

第 VI 部

2014 年

- 第 8 回国際地学オリンピック・スペイン大会

スペインのサンタンデルにて開催 2014 年 9 月 22 日 - 28 日

参加国・地域 アメリカ、インド、オーストリア、タイ、ドイツ、ノルウェー、ベラルーシ、イスラエル、インドネシア、クウェート、大韓民国、ナイジェリア、ブラジル、ルーマニア、イタリア、ウクライナ、スペイン、台湾、日本、フランス、ロシアの 21 か国・82 名が参加。

試験講評 筆記試験は、大会 4 日目午後に Paper 1 と Paper 2 が、大会 5 日目の午前中に Paper 3 と Paper 4 がそれぞれ実施された。4 試験とも実施時間は 2 時間、そのうち解答時間は 1 時間半で、残りの時間は問題配布や回収などの時間であった。出題内容は国際地学オリンピックのシラバスに準じたものであったが、部門別の試験ではなく、試験ごとにテーマが設けられた分野横断型の試験であった。難易度は、概ね高等学校の地学基礎ならびに地学程度の内容であった。ただし、土壌に関する 題や石灰岩地形の詳しい名称を問うもの、露頭でみられる厚歯二枚貝を答えさせるものなど、例年のように開催地にちなんだ (日本の高等学校地学では見慣れない) 問題もあった。

試験 1 - ダーウィンの航海

問題 1 解答: c

解説: 出発地点での時刻が分かれば、経度を計算することができる。

問題 2 解答: a, b, e, g, i, k および l

解説: 地点 1 から 17 にかけて、ユーラシアプレート - アフリカプレート - 南米プレート - 南極プレート - ナスカプレート - 太平洋プレート - オーストラリアプレートを通過している。

問題 3 解答: c

解説: 大西洋中央海嶺が存在し、大西洋は拡大している。プレートの動きは 1 年間に数 cm のオーダーであることから、100m 以上広がることはないことは分かるだろう。

問題 4 解答: b

解説: 気象モデルの違いや、観測値の精度によって、予報はどうしてもばらつきが出てしまう。同一のモデルを使用していても、ある地点の気温・圧力などを微かに変化させるだけで、その後の予報に大きな違いが出ることもありうる。そのために、様々な初期条件・モデルを組み合わせることで、より正確な予報を得る手法をアンサンブル予報と呼ぶ。

問題 5 解答: c

問題 6 解答: d

解説: 大気大循環を考えると、熱帯域では北半球で北東貿易風、南半球で南東貿易風が吹いている。赤道付近では東風が卓越すると考えられる。すなわち、西向きの風が吹く。

問題 7 解答: c

解説: 海嶺においては、上部マントルの物質が部分熔融してプレートが形成されている事実を踏まえれば、b が適切。大西洋は一貫して拡大し続けている。

問題 8 解答: b

解説: マイロナイトは、摩擦 (せん断) の存在する領域で生成される。最も形成されやすい場所は選択肢の中では b のトランスフォーム断層。

問題 9 解答: b

解説: 北極星を見るためには、赤道まで移動しなければならない。
移動距離は、北に向かって ($R_C = 6371\text{km}$, 地球半径)

$$2\pi R_C \times \frac{36^\circ}{360^\circ(\text{地球の全周})} \simeq 4000\text{km}$$

問題 10 解答: c

解説: パタゴニアには、氷河期に形成されたフィヨルドが広がっている。

問題 11 解答: b

解説: もとの 70% とあるから、形成年代 t は

$$\frac{1}{2^{t/5000 \text{ 万年}}} = 0.7 \quad \rightarrow \quad \frac{t}{5000 \text{ 万年}} \log 2 = -\log 0.7$$

を解くことで、約 2500 万年前と求められる。

問題 12 解答: d

解説: 地層 2 は、火成岩とあるが、成層して堆積していることから、深成岩とは考えづらい。火山活動が適当。

問題 13 解答: b

解説: 地層 7 は褶曲していることから、不整合 B が傾斜不整合であると考えられる。

問題 14 解答: c および f

解説: 海退すると、堆積が止まり表面が風化されるため、次に堆積する地層との間に不整合が生じる。不整合が生じている地層間のうち、下に堆積している地層が堆積岩であるものが、海退を示している。

問題 15 解答: d

解説: 地層 8、7 の順に形成された後、地層 9 が貫入してきたと考えられるので、地層 7 の形成年代は、地層 8 と 9 の間であると考えられる。放射年代を問題 11 と同様に求めると、地層 9 は 200Ma、地層 7 は 225Ma。

問題 16 解答: d

解説: 海洋表層の流れは、風に引きずられて発生する風成循環であるのに対し、深層での流れは海水の温度と塩分濃度の違いによって引き起こされている。なお、南極底層水 (AABW) は高塩分である。

問題 17 解答: b

解説: フィヨルドは氷河の浸食作用によって作られた地形のこと。

問題 18 解答: a

解説: Station 2 に最も早く地震波が到着していることから、考えられる地点は a のみ。

問題 19 解答: a

解説: アルゼンチン沖には大陸棚が広がっている。大陸棚の模式図を含んでいるのは a。

問題 20 解答: b

解説: チリ沖では、ナスカプレートが沈んでおり、大陸のそばにチリ沖海溝が存在する。海溝の模式図を含んでいるのは b のみ。

問題 21 解答: b

解説: ガラパゴス諸島は、ハワイ諸島と同じくホットスポットによって生成された。海嶺においては上部マントルの物質が上昇してきて、プレートを生成している場所であるのに対し、ホットスポットは、地球深部から上昇してきたホットブルームの一部が地殻を突き破って地表に湧き上がっている地点である。

問題 22 解答: d および e

解説: ナスカプレートの動きを地図上から読み取ると、プレートが西から東に動いていることがわかる。すなわち、ホットスポットで生成された島が次から次へと東に移動していく。(ハワイ諸島とは逆向きである。)

問題 23 解答: c

解説: 沈み込み帯の大陸プレート側では、沈み込んだプレートが部分熔融し、マグマが生成されることで、火山が多く発生する。

問題 24 解答: c

解説: 火山島の周りの浅い海域にサンゴが形成されたのち、中央の火山島が海面下に沈むことで、環礁は形成されると考えられている。

問題 25 解答: b

問題 26 解答: h

試験 2 - オルドヴァイ渓谷と人類の誕生

問題 1 解答: c

解説: 日本語訳が少し変ではあるが、「植生のこの変化が、ある類人猿を、あるジャングルから別のジャングルへと移動すること、すなわち二足歩行が大きな効果があったサバンナ横断の原動力となりえました。」と文中にあることから推測できる。

問題 2 解答: a

問題 3 解答: d

問題 4 解答: b

問題 5 解答: a

解説: 足跡を保存する地層を形成するためには、早いスピードで堆積する必要がある。

問題 6 解答: c

解説: マグニチュード 8 以上の地震は、地球において沈み込み帯以外ではほとんど発生しない。

問題 7 解答: d

問題 8 解答: a

問題 9 解答: 1

問題 10 解答: 3

解説: B や C のケイ酸塩の堆積した層は、図において左右非対称に削られた地層上に堆積している。蛇行した川の流れは外側で速く、侵食が激しくなる。A や D の泥層は水平に堆積している。

問題 11 解答: f

解説: 火山灰層 1 が川によって削り取られた上にケイ酸塩が堆積し、その上で新たに火山灰層 2 が形成されていることからわかる。

問題 12 解答: c および g

問題 13 解答: a

解説: K-Ar 年代測定は、 ^{40}K が ^{40}Ar に放射壊変することを利用する。半減期は 12.48 億年。その他の選択肢は、そもそも親核種・娘核種の関係になっていない。

問題 14 解答: c

解説: 簡略化した地質図の読み取り問題。地層 (地質ユニット) 2 および 3 が、地層 1 を挟んだ両側に露出していることから、この地域が褶曲を受けたことが分かる。表面に露出している地層 1・2 の幅が、断層 F1 を挟んで等しいことから、断層 F1 は横ずれ断層であることが分かる。

問題 15 解答: a

解説: 地層の逆転が起こっていないとすると、地層 1 が最も古い地層であることから、この地域は褶曲の”尾根”に相当する地域であることが分かる。すなわち、ブロック BR は、ブロック BL・BC に対して、もともと高い位置にあったものが、断層によってこの高さまで下がってきたことが推察される。断層が東に傾いていることから、引っ張りの力によって生まれた正断層。

問題 16 解答: b

解説: 正断層だから、ブロック BL・BC が隆起した。

問題 17 解答: f

解説: 地層 1 を挟んで両側に露出している地層 2 および 3 の幅が異なるので、非対称な褶曲。

問題 18 解答: b

解説: もともと地層は平行に、かつ、同じ厚さで堆積していたはずである。北側に露出している地層 2 の方が、見た目の幅が小さいのは、より大きい傾斜となっているから。

問題 19 解答: c

解説: 足跡が出来た後に、地層 (地質ユニット) 2 が形成され、その上で褶曲を受けた。

問題 20 解答: e

解説: 地層 1 と 2 の間。

問題 21 解答: a

解説: 地層 2 が露出している、サイト a を発掘すればよい。

問題 22 解答: 惑星 C

解説: 質量は 2.0×10^{27} kg 程度で、太陽質量 2.0×10^{30} kg と合わせて覚えておくべきであろう。大気組成は、水素が 90%・ヘリウムが 10% となっている。

問題 23 解答: 惑星 G

解説: 表層気温が 25° 前後で、酸素が十分量存在する惑星は惑星 G のみである。最も、大気が薄すぎる場合は惑星 G であっても人間が生存可能であるとは限らない。なお、各惑星の質量は、順に金星、火星、地球、水星を表している。平均表面温度や大気組成は必ずしも一致していない。

問題 24 解答: b, c および g

解説: b - 上右図より。

e - 左下図より。Reptiles (爬虫類) という分け方は、末端の一つである Birds (鳥類) のみを省いているため、系統発生的には根拠がない、と読み取れる。

f - 右下図より。「恐竜」が絶滅していない、という言い方は語弊があるが、生物分岐群としての「Archosauria (恐竜類)」は絶滅していない、ということの意味する図と読み取れる。

問題 25 解答: b

解説: 風化断面ではない。葉っぱが積もっていることに対しては、地層を形成するには至っていないので、堆積とは呼ばない。火山灰による地層の可能性もあるので、有機物とも断定できない。

問題 26 解答: b

解説: 鋤きでは上部しか耕せないということを示唆したいと思われる。

問題 27 解答: a

解説: 意図が不明瞭だが、土壌全体に影響を与えるということを示唆したいと思われる。

試験 3 - 火星探査機・Curiosity

問題 1 解答: a

解説: 扇状地は川、モレーンは水河に関連してできるもの。砂漠で見つかるものは砂丘。

問題 2 解答: c

解説: 600Pa では、液体は存在できないことが相図から読み取れる。

問題 3 解答: e

解説: 赤みを帯びた鉱物は、選択肢の中では赤鉄鉱 (Fe_2O_3) のみ。

問題 4 解答: c

解説: 玄武岩・はんれい岩は、火成岩、マイロナイトは変成岩であるため、写真のようにはならない。

問題 5 解答: c

解説: 写真のサイズが 1m であることを考えると、粒径がかなり大きい (レキである) ことが読み取れる。

問題 6 解答: f

問題 7 解答: d

解説: 蛇行係数を求め、とあるが、深く考えずに、図の蛇行程度を最もよく形容する言葉を選べばよいと思われる。

問題 8 解答: a

問題 9 解答: b

問題 10 解答: d

問題 11 解答: a および c

解説: 火山活動の減少も、温度を下げる方向働くが、自転軸の変化により、入射エネルギーの減少が決定的な要因となる。地球の場合でも、地球軌道の離心率の変化、自転軸の傾きの変化、歳差運動 (ミランコビッチサイクル) によって入射エネルギーが変化することで、気候が変化したことが分かっている。

問題 12 解答: c

解説: 地球では、火山ガスの主成分は、水蒸気・二酸化炭素といった温室効果ガスである。火星でもほぼ同様の組成であると考えられる。太陽風は、太陽から吹き出される電離した粒子。

問題 13 解答: d

問題 14 解答: a

解説: 地球上においても、24 億年前までは、酸素はほぼ存在していなかったが、その頃から光合成を行う生命によって酸素が徐々に増加していったと考えられている。

問題 15 解答: b

解説: 成層圏で一旦温度が上昇するのは、酸素を豊富に持つ地球特有の大気構造である。オゾンが紫外線を吸収することによって、成層圏で温度が上昇するが、他の惑星では、高度とともに断熱勾配で温度は減少し続ける。

問題 16 解答: c

解説: 地球と同じメカニズムである。自転軸の傾きによって、入射する太陽エネルギーが異なってくる。なお、惑星軌道が楕円であることによって変化する入射エネルギー量は、自転軸の傾きの効果による変化量より小さい。実際、現在の地球では、遠日点が北半球での夏に相当する。(問題 11 で述べたミランコビッチサイクルによって、夏至となる位置も常に変化している。)

問題 17 解答: d

解説: 我々はオゾンによって、強烈な紫外線から守られている。

問題 18 解答: d および e

解説: 地層累重の法則は、下にある地層の方が古いという極めて当たり前の法則。交差切りについては、次の問いを参照。

問題 19 解答: b

問題 19 解答: e

問題 21 解答: a, c および e

問題 22 解答: g

解説: $5\text{km} / 1\text{sec} = 5 \text{ km/s}$

問題 23 解答: b

解説: 地球上でいう、ホットスポットと同様の現象が起きていると考えられる。プレートテクトニクスが存在しなくても、マントル対流(プルームテクトニクス)は存在しうる。対流によって地球内部から表層へと熱が運ばれているのである。ただし、マントル対流が起きているというだけで、非常に硬い地殻を内部へと沈み込ませる現象、すなわちプレートテクトニクスが存在するというにはならない。なお、プレートテクトニクスが発生するための条件は現在も議論が続いている。

問題 24 解答: a

解説: 石炭紀前期ということもできるが、少なくとも後期ではない。

問題 25 解答: a, f および h

問題 26 解答: c

解説: 火星での隕石の起源の多くは、小惑星帯であることが推測される。他の場所から隕石が落下する可能性も否定はできない。

問題 27 解答: d

解説: $1^\circ = 60'$ (分) である。視直径は、実際の距離の 2 乗に反比例するので、

$$0.5^\circ \times \frac{1}{1.5^2} = 13'$$

問題 28 解答: a および f

解説: Mg や Fe を多く含み、Si 含有量が少ないと、黒色の岩石となる。火成岩の分類から解答できる。

試験 4 - 海岸沿いの現象

問題 1 解答: b

解説: 浅い地域が広がっている b が大陸棚。海水面が今より低かった頃は、陸地として存在した。

問題 2 解答: b

解説: 河川から運ばれた碎屑物は大陸棚に堆積したのち、地震の発生によって海底地すべりろ起こす。その結果、大陸斜面下に相当する b の地域に乱泥流堆積物(タービダイト)が再堆積する。

問題 3 解答: c

問題 4 解答: b

解説: 緩やかな斜面を通る X が最も安全。

問題 5 解答: d

解説: 大西洋には沈み込み帯は存在せず、不活発な大陸縁を形成する。

問題 6 解答: a

解説: 文章から、最低でも 0.5m の水深、図 4 において -0.5m の平均海水準が必要であることがわかる。この水深を上回った直後から観測を始めるのが最適。

問題 7 解答: a および e

解説: 新月・満月のときは、太陽・月・地球が一直線上に並ぶため、潮汐力が最大となる。潮汐力、地球上の各点で生じる遠心力と万有引力のわずかな差から生まれる。

問題 8 解答: e

問題 9 解答: d

解説: 月に一番近づいたときに、月からの万有引力と遠心力の差が最大となり、潮汐力が最大となる。ただし、実際に満潮になるのは、海水の摩擦によって、潮汐力が最大となったに後となる。

問題 10 解答: d

解説: マングローブというのは植物名ではなく、湿地に順応して植生する森林のこと。

問題 11 解答: c

問題 12 解答: e

問題 13 解答: d および h

解説: 河川からの堆積物の流れを堰き止めるような方向の海の流れが必要。

問題 14 解答: b

解説: 写真では、砂丘の地形が海側から風が吹き付けて形成されているように観察できる。それを元に判断できる。

問題 15 解答: D

問題 16 解答: f

問題 17 解答: b

解説: 地下水面の高さから、物質の流れる方向がわかる。

問題 18 解答: c

問題 19 解答: c および d

解説: 有機物はもとより、貝殻も炭酸カルシウムとして炭素を固定している。

問題 20 解答: c

問題 21 解答: d

解説: 低気圧になると、海水を押し付ける大気の圧力が減少して、海水面が上昇する。

問題 22 解答: c

解説: 空気塊が上昇し続けるためには、周囲に比べて温度が低くなければならない。B, D はある高度から上で温度が上昇しているが、加熱源はスーパーセル中には存在しない。

(cf. 状態方程式 $P \propto \rho T$ 順に圧力、密度、温度)

問題 23 解答: c

解説: プラスチックを元に絶対年代が測定できる。

問題 24 解答: d および f

解説: 人類がプラスチックを使用している時代は、地質年代スケールに比べたらとても短い。

問題 25 解答: b および d

問題 26 解答: a および c

問題 27 解答: c, f および g

問題 28 解答: d

問題 29 解答: c

解説: $20\text{m/s} = 20000\text{ l/s}$

試験 5 - 実技試験

問題 17-19 のみ掲載。

問題 17 解答: c

問題 18 解答: d

問題 19 解答: b および f