

課題:海の姿 (課題演習後期 DD)

分野:海洋と気候 前提:Fortranと英語について多少の経験 受入可能人数:3名 担当:秋友和典
 問い合わせ:理学1号館 3階 350号室, 電話 075-753-3921, akitomo@kugi.kyoto-u.ac.jp

海洋は、その膨大な熱容量のため、地球の気候を決定する重要な要因として働いている。大西洋を南北に縦断して測定された水温・塩分および海水密度の鉛直断面分布から、それに関係する一つの事実が見取れる(図1)。すなわち、上層での水温・塩分がともに低緯度で高く、高緯度で低いことである。

このような分布は、水温・塩分それぞれの海水密度に対する効果が緯度によって逆に働いていることを意味している。すなわち、海水密度が水温だけで決まるとすれば、上層で赤道から極へ、下層で極から赤道へ向かう流れが形成される(図2左:これを水温モードと呼ぶ)。一方、塩分分布が作る流れは、それとは逆に上層で極から赤道へ向かう(図2右;塩分モード)。

現実には水温モードが卓越しているが、常に逆向きの塩分モードを形成しようとする塩分分布が存在するため、地球規模での海の熱塩循環は時として不安定化し、現在とは異なる「姿」に変化する可能性がある。この問題は古くから研究され、現在も気候変動の観点から活発な議論が行われている。

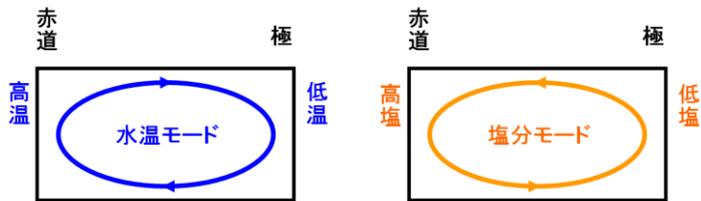


図2: 海洋に内在する二つの熱塩循環モード

本課題では、この種の問題を初めて取り扱った Stommel (1961)の研究成果を学び検証するとともに、簡便な海洋モデルによる数値実験を自ら行うことで、「海の姿」について考察する。

図3は Stommel (1961)が考えたモデルである。赤道と極の海に対応する二つの水槽はパイプで繋がり、水槽内部の水温 T と塩分 S は、各水槽の周囲から供給される熱・塩分フラックスと、パイプを通る水槽間の熱・塩分輸送によって決まる。 T, S の変化は以下の方程式に支配されるが、輸送速度 q が T, S に依存するため、条件によっては、流れの向きが逆転する複数の平衡解が可能となる。

$$\frac{dT}{dt} = c(T_0 - T) - |2q|T, \quad \frac{dS}{dt} = d(S_0 - S) - |2q|S$$

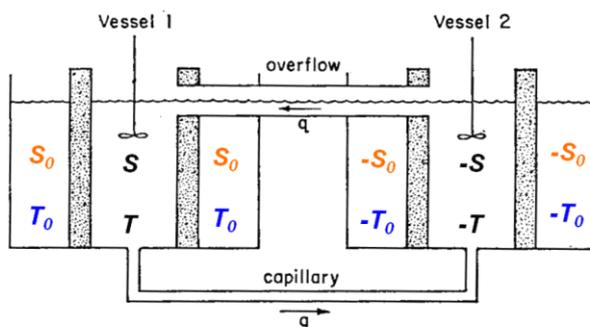


図3: Stommel(1961) のモデル

図4はある条件下での平衡解を示している。低温・低塩な解 **a** と、それとは逆向きの流れを伴う高温・高塩な解 **c** が安定に存在し、海の熱塩循環には安定な複数の「姿」があることを暗示する(解 **b** は不安定)。

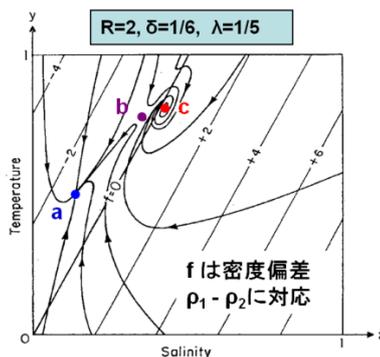


図4: モデルに現れる平衡解

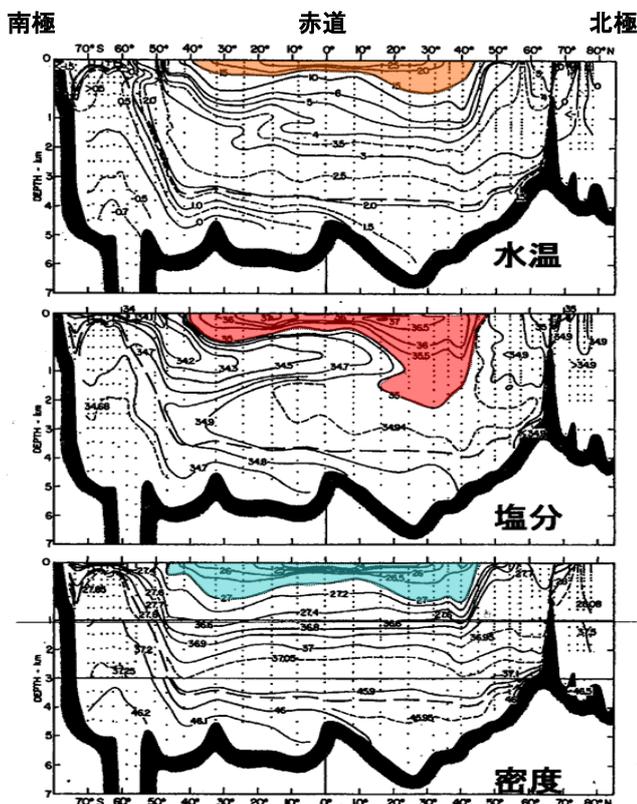


図1: 大西洋の南北鉛直断面

着色した部分は高温、高塩、低密度の領域を表す