

# TUMSAT-OACIS Repository - Tokyo

University of Marine Science and Technology

(東京海洋大学)

海に関する基礎知識(2) :  
日本人の健康を支える水産資源(第2回)

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2020-03-23 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 吉田, 次郎 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://oacis.repo.nii.ac.jp/records/1888">https://oacis.repo.nii.ac.jp/records/1888</a>

## 海に関する基礎知識（2）



よしだ・じろう  
 東京大学大学院理学系研究科地球物理学専攻博士課程修了。東京水産大学水産学部海洋環境工学科助手，東京海洋大学海洋科学部准教授，教授を経て現在，東京海洋大学特任教授。博士（理学）



さかなクンイラストより

吉田次郎

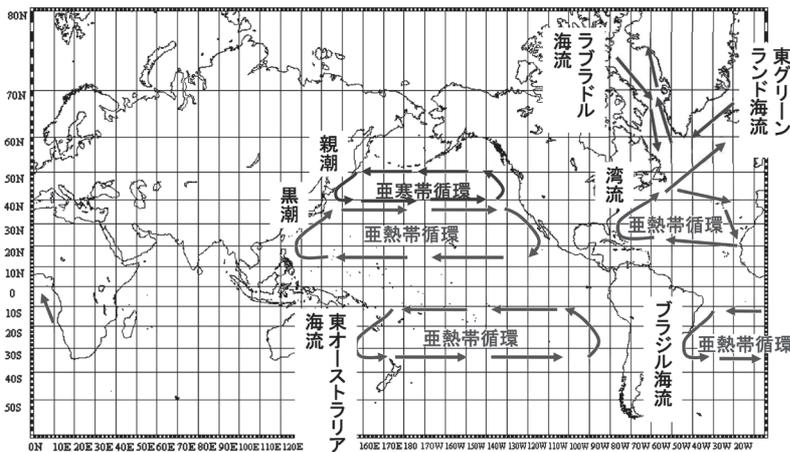
【前号（10月号）からの続きです】

### ● 4. 海洋大循環 ●

#### 4-1 表層大循環

大気中には偏西風や貿易風のように地球を巡る大規模な風系があり，大気大循環と呼ばれている。海洋にも大規模な循環流が存在し海洋大循環と呼ばれている（第2図）。

大気大循環と異なり，海洋大循環は各大洋内を巡る大きな渦であり，主として上空を吹く風によって駆動され，北半球では時計回り，南半球では反時計回りの亜熱帯循環，北半球で反時計回りの亜寒帯循環が存在している。亜熱帯循環は高気圧性の循環であり，亜寒帯循環は低気圧性の循環である。



第2図 大海洋中の大循環

亜熱帯循環の西岸には黒潮，湾流，東オーストリア海流，ブラジル海流などの強い流れが存在し，西岸強化流と呼ばれている。これは地球の自転により生じるコリオの力が，緯度方向で変化することにより生じる。太平洋の亜寒帯循環の西側には親潮が流れている。このような地球をめぐる大気・海洋大循環は赤道などの低緯度域の熱を南極や北極の高緯度域に運び，地球の気候を和らげる役割を果たしている。

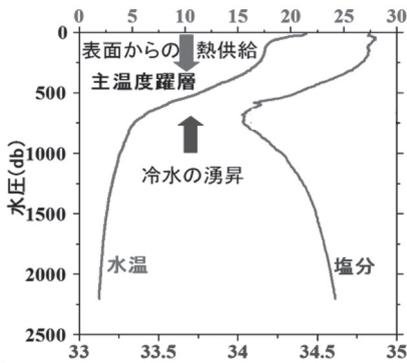
#### 4-2 深層大循環

表層の大循環に対して，深層にも大規模な流れがある。表層の大循環を駆動するものは，主として風であるので風成循環と呼び，これに対して，深層の循環は非常に冷たくて塩分の高い重い水が沈み込むことによって駆動されるので，熱塩循環と呼ばれる。

世界の海は表層の比較的温かい水と深層の比較的冷たい水の二層状態になっている（第3図）。

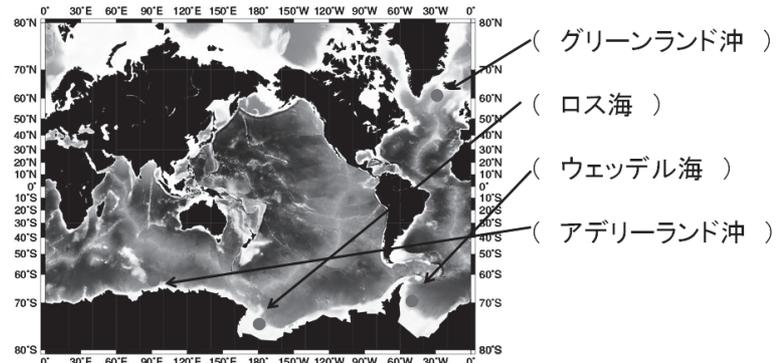
この状態は常に維持されており，表層は変動が大きい，深層は世界中ほぼ均一の冷水で覆われている。その境界には主温度躍層（永久温度躍層）が発達している。深層の冷水は第4図に示すような海域で生成され世界中の深層に供給されている。

この冷水の深層大循環は Great



第3図 太平洋での典型的な水温・塩分鉛直分布

30°N  
145°Eでの  
水温、塩分  
鉛直分布



第4図 海洋深層水沈降域

Ocean Conveyor Belt と呼ばれ、世界中の深層を巡りながら、徐々に上層に向かって湧き上がり、表層への熱の供給とバランスして、前述の主温度躍層を維持している。今から1万3000年ほど前に生じたヤングドリラス氷期は、グリーンランド沖での冷水の沈み込みが停止したために起こったと考えられている。

## ● 5. 海洋中の波 ●

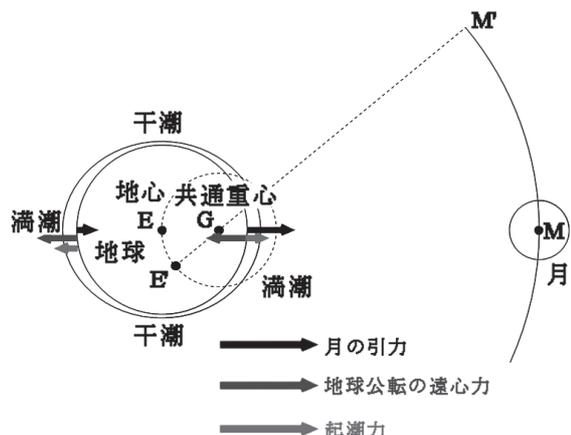
### 5-1 風浪・うねり

海洋には風によって生じる風浪やうねり、地震によって生じる津波など、様々な周期やスケールを持った波動が存在している。風浪は数十メートル程度の波長で、数秒程度の短い周期の波であり、うねりは数百メートル程度の波長を持ち、十数秒程度の周期の波である。風浪とうねりが重なった波を波浪と呼ぶ。ハワイに到達する波は、南極付近の暴風圏で発生した波が、風が弱まった海域に進行し、波長の長い丸みを帯びたうねりが減衰せずに到達したものである。

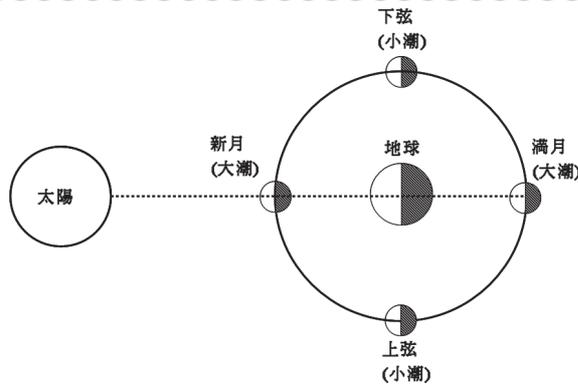
水深が波の波長の半分よりも深い場合は海底の影響を受けない。これを深海波（表面波）という。一方、水深が波の波長の1/25よりも浅くなると、海底の影響を受ける。これを長波（浅海波）という。深海波の進行速度は周期、また、波長の平方根に比例する。長波は水深の平方根に比例する。うねりが海岸に進行すると海底地形を感じ、進行速度が遅くなり波の前面が崩れ、砕け波となる。

### 5-2 潮汐波

地球と月が相互に及ぼす万有引力により生じる潮汐波は、我々の日常生活にとってもっともなじみ深いものである。地球から見ると月は地球の周りを回っているが、月から見ると地球が月の周りを回っている。すなわち地球も月の回りを公転運動している。この公転運動の中心は地球の中心から地球半径の3/4の所にあり、共通重心と呼ばれる。詳しいことは省略するが、第5図に示されるように共通重心周りの公転運動による遠心力は、常に月と反対向きに働く。月に面した側の万有引力は月と反対側の万有引力より大きいことから、月に向いた面と反対側で満潮、90度ずれた側では干潮となる。潮汐をもたらす力を起潮力という。多くの海岸で低緯度では1日2回、高緯度では1日1回の干満がある。この2回の満潮と干潮の潮位が一致せず、著しく異なる場合を日潮不等という。日本海やオホーツク海で顕著であり、1日に



第5図 潮汐のメカニズム



第6図 大潮・小潮の時の太陽・月・地球の配置

1回しか干満が無い場合もある。

これに太陽からの引力も加わって潮汐波が構成される。第6図で示されるように、月・太陽・地球が並ぶ満月または新月の時、海面の上昇下降が最大となる大潮となり、月の位置が90度ずれる上弦または下弦の月の時、最小となる小潮となる。

潮汐波は様々な周期を持った波が足し合わされて構成され、それぞれの周期成分の潮汐を分潮という。卓越した4つの分潮を主要4分潮と呼ぶ(第4表)。

$M_2$ は月の引力による、 $S_2$ は太陽の引力による半日周期の潮汐であり、 $K_1$ は月と太陽の引力による、 $O_1$ は月の引力による1日周期の潮汐である。

大潮の時などには湾や河川を遡る巨大な波が発生する場所がある。この巨大波をBore(段波)と呼ぶ。潮汐によって生じるので、Tidal Boreとも呼ばれる。カナダノバスコシア州のファンディ湾、中国浙江省の銭塘江、アマゾン川河口(ポロロッカと呼ばれる)が段波の発生場所として有名である。

### 5-3 津波

長波の例として津波があげられる。津波は地震などによって海底の広い範囲が急激に隆起したり、沈降したりすることによって生じる。日本海中部

第4表 主要4分潮

種類	記号	名称	周期
半日周潮	$M_2$	主太陰半日周潮	12.42 時間
	$S_2$	主太陽半日周潮	12.00 時間
日周潮	$K_1$	日月合成日周潮	23.93 時間
	$O_1$	主太陰日周潮	25.82 時間

地震、北海道南西沖地震、そして2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震によって発生した津波が大きな被害をもたらしたことは記憶に新しい。津波の周期は数分から数十分、波長は浅い海で100km～1000kmにもおよぶ。水深5000mの外洋での津波の進行速度は時速800kmとジェット機並みのスピードであり、沿岸に近づくと共に浅くなることから、進行速度は遅くなるが、崩れ波となり波高が増大する。V字型の湾などに入り込むと、波のエネルギーが集中し、陸上深部まで奔流となって駆け上がり大きな被害をもたらす。東京大学地震研究所の都司先生のグループの調査では、2011年3月11日に生じた津波が宮古市小堀内漁港で海拔38m付近まで遡上したことがわかっている。

津波の前兆現象として、海岸線が沖合に向かって急激に引いていくことが知られている。これを「引き波」と言い、押し寄せてくる場合を「押し波」という。常に「引き波」が最初に現れるわけではなく、震源域の地殻変動の様子によっては「押し波」が最初に来る場合もある。

## ●6. 日本人と海の間わり●

およそ1万年前に日本列島が形成され、四方を海に囲まれた日本人は古来海と親しんできた。現在日本国内では縄文期に属すると確認されるものだけでも1000カ所以上の貝塚が見つかっており、獣や魚の骨を利用した釣り針なども発見されている事から、少なくとも縄文時代の頃から魚介類、海藻類を摂取し栄養源としてきたことが確認できる。

### 6-1 漁業の発達

鎌倉時代頃には沿岸でいろいろな漁法が考えられていたが、本格的に漁業が発達したのは江戸時代である。天正18年(1590年)に徳川家康が江戸に移り、慶長8年(1603年)に幕府を開いて以来、江戸は水産物の最大の消費地となっていた。江戸、大坂、京都の三都市と、各藩の城下町の発達により多肥、多労働を必要とする集約農業

の発展は、食糧、肥料用としての水産物に対する需要を飛躍的に増大させ、各地に漁村と漁業者が増加した。このようにして得られた水産物を供給するために海が利用され、瀬戸内の鯛を生簀船で江戸や大阪に運んでいた。江戸には多くの運河が建設され、房州から塩や醤油が菱垣廻船や樽廻船等を用いて江戸湾を介して運ばれた。

### 6-2 漁場の形成

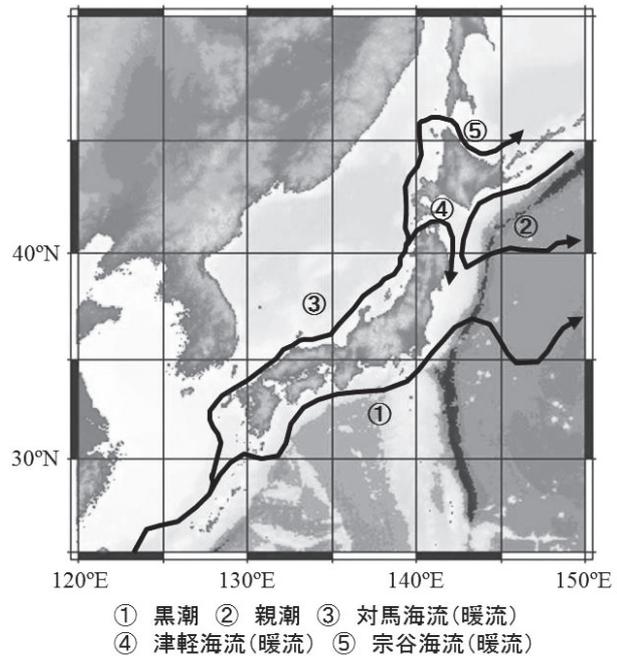
四方を海に囲まれた日本列島は、黒潮、親潮、対馬海流(暖流)、津軽海流(暖流)、宗谷海流(暖流)に囲まれている。(第7図)暖流という言葉は古くから使われてきた言葉だが、黒潮も含めて、周りより水温が高い流れというわけではなく、水温の高いところと、低いところの境を流れている。

特に黒潮、親潮が接触する三陸沖合海域は、黒潮系の高温高塩な水と、親潮系の低温低塩な水の間に大規模な潮境が形成される。植物プランクトンや海藻の栄養となる珪酸塩・リン酸塩・硝酸塩などの栄養塩類が豊富な事から、生物生産が盛んに行われている。潮境には流れが収束してくることからプランクトンが集まり、それを捕食する小魚類、そしてまた、それを捕食するサンマ、カツオ、サバなど回遊魚の集まる良い漁場であり、三陸沖合海域は世界の三大漁場の1つとして知られている(第8図)。

### 6-3 漁場を左右する天候、潮流、湧昇

漁場は天候、海流の道筋に大きく左右される。荒天になる事を予め知る事は今日においても漁業者にとって一番の関心事である。日本では偏西風波動のため、天気は西から東へと変化し、低気圧や台風が近づくと風向が変わることから、房総半島の漁業者の間ではこのことを「キタ(北東風)からコチ(東風)に変化し、イナサ(南東風)に転じると時化(しけ)になる」として言い伝えてきた。今日では気象庁の発行する波浪予報がネットを通して漁業者に利用されている。

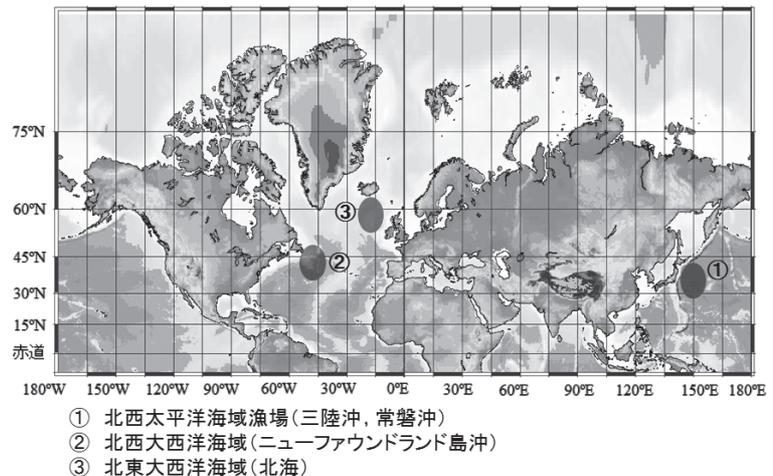
満潮に伴い海面が上昇しつつある状態



第7図 日本周辺の海流

を上げ潮、また、干潮になるに伴い海面が下降しつつある状態を下げ潮、これに伴い生じる周期的な流れを潮流と呼ぶ。満潮時、干潮時には流れが弱まり停止する。これを憩流という。湾内では上げ潮に伴い外洋水が進入し、下げ潮とともに湾外に流出する。満潮時、干潮時の前後2時間ほどの間に漁獲が多いとされている。

瀬戸内海は潮汐の干満差が大きく、また鳴門海峡などの狭い水道などが多く地形が複雑なため、



第8図 世界三大漁場

潮流が最も早い海域である。潮流は基本的に往復流であるが、風や地形などの影響により、周期的では無い流れが残る場合があり、これを残差流と呼ぶ。

南米ペルー沖合は沿岸にそって吹く南東風により、豊富な栄養塩を含む深層水が供給される。この現象を沿岸湧昇と呼ぶ。このためアンチョビー(カタクチイワシの一種)の有数の漁場となっている。クリスマスの頃に赤道域の風系が変化して暖水に覆われて漁期が終わる。この現象をエルニーニョと呼ぶ。最近の研究の成果から、エルニーニョは局地的な現象ではなく、いったん発生すると、日本では①暖冬になる、②冷夏になる、③台風の発生頻度が少なくなるなど、水産業のみならず、農業などにも影響を与える現象である事が分かっている。この逆にペルーから赤道西部太平洋

域まで冷水が居座る場合はラニーニャと呼ばれ、エルニーニョとは逆の異常気象が起こる。

### ● 7. 黒潮 ●

黒潮は古来黒瀬川とも呼ばれ、時速3kmから6kmにも及ぶことがある。強い流れの中は100kmにも及び、流れの最も強い部分は強流帯と呼ばれている。黒潮は日本南岸に沿って流れる直進流路と、紀伊半島沖合で大きくうねる大蛇行流路に大別され、大蛇行時には紀伊半島の沖合に大規模な冷水塊が発生することが知られている(第9図, 日本水路協会 海洋情報研究センター発行黒潮流軸データセットより)。

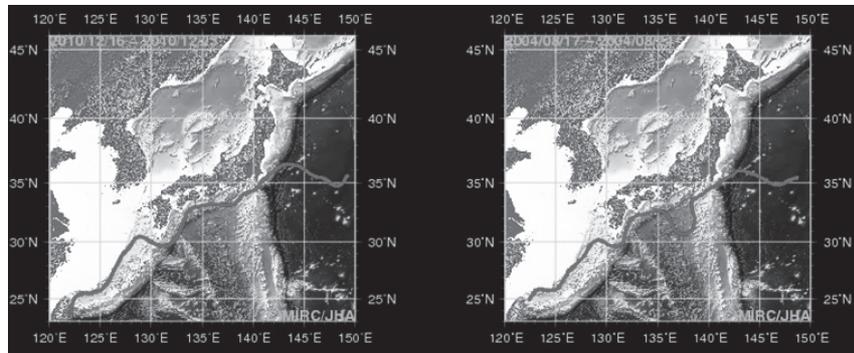
このため、日本南岸の漁場が変動することから、沿岸漁業において漁場形成に影響を及ぼす。現在気象庁では大気海洋研究所の故川邊教授の分類に

基づき、1. 非蛇行接岸流路、2. 非大蛇行離岸流路、3. 典型的大蛇行流路の三流路を黒潮のとする流路としている(第10図, 気象庁HPより)。

1970年以降に観測された大蛇行の継続期間は以下にまとめられる。

- ア 1975年8月～1980年3月 56月
- イ 1981年11月～1985年5月 43月
- ウ 1986年12月～1988年7月 20月
- エ 1989年12月～1990年12月 13月
- オ 2004年7月～2005年8月 14月
- カ 2017年8月～継続中 (2018年7月時点)

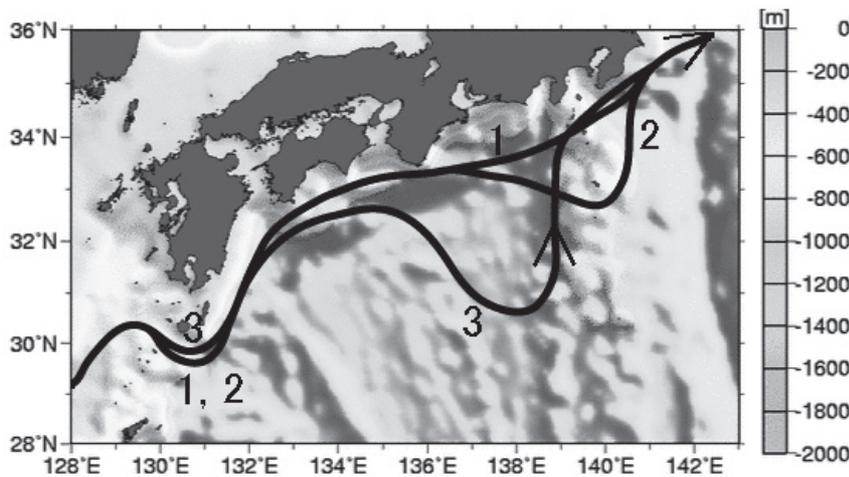
(ア)の期間では典型的大蛇行流路が5年近く安定して継続したが、(イ)では流軸が東西に移動し、



黒潮直進流路

黒潮大蛇行流路

第9図 黒潮直進流路と大蛇行流路



第10図 黒潮の3流路

大蛇行西偏流路と東偏流路がしばしば入れ替わり4年近く続いた。大蛇行が長期にわたると冷水塊が発生し、その影響を受ける遠州灘、相模湾とその沖合漁業資源に影響を及ぼす。特に季節物のカツオは①トカラ列島付近からの黒潮ルート、②紀州沖ルート、③伊豆小笠原ルート、④本州東沖ルートを通して日本付近に接近することが知られており、②、③のルートに関して特に影響を及ぼすと思われる。沿岸漁業においても暖水性のイワシ類・サバ類などの浮魚が沿岸に接近できないことにより漁場形成に影響を及ぼす。

### ● 8. 地球温暖化と海 ●

近年地球が温暖化しつつあると言われている。その原因として人為起源の二酸化炭素、メタンなどの温室効果ガスの増加があげられている。2014年に発表されたIPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) レポートでは、全世界の地上平均気温はここ100年あたりで1.15°Cの割合で上昇したことを報告している。

海は熱容量が大きく比熱が高いため、なかなか暖まらないと考えられるが、気象庁は三大洋においても、ここ100年で0.4°Cから0.7°C、日本周辺海域でも平均して1.08°C上昇したことを指摘している。海水温の上昇は直接的には海面の上昇となって現れる。これは ① 海水温が上昇すると膨張し海面が上昇する。② 山岳氷河および氷冠の融解が気温上昇に対する反応が早いこと、などが原因として考えられる。世界の海面はこの

140年間に2m上昇したことがわかっており、太平洋の島々の水没が危惧されている。

地球温暖化は危機的な状況にあると言われているが、その中で海が温室効果ガスを除去するメカニズムが注目されている。海は地球に降り注ぐ熱の80%を吸収し、温まりにくく、冷めにくいので、熱を吸収して地球温暖化を遅らせる。また、大気中の二酸化炭素の約30%を吸収し、地球温暖化に歯止めをかけている。海洋の二酸化炭素吸収量は、海水温や大気-海洋間の二酸化炭素分圧の差だけではなく、生物の活動にも大きく左右される。

① 海が二酸化炭素を吸収する→② 植物プランクトンが二酸化炭素を光合成に利用する→③ プランクトンが他の生き物に補食され、排泄される糞や死骸がマリンスノーとなり深海へ運ばれ、結果として二酸化炭素が海表面から除去される→④ 表層でのCO<sub>2</sub>の分圧が低くなるので、CO<sub>2</sub>が海に吸収されやすくなる→①に戻る。

このメカニズムは「生物ポンプ」と呼ばれ、海洋深層に二酸化炭素を貯蔵する役割がある。しかし、海洋に二酸化炭素が過剰に溶けることで海水が酸性化し、炭酸カルシウムの殻を持つ生物にダメージを与える可能性が懸念されている。また、海洋を漂うプラスチックごみは、海洋生態系全体に悪影響を及ぼすと考えられている。これらは、生物ポンプによる海洋への二酸化炭素の吸収を低下させ、現在予測されている以上の速さで温暖化を促進する原因となるかもしれない。

### 参考文献

ICRP Publication 23 (1974): Report of the Task Group on Reference Man, 327PP.  
海洋情報部「海の水はなぜ塩辛い？」  
[http://www1.kaiho.mlit.go.jp/JODC/SODAN/faq/why\\_salty.html](http://www1.kaiho.mlit.go.jp/JODC/SODAN/faq/why_salty.html)

気象庁「黒潮」  
<https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/db/kaikyo/knowledge/kuroshio.html>  
日本水路協会「黒潮流軸データセット」  
<http://www.mirc.jha.or.jp/products/KCP/>