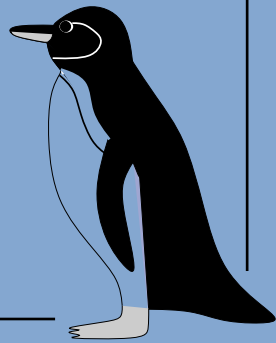


## 深層水形成と深層循環

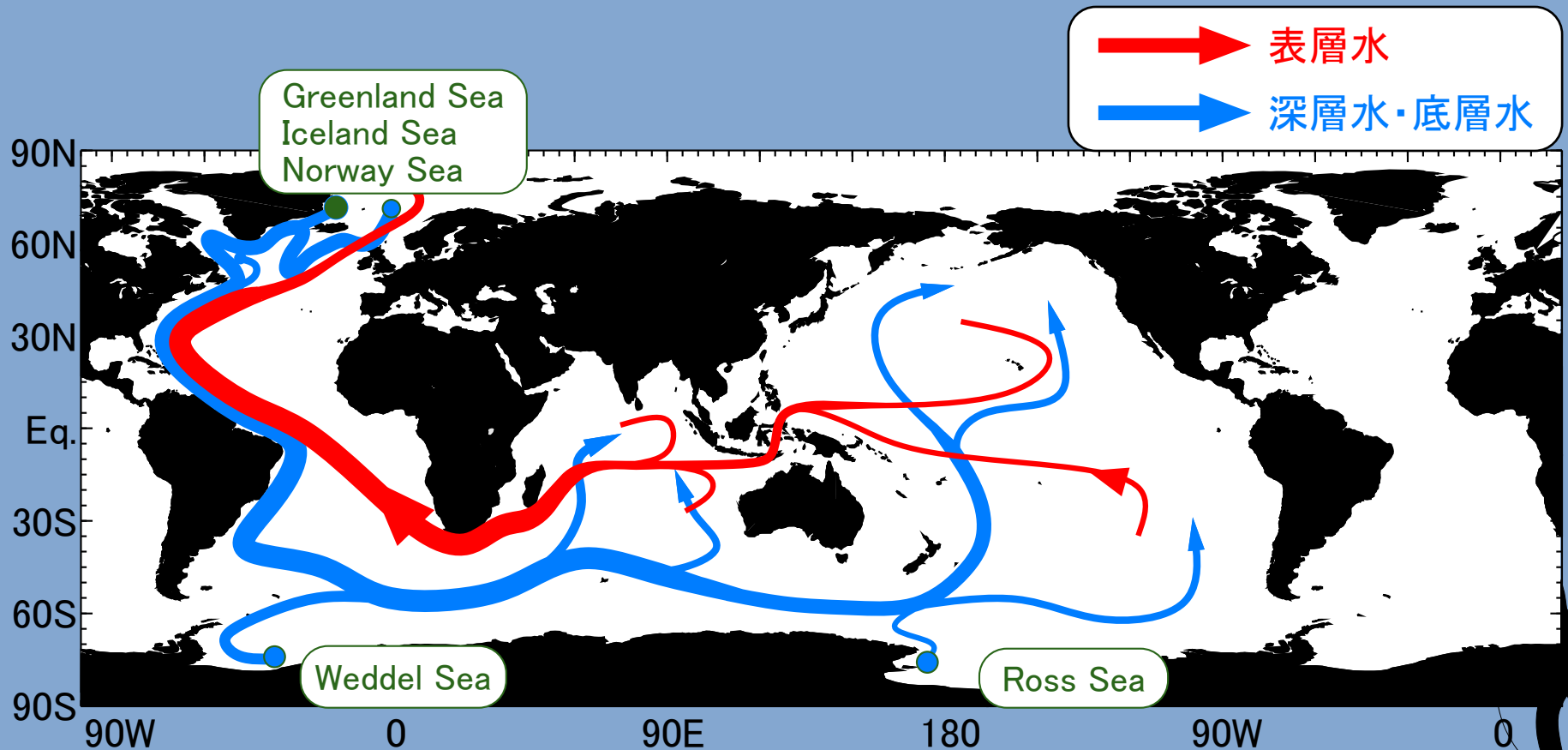
### 今週のポイント

- ◆ 全海洋規模の深層循環と水温や栄養塩分布
- ◆ 深層水形成のメカニズム

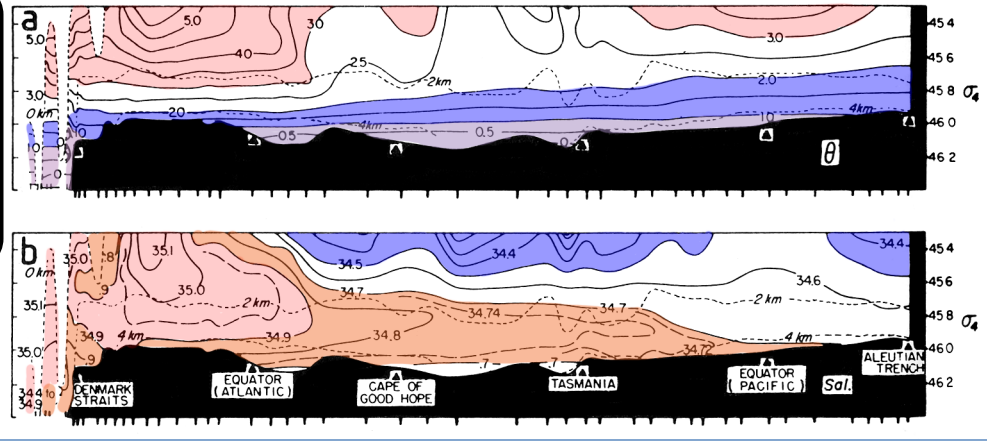


## 現在の大西洋・太平洋・インド洋・南極海の間をつなぐ海洋循環

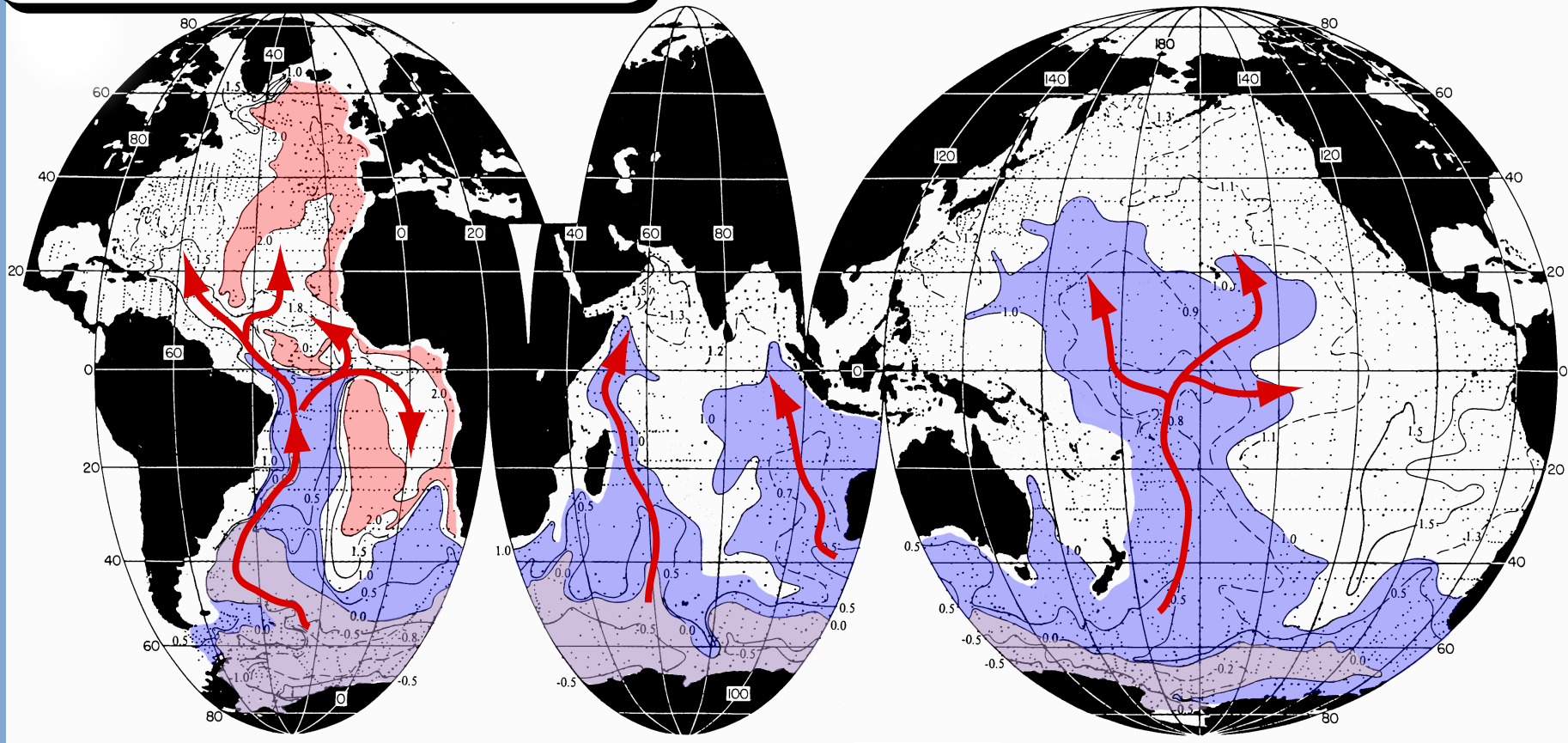
海水の約70%を占める深層水は、ごく限られた海域、グリーンランド沖と南極大陸周辺、において海面で冷却された水が沈降し、世界中に拡がることで形成されている。[Stommel & Arons, 1958]で導かれているようにどのような流れ分布をしているかは古くから知られていたが、一般向けに大胆に粗略化して示したBroecker[1985]以来、この循環をBroecker's Conveyor Beltと呼ばれるようになった。



北大西洋から北太平洋の  
等密度面[ $\sigma_t$ ]における  
ポテンシャル温度[ $^{\circ}\text{C}$ ]と  
塩分[psu]



海底におけるポテンシャル温度[ $^{\circ}\text{C}$ ]

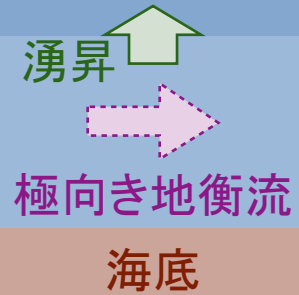


## 渦度バランスから推定される海洋深層循環の水平流速分布

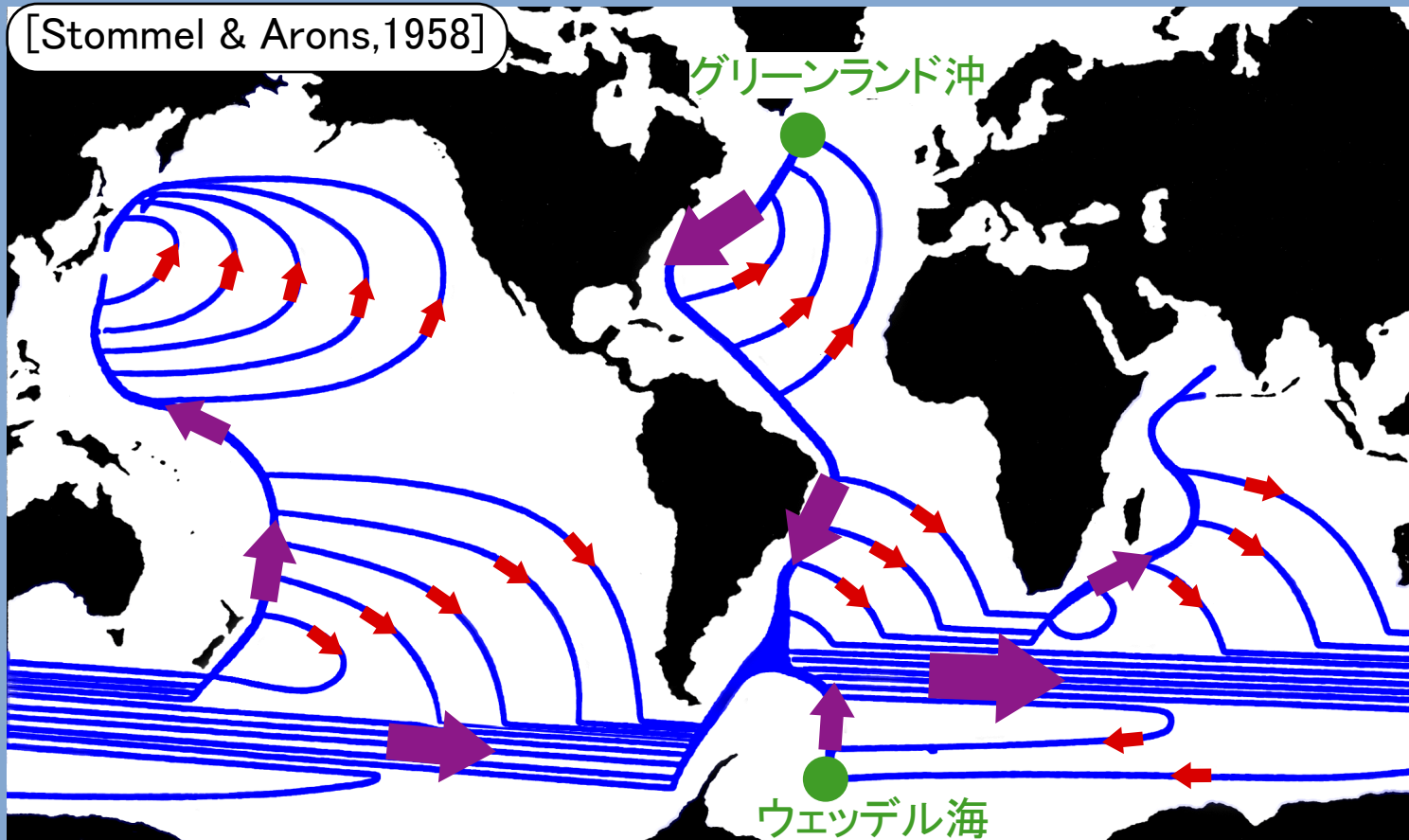
深層水は上層に抜けてゆくので  $\partial w / \partial z$  必ずプラスとなる(少なくとも海底付近)。

$$\beta v = f \frac{\partial w}{\partial z}$$

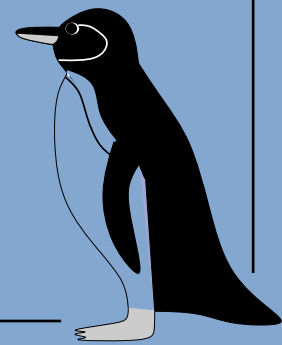
渦柱が伸びて惑星渦度の減少を補うように、 $f$ を増すように極向きの流れとなる。



[Stommel & Arons, 1958]



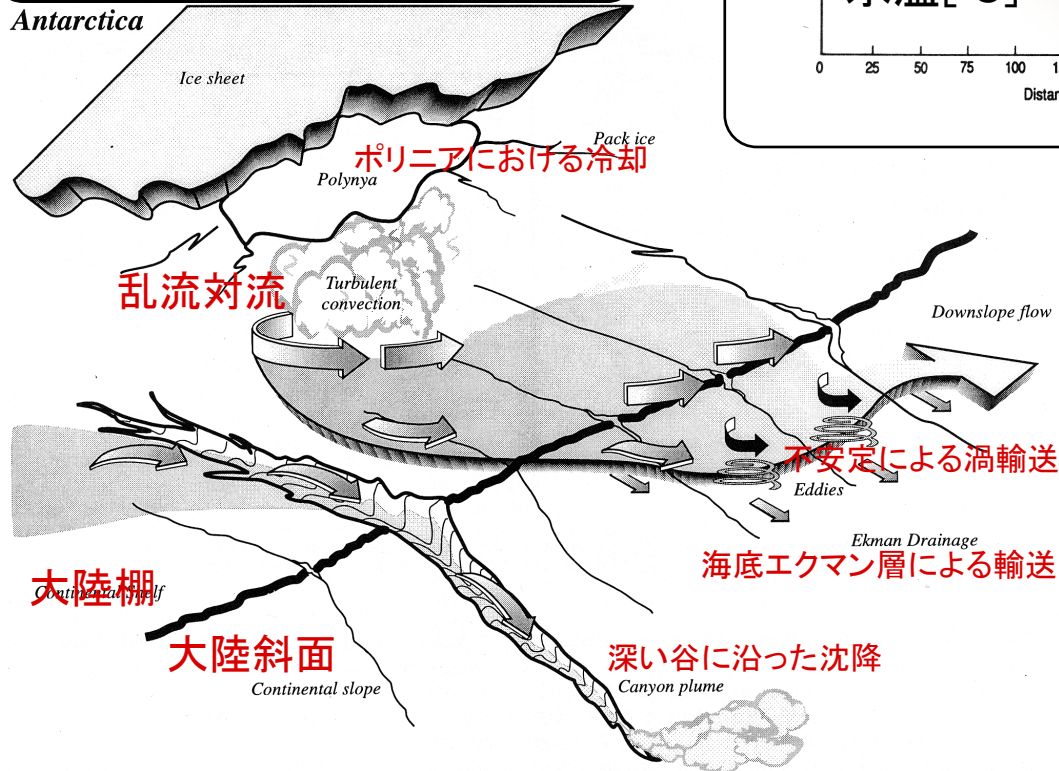
生成域 → 西岸境界流・南極周極流 → 極向き流れ・湧昇(内部領域)



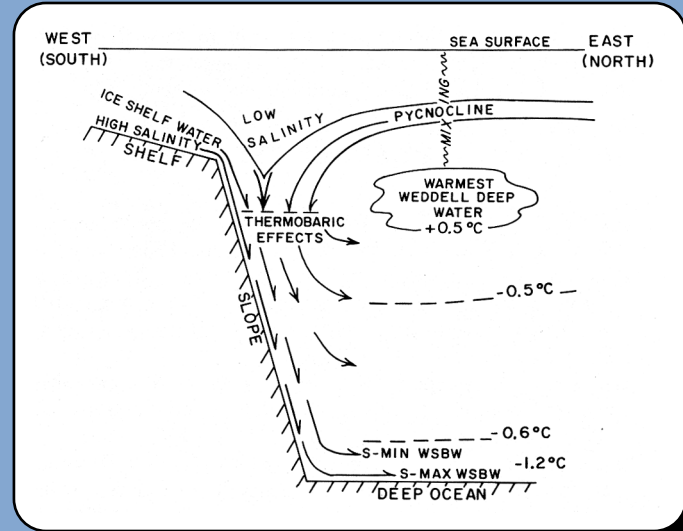
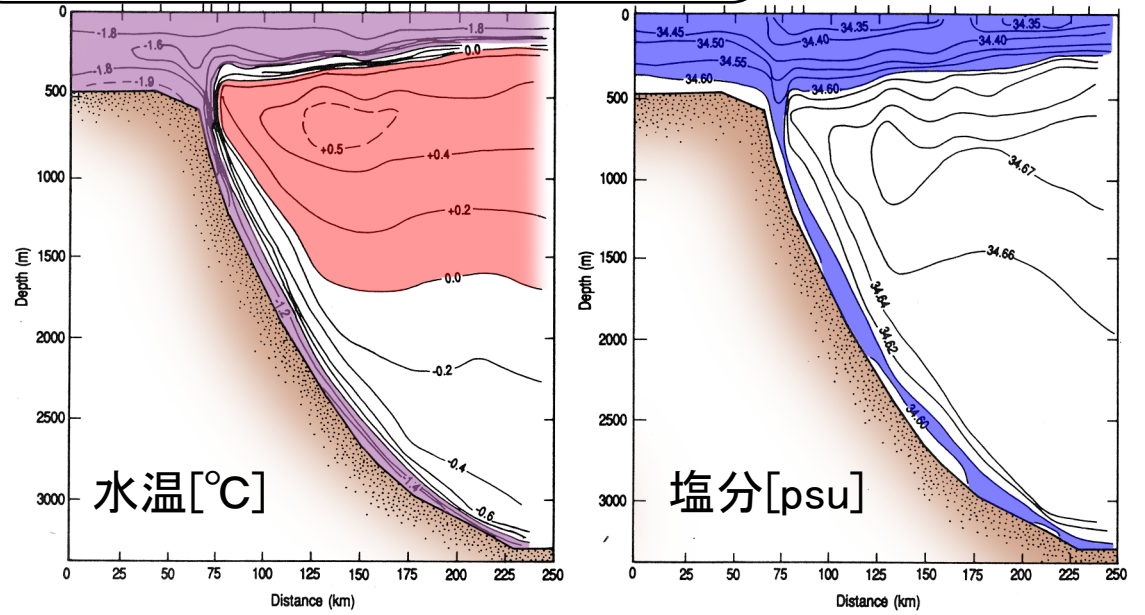
## 南極大陸周辺における底深層水形成

重たい水が大陸斜面に進入しても、地衡流の関係から斜面を真っ直ぐに下ることが出来ない。そのため、いくつかのメカニズムが提案されている。

## 底層水の下降流のメカニズム

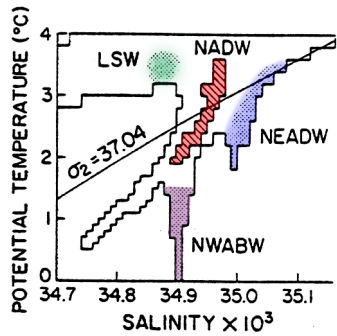


## ウェッデル海における水温・塩分断面

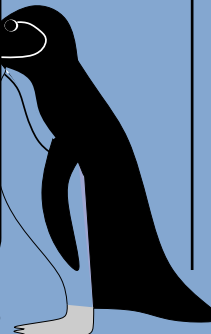
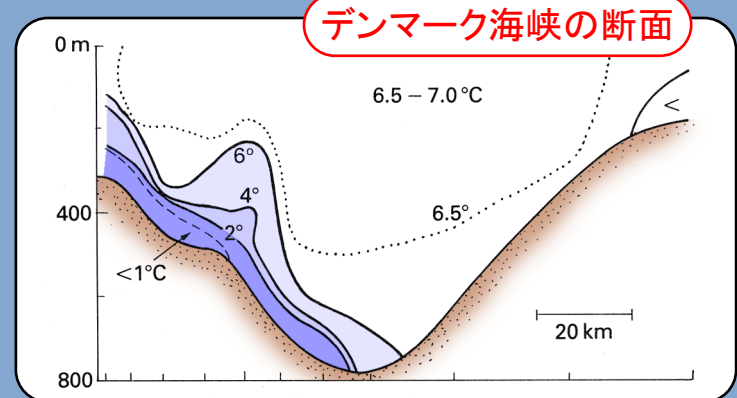
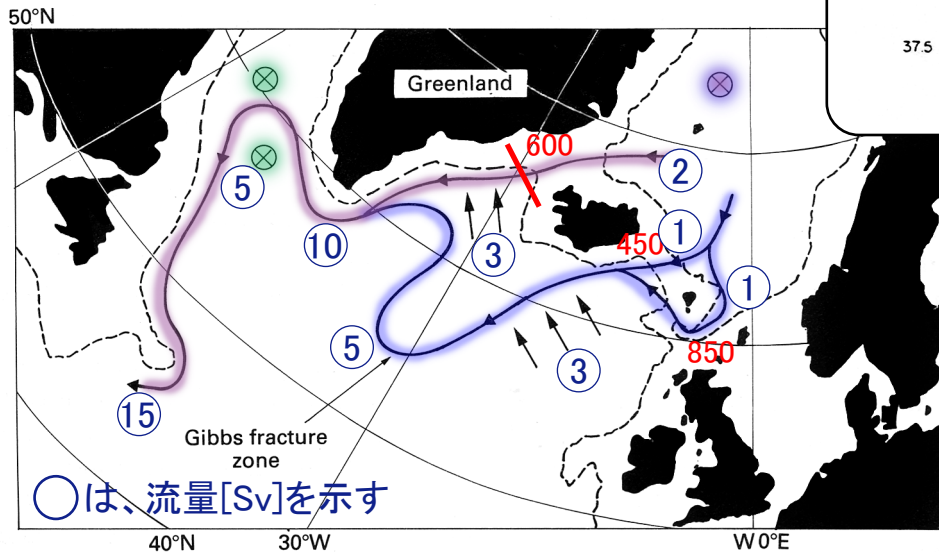
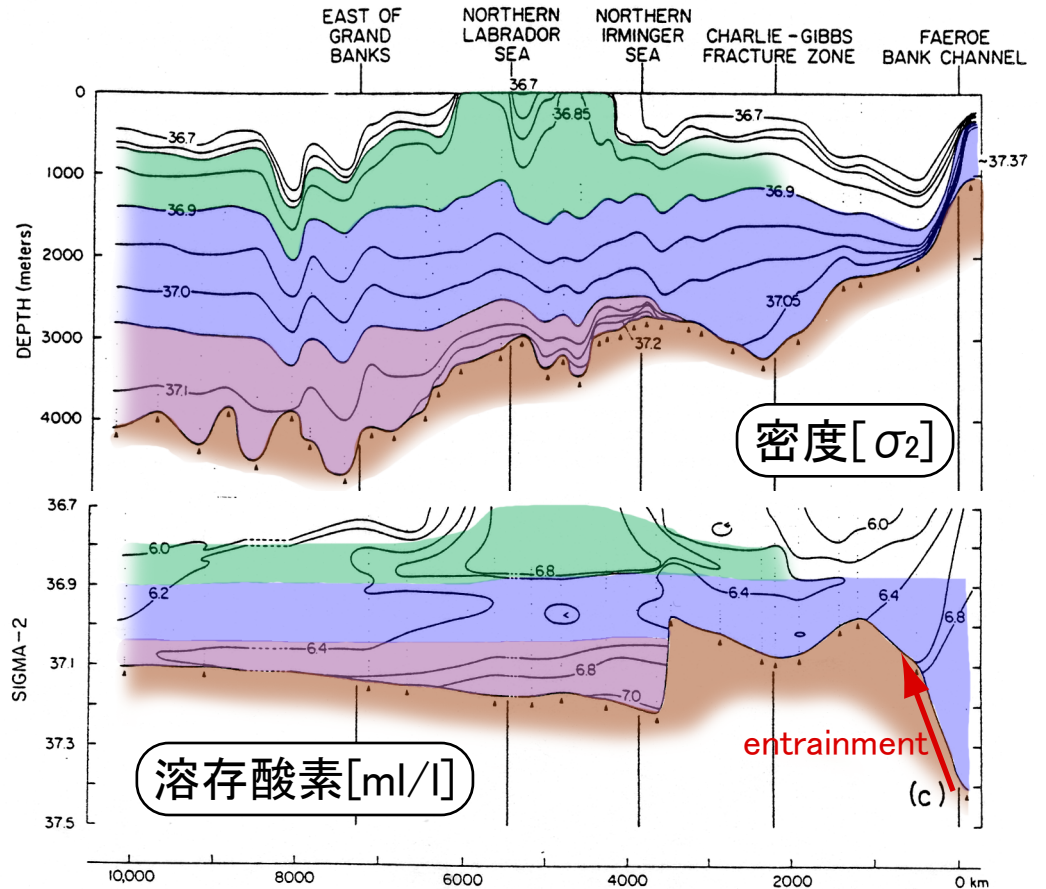


# 北大西洋深層水[North Atlantic Deep Water, NADW]の形成過程

北太平洋深層水は、深い対流や斜面降下の際のエントレイメントなどを経た3つの起源の水が混ざって形成される



NEADW  
(Northeast Atl. Deep Water)  
NWABW  
(Northwest Atl. Bottom Water)  
LSW(Labrador Sea Water)



# 全海洋規模の栄養塩分布に関する概念図

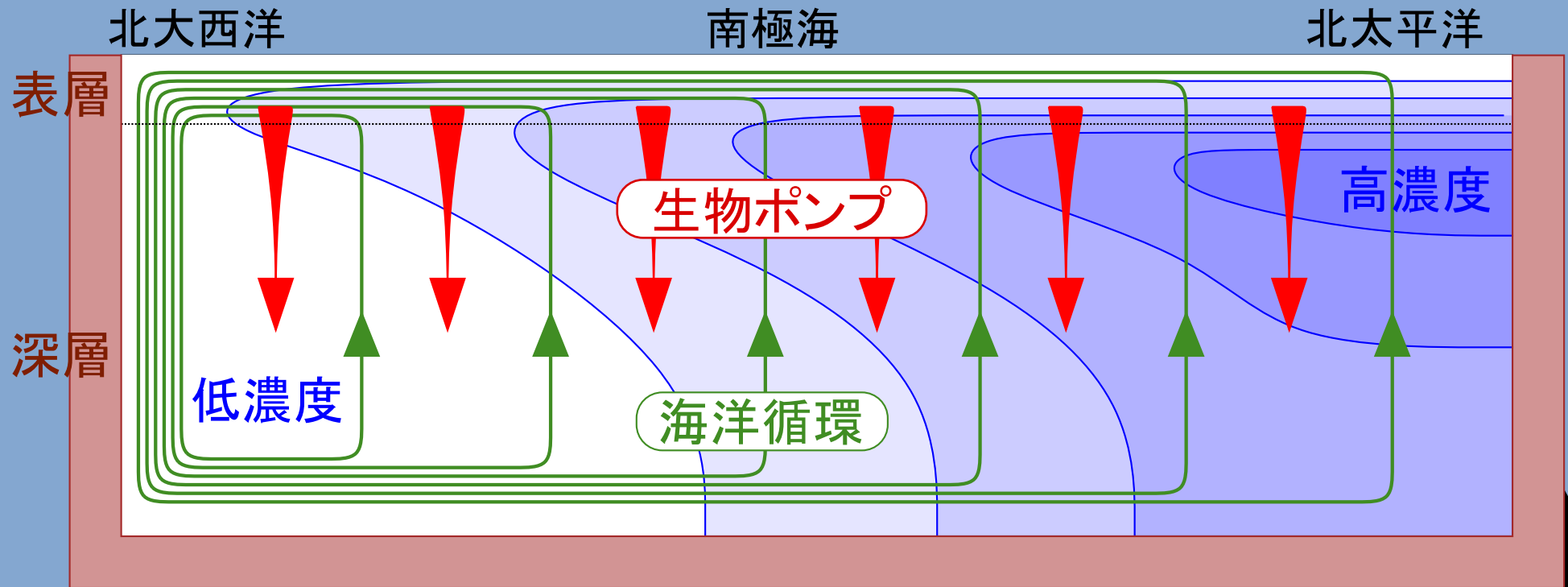
リン酸塩、硝酸塩、ケイ酸塩などの栄養塩は、海洋循環によって深層から表層に運ばれる。栄養塩は、そこで生物生産によって消費され、有機物の形で沈降粒子として深層に運ばれ、深層で栄養塩に戻る（これを生物ポンプと呼ぶ）。栄養塩の鉛直分布は、このように決まる。北大西洋から北太平洋に深層循環が流れていくうちに、上から降ってきた有機物が溶けてゆくの、栄養塩濃度が高くなる。

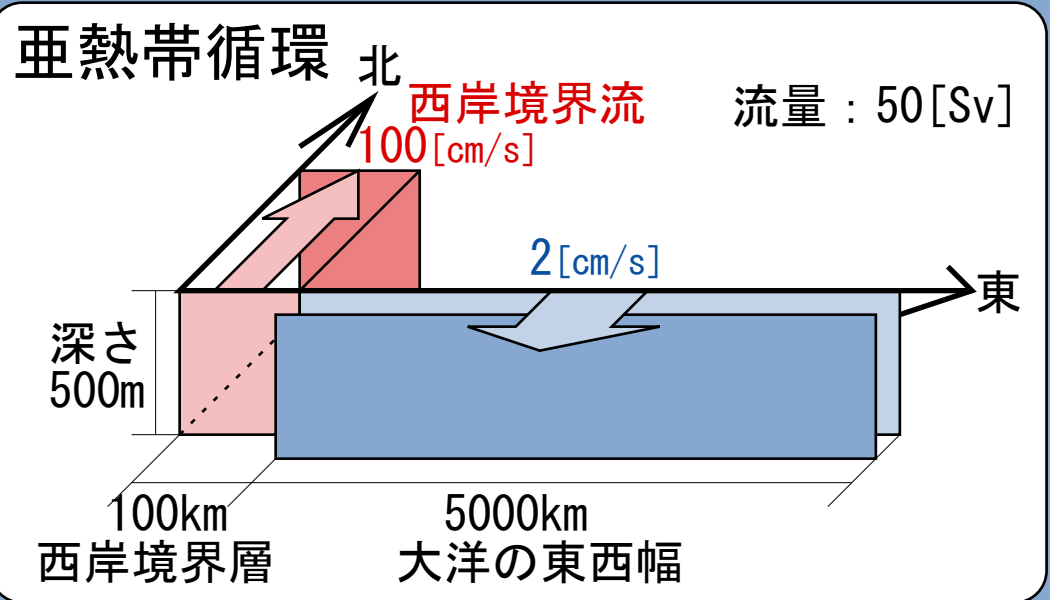
海面を離れてからの時間 ↑  
(水塊の年齢)



栄養塩濃度 ↑  
溶存酸素濃度・ $\Delta^{14}\text{C}$  ↓

これから、深層における海流の向きやおよその速さが分かる





## 海洋循環の流速と流量のオーダー

1 [Sv] (スベルドラップ) =  $10^6$  [m<sup>3</sup>/s]

