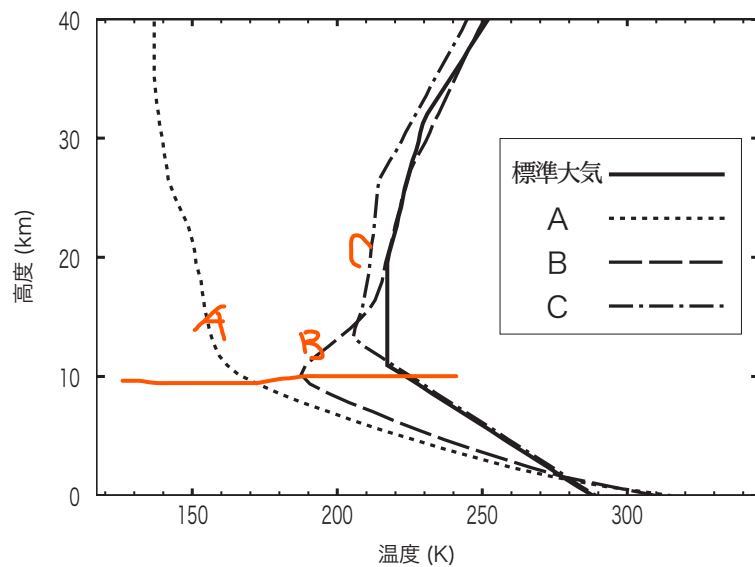


問 1 大気の温度の高度分布の成因について述べた次の文章の下線部 (a) ~ (c) の正誤の組み合わせとして正しいものを、下記の①~⑤の中から一つ選べ。

図は大気の温度の高度分布を示したものであり、実線は標準大気、A ~ C は、それぞれ条件を変えて行った大気の放射平衡および放射対流平衡の数値実験の結果を示している。

いずれの数値実験でも、地表付近の温度は (a) 大気がまったく存在しないと仮定したときに算出される放射平衡温度よりも高い。高度 10km 以下では、A, B の方が C よりも温度減率が大きい。これは、A, B では (b) 対流による熱の輸送の効果が考慮されていないためである。一方、高度 10km 以上では、B, C の温度は、A よりも極端に高い。これは、B, C では (c) 大気中に含まれるオゾンによって太陽放射中の可視光が吸収されるとききの加熱の効果が含まれるためである。



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

問 2 表は、未飽和の湿潤空気塊と飽和した湿潤空気塊を断熱的に膨張させたときに、それぞれの空気塊が持つ最上欄に示した物理量が保存されるかどうかを記号で表したものである。この表の空欄 (a) ~ (d) に入る記号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。

物理量 湿潤空気塊	混合比	相対湿度	温位	相当温位
未飽和湿潤空気塊	○ (a)	×	(c) ○	○
飽和湿潤空気塊	×	(b) ○	×	(d) ○

記号 ○ : 保存される × : 保存されない

- | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|---|
| | (a) | (b) | (c) | (d) | |
| ① | ○ | ○ | ○ | ○ | 1 |
| ② | ○ | ○ | ○ | × | |
| ③ | ○ | ○ | × | ○ | |
| ④ | ○ | × | ○ | ○ | |
| ⑤ | × | ○ | ○ | ○ | |

問 3 表に示すような分子量を持つ気体 A～D がある。気体 B, D の圧力を気体 A, C と同じ 1000 hPa に断熱的に変化させたとき、四つの気体を密度が小さい順に左から右へ並べた順序として最も適切なものを、下記の①～⑤の中から一つ選べ。

ただし、気圧を P 、体積を V 、質量を m 、分子量を M 、普遍気体定数を R 、絶対温度を T としたとき、気体の状態方程式は $PV=(m/M)RT$ であり、密度は m/V である。

気体	分子量	圧力	温度	温位
A	32	1000 hPa	310 K	310 K
B	32	700 hPa	271 K	300 K
C	28	1000 hPa	310 K	310 K
D	28	700 hPa	271 K	300 K

最大
最小

←小 気体密度 大→

① A B C D

② B A D C

③ C A D B

④ C D A B 4

⑤ D C B A

$$1000 = P_A \times R_{32} \times 310$$

$$1000 = P_D \times R_{28} \times 300$$

$$P_A \times R_{32} \times 310 = P_D \times R_{28} \times 300$$

$$\frac{P_A}{P_D} = \frac{300}{310} \times \frac{R_{28}}{R_{32}} \quad \frac{300 \times 32}{310 \times 28} \quad P_A > P_D$$

問 4 降水粒子の形成と発達の過程に関する次の文 (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) 水滴が他の水滴を併合して成長する過程では、単位体積の空気中に存在する水滴の質量の合計が同じであれば、水滴の半径がほぼ揃っているときよりも、水滴の半径が幅広く分布しているときの方が、水滴の成長速度が速い。□

(b) 雲頂温度が -20°C 以下の雲には、ほとんどの場合氷晶が存在する。□

氷晶核 (ダスト・粘土鉱物・バクテリアなど) があると、 $-10 \sim -20^{\circ}\text{C}$ あたりから急激に凍りやすくなる
氷晶核がなくても、水滴は十分冷えると自然に凍ります。自発核形成が起こる温度は約 -38°C 以下

(c) 陸上では多くの土壌起源の粒子が氷晶核として働くために、単位体積の大気中に含まれる氷晶核の数は凝結核の数よりも多い。✕

(d) 過冷却水滴でできた雲内に生成された氷晶は、過冷却水滴を捕捉する過程がないと降水粒子に成長することができない。✕

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

① 正 正 正 誤

② 正 正 誤 誤 2

③ 正 誤 正 正

④ 誤 正 誤 誤

⑤ 誤 誤 正 正

氷晶は「過冷却水滴を捕捉する過程 (リミング)」がなくても、降水粒子に成長できます。

氷晶は昇華 (氷晶成長) だけでも十分に成長し、雪片として降水になり得る

① 昇華による成長 (氷晶成長) → 雪の結晶の基本成長

氷の飽和水蒸気圧は水より低い

そのため、過冷却水滴が存在する雲では

水蒸気が氷晶に優先的に昇華して付着する (ベルジェロン過程)

これにより氷晶はどんどん大きくなる

→過程だけで雪片として降水粒子になれる

② 過冷却水滴の捕捉 (リミング) → あられ・霰の成長

氷晶が落下しながら過冷却水滴と衝突

水滴が凍りついて氷晶が急速に大きくなる

これが霰 (あられ) や雹 (ひょう) の成長メカニズム

→雪」ではなく「霰・雹」の成長に重要

問 5 大気中における散乱と黒体放射に関する次の文 (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。

(a) レイリー散乱では、空気分子による太陽光の散乱の強さは電磁波の波長が長いほど大きい。晴れた空が青く見えるのはこのためである。

(b) ミー散乱では、散乱の強さは電磁波の波長にあまり依存しない。雲が白く見えるのはこのためである。

(c) ウィーンの変位則によれば、単位波長あたりの放射エネルギー強度が最大になる波長 λ_{max} は放射体の絶対温度 T に反比例し、

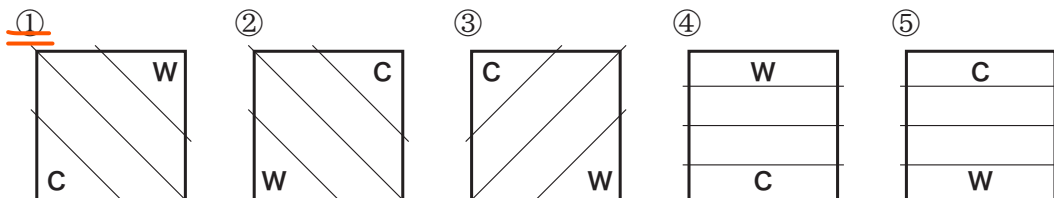
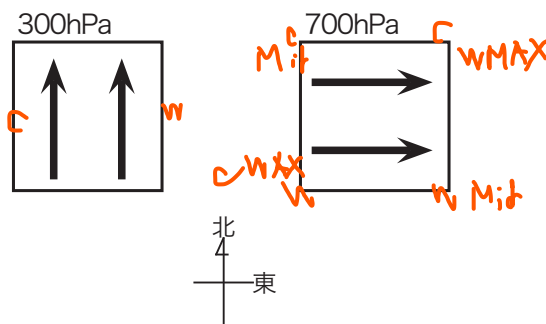
$$\lambda_{max}(\mu\text{m}) = 2898(\text{K} \cdot \mu\text{m}) / T(\text{K})$$

となる。太陽放射エネルギーが最大になる波長は約 $0.5\mu\text{m}$ であり、地球放射エネルギーが最大になる波長はその約 40 倍に該当する。

(a) (b) (c)

- ① 正 正 誤
 ② 正 誤 正
 ③ 正 誤 誤
 ④ 誤 正 正
 ⑤ 誤 正 誤

問 6 上段の図に示すように、北半球中緯度にある正方形の領域の 300hPa 面では一様な南風が吹き、同じ領域の 700hPa 面では同じ風速の一様な西風が吹いている。自由大気中の風が地衡風とみなせるとき、これらの気圧面間の平均気温の分布として最も適切なものを、下段の図①~⑤の中から一つ選べ。ただし、図①~⑤は上段の図の領域を上から見た平面図で上方が北を向いており、細い実線は等温線であり、「C」は低温、「W」は高温を表す。

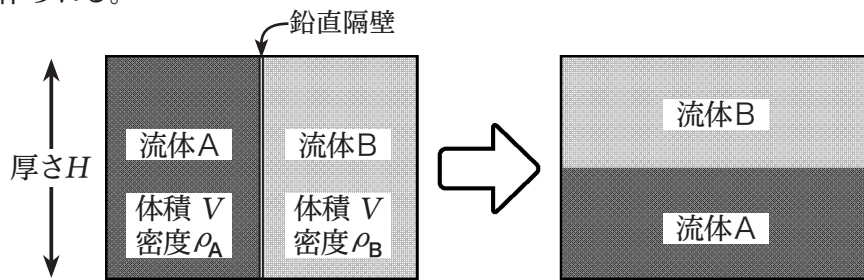


問 7 非圧縮流体が持つ位置エネルギーと流体の運動について述べた次の文章の空欄 (a) ~ (d) に入る適切な語句または数式の組み合わせを、下記の①~⑤の中から一つ選べ。

左図のように同じ体積 V で密度の異なる流体 A と B があり、中央にある厚さが無視できる鉛直隔壁で分離されている。流体 A の密度 ρ_A は流体 B の密度 ρ_B より大きく、これらの密度はそれぞれの流体内部では場所によらず一定で、この後の運動によっても変化しないものとする。

底面を基準とした流体の厚さを H 、重力加速度を g とすれば、左図の流体の全位置エネルギーは (a) となる。中央の隔壁が取り去られ、右図のように流体 A が下に、流体 B が上になった場合を考えると、左図の状態の流体の全位置エネルギーから右図の状態の流体の全位置エネルギーを差し引いた差は (b) となる。これは流体の位置エネルギーの減少分を表しており、この減少分は流体の移動等の運動エネルギーに変換される。

実際の大気では、温帯低気圧の運動エネルギーは、大気の水平方向の温度差に起因する位置エネルギーによる低気圧進行方向前面の (c)、後面の (d) によって作られる。



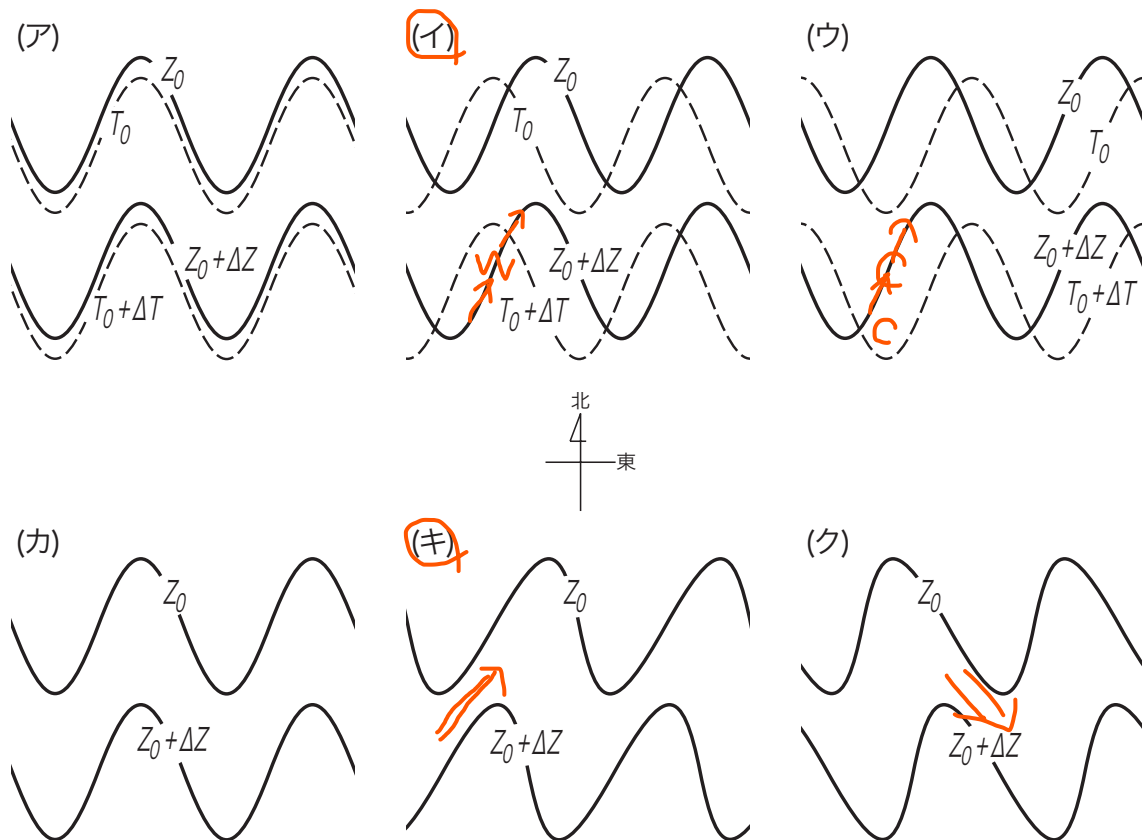
$$\rho_A V g H / 2 + \rho_B V g H / 2 - \rho_A V g H / 4 - \rho_B V g H / 4$$

- | (a) | (b) | (c) | (d) |
|---------------------------------|-------------------------------|------|------|
| ① $(\rho_A - \rho_B) V g H / 2$ | $(\rho_A - \rho_B) V g H / 4$ | 寒気下降 | 暖気上昇 |
| ② $(\rho_A - \rho_B) V g H / 2$ | $(\rho_A + \rho_B) V g H / 4$ | 暖気上昇 | 寒気下降 |
| ③ $(\rho_A + \rho_B) V g H / 2$ | $(\rho_A - \rho_B) V g H / 4$ | 暖気上昇 | 寒気下降 |
| ④ $(\rho_A + \rho_B) V g H / 2$ | $(\rho_A + \rho_B) V g H / 4$ | 暖気上昇 | 寒気下降 |
| ⑤ $(\rho_A + \rho_B) V g H / 2$ | $(\rho_A + \rho_B) V g H / 4$ | 寒気下降 | 暖気上昇 |

$$\rho_A V g H / 4 - \rho_B V g H / 4$$

3

問 8 中高緯度の気は、偏西風帯内の波動によって熱や運動量を南北方向に輸送している。北半球中緯度の 850hPa 面の等高線と等温線に各図に示すような波動があったとき、(ア)～(ウ)のうち、熱を北方向に輸送するものと、(力)～(ク)のうち、西風の運動量を北方向に輸送するもの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。ただし、各図の上方が北を向いており、 Z_0, T_0 はそれぞれ等高線と等温線の値、 $\Delta Z, \Delta T$ はそれぞれ正の高度差と正の温度差である。



実線は 850hPa 面の等高線、破線は等温線

	熱を北に輸送	運動量を北に輸送
①	(ア)	(力)
②	(イ)	(キ) 2
③	(イ)	(ク)
④	(ウ)	(キ)
⑤	(ウ)	(ク)

問 9 熱帯地方で観測される典型的なスコールラインに関する次の文 (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) スコールラインが通過しても、地上気温はほとんど変化しない。✕

(b) スコールラインの進行方向後面^{後面}で新しい降水セルが継続的に形成され、スコールライン内を前面に向けて移動しながら発達するので、スコールラインは全体としてゆっくり前方に移動する。○→✕

(c) スコールラインの通過に伴って気圧が急変することがある。○

(d) スコールラインは進行方向後面に層状性の雲の領域を伴っており、そこでは連続性の降水をもたらす。✕→○

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

スコールラインの典型構造 (熱帯)

熱帯でよく見られるスコールラインは、前縁に強い上昇流 (ガストフロント) があり、そこで新しい積乱雲 (降水セル) が次々と形成されるという特徴があります。

✓ 典型的なセルの発生位置

- ・ 前面 (進行方向側) で新しいセルが発生
- ・ 既存のセルは後方へ流され、降水域を形成
- ・ 全体としてスコールラインは 前方へ進む

これは「前方伝播型 (forward-propagating)」と呼ばれます

✕ 後面で新しいセルが形成されるのは「バックビルディング型」

日本の線状降水帯でよく見られるタイプ

熱帯の典型スコールラインとは別の現象

後方で新セル → 前方へ流される → 線状降水帯が停滞

模範解答では

進行方向前面に強い対流 (積乱雲) を伴い、後面に層状性の雲域が広がるとの意味で (d) を正しいとしているようですが、

以下、AI の意見では主体は対流性の降水という意味で (d) は誤りとしている

進行方向後面に層状性の雲域があり、そこで連続性の降水をもたらす

とありますが、これは 中緯度の前線性降水のイメージに近く、

熱帯スコールラインの典型像とは異なります。

熱帯スコールラインの特徴

降水の中心は 前面の対流セル

後面は 弱い層状性降水または雲域

「連続性の降水」を主に生むのは後面ではなく、

前面の対流セルが次々と発生することによるライン全体の持続性

つまり、後面の層状雲域は「降水の主役」ではありません。

①後面に層状性の雲域があるか: ある (正しい)

②そこで連続性の降水が主に生じるか: 主には誤りだが (d) では主には言っていない

③降水の主体: 前面の対流セル (新しいセルが次々発生)

④スコールラインの移動: 前面での新セル発生により前方へ進む

問 10 成層圏の循環に関する次の文 (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。

REDPDFを参照

- (a) 北半球の中・高緯度の成層圏では、夏季には対流圏からプラネタリー波が伝播せず、天気図では等高度線は北極を中心とする同心円状になり、西風が卓越する。✗
- (b) 北半球の中・高緯度の成層圏では、冬季には対流圏からプラネタリー波が伝播し、天気図には等高度線の不規則な蛇行がしばしば見られる。○
- (c) 北半球の中・高緯度の成層圏では、冬季には対流圏からのプラネタリー波の伝播によって、北極周辺での急激な気温上昇、および高度場と風の場の大規模な変動を伴う突然昇温が起こる。○

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

問 11 海洋による大気中の二酸化炭素の吸収量について述べた次の文 (a) ~ (d) の正誤について、下記の①~⑤の中から正しいものを一つ選べ。

- (a) 海洋が酸性化し海水の pH が小さくなると、海洋の二酸化炭素の吸収量は減少する。○ 海洋が酸性化 (pH 低下) すると、水素イオン (H+) が増える、炭酸イオン (CO₃-2) が減る
反応が左側 (CO₂の形) に戻りやすくなるつまり、
海水が CO₂を吸収して別の形に変える能力 (緩衝能) が低下する
- (b) 海面水温が上昇すると、海洋の二酸化炭素の吸収量は減少する。○ 水に気体が溶ける量 (溶解度) は、一般に 温度が上がるほど小さくなる という性質があります。
水温が低い → CO₂ がよく溶ける/水温が高い → CO₂が溶けにくい
- (c) 海洋の二酸化炭素の吸収量の上限は、主に海洋表層から深層への二酸化炭素の輸送量に依存している。○
- (d) 海洋の二酸化炭素の吸収量は、エルニーニョ現象など海況の影響を受けて変動している。○

- ① (a) のみ誤り
- ② (b) のみ誤り
- ③ (c) のみ誤り
- ④ (d) のみ誤り
- ⑤ すべて正しい

海洋の混合が弱まり、深層への CO₂輸送が減る
海面が温まると、表層の水が軽くなり、上下の混合が弱まります。
表層に吸収された CO₂が深層へ運ばれにくくなる
表層の CO₂濃度が上がり、吸収がさらに進みにくくなる、つまり、
海洋全体として CO₂を取り込む効率が低下する
エルニーニョ時には、湧昇流が弱まる
深層の CO₂が表面に出にくくなる
大気への CO₂ 放出量が減る
→結果として、海洋の CO₂吸収量が相対的に増える
(海面水温上昇より湧昇流の弱まりに伴う CO₂排出量の減少の影響が勝つ)
ラニーニャ時には、湧昇流が強化
深層の CO₂が大量に表層へ
大気への CO₂ 放出が増える
→海洋の CO₂吸収量は減少しやすい
(海面水温下降より湧昇流の強まりに伴う CO₂排出量の増大の影響が勝つ)

問 12 予報業務の許可を受けている者が、その予報業務の範囲を変更するときにとるべき手続きを述べた下記の①～⑤の中から正しいものを一つ選べ。

- ① 変更した日から 30 日以内に、その旨を気象庁長官に報告しなければならない。✗
- ② 変更しようとする日の 30 日前までに、その旨を気象庁長官に届け出なければならない。✗
- ③ 過去 1 年間の予報実績を添付して、気象庁長官に変更の承認を申請しなければならない。✗
- ④ 事前に、気象庁長官の変更の認可を受けなければならない。○
- ⑤ 気象庁長官に対して、改めて予報業務の許可を申請しなければならない。✗

問 13 予報業務の許可を受けた者が、現象の予想を行う事業所ごとに原則として置かなければならない気象予報士の人数について述べた次の文章の空欄 (a) ～ (d) に入る適切な語句または数字の組み合わせを、下記の①～⑤の中から一つ選べ。

予報業務の許可を受けた者は、現象の予想を行う事業所ごとに、1 日当たりの現象の予想を行う時間に応じて、8 時間以下のときには (a) 名、8 時間を超え 16 時間以下のときには (b) 名、16 時間を超えときには (c) 名以上の専任の気象予報士を置かなければならない。

複数の気象予報士を配置しなければならない事業所の気象予報士の数がこの規定を満たさなくなったときには、(d) 以内にこれを満たすように補充しなければならない。ただし、この期間も 1 名以上の気象予報士が配置されていなければならない。

	(a)	(b)	(c)	(d)
①	1	2	3	2 週間
②	1	2	3	1 か月
③	1	3	4	1 か月
④	2	3	4	2 週間
⑤	2	3	4	1 か月

✗ 4

問 14 気象業務法に規定する罰則 (罰金または懲役) が適用される事例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) 地方公共団体が気象庁に届け出をして使用している防災用の雨量計の設置位置を正当な理由なく移した者は処罰の対象となる。○

(b) 予報許可を受けている事業者が、1 年間の長期間にわたり予報業務の休止をするにあたって、休止に先立ちその許可を気象庁長官に申請しなかったときには、その事業者は処罰の対象となる。✕

(c) 気象予報士が死亡したときに、その旨を気象庁長官に届け出ることを怠った相続人は処罰の対象となる。✕

(d) 気象庁長官の命を受けて私人の所有地で観測を行おうとした気象庁職員に対して土地への立ち入りを拒んだ所有者は処罰の対象となる。○

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

問 15 高潮に関する警報と予報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) 高潮のため河川の水位が上昇してはん濫などの重大な災害のおそれがある場合は、高潮警報が発表される。○

(b) 気象庁以外の者は、高潮警報を発表してはならない。○

(c) 水防警報は、洪水・津波のほか、高潮によって災害が発生するおそれがあるときにも発表される。○

(d) 都道府県知事が高潮予報を行うには、気象庁長官の許可が必要である。○

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