

# 茨城県沿岸域における黒潮系暖水波及発生時の水温変動の特徴

小熊 進之介

Characteristics of the sea condition during Kuroshio warm water intrusion in the coast of Ibaraki Prefecture

Shinnosuke OGUMA

キーワード：鹿島灘，黒潮続流，水温変動，水塊区分，観測ブイ

## はじめに

黒潮は、西岸境界流として本州の沿岸に沿って東進したのち、茨城県海域周辺から陸域を離れ、外洋域へ流去する(小日向, 2010)。本県沖合を流れる黒潮続流からはしばしば暖水が波及し、暖水波及時には、本県沿岸域で水温が上昇する。本県の重要な漁獲対象種であるカタクチイワシ *Engraulis japonica* の稚魚(シラス)やマイワシ *Sardinops melanostictus* では、水温による影響を受けることが知られており(富永・二平, 1997; 海老沢・木下, 1998; 海老沢, 1999; 黒山ら, 2006; 高橋, 2020)、これらの漁況予測には、本県沿岸域の海洋環境に関する知見の蓄積が必要である。

茨城県沿岸域における海洋環境に関する研究はこれまでに行われてきており、沿岸水の季節変動(久保, 1985)、水塊特性(久保ら, 1982)、黒潮流路の変動に伴う水環境特性の変化(八木ら, 2001; 小日向, 2010)、水温の長期トレンド(小日向, 2011)などが明らかにされてきた。しかしながら、黒潮続流から

の暖水波及(暖水舌)による水温変動を整理した研究は少なく(久保・友定, 1982)、暖水波及発生時の本県沿岸域における水温変化については未解明な点が多い。

そこで本研究では、茨城県水産試験場で実施している海洋観測で得られた水温データや、本県の会瀬定置網に設置されている観測ブイの水温データを用いて、黒潮から暖水が波及した際の水温変動パターンについて整理した。さらに、海洋観測の水温・塩分データを用いて T-S ダイアグラムを作成し、暖水波及時の本県沿岸域における水塊の特徴の把握を試みた。

## 方法

本県では、漁業調査指導船いばらき丸により、会瀬、大洗、鹿島、犬吠埼の4定線において月1回、海洋観測調査を実施している(図1)。これらのうち、2019年5月10~11日、6月4~6日、2022年7月4~5日に実施した海洋観測時に、本県沿岸域で暖水波及が認められた。そこで、まず、これらの期間の海況について、海洋観測時にCTD(Seabird社製)を用いて測定した水温データ(0m深、100m深、200m深)と、会瀬定置網に設置されているリモート監視装置ブイ式 Aqua e monitor に搭載された水温計アレイ(日油技研工業株式会社製)(36°33'N, 140°43'E)[水産研究・教育機構水産資源研究所海洋環境部が設置・管理しており、1m深、5m深、10m深、15m深の水温を1時間毎に測定している]の水温データ、NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration, アメリカ海洋大気庁)の人工衛星による観測データを基に作成された海面水温図を用いて変動パターンの整理を行った。次いで、上記期間の海洋観測データ(10m深、50m深、100m深、

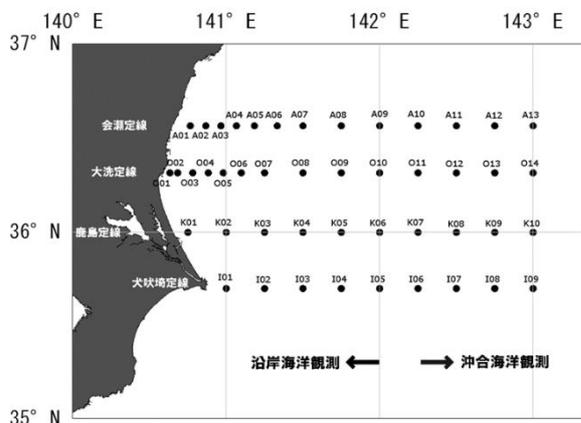


図1. 茨城県水産試験場で実施している海洋観測の調査地点図。

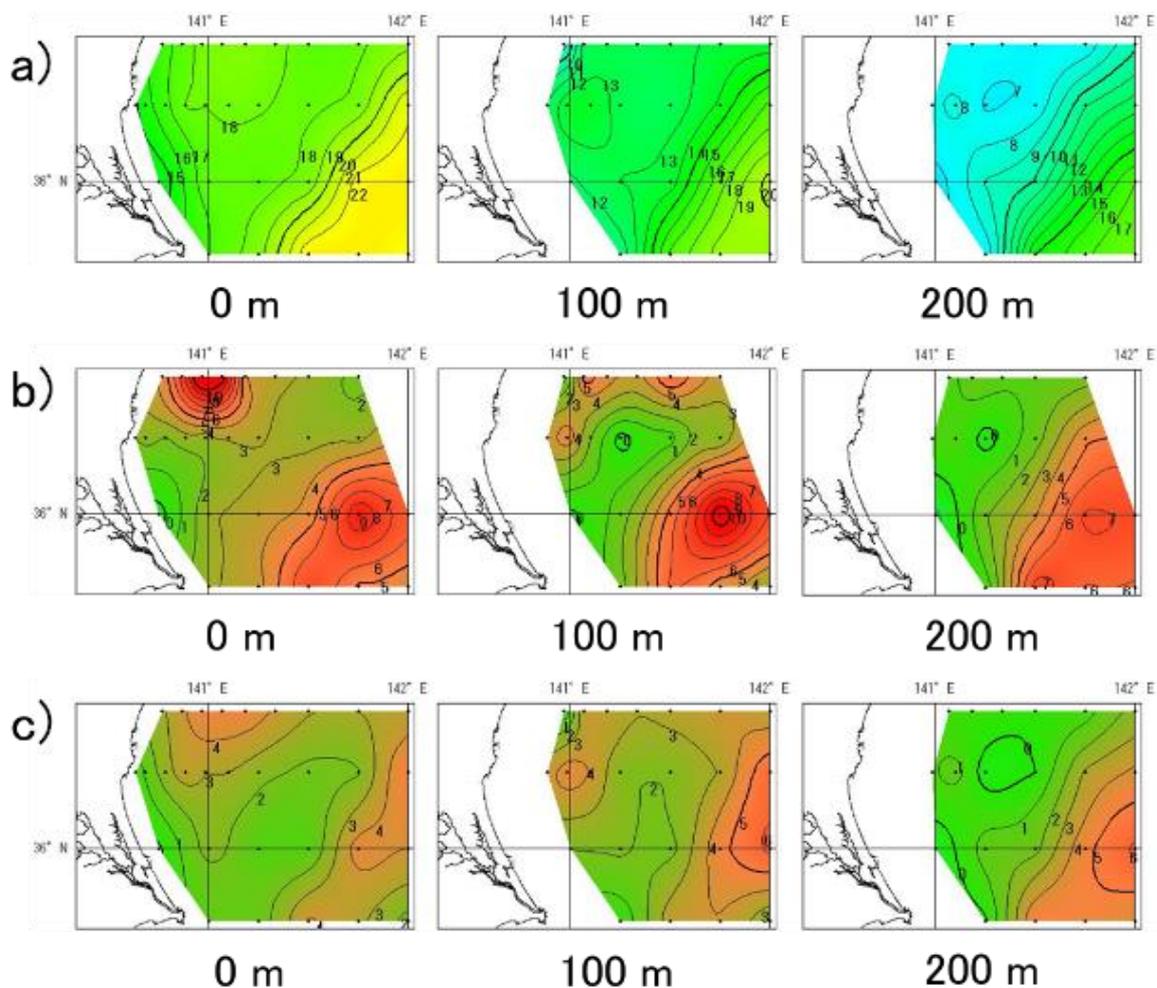


図 2. 2019 年 5 月 10～11 日の海洋観測において CTD を用いて測定した各水深帯の水温のコンター図 (a, 水温 ; b, 水温前月差 ; c, 水温平年偏差).

150 m 深, 200 m 深の水温および塩分) を用いて, 調査ごとにクラスター解析および T-S ダイアグラムの作成を行い, 水塊区分について検討した。海洋観測調査時には, 0 m 深の塩分は測定していないことから, T-S ダイアグラムの作成に 0 m 深のデータは使用しなかった。解析には MathWorks 社の MATLAB を利用して構築されたソフト (田中ら, 2019) を用いた。なお, クラスター解析の際, 類似度には標準化ユークリッド距離を, クラスター連結には群平均法を用いた。水塊区分は Hanawa and Mitsudera (1987) と Rosa et al. (2007) に従った。

### 結果と考察

海洋観測データに基づいて作成した 0 m 深, 100 m 深, 200 m 深の水温, 水温前月差, 水温平年偏差図を図 2～4 に示す。また, 会瀬定置網の水温データを図 5 に, 人工衛星 NOAA の海面水温図を図 6～8 に, T-S ダ

イヤグラムを図 9～11 にそれぞれ示した。なお, 2022 年 7 月については, 海洋観測実施日である 2022 年 7 月 4～5 日の NOAA の水温情報が断片的であったため, 7 月 3 日の水温図を示した。

#### ① 2019 年 5 月

2019 年 5 月 10～11 日の海洋観測において, 暖水波及が認められた海域 (会瀬から大洗) の水温は, 0 m 深で 17～18°C 台, 100 m 深で 12～13°C 台, 200 m 深で 7～8°C 台であった (図 2)。前月差は, 0 m 深で約 2～10°C, 100 m 深で約 3～5°C, 200 m 深で約 0～1°C 高かった。平年偏差は, 0 m 深と 100 m 深で約 2～4°C, 200 m 深で約 0～1°C 高かった。

会瀬定置網の水温は, 5 月 11～12 日に 15 m 深で 2°C 以上の昇温が認められた (図 5a)。10 m 深でも 1°C 以上の昇温が認められたが, 1 m 深と 5 m 深では明瞭な昇温は認められなかった。

NOAA の 5 月 11 日の海面水温図では, 16～19°C 台の水が黒潮続流から波及している様子が認められた

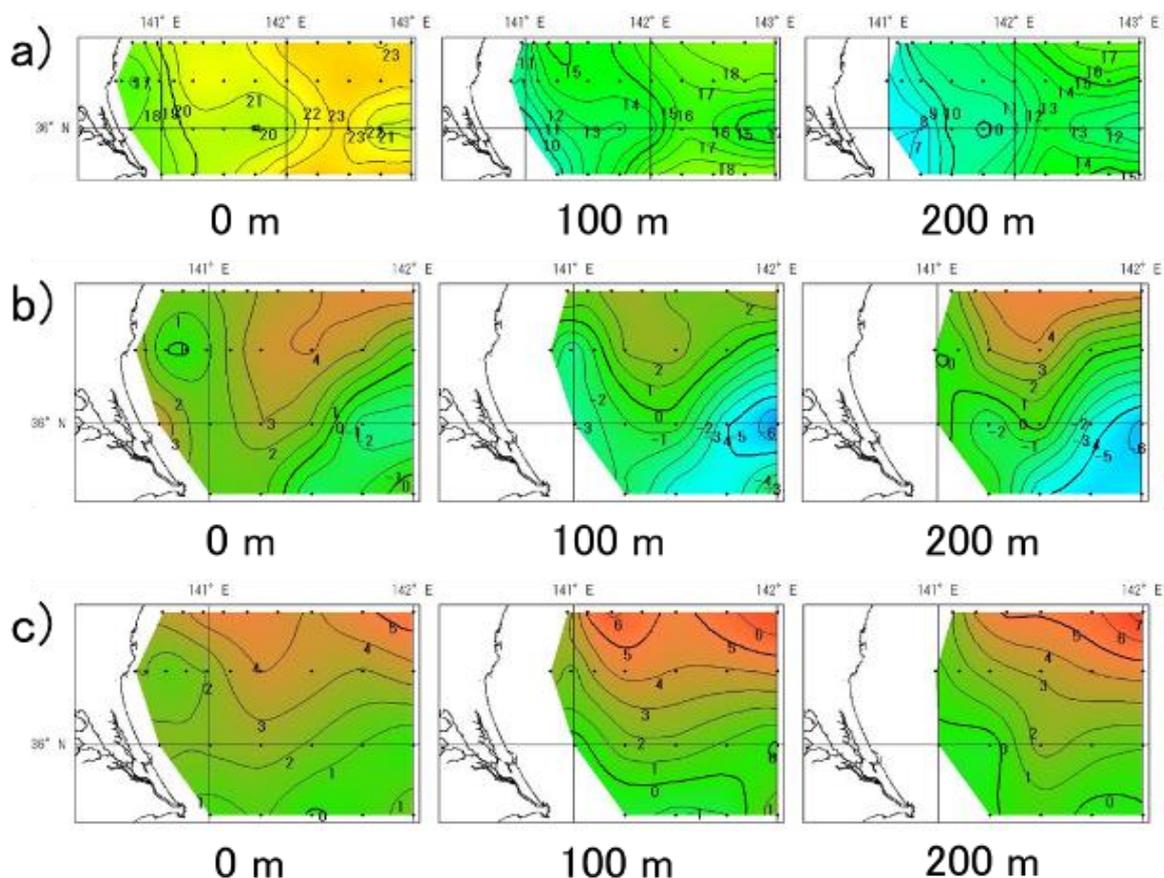


図3. 2019年6月4～6日の海洋観測においてCTDを用いて測定した各水深帯の水温のコンター図 (a, 水温 ; b, 水温前月差 ; c, 水温平年偏差).

(図6)。

T-S ダイアグラムでは、5つのクラスターのうち2つのクラスター(クラスター2, 3)のデータがすべて黒潮水に分類され、クラスター1とクラスター4のデータも、半分以上が黒潮水に含まれていた(図9)。暖水波及が認められた会瀬および大洗の10～100 m深のデータは、そのほとんどがクラスター2または3に含まれていた。一方、150～200 m深のデータのほとんどは、クラスター4または5に含まれていた。

## ② 2019年6月

2019年6月4～6日の海洋観測において、暖水波及が認められた海域(会瀬から大洗)の水温は、0 m深で20～23°C台、100 m深で14～16°C台、200 m深で11～14°C台であった(図3)。前月差は、0 m深と200 m深で約2～4°C、100 m深で約1～2°C高かった。平年偏差は、0 m深で約3～5°C、100 m深で約3～6°C、200 m深で約2～7°C高かった。

会瀬定置網の水温は、6月6～8日に15 m深で2°C以上、8～9日には4°C以上の昇温が認められた(図5b)。同様に、6～8日には5 m深と10 m深において約2°C、

8～9日には1 m深と5 m深において1°C以上、10 m深において約3°Cの昇温が認められた。

NOAAの6月4日の海面水温図では、20～23°C台の水が黒潮統流から波及している様子が認められた(図7)。

T-S ダイアグラムでは、5つのクラスターのうち2つのクラスター(クラスター2, 4)のデータがほぼすべて黒潮水に分類され、クラスター1のデータも、半分以上が黒潮水に含まれていた(図10)。暖水波及が認められた会瀬および大洗の10～200 m深のデータは、そのほとんどがクラスター1, 2, 4のいずれかに含まれていた。

## ③ 2022年7月

2022年7月4～5日海洋観測において、暖水波及が認められた海域(会瀬から大洗)の水温は、0 m深で23～25°C台、100 m深で14～15°C台、200 m深で11～12°C台であった(図4)。前月差は、0 m深で約5～6°C、100 m深と200 m深で約1～3°C高かった。平年偏差は、0 m深で約3～6°C、100 m深と200 m深で約3～5°C高かった。

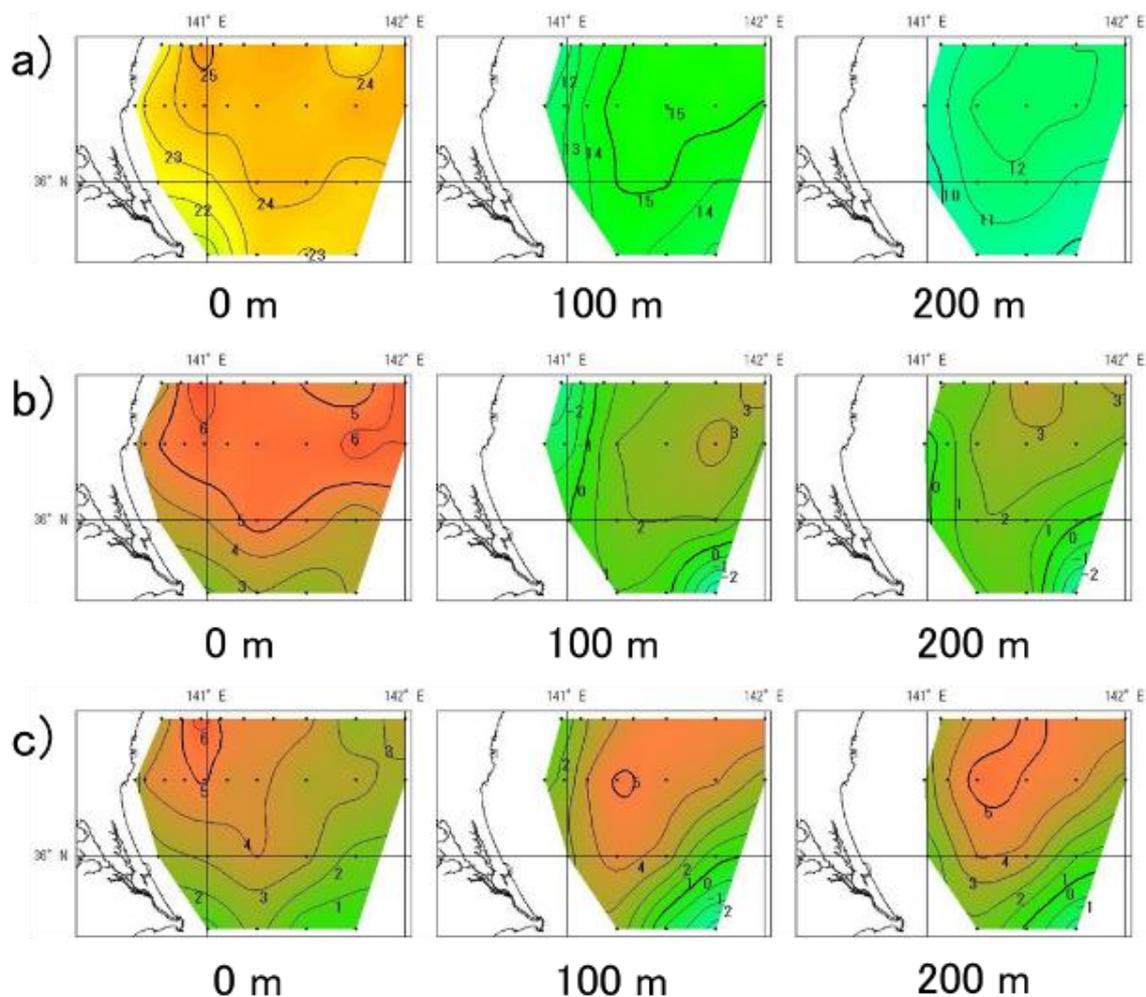


図4. 2022年7月4～5日の海洋観測においてCTDを用いて測定した各水深帯の水温のコンター図 (a, 水温 ; b, 水温前月差 ; c, 水温平年偏差).

会瀬定置網の水温は、7月5～7日に15m深で約4°Cの昇温が認められた(図5c)。5m深でも1°C以上、10m深でも3°C以上の昇温が認められたが、1m深では明瞭な昇温は認められなかった。

NOAAの7月3日の海面水温図では、25～27°C台の水が黒潮統流から波及している様子が認められた(図9)。

T-Sダイアグラムでは、5つのクラスターのうち3つのクラスター(クラスター2, 3, 4)のデータがすべて黒潮水に分類され、クラスター1のデータも、約半数が黒潮水に含まれていた(図11)。暖水波及が認められた会瀬および大洗の10m深のデータは、全てクラスター1に、50～200m深のデータは、そのほとんどがクラスター2, 3, 4のいずれかに含まれていた。

以上のことから、暖水波及発生時における水温の前月差は、0m深で2～10°C、100～200m深で1～5°C高く、平年偏差は、全層で2～7°C水温が高くなっていた

(いずれも2019年5月10～11日の200m深を除く)。会瀬定置網の水温は、特に15m深において1～3日の短期間で2°C以上の明瞭な昇温がみられた。このことから、茨城県沿岸域における暖水波及による水温上昇の有無については、15m深における短期間での水温変化が1つの指標になると考えられる。T-Sダイアグラムでは、複数のクラスターが黒潮水の水塊区分に含まれており、波及した暖水は黒潮水由来であることが明瞭になった。

本研究によって、茨城県沿岸域へ黒潮統流から暖水が波及した際の水温変動パターンを捉えることができた。今後は、暖水波及が発生する要因やその頻度、他の季節との差異についても調べていく必要がある。暖水波及の発生頻度については、駿河湾で水温前日差をもとに整理した報告があり(吉田, 2020)、本研究においても1～3日で水温の上昇が認められたことから、本県海域でも水温前日差を用いて発生頻度を把握で

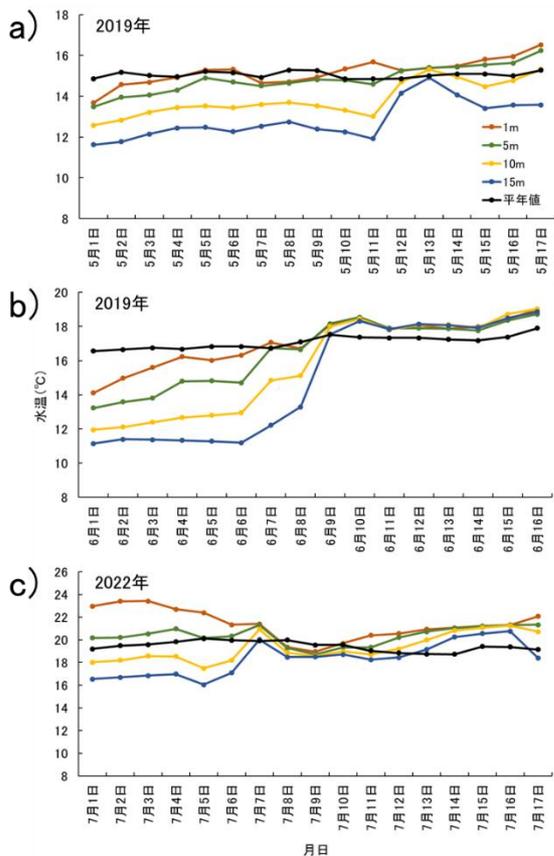


図 5. 会瀬定置網で観測した 1 m 深、5 m 深、10 m 深、15 m 深における水温の経日変化 (a, 2019 年 5 月 1 日～5 月 17 日 ; b, 2019 年 6 月 1 日～6 月 16 日 ; c, 2022 年 7 月 1 日～7 月 17 日)。

きる可能性がある。また、本県海域では、黒潮続流と親潮第一分枝が交錯し、多くの暖水性・冷水性魚類が集まることから、暖水波及が魚類に与える影響についても詳細に調査していく必要がある。

要 約

海洋観測調査時に黒潮からの暖水波及が認められた、2019 年 5 月 10～11 日、6 月 4～6 日、2022 年 7 月 4～5 日の水温・塩分データと、会瀬沖に位置する定置網に設置されているブイで測定した水温データを用いて、暖水波及時の水温変動パターンを整理するとともに、T-S ダイアグラムを作成して水塊区分を行うことで、水塊レベルでの特徴についても把握することを試みた。その結果、暖水波及が認められた海域における水温の前月差は、0 m 深で 2～10℃、100～200 m 深で 1～5℃高く、平年偏差は 2～7℃高くなっていること (いずれも 200 m 深の一部を除く)、会瀬定置網で

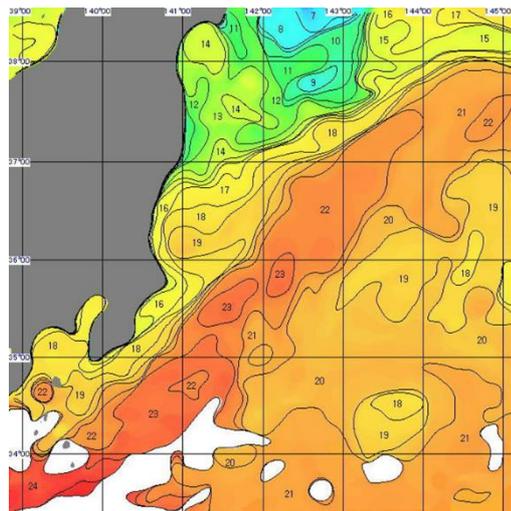


図 6. 2019 年 5 月 11 日の人工衛星 NOAA 海面水温図。

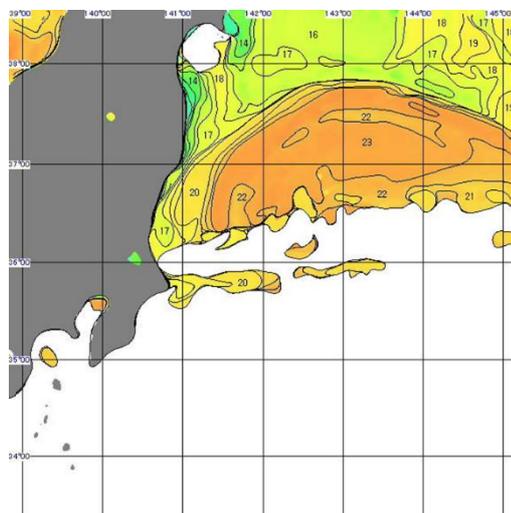


図 7. 2019 年 6 月 4 日の人工衛星 NOAA 海面水温図。

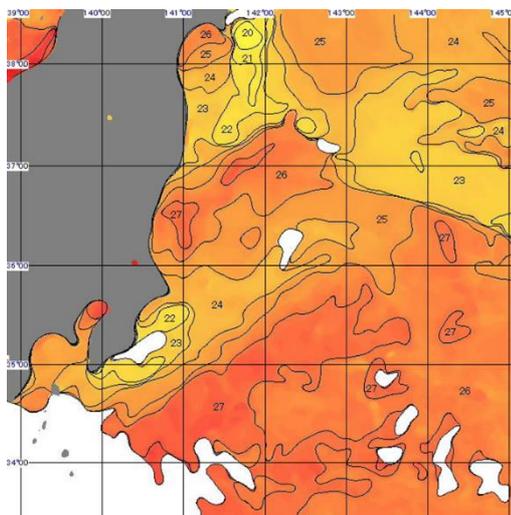


図 8. 2022 年 7 月 3 日の人工衛星 NOAA 海面水温図。

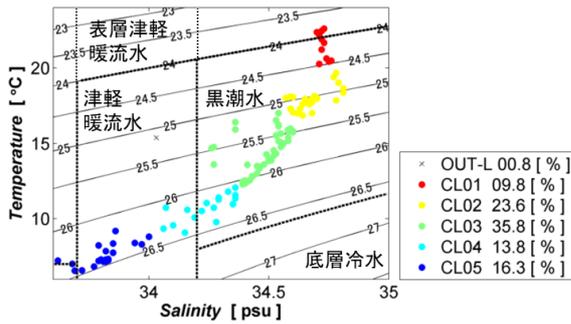


図 9. 2019 年 5 月 10~11 日の海洋観測データに基づく T-S ダイアグラム. 点線は Hanawa and Mitsudera (1987) と Rosa et al. (2007) の水塊区分を示す.

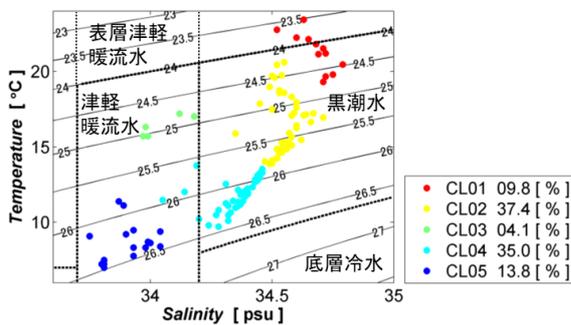


図 10. 2019 年 6 月 4~6 日の海洋観測データに基づく T-S ダイアグラム. 点線は Hanawa and Mitsudera (1987) と Rosa et al. (2007) の水塊区分を示す.

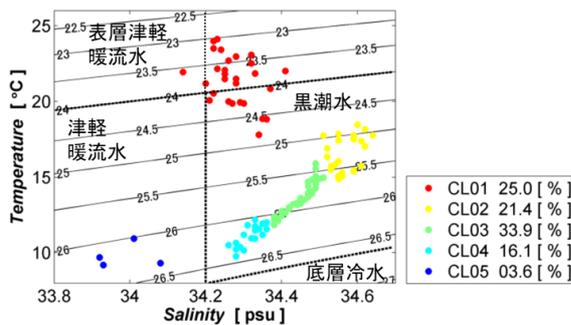


図 11. 2022 年 7 月 4~5 日の海洋観測データに基づく T-S ダイアグラム. 点線は Hanawa and Mitsudera (1987) と Rosa et al. (2007) の水塊区分を示す.

は、15 m 深において短期間 (1~3 日) で 2°C 以上の明瞭な昇温がみられることが明らかになった。また、T-S ダイアグラムでは、複数のクラスターが黒潮水に分類される水塊区分に含まれ、波及した黒潮水が明瞭に区別された。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり、解析手法および本文執筆について有益なご助言を賜った茨城県水産試験場首席研究員兼回遊性資源部長の須能紀之氏に厚く御礼申し上げます。茨城県水産試験場いばらき丸船長大内政幸氏をはじめとする船舶職員には、海洋観測調査にご協力いただきました。心より御礼申し上げます。

## 文 献

- 海老沢良忠・木下貴博 (1998) 房総~三陸海域の水温環境とマイワシの再生産指数について. 茨城水試研報, (36): 49-55.
- 海老沢良忠 (1999) 重回帰分析による茨城県シラス水揚量の予測について. 茨城水試研報, (37): 71-75.
- Hanawa, K. and H., Mitsudera (1987) Variation of water system distribution in the Sanriku coastal area. J. Oceanogr. Soc. Japan; 42: 435-446.
- 小日向寿夫 (2010) 茨城県近海の黒潮の位置と変動並びに水温環境との関係について. 茨城水試研報; (41): 7-17.
- 小日向寿夫 (2011) 茨城県沿岸域の水温の長期トレンド. 茨城水試研報; (42): 1-7.
- 久保治良 (1985) 常磐南部から鹿島灘における沿岸水の季節変動. 茨城水試研報; (25): 57-74.
- 久保治良・友定 彰 (1982) 鹿島灘の海況-II 暖水舌について. 茨城水試研報; (24): 1-13.
- 久保治良・友定 彰・西畑功夫・宮沢公雄 (1982) 鹿島灘の海況-III 常磐~房総海域の水塊特性. 東海水研報; (108): 59-133.
- 黒山忠明・八角直道・二平 章 (2006) 鹿島灘海域におけるカタクチイワシシラスの来遊機構の検討. 黒潮の資源海洋研究; (7): 43-48.
- Rosa, A. L., Y. Isoda, K. Uehara and T. Aiki (2007) Seasonal variations of water system distribution and flow patterns in the southern sea area of Hokkaido, Japan. J. Oceanogr.; 63: 573-588.
- 高橋佑太朗 (2020) 茨城県における秋シラス漁獲量と水温及び卵採集データとの関係. 黒潮の資源生態研究; (21): 69-73.
- 田中雄大・今村 豊・児玉琢哉・及川利幸・矢倉浅黄・佐伯光広・真壁昂平・鈴木裕也・大畑 聡・金子

- 仁・岡崎雄二・黒田 寛・和川 拓・長谷川大介・  
笥 茂穂・奥西 武 (2019) 水塊クラスター解析  
ソフトの開発と東北近海域の水塊変動解析への  
適用 —漁況変動解析への応用に向けた事例解  
析—. 水産海洋研究 ; 83 : 151-163.
- 富永 敦・二平 章 (1997) 鹿島灘におけるカタクチ  
イワシシラスの魚群分布と海洋環境. 茨城水試研  
報 ; (35) : 13-18.
- 八木 宏・身崎成紀・灘岡和夫・中山哲敏・二平 章  
(2001) 夏季鹿島灘沿岸域におけるメソスケール  
の外洋影響に関する現地観測. 茨城水試研報 ;  
(39) : 85-98.
- 吉田 彰 (2020) 水温前日差を基にした駿河湾におけ  
る暖水波及の発生頻度. 黒潮の資源海洋研究 ;  
(21) : 45-50.