

よくある質問と回答

FAQ 3.1 | 海洋は温暖化しているのか？

そのとおり。海洋は様々な海域、深さ、期間において温暖化している。ただし、いつでもどこでもというわけではない。温暖化の徴候は、10年以上にわたる期間で地球規模、あるいは海域規模の平均を検討した場合に最もはっきりと現れる。

海水温度は、どの場所であっても季節によって大きく異なる場合がある。また、海流の変動や海洋と大気との熱交換が原因となって、年ごとに、場合によっては十年規模においても、大幅に変動することもあり得る。

海水温度は何世紀にもわたって記録されているが、任意の年における水深数百メートルの海洋の世界平均水温を自信をもって推定できるだけの包括的な測定が行われるようになったのは、1971年頃になってのことだった。それどころか、国際的な海洋観測計画であるArgoの水温／塩分自動観測フロートが2005年に初めて全世界をカバーするまでは、任意の年における世界平均海洋表層水温は、どの推定方法を用いるかによって異なっていた。

世界平均海洋表層水温は、1971年から2010年にかけて十年規模の時間スケールで上昇した。年平均値には大きな不確実性があるにもかかわらず、この昇温は明確な結果である。海洋の水深75m以浅では、この期間における世界平均昇温傾向は10年当たり0.11 [0.09~0.13]°Cだった。この変化傾向は一般に海面から中層になると低減し、200m深では10年当たり約0.04°C、500m深では10年当たり0.02°C未満に低下する。

水温偏差は、上層からの混合に加えて様々な経路によって海洋表層に入り込む(FAQ 3.1 図1)。高緯度のより冷たい、したがってより高密度の水は、海面付近から下に沈んでいき、より低緯度のより暖かくより軽い水の下を赤道に向かって広がっていく。少数の場所、すなわち北大西洋北部と南極大陸周辺の南大洋^[訳注]では、海水が非常に冷却されかなりの深さまで沈み、場合によっては海底まで沈んでいる。その後この水は広がって、残りの深海の大部分を満たす。海面付近の海水が暖まると、沈んでいく水も時間とともに温まり、海面からの加熱の下向きの混合だけの場合よりもはるかに迅速に海洋内部の水温を上昇させる。

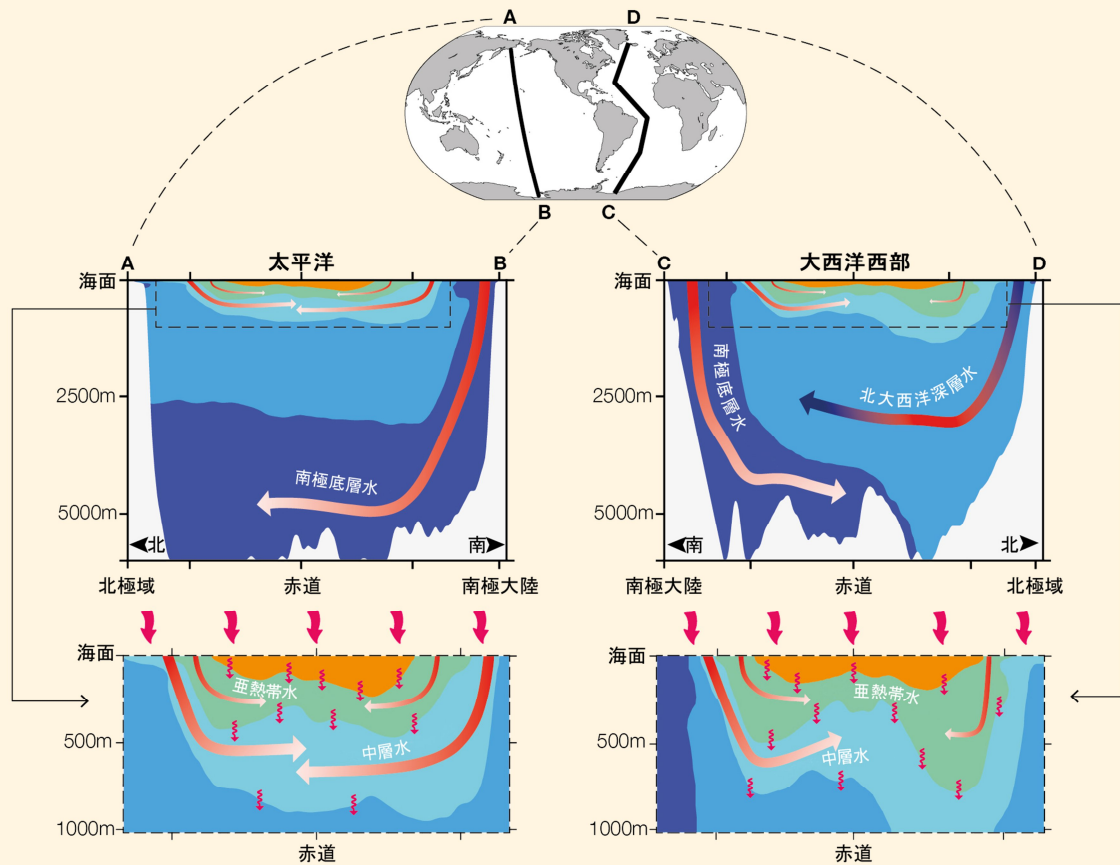
北大西洋では、こうした深層水の水温は冬季に卓越する大気循環の変動の分布に応じて十年規模で変動する—昇温するときもあれば降温するときもある。南極大陸周辺では、1992~2005年頃から底層水が検出可能な昇温を示している。この原因はおそらく、南大洋の周りの偏西風がこの数十年間にわたって強くなっていることと南方に移動していることにある。世界の海洋の中で最も深く冷たい底層水に現れたこの温暖化のシグナルは、インド洋、大西洋、太平洋で、北上するにつれて弱まりはするが、検出可能である。深層での昇温率は一般に表層ほど顕著ではない(南極大陸周辺の深層水及び底層水では1990年代以降10年当たり約0.03°Cで、その他多くの場所の昇温率はこれよりも小さい)。しかしながら、膨大な量の水の昇温になるため、深海の温暖化は海洋の熱量の総増加量に大いに寄与している。

世界平均海洋水温の過去の変化についての推定値は、主に系統的測定誤差が認知され低減されたおかげで、ここ数年で正確さを増している。正確さの劣る測定値と、隣接する場所で同じような時期に得られた数は少ないが正確な測定値とを慎重に比較することにより、科学者は過去の記録におけるみかけの測器バイアスを減らしてきた。このような向上の結果、世界平均海洋水温は2008年以前に報告されていたよりもはるかに着実に年々上昇していたことが明らかになった。とはいうものの、世界平均昇温率は、時間でみると均一ではないかもしれない。海洋が平均より早い速度で温暖化しているように見える年もあれば、温暖化の速度が遅く見える年もある。

海洋はその質量の多さと熱容量の大きさゆえに、大量のエネルギー(同等の温度上昇について大気が蓄えられるエネルギーの1000倍以上)を蓄えることができる。地球は宇宙空間に放出するよりも多くの熱を吸収しており、この過剰な熱のほぼ全てが海洋に入ってそこで蓄えられている。1971年から2010年までの間に温暖化した空気、海、陸と融解した氷によって蓄えられた熱を全て合わせた量の約93%を、海洋が吸収している。

海洋はその膨大な熱容量とゆっくりした循環によって、かなりの熱慣性をもつことになる。海面付近の水温が温室効果ガス濃度の変化のような気候の強制力(第12.5節)に回答して平衡に達するには、10年ほどかかる。したがって、温室効果ガス濃度を現在の水準で将来まで維持できるとすれば、地球の表面温度の上昇は大体10年以内に減速し始めるだろう。もっとも、深海の水温は数百年から数千年は上昇し続け(第12.5節)、したがって海面水位も数百年から数千年は上昇し続けるだろう(第13.5節)。(次ページに続く)

FAQ 3.1 (続き)



FAQ 3.1 図1 | 海洋が熱を吸収する経路。海洋は成層化しており、最も温度が低く密度が高い水は深海にある(上図: 方位は最上部の地図を参照)。冷たい南極底層水(濃い青)は南極大陸の周囲で沈んでから、海底に沿って北方向に広がり、太平洋中央部(左上図: 赤から白に薄くなっている矢印は、最近まで海面と接触していた底層水の昇温が大きいことを示す)、大西洋西部(右上図)、インド洋(図なし)に到達する。それより温度が高く、したがって軽い北大西洋深層水(水色)は、北大西洋北部で沈んでから(右上図: 深層水の赤と青の矢印は十年規模で昇温と降温を繰り返していることを示す)、南極底層水の上側を南方向に広がる。同様に、海洋表層では(左下図は太平洋、右下図は大西洋の詳細を示す)低温の中層水(青緑)が亜寒帯域で沈んでから(赤から白に薄くなっている矢印は、時間の経過にともなう昇温を示す)、より温度の高い亜熱帯水(緑)の下側を赤道方向に広がり、亜熱帯水は沈んでから(赤から白に薄くなっている矢印は、最近まで海面と接触していた中層水と亜熱帯水の昇温が強いことを示す)、三つの大洋の中で最も温度が高く軽い熱帯水(オレンジ)の下側を赤道方向に広がる。海面を通じて入ってくる過剰な熱又は冷たさ(上側の曲がった赤矢印)も、ゆっくりと下方に向かって混ざり合う(表層の波形の赤矢印)。

【訳注】 原文では“the Southern Ocean”。南極海(“the Antarctic Ocean”)とも呼ばれる。