

黒潮大蛇行に伴う紀伊半島沿岸域からの高クロロフィル *a* 水の南方輸送[†]

武田重信^{*1}, 土屋主税^{*2}

Southward transport of high chlorophyll-*a* waters from the Kii Peninsula coastal area
associated with the Kuroshio large meander[†]

Shigenobu TAKEDA^{*1} and Chikara TSUCHIYA^{*2}

Abstract

During the Kuroshio large meander period from 2018 to 2024, we observed streak-like distributions of high chlorophyll-*a* water from the coastal area of southern Kii Peninsula along the northern edge of the Kuroshio using satellite remote sensing images taken in summer. The location where coastal waters were entrained by the Kuroshio varied east and west of Cape Shionomisaki at the southern tip of the Kii Peninsula, depending on the azimuth (current direction) of the Kuroshio flowing south of Cape Shionomisaki. Coastal waters that move southward from Cape Shionomisaki are predicted to be entrained into the northern edge of the Kuroshio within 2–3 days and reach the southernmost region of the Kuroshio large meander in approximately one week. This newly revealed transport process of the coastal waters to the southern offshore region during the Kuroshio large meander provides important insights for predicting the trajectory of drifting objects and pollutants, and it may also influence the productivity of the Kuroshio ecosystem during the summer.

1 はじめに

北太平洋亜熱帯循環の西岸境界流である黒潮の流路は、紀伊半島南端の潮岬で離岸し、遠州灘沖で北緯 32 度以南まで南下する大蛇行流路と、それ以外の非大蛇行流路の 2 パターンに大きく分けることができる (Masuda, 1982; Kawabe, 1995; 吉田・他, 2006; Qiu and Chen, 2021). 黒潮の大蛇行が発生すると、表層及び亜表層の流れ場や水温だけでなく、大気環境、海洋生態系、水産資源にも大きな変化を生じることが知られている (Hirata et al., 2025). 1965 年以降で 6 度目となる

2017 年 8 月からの大蛇行は、過去最長の約 7 年 9 か月継続した後、2025 年 4 月下旬から見られなくなったが (気象庁大気海洋部, 2025), 2025 年 6 月の海上保安庁による黒潮観測では伊豆半島沖で黒潮が一時的に蛇行している状況が確認されている (海上保安庁, 2025).

黒潮大蛇行のように時空間スケールの大きな海洋現象を観測するには、広範囲を継続的にモニタリングできる人工衛星を使ったりリモートセンシングが有効であり、海洋情報部が発行している海洋速報における黒潮流路の決定に際しても、船舶等

[†] Received August 22, 2025; Accepted September 30, 2025

* 1 技術・国際課 海洋研究室 Ocean Research Laboratory, Technology Planning and International Affairs Division

* 2 技術・国際課 Technology Planning and International Affairs Division

による現場観測データに加えて、人工衛星の海面水温データや海面高度計データが用いられている(西田, 1986; 戸田・他, 1993). 衛星リモートセンシングでは、海洋表層から海面を通して上向きに放射される光の強さと波長分布、すなわち海色を測定する光学センサも利用可能であり、雲に隠れている海域のデータは得られないという弱点はあるが、海洋植物プランクトンの生物量の指標となる植物色素クロロフィル *a* 濃度の情報を入手できる。陸域から栄養塩が流入する沿岸域では、一般的にクロロフィル *a* 濃度が高くなる傾向にあり、貧栄養でクロロフィル *a* 濃度の低い沖合域と明瞭なコントラストを示すので、衛星リモートセンシングによる表層クロロフィル *a* 濃度の分布は沿岸と沖合の境界付近における水塊分布や海潮流・渦の状況を知る手がかりを与える(石坂, 2001). 黒潮も表層は貧栄養であるためクロロフィル *a* 濃度が極めて低いという特徴を有しており(Kimura et al., 1997), 夏季には日本南岸の沿岸水と黒潮との間に明瞭な表層クロロフィル *a* 濃度フロントが形成される(Takahashi and Kawamura, 2005).

2017年の12月には、宇宙航空研究開発機構(JAXA)によって気候変動観測衛星「しきさい(GCOM-C)」が打ち上げられ、搭載された光学センサ「多波長光学放射計(SGLI)」によって、日本周辺海域における高分解能の表層クロロフィル *a* 濃度をほぼ2日に1回の頻度で観測することが可能になった(作野・他, 2021). そこで、GCOM-C/SGLIによって観測された黒潮大蛇行期間中の表層クロロフィル *a* 濃度の衛星画像を調べたところ、夏季に紀伊半島南部沿岸域からクロロフィル *a* 濃度の高い沿岸水が南方沖合域に向かって筋状に伸びている状況がしばしば捉えられており、その分布が潮岬沖で大蛇行する黒潮の流路にまで及んでいることを見出した。本研究では、これらの衛星観測された高クロロフィル *a* 水を対象として、黒潮大蛇行との関係性を検討するとともに、紀伊半島沿岸から南方沖合域への輸送過程について解析を行った。

2 方法

2.1 表層クロロフィル *a* 濃度の衛星画像

紀伊半島周辺海域の表層クロロフィル *a* 濃度の衛星画像は、GCOM-C/SGLIによる日本周辺域の準リアルタイム観測データを用いた。JAXA Satellite Monitoring for Environmental Studies (JASMES) の Web ページ (https://www.eorc.jaxa.jp/cgi-bin/jasmes/sgli_nrt/index.cgi) から提供されている 250 m 分解能の表層クロロフィル *a* 濃度の可視化画像(等緯度経度に地図投影)について、2018～2024年の5～10月における各日データを確認し、クロロフィル *a* 濃度の高い沿岸水が紀伊半島南部の沿岸域から黒潮流路付近に向かって筋状に伸びている画像を抽出して、ダウンロードした。また、各画像で確認された筋状の高クロロフィル *a* 水の沿岸側起点について、紀伊半島南西岸(潮岬西方～瀬戸崎)、潮岬付近、熊野灘(潮岬東方～大王崎)の3つに分類した。

上記で抽出した衛星画像の表層クロロフィル *a* 濃度の数値データを得るために、JAXAの地球観測衛星データ提供システムG-Portalサイト(<https://gportal.jaxa.jp/gpr/>)から提供されているGCOM-C/SGLIのレベル2標準プロダクト(Ver. 3, HDFフォーマット)をダウンロードして用いた。紀伊半島周辺海域の切り出し及びGeoTIFFフォーマット変換の加工処理を行ったデータをQGIS(Ver. 3.40.7)で表示して、関心領域を矩形指定により切り出し、ラスタ変換でDigital Number (DN) 値をCSVデータ出力した。このDN値をslope値(0.0016)とoffset値(0)で物理量変換することにより表層クロロフィル *a* 濃度(mg/m^3)を求めた。

2.2 黒潮北縁の位置情報

GCOM-C/SGLIによる表層クロロフィル *a* 濃度の衛星画像の撮影日における黒潮流路の北縁の位置について、海洋情報部が発行している海洋速報(海流図)の黒潮流線GISデータ(kmlファイル, <https://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/KAIYO/qboc/kurosio-num.html>)に記載されてい

る緯度経度の情報を用いた。海洋速報では、船舶や衛星等で観測された海流データ、海面水温データ、海面高度計データを総合的に解析し、黒潮北縁を決定している。海洋速報の発行は平日に限られているため、衛星画像の撮影日に海洋速報が発行されていない場合は、撮影日の前後1日もしくは2日における黒潮流線 GIS データから、撮影日の黒潮北縁の緯度経度を線形補間により算出した。これらの黒潮北縁の位置情報に基づき、潮岬（北緯 33 度 26 分；東経 135 度 45 分）を中央に挟む東経 135 度 30 分と東経 136 度の経線を黒潮北縁が横切る緯度を、各撮影日についてそれぞれ求めた。また、それら 2 点間の東経 135 度 30 分から東経 136 度への方位角を、国土地理院の測量計算サイト「距離と方位角の計算」(<https://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/surveycalc/surveycalc/bl2stf.html>) を用いて GRS80 楕円体により計算した。

2.3 高クロロフィル *a* 水の輸送日数の推定

紀伊半島南岸の沿岸水が黒潮北縁付近に到達した後、大蛇行する黒潮の影響を受けて長距離輸送されていく過程の時間スケール（日数）を調べるために、海洋情報部の漂流予測計算プログラム Ver.8.1 を用いて漂流予測を行った。このプログラムは、海潮流及び風によって漂流物が移動する位置を予測するもので、海上保安庁において遭難船舶・遭難者の捜索や油防除のために用いられており（浅原・他，2015）、黒潮及び黒潮続流の再現性についても確認されている（土屋・鈴木，2025）。海流は、海域毎に適切なデータを組み合わせて使用している。外洋域の海流については日本沿岸海況監視予測システム格子点値（Hirose et al., 2019）、沿岸域の海流については管区最適化メッシュ、黒潮域及び黒潮続流域については欧州連合地球観測プログラムの衛星海面高度計データに基づく地衡流に加え、測量船、民間船舶等による海流観測データを、リアルタイム海況データベースにより組み合わせて海流データセットを作成している（東・他，2015）。潮流については、斉藤（2011）のとおり。海上風については、北緯

Table 1. Settings used in the trajectory prediction with the trajectory prediction calculation program.

表 1. 漂流予測計算プログラムによる漂流予測で使
した設定条件.

予測開始位置	33°25' N; 135°45' E (潮岬の南方 2 km 沖)
予測開始時刻	2024 年 7 月 28 日 12:00 (JST)
計算時間	240 h
出力間隔	3 h
想定最大漂流速度	4.0 knot
データの選択	海流、潮流、残差流（日本全体・調和定数）、吹送流
計算	単線方式

22 度 28 分；東経 120 度 3 分から北緯 47 度 33 分；東経 149 度 58 分の範囲は気象庁から提供されるメソ数値予報モデル、その外側は全球数値予報モデルの予報値を用いている。

本研究で行ったプログラム計算における設定条件を Table 1 に示す。予測開始位置は、潮岬の南方 2 km 沖の点（北緯 33 度 25 分；東経 135 度 45 分）とした。予測開始時刻と計算時間については、高クロロフィル *a* 水の筋状分布が潮岬付近から黒潮大蛇行域にかけて衛星画像で明瞭に確認された撮影日と、黒潮の大蛇行流路が比較的安定していた期間を考慮して、2024 年 7 月 28 日 12:00 からの 10 日間に設定した。表層水の移動を調べることから風の影響は吹送流のみ考慮した。単線方式による計算では偏角はゼロに設定されている。計算結果より、出力された代表点の緯度経度をつないだ線を輸送経路とし、1 日毎の位置情報を得た。また、計算を行った期間（2024 年 7 月 28 日～8 月 7 日）の黒潮北縁の位置について、海洋速報（海流図）の黒潮流線 GIS データから前述の方法で求めた。

3 結果

3.1 紀伊半島南方海域における表層クロロフィル *a* 濃度の分布

調査対象とした 2018～2024 年の 5～10 月における表層クロロフィル *a* 濃度の衛星画像において、紀伊半島南部の沿岸域からクロロフィル *a* 濃度の高い沿岸水が南方沖合域に向かって筋状に伸びている事例が 26 件確認された（Table 2, 付

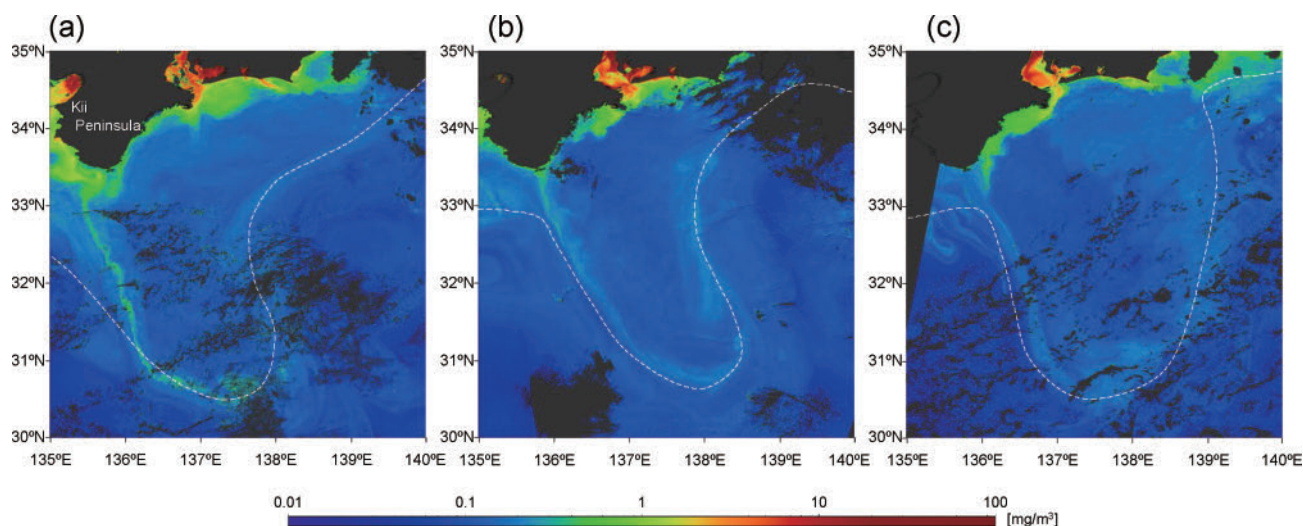


Fig. 1. Near real-time observation images of chlorophyll-*a* concentration by the optical sensor SGLI on the global climate change observation satellite GCOM-C off the southern coast of the Kii Peninsula (Provided by JAXA). (a) August 31, 2021. (b) July 31, 2024. (c) September 8, 2024. The white dashed lines indicate the Kuroshio northern edge.

図1. 紀伊半島南方海域における気候変動観測衛星 GCOM-C 搭載光学センサ SGLI の準リアルタイム表層クロロフィル *a* 濃度画像 (JAXA 提供). (a) 2021 年 8 月 31 日, (b) 2024 年 7 月 31 日, (c) 2024 年 9 月 8 日. 白破線は黒潮流路の北縁の位置を示す.

録 A). そのうち 2 日間連続して衛星画像に捉えられていた場合が 5 回あった. これらの高クロロフィル *a* 水は, 紀伊半島南部の沿岸域から南～南東方向に筋状に伸びた後, 北緯 32 度以南で反時計回りに弧を描いて北～北東に向きを変え, やや拡散しながら濃度が薄くなっていく傾向を示した (Fig. 1). その分布域は, 黒潮流路の北縁とよく一致していた.

筋状分布を示した高クロロフィル *a* 水の沿岸側の起点については, 紀伊半島南西岸から伸びていた事例が 17 件と最も多く, 潮岬付近が 4 件, 熊野灘が 5 件となった (Table 2). また, 高クロロフィル *a* 水の沿岸側起点のおよその位置は, 紀伊半島南西岸の場合は東経 135 度 22～39 分, 潮岬付近の場合は東経 135 度 45～52 分, 熊野灘の場合は東経 135 度 57 分～136 度 22 分の範囲にあった.

衛星画像から高クロロフィル *a* 水の筋状分布域における表層クロロフィル *a* 濃度を求めたところ, 紀伊半島沖の北緯 33 度付近で平均 0.28 mg/m^3 ($0.12 \sim 0.62 \text{ mg/m}^3$), 黒潮大蛇行域の最南端付近で平均 0.22 mg/m^3 ($0.12 \sim$

0.46 mg/m^3) となった. これらの平均値は, 紀伊半島南方の黒潮流軸付近における表層クロロフィル *a* 濃度 (平均 0.07 mg/m^3) の 3～4 倍に相当した. また, 高クロロフィル *a* 水の沿岸側の起点付近における表層クロロフィル *a* 濃度が平均 0.45 mg/m^3 であったことから, 沿岸水が黒潮流路に沿って大蛇行域を南方輸送されていく過程において, 植物プランクトン生物量として沿岸域の半分程度のレベルで維持されていると判断された.

3.2 高クロロフィル *a* 水の筋状分布と黒潮流路の関係

紀伊半島南方海域において高クロロフィル *a* 水の筋状分布が衛星画像で確認された日の黒潮北縁の位置を Fig. 2 に示す. 潮岬西側の東経 134 度 30 分～135 度 30 分の海域においては, いずれの撮影日も黒潮北縁が北緯 32～33 度の範囲にあり, 黒潮は概ね東向きに流れていた. 高クロロフィル *a* 水の起点が紀伊半島南西岸にあった撮影日では, 東経 135 度 30 分付近から黒潮の蛇行が始まり, 流路が南東方向に変わっていた. ま

*Southward transport of high chlorophyll-*a* waters from the Kii Peninsula coastal area
associated with the Kuroshio large meander*

Table 2. Date and time when streak-like distribution of high chlorophyll-*a* water from the coast of the Kii Peninsula to the Kuroshio was observed in the GCOM-C/SGLI satellite images, the high chlorophyll-*a* water's coastal originating area and its approximate longitude, and latitudes and azimuth of the Kuroshio northern edge at 135°30' E and 136°E.

表 2. 紀伊半島南部沿岸域から黒潮域への高クロロフィル *a* 水の筋状分布が GCOM-C/SGLI 衛星画像で撮影された年月日と時刻, 高クロロフィル *a* 水の沿岸側起点の海域とおよその経度, 黒潮北縁の東経 135 度 30 分及び東経 136 度における緯度と方位角.

衛星画像撮影		高クロロフィル <i>a</i> 水 起点		黒潮北縁		
年月日 (JST)	時刻 (JST)	海域	経度(E) 。 /	135°30'E 緯度(N) 。 /	136°E 緯度(N) 。 /	135°30'E→136°E 方位角(度)
2018/7/10	11:17	紀伊半島南西岸	135-26	32-58	32-28	139
2018/7/14	11:11	紀伊半島南西岸	135-23	32-52	32-17	144
2018/7/18	11:05	紀伊半島南西岸	135-35	32-46	32-14	141
2019/7/30	11:32	熊野灘	135-59	32-26	32-27	90
2019/8/26	11:17	熊野灘	136-22	33-0	33-0	90
2019/9/6	11:26	熊野灘	136-14	31-57	32-12	59
2019/10/13	11:45	紀伊半島南西岸	135-34	32-49	32-20	138
2020/8/6	11:54	紀伊半島南西岸	135-39	32-44	32-0	150
2020/8/7	11:27	紀伊半島南西岸	135-28	32-46	32-2	150
2021/7/28	11:25	紀伊半島南西岸	135-26	32-16	31-52	133
2021/8/27	11:31	紀伊半島南西岸	135-23	31-51	31-18	143
2021/8/28	11:05	紀伊半島南西岸	135-28	31-53	31-19	143
2021/8/31	11:25	紀伊半島南西岸	135-39	31-55	31-21	143
2021/10/12	11:14	紀伊半島南西岸	135-25	32-8	30-48	162
2022/6/7	11:17	紀伊半島南西岸	135-22	32-0	31-22	146
2022/6/29	11:35	紀伊半島南西岸	135-33	31-44	31-21	131
2023/7/16	11:25	紀伊半島南西岸	135-25	31-39	30-20	162
2023/10/26	11:24	紀伊半島南西岸	135-28	31-57	31-27	139
2023/10/29	11:45	紀伊半島南西岸	135-36	32-8	31-27	148
2023/10/30	11:18	紀伊半島南西岸	135-30	32-20	31-34	151
2024/7/31	11:34	潮岬付近	135-49	32-57	32-37	128
2024/8/1	11:08	潮岬付近	135-45	32-50	32-36	119
2024/9/7	11:27	潮岬付近	135-52	32-56	32-40	122
2024/9/8	11:01	熊野灘	136-4	32-56	32-55	91
2024/9/11	11:21	熊野灘	135-57	32-28	32-17	113
2024/9/18	11:36	潮岬付近	135-51	32-33	32-20	117

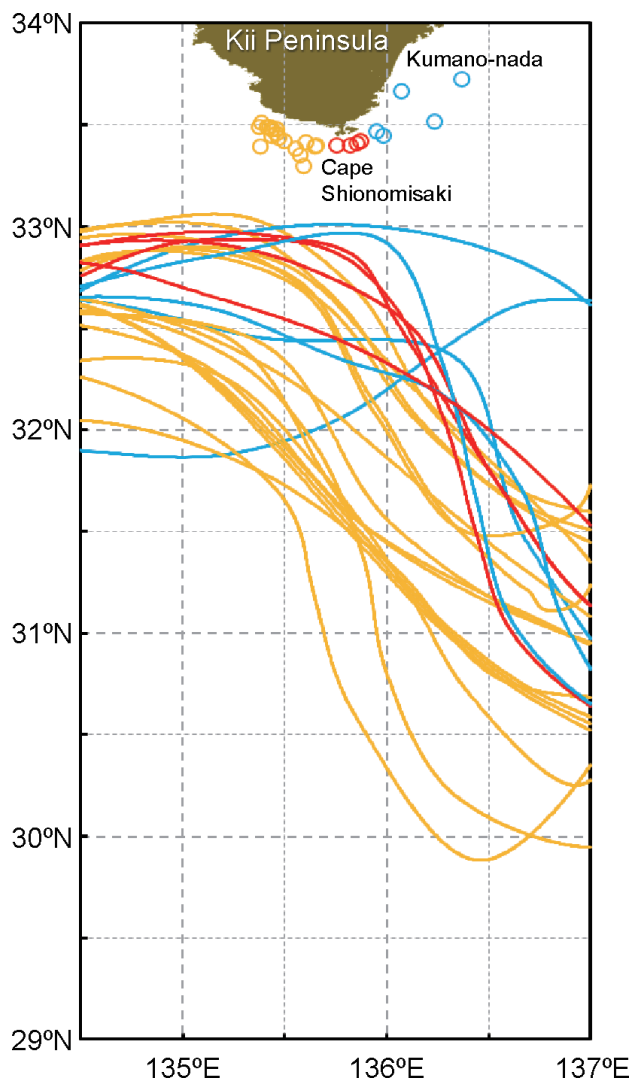


Fig. 2. Position of the Kuroshio northern edge when streak-like distributions of high chlorophyll-*a* water were observed from the southwest coast of Kii Peninsula (yellow), around Cape Shionomisaki (red), or Kumano-nada (blue) to the Kuroshio. The circle indicates the approximate location of the coastal originating area of the high chlorophyll-*a* water.

図 2. 紀伊半島南西岸 (黄), 潮岬付近 (赤), 熊野灘 (青) から黒潮域への高クロロフィル *a* 水の筋状分布が見られたときの黒潮流路の北縁の位置. 丸印は高クロロフィル *a* 水の沿岸側起点のおよその位置を示す.

た, 大蛇行域の北縁が北緯 30 度付近まで南下する場合もあった. 一方, 高クロロフィル *a* 水の起点が潮岬付近あるいは熊野灘にあった撮影日においては, 黒潮の蛇行開始位置が潮岬 (東経 135 度 45 分) よりも東側にあり, 熊野灘を起点とす

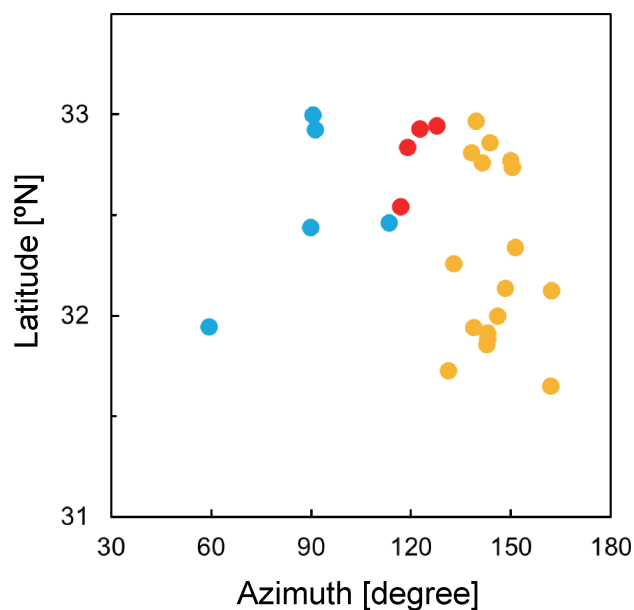


Fig. 3. Relationship between the azimuth of the Kuroshio northern edge from 135°30' E to 136°E and the latitude of the Kuroshio northern edge at 135°30' E when streak-like distributions of high chlorophyll-*a* water were observed from the southwest coast of Kii Peninsula (yellow), around Cape Shionomisaki (red), or Kumano-nada (blue) to the Kuroshio.

図 3. 紀伊半島南西岸 (黄), 潮岬付近 (赤), 熊野灘 (青) から黒潮域への高クロロフィル *a* 水の筋状分布が見られたときの東経 135 度 30 分から東経 136 度への黒潮北縁の方位角と東経 135 度 30 分における黒潮北縁の緯度との関係.

るケースでは黒潮が東経 137 度付近までほぼ東向きの流路をとる事例も見られた.

高クロロフィル *a* 水の筋状分布が確認された時について, 紀伊半島南方海域を流れていた黒潮流路の特徴を把握するために, 潮岬南方における黒潮の北縁の緯度と流向 (方位角) との関係調べた. 潮岬南方における黒潮の北縁の緯度は, 黒潮の紀伊半島への接岸傾向を表し, 方位角は以東の黒潮の流路をある程度示唆する. 具体的には, 東経 135 度 30 分における黒潮北縁の緯度と, 東経 135 度 30 分から東経 136 度における黒潮北縁の方位角を調べた (Fig. 3). ここでの方位角は, 流れていく方向で, 真北を 0 度とし, 時計回りに 359 度までの範囲で表す.

高クロロフィル *a* 水の起点が紀伊半島南西岸

の場合、方位角が131～162度と大きいのが特徴的で、黒潮は潮岬沖で南東～南南東に向きを変え、大きく蛇行していた。また、東経135度30分における黒潮北縁の位置は北緯31度39分～32度58分の範囲でばらついており、紀伊半島から離れた南方沖合の流路をとる場合も含まれていた。これに対して、高クロロフィル*a*水の起点が潮岬付近の場合、方位角は120度前後の東南東で蛇行の程度がやや小さく、黒潮北縁は北緯32度30分よりも北側に位置して潮岬にかなり接近していた。一方、熊野灘を起点とする場合、方位角が59～113度と小さく、潮岬南方において黒潮はほとんど蛇行せずに概ね東向きに流れていた。

3.3 紀伊半島沿岸から南方沖合域への高クロロフィル*a*水の輸送日数

紀伊半島南部沿岸域から沿岸水が大蛇行する黒潮の影響を受けながら長距離輸送されていく過程の時間スケールを調べるため、潮岬の南方2 km沖からの10日間の漂流予測を行った (Fig. 4)。沿岸水は潮岬沖から南東方向に輸送され、2～3日後には大蛇行を開始した黒潮の北縁付近に移動した。続いて、黒潮北縁にほぼ沿った形で移動しながら、大蛇行域の最南端に近い北緯30度55分まで約6.5日で到達した。その後、北北東に向きを変えて、大蛇行域の内側寄りを通り、北緯32度以北では再び黒潮北縁付近を移動して、10日後には遠州灘沖の北緯33度16分付近まで運ばれると推定された。この輸送過程における沿岸水の1日あたりの平均移動距離は約32海里となり、大蛇行域の南端付近で移動距離が長くなる傾向が認められた。また、移動速度は平均1.3 knot、最大2.5 knotと見積もられた。

4 考察

4.1 黒潮大蛇行時の紀伊半島南方海域における表層クロロフィル*a*濃度分布の特徴

2018～2024年の黒潮大蛇行期間中にGCOM-C/SGLIで観測された表層クロロフィル*a*

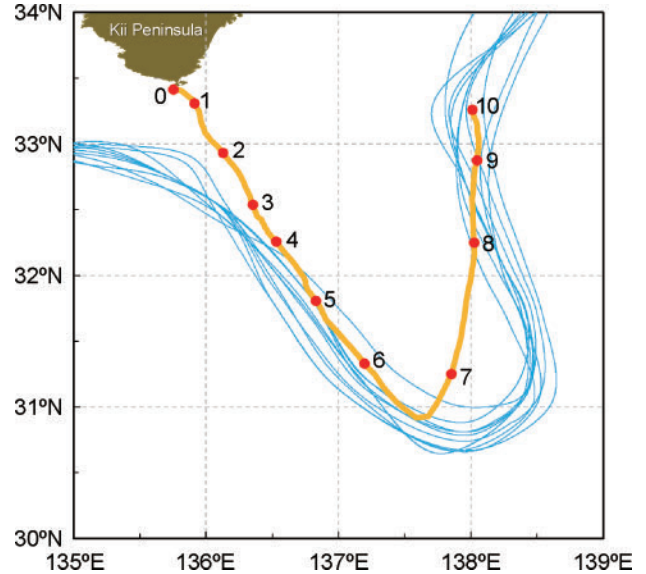


Fig. 4. Estimated transport path of coastal water from 2 km south of Cape Shionomisaki based on the trajectory prediction from July 28 to August 7, 2024 (yellow), and the position of the Kuroshio northern edge during the prediction period (blue). The numbers and red circles indicate the elapsed time in days and the position of each day along the transport path.

図4. 潮岬の南方2 km沖を起点とした2024年7月28日から8月7日までの漂流予測に基づく紀伊半島沿岸水の輸送経路(黄)と予測期間中の黒潮流路北縁の位置(青)。図中の数字と赤丸は輸送経路における経過日数と1日毎の位置を示す。

濃度の衛星画像において、紀伊半島南部の沿岸域から高クロロフィル*a*水が南方沖合の黒潮北縁付近に向かって筋状に分布し、さらに大蛇行域に沿って延伸している状況を6～10月に確認した (Fig. 1, Table 2, 付録A)。鉛直的な成層が強化されて表層が貧栄養となる夏季において、黒潮前線付近におけるクロロフィル*a*濃度は年間で最も低くなるが、沿岸水と黒潮水を区別するためのクロロフィル*a*濃度の閾値としては0.17 mg/m³の値が提示されている (Takahashi and Kawamura, 2005)。今回観測された筋状分布域における高クロロフィル*a*水の平均濃度は0.2～0.3 mg/m³であり、相対的にクロロフィル*a*濃度の低い冷水渦や0.1 mg/m³を下回る黒潮水とのコントラストが鮮明となって、衛星画像で分布域を識別することが可能であった。一方、5月は植

物プランクトンの春季ブルームの影響が残っていたこと、10月後半は鉛直混合が徐々に活発になって下層からの栄養塩供給が増加したことによって、黒潮流路の北側から日本南岸の間の海域（大蛇行域内の冷水渦を含む）のクロロフィル *a* 濃度が全体的に高くなっていったため、沿岸水の詳細な分布や沖合流出の状況を表層クロロフィル *a* 濃度の衛星画像から把握することが難しかった。

黒潮大蛇行時における表層クロロフィル *a* 濃度の変動に関しては、四国沖から遠州灘沖にかけて黒潮流路の北側にクロロフィル *a* 濃度の正偏差が生じることが報告されている (Long et al., 2018; Lizarbe Barreto et al., 2021)。それには、九州沿岸で発生した低気圧性の小蛇行が、栄養塩躍層のドーム状構造とクロロフィル *a* 濃度の正偏差を保持したまま、下流に伝播する現象や、黒潮近傍でのサブメソスケールの鉛直運動及び乱流混合、混合層深度の変化等が関与している可能性がある (Lizarbe Barreto et al., 2021)。また、大蛇行時の黒潮流域では、沿岸側に形成される低気圧性渦のポテンシャル渦度が夏季に高くなることも報告されている (Ito et al., 2024)。これに対して、高解像度海洋数値モデルと長期観測データを用いた解析結果から、黒潮が大蛇行すると栄養塩躍層の浅い海域が沖合に拡大して、冬季の鉛直混合を通じた栄養塩供給量が増加することが、大蛇行期間中のクロロフィル *a* 濃度の正偏差の主因であって、メソスケールの低気圧性渦による垂表層から表層への栄養塩供給の寄与は二次的なものであるとの指摘がある (Hayashida et al., 2023)。領域海洋循環モデルと生態系低次生産モデルをカップリングさせた解析においても、遠州灘沖の冷水渦域のクロロフィル *a* 濃度は非蛇行時と比べて大蛇行時に低下すると予想されている (Namazue et al., 2025)。しかし、これらのクロロフィル *a* 濃度の変動プロセスに対して、今回明らかになった紀伊半島南岸から黒潮大蛇行域にかけての高クロロフィル *a* 水の筋状分布は、時空間スケールの異なる現象であり、その形成要因については新たな解釈が必要になる。

4.2 紀伊半島南方海域における高クロロフィル *a* 水の筋状分布の形成メカニズム

紀伊半島南方海域で確認された高クロロフィル *a* 水の筋状分布は、沿岸域から南方に細く伸びた後、大蛇行する黒潮の北縁に沿って湾曲していたのが特徴的であり (Fig. 1)、紀伊半島南部の沿岸水が黒潮に連行されて生じたものと推察される。

このような筋状の分布形状は、二つの隣接するメソスケール渦等の流れによって表層水が攪拌された時に、一方向に引き伸ばされつつ、渦間のひずみによって横方向に圧縮されて発生することがあり、その圧縮・伸張速度と水平拡散速度のバランスで筋の細さが決まると考えられている (Lévy et al., 2018)。紀伊半島南方海域では、低塩分の沿岸水が、潮岬沖で南東方向に離岸しながら大蛇行を開始する高温・高塩分の黒潮水と、大蛇行域内に発達する反時計回りの冷水渦の境界域に引き込まれることによって、高クロロフィル *a* 水が南北方向に細く伸長したと予想される。また、反時計回りの冷水渦は、その北西部分が紀伊半島南東岸に接近すると、潮岬付近から南～南西方向への沿岸水の離岸を促すことから、黒潮による沿岸水の連行に補助的な役割を果たしている可能性がある。このような冷水渦の北側を反時計方向に回り込む流れは、大蛇行時の黒潮が東経 138 度 30 分付近を北上して、御前崎の潮位が高偏差になる場合に強くなることが指摘されている (吉田・他, 2025)。

4.3 黒潮による沿岸水の連行現象

黒潮大蛇行に伴う紀伊半島沿岸水の南方沖合域への輸送を指摘したのは本研究が初めてとなるが、非蛇行時の黒潮による沿岸水の連行現象に関しては、黒潮が潮岬付近に接岸した際に、熊野灘を南西向きに流れてきた沿岸水が黒潮前線渦に連行されて東方に輸送されることが報告されている (Kasai et al., 2002)。この場合、接岸した黒潮の北縁では前線擾乱が発生して下層から栄養塩が供給されるため、クロロフィル *a* 濃度が高くなる傾向を示す。また、銚子沖では、黒潮前線の収束

帯に取り込まれた沿岸水が筋状となって黒潮流軸方向に 150 km ほど伸びている様子が、米国航空宇宙局 (NASA) の人工衛星クロロフィル *a* 画像で観測されている (八木・他, 2000). さらに、九州南方から紀伊半島にかけての日本南岸において、黒潮内側域から黒潮域への水塊移流が起きているとの指摘がある (Awaji et al., 1991; 数野・他, 2022). 今回解析を行った 2018 ~ 2024 年の表層クロロフィル *a* 濃度の衛星画像においても、四国南岸を東進する黒潮によって足摺岬や室戸岬の近傍から高クロロフィル *a* 水が連行される状況や、黒潮前線渦によって断続的に高クロロフィル *a* 水が移動していく様子を確認している. これらのことから、黒潮が日本南岸を流れる過程において、紀伊半島周辺とは起源の異なる沿岸水が黒潮外縁に順次取り込まれている可能性が考えられる.

筋状分布を示した高クロロフィル *a* 水の沿岸側の起点となる海域については、紀伊半島南西岸、潮岬近傍、熊野灘の 3 パターンが認められた (Table 2). そのような違いを生じる要因として、潮岬の南方における黒潮の方位角が主に関わっていることが示され、蛇行開始前の黒潮の緯度との関係性は不明瞭であった (Fig. 3). 最も多く見られたのは紀伊半島南西岸からの沿岸水の連行であり、潮岬の西方で蛇行を開始した黒潮の方位角が 130 度以上で南向きに大きく屈曲している時に発生していた. 類似した観測例としては、蛇行する黒潮が潮岬以西において大きく離岸していた 2018 年 4 月に、瀬戸内海系の冷水が紀伊水道南部を南下していたとの報告がある (小林, 2019). 一方、黒潮が北寄りの流路で潮岬に接近し、潮岬の南方で東南東方向に蛇行を開始した時には潮岬近傍の沿岸水が連行され、潮岬よりも東側で蛇行が始まった時には熊野灘の沿岸水が連行されるという結果になった. 今回は大蛇行期間が 7 年以上に及んだため、黒潮の大蛇行流路の変動に応じて様々な連行パターンが観測されたものと思われる. 黒潮流路の特性を表すパラメータの一つとして、潮岬から南方に測った黒潮流軸の位置、すな

わち離岸距離を用いた解析も多く見られるが (例えば、竹内, 2005), 本研究で扱った黒潮大蛇行時に連行される紀伊半島沿岸水の起点との関係は明確に認められなかった (Fig. 2).

4.4 紀伊半島沿岸から黒潮大蛇行域への高クロロフィル *a* 水の輸送過程

衛星画像に捉えられた高クロロフィル *a* 水の分布は、人工衛星が当該海域上を通過した時のスナップショットであり、その輸送の時間スケールを把握するには数日間にわたる連続した画像を比較検討する必要がある. しかし、太陽同期準回帰軌道で飛行している GCOM-C 衛星の時間解像度は 2 日で、雲の影響により対象海域が撮影されていない場合も多い. また、表層水中のクロロフィル *a* 濃度は、環境条件に応じて短期的に変動し得る. そこで、海潮流及び吹送流による表層水の移動をシミュレーションできる漂流予測プログラムを使った解析を行った (Fig. 4).

まず、潮岬の南方 2 km 沖から黒潮北縁に近い北緯 33 度付近まで、2 日程度で輸送され得ることが示された. このような南下流は、黒潮が潮岬沖から大きく離岸する大蛇行経路をとっていた時期に和歌山県水産試験場によって実施された現場流況 ADCP 観測 (17 m 層) においても確認されており、2019 年 4 月 22 日には潮岬沿岸域から南方 40 海里付近まで 1 knot 未満の西向南下流、2020 年 4 月 27 日には南方 50 海里付近まで 1 knot 未満の西向南下流となっていたことが報告されている (和歌山県水産試験場, 2025a, 2025b). これらの流向流速データの南北成分 0.5 ~ 0.6 knot から見積もられる潮岬から北緯 33 度までの移動時間は約 2 日であり、漂流予測の計算結果と整合的であった. なお、上記の現場流況 ADCP 観測日における表層クロロフィル *a* 濃度の衛星画像を確認したところ、紀伊半島付近の広範囲でクロロフィル *a* 濃度が高くなっていたため、潮岬近傍から南方沖合への沿岸水の輸送状況を把握できなかった.

次に、黒潮北縁に移動した沿岸水が黒潮大蛇行

域の最南端付近に到達するまで約1週間を要すると推定された。そのような長距離の輸送過程を通して、表層クロロフィル *a* 濃度は紀伊半島沿岸域の半分程度のレベルで比較的安定していたことが衛星画像データから示されている (Fig. 1)。沿岸水が陸域から離れた沖合の黒潮北縁付近を移動していく際に、一定レベルの植物プランクトン生物量が維持されるためには、沈降・拡散・摂食等の減少要因とバランスするような増殖を生み出す持続的な栄養塩の供給メカニズムが必要になる。

4.5 高クロロフィル *a* 水の輸送過程における栄養塩の供給源

夏季の紀伊半島南部沿岸域では、陸域からの流入や沿岸湧昇によって表層に栄養塩が供給されても、すぐに植物プランクトンに消費されてしまうため、黒潮に連行される沿岸水に元々含まれている栄養塩濃度は検出限界以下にまで低下している (和歌山県環境管理課, 2025)。しかし、クロロフィル *a* 濃度の高い沿岸水にはプランクトン細胞やデトリタス等の懸濁態有機物が存在しており、夏季の紀伊半島南部沿岸域の表層水には全窒素濃度として7 μM 前後含まれている (和歌山県環境管理課, 2025)。そのため、高クロロフィル *a* 水が沿岸から沖合へ輸送される過程で懸濁態有機物の分解・無機化が進行し、再生したアンモニウム塩等の一部が有光層内において植物プランクトンに利用される形で、物質循環が駆動していたと考えられる。

一方、黒潮北縁では硝酸塩の鉛直乱流拡散フラックスが大きく、春季に黒潮前線の北側でクロロフィル *a* 濃度が増加する要因になっていることが報告されており (Kaneko et al., 2013)、このようなメカニズムによる下層からの局所的な栄養塩供給も寄与していた可能性がある。しかし、黒潮北縁での乱流強化に伴う栄養塩供給フラックスが十分に大きければ、沿岸水の連行が起きていない状況においても、黒潮流路に沿って高クロロフィル *a* 水の筋状分布が見られるはずである。本研究で調べた範囲内では、沿岸水の影響を受け

ていない高クロロフィル *a* 水の筋状分布は確認されなかったことから、成層の発達する夏季には硝酸塩躍層が深くなって鉛直擾乱がその深度まで到達せず、硝酸塩の鉛直乱流拡散フラックスが春季ほどには大きくなっていないのか、あるいは、植物プランクトンの増殖促進作用が衛星では観測できない亜表層に限定されていたのかもしれない。但し、黒潮北縁での強い乱流が、沿岸水由来の植物プランクトン細胞やデトリタスの沈降を抑制するとともに、水柱で分解・無機化された窒素やリンを表層に回帰させて、植物プランクトンによる再生栄養塩の利用効率を高める役割を果たしていたことは十分に考えられる。

栄養塩供給以外の要因としては、南方沖合域に連行される沿岸水には大型珪藻等のマイクロ植物プランクトンが比較的多く含まれており、それらに対するメソ動物プランクトンの摂食圧が黒潮流域では相対的に小さいことも (Kobari et al., 2021)、黒潮北縁付近における植物プランクトン生物量の維持に関与していた可能性がある。また、黒潮前線へのプランクトンの凝集は沖合域の稚仔魚に良好な餌環境を提供し得ることから (Okazaki et al., 2003)、沿岸性植物プランクトン種の黒潮生態系への加入は、低次栄養段階の生産構造を変化させて餌生物の生産を高め、夏季の黒潮前線域における稚仔魚の生残にも影響を及ぼしていることが予想される。

4.6 黒潮大蛇行に伴う紀伊半島沿岸水の南方輸送と防災・環境保全との関わり

本研究で明らかになった紀伊半島沿岸水の黒潮大蛇行域への南方輸送は、漂流物の行方を予測する上でも重要な示唆を与えると考えられる。今回の漂流予測では、風の影響を考慮していないものの、潮岬近傍から南方沖合の北緯31度付近まで1週間程度で輸送されるという結果が得られたことから、大蛇行期間中に紀伊半島沿岸で船舶・人・油等の漂流が発生した場合、同様の経路を辿る可能性を視野に入れておく必要がある。また、集中豪雨や台風で河川から流出した大量の流木等

が紀伊半島南方海域に輸送されて、南北方向に蛇行しながら流れる黒潮の北縁付近に集積すると、海上交通に重大な影響を生じることが懸念される。さらに、四国沖の黒潮前線付近には浮遊性プラスチックゴミが集積していることが報告されており (Thushari et al., 2023), 沿岸水とともにマイクロプラスチック等が黒潮大蛇行域に運ばれて、亜熱帯海域に広く拡散している可能性も考えられる。

本研究では表層クロロフィル *a* 濃度の衛星画像を用いて解析を行ったため、本州南方海域全体のクロロフィル *a* 濃度が上昇する冬季から春季にかけての沿岸水の分布や沖合流出の状況を把握することが困難であった。防災及び環境保全の観点からは、黒潮大蛇行に伴う紀伊半島沿岸水の南方輸送について季節変動を含めた通年の状況を把握することが不可欠であり、その発生メカニズムを詳しく理解するためにも、黒潮ならびに沿岸流や中規模渦を精緻に再現できる高解像度海洋物理モデルを使った解析が今後必要である。

5 結論

黒潮が大蛇行していた 2018 年から 2024 年までの 6 ~ 10 月に、紀伊半島南部の沿岸域から南方沖合に向かって高クロロフィル *a* 水が筋状に分布している状況を、表層クロロフィル *a* 濃度の衛星リモートセンシング画像によって確認した。その分布形状は、沿岸域から南 ~ 南東方向に細く伸びた後、大蛇行する黒潮の北縁に沿って湾曲するという特徴を有し、紀伊半島南部の沿岸水が黒潮外縁と冷水渦の境界域に連行されて生じたと考えられる。

高クロロフィル *a* 水の筋状分布の起点は、紀伊半島南西岸、潮岬近傍、熊野灘に認められ、潮岬の南方における黒潮の方位角に依存して変化することが示された。これらの高クロロフィル *a* 水は、紀伊半島南部の沿岸域から南向きに 2 ~ 3 日の時間スケールで黒潮北縁付近まで輸送されてきたと推定され、さらに黒潮大蛇行域の最南端まで約 1 週間で到達すると予想された。このような

南方沖合への輸送過程において周辺海域よりも高いクロロフィル *a* 濃度レベルが維持されるメカニズムとして、沿岸水中に含まれていた懸濁態有機物から分解再生する栄養塩類の利用が起きている可能性等が考えられた。

本研究で明らかになった黒潮大蛇行時における紀伊半島沿岸水の南方沖合域への輸送過程は、漂流物や汚染物質等の行方を予測する上で重要な示唆を与えるものであり、流木等が黒潮大蛇行域に大量流出した場合には海上交通に影響を及ぼす可能性も考えられる。今後の課題としては、紀伊半島沿岸水の黒潮大蛇行域への輸送過程について高解像度海洋物理モデルを用いた通年の解析を行うことと、四国南岸の足摺岬や室戸岬付近から黒潮に連行された沿岸水と紀伊半島由来の沿岸水との黒潮北縁における混合の評価が挙げられる。

謝 辞

本研究で使用した GCOM-C 衛星の SGLI センサ観測データは、JAXA より提供を受けた。また、匿名の査読者から有益なコメントをいただいた。ここに記して感謝の意を表する。

文 献

- 浅原悠里・東 吉一・森岡裕詞・入澤沙弥・増山 昭博 (2015) 漂流予測プログラム Ver 6.0 の紹介, 海洋情報部研究報告, 52, 107-113.
- Awaji, T., K. Akitomo, and N. Imasato (1991) Numerical study of shelf water motion driven by the Kuroshio: Barotropic model, *J. Phys. Oceanogr.*, 21, 11-27, doi:10.1175/1520-0485(1991)021<0011:NSOSWM>2.0.CO;2.
- 石坂丞二 (2001) 沿岸域での海色リモートセンシングの現状と将来, 沿岸海洋研究, 39, 21-26, doi:10.32142/engankaiyo.39.1_21.
- Hayashida, H., A. E. Kiss, T. Miyama, Y. Miyazawa, and S. Yasunaka (2023) Anomalous nutricline drives marked biogeochemical contrasts during the Kuroshio large meander, *J. Geophys. Res. Oceans*, 128, e2023JC019697,

- doi:10.1029/2023JC019697.
- 東 吉一・熊川浩一・浅原悠里・瀬尾奏子・入澤沙弥 (2015) 海況リアルタイムデータベースの概要, 海洋情報部研究報告, 52, 114-122.
- Hirata, H., H. Nishikawa, N. Usui, T. Miyama, S. Sugimoto, A. Kusaka, and T. Seto (2025) The Kuroshio large meander and its various impacts: a review, *J. Oceanogr.*, 81, 165-185, doi:10.1007/s10872-025-00753-z.
- Hirose, N., N. Usui, K. Sakamoto, H. Tsujino, G. Yamanaka, H. Nakano, S. Urakawa, T. Toyoda, Y. Fujii, and N. Kohno (2019) Development of a new operational system for monitoring and forecasting coastal and open-ocean states around Japan, *Ocean Dyn.*, 69, 1333-1357, doi:10.1007/s10236-019-01306-x.
- Ito, D., Y. Shimizu, T. Setou, A. Kusaka, D. Ambe, Y. Hiroe, K. Hidaka, S. Sogawa, and T. Yamaguchi (2024) Temporal variation of the 2017 Kuroshio large meander based on repeated surveys along 138°E, *J. Oceanogr.*, 80, 197-217, doi:10.1007/s10872-024-00718-8.
- 海上保安庁 (2025) 伊豆半島沖の黒潮の観測結果について, https://www.kaiho.mlit.go.jp/info/kouhou/r7/k250702_2/k250702_2.pdf.
- Kaneko, H., I. Yasuda, K. Komatsu, and S. Itoh (2013) Observations of vertical turbulent nitrate flux across the Kuroshio, *Geophys. Res. Lett.*, 40, 3123-3127, doi:10.1002/grl.50613.
- Kasai, A., S. Kimura, H. Nakata, and Y. Okazaki (2002) Entrainment of coastal water into a frontal eddy of the Kuroshio and its biological significance, *J. Mar. Syst.*, 37, 185-198, doi:10.1016/S0924-7963(02)00201-4.
- Kawabe, M. (1995) Variations of current path, velocity, and volume transport of the Kuroshio in relation with the large meander, *J. Phys. Oceanogr.*, 25, 3103-3117, doi:10.1175/1520-0485(1995)025<3103:VOCPVA>2.0.CO;2.
- 数野 真・加古真一郎・中村啓彦・山城 徹・仁科文子・久米 元・小針 統 (2022) 高分解能沿岸海洋モデルの粒子追跡による黒潮への黒潮内側域水塊移流の評価, *水産海洋研究*, 86, 153-165, doi:10.34423/jsfo.86.4_153.
- Kimura, S., A. Kasai, H. Nakata, T. Sugimoto, J. H. Simpson, and J. V. S. Cheok (1997) Biological productivity of meso-scale eddies caused by frontal disturbances in the Kuroshio, *ICES J. Mar. Sci.*, 54, 179-192, doi:10.1006/jmsc.1996.0209.
- 気象庁大気海洋部 (2025) 7年9か月続いた黒潮大蛇行が終息する兆し, https://www.jma.go.jp/jma/press/2505/09a/kuroshio_path2025.pdf.
- Kobari, T., Y. Tokumo, I. Sato, G. Kume, and J. Hirai (2021) Metabarcoding analysis of trophic sources and linkages in the plankton community of the Kuroshio and neighboring waters, *Sci. Rep.*, 11, 23265, doi:10.1038/s41598-021-02083-8.
- 小林慧一 (2019) 黒潮大蛇行に伴う和歌山県潮岬周辺の海況の変化およびカツオひき縄漁業への影響, *黒潮の資源海洋研究*, 20, 17-23.
- Lévy, M., P. J. S. Franks, and K.S. Smith (2018) The role of submesoscale currents in structuring marine ecosystems, *Nat. Commun.*, 9, 4758, doi:10.1038/s41467-018-07059-3.
- Lizarbe Barreto, D. A., R. Chevarria Saravia, T. Nagai, and T. Hirata (2021) Phytoplankton increase along the Kuroshio due to the large meander, *Front. Mar. Sci.*, 8, 677632, doi:10.3389/fmars.2021.677632.
- Long, Y., X.-H. Zhu, X. Guo, and H. Huang (2018) Temporal variation of Kuroshio nutrient stream south of Japan, *J. Geophys. Res. Oceans*, 123, 7896-7913, doi:10.1029/2017JC013635.
- Masuda, A. (1982) An interpretation of the bimodal character of the stable Kuroshio path,

- Deep-Sea Res., 29, 471–484, doi:10.1016/0198-0149(82)90071-1.
- Namazue, G., Y. Uchiyama, X. Zhang, and E. Masunaga (2025) Variability of nutrient transport and associated upper ocean primary production induced by Kuroshio meanders in the Enshu-nada Sea, Japan, E3S Web Conf., 603, 01007, doi:10.1051/e3sconf/202560301007.
- 西田英男 (1986) 衛星からの黒潮流路変動観測, 写真測量とリモートセンシング, 25, 57–63, doi:10.4287/jsprs.25.Special1_57.
- Okazaki, Y., H. Nakata, S. Kimura, and A. Kasai (2003) Offshore entrainment of anchovy larvae and its implication for their survival in a frontal region of the Kuroshio, Mar. Ecol. Prog. Ser., 248, 237–244, doi:10.3354/meps248237.
- Qiu, B. and S. Chen (2021) Revisit of the occurrence of the Kuroshio large meander south of Japan, J. Phys. Oceanogr., 51, 3679–3694, doi:10.1175/JPO-D-21-0167.1.
- 齊藤茂幸 (2011) 最新の漂流予測プログラムの概要について, 海洋情報部研究報告, 47, 22–26.
- 作野裕司・斎藤克弥・石坂丞二・虎谷充浩・比嘉紘士・向井田 明・堀 雅裕・富田裕之 (2021) 海洋可視化のための衛星センサの現状と将来展望, 日本リモートセンシング学会誌, 41, 181–188, doi:10.11440/rssj.41.181.
- Takahashi, W. and H. Kawamura (2005) Detection method of Kuroshio front using the satellite-derived chlorophyll-a images, Remote Sens. Environ., 97, 83–91, doi:10.1016/j.rse.2005.04.019.
- 竹内淳一 (2005) 紀伊半島周辺の海洋構造と変動および漁業への影響, 和歌山県農林水産総合技術センター特別研究報告, 8, 1–123.
- Thushari, G. G. N., K. Miyazono, T. Sato, R. Yamashita, A. Takasuka, M. Watai, T. Yasuda, H. Kuroda, and K. Takahashi (2023) Floating plastic accumulation and distribution around Kuroshio Current, western North Pacific, Mar. Pollut. Bull., 188, 114604, doi:10.1016/j.marpolbul.2023.114604.
- 戸田 孝・今里哲久・竹田 厚 (1993) 衛星熱赤外線画像による黒潮流路変動の解析, 海の研究, 2, 1–13, doi:10.5928/kaiyou.2.1.
- 土屋主税・鈴木眞子 (2025) 黒潮域における海流の漂流予測用データセットの比較, 海洋情報部研究報告, 63, 62–69.
- 和歌山県環境管理課 (2025) 公共用水域水質調査 (海域) 令和 5 年度測定結果, https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/032100/kekka_suisitu/kaiiki/index_d/fil/Cbrock05.pdf.
- 和歌山県水産試験場 (2025a) 沖合黒潮調査, 2019. No. 1, 令和元年度和歌山県水産試験場事業報告 資料, https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/071001/d00220086_d/fil/okiai.pdf.
- 和歌山県水産試験場 (2025b) 沖合黒潮調査, 2020. No. 1, 令和 2 年度和歌山県水産試験場事業報告 資料, https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/071001/d00220493_d/fil/okiai.pdf.
- 八木 宏・身崎成紀・灘岡和夫・中山哲巖・二平章・山下俊彦・福本 正 (2000) 黒潮流路変動に対する大規模沿岸流れの応答と沿岸水の流出過程について, 海岸工学論文集, 47, 391–395, doi:10.2208/proce1989.47.391.
- 吉田 隆・下平保直・林王弘道・横内克巳・秋山秀樹 (2006) 黒潮の流路情報をもとに黒潮大蛇行を判定する基準, 海の研究, 15, 499–507, doi:10.5928/kaiyou.15.6_499.
- 吉田久美・碓氷典久・井上博敬 (2025) 2017 年 8 月に発生した黒潮大蛇行の黒潮流路と日本南岸の潮位変動, 海の研究, 34, 81–98, doi:10.5928/kaiyou.34.3_81.

付 録

A 紀伊半島南部沿岸域から黒潮域への高クロロフィル a 水の筋状分布を捉えた衛星画像

2018～2024年の黒潮大蛇行期間中に、紀伊半島南部沿岸域から黒潮域への高クロロフィル a 水の筋状分布が撮影された GCOM-C/SGLI の表層クロロフィル a 濃度画像 26 件を Fig. 5 に示す.

要 旨

2018～2024年の黒潮大蛇行期間中に、紀伊半島南部の沿岸域から黒潮北縁に沿ってクロロフィル a 濃度の高い水塊が筋状に分布している状況を、夏季の衛星リモートセンシング画像により確認した。黒潮に連行される沿岸水の起点となる海域は、紀伊半島南端の潮岬の南方における黒潮の方位角（流向）に応じて、潮岬の東西に変化していた。潮岬近傍から南下した沿岸水は、2～3日で黒潮北縁に取り込まれ、黒潮大蛇行域の最南端まで約1週間で到達すると予想された。今回明らかになった黒潮大蛇行に伴う紀伊半島沿岸水の南方沖合域への輸送過程は、漂流物や汚染物質等の行方を予測する上で重要な示唆を与える。

Southward transport of high chlorophyll-*a* waters from the Kii Peninsula coastal area
associated with the Kuroshio large meander

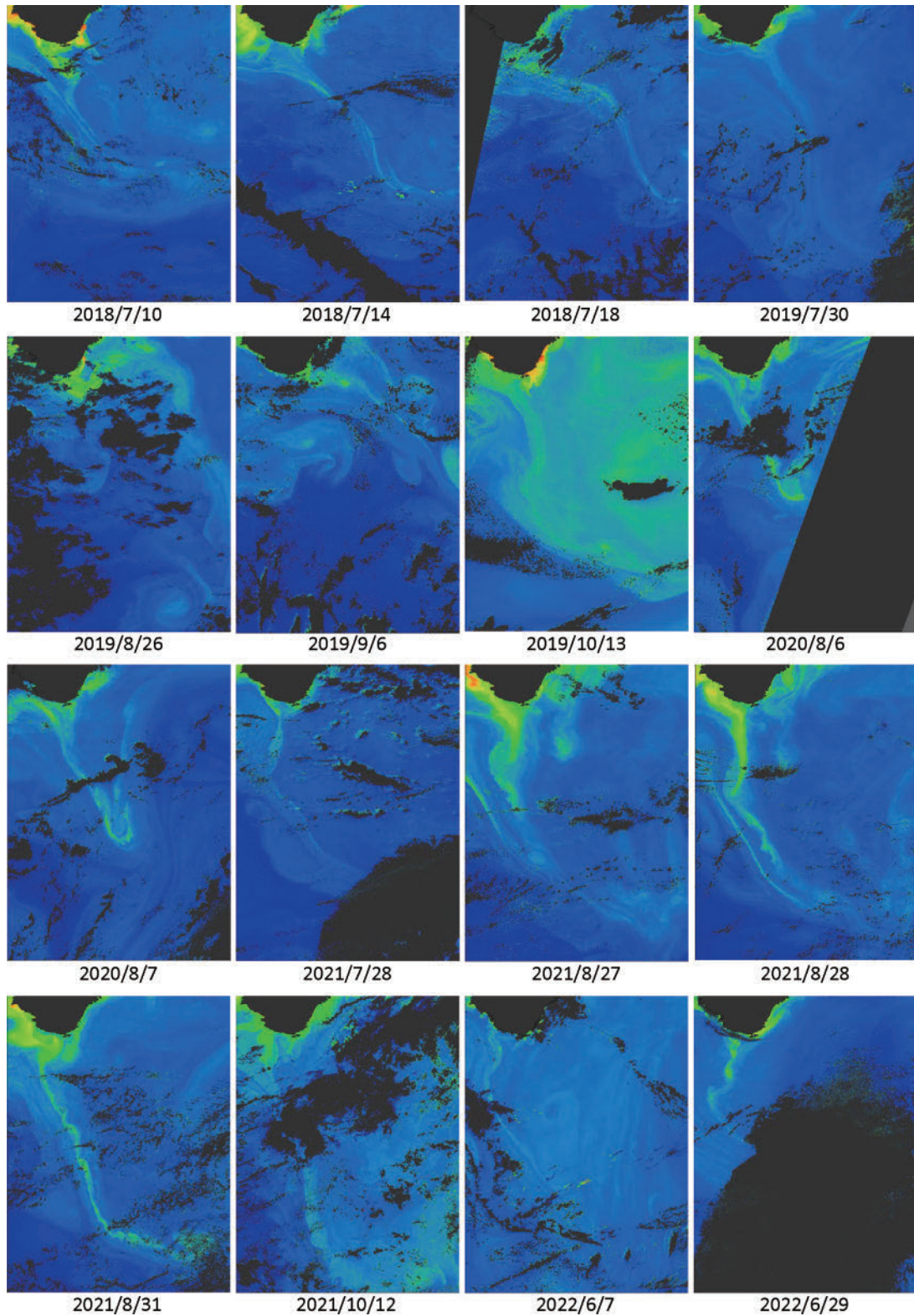


Fig. 5. Near real-time observation images of chlorophyll-*a* concentration by the GCOM-C/SGLI which captured the streak-like distributions of high chlorophyll-*a* water from the coast of the Kii Peninsula to the Kuroshio during the Kuroshio large meander period from 2018 to 2024 (Provided by JAXA). The image display area ranges from 30°N; 135°E to 34°N; 138°E.

図 5. 2018 ~ 2024 年の黒潮大蛇行期間中に紀伊半島南部沿岸域から黒潮域への高クロロフィル *a* 水の筋状分布を捉えた GCOM-C/SGLI の準リアルタイム表層クロロフィル *a* 濃度画像 (JAXA 提供). 画像表示は北緯 30 度; 東経 135 度から北緯 34 度; 東経 138 度の範囲.

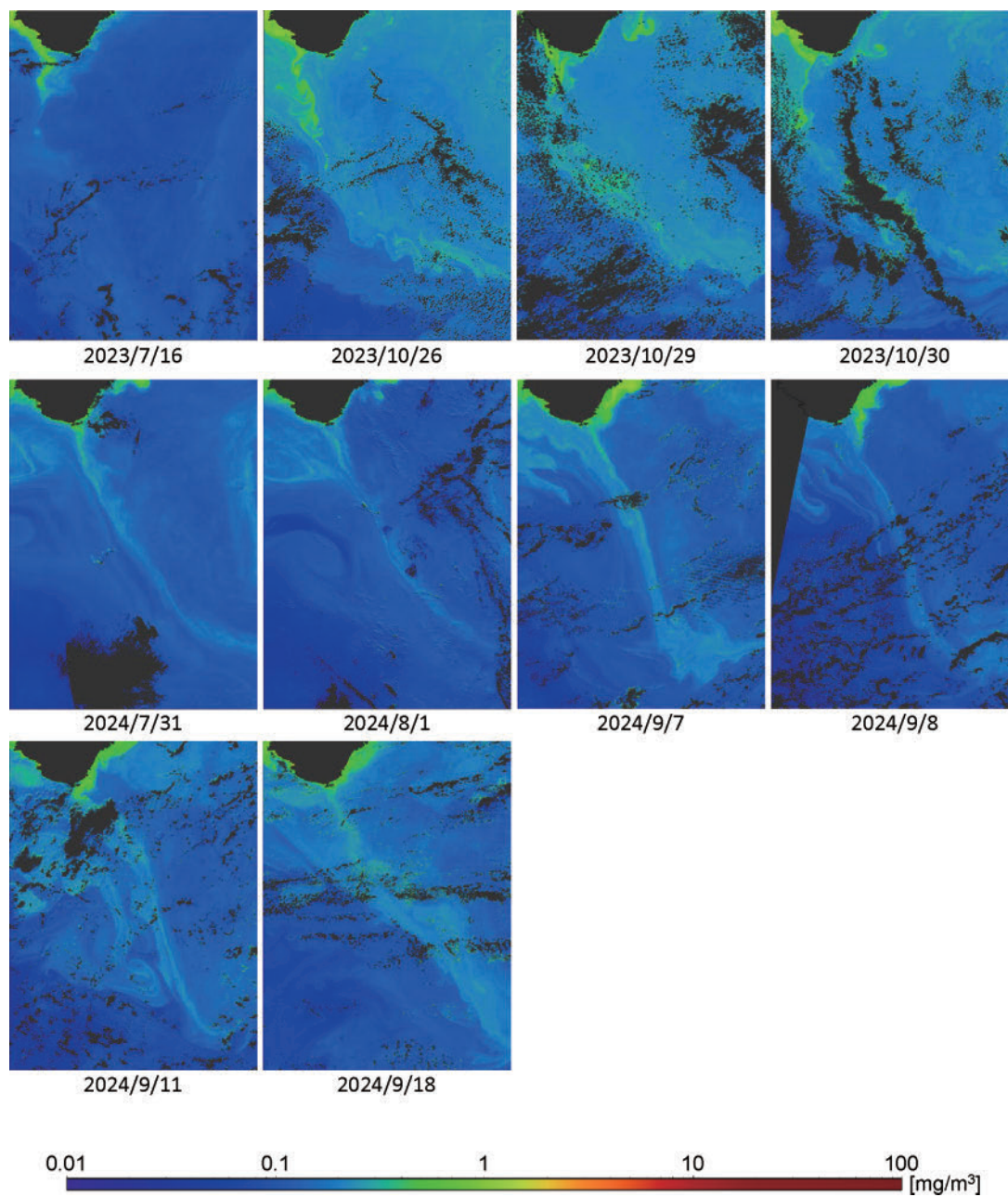


Fig. 5. (Continued)

図 5. (続き)