

オホーツク海の熱塩循環

Thermohaline circulation in the Sea of Okhotsk

三寺 史夫 [1]; 内本 圭亮 [2]

Humio Mitsudera[1]; Keisuke Uchimoto[2]

[1] 北大・低温研; [2] 北大低温研

[1] ILTS, Hokkaido University; [2] ILTS, Hokkaido Univ.

はじめに

オホーツク海では、シベリアからの寒気により北西陸棚域のポリニヤで大量の海氷が形成されおり、それにともなって低温高塩分水も大量に作られている。これが高密度陸棚水 (Dense Shelf Water; DSW) と呼ばれるものであり、オホーツク海中層を經由して最終的には北太平洋中層水の起源となる。

その輸送経路の出口にあたる千島列島沿いでは非常に強い潮汐混合が起こっており、河川流出水や海氷の融解で低塩化している表層水に中層から塩分を補っている。そして塩分はオホーツク海の表層循環に乗ることによって北方へ移流され、北西陸棚域に達する。すなわち、海氷生成が生じる陸棚域に塩分を供給し DSW 形成の背景となっているのである。このように、オホーツク海では北西陸棚域における DSW 形成 中層における南下 千島列島周辺の潮汐混合による湧昇 表層循環による北方への輸送、が一連のシステムとなって、熱塩循環 (密度の変化による循環) を形成しているものと考えられている。しかしながら、そのような循環の 3 次元構造をモデルで再現した研究はこれまでなく、また、その変動要因に関する研究も進んでいない。また Heinrich events により北大西洋深層水の循環が弱体化していたときには、北太平洋中層水はより深くまで通気しつつ太平洋を覆っていた可能性がある。

このような熱塩循環のメカニズムを考える場合、オホーツク海の 3 次元循環構造とその変動の仕組みを知る必要がある。ここでは、数値モデルを用いて風、気温、アムール川などさまざまなパラメータに対する感度実験と DSW による物質循環のシミュレーションについて報告する。

モデル

モデルには気候システムセンターの iced COCO3.4 を用いた。計算領域は北緯 39 - 65 度、東経 136 - 166 度、水平解像度は 0.5 度、鉛直には 42 レベルとした。千島周辺の強い潮汐混合は、その近傍で鉛直混合係数 K_z を大きくすることにより表現した。モデルは ECMWF 再解析の短波放射・長波放射と、バルク法から計算した乱流運動量および熱フラックスの月平均値を用いて駆動した。また、アムール川など河川水と降水量 - 蒸発量による淡水供給も加えた。20 年間スピンアップしてほぼ定常状態を得た後、パラメータを変化させてさらに 20 年間積分し、最後の 1 年間で解析した。

標準実験

シミュレーションを行った結果、現実的な海水分布が再現された。海氷は 12 月中旬から北西陸棚域で凍り始め、3 月に最大面積となる。海氷の 40% は北西陸棚域で生成され、ポリニヤも生じた。そこで DSW も生成されている。なお、千島列島における潮汐混合を表わすために、 $K_z=200\text{m}^2\text{s}^{-1}$ を標準実験として用いた。

26.8 の等密度面 (水深約 200 - 500m) に沿った水温をみると、0 以下の冷たい水が北西陸棚域からサハリン島東岸に沿って延びて南部の千島海盆に達していることが観察される。これがモデルで再現された DSW である。また、南東の千島列島付近からは温かい海水が北方に延びている。これは北太平洋から流入してきた海水であり、風成循環によって反時計回りに循環している。このため、水温の水平分布には南北方向というよりも東西方向にコントラストができる。このような様子は、既往のデータによって解析された分布とよく一致している。

風の効果

風を変化させた場合でも中層水温は変化する。面白いのは、風の強化が DSW 量を増大させ、中層水温の低下をもたらすことである。これは、風の強化が表層北向きの塩分輸送を増やし、北西陸棚域のポリニヤに供給される塩分フラックスを増加させたためである。そして DSW を高塩分化し、中層までより多くの冷たい海水を流し込む結果となる。このように、オホーツク海の熱塩循環は風と強く結合していることが明らかとなった。

気温の効果

海氷の変動は気温の変化に敏感である。海氷形成量の変化はブライン排出量の変化に直結し、DSW の形成量が変化する。このため、オホーツク海中層水温は気温の変化に敏感である。気温が 3 度上昇した場合に中層水温は約 0.6 度変化した。これは、観測で得られた変化量とほぼ程度である。

淡水供給 (河川の効果)

アムール川はサハリン東岸に沿って流れる。サハリン東岸ではやはりポリニヤが発達するが、アムール川からの淡水供給のためそれほど重くはなれない。淡水供給を取り除くとサハリン東岸でも DSW が形成されるため、オホーツク海の中層水温は低くなることが分かった。

物質循環

DSW は形成時に大気中のガスや大陸棚から物質を巻き込んで流れ出す。ここではフロンのシミュレーションを通し、中層の物質循環とその時間スケールを再現する。