

Time: 14:00 to 17:00 hrs

Date: August 29, 2019

前書き:

生徒は3時間以内に筆記試験3および4の解答を終えなくてはなりません。

解答用紙のあなたの答えに対応する欄に”V”をマークしてください。

採点配分:

“正解を一つだけ選びなさい”は、正解が1つのみであることを示す。この問題は、以下のよう
に採点する。

- 正解の場合：1点
- 不正解の場合：0点
- 複数の解答をした場合：0点

“正しい説明を「すべて」選びなさい”は、正解が1つ以上あることを示す。この問題は、
以下のよう
に採点する。

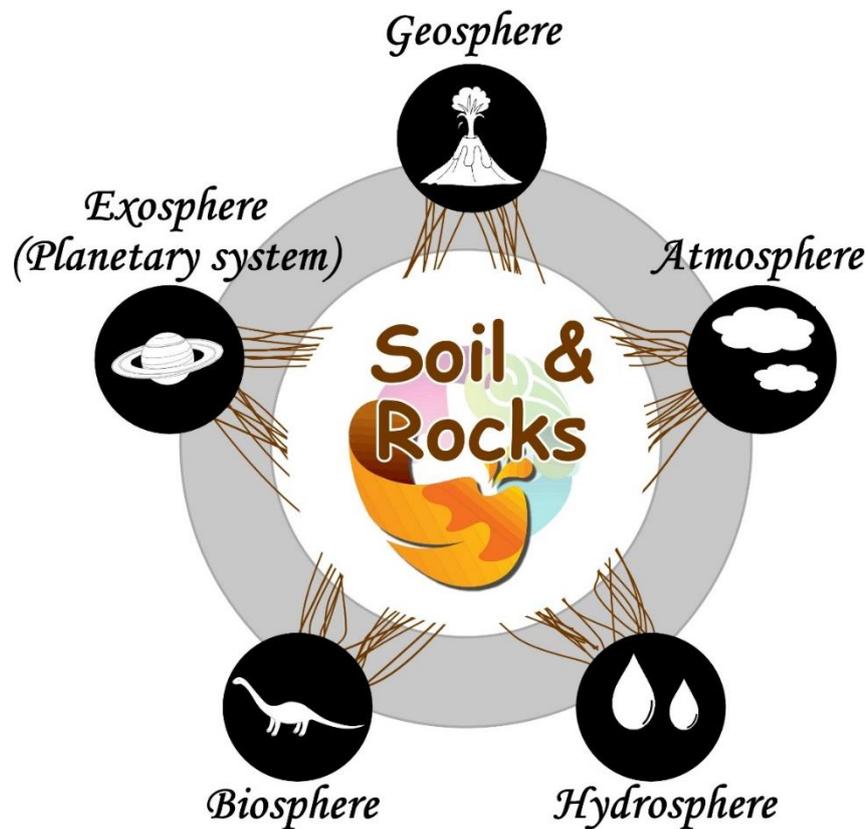
- 正解1つに対して：+1点
- 不正解1つに対して：-0.5点(マイナス0.5点)
- 解答の合計が0点以下になる場合は、0点とする。

テーマ: 土壌と岩石

太陽系の惑星は、地球型と木星型に大別できます。地球型惑星の特徴は、岩石からなる地殻です。

原始地球はマグマの巨大な塊で、後に冷却しました。これにより、マントルとコア、そして硬い表面に対応する地殻へと分化しました。

地殻の構成要素である岩石は、地質学的に長い期間にわたって風化と侵食を受けます。結果として生じる土壌は運搬され、風または水によって堆積盆に堆積します。このゆっくりだが連続的なサイクルが繰り返されます。



このテストでは、地圏、大気、水圏、生物圏間の相互作用の観点から、土壌と岩石、および地殻を構成する材料物質に関する知識と思考能力を評価します。

Q1 の導入：

現在のソウルの市街地はかつて李氏朝鮮（Joseon dynasty; 1392-1897）の首都 Hanyang であった。Hanyang は Hanyang-doseong（ソウル要塞壁）という岩壁で覆われている。これは、1396年に最初に建設され、1422年、1711年、1974年に再建されている。図Aは、図B、Cの位置とともにHanyang-doseong壁の一部を示している。図B、Cの岩石は同一の岩相を示している（図B、Cのスケールは2cmである）。



Q1) Hanyang-doseongの建設に用いられた岩石に関する説明として正しいものを「すべて」選びなさい。

- a) 図B、C は面構造を伴う変成岩である。
- b) 図Cで壁の一部を構成する岩石は、図Bで示されている岩石よりも積み上げた年代が古い。
- c) 図B、Cの岩石の間における表面状態の違いは物理的風化の度合いを反映している。
- d) 図Aの岩石の色の違いは、それぞれの岩石の大气への暴露時間と関連している。
- e) 図Cで見られる岩石の風化は乾燥気候において一般的である。

Q2-Q3 の導入 :

表1は岩石A, Bの鉱物組成・組織・化学組成・産状を示している. 表2は岩石A, Bからそれぞれ生じる土壌C, Dの色と化学組成の代表値を示している.

表1.

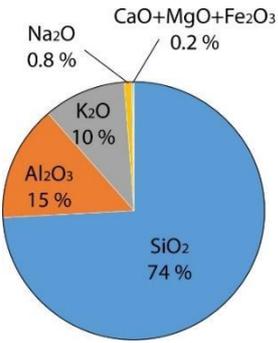
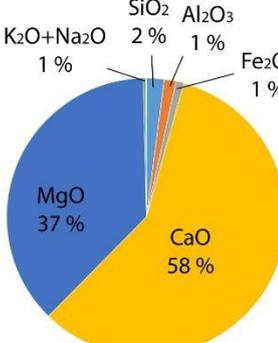
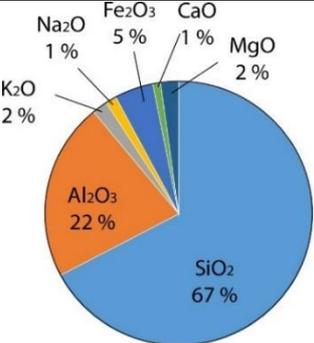
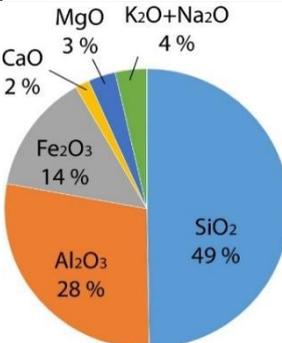
	岩石A	岩石B
産状		
主要鉱物	石英・長石・黒雲母・白雲母	方解石・苦灰石 (ドロマイト)
組織	粗粒・等粒状	細粒・層状
化学組成		

表2

	土壌C	土壌D
色	黄土色	赤褐色
化学組成		

Q2) 表1の岩石 A, Bに関して, 正しい説明を「すべて」選択せよ.

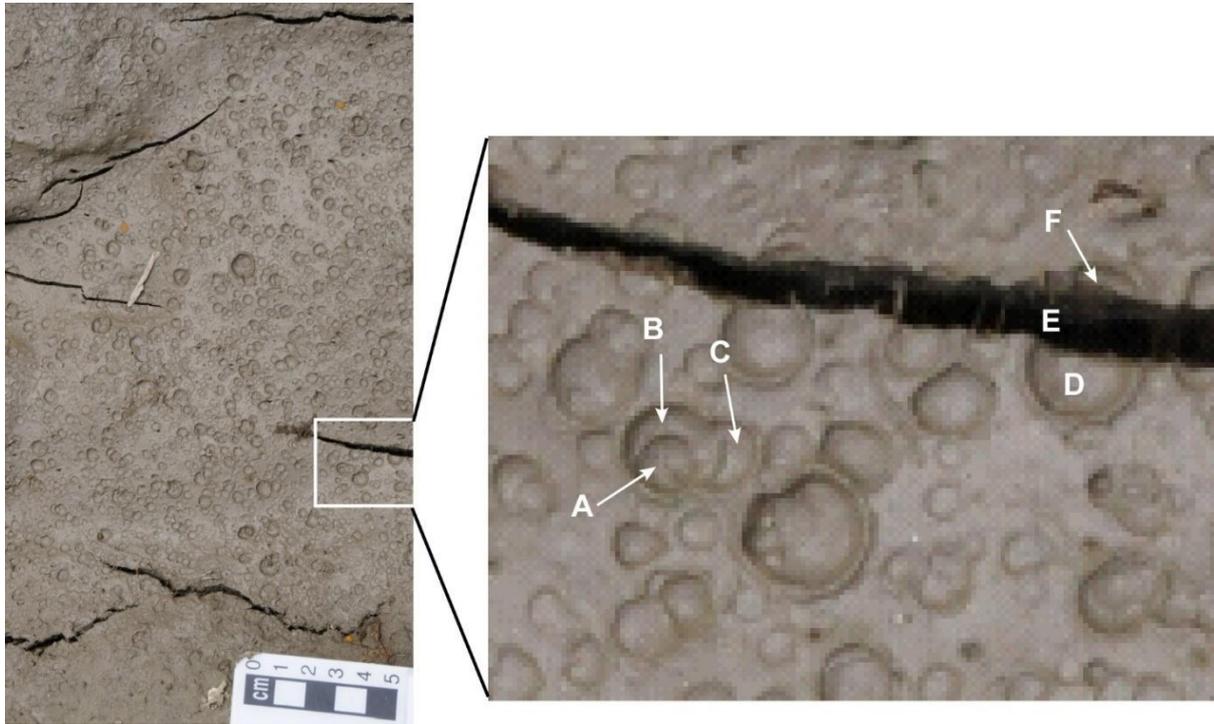
- a) 岩石 Aは花崗岩である.
- b) 岩石 Bは片麻岩である.
- c) 岩石 Bは岩石 Aよりも高温の環境で形成される.
- d) 岩石 Bが岩石 Aよりも高圧の環境で形成される.
- e) 岩石 Aを構成する鉱物はすべてケイ酸塩鉱物である.
- f) 岩石 Bの構成する鉱物の大部分は炭酸塩鉱物である.

Q3) 岩石 A, Bから生じる土壌 C, Dについて, 正しい説明を「すべて」選びなさい.

- a) 岩石 A から生じる土壌 C の Al_2O_3 の増大は, カオリナイトの含有量の増大に起因する.
- b) 岩石 A から生じる土壌 C の Fe_2O_3 の増大は, 磁鉄鉱の生成量の増大に起因する.
- c) 土壌 C, D の色の違いは SiO_2 含有量の違いに起因する.
- d) 岩石 B から生じる土壌 D でのCaO含有量の大幅な減少は, 化学的風化の結果として説明される.
- e) 岩石 B から生じる土壌 D での Al_2O_3 含有量の大幅な増大は, 長石の形成の結果として説明される.

Q4の導入:

下の図は、主に泥からなる未固結の堆積物の表面の様子を示している。図中のA, B, C, DおよびFは、月面にみられる隕石衝突によるクレーターと同様な凹みであり、Eは狭く深い割れ目である。

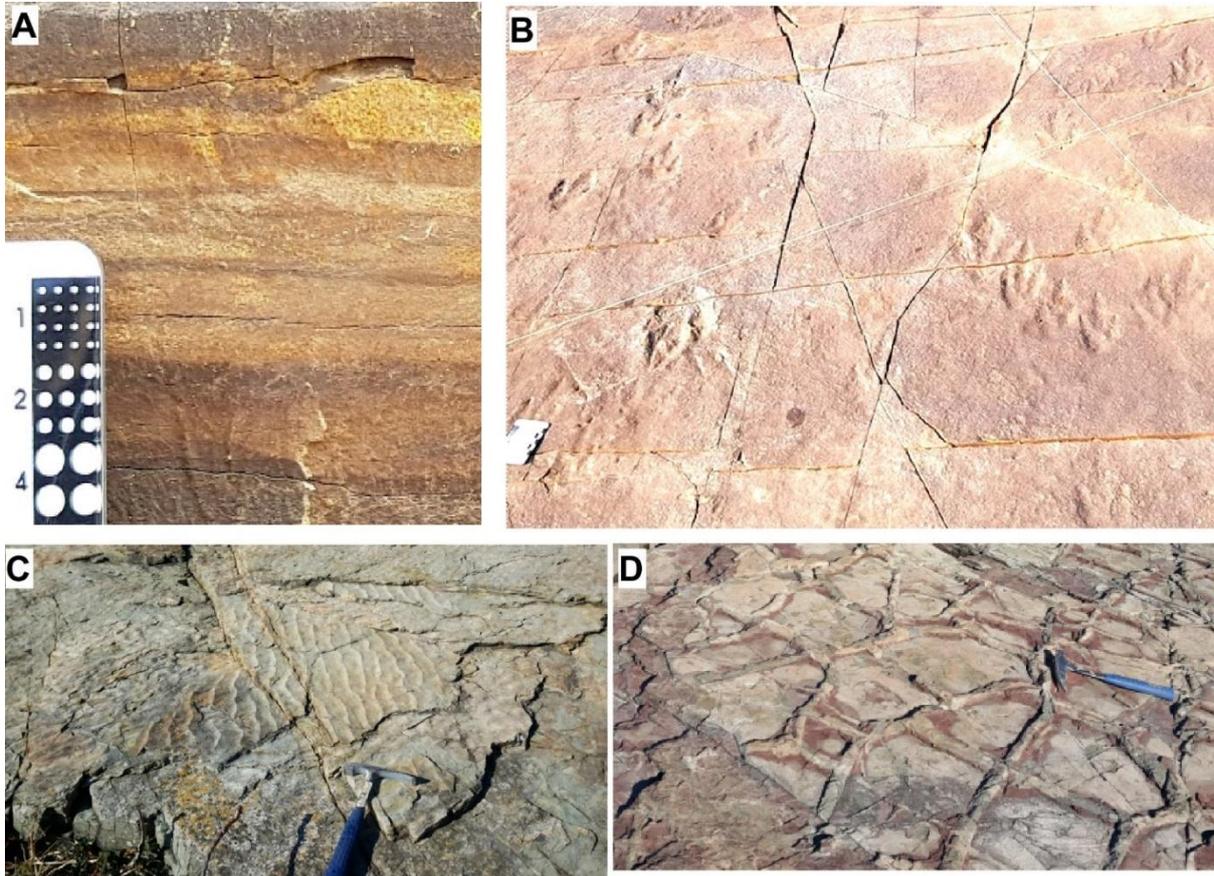


Q4) 図の情報から考えられる正しい文を全て選べ。

- a) これらの凹みは雨滴により形成された。
- b) BはAよりも早く形成された。
- c) BはCよりも早く形成された。
- d) FはDよりも早く形成された。
- e) Eは多量の降水により形成された。

Q5の導入:

下に示す堆積構造は同じ地域で得られたものである。図Aは層理面の断面図である。図B, C, Dは恐竜足跡と層理面表面に残された堆積構造を示している。



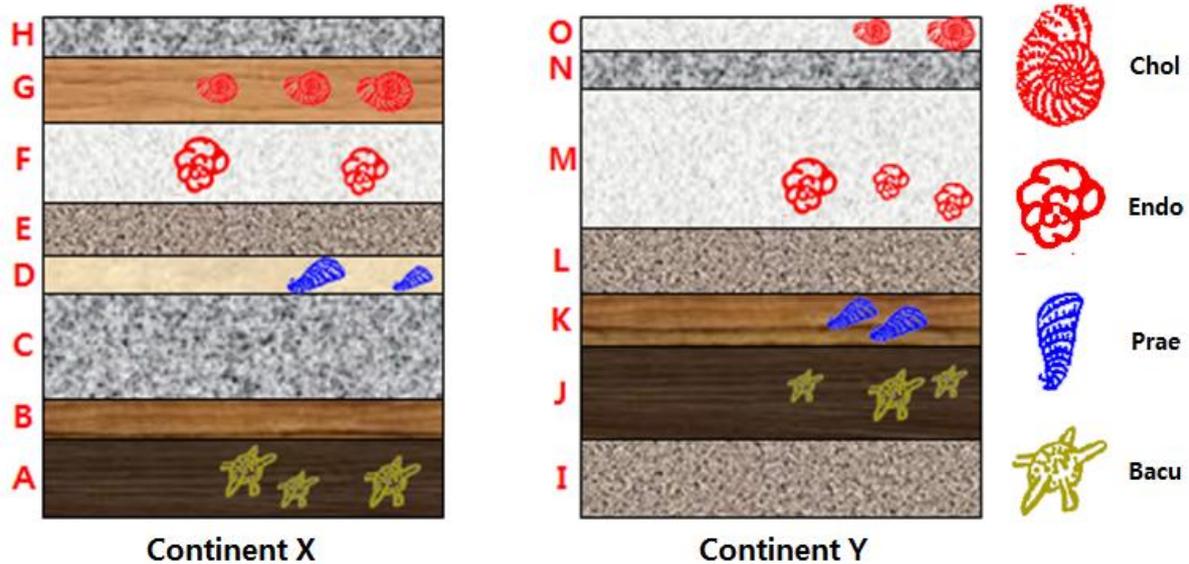
Q5) 堆積構造と推定される古環境に関連する正しい表現をすべて選びなさい。

- a) 図Aはリップルマーク（漣痕）を示している。
- b) 図Cは斜交層理を示している。
- c) 図Dはマッドクラック（干裂痕）を示している。
- d) 図Bで見られる恐竜の足跡は地層の地質年代を決めるのに使うことができる。
- e) この地域は堆積当時に深海環境であったことを示している。
- f) この地域は堆積当時に乾燥湖もしくは河川環境であった。

Q6の導入:

岩相をもとにした層序対比を広範囲に及ぶ大陸に広がる堆積層に対して当てはめることは難しい。しかし、そういった場合にも、化石は対比に有効である。下の図は異なる二つの大陸X・Yの簡単な柱状図とそれぞれの層の示準化石を示したものである。

大文字（A-O）は地層の名前を示した。「4文字」語は示準化石を示した。地層の逆転はないものとする。

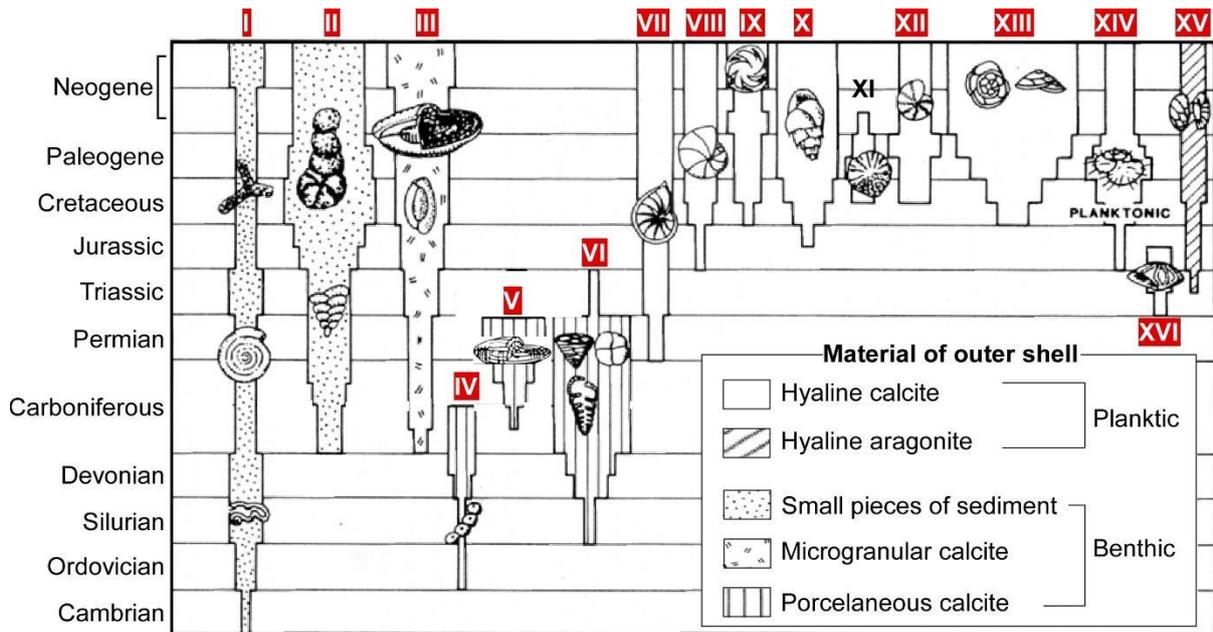


Q6) 上で示した情報の内容に関して正しいものをすべて選びなさい。

- a) 地層AとJは同時に堆積したものである。
- b) 地層JとKの堆積の間には堆積の起きていない時期が存在する可能性がある。
- c) 地層HとNは同時に堆積した。
- d) 示準化石Bacuは最後に出現した。
- e) 地層DとKは同じ状況で堆積した。

Q7の導入:

有孔虫は古生代初期の出現以来、進化し続けている代表的な生物である。有孔虫の繁栄、衰退、絶滅は異なる地質時代を分けることに有効である。下の図は地質時代を通じた有孔虫の進化の様子を示している。ローマ数字IからXVIは異なる種類の有孔虫を示している。

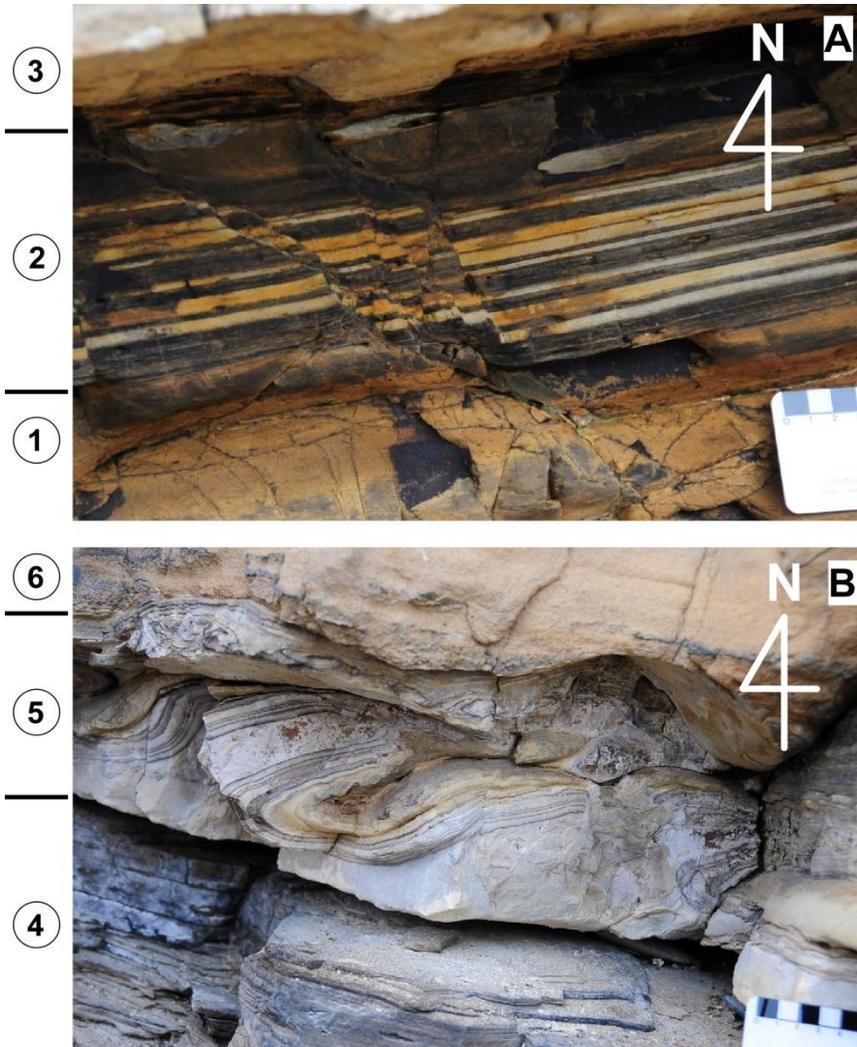


Q7) 正しい表現をすべて選べ。

- a) もっとも有効な示準化石は有孔虫VIIである。
- b) 有孔虫XVIは示準化石として使うことができる。
- c) 浮遊性有孔虫は底生有孔虫よりも広い堆積環境で見出すことができる。
- d) 有孔虫Vの絶滅はペルム紀末の大量絶滅と関連している。
- e) 有孔虫VIIは中生代末大量絶滅によって非常に大きな影響を受けている。

Q8の導入:

図A, Bは堆積岩に含まれる断層と褶曲によって形成された構造を示す露頭を示している。図A, Bの最下層はそれぞれ①、④である。



Q8) 二つの露頭において正しく述べているものをすべて選べ。

- a) 図Aの構造は正断層である。
- b) 図Aの構造は逆断層である。
- c) 図Aの断層の傾斜は西である。
- d) 図Aの断層の走向は東西方向である。
- e) 図Bの⑤層の構造は堆積物が完全に固結していないときに形成されたものである。
- f) 図Bの⑤層の構造は、⑥層が堆積した後に東西方向の圧縮によって形成された。

Q9-Q10の導入

図Aは南極大陸周辺のプレートの境界と、過去60年間にこの地域で起きたマグニチュード5.5以上の地震の震央分布を示している。

図Bは図Aに記されたa-b、c-d、e-fとg-hに沿った地形断面図を示している。（‘+’の高度は海水面からの高度を示し、‘-’の高度は水深を示している。）

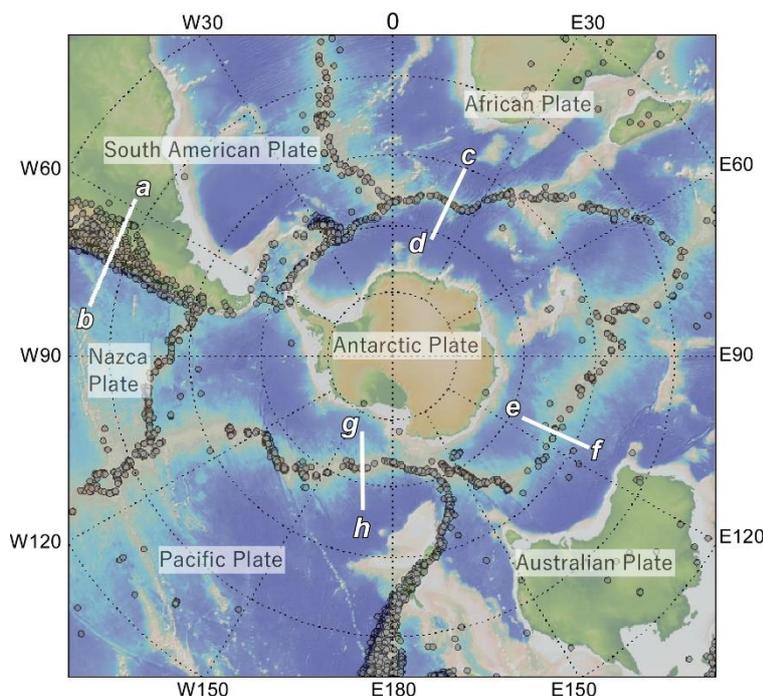


Figure A

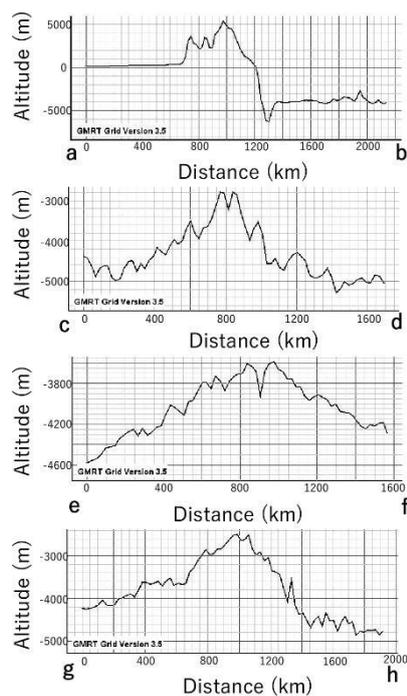


Figure B

Q9) 図Aと図Bを用いて、a-bの断面に関し、正しい文章をすべて選べ。

- a) この断面には海溝がある。
- b) ナスカプレートの面積は、時間の経過とともに増加している。
- c) 火山活動はこの断面の大陸縁辺域で起こっている。
- d) この断面に沿って起きている地震は、南アメリカプレートの沈み込みによって生じている。
- e) この断面に沿って起きている地震の震源の深さは、大陸に近いほど深い。

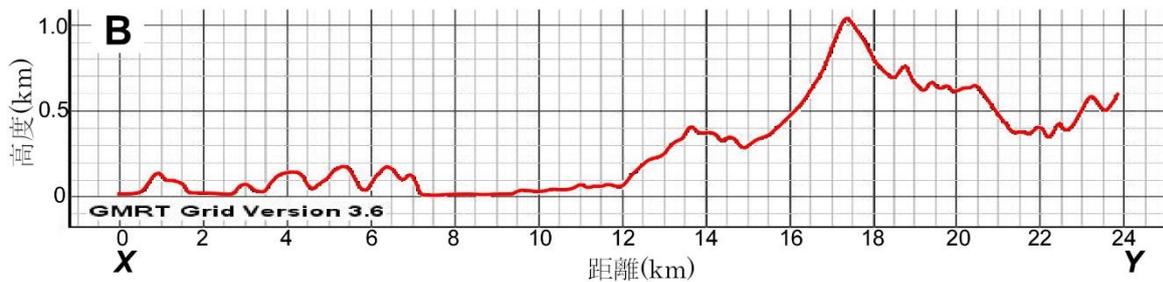
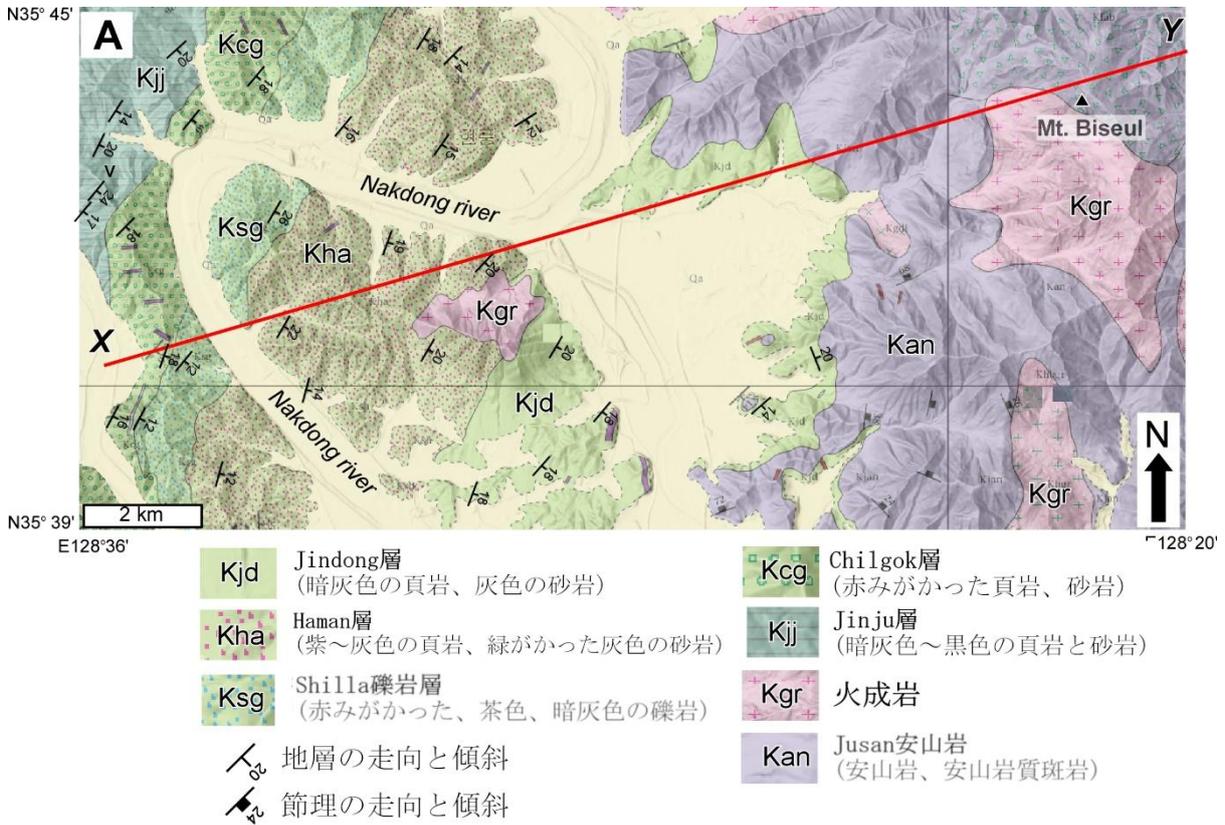


Q10) 南極プレートとそれを取り囲むプレート境界に関して、正しい文章をすべて選べ。

- a) 南極プレートは大陸地殻のみで構成されている。
- b) 南極プレートとアフリカプレートとの境界では、海洋地殻の沈み込みがある。
- c) c-dとe-f断面に沿って起きている地震は、主として震源が浅い。
- d) 南極プレートと太平洋プレートとの境界は、拡大境界である。
- e) c-dとg-h断面に沿ったプレート境界は、古生代初期に形成された。

Q11-13の導入

図Aは白亜紀の火成岩と堆積岩の分布を表す地質図である。後期白亜紀に東側で貫入が起きた一方、前期白亜紀に形成された碎屑性堆積岩が西側に広く発生している。図Bは、図AのX-Y線に沿った地形を示す断面図である。





Q11) 地質図においてどれが一番古い堆積層であるか？正解を一つだけ選びなさい。

- a) Kjd (Jingdong 層)
- b) Kha (Haman 層)
- c) Ksg (Shilla 礫岩層)
- d) Kcg (Chilgok 層)
- e) Kjj (Jinju 層)

Q12) Q11の正しい解答を決定するのにどの地質学の法則が使われたか？正解を一つだけ選びなさい。

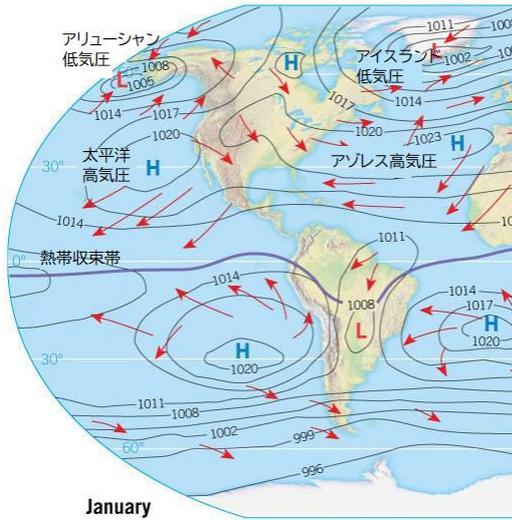
- a) 初原地層水平堆積の法則
- b) 地層累重の法則
- c) 化石による地層同定の法則
- d) 不整合
- e) 交差切りの関係

Q13) 上の(図B)の地形断面では、高地は東にあり低地は西にある。この地形を形成するのに最も適切な原因は何か？正解を一つだけ選びなさい。

- a) 火成岩の貫入と堆積岩の形成の時間差
- b) 岩相の違いによる風化/侵食の違い
- c) 断層による地形の傾斜
- d) 向斜および背斜の発達
- e) 節理の異なる発達

Q14の導入:

図Aは1月の平均海面気圧および風のパターンを、図Bは主な海面での流れを示している。図Cは、太平洋とアンデス山脈との間に位置するアタカマ砂漠の写真である。この砂漠は世界で最も乾燥した土地である（年平均降水量が3 mmに満たない）が、他の西海岸にみられる亜熱帯の砂漠のように、移流により比較的冷涼で霧が多い。



January

図 A

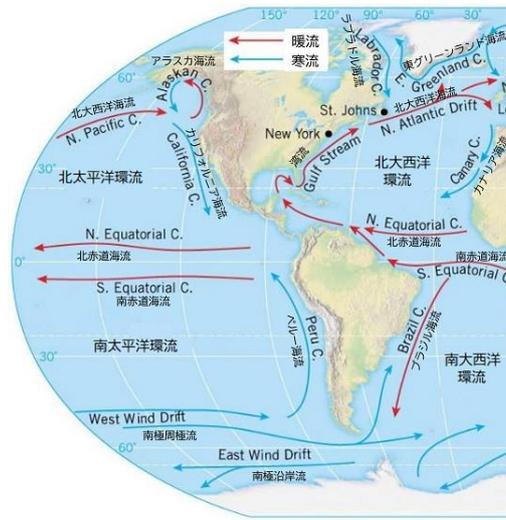


図 B

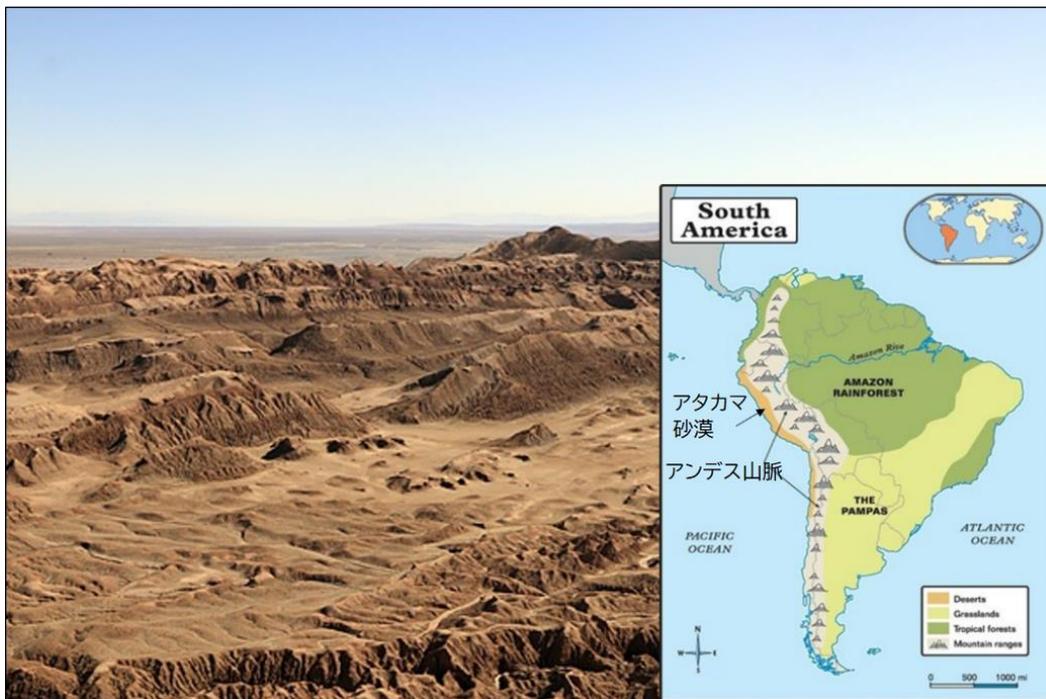


図 C

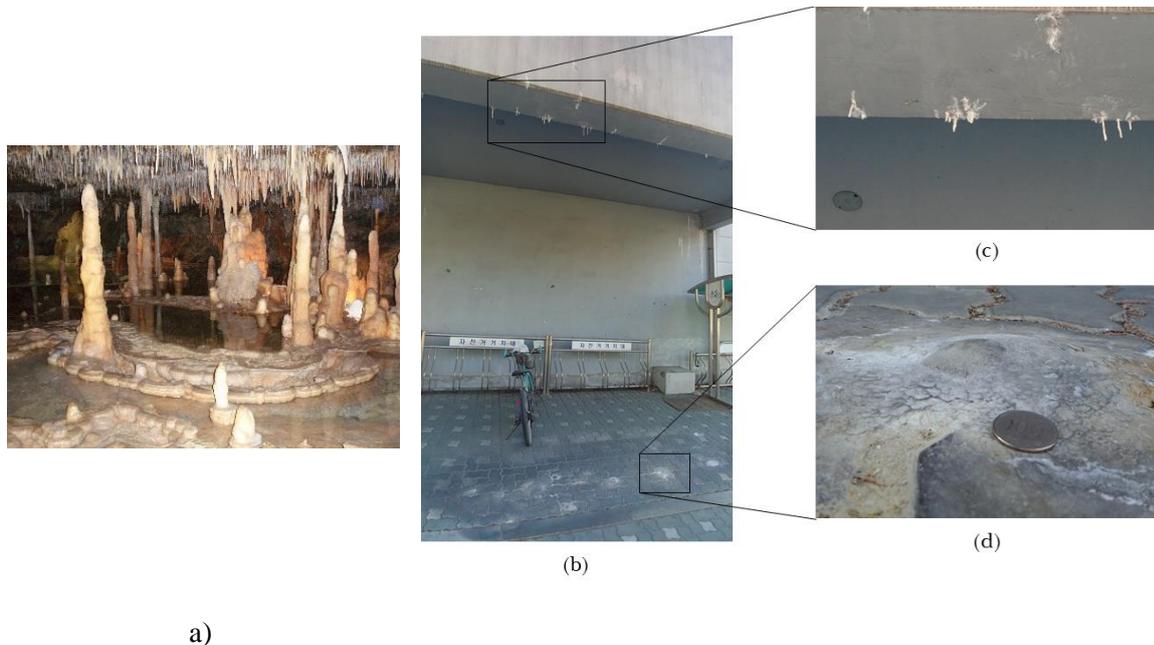


Q14) アタカマ砂漠の特徴を説明した正しい文をすべて選べ。

- a) この地域は、南太平洋の東部にある高気圧の影響を受けている。
- b) この地域の気象下層は、沿岸を流れるペルー海流により不安定となっている。
- c) この地域は東からアンデス山脈を越えてきた冷たく湿った空気の影響を受けている。
- d) ペルー海流は、この地域における高い相対湿度をもたらす。
- e) この地域の気候は、大気圏に対する地圏の部分的な影響の結果である。
- f) 生物圏が必要とする水の量が降水により供給される量を上回る結果、水が不足する。

Q15の説明:

石灰岩が地下水の影響によって化学的風化を受けたとき、岩石の溶解と除去によって洞窟（図a）が形成される。その後の沈殿により、石筍・鍾乳石が形成される。石筍（図c）や鍾乳石（図d）のような構造はセメント構造や充填作用のようなものにも見られる。



Q15) 正しい答えをすべて選べ。

a) 石灰岩の溶解の反応化学式は



b) 図(c)と図(d)の構造は次の反応で生成される:



- c) 石灰岩の風化作用により、大気CO₂は増加する。
- d) 鍾乳石の形成によって洞窟内のCO₂は低下する。
- e) 形成中の鍾乳洞を旅行者に公開することは、鍾乳洞の形成が促進される。
- f) 鍾乳洞形成に関連する地球のサブシステムは主に地圏、水圏、生物圏である。
- g) 鍾乳洞形成に関連する地球のサブシステムは主に地圏、水圏である。

Q16の導入:

図Aは2004年インドネシアにおける地震を引き金とした津波の走時（時間単位：等時線には数字がつけられている）を示したものである。図Bは津波の前と後を示す画像である。

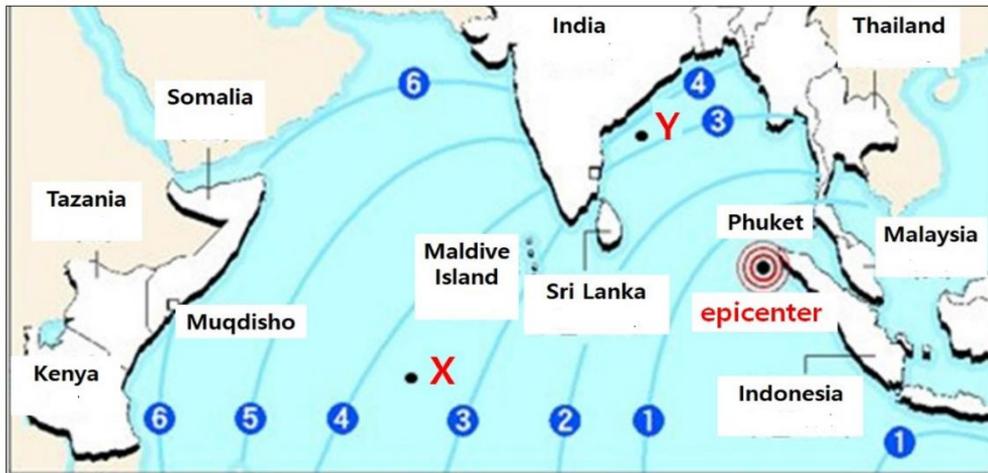


Figure A



Figure B

Q16) 正しい答えをすべて選びなさい。

- a) 点Xでの津波伝播速度は点Yの伝播速度よりも遅い。
- b) 震央から点Xの平均水深は点Y周辺よりも深い。
- c) 点X周辺の波長は点Y周辺の波長よりも短い。
- d) 波高は津波が海岸に近づくほど増える。
- e) 津波を引き起こす地震は横ずれ断層により生み出される。
- f) 地震が起きた地域はプレートが遠ざかる境界に相当する。
- g) 図Bは地圏・水圏・生物圏の相互作用をよく現す例である。

Q17の導入:

アポロ計画は1961年から1972年にかけてNASAで計画・実施された一連の有人宇宙探査である。1969年のアポロ11号による初の月着陸とそれに続く数回の月着陸の成功を経たのち、1972年のアポロ17号の打ち上げをもってアポロ計画は完了した。1968年12月24日にアポロ8号によって撮影された以下の写真は、月の地平線から昇る地球をとらえたものである。



Q17) この写真についての正しい説明を「すべて」選択せよ。

- a) 地球表面の青色部は、短い波長の太陽光が地球大気に吸収されている場所を示している。
- b) 地球表面の白色部は、太陽光が雲により直接反射している場所を示している。
- c) 写真は昼間に撮影されたため、星は見えていない。
- d) 月の地平線の輪郭が明瞭であり、それを包む空が黒いのは、月に大気が存在しないためである。
- e) 月面上の定点から地球を観察した場合、地球は月の地平面下に沈むことは決してない。
- f) 月の裏側からは、地球は三日月形のように見える。

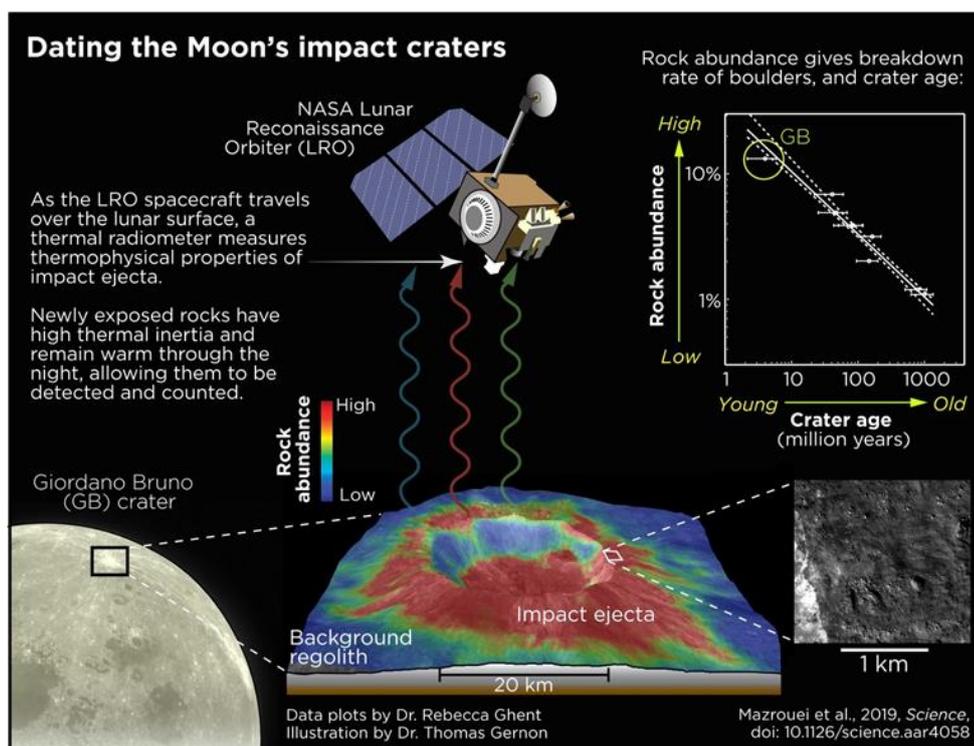
Q18の導入:

月表面の衝突クレーターの年代を、クレーターから放射される熱の測定により見積もる手法が最近開発された。図Aはこの手法の模式図である。隕石が月に衝突する際、衝突クレーターが形成され、様々なサイズの放出物（エジェクタ）が月表面に堆積する。このとき、宇宙空間に露出した岩塊は細粒な月土壌より熱慣性^(※)が大きいいため、夜間は土壌よりも温度が高いままでいられる。

※熱慣性：物体の温度が周囲の環境になじむ際のその遅さの度合い

NASAのルナ・リコネサンス・オービター探査機(Lunar Reconnaissance Orbiter)に搭載されたディヴァイナー月放射計(Diviner Lunar Radiometer)は、大小さまざまな衝突クレーターから放射される熱を測定することで岩塊の存在度に関する情報を提供した。

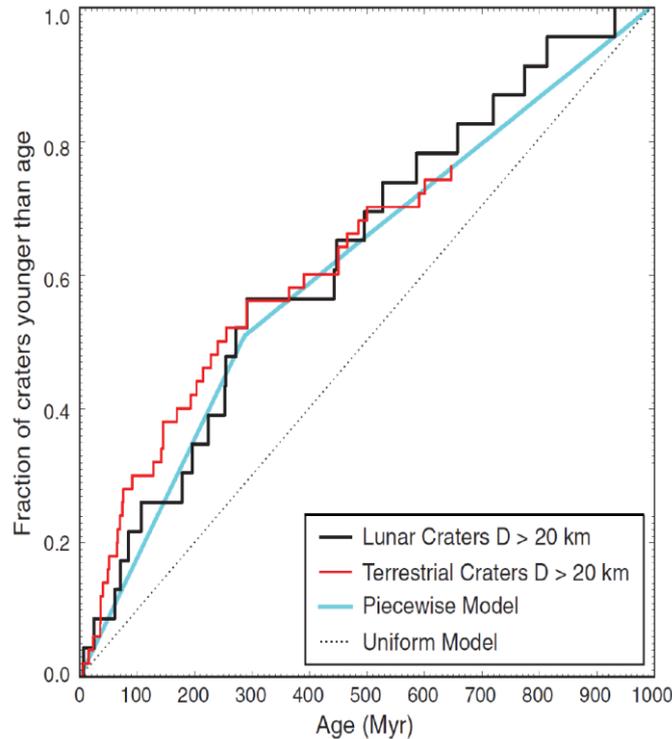
隕石衝突時に宇宙空間に露出した岩塊は、その後の数十億年にわたる月面への継続的な隕石爆撃によって土壌へと還っていく。研究者はこの考えを、これまで年代が未知だったクレーターの年代計算に応用した。彼らは、衝突クレーターが若ければ若いほど、その周囲の岩塊の存在度がより高くなることを見出した。



図A

[Image: NASA/LRO/University of Southampton/University of Toronto]

図B は年代とその年代よりも若いクレーターの相対比率の関係を示している。黒の実線は月のクレーター、赤の実線は地球のクレーターについてのデータである。点線は衝突クレーター形成率が一定であるとみなした際に予想される結果を示している。明るい青の実線は、衝突クレーター形成率の値がある時点で変化すると仮定したモデルから予測される結果である。赤の実線は地球のクレーターのデータを示している。地球は月よりも圧倒的に大きいにもかかわらず、地球表面に見いだされるクレーターの数は月のそれよりも圧倒的に少ない。



図B

[Reference: Mazrouei et al. 2018, Science, Vol. 363, Issue 6424, pp. 253-257]

Q18) 上の図と情報を考慮し、適切な説明を「すべて」選べ。

- a) クレーターの年代を決定するために月と地球で同様の手法が用いられている。
- b) 地球で多くのクレーターがプレートテクトニクスで消滅したことが仮定されている。
- c) 月で多くのクレーターがプレートテクトニクスで消滅したことが仮定されている。
- d) 月の土壌生成率が時間を通じて一定であることが仮定されている。
- e) 約3億年前から現在にかけて、地球と月における隕石衝突率は低下した。
- f) 過去10億年間の地球と月の隕石衝突率はよく似ている。

Q19の導入:

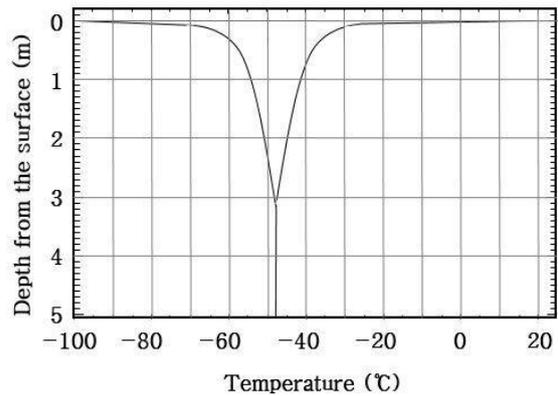
2018年5月に打ち上げられたNASAの火星探査機「インサイト」(InSight)は同年11月に火星に着陸した。インサイトに搭載された「HP3」機器は深さ方向の温度変化を測定している。岩石のタイプに依存して熱伝導率が異なるため、これを解析することで、地球の岩石によく似た岩石で構成されているかどうかを調べることができるだろう。図Aは、インサイトのHP3機器が火星地表面へと挿入され、深さごとの温度の測定を行う様子の想像図である。図Bは火星の1公転周期にわたる温度の最高値・最低値を深さごとに示したものである。



図A

火星地表面に設置されたインサイト着陸機の想像図

[Image: NASA/JPL-Caltech]



図B

火星の1公転周期にわたる深さごとの温度の最大値・最小値の推定値

Q19) 正しい説明を「すべて」選択せよ。

- 火星の地殻の深さが増大するにしたがって、その温度変化幅は小さくなる。
- 図Bに基づけば、温度は深さ5m以深において一定とできるだろう。
- 火星に海があれば、地表面の温度変化幅は増大するだろう。
- 岩石が予想よりも大きな熱伝導率を有する場合、温度変化幅は深さとともに増大するだろう。
- 岩石が予想よりも大きな熱伝導率を有する場合、温度変化幅は深さとともに減少するだろう。
- 岩石が予想よりも大きな熱伝導率を有する場合、温度変化幅は3mより深いところで一定とみなせるようになるだろう。
- 岩石が予想よりも大きな熱伝導率を有する場合、温度変化幅は3mより浅いところで一定とみなせるようになるだろう。