

第 II 部

2010 年

- 第 4 回国際地学オリンピック・インドネシア大会

インドネシア・ジョグジャカルタにて開催 2010 年 9 月 19 日 - 28 日

参加国 ルーマニア、フィリピン、アメリカ、ウクライナ、タイ、日本、ロシア、カンボジア、スリランカ、イタリア、インド、台湾、韓国、クウェート、モルディブ、ネパール、インドネシアの 17 か国・63 名が参加。

筆記試験講評 今回の筆記試験では、52 の大問のうち、地質・固体地球科学部門からの出題は 24 問、気象・海洋科学部門からは 18 問、天体・惑星科学部門からは 10 問となっていた。全体的に多項式選択問題が多く、空所補充問題、計算問題、簡単な記述問題もみられた。問題の難易度は 3 部門とも「地学 I」のレベルであった。

実技試験講評 (未掲載) - 地質分野の実技試験は、増水により、当初予定していた Ngalang 川沿いの露頭ではなく、Dlingo で実施された。午前中は晴れていたが、午後はスコールにみまわれたため、雨合羽を着用して受験した生徒もいた。生徒にはルーペやコンパス、ハンマーが貸し出され、山地の道路沿いの露頭 8 ヶ所を徒歩でめぐった。

- 海洋分野は、Baron 海岸の 3 地点で実技が行われた。丘に登ってから波の観察を行うなど、体力も必要な試験であった。海水の水温などの測定、海岸に打ち寄せる波の測定および波長などの解析、沿岸地形の記載が出題された。

- 気象分野は、百葉箱が設置されているガジャマダ大学の Pancasila 競技場で、午前 8 時から 11 時の間に実施された。試験は個別に行なわれ、気温・風速・雨量の測定に加え、気象データの処理と解釈が問われた。

- 天文分野については、星図を用いた計算と解釈、天体望遠鏡のシミュレーションであった。

インドネシア大会・地質分野

問題 1 解答: d

問題 2 解答: b

問題 3 解答: b

解説: 有色鉱物ではかんらん石、輝石、角閃石、黒雲母の順、無色鉱物では斜長石、カリ長石、石英の順に晶出する。

問題 4 解答: e

解説: ホモ・エレクトスは更新世、マストドンは中新世から更新世、ヒラコテリウム (あけぼのウマ) は暁新世から始新世、貨幣石は暁新世から漸新世にかけて主に生息した。

問題 5 解答: a

問題 6 解答: b

解説: 珪ニッケル鉱は $(\text{Ni, Mg})_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ という化学組成を持つ。

問題 7 解答: c

問題 8 解答: c

解説: U 字谷は氷河によるもので、V 字谷は河川によるもの。

問題 9 解答: a

問題 10 解答: c

問題 11 解答: d

問題 12 解答: b

解説: 下位が変成岩 or 深成岩のものを無整合、上下ともに堆積岩のものを傾斜不整合、平行不整合で浸食のない物を准整合、浸食のあるものを非整合という

問題 13 解答: d

問題 14 解答: a

解説: 礫は 2mm 以上の粒子で、堆積岩の粒子は丸みを帯びる。

問題 15 解答: d

解説: 断層が頁岩と砂岩を切っているので、これらより断層は新しい。花崗岩は全てに対して貫入しており最も新しい。

問題 16 解答: 方解石

問題 17 解答: 斜長石、石英

問題 18 解答: c

解説: 引っ張り力が働くと上盤がずり落ちる。

問題 19 解答: 走向は東西方向、傾斜は南向き

解説: 地層と等高線の交点を結ぶと走向が東西とわかる。交点を結んだ線に対して北側の標高が高いから傾斜は南向きになる。

問題 20 解答: 南北方向、厚さ 70m

解説: 交線の間隔を見ると標高 100m に対して水平方向に 100m であり、傾斜角は $\sin 45^\circ$ となる。ほぼ水

平な場所で南北方向に地層が 100m 伸びているから、厚さ d について、

$$d = \frac{100\text{m}}{\sin 45^\circ} = 70\text{m}$$

となる。

問題 21 重力 g について、これが中心からの距離 r の自乗に反比例することから、中心から $R + h$ の海面上で、

$$g = 9.83 \frac{R^2}{(R+h)^2} \text{m/s}^2 = 983 \frac{R^2}{(R+h)^2} \text{gal}$$

となる。

問題 22 x に対して時間 t の増加率が大きい $x \leq 12\text{m}$ の部分を第 1 層のみを通った成分、増加率が小さい $x \geq 14\text{m}$ の部分を第 2 層も通過した成分と考える。まず $x \leq 12\text{m}$ を線形回帰して $t = -0.40 + 2.3x$ となり、この傾きの逆数が V_1 に対応しており、 $\text{m/ms} = \text{km/s}$ に注意して $V_1 = 0.43\text{km/s}$ となる。同様に $x \geq 14\text{m}$ について $t = 17 + 0.89x$ となり、この傾きの逆数が V_2 に対応することから、 $V_2 = 1.1\text{km/s}$ となる。続いて、走時曲線の折れ曲がりの $x = 14\text{m}$ の点について、

$$t = \frac{2h_1\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}{V_2V_1} + \frac{x}{V_2}$$

となり、これを h_1 について解いて、

$$h_1 = \frac{V_2V_1}{2\sqrt{V_2^2 - V_1^2}} \left(t - \frac{x}{V_2} \right)$$

となる。これに、 $x = 14\text{m}$, $t = 30\text{ms}$ と先ほどの V_1, V_2 を代入すると、 $h_1 = 4.1\text{m}$ となる。

問題 23 $M = 5, 7$ の地震が発生する頻度をそれぞれ N_5, N_7 とおくと、

$$\log N = a - bM$$

を用いることで、

$$\begin{aligned} \log \frac{N_5}{N_7} &= (a - 5b) - (a - 7b) = 2b = 2 \\ \frac{N_5}{N_7} &= 10^2 = 100 \end{aligned}$$

となる。

問題 24 PS 時を t 、震源までの距離を d として、大森公式より、

$$d = \frac{V_p V_s}{V_p - V_s} t = 8.8t \quad (1)$$

となる。各点について t を読み取ることで、 d を求めることができ、

$$\begin{aligned} d &= 8.8 \times 11 = 96\text{km} \quad (\text{AE2}) \\ d &= 8.8 \times 12 = 1.1 \times 10^2\text{km} \quad (\text{AG2}) \\ d &= 8.8 \times 16 = 1.4 \times 10^2\text{km} \quad (\text{BH2}) \\ d &= 8.8 \times 14 = 1.2 \times 10^2\text{km} \quad (\text{AK4}) \end{aligned}$$

それぞれからこの距離にある点をコンパスで描く。

インドネシア大会・気象分野

問題 1 解答: c

解説: 雪氷圏は寒冷地や高山で水が雪や氷として存在する地域を指す。

問題 2 解答: c

問題 3

(A) 解答: 1000m

解説: 空気が温度 30°C 、相対湿度が 53.65% であることから、水蒸気量は $27.69 \times 0.5365 = 14.86\text{g}$ となり、 20°C で凝結する。この時の高度は断熱減率より 1000m となる。

(B) 解答: 10°C

解説: 2539m のうち 1000m を不飽和状態で上昇するから、高度 2539m での温度は $30 - (1 \times 10 + 1.539 \times 6.5) = 10^{\circ}\text{C}$ となる。

(C) 解答: 山頂で 5°C , 100% , 風下で 38°C , 12%

解説: 3308m での温度は前問と同様に計算して、 $30 - (1 \times 10 + 2.308 \times 6.5) = 5.0^{\circ}\text{C}$ になり、飽和状態である。風下までは全て不飽和で降下するから、風下の温度は $5.0 + 3.308 \times 10 = 38^{\circ}\text{C}$ となる。飽和水蒸気量の増加の仕方は問題の表から指数関数的であると推測されるので、 5°C , 38°C の飽和水蒸気量を近傍の飽和水蒸気量から推定すると、 5°C では $3.84^{1/2} \times 7.76^{1/2} = 5.46\text{g}$ 、 38°C では $27.69^{1/5} \times 49.81^{4/5} = 44.3\text{g}$ となる。このことから相対湿度は $5.46/44.3 = 12\%$ となる。

問題 4 解答: c

解説: コリオリ力の大きさは $2m\Omega v \sin \theta$ と書かれる。(m :質量, Ω :地球の自転角速度, v :運動速度, θ :緯度)

問題 5 解答: b

問題 6 解答: a

解説: コリオリパラメータを用いるとコリオリ力は単位質量あたり fv と書けるので (f はコリオリパラメータ、 v は速度)、単位質量に働く力は $5 \times 10^{-4}\text{N}$ となり、これが単位質量にかかる圧力傾度力に等しい。

問題 7 解答: A \uparrow , B \downarrow , C \downarrow

解説: A の部分の気温減率は $8^{\circ}\text{C}/\text{km}$ で不飽和の空気塊に対しては不安定で飽和の空気塊に対しては安定であるため、ある一定の高度で上昇が停止する。一方 B, C では気温減率は湿潤断熱減率よりも小さく絶対安定であるため、元の高度付近で振動する。

問題 8 解答: a

問題 9 解答: b 解説: スマトラ島の西岸にのみ存在していることから、インド洋から吹き付ける風と、地形の複合効果であることが予想される。

問題 10 解答: c

問題 11 解答: a

問題 12 解答: 2300m

解説: $20 / \tan 0.5^{\circ} = 2300\text{m}$ と計算される。

インドネシア大会・海洋分野

問題 1 解答: c

問題 2 解答: d

解説: ある物体が受け取った熱量 Q に対して温度上昇 ΔT , 熱容量 C とすると、 $Q = C\Delta T$ の関係が成立する。

問題 3 解答: e

解説: 表層の水は大気と接しているため酸素濃度が高く、気体の溶解度は温度が低いほど大きくなる。

問題 (3 と 4 の間) 解答: 熱帯は熱帯低圧帯の影響で蒸発量に比べて降水量が多くなるため塩分濃度が小さくなる。一方亜熱帯では亜熱帯高圧帯の影響で蒸発量に比べて降水量が少ないため塩分濃度が大きくなる。

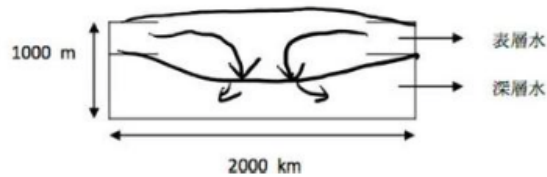
問題 4 解答: 左上から a, d, b, e, c

問題 6

1) 解答: B)

解説: コリオリ力の向きの違いから、北半球では時計回りで南半球では反時計回りになる。

2) 解答:



インドネシア大会・天文分野

A

問題 1 解答: b

解説: 全ての惑星が円軌道であると仮定すれば、最大離角が小さい惑星ほど内側の軌道になる。

問題 2 解答: b

解説: 月の自転公転周期が等しいため、常に月は地球に同じ面を向けており、地球から見て明るい場所が月の昼にあたる。

問題 3 解答: d

解説: 地球の自転方向と公転方向は等しいため、実際の地球の自転周期は $24 \times 60 / 365 = 3.9\text{min}$ だけ一日より短い。自転が逆向きになると、1 太陽日の長さは自転周期よりさらに 3.9min 短くなるので、およそ 8min 短くなる。

問題 4 解答: b

解説: 天体が出す黒体放射のエネルギーはシュテファンボルツマン定数 σ を用いて、 $4\pi R^2\sigma T^4$ である。こ

ここで地球を \oplus , 太陽を \odot と書くと、地球のアルベド A , 地球太陽間の距離 d として熱収支がつりあうことから、

$$(1 - A)4\pi R_{\odot}^2 \sigma T_{\odot}^4 \frac{\pi R_{\oplus}^2}{4\pi d^2} = \pi R_{\oplus}^2 \sigma T_{\oplus}^4$$

$$T_{\oplus} \propto T_{\odot} \sqrt{R_{\odot}}$$

となる。赤色巨星で太陽半径が現在の 16 倍、温度が 1/2 倍になるとすると、この比例関係から地球の温度は 2 倍になる。

問題 5 解答: d

解説: 惑星の公転軌道半径 a 、恒星までの距離 d として、年周視差 θ は $\theta = a/d$ となり、公転軌道半径に比例する。よって、年周視差は $0.05 \times 5.2 = 0.26''$ となる。

問題 6 解答: d

解説: ケプラーの第三法則より、公転周期 $T(\text{yr})$, 軌道長半径 $a(\text{au})$, 中心星の質量 $M(M_{\odot})$ として、 $a^3/T^2 = M$ が成り立つ。このことから太陽の質量が 2 倍になると、公転周期は $1/\sqrt{2}$ 倍になる。

問題 7 解答: e

解説: ケプラーの第三法則より、軌道長半径 $a = 76^{2/3} \text{au} = 18 \text{au} = 2.7 \times 10^{12} \text{m}$ になる。よって離心率 e は以下のようになる。

$$e = 1 - \frac{8.9 \times 10^{10}}{2.7 \times 10^{12}} = 0.967$$

問題 8 解答: a

解説: 恒星の相対速度が十分に小さければ、恒星の相対速度 v とスペクトルの波長のずれ $\Delta\lambda$ の対して、 $v/c = \Delta\lambda/\lambda$ が成り立つ。これより $v = 60 \text{km/s}$ で近付いていることになる。

B

問題 1 解答: 地球と火星の距離を d として、火星の視直径 Θ とすると、 $\Theta = 2R_M/d$ が成り立つ。 d の最小値は地球と火星の公転を考えると $d_{\min} = 1.5 \times 10^{11}(a_M(1 - e_M) - a_E(1 + e_E)) = 5.1 \times 10^{10} \text{m}$ であり、この時視直径は $\Theta_{\max} = 2R_M/d_{\min} = 1.3 \times 10^{-4} \text{rad} = 7.5 \times 10^{-3} \circ \ll 0.5 \circ$ なのでこの噂は間違っている。

問題 2 解答: 1 月 15 日の太陽の視半径 Θ_{\odot} は、地球の軌道長半径 a として、

$$\frac{R_{\odot}}{a(1 - e)} = \frac{6.96 \times 10^8}{1.5 \times 10^{11}(1 - 0.017)} = 4.7 \times 10^{-3} \text{rad}$$

となる。このため、月の視半径 Θ_m は $\Theta_m = 4.7 \times 10^{-3} \times \sqrt{0.97} = 4.6 \times 10^{-3} \text{rad}$ このことを用いて、地球と月の距離 d_M は月の半径 R_m を用いると、

$$d_M = \frac{R_m}{\Theta_m} = \frac{1.738 \times 10^3}{4.6 \times 10^{-3}} = 3.7 \times 10^5 \text{km}$$

となる。