

名古屋大学大学院環境学研究科
地球環境科学専攻 大気水圏科学系
博士前期課程 普通入試

【専門科目 地球物理学 出題例】

(注意事項)

本ファイルは、2018 年度以降の専門科目の試験において出題された問題の例を掲載している（すべての問題を掲載しているわけではない）。筆記試験を実施した年度に出題された問題と、口頭試問を実施した年度に出題された問題の両方を含む。

口頭試問では、解答に対して質問を重ねる場合がある。また、一題ずつ出題されるなど、試問の開始時にすべての問題文が受験生に対し開示されていない場合がある。問題によっては紙に書いて解答することを指示する場合がある。

【口頭試問 出題例】

問題

- 問 1 : 水平方向の運動方程式に寄与する力にはどんなものがあるのかを答えなさい。
- 問 2 : 水平方向の運動方程式から地衡風平衡が成立するためにどのような条件が整う必要があるのかを答えなさい。
- 問 3 : 摩擦力を考慮した際には風速だけでなく風向も変化する。熱帯低気圧の発達に対して、摩擦の寄与を説明しなさい。
- 問 4 : 高気圧や低気圧の中心付近では等圧線が曲率をもっている場合がある。等圧線が曲率をもつ場合に、水平方向の運動方程式を極座標系で表記することにより出現する見かけの力が何であるのかを答えなさい。
- 問 5 : 竜巻では旋衡風平衡が成り立つと考えられる。竜巻の中心は周囲に比べて気圧がどのようなになっているのかを答えなさい。また、竜巻の内部で内向きに働く力と外向きに働く力の名称を答えなさい。このことを考慮して、竜巻の渦の回転方向について考察しなさい。

問題

- 問 1 : 温位とはどのようなパラメータであるのかを説明しなさい。
- 問 2 : 高度 850 hPa の温位が 310 K、高度 800 hPa が 315K となる乾燥大気があった。この間の温位が線形で変化している場合、成層は安定であるか、不安定であるかを答えなさい。
- 問 3 : 仮温度とはどのようなパラメータであるのかを説明しなさい。
- 問 4 : 相当温位とはどのようなパラメータであるのかを説明しなさい。
相当温位は温位に比べて必ず大きな値を取るようになるが、その理由も説明しなさい。
- 問 5 : 飽和相当温位とはどのようなパラメータであるのかを説明しなさい。温位・相当温位・飽和相当温位の大小関係を説明しなさい。

問題

問 1 : 地球の緯度 ϕ における単位質量の大気のコリオリの力の式を示しなさい。
ただし、風速を v 、地球の自転角速度を Ω とする。

問 2 : 地衡風の風速を求める方法について説明しなさい。ここでは地表面摩擦は考慮しない。

問 3 : 地衡風において地表面摩擦を考慮した場合の風向風速はどう変化するか説明しなさい。

問 4 : 温度風について説明しなさい。

問題 太陽放射と地球放射に関する以下の問いに答えなさい。

問1 地球が太陽から吸収する放射量と地球が宇宙空間に放出する放射量は、地球全体でみるとつりあっている。単位時間あたりに地球全体が吸収する太陽放射量と地球全体から出ていく地球放射量を、以下のパラメータを使ってそれぞれ示しなさい。

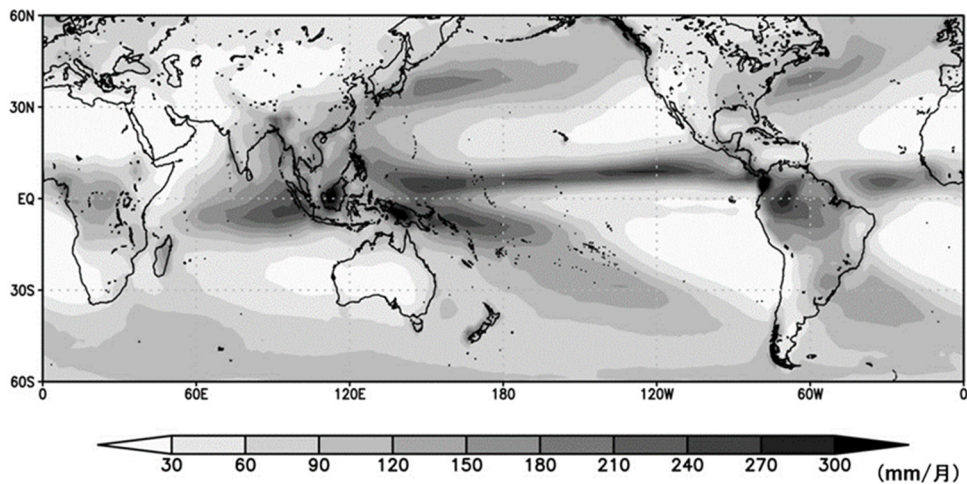
(太陽定数: S , 太陽放射に対する地球のアルベド: A , 地球の半径: r , 単位面積・単位時間当たりの地球放射量: I)

問2 実際の地球全体の平均地上気温は、問1の太陽放射と地球放射のエネルギーがつりあった状態の温度よりも 30°C 以上も高いことが知られている。この理由を説明しなさい (50 字程度)。

問題 下の図は、平年の年降水量の分布を示したものである。以下の問いに答えなさい。

問1 北半球の太平洋に着目すると、赤道付近と北緯 30～50 度で降水量が多く、北緯 20 度付近で降水量が少ない。この緯度帯による降水量の違いをもたらす大気の循環について説明しなさい（90 字程度）。

問2 エルニーニョ現象が発生するとき、赤道太平洋域の海面温度や降水域の分布が平年とどのように異なるか、特に東西方向の変化に着目して説明しなさい（40 字程度）。



問題 以下の問1に解答しなさい。解答には導出過程を書くこと。有効数字は2桁とする。

問1 成層圏界面(成層圏と中間圏の境界、気圧:1 hPa)より上にある空気を海拔0 mの地表面に全て集めたとすると、何 m の厚さに相当するかについて求めなさい。必要に応じて次の数値を使いなさい。

(以下、全て海拔0 mにおける)大気圧:1013 hPa、空気の密度: 1.21 kg m^{-3} 、平均気温:288 K、重力加速度: 9.8 m s^{-2} 、乾燥大気の気体定数: $287 \text{ J K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$

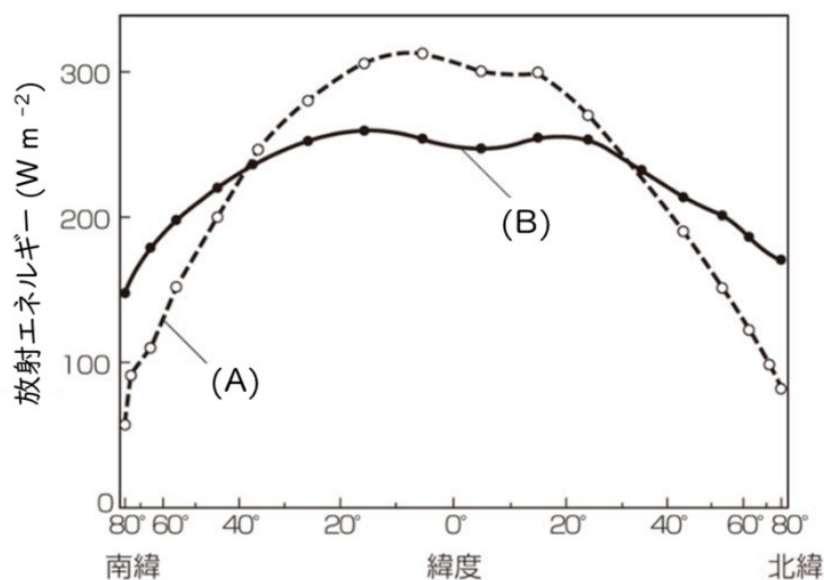
問題 下の図は地球の緯度別の放射エネルギー収支を示している。この図を見て以下の問1～4に答えなさい。

問1 図中の(A)、(B)がそれぞれ何をあらわしているか、答えなさい。

問2 (A)が緯度によって異なる理由を説明しなさい。

問3 放射エネルギー収支は緯度別にみるとつりあっていない。これは、大気と海洋の循環が低緯度から高緯度に熱を運ぶ役割を果たしているためである。大気と海洋でどのような循環が形成され、高緯度に熱を運ぶ役割を果たしているのかについて、それぞれの循環の特徴とともに簡潔に説明しなさい。

問4 問3の低緯度から高緯度への熱輸送がない場合、各緯度ではどのような気温の変化が起ることが予想されるか、説明しなさい。



問題 次の問1～3に答えなさい。

問1 以下に示す2つの式より乾燥断熱減率を導出する方法を説明しなさい。

熱力学第一法則 $\Delta Q = C_p \Delta T - \alpha \Delta p$

静力学平衡の式 $\Delta p = -\rho g \Delta z$

これらの式中で、 Q は非断熱加熱、 p は気圧、 T は気温、 ρ は気塊の密度、 z は気塊の高度、 α は比容、 C_p は定圧比熱、 g は重力加速度を示す。

問2 乾燥断熱減率はどのような値であるのかを説明しなさい。

問3 乾燥断熱減率の考え方は火星においても利用できると考えられるが、何らかの変更が必要である。火星の乾燥断熱減率を計算する場合に、地球と異なる点を答えなさい。

問題

- 問 1 相対湿度とは何か説明しなさい。
- 問 2 混合比とは何か説明しなさい。
- 問 3 混合比を相対湿度、気圧、気温から求める方法を説明しなさい。

問題

- 問 1 乾燥断熱減率の導出方法を説明しなさい。
- 問 2 湿潤断熱減率と乾燥断熱減率について、高度変化に対する気温の変化が大きいのはどちらか？またその理由を説明せよ

問題

- 問 1 地球大気の温室効果について以下の用語を参考に説明しなさい。
(可視光・赤外線・吸収・透過)

【筆記試験 出題例】

問題 図1のように1つの薄い層で代表させた水平一様な等温大気を考える。この大気の放射平衡状態における気層の温度 T_a (K) および地表面温度 T_g (K) を有効数字3桁で求めなさい。ただし、気層の上端における日射量 I は、気層において10%が吸収され、地表面において残りの90%が全て吸収され反射はないものとする。また、気層と地表面において、赤外放射は100%吸収されるものとする。なお、ステファン・ボルツマン定数は $5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ であり、 $I = 240 \text{ W m}^{-2}$ とする。

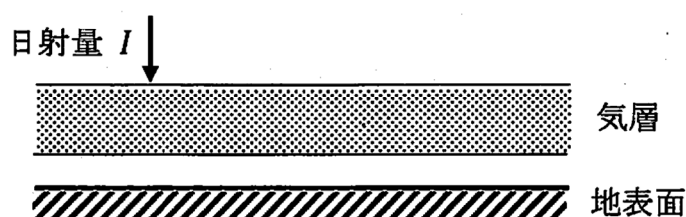


図1

問題 以下の問1～問2を解答しなさい。

問1 ある空気塊の温位 θ は、

$$\theta = T \left(\frac{p_0}{p} \right)^{R_d/C_p}$$

と表すことができる。ここで、 T は気圧 p における気温、 R_d は乾燥空気の気体定数、 C_p は定圧比熱、 p_0 は標準気圧である。乾燥断熱変化をしている空気塊では温位が保存されることを示しなさい。

問2 乾燥大気の静的安定性に関して、「安定」、「不安定」のそれぞれの状態について温位の高度分布例を図示し、その理由を説明しなさい。

問題 以下の問1～問2を解答しなさい。

問1 大気中における水滴の終端落下速度（重力と抵抗力がつり合う速度）は水滴の大きさにより異なる。これは空気が粘性を持っているためであり、球形を仮定したときに水滴が受ける抵抗力は、 $6\pi\eta rv$ と表すことができる。ここで η は空気の粘性係数、 r は水滴の半径、 v は水滴の終端落下速度である。水滴を球形と仮定したときの終端落下速度を求める式を示しなさい。水の密度を ρ 、重力加速度の大きさを g とする。

問2 問1を利用して、水滴の半径が 0.02 mm のときの終端落下速度を有効数字2桁で求めなさい。ただし、空気の粘性係数を $1.8 \times 10^{-5} \text{ N s m}^{-2}$ とし、重力加速度の大きさを 9.8 m s^{-2} とする。また、水の密度は $1.0 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ とする。

問題 以下の問1～問2を解答しなさい。

問1 海洋において水平方向に圧力傾度がない状態での水塊の運動を考えると、水塊は水平面内の円運動をする。これを慣性振動と呼ぶ。慣性振動時における力のつり合いの式を示しなさい。ただし、水塊の速度を v （時計回りを正とする）、回転半径を r 、コリオリパラメータを f とする。

問2 問1を利用して、北緯 30 度における慣性振動の周期を有効数字3桁で求めなさい。ただし、 $f = 2\Omega \sin\phi$ （ Ω は地球の自転の角速度、 ϕ は緯度）である。

問題 以下の問1～問2を解答しなさい。

問1 海洋において、水平距離 Δx に対して海面の高度が Δh だけ高くなる傾いた海面を考える。静水圧のみを考慮し、単位体積の海水に対する水平方向の圧力傾度力 F を、 Δx および Δh を用いて示しなさい。ただし、海水の密度を ρ 、重力加速度の大きさを g として用いること。

問2 日本近海の北緯 30 度において、黒潮の流れに直交する方向の海面高度の差が水平距離 100 km につき 1 m であったとする。問1を利用して、この時の黒潮の流速を、地衡流を仮定して、有効数字2桁で求めなさい。ただし、コリオリパラメータ $f = 2\Omega \sin\phi$ （ Ω は地球の自転の角速度、 ϕ は緯度）とし、重力加速度の大きさを 9.8 m s^{-2} とする。

問題 以下の問1～問2を全て解答しなさい。

問1 図1のように大気中に底面が単位面積の気柱があり、高さ z と少し高い $z + \Delta z$ の直方体の気層を考える。高さ z での気圧を p 、高さ $z + \Delta z$ での気圧を $p + \Delta p$ とする。この気層では静水圧平衡が成り立っており、気層にかかる重力と気層の鉛直気圧差が釣り合っている。密度を ρ 、重力加速度の大きさを g として、静水圧平衡の式を書きなさい。

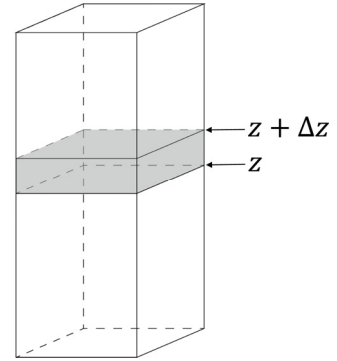


図1. 底面が単位面積の気柱と厚さ Δz の気層

問2 海上に中心気圧が 930 hPa の台風がある。台風の外側の気圧が 1020 hPa のとき、台風の外側と中心付近との海面高度の高低差を、静水圧平衡の式を用いて求めなさい。ただし、海水の密度は 1000 kg m^{-3} 、重力加速度の大きさ g は 10 m s^{-2} とする。

問題 以下の問1～問2を全て解答しなさい。

問1 式 (1) は気圧座標系における地衡風平衡を表す。 f はコリオリパラメータ、 V は地衡風の風速、 g は重力加速度の大きさ、 Δz は等圧面の高度差、 Δn は Δz の等高度線間の水平距離である。式 (1) の物理的な意味を 50～100 字で説明しなさい。

$$fV = -g \frac{\Delta z}{\Delta n} \quad (1)$$

問2 等圧面上の等高度線が東西方向に一樣な大気を考える。同じ経度上に北緯 40 度の地点 A と北緯 50 度の地点 B がある。地点 A と地点 B の水平距離は 1100 km とする。地点 A の上空の等圧面高度は 12.2 km、地点 B の上空の等圧面高度は 11.6 km とする。このとき、地点 A と地点 B の中間地点 C の地衡風の風向と、風速を有効数字 2 桁で求めなさい。緯度 ϕ において $f = 2\Omega \sin \phi$ である。地球の自転角速度 Ω は $7.3 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 、重力加速度の大きさ g は 10 m s^{-2} とする。

問題 台風の特徴を、温帯低気圧と比較しながら 200～300 字で説明しなさい。ただし、[]内の語句を全て用いること。

[海面水温，傾圧不安定，水平温度傾度，潜熱，前線]

問題 以下の問 1～問 2 を全て解答しなさい。

問 1 地上（高度 0 m）気温が 33℃で，高度 2000 m の気温が 18℃のとき，地上の未飽和空気塊 A と B が強制的に持ち上げられ，高度 2000 m に達した。空気塊 A は地上から未飽和のまま高度 2000 m に達したとする。一方，空気塊 B は，高度 500 m で凝結しはじめ，雲を形成しつつ高度 2000 m に達したとする。高度 2000 m における空気塊と周囲の大気との温度差を，空気塊 A と空気塊 B についてそれぞれ求めなさい。ただし，空気塊は周囲の大気と混合せず断熱的に上昇するものとし，乾燥断熱減率は $10^{\circ}\text{C km}^{-1}$ ，湿潤断熱減率は $5^{\circ}\text{C km}^{-1}$ とする。

問 2 地球大気の湿潤断熱減率が乾燥断熱減率よりも小さい理由を 100～200 字で説明しなさい。

問題 地球規模の海洋の流れは風成循環と熱塩循環に分けて考えることができる。風成循環の特徴を，熱塩循環と比較しながら 200～300 字で説明しなさい。ただし，[]内の語句を全て用いること。

[海水の冷却，海面の風応力，時間スケール，深層，表層]

問題 地球の大気は圧縮性があり，密度成層をしている．気温が鉛直方向に一定の大気を考える．この大気の密度の鉛直分布を与える式を求めなさい．また，大気の気体定数を $300 \text{ J K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$ ，重力加速度を 10 m s^{-2} と近似して，気温 300 K の大気の場合，大気の密度が地表の大気密度の e 分の 1 になる高さを有効数字 1 桁で求めなさい．ここで e は自然対数の底である．

問題 日本の南を流れる黒潮を近似的に地衡流とみなすと，黒潮の流れの速度が 1 m s^{-1} で，幅が 100 km の場合，海面はこの流れの向きに対してどちら側が，どれだけ高くなっているかを有効数字 1 桁で答えなさい．

問題 北半球において，地衡風の向きが高さとともに時計回りに回転するとき，暖気移流（暖かい空気が流れ込むこと）となっていることを，地衡風ベクトル，温度風ベクトルおよび温度分布の関係を図示して，説明しなさい．

問題 激しい積乱雲が発生するような天気の場合，対流圏下層の水蒸気量が多いほど，積乱雲が発生しやすくなることを，自由対流高度を用いて説明しなさい(100～200 字)．

問題 北半球の中緯度において直線状の海岸に平行に定常的な風が吹く場合，沿岸湧昇が起こるのは，風ベクトルの向きに対して陸がどちら側にある場合かを示し，その理由を，図を用いて説明しなさい．