



Time: 09:00 to 12:00 hrs

Date: August 29, 2019

前書き:

生徒は3時間以内に筆記試験1および2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)

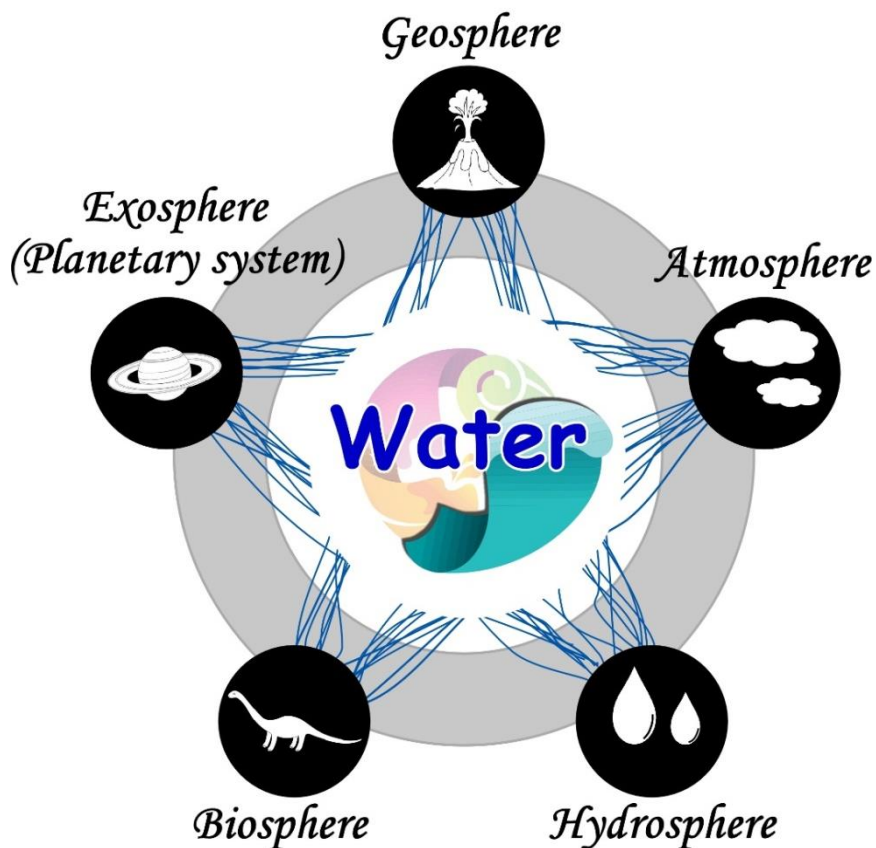
解答の合計が0点以下になる場合は、採点しない。

テーマ: 水

水は海、湖、大気だけでなく、岩や土の中など、地球の内部やあらゆるところに分布している。水は地球システム全体を循環しており、多くの現象を引き起こす。

水があるおかげで、生命が誕生し、数多くの生活形態が進化し維持されている。現在地球は活動的で居住可能な環境である。

さらに、水は太陽系の天体に様々な形態で分布している。地球上では水、さらには固体の氷として存在している。



このテストでは、地圏、気圏、水圏、生物圏の相互作用の観点から、現在の地球や太陽系における水に関して、あなたの知識と思考力を評価する。

Q1の導入

図Aには大陸から海に至る様々な堆積環境を示している。シンボル①から⑧は以下に示すとおり。

① 沖積扇状地, ② 風成の, ③ 海岸, ④ 河川作用の,
⑤ 三角州, ⑥ 深海扇状地, ⑦ 深海平原, ⑧ 氷河環境.

図Bは図Aの① から ④ と ⑧ の地形や堆積環境を示す。

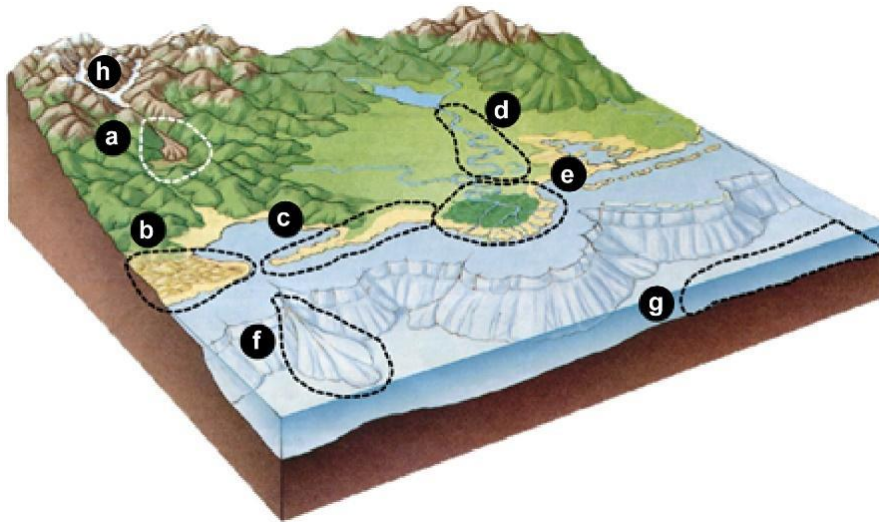


図 A



図 B

Q1) 水や風は堆積物の移動を担う主要な流体である。水や風による堆積物の移動に関する正しい文をすべて選べ。

- a) 沖積扇状地①の堆積物の直径（粒径）は一般的に深海扇状地堆積物⑥のそれよりも粗い。
- b) 海岸の堆積物③は大量の角張った岩片を含む。
- c) 流水環境④では粗い粒子は掃流で運搬されるが、細かい粒子は懸濁流で運搬される。
- d) 堆積物が河川で運搬されている時、その粒径は円磨度が減少していくにつれ、徐々に大きくなる。
- e) ①～⑧の中では最も粗い堆積物は三角州⑤で堆積しているものである。

Q2~3の導入

イギリスとフランスの間に位置するドーバー海峡に沿って露出する海崖は水平な層理で、明るい白色の岩石から構成されている（図A）。

この崖から採取された試料（図B）は希塩酸を一滴垂らすと激しく泡立った。図B中の試料の走査電子顕微鏡（SEM）写真（図C）はこの岩石が極細粒な粒子と単細胞生物の一種で石灰質のプランクトンであるココリス（円石藻）から成る事を示している。

（スケールは図Bでは1cm、図Cでは5 μ m）



図 A



図 B (スケールは1cm)

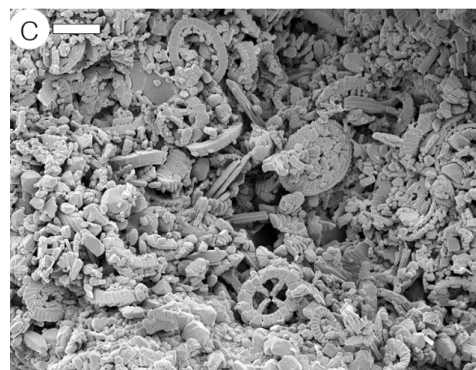


図 C (スケールは5 μ m)

上に示す図B中の岩石を構成する堆積物は図D中の青で示される地域に現在堆積している。その様な堆積物はハワイ諸島の周辺で見つかる。図Eは図DのX-Y断面線に沿った海底地形と水深を示す。その様な堆積物は水深3500m以上の海底には発見されない。この基本的な理由は石灰質堆積物の供給と溶脱間のつり合いに拠っており、「炭酸塩補償深度」(CCD)と呼ばれる。

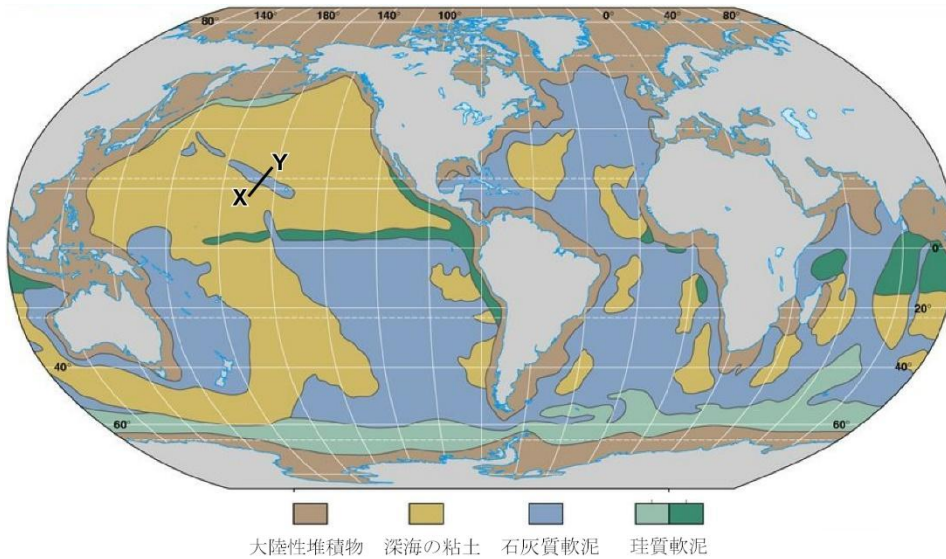


図 D

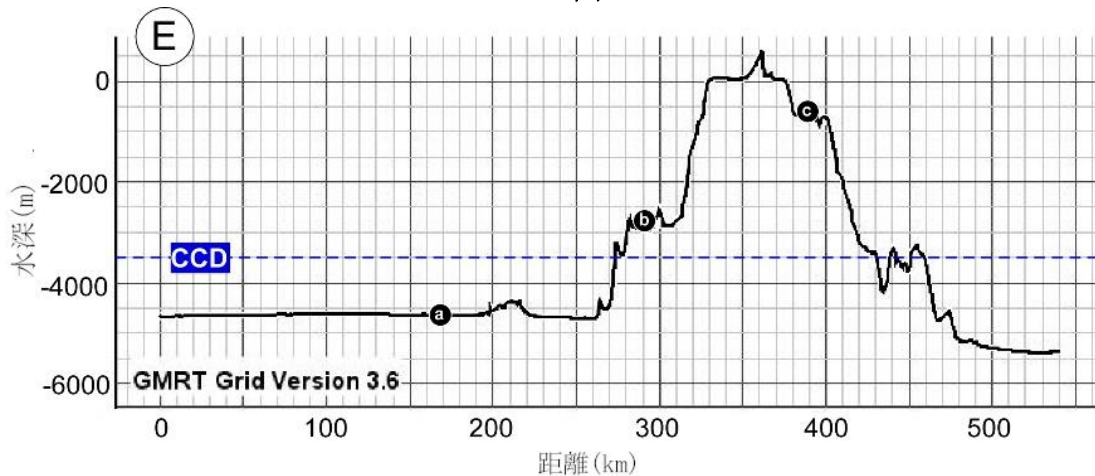


図 E

Q2) 図Bの白い岩石の形成にかかわる堆積物と堆積環境について正しい文をすべて選べ。

- a) この岩石は化学堆積物/堆積岩に分類できる。
- b) この岩石は主に方解石と呼ばれる炭酸塩鉱物により構成されている。
- c) 方解石は海面近くに生息する炭酸カルシウムを分泌する浮遊性生物に由来する。
- d) 熱帯の海洋環境では炭酸カルシウム骨格の結合により現在同様の岩石が形成されており、その結果サンゴ礁が形成されている。
- e) この岩石は海底に蓄積した二酸化ケイ素を分泌する浮遊性生物の残骸である。
- f) この岩石は地圏と生物圏の直接的な相互関係を表す。
- g) この岩石は地圏に対する生物圏の影響のみを表す。

- Q3)** 図Eのハワイ島周辺の①、②、③における堆積物について正しい文をすべて選べ。
- a) ③から①に水深が増加するにつれて、炭酸塩鉱物の溶解度は減少する傾向にある。
 - b) 高い水圧は、①の炭酸塩鉱物の溶解度の上昇をもたらす。
 - c) ②の堆積物は主に石灰質生物の残骸から構成される。
 - d) ①の堆積物は主に有孔虫の殻や石灰質生物の断片から構成される。
 - e) ②と③の堆積物には、珪質堆積物と石灰質堆積物の両方を含む。

Introduction to questions Q4-Q6:

PとQは成分の異なるマグマである。下の図はそれぞれの関係を描いている。乾燥状態の粘性とマグマの温度（図A）、湿潤状態の粘性と水の含有量（図B）。

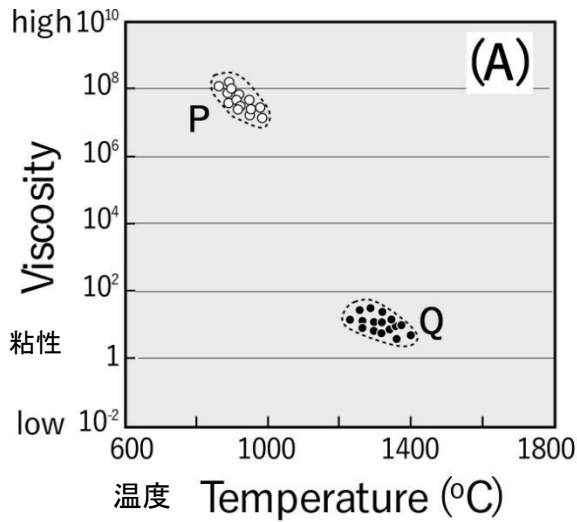


Figure A

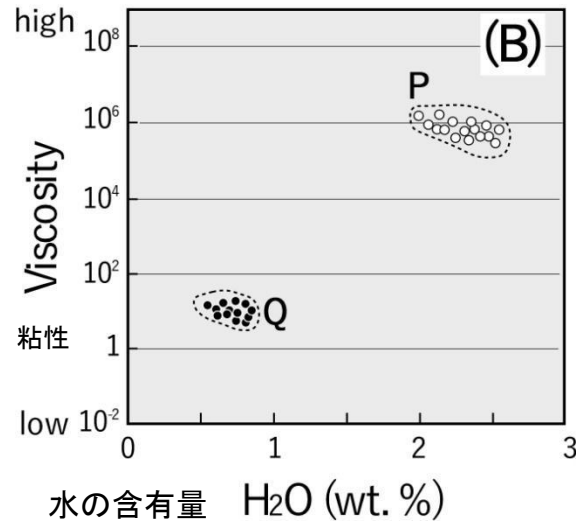


Figure B

Q4) 図Aと図BのマグマPとQに関して、正しい文章をすべて選べ。

- マグマPはマグマQより、高い温度で形成されている。
- マグマPはマグマQより、低い温度で形成されている。
- マグマQはマグマPと比べて、水の含有量が高い。
- マグマPの粘性は、水の含有量の上昇とともに、減少している。
- マグマPはマグマQと比べて、シリカの含有量が低い。
- マグマPはマグマQと比べて、シリカの含有量が高い。

2種類の火山が下の衛星画像で描かれている（それらの海底断面も示している）：済州の火山島は朝鮮半島の南側に位置し（図C）、ピナツボ火山は、フィリピンのルソン島の北側に位置している（図D）。

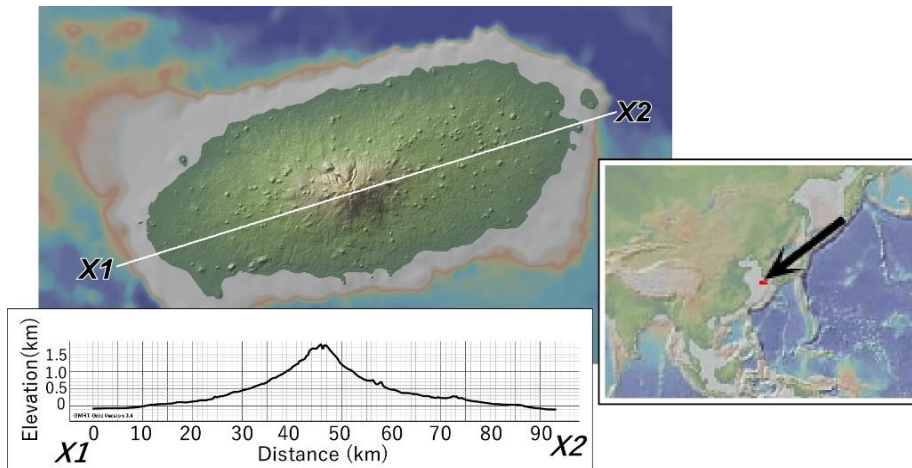


Figure C

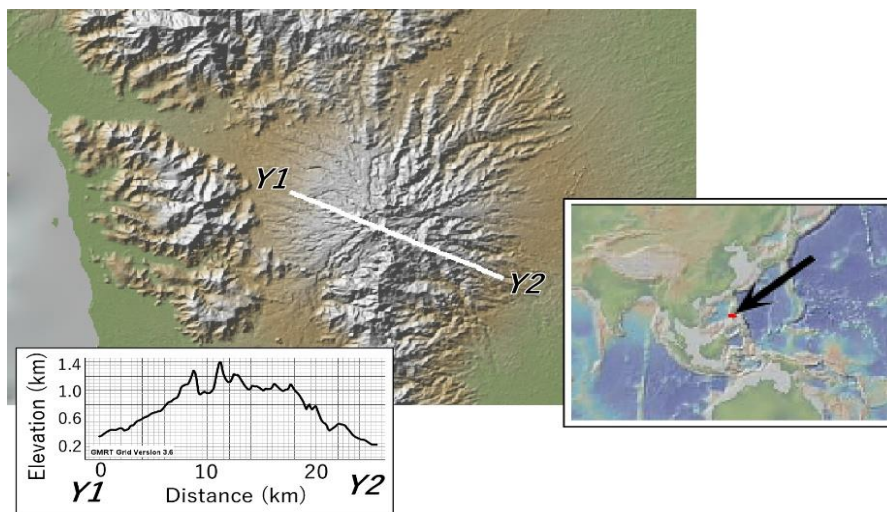


Figure D

Q5) 図Cと図Dの火山に関して、正しい文章をすべて選べ。

- a) 図Cの火山は図Aと図BのマグマPから形成されている。
- b) 図Dの火山は図Aと図BのマグマPから形成されている。
- c) 図Cの火山は図Aと図BのマグマQから形成されている。
- d) 図Dの火山は図Aと図BのマグマQから形成されている。
- e) 図Cの火山は主に流紋岩によって特徴づけられる。
- f) 図Dの火山は主に玄武岩によって特徴づけられる。
- g) 2つの火山の斜面の違いは、マグマ成分の違いに由来する。

図Eは大西洋中央海嶺と関連した火山活動を示したアイスランドの衛星画像である。図Fは図EでXとYで示された範囲を拡大したものである。アイスランドの北側に位置するクラフラ火山（範囲X）は、マグマの粘性が低いため、割れ目に沿って噴火した。一方、アイスランドの南側に位置するエイヤフィヤトラヨークトル火山（範囲Y）は爆発的な噴火をする火山で、大量の火山灰を放出している。

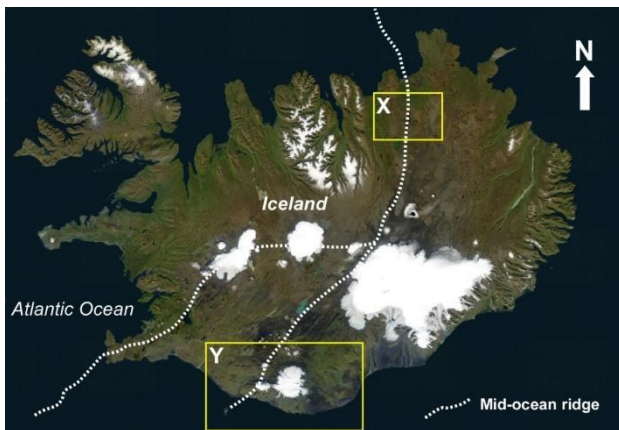


Figure E

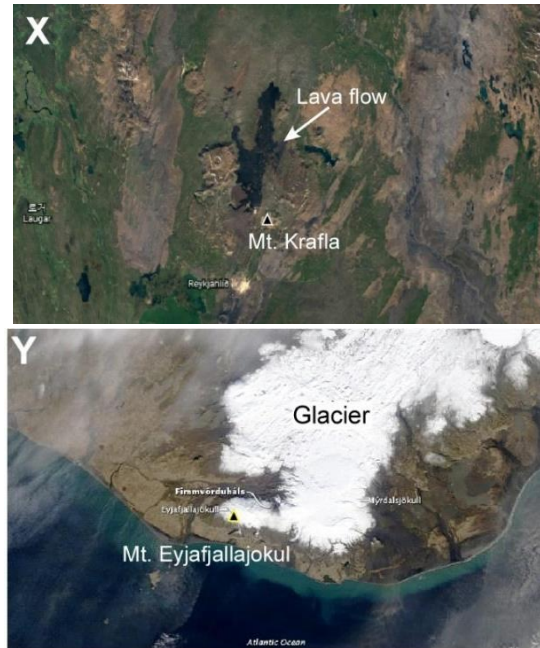


Figure F

Q6) アイスランドの2つの火山地域に関して、正しい文章をすべて選べ。

- a) XとYの範囲の火山は図Aと図Bに示されたマグマPから形成された。
- b) XとYの範囲の火山はプレートの発散境界で形成された。
- c) 範囲Xは、溶岩の高い粘性のため、高い標高の地形として形成された。
- d) 範囲XとYの火山は図Aと図Bで示されたマグマQから形成された玄武岩を主に噴出した。
- e) 範囲Yの爆発的な火山活動は外側からやってきた水の流入によっている。
- f) 地熱発電はXとYの範囲ともに適切ではない。

Q7～Q8の導入:

図1は、月平均のカラム積算水蒸気量の地図である。カラム積算量とは鉛直方向に積分した量を意味し、単位は $[g\ cm^{-2}]$ である。

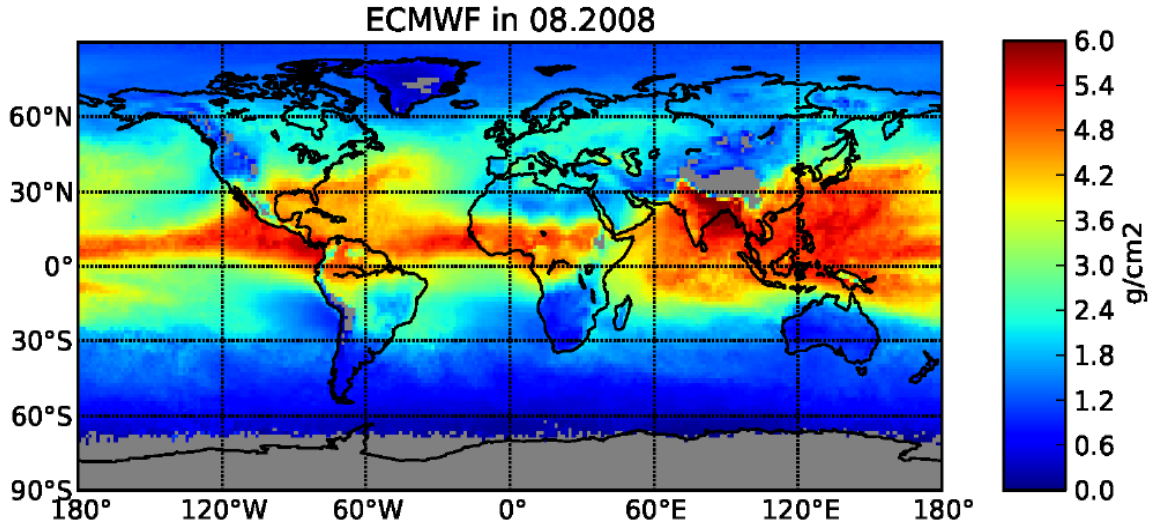


図 1

図2は、ある温度(T)、圧力(P)における純水の飽和水蒸気圧を測定する実験手順を示しており、水銀柱の高さを h とする。

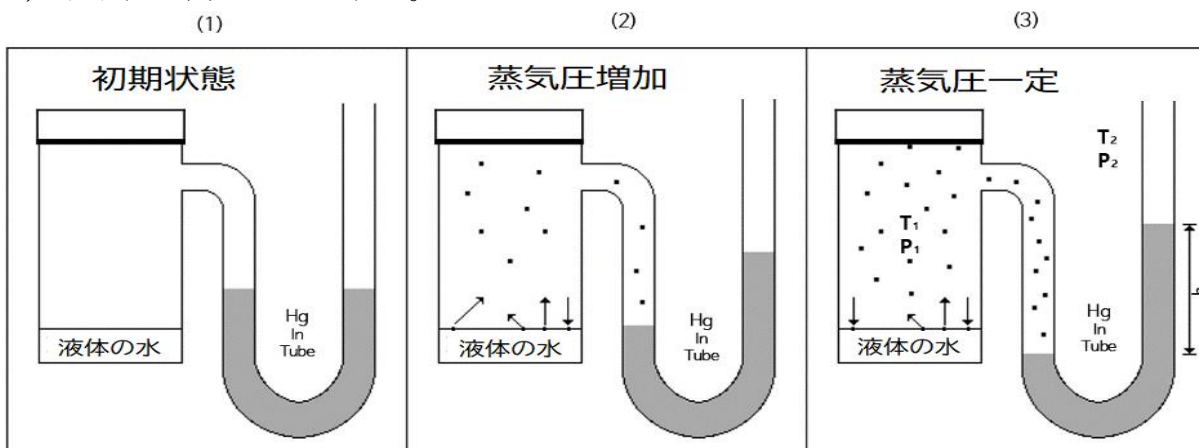


図 2

Q7) 図2に関連する文として正しいものを全て選べ。

- a) (3)における水銀柱の高さは、 T_1 が上昇すると、上昇する。
- b) (3)における水銀柱の高さは、 P_1 が上昇すると、上昇する。
- c) (3)における水銀柱の高さは、 T_1 が低下すると、上昇する。
- d) (3)における水銀柱の高さは、 P_2 が低下すると、上昇する。
- e) (3)における水銀柱の高さは、 P_2 が上昇すると、上昇する。
- f) (3)における水銀柱の高さは、 T_2 と P_2 が上昇すると、上昇する。

Q8) 図2の実験に基づいて、図1における地球大気中のカラム水蒸気量の分布を説明する文として正しいものを全て選べ。

- a) 低緯度においてより高い T は、より多くの大気中の水蒸気量をもたらす。
- b) 熱帯西太平洋上の気圧は、熱帯東太平洋上の気圧よりも高い。
- c) 熱帯西太平洋上の気温は、熱帯東太平洋上の気温よりも高い。
- d) 赤道海洋上のカラム水蒸気量は、亜熱帯海洋上のカラム水蒸気量よりも多い。
- e) 中緯度におけるすべての大陸の東岸の海洋上の大気が西岸の大気よりも多くの水蒸気を含むのは、低気圧がより頻繁にみられることと関連している。

Introduction to question Q9:

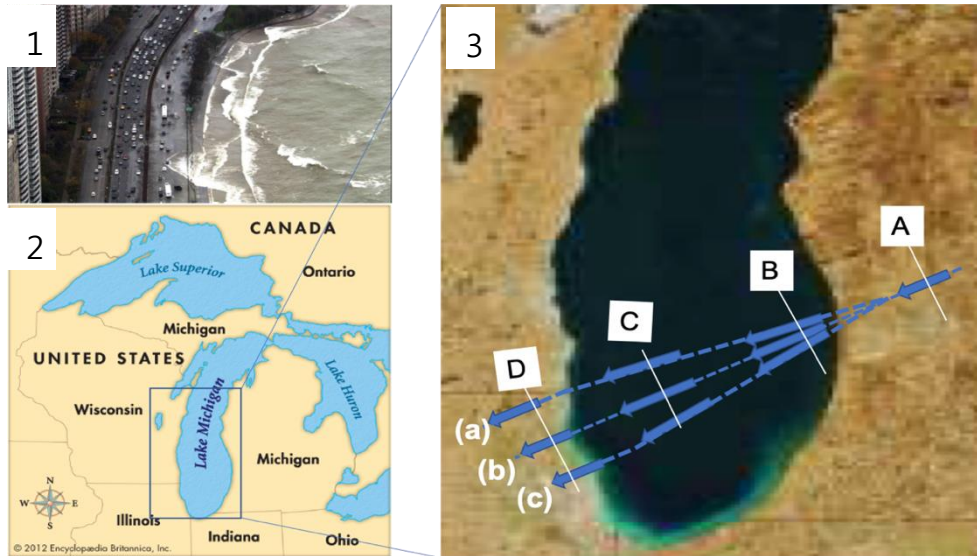
湖のような開けた水域を吹く強風は前後に振動する定常波を発生することができる (図 1)。

図 2 と図 3 は暖かくて湿った風が北半球の大きな湖を越えて吹く時の風速と風向とを示す。

A地点では、風は東北東から秒速 5 m で吹いている。

B地点では、風は秒速 7.5 m で吹いている。

D地点では、風は再び東北東から秒速 5 m で吹いている。



Q9) 上の図で、大きな水域を越えて吹く局地風について、正しい文をすべて選べ。

- a) 風の可能な経路は(a)である。
- b) 風の可能な経路は(b)である。
- c) 風の可能な経路は(c)である。
- d) 水面との摩擦がより少ないので、B地点で風はより速く吹いている。
- e) 湖の上で風速が増加すると、コリオリの力が減少する。
- f) C地点の気温と露点との差は、D地点での差より大きい。
- g) 定常波は湖の風下側に広範囲の洪水を引き起こしうる。

Introduction to question Q10:

台風は大気圏と水圏との相互作用によって引き起こされる気象現象である。図Aは台風の出現を示した衛星画像である。図Bは台風が通過する間中の、図AのP地点での気圧、風速と風向とを示している。

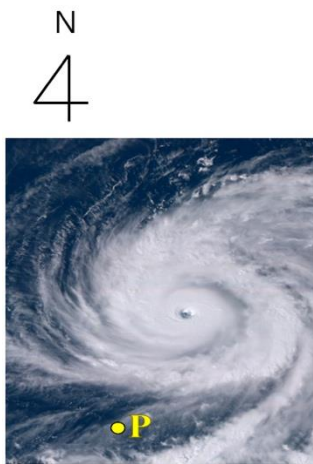


Figure A

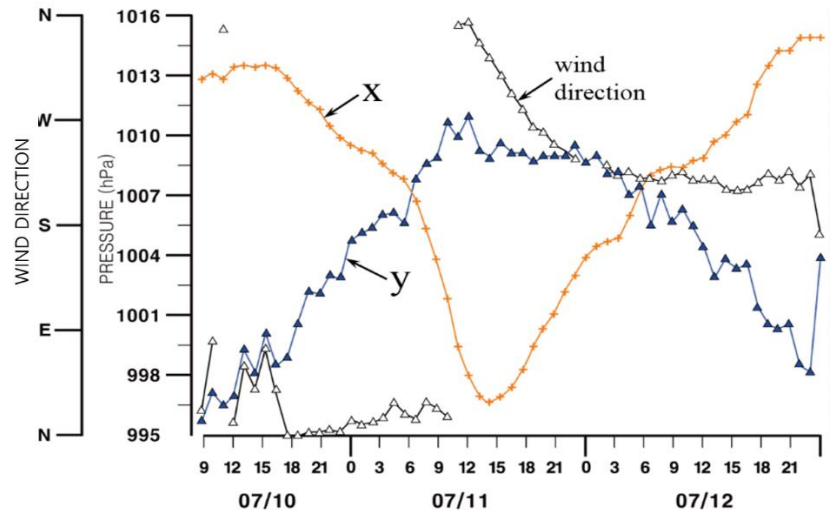


Figure B

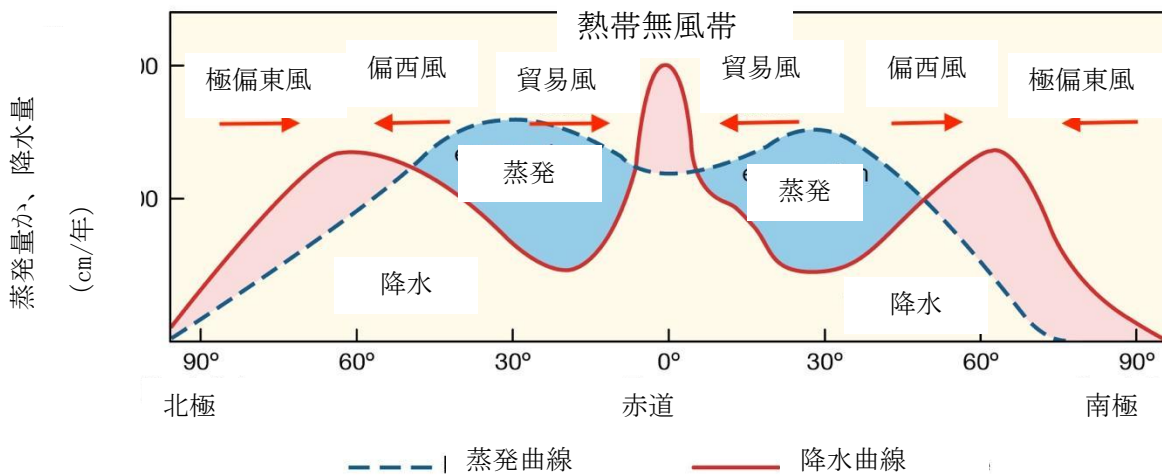
Q10) 上の図に関して、正しい文章をすべて選べ。

- a) 台風は南半球で発生した。
- b) xは気圧で、yは風速である。
- c) P地点は台風の経路の右側に位置している。
- d) 台風の中心は7月11日の14時頃に、P地点の近くを通過した。
- e) 台風の中心が通過した後に、P地点の風向は南東から北東へ変化した。

Introduction to question Q11:

図Aで示したように、大気圏の年平均降水量・蒸発量の緯度分布はつりあっていない。大気圏は亜熱帯の降水より高い蒸発によって水を得るのに対して、熱帯と中高緯度の蒸発より高い降水によって水を失う。赤い矢印は各々の風（例 極偏東風、偏西風、貿易風）の南北方向の流れを示している。水収支の緯度による違いは、地球全体の気候分布を決定づけている。次のページの図Bは主に降水量と気温にもとづく最もよく知られた気候区分を示している。

降水と蒸発の緯度による違い



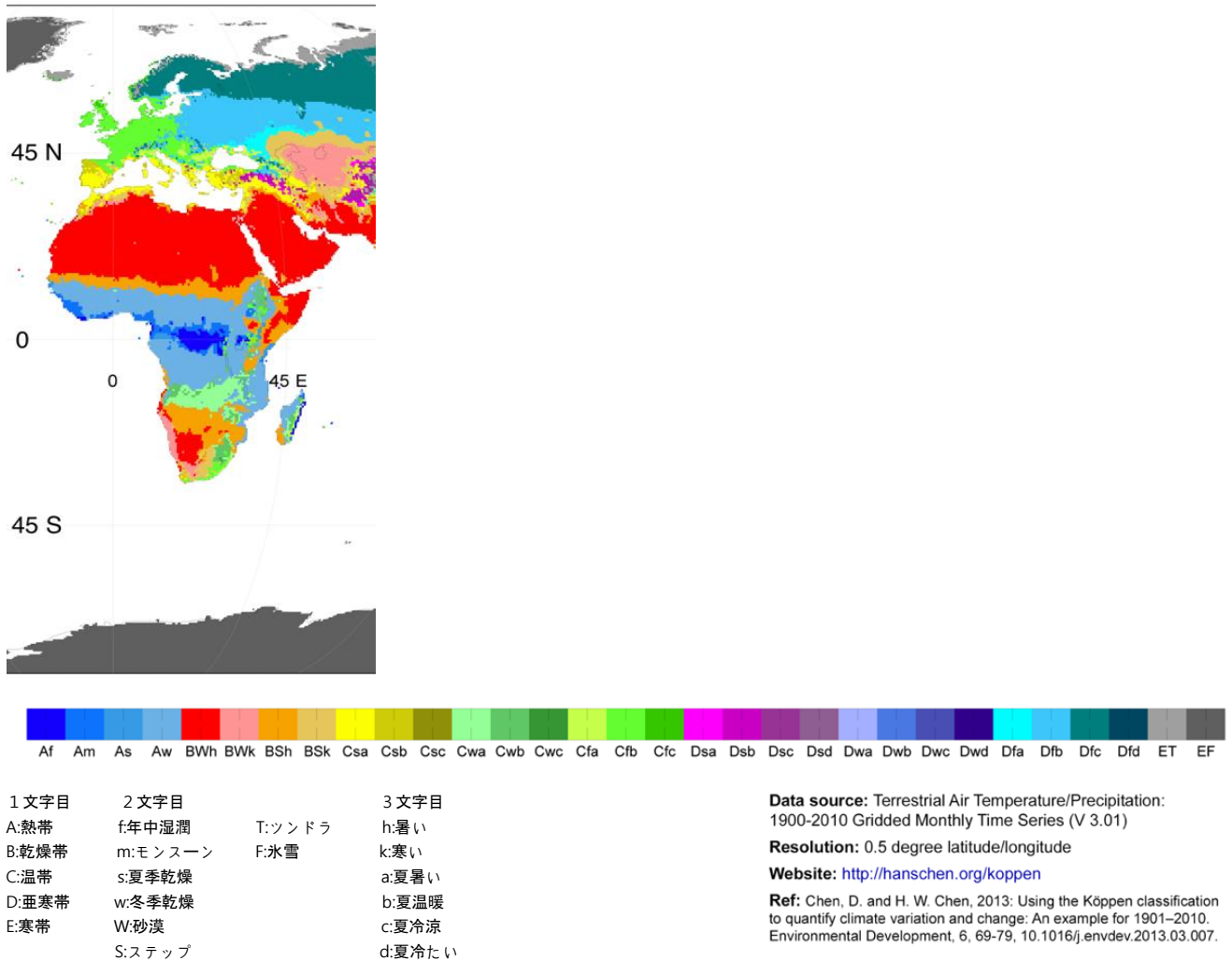


Figure B

Q11) 図Aと図Bに基づき、大気圏の水と地域気候における大気圏の水の影響について述べた文章を正しいものをすべて選べ。

- a) 北緯30°と南緯30°近くで、降水よりも多い蒸発が、大きなBWh（砂漠気候）領域の形成に寄与している。
- b) 蒸発より大きな降水による熱帯無風帯上の大気圏の水の不足は、両半球の貿易風によって水平方向の水の収束によって補っている。
- c) 熱帯無風帯では、大気圏は蒸発よりも大きな降水によって水をかなり失う。その結果、乾燥した大気になり、BWh（砂漠気候）が優勢になる。
- d) 大気圏は北緯30°と南緯30°近くで、降水よりも多い蒸発によってより多くの水を得る。その結果、湿潤な大気になり、Cfa（温暖湿潤気候）が優勢になる。
- e) 1年を通して、熱帯地域の降水量のピークの位置は変わらないので、Af（熱帯雨林気候）は赤道近くに現れることになる。

Q12～Q13への導入

西南極のThwaites氷河は18万2000平方キロメートルの範囲を覆っている。衛星での測量では氷河の消失率は1990年代の2倍になっている。氷河は近い将来海水面を数インチ高める可能性がある。氷河も河川と同様に底がある。ほとんどの氷底斜面は河床と同様に氷底

の流れと同じ方向に流れ下る。氷河先端の海に面する部分の下の岩盤は、千年以上にわたる氷の荷重によって押し下げられた内陸部側の岩盤よりも高い位置にある。

Thwaites氷河の海に面する氷はかつて岩盤と接していたものが、現在は氷山となり氷河から相当量失われている。それは海水が浸み込む通路を氷河の下に広げている。毎年接地線（岩石や氷と海水が会う所）はどんどん深くなっている。氷崖は200m以上の高度では不安定である。それらは崩壊する。

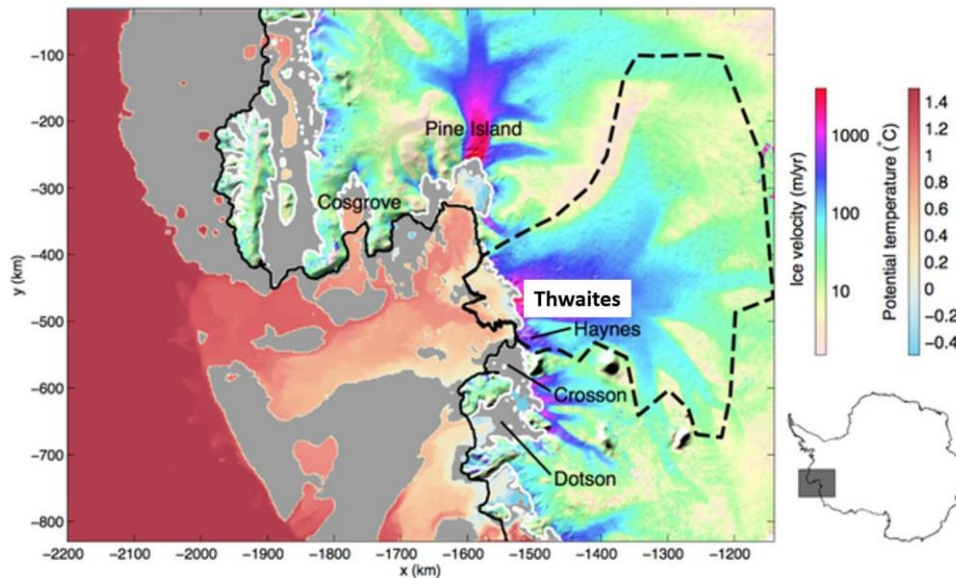


図1 西部南極（挿入図に位置を示す）のThwaites氷河（おおよその位置を点線で示す）の氷河移動速度（メートル毎年）と周囲の氷河。海洋底の温度は赤の影の濃淡で表す。灰色で示した海洋部分は氷河を支えるには浅すぎる。出典：NASA/JPL-Caltech

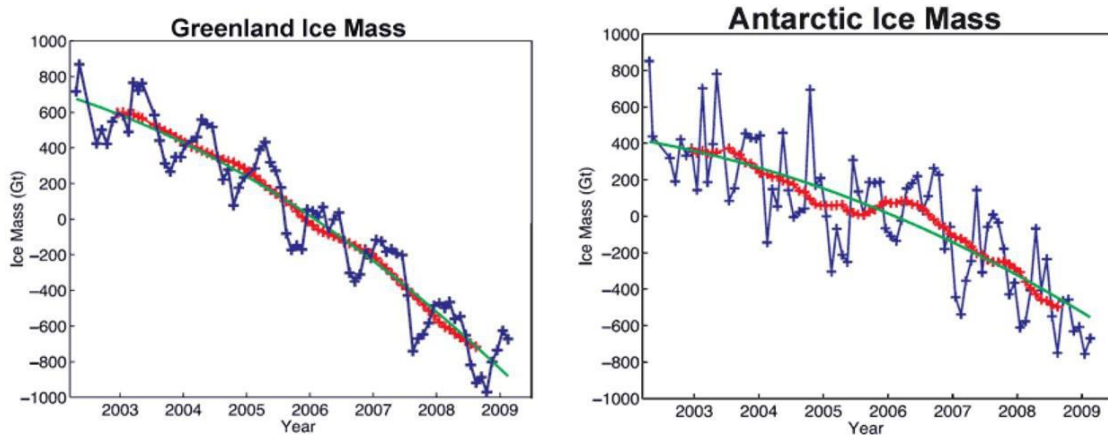
Q12)以下の内Thwaites氷河の複合した融解と流下率を加速させうるものはどれか？正しいものすべてを選べ。

- a) 氷河が海に面するところで海洋の温度上昇
- b) 氷河が氷山として浮かんでいる下の海洋の温度低下。
- c) 沼地の様な運河地域や氷河の下の水流
- d) 氷河と接する海水の塩分濃度の減少
- e) 海水準の上昇
- f) 氷表面のアルベドの増加。

次の図は、懐疑的な科学からのものである。これは、イザベラ ヴェリコグナ (Isabella Velicogna) による、グリーンランドの氷床の全量の推定を示す。フィルター処理をしていないデータが、青い折線である。

季節の変動を排除するためにフィルター処理をしたデータを、赤い折線として示す。二次関数による最適なデータを、緑色で示す。データはGRACE 衛星 (GRACE; Gravity Recovery and Climate Experiment) によるものである。

この注目すべきプロジェクトでは、一対の衛星を使用して、地球の重力場内の場所ごとの小さな変動を正確に測定する。氷床が溶けると、GRACEはそれを検出できる。



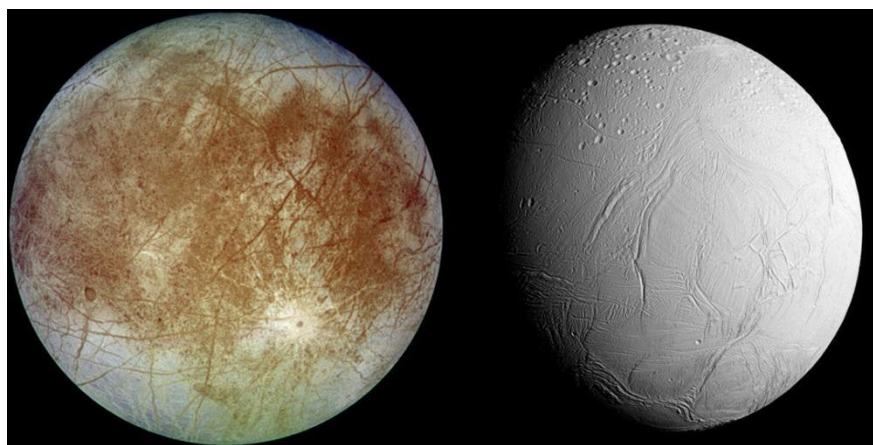
※縦軸：氷の質量(ギガトン) 横軸：年 左：グリーンランドの氷の質量 右：南極の氷の質量

Q13) 上の2つの図に基づいて、正しい文をすべて選択せよ。

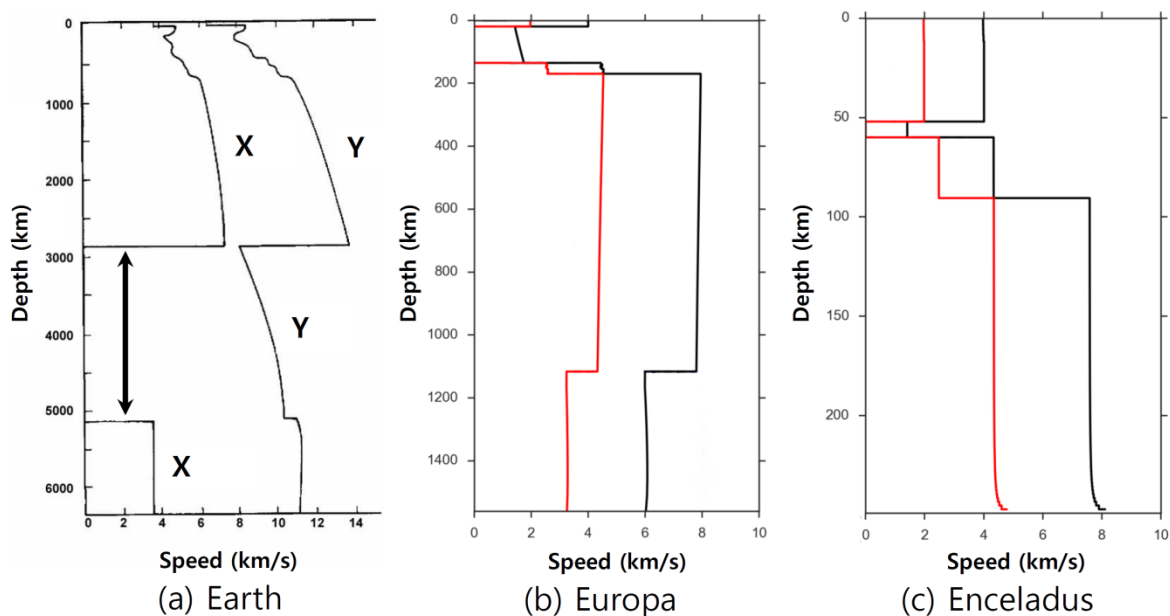
- a) グリーンランドでは、南極大陸よりも急速に氷の質量が失われている。
- b) グリーンランドと南極の氷の質量損失の違いは、部分的には緯度の違いに起因する可能性がある。
- c) グリーンランドと南極の氷の質量損失の違いは、氷床の大きさの違いに一部起因している可能性がある。
- d) グリーンランドと南極の氷の質量損失の違いは、グリーンランドがより暖かい気流と海流にさらされていることに一部起因する可能性がある。
- e) グリーンランドと南極の大量の氷損失の違いは、グリーンランドがより工業化された北半球から来るより多くのすす、塵、および黒色炭素にさらされていることに一部起因する。
- f) グリーンランドと南極の氷の質量損失の違いは、南半球の砂漠由来の塵の原因となる砂漠に覆われたはるかに大きな表面積を持つ南半球に一部起因している可能性がある。
- g) 両方のグラフは、寒い季節の間の氷の質量の蓄積と暖かい季節の間の氷塊損失の年間サイクルを示す。
- h) グリーンランドは、南極よりも年間の氷損失の変動が大きい。

Q14-Q15のイントロダクション:

地震学は地球の内部構造を理解するために用いることができる。これはまた、ほかの惑星や衛星についても同様であり、特に、エウロパやエンセラダス（氷で構成されている）のような大型ガス惑星の衛星の内部における海の存在を調べるためにも用いられている（図A）。図Bは地球 (a)、木星の衛星エウロパ (b)、土星の衛星エンセラダス (c) における、P, S波の深さごとの伝播速度のモデルである。それぞれのグラフにおけるy軸の値はそれぞれの天体の半径（地表面からの距離）に対応している。



図A. 木星の衛星エウロパ（左）と土星の衛星エンセラダス（右）。縮尺は同一ではない。



図B

Q14) 図Bの正しい解釈を「すべて」選べ.

- a) グラフ(a)では、XはP波の、YはS波の深さ-速度の関係を表している.
- b) グラフ(a)では、1,000kmから2,900kmにかけて密度が増大している.
- c) グラフ(a)では、両矢印は流体が存在する領域に対応している.
- d) エウロパ (グラフb) の地表面から200-1,100kmにかけての領域では、深さとともに密度が減少すると予想される.
- e) エンセラダス (グラフc) の内部は、地震波速度の不連続な変化に基づき、大まかに4つの領域に分けられる.

Q15) エウロパとエンセラダスは太陽から離れたところに位置している. そのため、表面温度が極めて低く、氷の層で覆われている. 氷の層の下には水か部分的に融けた (slushy) 海が存在している可能性がある. 正しい説明を「すべて」選びなさい.

- a) エウロパ表面の氷の層はエンセラダスのそれと比べて厚い.
- b) エウロパ表面の氷の層はエンセラダスのそれと比べて薄い.
- c) エウロパの海はエンセラダスのそれと比べて厚い.
- d) エウロパの海はエンセラダスのそれと比べて薄い.
- e) エウロパの海の体積はエンセラダスのそれと比べて大きい.
- f) エウロパの海の体積はエンセラダスのそれと比べて小さい.