛湾（測点 61~80）の四海域に分類した。

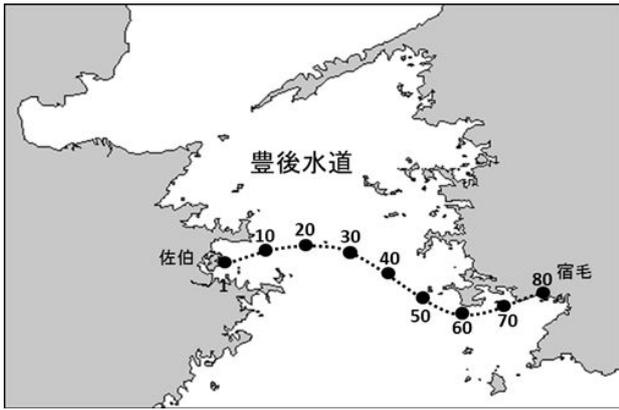


図 1. 佐伯－宿毛間定期フェリー航路上の測点

結 果

航路表層水温の時空間変動 2008 年から 2013 年における航路表層水温の時空間変動を各年 1～6 月および 7～12 月に分けて示したものがそれぞれ図 2. および 3. である。

解析対象期間における 1～6 月の佐伯湾内の水温は他の 3 海域に比べ 1～3℃低かった。また、各年とも 4 月下旬から 5 月上旬にかけて宿毛湾から徐々に 20℃台の海水が浸入して、佐伯湾口（測点 20）付近に水温勾配の大きいフロントが形成されていた。フロント形成

表 1. 定期フェリー出入港時間

2011年8月までの宿毛フェリー時刻表		
宿毛発(2, 4, 6便)		佐伯発(1, 3, 5便)
便	発	着
1	3:10	6:20
2	7:00	10:10
3	11:00	14:10
4	15:00	18:10
5	19:50	23:00
6	23:30	2:40

2011年9月以降の宿毛フェリー時刻表		
宿毛発(1, 3, 5便)		佐伯発(2, 4, 6便)
便	発	着
1	0:30	3:40
2	4:10	7:20
3	8:00	11:10
4	12:00	15:10
5	16:00	19:10
6	20:50	0:00

期間には、佐伯湾奥（測点 1～10）の水温が高く推移した。

形成されたフロントは、各年とも共通して 9 月には徐々に弱まり、10 月から 11 月にかけて消滅した。また、豊後水道中央および東側では等温線が縦に密になっている箇所が多く、暖水の波及がうかがえた。2013 年 9 月には航路全域で水温の低下現象が見られた。

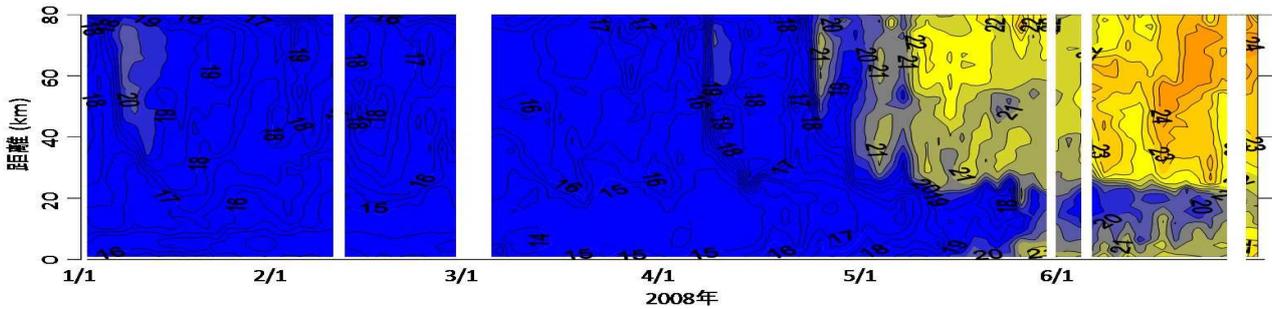


図2-1. 2008 年 1～6 月における表層水温の時空間変動

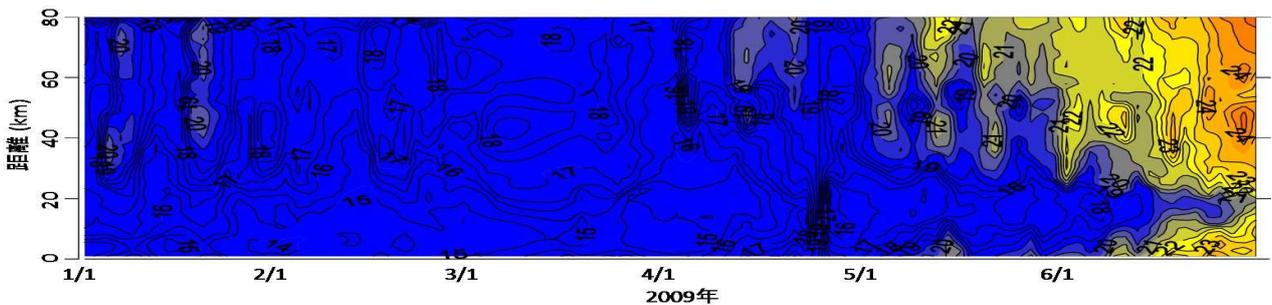


図2-2. 2009 年 1～6 月における表層水温の時空間変動

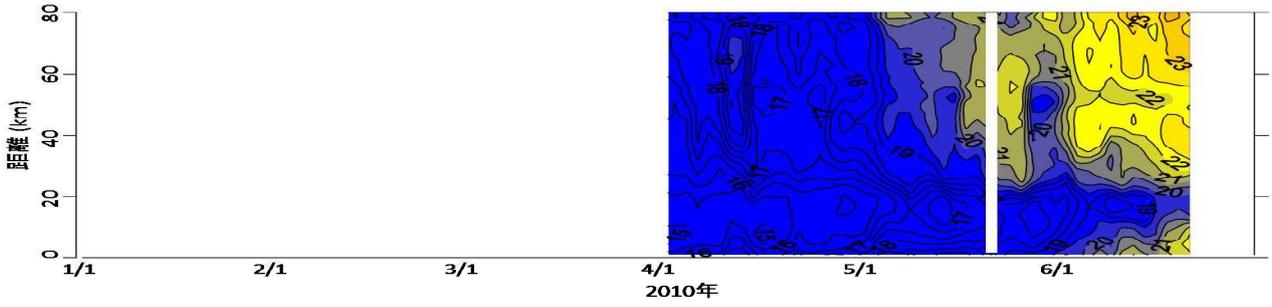


図2-3. 2010年1~6月における表層水温の時空間変動

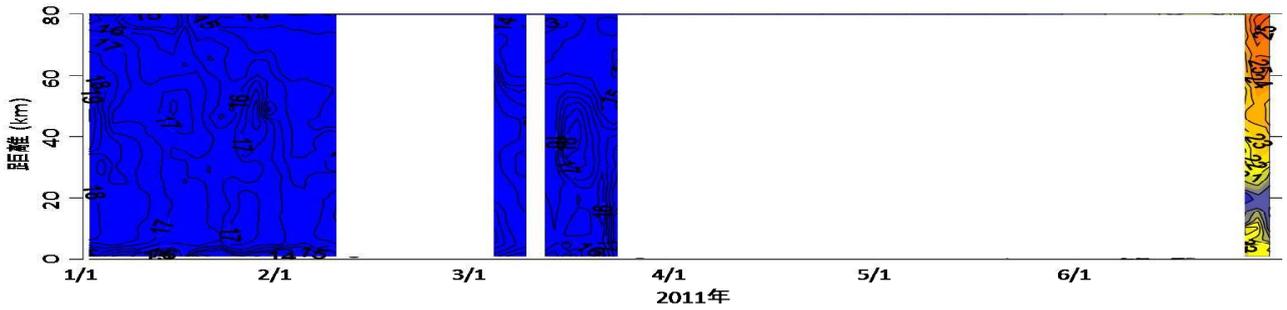


図2-4. 2011年1~6月における表層水温の時空間変動

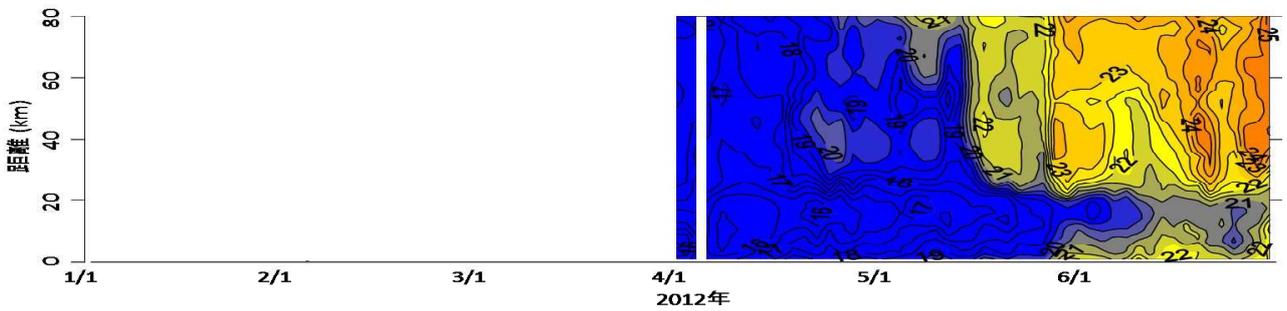


図2-5. 2012年1~6月における表層水温の時空間変動

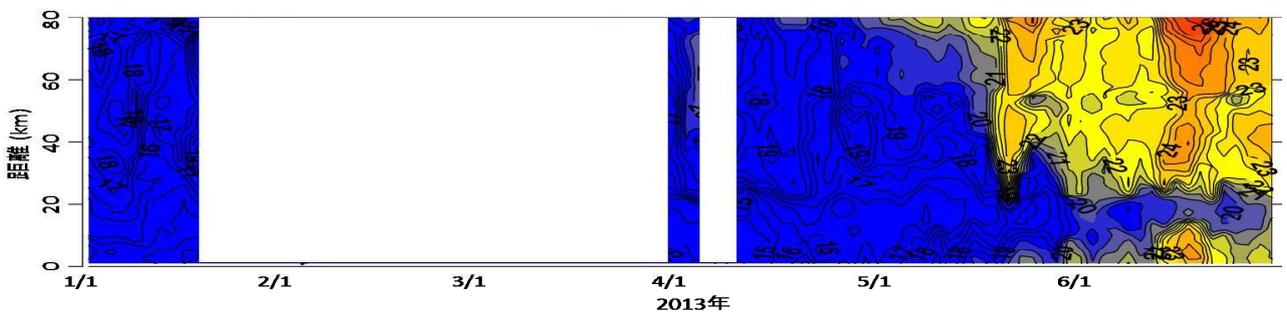


図2-6. 2013年1~6月における表層水温の時空間変動

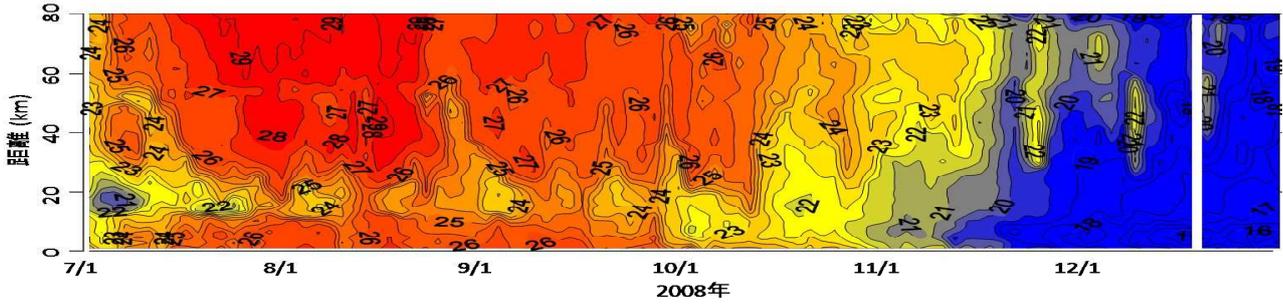


図3-1. 2008年7～12月における表層水温の時空間変動

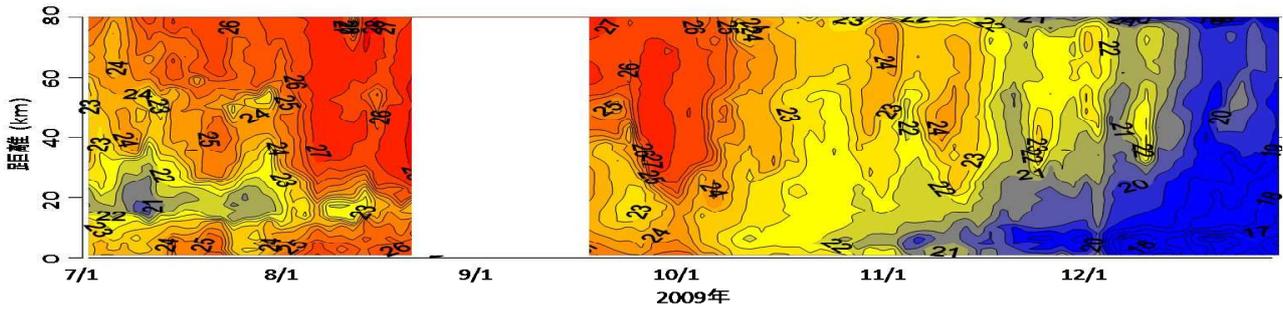


図3-2. 2009年7～12月における表層水温の時空間変動

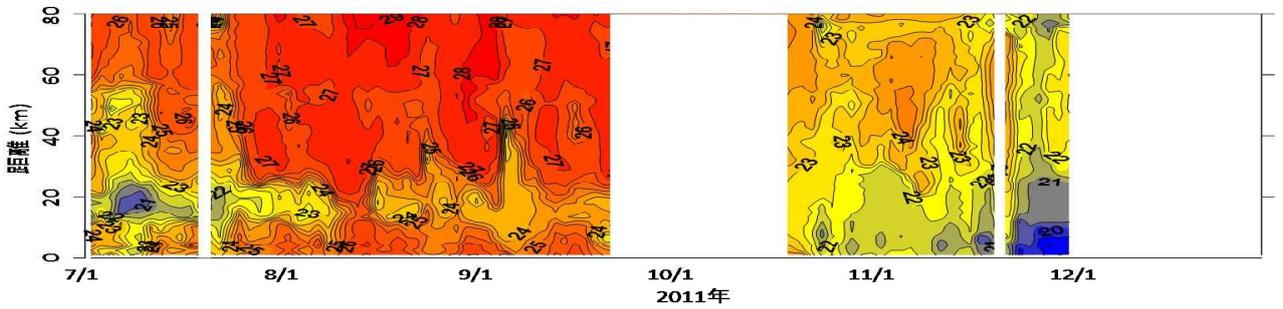


図3-3. 2011年7～12月における表層水温の時空間変動

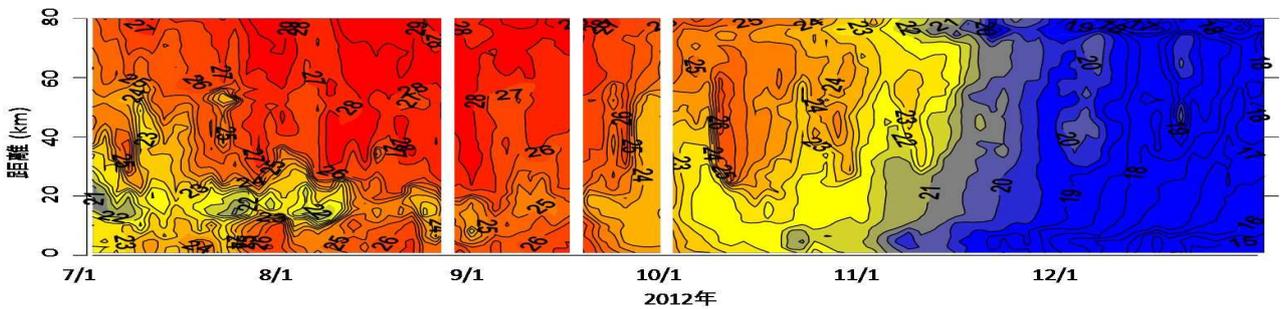


図3-4. 2012年7～12月における表層水温の時空間変動

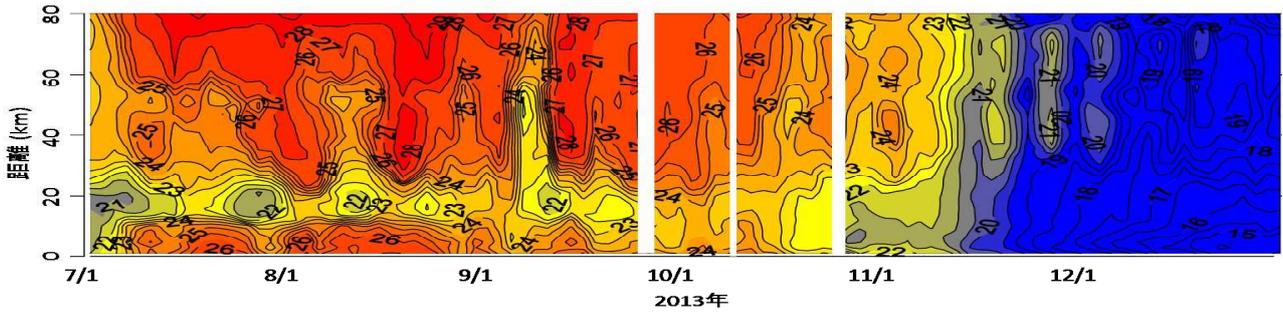


図3-5. 2013年7~12月における表層水温の時空間変動

各測点における表層水温の時間変動 2008年から2013年の各測点における表層水温の時間変動を、各年1~6月と7~12月に分けて示したものが、それぞれ図4.と5.である。図中の矢印は、暖水波及と推定される2日間の内に2℃以上の水温上昇がみられた期間を示したものである。

春季に欠測期間のある年を除き、4月頃から佐伯湾

口(測点20)付近で水温値の幅が他海域に比べ大きくなり、海面冷却により降温し始める10月頃から徐々に小さくなった。また、豊後水道中央と東側では1~2℃程度の水温上昇と低下が他海域に比べ高頻度で見られ、黒潮の影響と思われる水温上昇は宿毛湾や豊後水道東側から中央へ進行したが、佐伯湾まで及ぶことはほとんどなかった。

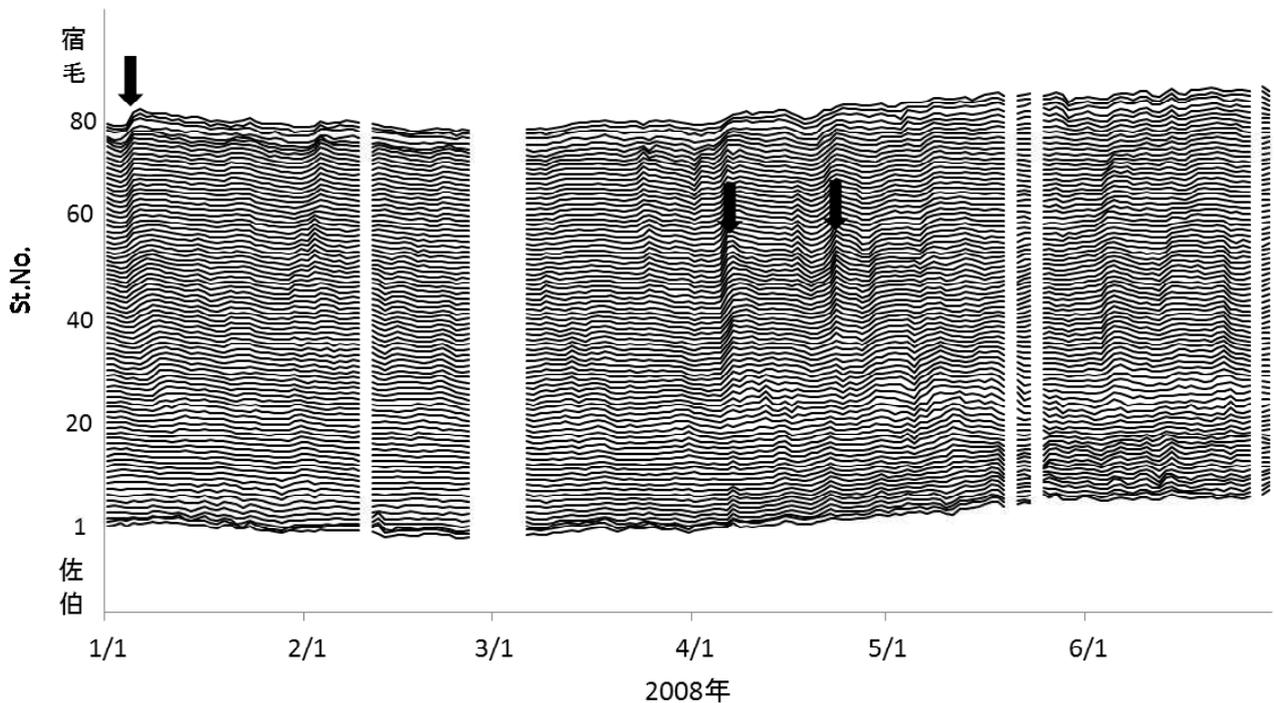


図4-1. 2008年1~6月における各測点表層水温の時間変動

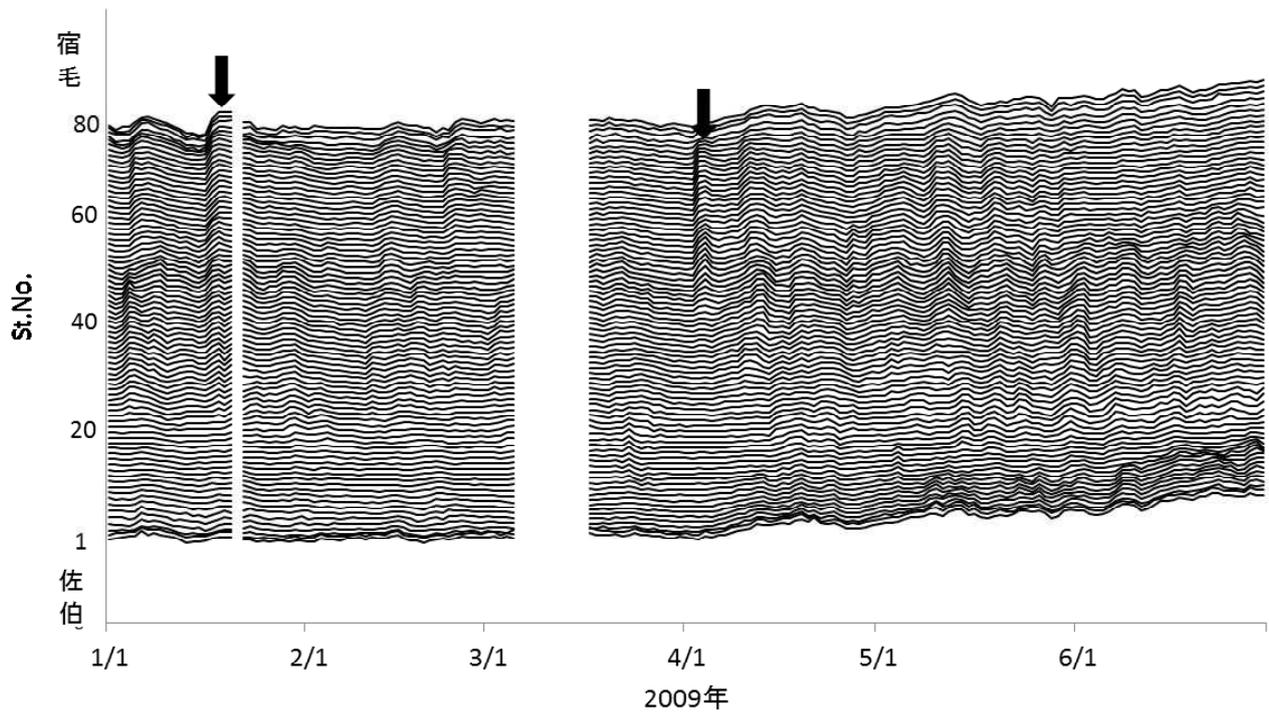


図4-2. 2009年1~6月における各測点表層水温の時間変動

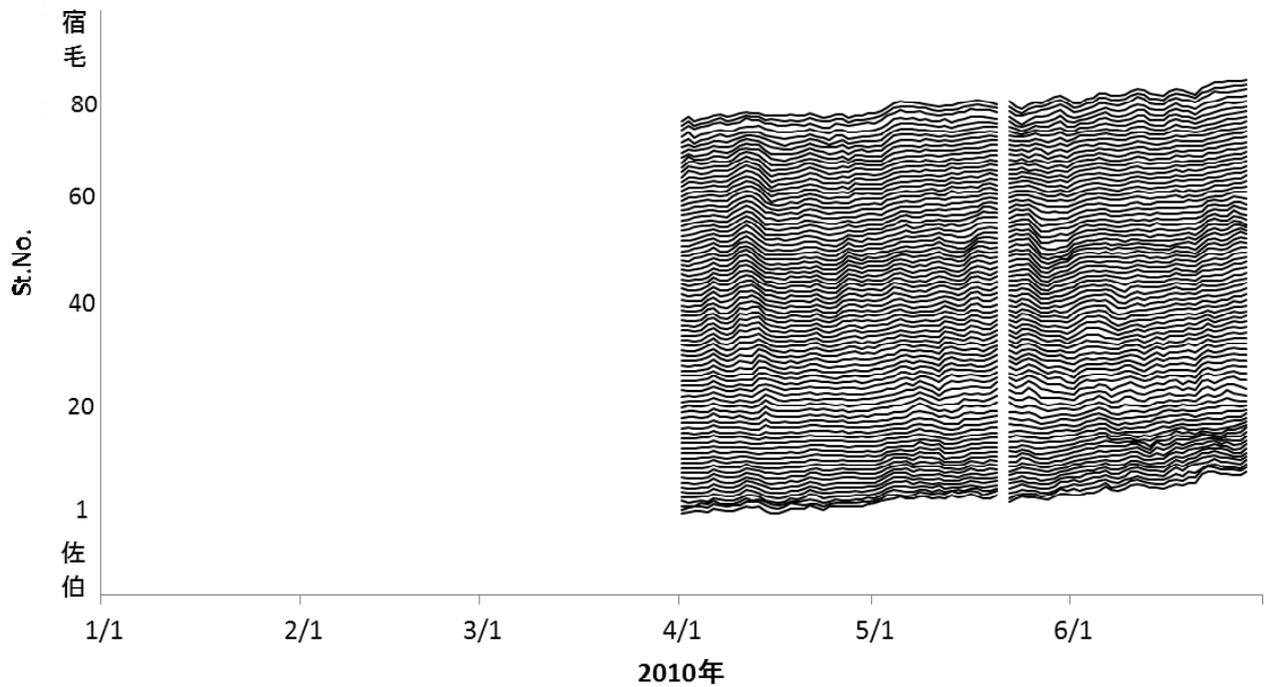


図4-3. 2010年1~6月における各測点表層水温の時間変動

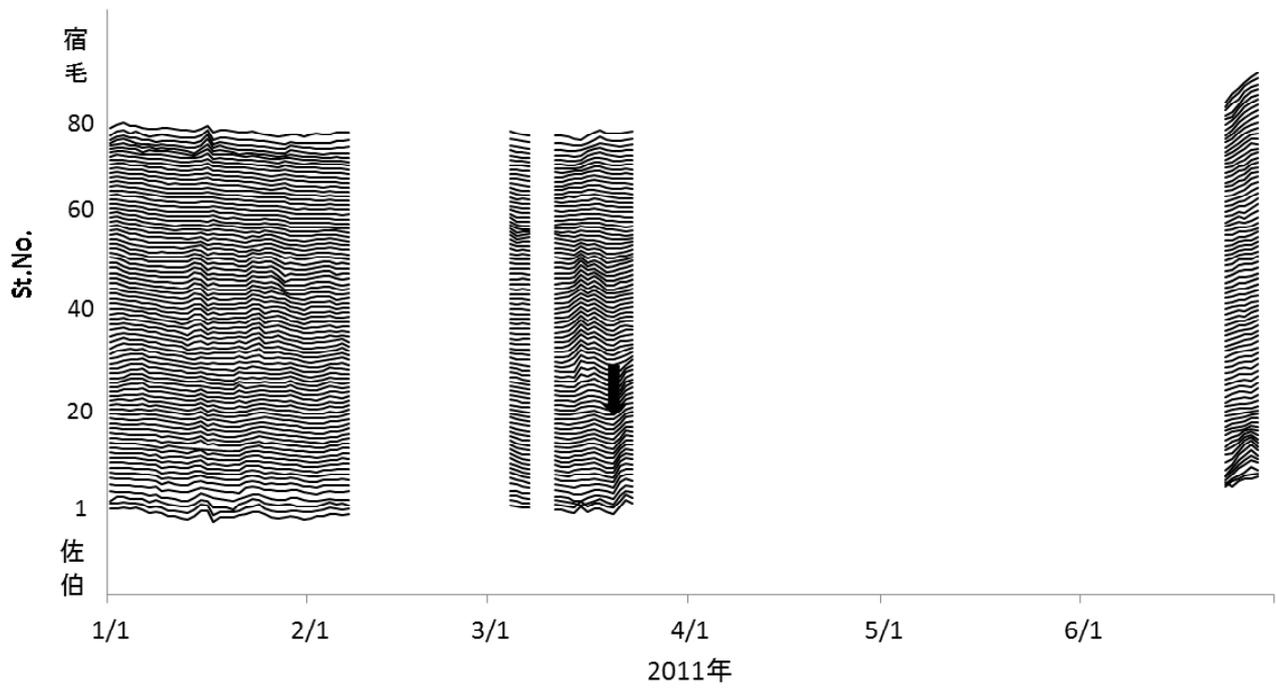


図4-4. 2011年1~6月における各測点表層水温の時間変動

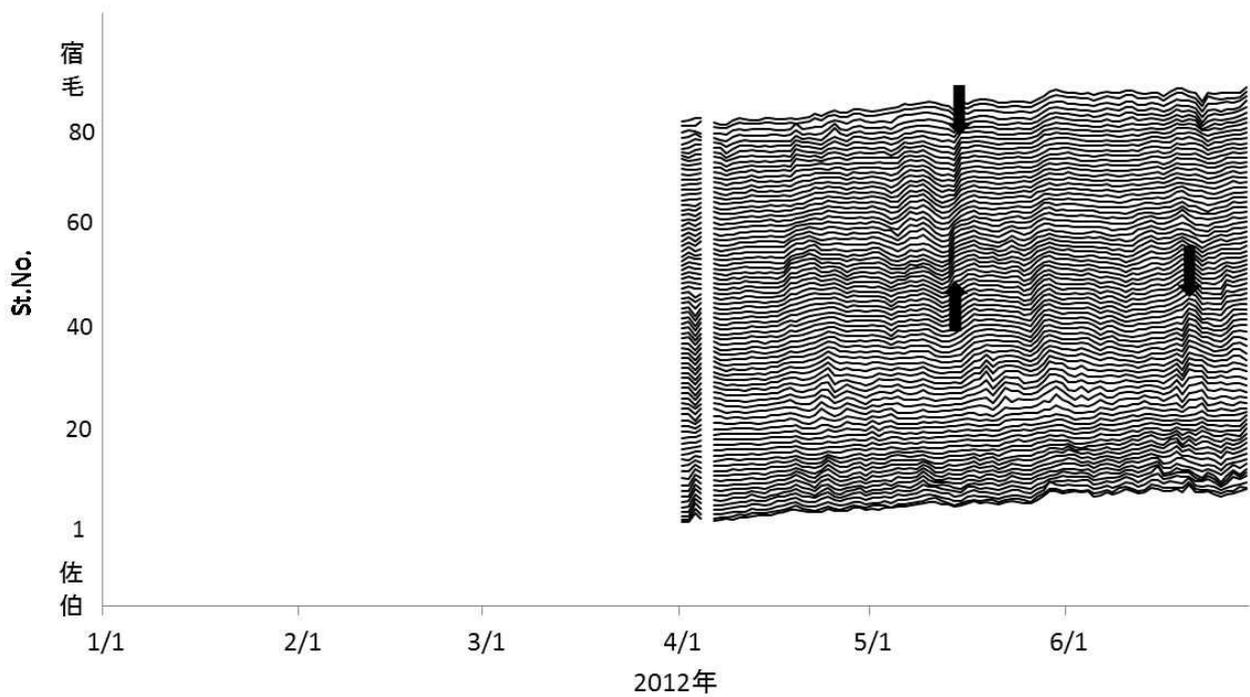


図4-5. 2012年1~6月における各測点表層水温の時間変動

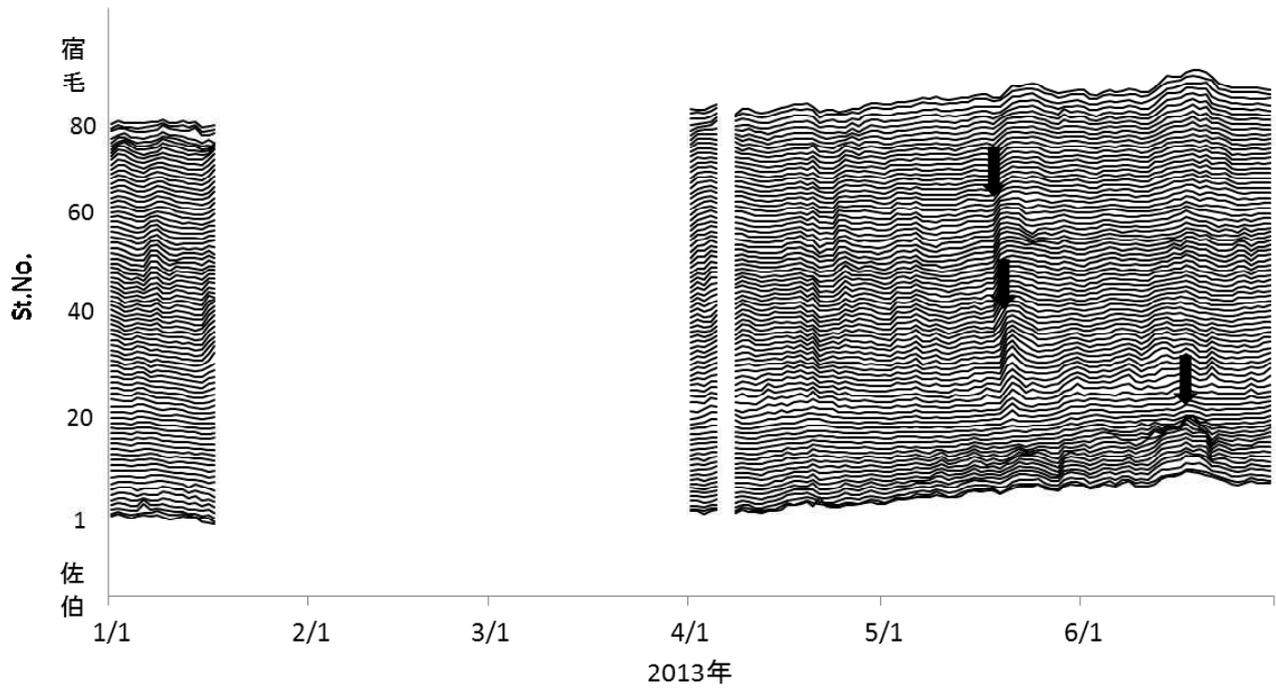


図4-6. 2013年1~6月における各測点表層水温の時間変動

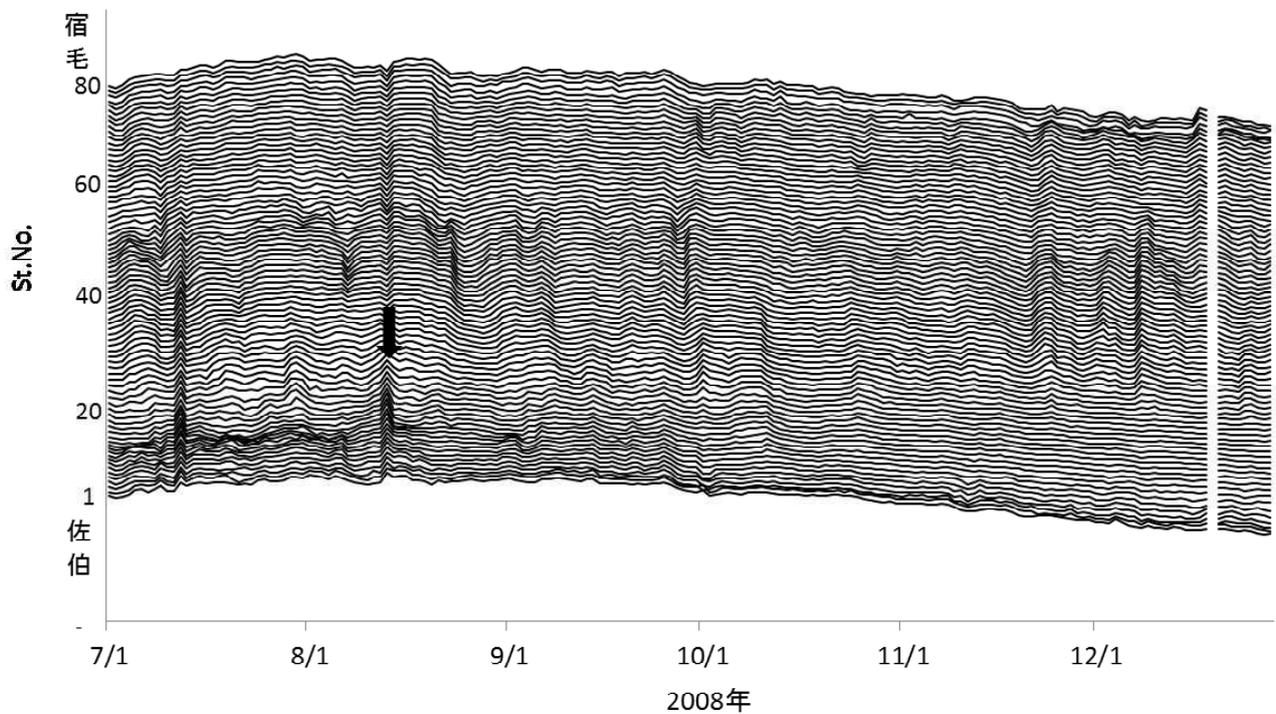


図5-1. 2008年7~12月における各測点表層水温の時間変動

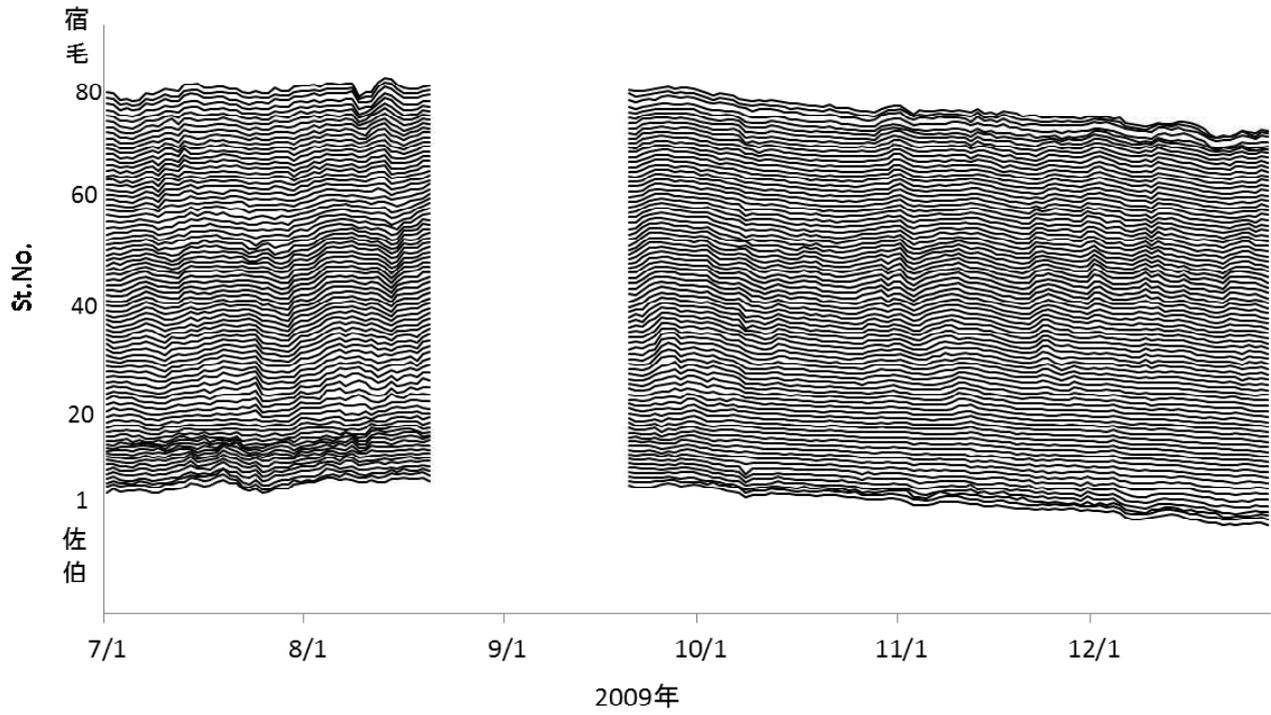


図5-2. 2009年7~12月における各測点表層水温の時間変動

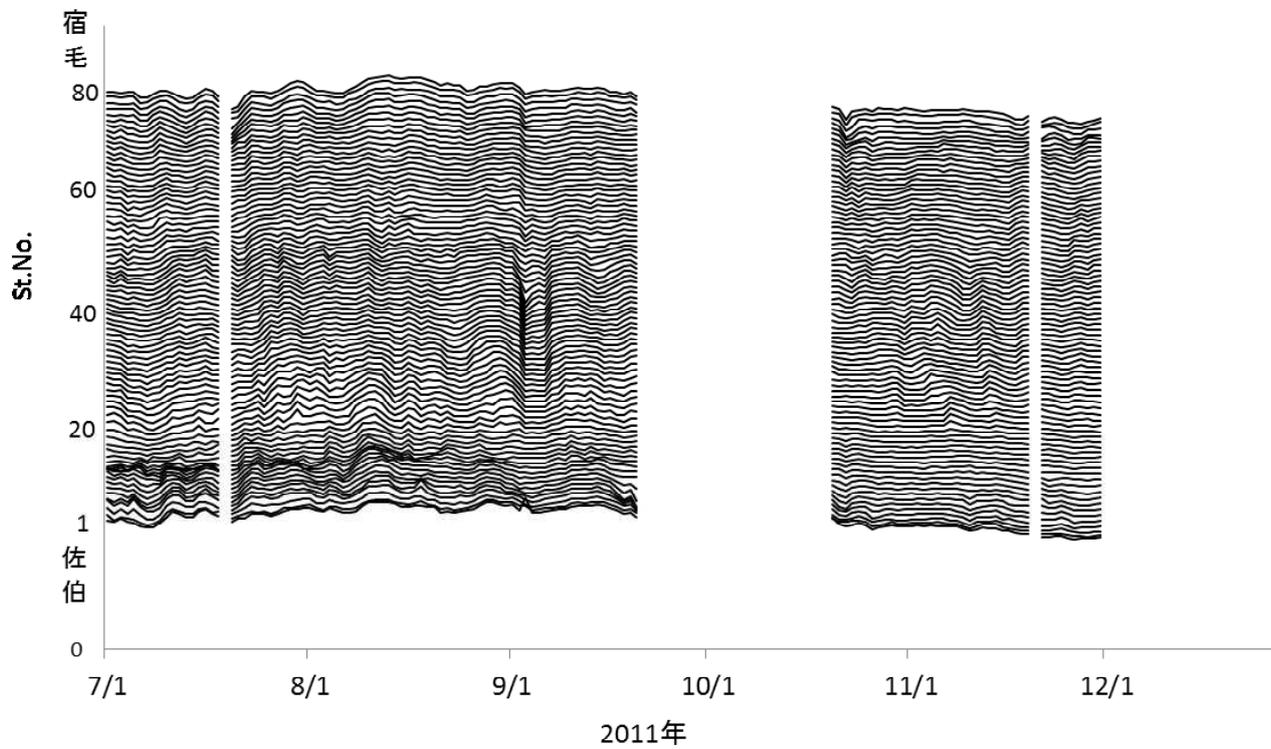


図5-3. 2011年7~12月における各測点表層水温の時間変動

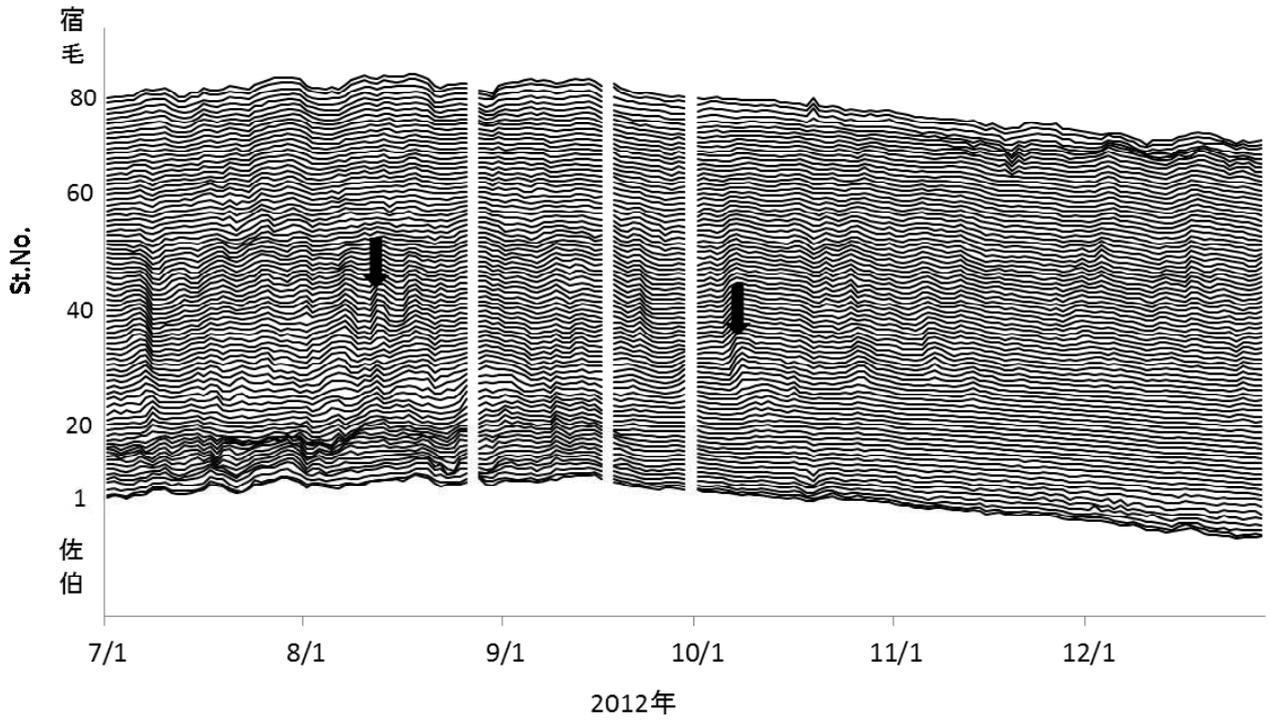


図5-4. 2012年7～12月における各測点表層水温の時間変動

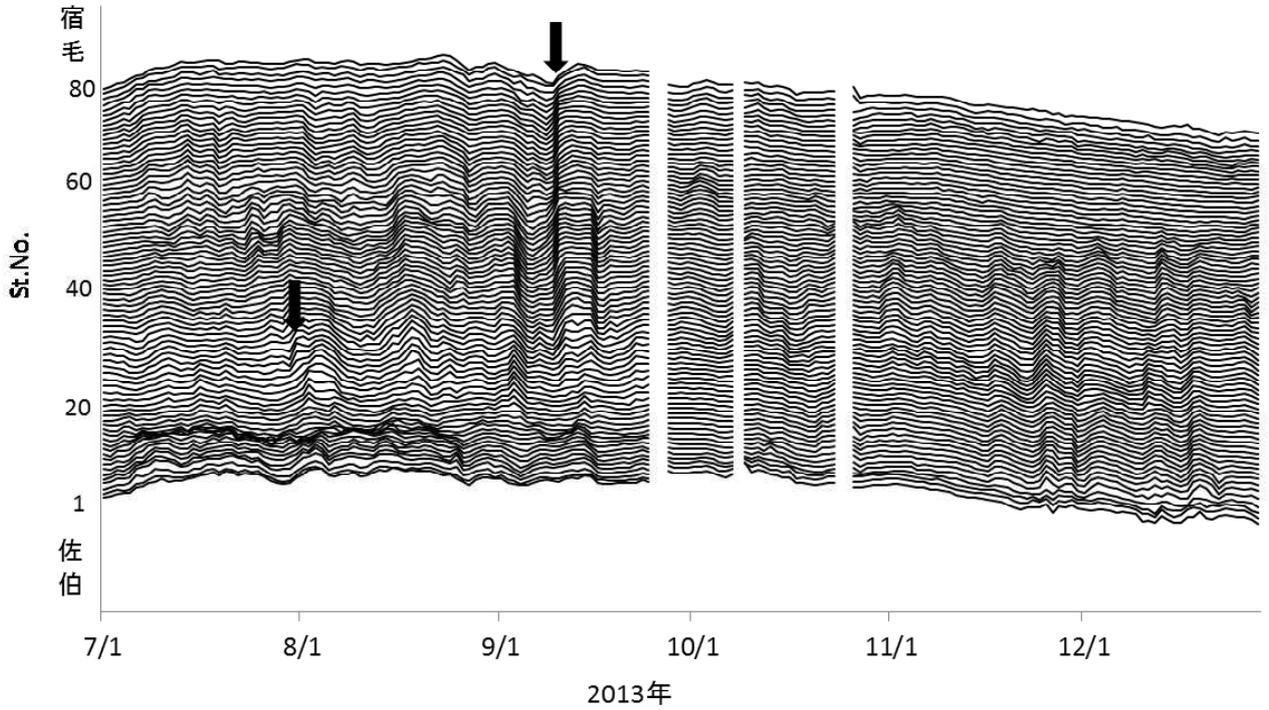


図5-5. 2013年7～12月における各測点表層水温の時間変動.

考 察

佐伯湾が他の3海域に比べて年を通じて低温である理由として、豊予海峡の鉛直混合で上昇した低層域の冷海水の影響が考えられる。豊予海峡は水深200m以上の急峻な海底地形を有し、海水の鉛直混合が起こりやすく他海域に比べ水温が低い傾向にある。豊予海峡に流出した瀬戸内海水は海峡部で混合され、通年、大分側に沿って豊後水道を南下することが知られており⁸⁾、春季に佐伯湾口付近に水温勾配の大きいフロントが形成される要因と思われる。フロントが形成されると、佐伯湾への外海水の浸入が妨げられ、海水交換が起こりにくく、湾奥の水温が高くなると推測される。

田村¹⁾によると、豊後水道へ流出する瀬戸内海系水は、夏季は表層から中層を、冬季は中層から下層を通る。フロントが秋季以降に弱まり消滅するのは、湾口付近の表層を南下する低温の瀬戸内海系水が、成層構造の強まりとともに下層を流れることが原因と考えられる。

図3-5.に示したように、2013年9月に航路全域で特徴的な水温低下が記録された。豊後水道東岸では、黒潮系暖水の浸入により短時間の内に水温が急上昇する急潮現象とともに、外海低層域の低温海水の侵入による底入り潮と呼ばれる現象も知られている⁹⁾。2013年9月に発生した水温低下現象は、底入り潮が何らかの理由で表層に現れたことにより引き起こされた可能性があるが、この現象を解析するには、塩分などの情報を加えて、外海系水と内海系水の状況を把握する必要がある。

豊後水道中央および東側の測点では、1~2℃程度の水温変化が頻繁に記録された。佐伯宿毛間フェリー航路において、1℃(3日)以上の水温変化が発生した海域の割合を示したものが図6.である。水温変化の頻度は、豊後水道中央、東側、宿毛湾、佐伯湾の順に高い。特に、豊後水道中央付近は豊予海峡から南下する冷水塊と、黒潮系暖水の相互の影響を受け、頻繁な水温変化が起こりやすいと考えられる。一方、南下冷水塊の影響をほとんど受けない宿毛湾や、南下冷水塊の影響を通年受けられていると考えられる佐伯湾では1℃以上の水温変化が少なかった。

次に豊後水道内への暖水波及について検討を行ったところ調査期間を通して暖水波及は宿毛湾から豊後水道東側および中央に多く見られるが、佐伯湾ではほとんど見られないことが明らかになった。これは佐伯湾口付近に形成されるフロント構造が暖水の浸入を妨げるためと

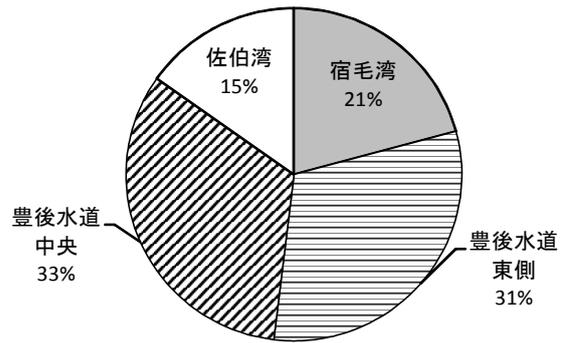


図6. 佐伯宿毛間航路における1℃(3日)以上の水温変化発生割合(2008~2013年)

考えられる。しかし、2011年1月中旬(図4-4.)や2013年11月下旬(図5-5.)のように、成層構造が強まりフロント形成が弱くなった期間では、豊後水道中央部の水温上昇が徐々に佐伯湾へ伝搬したことが推定される。したがって、佐伯湾口のフロント形成が弱まる11月から3月までは、急激な水温上昇を伴わないが、湾内への暖水の波及が起こりやすい状態になることが示唆された。

本報では、佐伯宿毛間定期フェリー航路水温から、近年における豊後水道表層水温の変動特性に関する知識が得られた。しかしながら、本調査期間には欠測も多く、水温変動の特徴を一般論化するには、豊後水道の表層水温モニタリングをさらに継続する必要がある。また、水温変動が漁業に与える影響を明らかにし、本報で得られた知見を短期漁況予測などによって、操業に役立つ情報に繋げることも今後の課題である。

引用文献

- 1) 田村勇司. 豊後水道の水環境. 瀬戸内海 2012 ; 64 : 22-25.
- 2) 秋山秀樹, 阿南宏重, 武岡英隆. 豊後水道における表層水温場の変動特性(1)表層水温モニタリング結果の概要. 南西外海の資源・海洋研究 1998 ; 14 : 5-16.
- 3) 秋山秀樹, 阿南宏茂. 豊後水道における表層水温場の変動特性(2) 1997年の表層水温変動の特徴. 弓削商船高等専門学校紀要 1998 ; 21 : 11-16.

4) 秋山秀樹, 阿南宏茂. 豊後水道における表層水温場の変動特性(3)変動機構のイベント解析. 南西外海の資源・海洋研究 1999 ; 15.

5) 秋山秀樹, 高田淳史. 豊後水道における表層水温場の変動特性(4) 1998-99 年の表層水温変動の特徴. 南西外海の資源・海洋研究 2000 ; 1 : 19-26.

6) 武岡英隆, 秋山秀樹, 菊永隆展. 豊後水道の急潮. 沿岸海洋研究ノート 1992 ; 30 : 16-26.

7) 安樂康宏, 木村聡一郎. 豊後水道西部海域における定置網漁業の漁獲特性について. 黒潮の資源海洋研究 2005 ; 6 : 75-81.

8) 藤原建紀. 瀬戸内海と外海の相互作用. 瀬戸内海の気象と海象 2013 ; 43-49.

9) Kaneda A, Takeoka H, Nagaura E, Koizumi Y. Periodic Intrusion of Cold Water from the Pacific Ocean into the Bottom Layer of the Bungo Channel in Japan. Journal of Oceanography. 2002; 58: 547-556