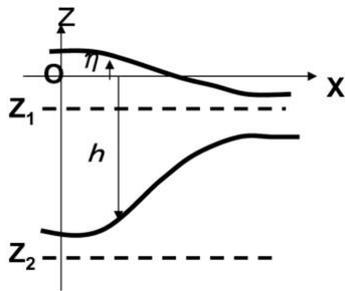


大気海洋物質科学レポート課題 (1/24 午前までにメール添付で提出)

参考文献及び本レポート課題は、地球惑星物理学科学生向け HP の講義連絡からダウンロードしてください。単位が必要な人は必ずレポートを提出してください。

1. 基礎課題

下図は、黒潮、親潮や津軽暖流などの海流を横切る鉛直密度構造を、密度は異なるが、それぞれ一定の2つの層として近似しモデル化した鉛直断面図を表している。z 軸は鉛直上向き、x 軸は東向きにとっており、y 軸 (北向き) 方向には変化がないとする。静水圧平衡  $\partial p / \partial z = -\rho g$  ( $p, \rho, g$  はそれぞれ圧力、密度、重力加速度) 及び地衡流近似  $f v = (\partial p / \partial x) / \rho_0$  ( $f, v, \rho_0$  はそれぞれコリオリパラメタ (一定値とする)、北向き速度、一定密度) が成り立つと仮定する。z = 0 は表面に海流が無い場合の海面を表し、流れが存在する場合の海面鉛直変位を  $\eta$ 、第1層の下部境界面深度を  $h$ 、第1層密度を  $\rho_1$ 、第2層密度を  $\rho_1 + \Delta\rho$  ( $\Delta\rho$  は第2層と第1層の密度差) とする。このとき、次の間に答えなさい。

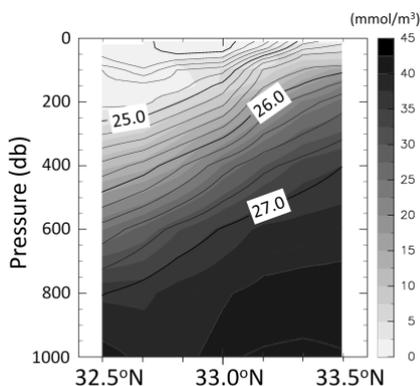


(1) 第1層内での深さ  $z = z_1$ 、及び第2層での深さ  $z = z_2$  での圧力  $p_1, p_2$  を  $\rho_1, \Delta\rho, g, \eta, h, z_1, z_2, p_a$  ( $p_a$  は大気圧) を用いて表せ。[ヒント：静水圧平衡の式を積分しても良いし、(zの上にある海水の単位面積あたり質量) X (重力加速度) + 大気圧で求めても良い]

(2) 第2層での深さ  $z = z_2$  での圧力  $p_2$  が x 方向に一定である場合、地衡流近似から、第2層目の地衡流流速についてどんなことがいえるか？また、 $p_2$  が x 方向に一定であるとき、地衡流近似を用いて、 $\eta$  と  $h$  の間に成り立つ関係式を  $\rho_0, \Delta\rho, g, \eta, h$  などを用いて表せ[この関係はアイソスタシーと呼ばれている]。また、

$\rho_0 = 1000 \text{ kg/m}^3, \Delta\rho = 3 \text{ kg/m}^3, g = 10 \text{ m/s}^2, \partial h / \partial x = -100 \text{ m/50 km}$  とする場合、 $\partial \eta / \partial x$  の値を単位 (m/50km) で求めよ。

(3) (2) で求めたアイソスタシーの関係が成り立ち、図の様に、東向きに表面が低くなり、また、東向きに第1層密度境界面が浅くなるような場合、第1層目の海流の向きがどちら向きか？また、 $f = 10^{-4} \text{ s}^{-1}$  としたとき、(2) で求めた勾配  $\partial h / \partial x = -100 \text{ m/50 km}$  が一定の部分での南北方向の流れの速さを有効数字2桁で求めなさい。



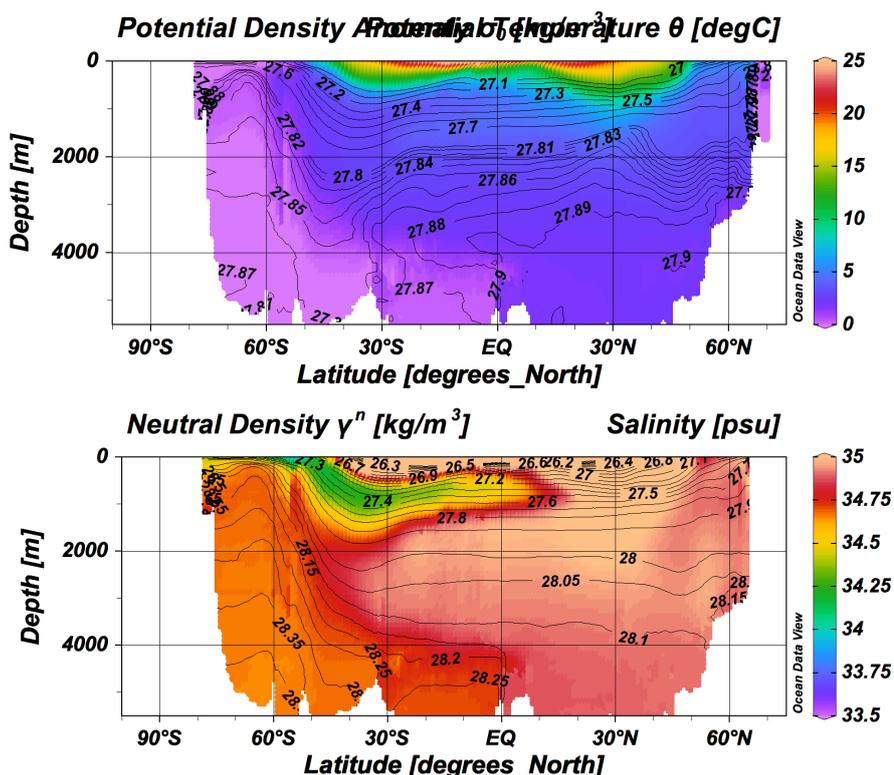
(4) 左の図は、日本南岸東経 138 度に沿って黒潮を横切って観測したポテンシャル密度と硝酸濃度の鉛直断面図である。硝酸塩濃度は濃淡 (単位 mmol/m3: 右のバー表示) で、ポテンシャル密度は等値線 (数字は 1000kg/m3 を引いた値) で表した。ポテンシャル密度の等値線の間隔は 0.2、太線は 1.0 間隔で表示してある。図の縦軸はメートル表示の水深とほぼ等しい圧力(単位 dbar デシバール)であり、海面(0dbar)から水深約 1000m まで示している。横軸は緯度を表し、北緯 32.5 度から 33.5 度まで表示しており、右ほど北で日本陸岸に近い。この図からわかる地衡流分布と硝酸塩分布の特徴を述べよ。

## 2. 海洋データ用いた海洋大循環構造の解析

授業において、歴史的な平均データセット WOA13 と

図示ソフト OceanDataView(ODV, 使い方については、授業配布プリントやソフト中の userguide, 和文: <http://www.jodc.go.jp/jodcweb/info/odv/ODVGuideJP030303.pdf>)を用いて、海洋データの水平面図や断面図を作成する方法をお知らせしました。また、ある基準圧力において無流面を仮定することにより、ある圧力(深度)での  $\Delta D$  の等値線が地衡流の流線となることを学びました。また、基本的には等ポテンシャル密度面(基準圧力に揃えたときの密度)に沿って、海水や物質が移動し、生物起源の沈降粒子の有機物の酸化分解によって、徐々に酸素濃度が減少し、硝酸やリン酸などの栄養塩が増加することを学びました。また、珪藻という植物プランクトンはオパール(放射状の殻)を作り、粒子となって沈降し、有機物よりも深い深度で溶解することで、硝酸やリン酸よりも大きな深度で高濃度となります。一方、海底地形の凸凹が大きな海域では、局所的な大きな鉛直方向の混合によって、上下方向の濃度勾配や濃度そのものが変化したり、等ポテンシャル密度面間の厚みが変化することも知られています。WOA を図示することによって、海洋の中深層で生じている現象について考察してみましょう。

レビュー論文 Lynne D. Talley (2013) Closure of the Global Overturning Circulation Through the Indian, Pacific, and Southern Oceans: Schematics and Transports. *Oceanography*, 26, 80-97. を専攻 HP からダウンロードし、図2や図3と同じような図を、WOA13 から ODV を使って作成し、論文に書いてある記述を確認しながら読んでみてください(93 ページの Quantifying transport and fluxes 以降は授業での解説だけで理解することは難しいと思います)。93 ページまででも授業でやっていない言葉(Neutral density 中立密度)というのが出てきます。中立密度は、ポテンシャル密度と同様に、物質が変質せずに移動する際の経路を表すために定義されたもので、ポテンシャル密度よりも精度良く、物質を追跡できる密度として、最近特に深層の研究で使われています。下の図は大西洋の南北断面図で、上がポテンシャル水温にポテンシャル密度等値線、下が塩分に中立密度線を重ねた図です。ポテンシャル密度は深層で逆転したりしていますが、中立密度はどのようなことはないことがわかると思います。このレビューから、最近海洋の大循環像が随分新しく複雑になったこと、まだまだわからないことが山積みであることを実感してもらい、レポートに、自分で作った図とその解説、わからないこと、知りたいことを書いてもらえたら幸いです。



技術的問い合わせ先：濱本 (hamamoto@aori.u-tokyo.ac.jp)  
 レポートは必ず提出して下さい。単位は小池先生出題レポートと本レポートと出席で付けることとなります。