

異例の黒潮大蛇行

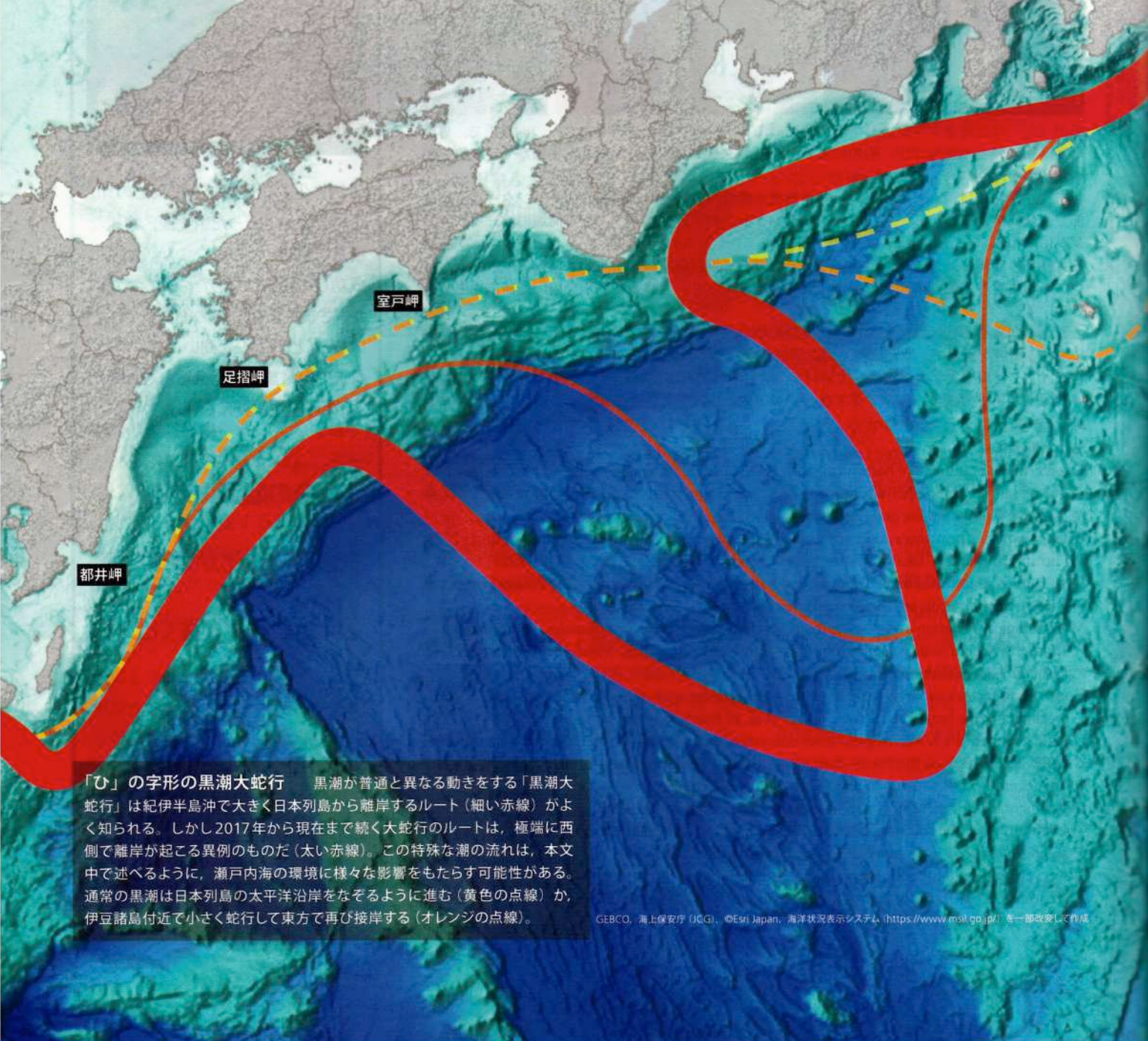
瀬戸内海に及び始めた影響

珍しいパターンの大蛇行を続ける黒潮は
瀬戸内海の海水の流れを変え、海洋環境に影響を及ぼす可能性がある

青木慎一（日本経済新聞）

協力：美山 透（海洋研究開発機構）

内山雄介（神戸大学）



室戸岬

足摺岬

都井岬

「ひ」の字形の黒潮大蛇行 黒潮が普通と異なる動きをする「黒潮大蛇行」は紀伊半島沖で大きく日本列島から離岸するルート（細い赤線）がよく知られる。しかし2017年から現在まで続く大蛇行のルートは、極端に西側で離岸が起こる異例のものだ（太い赤線）。この特殊な潮の流れは、本文中で述べるように、瀬戸内海の環境に様々な影響をもたらす可能性がある。通常の黒潮は日本列島の太平洋沿岸をなぞるように進む（黄色の点線）か、伊豆諸島付近で小さく蛇行して東方で再び接岸する（オレンジの点線）。

本州や九州、四国に囲まれた瀬戸内海は穏やかな内海で、400種類を超える魚類など、多種多様な生物が生息する。実は、その海洋環境には太平洋を流れる黒潮が関わっている。現在の黒潮は、流れが「ひ」の字を描くように大きく曲がりくねる「大蛇行」と呼ばれる現象が続いている。蛇行時のルートの違いによって、瀬戸内海の海洋環境は大きく影響を受ける。(文中敬称略)

従来とは違うルート

2017年8月に始まった黒潮の大蛇行に終息の気配が見えてきた。気象庁は2025年5月に終息の兆しが見られると発表した。現在も中規模の蛇行は続いているものの、安定せず、いったんは終息するとみられている。

大蛇行は観測体制が整った1965年以降に6回発生しているが、現在の大蛇行は従来の典型的なパターンとは違うルートをとっていた。これが瀬戸内海での海水の流れや温度、栄養塩などの分布を変え、生態系に大きな影響を与えた可能性があるとわかってきた。

黒潮はフィリピンの東方から台湾沖を北上し、九州の南方から四国、紀伊半島の沿岸に沿って北上し、房総半島沖で東へと進路を変える。これが通常のルートだ。大蛇行のときは典型的なルートがある。四国の南東端に位置する室戸岬沖で岸から離れ、伊豆半島付近で近づくパターンだ(左ページの細い赤線)。紀伊半島沖から離岸して房総沖で接近する場合もあるが、こちらは大蛇行とは呼ばれない。

現在の大蛇行では、2020年以降、四国南西岸の足摺岬から離れるようなルートをとることが多くなった(左ページの太い赤線)。これは大蛇行が長期化した1975～1980年以来で、珍しい現象だ。

海洋研究開発機構主任研究員の美山透らは、高知県が足摺岬沖に設置したブイの流速データや海上保安庁の計測

に基づく黒潮のルートのデータ、衛星や船舶による観測結果を組み込んだモデルを作って解析した。その結果、黒潮から瀬戸内海に流入する海水量が大きく減っていることがわかった。水温が上昇する時期が変わり、赤潮の発生に影響する可能性があるという。

黒潮と瀬戸内海のつながり

なぜ、黒潮のルートによって、瀬戸内海の海洋環境が変わるのだろうか。

黒潮は世界有数の海流で、幅が約100km、深さは1000mにも達する。毎秒2000万～5000万トンもの暖かい海水を運び、その流量は南米を流れるアマゾン川の100倍を超える。流れが速い場所では、周囲よりも海面が1mほど盛り上がっている。

黒潮の特徴は水温が高いだけでなく、含まれる塩分や酸素の濃度が高いことだ。一方で、植物プランクトンや海藻の成長に不可欠な栄養塩は少ない。黒潮の流れの源である熱帯や亜熱帯の海が、もともと貧栄養の海域だからだ。植物プランクトンが少ないために透明度が高く、周囲の海水より黒っぽく見えることが黒潮の名前の由来だ。

瀬戸内海と外洋をつなぐのが、九州と四国の間にある豊後水道と、四国と紀伊半島に挟まれた紀伊水道だ。黒潮は通常時、九州の都井岬から豊後水道へ向かって流れ、東へ進路を変えて四国の南岸を沿うように進む。黒潮が豊後水道に入り込んだり、近い場所を流



瀬戸内海を流れる通過流 豊後水道と紀伊水道の水位差は数～10数cmあり、この高低差が東向きの通過流を生み出す。

れたりすることで、一帯の海面水位は紀伊水道よりも高くなる。

水は水位が高い場所から低い方へ流れるため、瀬戸内海では豊後水道を起点とする東向きの「通過流」と呼ぶ流れができています。黒潮が運んだ海水が豊後水道から瀬戸内海に入って東に流れ、紀伊水道から出て行く(上の図)。

瀬戸内海の通過流は季節風や気温、潮汐の影響で強弱が変化する。北半球の場合、風の吹く方向に対して右側に海水が移動する「エクマン効果」が働く。このエクマン効果によって、南東から風が吹く夏は東向きの通過流が強まりやすく、北西風が吹く冬は弱まりやすい。季節風の向きは陸上の山地などの影響によっても複雑に変わるため、ときには通過流が西向きになることもあるが、一年を通じていえば東向きの時計回りの流れが基本になっている。

急潮や底入り潮も影響

黒潮が瀬戸内海に与える影響で重要な役割を果たすのが、「急潮」と「底

KEY CONCEPTS

黒潮は瀬戸内海の環境維持システム

- 黒潮の大蛇行は過去約60年で6回起きているが、現在の大蛇行はルートが大幅に西側にずれる珍しいパターンとなっている。
- 黒潮の影響で瀬戸内海を流れる通過流は、栄養分を供給し、汚れた海水を流し出し、魚や海藻の生息域拡大を助けるなど様々な機能をもつ。
- 黒潮のルート変化は通過流を介し瀬戸内海の環境を変える。直接的な温暖化の影響も合わさり、瀬戸内海に生息する魚種は変化せざるをえないだろう。

入り潮」と呼ばれる現象だ。

黒潮が足摺岬にぶつかると、その一部が豊後水道に流れ込む。その際に豊後水道の流れが急に速くなるのが急潮だ。定置網や養殖用のいかだを壊すほどの勢いがある。急潮が発生すると海水温が一気に上昇する。2016年6月末から7月上旬、豊後水道の東部に位置する法華津に設置した水温計のデータでは、1週間ほどで5℃近く上昇した。

急潮が起ると、上層の速い流れに深層水が引きずられ、海底の泥を巻き上げながら瀬戸内海に入り込む。これが底入り潮と呼ぶ現象だ。深層水はケイ素を多く含み、栄養バランスに優れている。過剰なリンや窒素を含む海水を押し出して浄化する働きもある。

豊後水道にあるリアス式の湾は普段、穏やかで水が滞留しやすい。養殖業が盛んな地域では、魚のエサの食べ残しや排泄物によってリンや窒素が増えて富栄養化してしまい、赤潮が発生しやすくなる。急潮によって、湾内の海水が一気に入れ替われば、富栄養化や赤潮の発生を防ぐ効果がある。1994年に大規模な赤潮が長期間続いた際は、急潮がほとんど発生しなかった。

通過流で生態系が拡大

瀬戸内海は黒潮が入り込む伊予灘や安芸灘といった西側の海域は塩分濃度が高く、東側の播磨灘や大阪湾は低い。通過流によって海水が東へ運ばれる過程で、河川からの水などが混ざり合っ

て薄まるからだ。特に、愛媛県今治市と広島県の間の来島海峡を境にして瀬戸内海的环境は東と西で大きく変わる。同海峡には大小多数の島々があって海水が通り抜けにくいからだ。しかし強い通過流の流れがここを乗り越えるときは塩分濃度の東西差が小さくなる。

通過流は生物の生息域にも関係しているようだ。卵から孵化して間もない魚は遊泳能力が低い。海水の流れに乗って運ばれ、たどり着いた湾で成長する。神戸大学教授の内山雄介らの解析によると、通過流が強い場合、これらの魚が遠くの海域まで運ばれ、生息域を東に拡大する傾向が見られた。

これに対し、瀬戸内海の春を告げる魚として知られるイカナゴのように遊泳能力が低い魚種については、通過流よりも、すみついた湾の環境が生育を左右する。地球温暖化に伴う海水温の上昇に加え、イカナゴの捕食者となるハモやタチウオなどの個体数増加により数を減らしていると考えられる。

日本の沿岸に多く生えている海草の一種、アマモも通過流の影響を大きく受ける。内山らの研究では、通過流が速いと来島海峡を越えて種子が東へ運ばれやすくなる。アマモは魚の隠れ家や産卵場所になるため、その生息域の拡大は藻場に暮らす魚介類にとってよい影響を及ぼす。

豊後と紀伊の水位差

通過流の強弱は基本的に豊後水道と紀伊水道の海面水位の差が左右する。神戸大の内山らが豊後水道から瀬戸内海、紀伊水道にある4つの海峡の通過流を分析し

たところ、2013、2015、2017、2018年は例年よりも強かった。このうち2018年は現在の大蛇行が発生していた時期にあたる。

大蛇行が典型的なルートをとる場合、いずれも豊後水道の方が紀伊水道よりも海面水位が高いことが多い。これは黒潮大蛇行が安定的に持続するメカニズムとも関係しているようだ。蛇行のルートは地球の自転によって生じる西向きの「ロスビー波」と呼ぶ振動や、太平洋側の海底の地形と関係しているようだ。黒潮は蛇行を東へ押し流そうとするが、ロスビー波と釣り合い、さらに海嶺などの海底地形にすっぽりはまるような状態になると、蛇行のルートはあまり変わらず安定しやすい。

大蛇行のとき、黒潮が足摺岬の近くを流れて豊後水道に押し込まれるような形になると、東へ向かう瀬戸内海の通過流は強まる傾向になる。2018年夏は足摺岬付近を流れたため通過流は平年よりも強くなっていた。

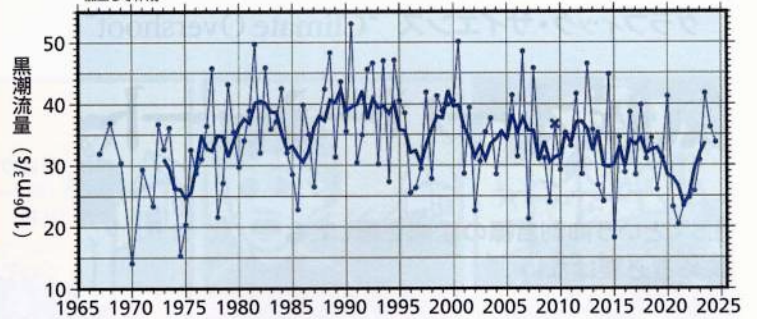
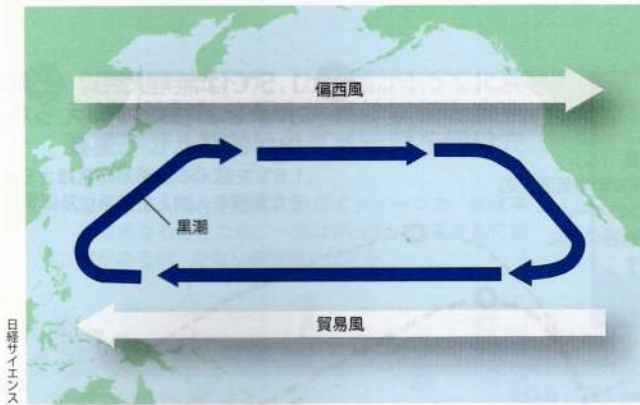
黒潮が離れて環境悪化

しかし、現在の大蛇行は2020年ごろから、九州の種子島沖から東へ向かい、足摺岬から大きく離れるルートをとることが増えた。黒潮の勢いがより弱くなって流量が減ったために起きたとみられる。この結果、豊後水道と紀伊水道の間で海面水位の差が小さくなり、通過流が弱まる傾向にある。

海洋研究開発機構の美山らのシミュレーションでも、2020年ごろから、豊後水道では北向きの流れが遅くなり、通過流が弱化的ことが示された。神戸大の内山らの解析でも、通過流が弱まる結果になった。瀬戸内海と外洋の海水が入れ替わりにくくなり、環境が悪化することが懸念されている。

豊後水道での潮流調査 海洋研究開発機構などのチームは愛媛大学の調査実習船「いさな」に乗り、2022年夏に豊後水道の愛媛県宇和島市沖で水温や流速などの変化を調査した。この時期は黒潮が四国の足摺岬から大きく離れるルートをとっており、大蛇行の影響が観測された。





黒潮の流量に変化 黒潮の流れを駆動するのは地球規模の貿易風と偏西風の流れだ(左)。それらの風の吹き方が変わること、2017年以降は東経137度線(石川と愛知を結ぶ線に相当)を横切る黒潮の流量が少ない傾向にある。

生態系への影響に関する研究はまだ途上だが、漁業関係者の声は異変を感じさせる。愛媛県宇和島市の調査によると、真珠の養殖に使われるアコヤ貝が大量に死んでいるほか、海面に集まるごみが滞留する場所が変化して量が減らないといった指摘が寄せられた。

2020年、愛媛県西部の宇和島湾で、赤潮が9月上旬～11月中旬に発生した。瀬戸内海の赤潮は通常、水温が高くなって、表層と深層の海水が混ざりにくい夏場に発生する。秋にずれ込んだ理由として、黒潮が足摺岬から大きく離れて豊後水道の海水温が上がらなかった可能性が指摘されている。

黒潮の遠近で変わる環境

紀伊水道でも黒潮が近いか離れているかで、環境が変わり、獲れる魚が大きく変わる。

紀伊半島から黒潮が離れたルートを通る場合、冷たい海水の渦ができ、深層からの栄養塩が紀伊水道に入り込みやすくなる。プランクトンを食べるカタクチイワシやサバ、アジなどの漁獲量が増える。一方、黒潮が紀伊水道に近い状態が続くと、海底近くの層からの海水が入りにくくなり、ゴマサバやアオリイカといった亜熱帯性の生物が増えることがわかっている。小型の魚介類が増えると、それらを狙うカツオやマグロといった大型の魚が来るようになる。

黒潮がどのルートを通るかによっ

て、瀬戸内海や豊後水道、紀伊水道の環境は大きく変わる。黒潮のように蛇行を繰り返す海流は世界でもまれだ。

温暖化で「新たな日常」に

黒潮を形づくるのは、赤道の北で東から西へ向かう貿易風と、中緯度地域を西から東へ吹く偏西風の2つの地球規模の風だ。熱帯地域では、貿易風によって海水が西へと運ばれ、大陸にぶつかって北上、中緯度地域では偏西風によって東へ押し流される。2つの風に挟まれた海では、時計回りの大規模な循環ができる。地球の自転に伴うコリオリの力を受けて、太平洋の西側にできた強い流れが黒潮だ(左上の図)。

黒潮の強弱は駆動力となる貿易風と偏西風の影響を受ける。IPCC(気候変動に関する政府間パネル)の予測では、地球温暖化が進むと、貿易風が強まり、黒潮の勢いが増すと予想されていた。実際は、偏西風や貿易風が北寄りの位置にシフトする傾向が強まっており、黒潮が流れる海域の風が弱くなっている。

大蛇行のメカニズムは不明な部分もまだ多いが、黒潮の流れが遅く、流量が少ない時に起こりやすい。東経137度を横切る黒潮の流量は大蛇行が続く2017年以降は少ない状況が続いている(右上のグラフ)。貿易風や偏西風の変化が原因とみられている。

黒潮は10～20年程度の周期で強まったり弱まったりを繰り返してきた。温暖化の影響を考えると、これまでと同じような振る舞いをする可能性は小さくなり、その将来を予測するのが困難になっている。

日本近海はアジア大陸に近い。温暖化によって陸地は温度が上昇しやすく、日本近海は2024年までの100年間に1.33℃上昇している。世界全体や北太平洋全体の海面水温の上昇率のほぼ2倍だ。陸地に囲まれた瀬戸内海は平均水深が40mもなく、気温上昇の影響を受けやすい。そのため、瀬戸内海は亜熱帯性の海域に変化する可能性が高い。生物種の交代は避けられず、現在の生物相は大きく変化し、新たな種が優勢になる可能性が高いだろう。 ■



著者 青木 慎一 (あおき・しんいち)

日本経済新聞社編集委員。物理学・ITなどの先端科学から環境問題・防災まで幅広く取材。科学者の思考を掘り下げるドキュメンタリーに定評がある。ノーベル賞ウォッチャーとしても知られ、毎年の発表が近づいてくると「血が騒ぐ」という。2002～2004年に日経サイエンス編集部にて在籍した。最近ではAIの知性をどう理解すればよいのかに関心がある。

協力 美山 透 (みやま・とおる) / 内山 雄介 (うちやま・ゆうすけ)

美山は海洋研究開発機構主任研究員。海流予測の研究などを手掛け、「黒潮親潮ウォッチ」(<https://www.jamstec.go.jp/aplinfo/kowatch/>)を更新中。内山は神戸大学教授。海洋物理学や海岸工学などを専門とし、サンゴ・アマモ生態系ネットワーク構造の研究なども手掛ける。