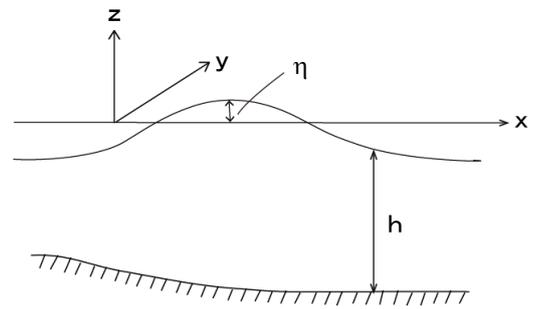


大気海洋物理学基礎論 (海洋編)

第4回：渦位保存則・風成循環・深層循環

・浅水波方程式 (メソスケール・大規模スケールの海洋現象はほとんどこれで記述できる)

$$\left[\begin{array}{l} \frac{du}{dt} - fv = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} \\ \frac{dv}{dt} + fu = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} \\ \frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(hu) + \frac{\partial}{\partial y}(hv) = 0 \end{array} \right. \begin{array}{l} \text{水平方向の運動方程式} \\ \text{連続の式} \end{array}$$



・上の3つの式から以下に示す渦位 (ポテンシャル渦度) 保存則が導かれる。

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{f + \zeta}{h} \right) = 0 \quad \text{ここで } \zeta = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}$$

渦位

f: 惑星渦度 (地球が自転するために持つ渦度, 極で最大, 赤道で0)

ζ: 相対渦度 (地球上から見た流体粒子の渦度)

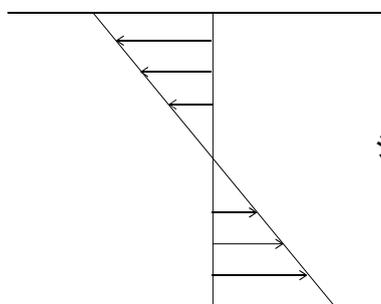
・海洋の流れ (メソスケール~大規模スケールでの) は, この渦位 (f+ζ)/h が保存することで決まる。

—————> 海洋・大気力学の鉄則といってよい。

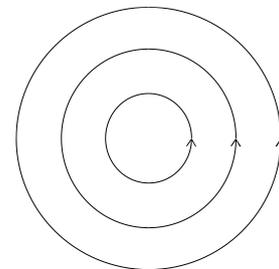
・西岸境界流も深層循環も渦位保存から導かれる。

ロスビー波・地形成ロスビー波・ケルビン波・赤道波といった海洋波動も渦位保存から導かれる。

・渦度とは $\zeta = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}$

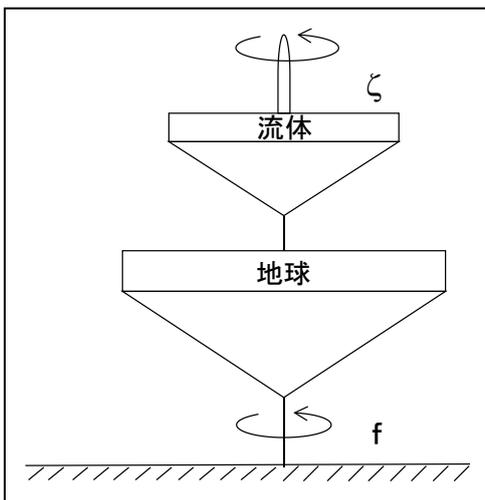


シア一流



渦

・惑星渦度 (f) と 相対渦度 (ζ) のイメージ



← h を一定とすると

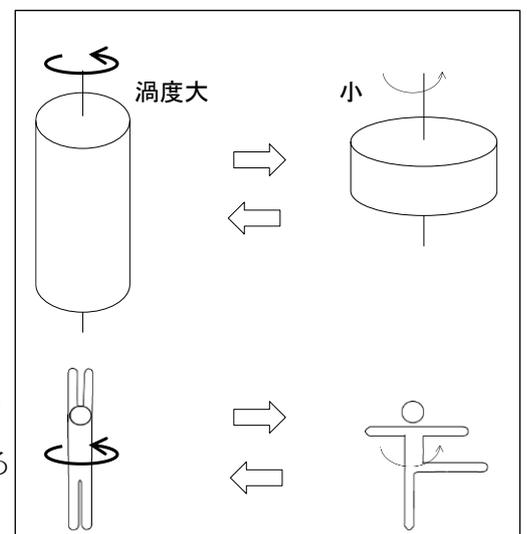
f+ζ (絶対渦度) が一定

摩擦がないとすると、

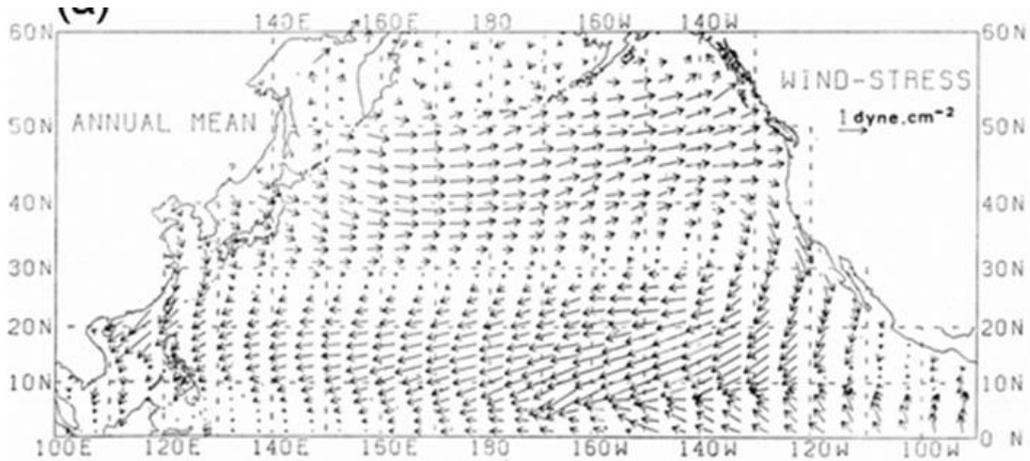
f が小さくなると (赤道に近づく)、地球上から見て ζ (相対渦度) は増加

→

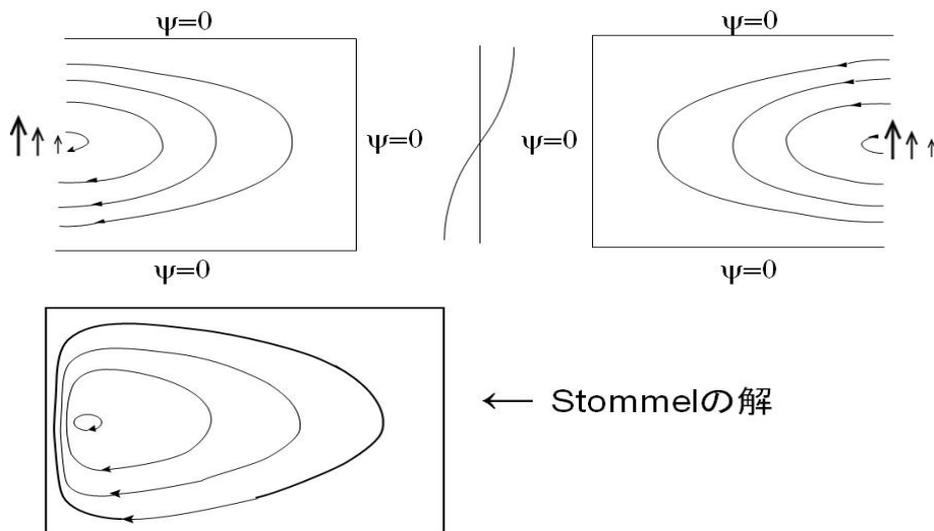
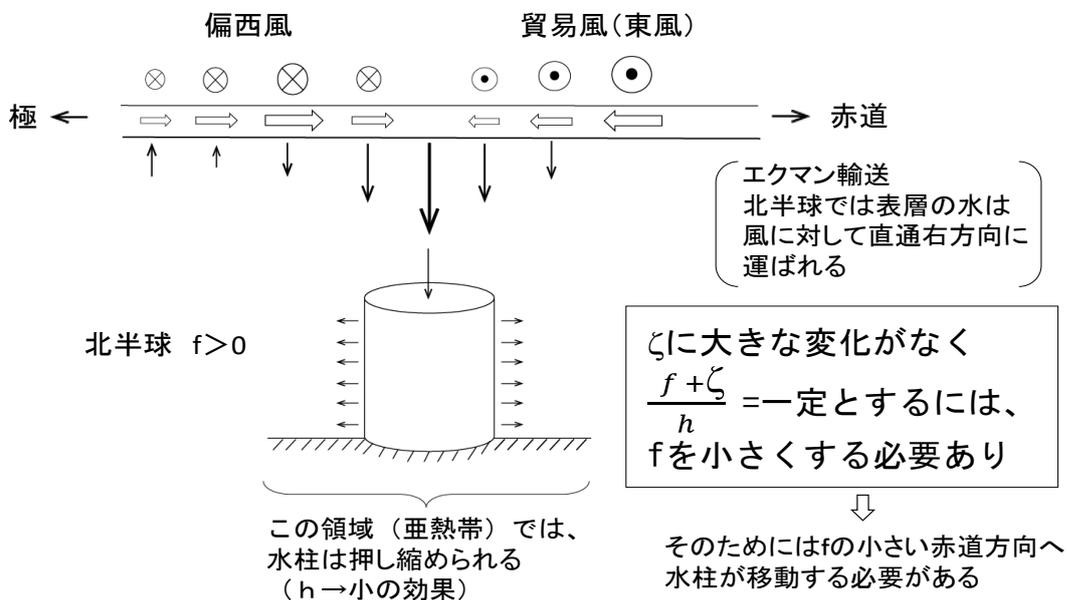
・水柱の厚さ(h)と渦度 (f+ ζ)/h が保存するイメージ



・西岸境界流理論 (風成大循環)



↑ 北太平洋の年平均の風応力の分布



以上から、亜熱帯域では水は南へ移動する。その水を東か西の境界で北へ戻してやる必要あり。
水が北へ行くと $(f + \zeta) / h = \text{一定}$ で f が大きくなるから $\zeta < 0$ になる必要あり(もとが $\zeta = 0$ とすると)
下図でうまく解が見つがるのは西岸に境界がある場合 (左上のケース)

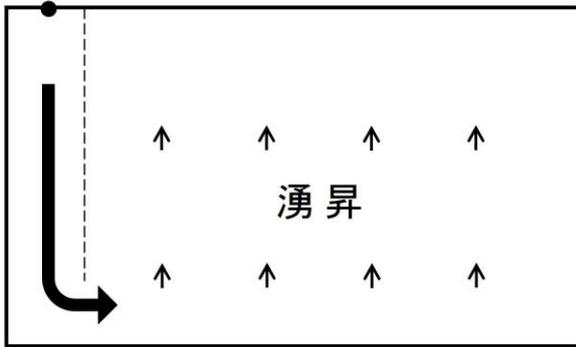
・深層循環

→

Stommel (1958) により提案された深層循環



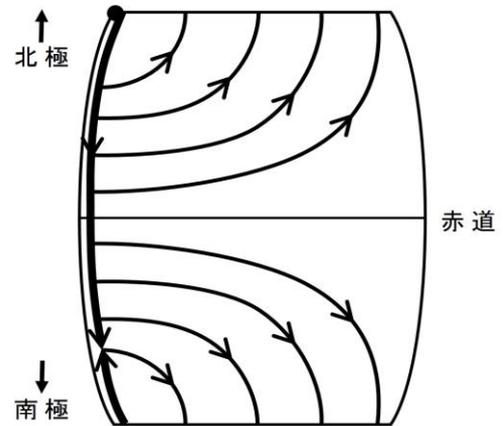
深層水の沈み込み



子午面から見た深層循環の模式図

Stommel & Arons (1960) の解

深層水の沈み込み



水平面から見た深層循環の模式図

● 沈み込みが起こっている所以外は湧昇域となり、水柱は引き延ばされる

↓

● f/h (渦位) に対して $h \rightarrow$ 大の効果を生む

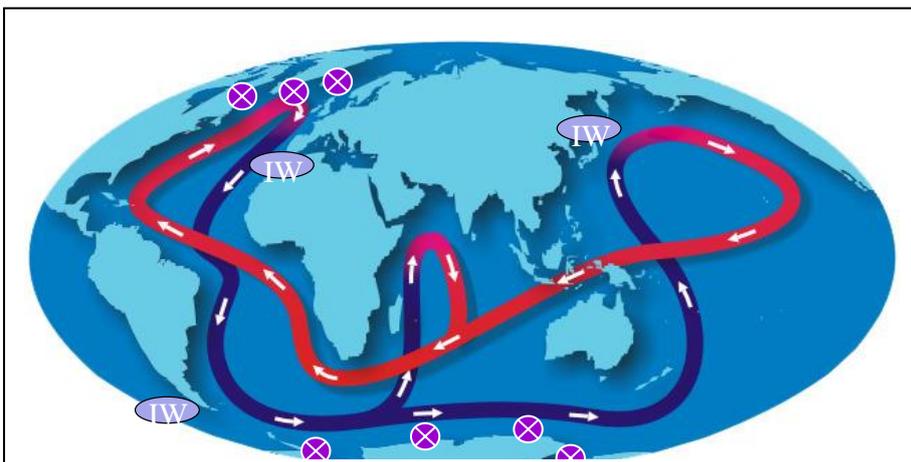
↓

● f/h (渦位) を一定に保つ (渦位保存) には、

| f | の大きいほうへ水柱が移動する必要有り

↓

● 北・南半球とも | f | の大きい極方向へ移動する



←

海洋のコンベアベルト