

問 1 大気の平均的な鉛直構造について述べた次の文 (a) ~ (c) の正誤の組み合わせとして正しいものを、下記の①~⑤の中から一つ選べ。

(a) 成層圏では高度が高いほどオゾンの数密度が大きく、気温が極大となる成層圏界面付近でオゾンの数密度が最大になる。✕

(b) 高度約 100km 以上では紫外線による窒素や酸素の電離により電離層が形成されるが、夜間には日射がないために電離層は消失する。✕

(c) 熱圏では太陽放射が安定しているため、年平均気温は、10 年程度の期間内では年毎にほぼ一定である。✕

(a) (b) (c)

① 正 正 誤

② 正 誤 正

③ 誤 正 正

④ 誤 誤 正

⑤ 誤 誤 誤 5

問 2 大気中の空気塊が上昇するときの温度や相当温位等について述べた次の文章の下線部 (a) ~ (d) の正誤の組み合わせとして正しいものを、下記の①~⑤の中から一つ選べ。

水蒸気を含まない空気塊が上昇するとき、空気塊の温度は乾燥断熱減率に従って低下する。その値は 100m につき (a) 約 0.65℃ である。

飽和した空気塊が上昇するとき、その温度は湿潤断熱減率に従って低下する。このとき (b) 空気塊の温位は保存する。飽和した空気塊の上昇に伴って凝結した水分が空気塊から離れて落下すると、(c) 空気塊の相当温位は低下する。

水蒸気を含む空気塊が未飽和なまま上昇するときは、(d) 相対湿度が大きくなるに従って温度の低下率が乾燥断熱減率から湿潤断熱減率に次第に近づく。✕

(a) (b) (c) (d)

① 正 正 誤 正

② 正 誤 正 正

③ 誤 正 誤 正

④ 誤 誤 正 誤

⑤ 誤 誤 誤 誤 5

問 3 熱力学第一法則および乾燥断熱減率について述べた次の文章の空欄 (a) ~ (c) に入る適切な数式または語句の組み合わせを、下記の①~⑤の中から一つ選べ。

REDPDF補助資料参照

$C_v \Delta T = \Delta Q - p \Delta \alpha$
 $C_v \Delta T$: 内部エネルギー増加量 Δu
 加熱量: ΔQ
 膨張仕事: $p \Delta \alpha (\Delta W)$
 温度変化: ΔT
 C_v : 定積比熱
 p : 圧力
 $\Delta \alpha$: 体積変化量

$dQ = C_v dT + p d\alpha$
 : 熱力学第一法則 定積比熱表現
 $p\alpha = RT$: 状態方程式
 $p d\alpha + \alpha dp = R dT$: 状態方程式の微分
 $dQ = C_v dT + p d\alpha$
 $= C_v dT + R dT - \alpha dp$
 $= (C_v + R) dT - \alpha dp$
 $= C_p dT - \alpha dp$: 定圧比熱で表現
 $dQ = C_p dT$: 定圧過程
 $dQ = C_v dT$: 定積過程

単位質量の乾燥空気塊に対する熱力学第一法則は、空気塊の内部エネルギーの増加量を Δu 、空気塊に加えられる熱量を ΔQ 、空気塊が行う仕事を ΔW とすると、(a) のように書ける。

内部エネルギーは温度のみの関数であり、空気塊の温度変化量を ΔT 、乾燥空気の定圧比熱と定積比熱をそれぞれ c_p 、 c_v とすると、 Δu は (b) のように書ける。

$\Delta Q = 0$ とすると、(a) と (c) から乾燥断熱減率 g/c_p が得られる。ただし重力加速度を g で表す。

内部エネルギーの増加量は、加熱エネルギーから膨張仕事エネルギーを引いたものになる
 内部エネルギーの増加量 = 加熱エネルギー - 膨張仕事エネルギー
 加熱エネルギー = 内部エネルギーの増加量 + 膨張仕事エネルギー

$$\Delta Q = \Delta W + \Delta u$$

- | (a) | (b) | (c) |
|------------------------------------|---------------------------|-----------|
| ① $\Delta u = \Delta Q - \Delta W$ | $\Delta u = c_v \Delta T$ | 静力学平衡の式 |
| ② $\Delta u = \Delta Q - \Delta W$ | $\Delta u = c_p \Delta T$ | 静力学平衡の式 2 |
| ③ $\Delta u = \Delta Q - \Delta W$ | $\Delta u = c_v \Delta T$ | 質量保存則 |
| ④ $\Delta u = \Delta Q + \Delta W$ | $\Delta u = c_v \Delta T$ | 質量保存則 |
| ⑤ $\Delta u = \Delta Q + \Delta W$ | $\Delta u = c_p \Delta T$ | 静力学平衡の式 |

$\Delta u = \Delta Q - \Delta W$ と理解してよいです。
 これは熱力学第一法則の標準形です。

$\Delta u = C_v \Delta T$ と理解してよいです。
 乾燥空気を理想気体とみなすと、内部エネルギーは温度だけの関数になるためです。

空気塊の内部エネルギーは温度 T のみに依存すると理解してよいです。
 理想気体では内部エネルギーは体積や圧力に依存せず、温度だけで決まります。

問 4 大気中の水蒸気が凝結して水滴となり成長していく過程について述べた次の文 (a) ~ (d) の下線部の正誤の組み合わせとして正しいものを、下記の①~⑤の中から一つ選べ。

(a) 半径が $0.01 \mu m$ 以下の微細な水滴は、ほとんどの場合不純物を含まない純水のみで構成されている。

(b) 吸湿性のエアロゾルが含まれる水滴では、純水の水滴の場合より、凝結による水滴の成長が促進される。

(c) 吸湿性のエアロゾルが含まれる水滴は、半径が大きいほど凝結による単位時間当たりの半径の増加率が大きい。

(d) 水滴同士が衝突し併合して成長する過程では、水滴の半径の単位時間当たりの増加率は、一般に水滴が小さい時には大きいが、水滴が成長するに従って小さくなる。

- | | (a) | (b) | (c) | (d) |
|---|-----|-----|-----|-----|
| ① | 正 | 正 | 正 | 誤 |
| ② | 正 | 誤 | 正 | 正 |
| ③ | 誤 | 正 | 誤 | 正 |
| ④ | 誤 | 正 | 誤 | 誤 |
| ⑤ | 誤 | 誤 | 正 | 正 |

4

問 5 大気の放射と地表面温度に関する次の文章中の式の空欄 (a) および (b) に入る最も適切な数値の組み合わせを、下記の①～⑤の中から一つ選べ。ただし、地球大気を一つの層で表してその温度を T_a とし、地表面は黒体とみなしてその温度を T_g とする。

地球大気は日射に対してほぼ透明であるが、地球からの赤外放射はよく吸収する。大気の層が太陽からの放射量 I_s の 0.1 倍を吸収し、地表面からの赤外放射量をすべて吸収すると、放射平衡にある大気の層の放射収支は次の式で表される。ただし、 σ はステファン・ボルツマン定数である。

$$2\sigma T_a^4 = \underline{0.1} I_s + \sigma T_g^4 \quad 6T_a^4 = 0.1 I_s + \frac{1}{2} 6T_g^4$$

一方、放射平衡にある地表面の放射収支は、次の式で表すことができる。

$$\sigma T_g^4 = 0.9 I_s + \text{(a)} \times \sigma T_a^4$$

これらの式から、以下の関係が求まる。

$$\sigma T_g^4 = \text{(b)} \times I_s$$

$$6T_g^4 = 0.9 I_s + 0.1 I_s + \frac{1}{2} 6T_g^4$$

$$\frac{1}{2} 6T_g^4 = (0.9 + 0.1) I_s$$

仮に大気がない場合、地表面の放射は太陽からの放射量のみと平衡関係にあることから、この式により、大気による地表面温度への影響を知ることができる。

	(a)	(b)
①	2	2.9
②	1	1.9
③	0	0.9
④	-1	0.6
⑤	-2	0.4

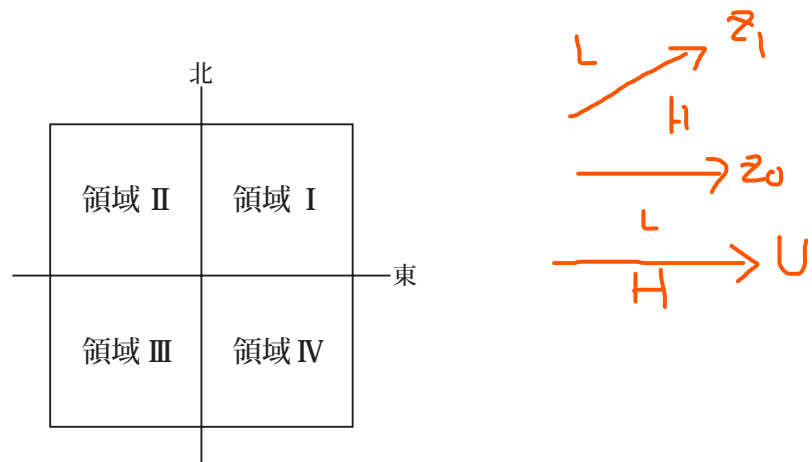
$$6T_g^4 = (1.8 + 0.1) I_s = 1.9 I_s$$

問 6 地衡風の鉛直方向の変化について述べた次の文章の空欄 (a) ~ (c) に入る適切な語句の組み合わせを、下記の①~⑤の中から一つ選べ。

図の北半球のある領域Ⅰ~Ⅳにおいて、高度 Z_0 では一様な西から東に向かう風速 U の地衡風が吹いていた。その上空の高度 Z_1 と高度 Z_0 の間の平均的な気温は、南北方向に一様で、西から東に向かって一定の割合で上昇していた。

この大気で静力学平衡が成り立つとき、高度 Z_1 では、領域Ⅱの気圧の平均は領域Ⅳの気圧の平均 (a)。

また、高度 Z_1 における地衡風ベクトルは、(b) に向かう成分が高度 Z_0 の地衡風ベクトルに加わるため、その風速の絶対値は (c)。



- | (a) | (b) | (c) |
|--------|------|-----------|
| ① より高い | 北から南 | U より大きい |
| ② より高い | 南から北 | U より小さい |
| ③ に等しい | 西から東 | U に等しい |
| ④ より低い | 南から北 | U より大きい |
| ⑤ より低い | 北から南 | U より小さい |

4

問 7 図のように、オーストラリアのメルボルン (図の☆印) の南に中心気圧 996 hPa の低気圧が位置しているとき、気圧 1002 hPa のメルボルンの地表付近を吹く風の向きとして最も適切なものを、下記の①～⑤の中から一つ選べ。なお、風は矢印の方向に従って吹くものとする。



- ① ② ③ ④ ⑤

3

問 8 大規模な大気現象について述べた次の文 (a) ~ (c) の正誤の組み合わせとして正しいものを、下記の①~⑤の中から一つ選べ。

(a) 総観規模の大気現象では静力学平衡がよい近似で成り立つ。静力学平衡では、鉛直方向の運動方程式において鉛直~~加~~速度と鉛直気圧傾度力がバランスしている。○→X
重力(質量×重力加速度)と気圧傾度力がバランス

(b) 自由大気中の台風の循環では傾度風平衡がよい近似で成り立つ。傾度風平衡では、コリオリ力と遠心力の和が気圧傾度力とバランスしている。○

(c) 静力学平衡にある大気中において、気温の水平傾度があるために地衡風が高度とともに変化していることを温度風の関係という。温度風の関係は対流圏に特有のもので、高度約 10km から 110km の中層大気には見られない。X

- | | | | | |
|---|-----|-----|-----|--|
| | (a) | (b) | (c) | |
| ① | 正 | 正 | 誤 | |
| ② | 正 | 誤 | 正 | |
| ③ | 誤 | 正 | 誤 | |
| ④ | 誤 | 誤 | 正 | |
| ⑤ | 誤 | 誤 | 誤 | |

「静力学平衡では、鉛直方向の運動方程式において鉛直加速度と鉛直気圧傾度力がバランスしている」という理解は誤りです。正しくは、「静力学平衡では、鉛直気圧傾度力と重力がつり合っており、鉛直加速度はほぼゼロになる」です。総観規模の大気では鉛直加速度が非常に小さい
そのため鉛直方向の運動方程式は静力学平衡で近似できる
静力学平衡では
 $dp/dz = -\rho g$
つり合うのは「鉛直気圧傾度力 dp/dz 」と「重力 $-\rho g$ 」
鉛直加速度はゼロ (つり合いの結果として消える)

問 9 台風の一般的な特徴について述べた次の文 (a) ~ (c) の正誤の組み合わせとして正しいものを、下記の①~⑤の中から一つ選べ。

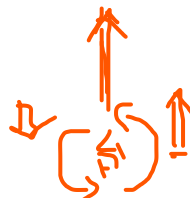
(a) 最盛期の台風の中心をとりまく壁雲の付近の風速は、大気境界層の上端付近で最大になる。○

(b) 最盛期の台風の中心付近では、対流圏の下層から中層にかけて周辺より気温の高い暖気核が見られる。一方、対流圏の上層では気温が周辺より低く、鉛直方向の不安定性が強い。X

(c) 北上している台風の地上付近の風速は、一般に北側のほうが南側よりも大きい。X
東 西

- | | | | | |
|---|-----|-----|-----|---|
| | (a) | (b) | (c) | |
| ① | 正 | 正 | 正 | 3 |
| ② | 正 | 正 | 誤 | |
| ③ | 正 | 誤 | 誤 | |
| ④ | 誤 | 正 | 正 | |
| ⑤ | 誤 | 誤 | 正 | |

北上する台風では、地上付近の風速は 東側 (進行方向右側) が西側より強い → 正しい



問 10 年平均した下部成層圏のエネルギーサイクルについて述べた次の文 (a) ~ (c) の正誤の組み合わせとして正しいものを、下記の①~⑤の中から一つ選べ。

(a) 下部成層圏は大気の成層が極めて安定であるため、対流圏内の擾乱が成層圏へ伝播して擾乱の運動エネルギーを生成することはまれである。✗

(b) 下部成層圏における擾乱の運動エネルギーの半分以上は、傾圧不安定波による有効位置エネルギーの変換によって生成される。✗

(c) 下部成層圏の気温は、赤道付近で最も高く、極域で最も低い。この水平温度傾度により下部成層圏で有効位置エネルギーが生成される。✗

- (a) (b) (c)
- ① 正 正 誤
② 正 誤 正
③ 誤 正 正
④ 誤 誤 正
⑤ 誤 誤 誤 5

問 11 地球温暖化について述べた次の文 (a) ~ (d) の正誤の組み合わせとして正しいものを、下記の①~⑤の中から一つ選べ。

(a) 地球温暖化は、二酸化炭素、メタン、フロンなどの温室効果ガスの大気中濃度が増加して太陽からの赤外放射の吸収量が増え、大気がより強く加熱されることにより引き起こされる。✗

(b) 農業や畜産業の活発化は、温室効果ガスの放出量の増加にはつながらないが、地表面状態の変化に伴うアルベドや土壌水分量の変化により、気候変化に影響を与えている。✗

(c) 海洋は人為起源の二酸化炭素放出量の約 25% を吸収している。✗

(d) 地球温暖化による地表面付近の気温の 100 年後の変化は、北半球の高緯度で最も大きく、また陸上での変化は海上での変化より大きいと予測されている。□

① 物理ポンプ (溶解)
・大気中のCO₂が海水に溶ける
・高緯度の冷たい海水ほど CO₂をよく吸収
・海洋循環により深層へ輸送される

② 生物ポンプ
・植物プランクトンが光合成で CO₂を吸収
・死骸や有機物が沈降して深層へ運ばれる
これらの働きにより、海洋は人為起源 CO₂ の約 25% を吸収

- (a) (b) (c) (d)
- ① 正 正 誤 正
② 正 誤 正 誤
③ 誤 正 正 誤
④ 誤 誤 正 正
⑤ 誤 誤 誤 正 5

「海洋は人為起源 CO₂の約 80%を吸収している」というのは誤りです。
最新の科学的評価 (IPCC 第6次評価報告書など) では、海洋が吸収しているのは人為起源CO₂の約 25% とされています。
気象庁や IPCC の評価によると:
2010年代の人為起源 CO₂排出量: 約 109 億トン炭素/年
① そのうち海洋が吸収: 約 25% (約 2.5 GtC/年)
② 陸域 (森林など) が吸収: 約 30%
③ 残りが大気中に蓄積: 約 45%
つまり、海洋は非常に大きな吸収源ですが、80%ではありません

問 12 予報業務の許可を受けた者が予報業務を行った場合に記録すべき事項について述べた次の文 (a) ~ (d) の正誤の組み合わせとして正しいものを、下記の①~⑤の中から一つ選べ。

- (a) 予報事項の内容と発表時刻を記録しなければならない。○
- (b) 気象庁の警報事項の利用者への伝達の状況 (当該許可を受けた予報業務の目的及び範囲に係るものに限る) を記録しなければならない。○
- (c) 記録は、現象の予想を担当した気象予報士が行わなければならない。✕
- (d) 記録は、2 年間保存しなければならない。○

- (a) (b) (c) (d)
- ① 正 正 正 誤
- ② 正 正 誤 正 2
- ③ 正 誤 誤 正
- ④ 誤 正 正 正
- ⑤ 誤 誤 正 誤

問 13 気象予報士について述べた次の文 (a) ~ (d) の正誤の組み合わせとして正しいものを、下記の①~⑤の中から一つ選べ。

- (a) 予報業務の許可を受けた事業者の下で予報業務に従事しようとするとき、気象予報士は、その旨を気象庁長官に届け出なければならない。✕
- (b) 予報業務の許可を受けた事業者は、当該予報業務のうち現象の予想とその発表については、気象予報士に行わせなければならない。✕
- (c) 気象予報士は、気象予報士名簿に登録を受けた住所を変更したときは、遅滞なく、その旨を気象庁長官に届け出なければならない。○
- (d) 気象予報士が、気象業務法の規定により罰金以上の刑に処せられたときは、気象予報士の登録を抹消される。○

- (a) (b) (c) (d)
- ① 正 正 誤 正
- ② 正 誤 正 誤
- ③ 誤 正 正 誤
- ④ 誤 誤 正 正 4
- ⑤ 誤 誤 誤 正

問 14 気象業務法の目的を規定した次の条文の空欄 (a) ～ (c) に入る語句の組み合わせとして正しいものを、下記の①～⑤の中から一つ選べ。

この法律は、気象業務に関する基本的制度を定めることによって、気象業務の健全な発達を図り、もって災害の予防、(a)、産業の興隆等 (b) に寄与するとともに、気象業務に関する (c) を行うことを目的とする。

(a)	(b)	(c)
① 交通の安全の確保	公共の福祉の増進	国際的協力
② 交通の安全の確保	国民経済の健全な発展	技術開発
③ 災害に因る被害の軽減	国民経済の健全な発展	国際的協力
④ 環境の保全	国民経済の健全な発展	国際的協力
⑤ 環境の保全	公共の福祉の増進	技術開発

問 15 警報および避難のための勧告等を行う者について述べた次の文 (a) ～ (c) の下線部の正誤の組み合わせとして正しいものを、下記の①～⑤の中から一つ選べ。

気象庁長官・気象台長・測候所長は

「気象の状況が火災予防上危険である」と認めた場合、都道府県知事に通報する義務がある。

(a) 気象庁長官、気象台長又は測候所長が、気象の状況が火災予防上危険であると認め、その状況を都道府県知事に通報し、この通報を市町村長が知事から受けたとき、市町村長は火災に関する警報を発することができる。

都道府県知事は
その通報を市町村長に伝える。

市町村長は火災に関する警報（火災警報）を発することができる。

(b) 洪水、津波又は高潮により国民経済上重大な損害または相当な損害を生ずるおそれがあるとして指定された河川、湖沼又は海岸については、都道府県知事が水防警報をしなければならない。

水防警報は気象庁（気象台長）が発する。都道府県知事は発しない。

(c) 市町村が災害のためその全部又は大部分の事務を行うことができなくなり、市町村長が避難のための立退きの勧告あるいは指示をできなくなったときは、当該市町村長に代わって都道府県知事がそれを実施しなければならない。

市町村が動けないなら、より上位の自治体（都道府県）が責任を持って代行する

(a)	(b)	(c)
① 正 誤 正	①気象庁（気象台）が危険な気象状況を知事に通報	
② 正 誤 誤	②知事が市町村長に伝達	
③ 誤 正 正	③市町村長が「火災警報」を発することができる（義務ではない）	
④ 誤 誤 正	④火災警報は「火災が起きた」ではなく「火災が起きやすい気象条件」の警報	
⑤ 誤 誤 誤	災害対策基本法では、市町村が災害で機能不全になった場合、都道府県知事が市町村長の権限を代行すると定められています。 なお、避難勧告は現在なくなっている 災害対策基本法第60条では、次のように規定されています（要点のみ説明）。	

■ 市町村が災害で機能不全になった場合
市町村長が本来行うべき災害対応（避難指示など）ができない
市町村の事務の全部または大部分が遂行不能
■ その場合
都道府県知事が市町村長の権限を代行する
これは、災害時に住民の安全を確保するための「バックアップ制度」です。