
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 1 つだけ選べ”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

“正解をすべて選べ”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)

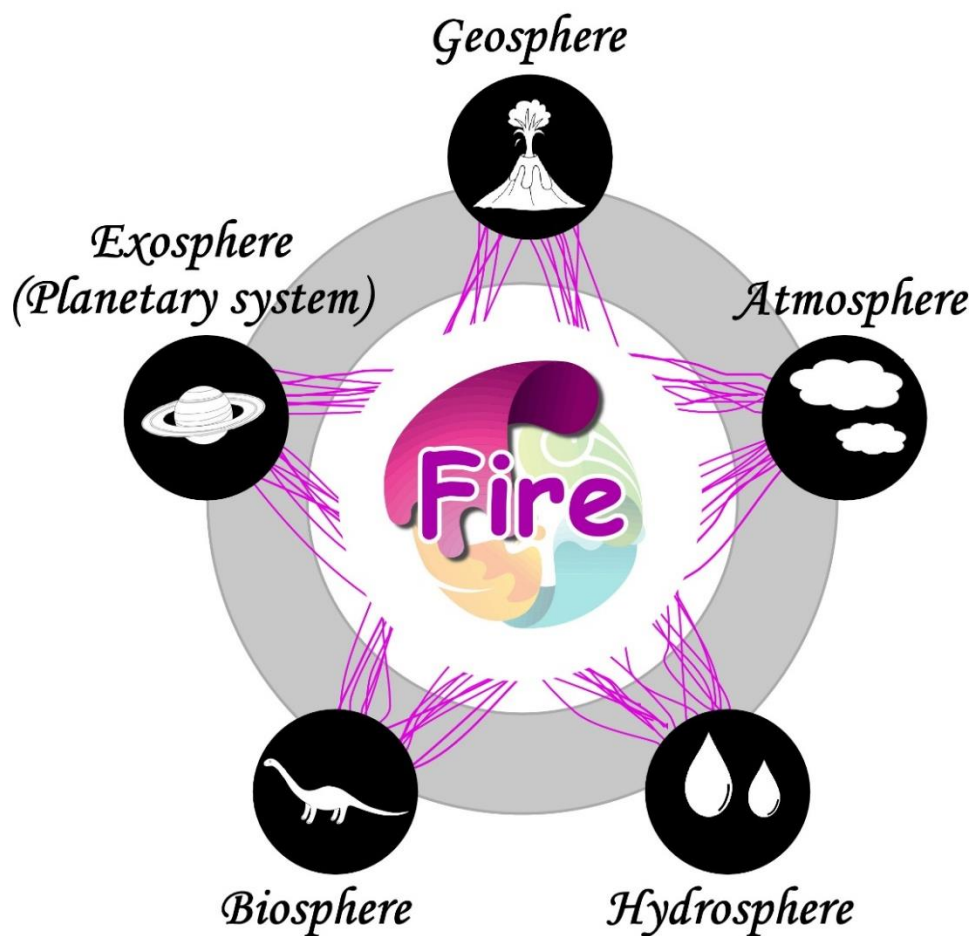
解答の合計が 0 点以下になる場合は、0 点とする。

テーマ: 火 (熱とエネルギー)

地球の熱とエネルギーにはさまざまな源があります。地球システムの熱のほとんどは太陽から発生しますが、地球内部にも熱源があります。

プレートテクトニクスとプルームテクトニクスの理論によると、初期の地球の熱と地球内部の放射性同位体の崩壊は、マントルの対流や移動によって地震や火山のような破局的な現象を引き起こします。

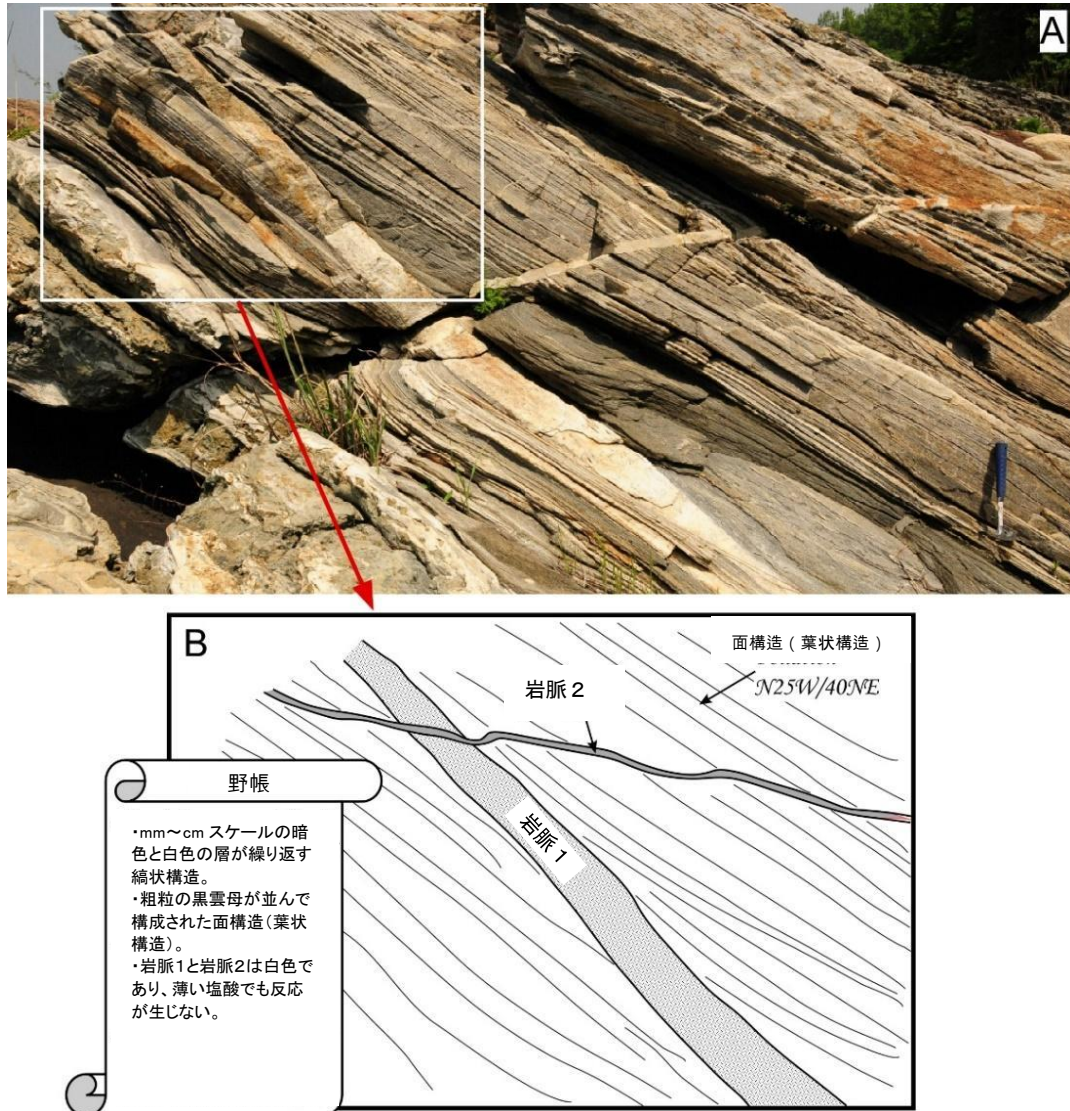
地球内部のエネルギーは人間にとって有益です (例: 温泉、地熱発電)。地球システムの中では、エネルギーは一か所にとどまったり消えたりせず、絶えず動き、形を変えます。



このテストでは、地球と太陽系の天体の熱とエネルギーに関する知識と思考能力を、地圏、大気、水圏、生物圏の観点から評価します。

Q1-3の概要:

図 A は露頭の写真である。図 B には、図 A の白い長方形で囲まれた範囲の、主な地質学的な特徴を示すスケッチに加え、野帳の一部が示されている。



Q1) この露頭に関連して、正しい文をすべて選べ。

- フォリエーション(葉状構造)は、覆っている岩石の圧力で形成された。
- 縞状構造は広域変成作用で生じた。
- 葉状の岩石は大理石である。
- 石英と長石は岩脈1の主要な鉱物である。
- 方解石は岩脈2の主要な鉱物である。
- 方解石は岩脈1と岩脈2の主要な鉱物である。



Q2) 異なる岩石単元の年代順はどうですか。答えを1つ選べ。

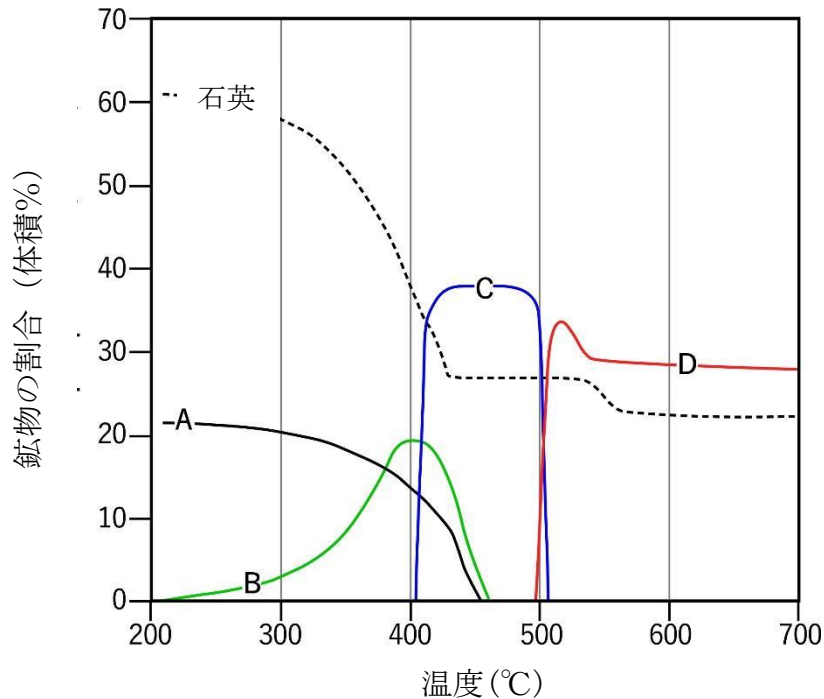
- a) 岩脈1は圧縮の証拠がないので、最も古い岩石単元である。
- b) 岩脈2は圧縮の証拠がないので、最も古い岩石単元である。
- c) 葉状の単元は岩脈2より古い、岩脈1より新しい。
- d) 岩脈には圧縮の証拠がないので、葉状の単元が最も古い。
- e) 岩脈の下方に見えるので、葉状の単元が最も古い。

Q3) Q2の答えを決めた地質学の法則はどれですか。答えを1つ選べ。

- a) 初源堆積水平の法則
- 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) 交差切りの法則

Q4 の概要:

次の図は、温度 700°C までの熱変成作用によって形成された変成鉱物 A~D の含有量 (体積%) の変化を示しています。



Q4) 正しい文をすべて選択してください。

- a) 鉱物 A と B の共存は、低温 (400°C 以下) の変成作用を示しています。
- b) 鉱物 B と C は、約 500°C で一緒に発生します。
- c) 鉱物 C の出現は、変成温度の範囲が限られることを示します。
- d) 鉱物 C と D の共存は、600°C 以上の変成温度を示します。
- e) 鉱物 C と D は、鉱物 A と B と比較して、マグマの貫入からさらに離れた場所で発生します。
- f) 変成中の温度上昇により、変成鉱物の相対的な割合が変化する可能性があります。
- g) 変成中の温度上昇により、変成鉱物内の水分量が増加します。

Q5-6 の概要:

2018 年の最も致命的なカリフォルニア(California)の山火事の時期では、合計 8,527 件の火災が 766,439 ha の土地を燃やしました。これは、カリフォルニア州森林・防火局および国立省庁間消防センターの記録によると、燃やされた最大の面積です。

図 A は、2018 年 7 月 1 日にカリフォルニア州ギンダ(Guinda)の山腹で広がる郡の火災を示しています。

図 B は、同日のその地域の可視衛星画像です。

煙と雲は、衛星画像の色によって簡単に区別できます。煙には、気候変動との関連で大きな問題である黒や茶色の粒子などの暗色炭素粒子が含まれます。



図 A



図 B

Q5) 2つの図に基づいて、暗色炭素粒子に関する適切な説明をすべて選択しなさい。

- a) 暗色炭素粒子は、雲よりも大気中の太陽放射を吸収します。
- b) 大気中の暗色炭素粒子は、短期的に地球の表面温度を上昇させる可能性があります。
- c) 暗色炭素粒子は、大気中に逆転層を引き起こす可能性があります。
- d) 暗色炭素粒子は、大気中をその発生源から他の場所に輸送されることはほとんどありません。



化石燃料の燃焼は、暗色炭素粒子も大気に放出します。

氷河に堆積した後、それらは局所的な放射エネルギー収支に影響を与え、図 C に見られるように堆積した場所を著しく暗くします。

図 C

図 D は、あるアルプス氷河の長さの時系列を示しています(図 D-3)。アルプス氷河の長さは、19 世紀後半から急激に縮小しました。この氷河の急速な後退の理由を確立するために、科学者はいくつかの考えられる要因、すなわち、冬の降水量(図 D-1)、夏の気温(図 D-2)、ヨーロッパのススの排出の推定(図 D-4)を調査した。

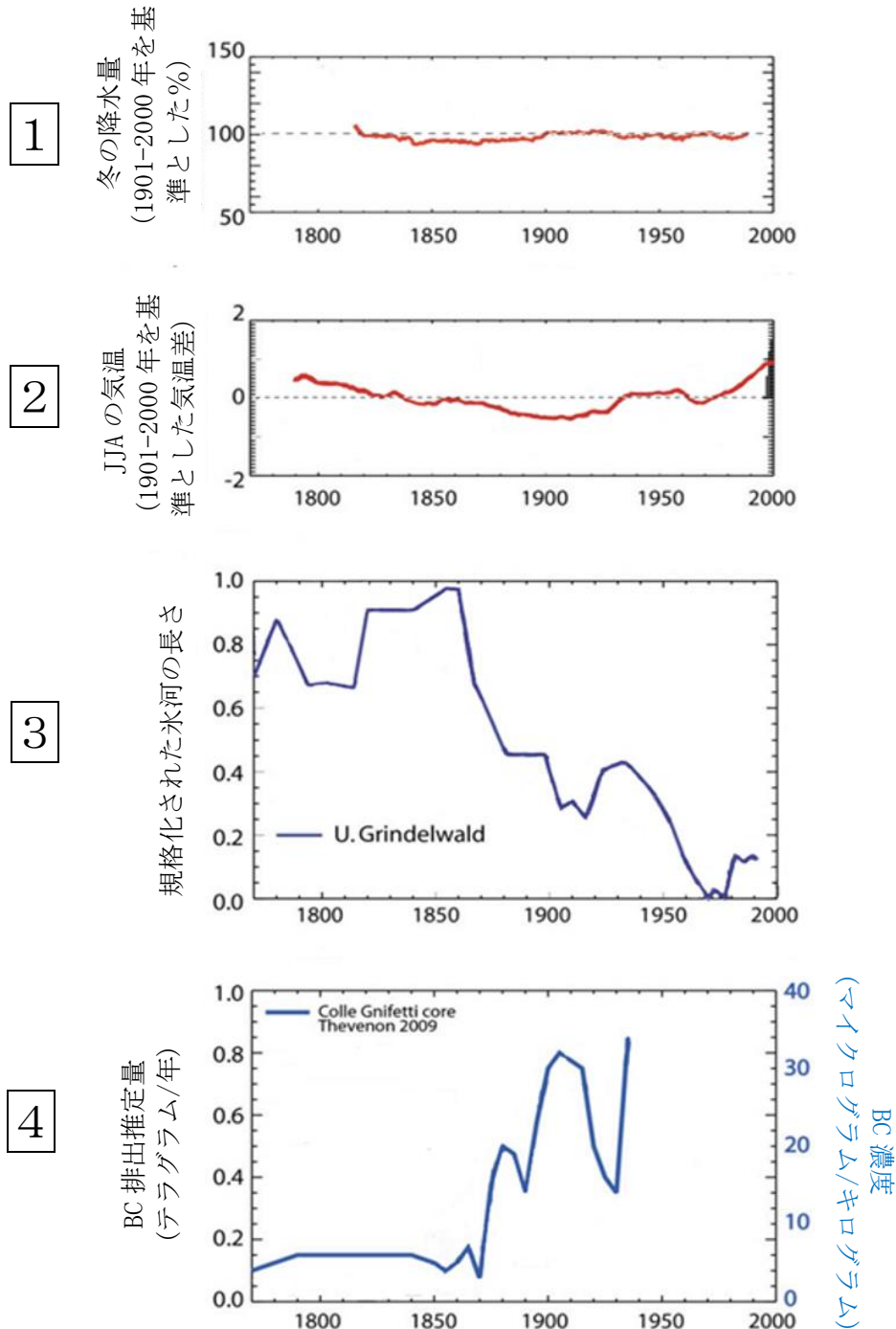


図 D

※ 図 D-2 の Y 軸の JJA は、6 月、7 月、8 月の夏季です。

図 D-4 の Y 軸の BC は暗色炭素です。

Q6) 上記の情報に従って、氷河の高速後退のための適切な解釈をすべて選択してください。

- a) 19 世紀後半に夏の気温が急激に上昇したため、アルプスの氷河は急激に減少し始めました。
- b) 冬の降水量の穏やかな減少は、アルプス氷河の最近の後退の原因です。
- c) 19 世紀後半のアルプスの氷河の後退は、気温とはおそらく関係ありません。
- d) アルプスの氷河の後退を説明するのは、産業のススです。
- e) 20 世紀のより多くの降雪は、アルプス氷河の急速な後退の原因でした。

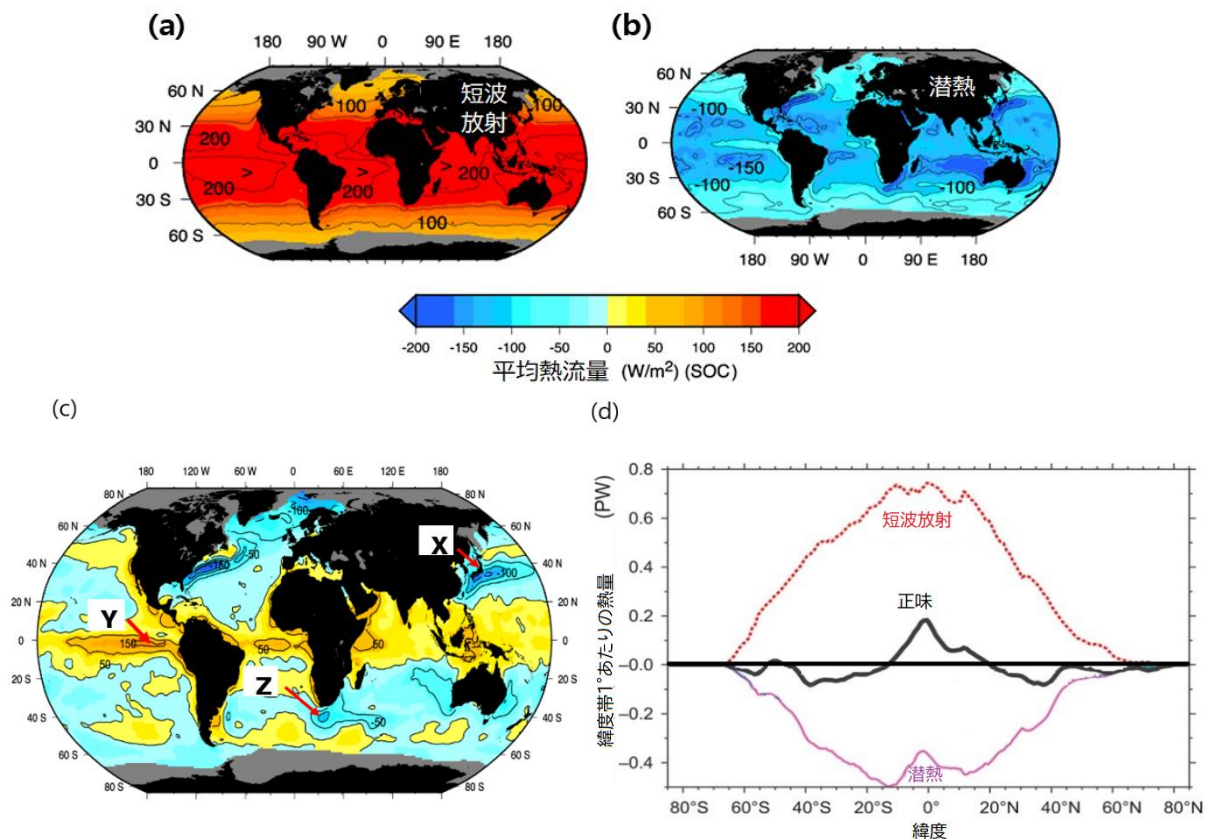
Q7の概要:

下の図のように、海洋と大気は常に熱をやり取りしている。

図(a)は入射する太陽放射の年平均値の分布を、図(b)は蒸発を通して海洋から失われる潜熱を示している。入射する太陽放射から蒸発により失われる熱量を差し引くことで、正味の熱流量分布(c)を得ることができる。(正が大気から海洋への熱輸送を表し、負はその逆である。)

図(d)は、これら三つ(a)、(b)および(c)の緯度分布を示している。

赤道太平洋における正味の熱流量の分布は、暖かい平均海水温の変動に起因する複雑な気象パターンであるエルニーニョ現象と関連している。



Q7) 正しいものを全て選べ。

- a) 大きな火山噴火が起こると、(a)の量は増加する。
- b) 海洋から大気への熱輸送の主な過程は、図(b)に示されているように蒸発である。
- c) 潜熱に加えて、海洋が大気へと熱を失う他の過程が存在する。
- d) 北緯および南緯 20 度における海面塩分は、赤道域よりも低い。
- e) X で示した海域には、暖かく塩分の高い海流が流れている。
- f) Y で示した海域における正味の熱流量は、エルニーニョ現象が発生すると増加する。
- g) Y における海面水温は、海域 X、Y および Z のうちで最も低い。
- h) 海域 Z 周辺の海流はインド洋から大西洋への熱輸送において重要な役割を担う。

Q8-9の概要:

太陽は活動的にもかかわらず、可視光領域では静穏のように見える。

図 A は 2003 年 10 月 28 日の太陽の可視光画像 (a), 極紫外画像 (b), マグネトグラフ (c) を示している。

(a) の暗点は太陽黒点である。(c) は視線方向の磁場の強度を表しており、この画像では磁場がない場合を灰色で、磁場がある場合をその極性に応じて黒色と白色で表現している。

(b) の中央下部は太陽フレアを表している。

太陽フレアは大量の物質とエネルギーを放出する。放出された電磁波と荷電粒子は地球へ到達し、地球環境や人間生活に悪影響を与える。大きなフレアが発生した際、このような電磁波と物質はある一定の時間を置いて地球へ到達する。

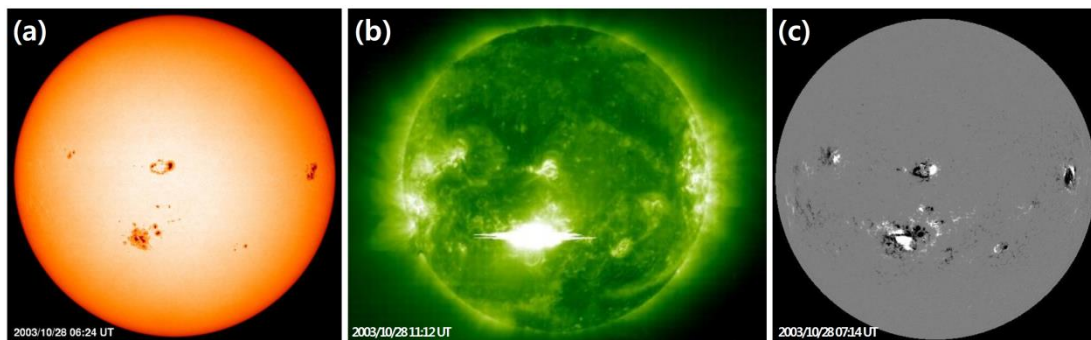


図 A

図 B は様々な波長の電磁波、荷電粒子、太陽風の太陽から地球への到達時間と持続時間を示している。太陽の観測データが宇宙天気予報システムによりリアルタイムで共有された場合、地球環境への影響は軽減することができる。

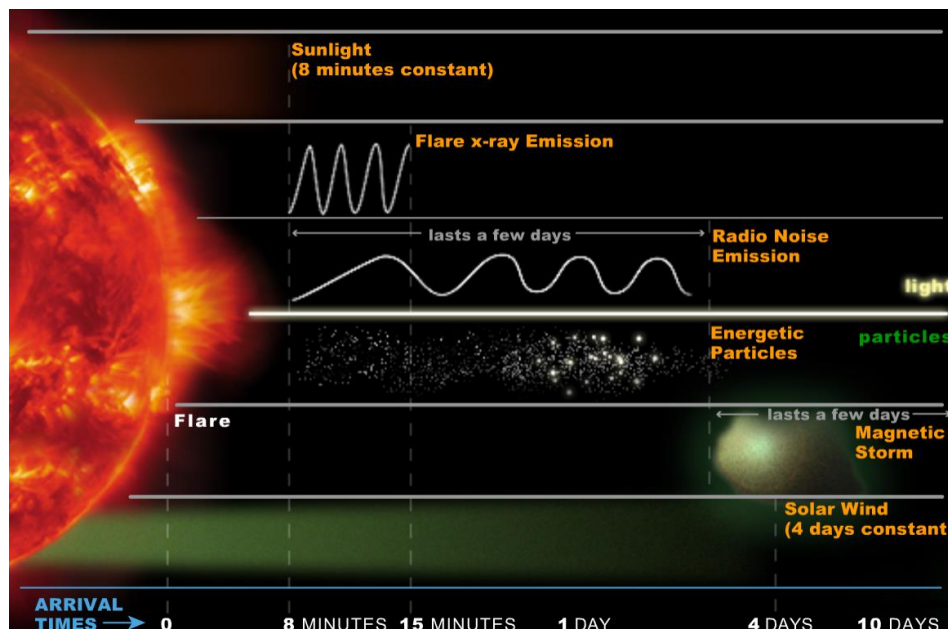


図 B

Q8) 図 A から推察される正しい説明を「すべて」選択せよ。

- a) 太陽黒点周辺は磁場が強い.
- b) 太陽黒点周辺は磁場が弱い.
- c) フレアのサイズは太陽黒点のサイズとは無関係である.
- d) 太陽にたくさんの大きな黒点が長期間存在しているとき、地球の平均気温は増大する.
- e) フレアが起きたところは、フレアがない場所と比較してガスの密度が低くなる.

Q9) 図 B に基づいて、正しい説明を「すべて」選べ。

- a) 可視光 (sunlight) は地球に到達するまで約 8 分かかる.
- b) 可視光は X 線放射 (X-ray emission) よりも速く進む.
- c) より大質量の高エネルギー粒子 (energetic particles) は地球に最初に到達する.
- d) 高エネルギー粒子の大部分は 4 日以内に地球へ到達する.
- e) 太陽から放出される高エネルギー粒子は地球磁場に擾乱を与え、磁気嵐 (magnetic storm) をもたらす.
- f) 太陽から放射される高エネルギー電磁波は地球磁場に擾乱を与え、磁気嵐をもたらす.
- g) 太陽活動に起因する地球周辺の宇宙天気 (space weather) は、太陽黒点の観測によって予測することができる.

Q10の概要:

火星探査ローバー「キュリオシティ」(Curiosity)は、2012年の火星着陸以来、火星の気温や気圧などの環境モニタリングを継続しており、データベースを構築している。

図A, Bはキュリオシティが着陸し、その後1300solにわたって滞在した場所であるゲールクレーター(Gale Crater; 火星の赤道付近に位置する)の気温と気圧の変動を示している。

Solは火星の1日の単位である。グラフはそれぞれの日(Sol)における最大値と最小値の両方を示している。また、図Aでは火星の気温変化との比較としてロサンゼルス年間を通じた気温変化を示している。

火星大気の大部分は二酸化炭素からなる。冷やされた二酸化炭素がドライアイスとして存在する極冠が火星の極域には存在している。極冠は季節に応じてその体積が増減する。

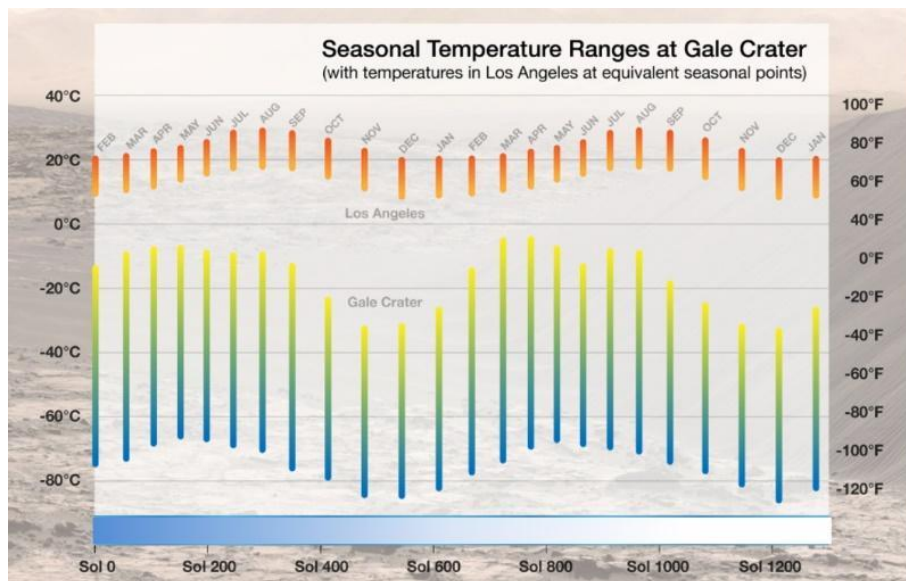


図 A

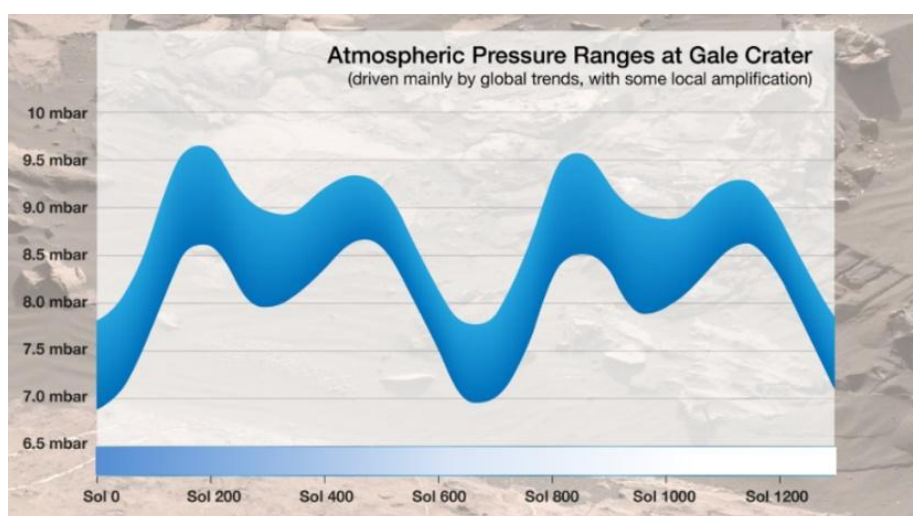


図 B

Q10) 図 A, B に関連して、「正しい」説明をすべて選びなさい。

- a) 火星の一年は約 350Sol である。
- b) Sol 900 はゲールクレーターにおける火星の夏に対応している。
- c) 火星地表面における気温の日変化は地球のそれと比較して大きい。
- d) 火星地表面における気温の年変化の幅は地球のそれと比較して大きい。
- e) 火星は地球よりも小さいため、火星の地表面温度は地球のそれと比較して低い。
- f) 火星の大気圧は地球のそれに近い。