

地 学

(解答番号 ~)

第1問 20世紀初頭における地学的な発見などには、今日の地学の基本的な概念や原理・法則などの基盤になっているものが多い。次の表1のA～Eは、その主なものを示している。これらに関連する後の問い(問1～5)に答えよ。(配点 17)

表1 20世紀初頭における地学的な発見など

	年 代	人 名	発見など
A	1902年	ド・ボール T. de Bort	成層圏の発見
B	1905年	ヘルツシュプルング E. Hertzsprung	ヘルツシュプルング・ラッセル図 (HR 図)の概念の完成
	1913年	ラッセル H. N. Russell	
C	1909年	モホロビッチ A. Mohorovičić	地震波速度の不連続面の発見
D	1913年	ホームズ A. Holmes	放射年代に基づく地質年代の年表 (年代尺度)の提示
E	1920年代	ボーエン N. L. Bowen	マグマの分化に関する原理の提唱

問1 表1のAに関連して、成層圏の発見をきっかけとして地球大気鉛直構造の理解が進んだ。鉛直構造として区分された四つの層のそれぞれについて述べた文として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① 対流圏では、地表付近で水蒸気量が最も少ない。
- ② 成層圏では、オーロラが発生する。
- ③ 中間圏では、気温が高度とともに低下する。
- ④ 熱圏では、極渦という巨大な低気圧が発生する。

問 2 前ページの表 1 の B に関連して、恒星について述べた文として誤っているものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① 太陽は、主系列星に分類される。
- ② 主系列星は、表面温度が高いほど光度が小さい。
- ③ 赤色巨星は、主系列の段階を終えた恒星である。
- ④ スペクトル型が M 型の恒星は、太陽より表面温度が低い。

地 学

問 3 88 ページの表 1 の C に関連して、地殻とマンツルの境界は、モホロビチツチ不連続面(モホ面)とよばれている。次の図 1 は、二つの地域(地域 A および地域 B)の地下を伝わる P 波の走時曲線を重ねて示したものである。この図から読み取ることができることからして最も適当なものを、後の①~④のうちから一つ選べ。ただし、両地域ともに地下はモホ面を境界とする水平な 2 層からなるものとする。 3

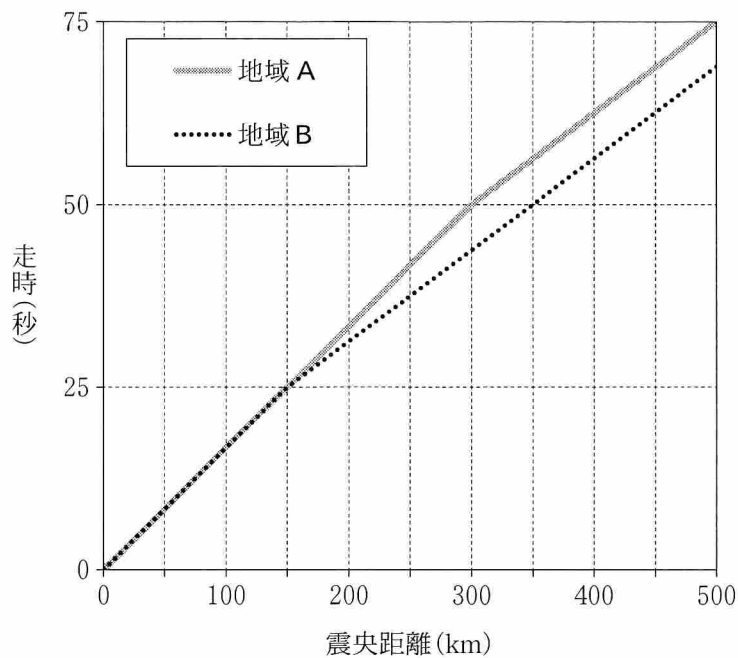


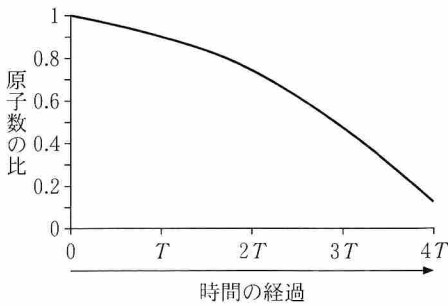
図 1 P 波の走時曲線

灰色の実線は地域 A の走時曲線を、点線は地域 B の走時曲線を表す。震央距離 0 ~ 150 km では両者が重なっている。

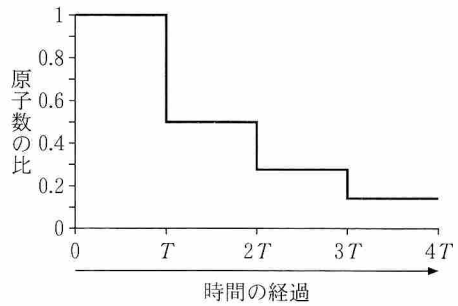
- ① マンツル内の P 波速度は、地域 A の方が地域 B よりも小さい。
- ② マンツル内の P 波速度は、地域 A の方が地域 B よりも大きい。
- ③ モホ面の深さは、地域 A の方が地域 B よりも浅い。
- ④ モホ面の深さは、地域 A の方が地域 B よりも深い。

問 4 88 ページの表 1 の D に関連して、放射年代の測定には岩石などの試料に含まれる放射性同位体の崩壊(壊変)を利用している。放射性同位体の元の原子数に対するある時間経過後の原子数の比が、時間とともに変化する様子を表したグラフとして最も適当なものを、次の①~④のうちから一つ選べ。なお、図中の T は半減期を示す。 4

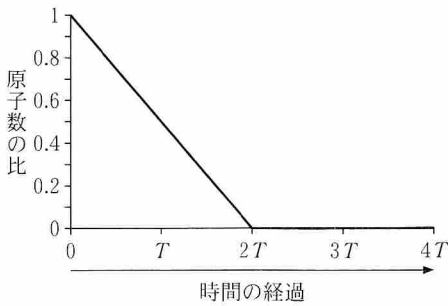
①



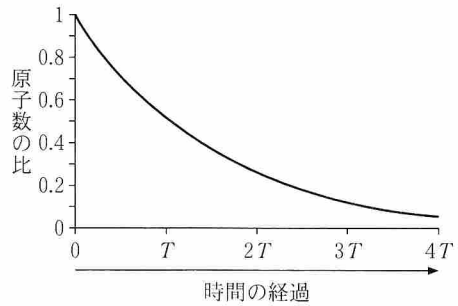
②



③



④



地 学

問 5 88 ページの表 1 の E に関連して、マグマの結晶分化作用は、マグマの多様性を説明する考え方の基盤になっている。玄武岩質マグマの結晶分化作用が進んでいくときに起こる現象について述べた文として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

5

- ① 有色鉱物(苦鉄質鉱物)がすべて晶^{しょうしゆつ}出した後に、無色鉱物(ケイ長質鉱物)が晶出する。
- ② 有色鉱物は、かんらん石、輝石、^{かくせんせき}角閃石、^{くろうんも}黒雲母の順に晶出し始める。
- ③ 晶出する斜長石は、Na に富むものから Ca に富むものへと変化する。
- ④ 残ったマグマの SiO_2 の含有量(質量%)は、減少する。

(下書き用紙)

地学の試験問題は次に続く。

地 学

第 2 問 次の問い(A～C)に答えよ。(配点 20)

A 地球の構造に関する次の問い(問 1・問 2)に答えよ。

問 1 次の図 1 は、アイソスタシーが成り立っている地域の地形と地下構造を模式的に示している。図 1 の地表に沿って行った重力測定から得られるフリーエア異常とブーゲー異常を模式的に示した図は、それぞれ後の a～c のうちのどれか。それらの組合せとして最も適当なものを、後の①～④のうちから一つ選べ。 6

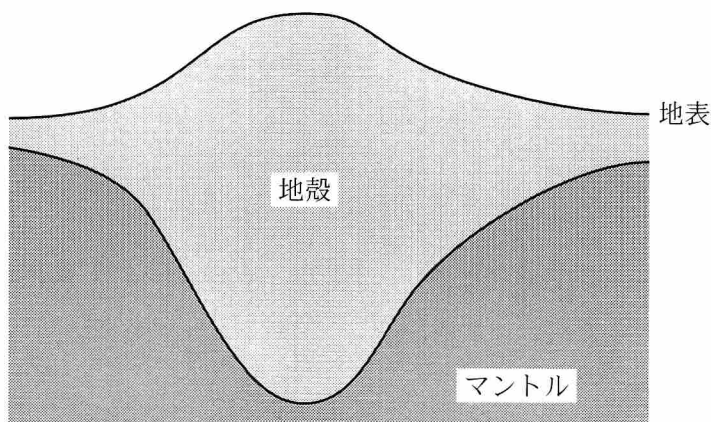
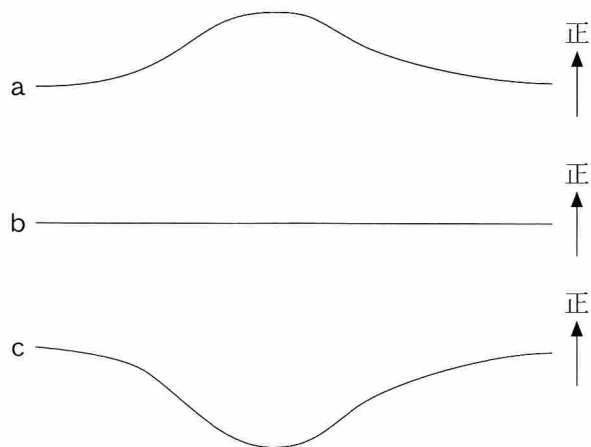


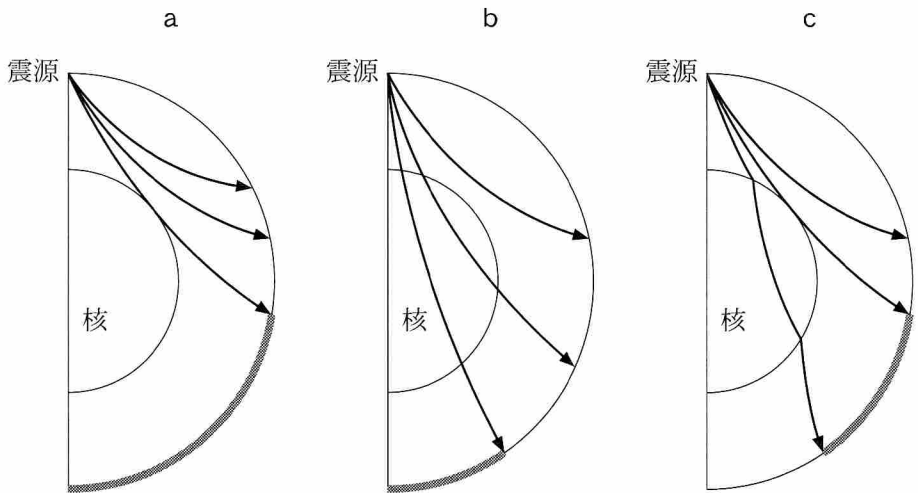
図 1 アイソスタシーが成り立っている地域の地形と地下構造



	フリーエア異常	ブーゲー異常
①	b	a
②	b	c
③	c	a
④	c	b

地 学

問 2 地震波の伝わり方から地球深部の構造を知ることができる。震源から地表に到達するP波とS波の伝わり方を模式的に示した図は、それぞれ次の a～c のうちのどれか。それらの組合せとして最も適当なものを、後の①～⑥のうちから一つ選べ。なお、地表の灰色の部分、P波またはS波の影の領域(シャドーゾーン)を示す。 7



	P波	S波
①	a	b
②	a	c
③	b	a
④	b	c
⑤	c	a
⑥	c	b

B 地磁気に関する次の文章を読み、後の問い(問3・問4)に答えよ。

岩石に記録された残留磁気の方向の測定から、地磁気がときどき逆転することがわかっている。(a)地磁気の逆転は世界中で同時に起こるので、残留磁気から復元された過去の地磁気逆転は、世界中の地層を対比する上で最も信頼できる指標となる。最後の逆転は約77万年前で、その直前の地球磁場は現在と逆の方向を向いていた。

千葉県地層における残留磁気の測定から、この最後の地磁気逆転が見つかった。その地層での、ある地層面より上では、現在の磁場と同じように、水平分力がほぼ北を、鉛直分力がアを向いていた。一方、その地層面より下では、水平分力がほぼイを、鉛直分力がウを向いていた。この逆転を境界とする地質時代がチバニアンと名付けられた。

問3 上の文章中の ア ~ ウ に入れる語の組合せとして最も適当なものを、次の①~⑧のうちから一つ選べ。 8

	ア	イ	ウ
①	上	北	上
②	上	北	下
③	上	南	上
④	上	南	下
⑤	下	北	上
⑥	下	北	下
⑦	下	南	上
⑧	下	南	下

問4 上の文章中の下線部(a)に関連して、地磁気逆転記録の同時性を利用して知ることができることからして最も適当なものを、次の①~④のうちから一つ選べ。 9

- ① 海洋底の年代
- ② スーパーブルームの上昇速度
- ③ ホットスポットの動き
- ④ 地殻の厚さ

地 学

C 火山に関する次の文章を読み、後の問い(問5・問6)に答えよ。

高校生のSさんとYさんは、自分たちが訪れた火山の写真(図2のA、B)を見ながら、授業で学習したことを振り返った。

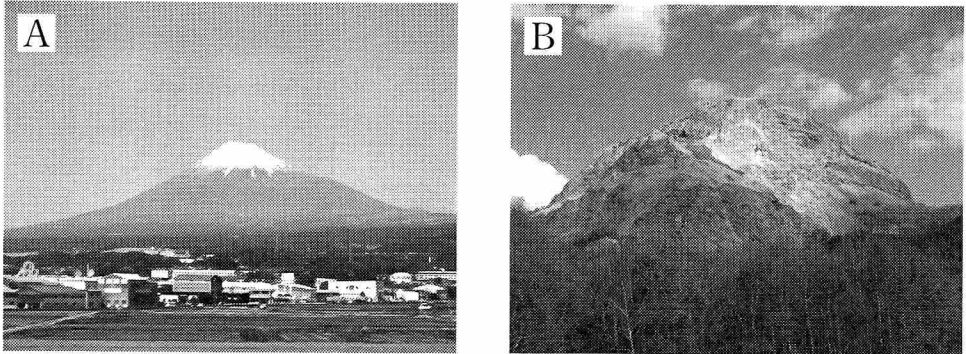


図2 火山の写真

Sさん：Aは成層火山，Bは溶岩ドーム(溶岩円頂丘)をそれぞれ撮影したものだ
よ。

Yさん：成層火山は， ことによって形成され，現在の景観になったもの
だったね。それに対して，溶岩ドームは，比較的，粘性が 溶岩
によって形成されると学んだね。

Sさん： SiO_2 含有量が多いマグマほど粘性が ということも学んだよ。

Yさん：マグマの性質によって^(b)火山の噴火様式が異なることになるんだね。

問 5 前ページの会話文中の **エ** ・ **オ** に入れる語句の組合せとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 **10**

	エ	オ
①	溶岩と火山 ^{さいせつぶつ} 碎屑物が交互に積み重なる	高 い
②	溶岩と火山碎屑物が交互に積み重なる	低 い
③	溶岩だけが大量に流出する	高 い
④	溶岩だけが大量に流出する	低 い

問 6 前ページの下線部(b)について述べた次の文 a ・ b について、その正誤の組合せとして最も適当なものを、後の①～④のうちから一つ選べ。 **11**

- a マグマが揮発性成分(火山ガス成分)に富む場合、火山の噴火は爆発的になりやすい。
- b マグマがデイサイト～流紋岩質の火山の方が、玄武岩質の火山より、穏やかに噴火することが多い。

	a	b
①	正	正
②	正	誤
③	誤	正
④	誤	誤

地 学

第3問 次の問い(A～C)に答えよ。(配点 20)

A 変成岩に関する次の文章を読み、後の問い(問1・問2)に答えよ。

高校生のSさんは変成岩について調べるため、広域変成帯である変成帯Pと変成帯Qからそれぞれ岩石を採取した。次の図1の左は変成帯Pの岩石、右は変成帯Qの岩石の写真である。Sさんは、変成帯Pから採取した片理が発達した岩石を **ア**、変成帯Qから採取した鉱物が粗粒で縞模様しまが見られる岩石を **イ** と判断した。

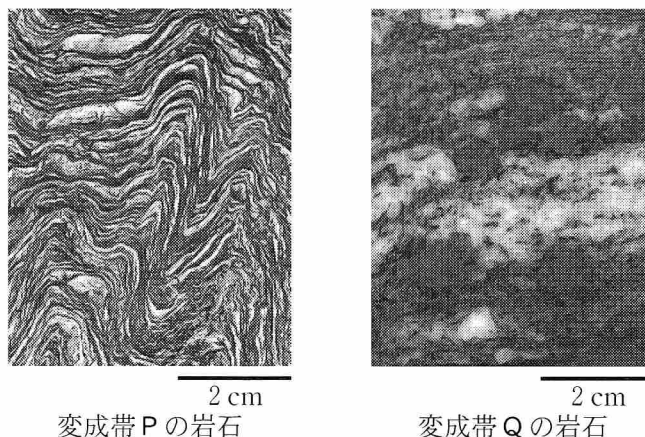


図1 Sさんが採取した岩石の写真

問1 上の文章中の **ア**・**イ** に入れる岩石名の組合せとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 **12**

	ア	イ
①	ホルンフェルス	片麻岩 <small>へんまがん</small>
②	ホルンフェルス	結晶質石灰岩
③	結晶片岩	片麻岩
④	結晶片岩	結晶質石灰岩

問 2 次の文章中の **ウ** ・ **エ** に入れる記号と語の組合せとして最も適当なものを、後の①～④のうちから一つ選べ。 **13**

次の図2は、プレートの沈み込み境界の模式図であり、広域変成作用が起こる場所をX・Yで示す。X・Yのうち低温高圧型の広域変成作用が起こる場所は **ウ** であり、日本列島では、 **エ** などでのような広域変成作用を受けた岩石が観察される。

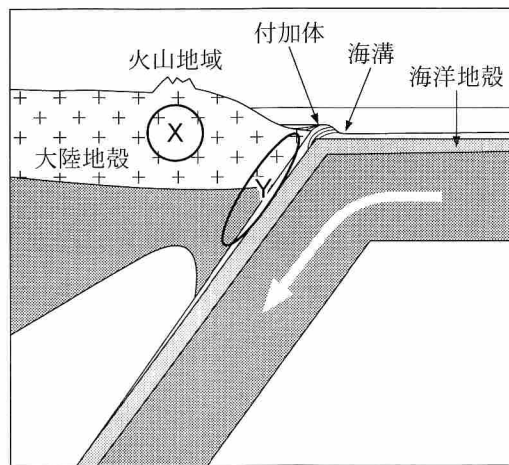


図2 プレートの沈み込み境界の模式図

	ウ	エ
①	X	さんばがわ 三波川帯
②	X	りようけ 領家帯
③	Y	三波川帯
④	Y	領家帯

地 学

B 次の文章を読み、後の問い(問3～5)に答えよ。

大学院生のTさんは北西太平洋での海洋調査に参加し、図3Aに示したような堆積物の柱状試料を採取した。研究室では、その試料から^(a)深さの順に有孔虫化石を抽出し、種類を調べた。また、最上部15mについて、有孔虫化石の酸素同位体比($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$)を測定した。それらの結果を総合し、図3Bに示したような^(b)酸素同位体比の経年的な変動を明らかにした。

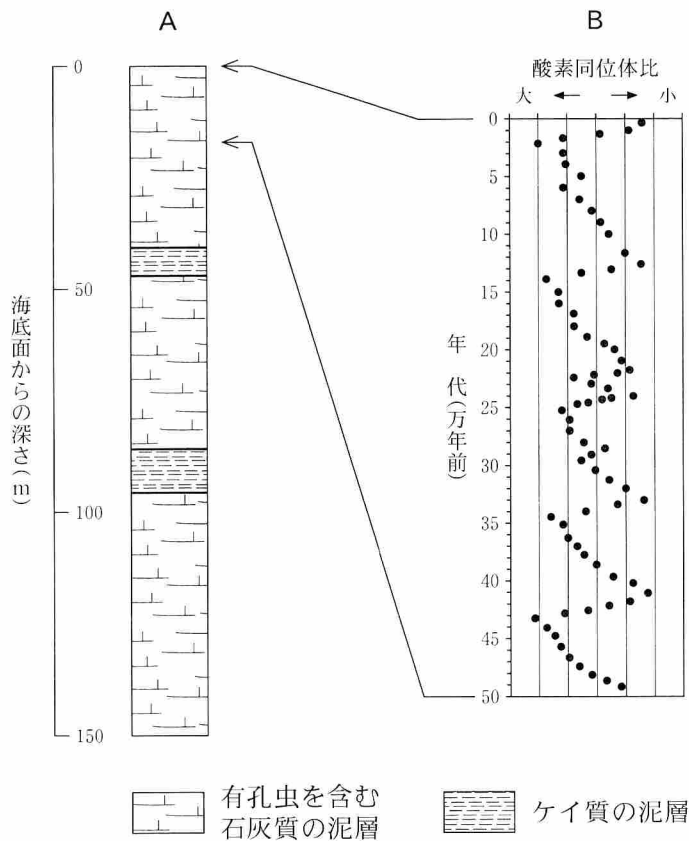


図3 A：北西太平洋の海洋底堆積物の模式的柱状図
B：最上部15mにおける有孔虫化石の酸素同位体比の変動

問 3 前ページの下線部(a)に関連して、柱状試料の深さに応じて、有孔虫のある種がいなくなり、また、新しい種が出現することから、堆積物の年代が判明した。このように、年代を知るのに使われる化石を何と呼ぶか。また、それはその化石となった生物のどのような特徴を利用したか。名称と特徴の組合せとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 14

	名 称	特 徴
①	示相化石	生存期間が短い
②	示相化石	生息環境が限られる
③	示準化石	生存期間が短い
④	示準化石	生息環境が限られる

地 学

問 4 102 ページの下線部(b)に関連して、有孔虫化石の酸素同位体比の変動と気候変動とが連動するしくみを説明した次の文章の **オ**・**カ** に入れる語の組合せとして最も適当なものを、後の①～④のうちから一つ選べ。

15

海洋から蒸発した水では、酸素同位体比が元の海洋水のそれよりも **オ** なる。気候が寒冷化して氷河が拡大すると、海洋から蒸発した水が氷床としてより多く陸上に固定され、長期間にわたって海洋に戻ってこない。その結果、そのときの海洋水では酸素同位体比が **カ** なる。その海洋水の酸素同位体比が有孔虫化石に記録される。

	オ	カ
①	大きく	大きく
②	大きく	小さく
③	小さく	大きく
④	小さく	小さく

問 5 102 ページの図 3 B に認められる、数万年～10 万年ほどの周期の酸素同位体比変動に関連した現象として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

16

- ① エルニーニョ・南方振動
- ② ミランコビッチサイクル
- ③ 海溝型巨大地震
- ④ 超大陸の形成周期(ウィルソンサイクル)

(下書き用紙)

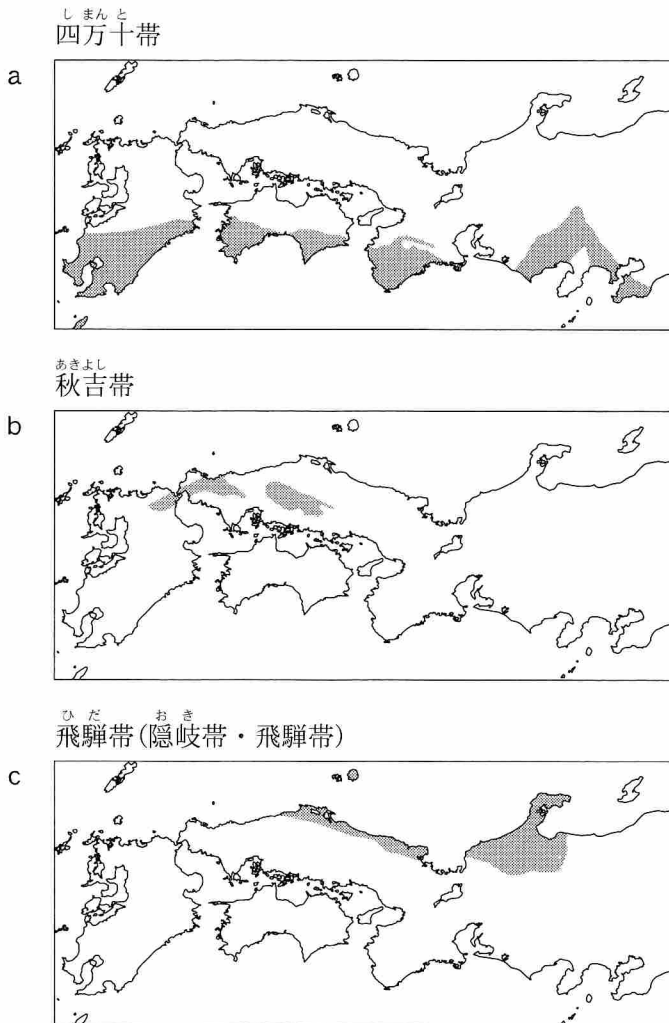
地学の試験問題は次に続く。

地 学

C 日本列島の土台の形成過程に関する次の問い(問6)に答えよ。

問6 日本列島の土台は、沈み込み帯が形成する前の大陸縁辺部の岩石に、沈み込み帯形成後の海溝にたまった堆積物や地殻の断片などが付け加わり、花こう岩などの火成岩の貫入を伴いながら、断続的に海洋側に向かって成長したものである。次の図a～cは、西南日本の一部について、いくつかの地質帯の分布を示したものである。これらの地質帯の分布と形成年代の組合せとして最も適当なものを、後の①～⑥の中から一つ選べ。

17



	原生代～古生代	ペルム紀	白亜紀～古第三紀
①	a	b	c
②	a	c	b
③	b	a	c
④	b	c	a
⑤	c	a	b
⑥	c	b	a

地 学

第 4 問 次の問い(A・B)に答えよ。(配点 20)

A 大気に関する次の文章を読み、後の問い(問1～3)に答えよ。

温度 30℃、水蒸気圧 22 hPa の空気塊 M が高度 0 m にあった。気温と飽和水蒸気圧の関係を示した次の図 1 に基づくと、この空気塊の露点は ℃である。空気塊 M を断熱的に持ち上げると、高度 X (m) で飽和し雲が発生した。X を求める近似式 $X = 125(T - t)$ に基づくと、X は m である。ここで、T と t はそれぞれ高度 0 m における空気塊 M の温度(℃)と露点(℃)である。さらに持ち上げると、飽和したまま空気塊 M の温度は 断熱減率に従って低下し、やがて高度 Y で周囲の大気のと等しくなった。高度 Y からさらにわずかに持ち上げると、空気塊 M は周囲の大気より温度が しようとした。なお、高度 Y 付近での周囲の大気の気温減率は 0.8℃/100 m である。また、乾燥断熱減率を 1.0℃/100 m、湿潤断熱減率を 0.5℃/100 m とする。

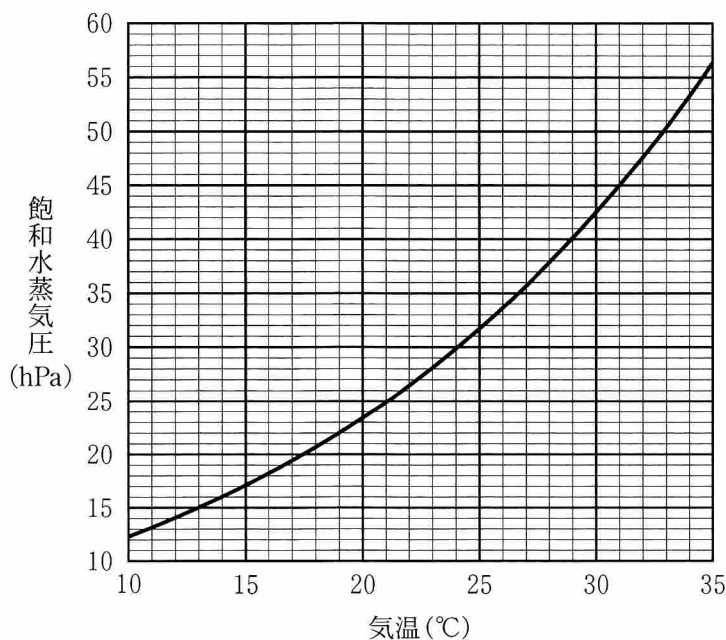


図 1 気温(℃)と飽和水蒸気圧(hPa)の関係

問 1 前ページの文章中の **ア** ・ **イ** に入れる数値の組合せとして最も
 適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 **18**

	ア	イ
①	19	750
②	19	1375
③	24	750
④	24	1375

問 2 前ページの文章中の **ウ** ・ **エ** に入れる語と語句の組合せとして
 最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 **19**

	ウ	エ
①	乾 燥	高いため自ら上昇
②	乾 燥	低いため自ら下降
③	湿 潤	高いため自ら上昇
④	湿 潤	低いため自ら下降

問 3 雲の形成に関連して述べた文として最も適当なものを、下線部に注意し
 て、次の①～④のうちから一つ選べ。 **20**

- ① エアロゾルを核とした水蒸気の凝結が、雲粒の形成過程の一つである。
- ② 雲粒が形成される際には、凝結に伴い熱を吸収する。
- ③ 大きな雲粒より小さな雲粒の落下速度が速いため、衝突して雲粒が成長する。
- ④ 温暖前線に伴う雲は、水滴の雲粒のみを含む。

地 学

B 海洋に関する次の文章を読み、後の問い(問4～6)に答えよ。

海水の流れや海面水位の分布は、海水の密度の空間的な変化と深く関係している。黒潮やメキシコ湾流の周辺でよく見られる構造として、海水の密度が小さい上層と大きい下層の境界面が、直径が数百 km のドーム状に盛り上がっている状況を考える。これを横から見ると次の図2のように、ドームの頂点 A において上層と下層の境界面が、周囲よりも 200 m 高くなっている。上層の海水の密度は 1024 kg/m^3 、下層の海水の密度は 1026 kg/m^3 とする。図中の上層全体でアイソスタシーと同様の関係が成立しており、海面気圧の影響は無視できるものとする。

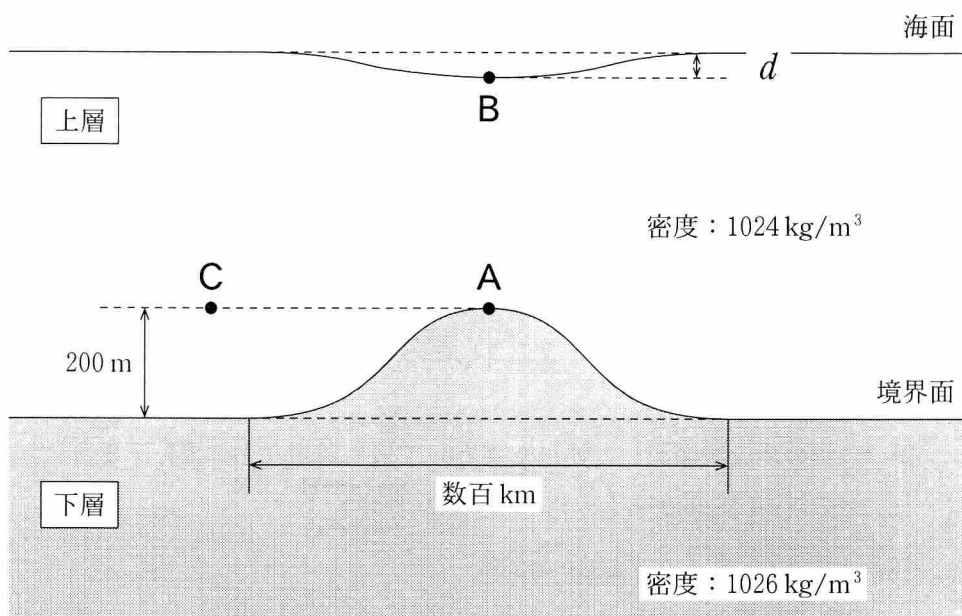


図2 海水の密度の鉛直断面の模式図

問 4 海水の密度や水温について述べた文として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① 海水の密度は、同じ水圧のもとでは水温のみで決まる。
- ② 海洋全体の海水の質量が一定のまま海水の密度が減少すると、平均海面水位が下がる。
- ③ 中緯度の海洋における表層と深層の水温差は、夏季より冬季の方が大きい。
- ④ 海洋の深層循環は、極域の表層で密度の大きい海水が沈み込むことで生じる。

問 5 前ページの図 2 では、海面がドームの直上で凹んでいる。点 A の直上の点 B において、低下した海面の水位 d をアイソスタシーの関係に基づいて計算したとき、 d の数値として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 m

- ① 0.2 ② 0.4 ③ 0.6 ④ 0.8

問 6 前ページの図 2 に関して述べた次の文の ・ に入れる語の組合せとして最も適当なものを、後の①～④のうちから一つ選べ。

点 A の水圧は、ドームの外側にある点 C の水圧よりも なっており、この構造が北半球にある場合には、ちこうりゅう地衡流の関係から、点 A と点 B を結ぶ線を軸として 回りに海水が流れている。

	オ	カ
①	高 　<	時 計
②	高 　<	反時計
③	低 　<	時 計
④	低 　<	反時計

地 学

第 5 問 次の問い(A～C)に答えよ。(配点 23)

A 太陽や天体の動きと時刻に関する次の問い(問1)に答えよ。

問 1 次の①～④のうちから、誤っているものを一つ選べ。

24

- ① 実際の太陽の動きを観測して決められた時刻を，視太陽時とよぶ。
- ② 東経 135° の平均太陽時を，日本標準時とよぶ。
- ③ 地球の自転によって生じる天体の見かけの運動を，日周運動とよぶ。
- ④ 天球上で太陽が移動する道筋を，天の赤道とよぶ。

B 惑星の観測に関する次の文章を読み、後の問い(問2・問3)に答えよ。

天文部に所属するアスカさんは、顧問の先生の指導のもと、金星と火星の見かけの運動を観測した。

問2 アスカさんは、西方最大離角にある金星を観測した。このとき金星は、太陽と地球に対して次の図1のa~dのどの位置にあるか。最も適当なものを、後の①~④のうちから一つ選べ。 25

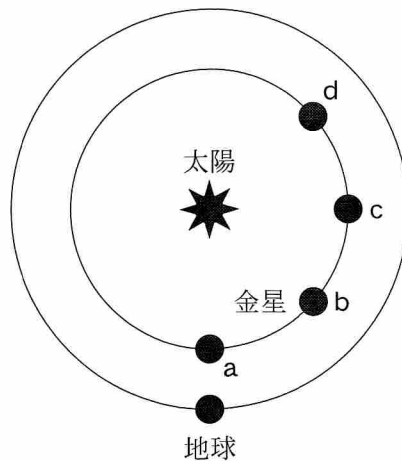


図1 地球の北極側から見た太陽と金星，地球の位置関係の模式図
金星と地球の軌道は太陽を中心とする円で近似的に表してある。

- ① a ② b ③ c ④ d

地 学

問 3 火星は次の図 2 のように天球上を運動していた。この観測からアスカさんは太陽と地球、火星の位置関係を推定した。2020 年 4 月、2020 年 10 月、2021 年 4 月の太陽と地球、火星の位置関係は次ページのア～エのどれか。その組合せとして最も適当なものを、後の①～④のうちから一つ選べ。ただし、ア～エでは地球と太陽の位置関係は固定してある。また、地球と火星の軌道は太陽を中心とする円で近似的に表してあり、矢印は公転方向を表す。

26

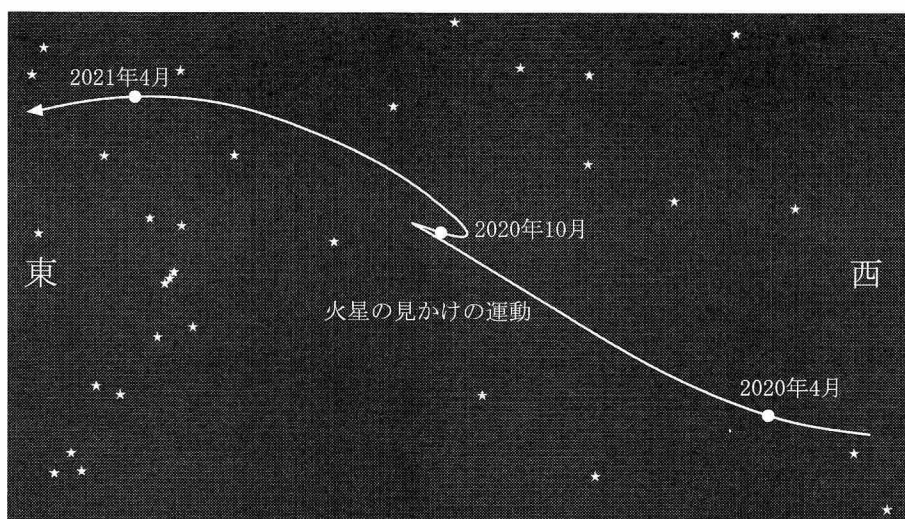
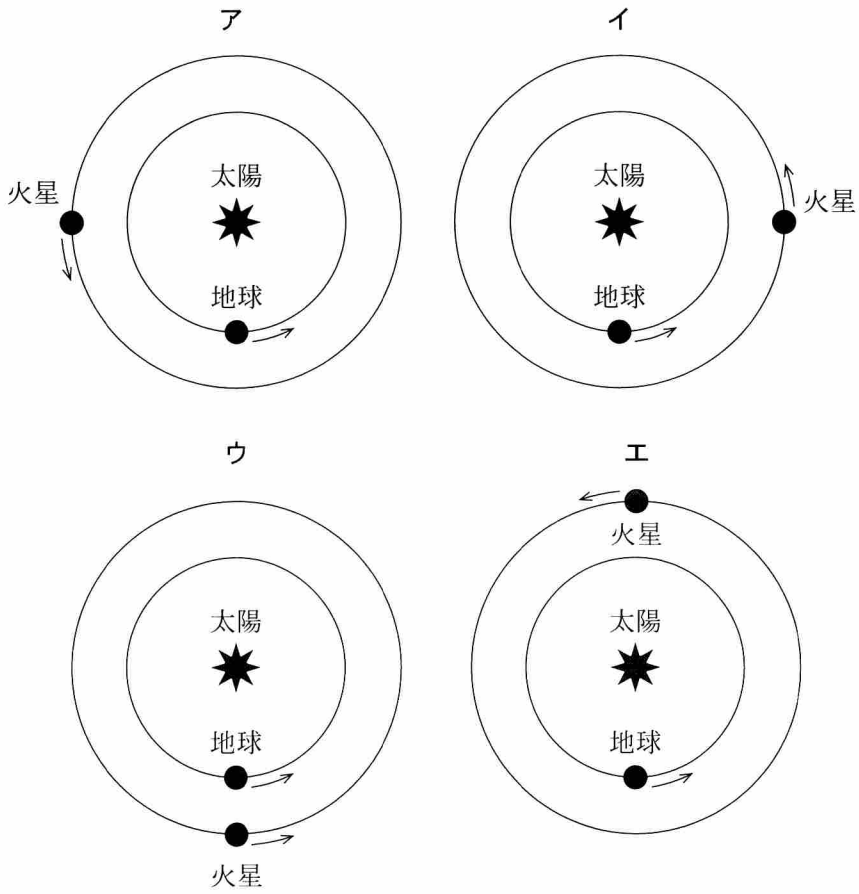


図 2 火星の見かけの運動

三つの白丸は、それぞれ 2020 年 4 月、2020 年 10 月、2021 年 4 月の火星の位置を表す。



	2020年4月	2020年10月	2021年4月
①	ア	ウ	イ
②	ア	エ	イ
③	イ	ウ	ア
④	イ	エ	ア

地 学

C 銀河と恒星に関する次の文章を読み、後の問い(問4～7)に答えよ。

高校生のハルカさんは、超新星(超新星爆発)が起こる銀河の性質に関心を持ち、先生が用意した次ページの図3に示す四つの銀河A～Dの写真を見ながら以下の考察を行った。

ハルカ：銀河Aと銀河Bは、から外側に伸びた渦巻状の腕の形が異なりますね。どちらも、腕の部分では新しい恒星が生まれています。

先生：銀河Cは、年齢が10億年以上の古い恒星の集まりで、新しい恒星はほとんど生まれていません。銀河Dはと呼ばれ、新しい恒星が盛んに生まれています。

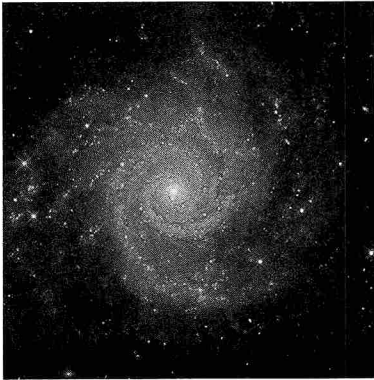
ハルカ：超新星は、質量が太陽の7～8倍以上という重くて寿命の短い恒星が、進化の最後に起こす爆発だと勉強しました。そうだとすると銀河では、超新星は起こりにくいと予想しますが、どうでしょう。

先生：良い推論ですね。それでおおむね正しいのですが、実はすべての超新星が重い恒星の爆発というわけではありません。Ia型と呼ばれる超新星は、連星において^(a)白色矮星^{わいせい}が爆発すると考えられていて、この超新星だけは銀河でも起こります。

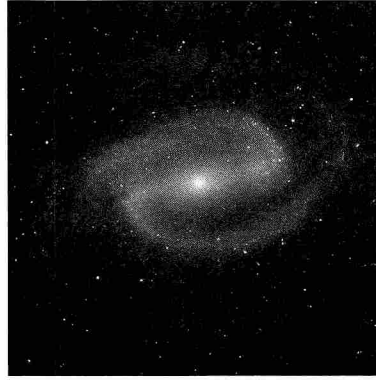
ハルカ：Ia型超新星は絶対等級を推定できるので、遠方天体までの距離の測定に用いられ、宇宙の加速膨張の発見にもつながった天体でしたね。

先生：Ia型は超新星の中でも特に明るいものの一つで、最大光度が^(b)太陽の明るさの100億(10¹⁰)倍に匹敵します。

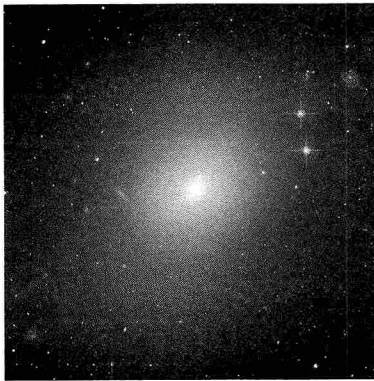
銀河 A



銀河 B



銀河 C



銀河 D

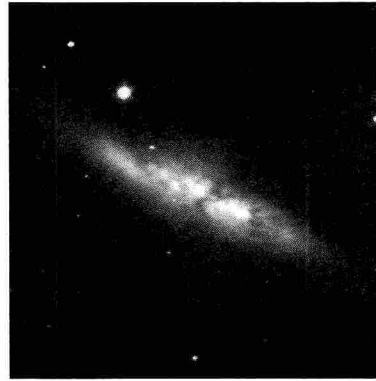


図 3 形状が異なる四つの銀河の写真

問 4 前ページの会話文中の オ ・ カ に入れる語の組合せとして最も
 適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 27

	オ	カ
①	バルジ	<small>だえん</small> 楕円銀河
②	バルジ	不規則銀河
③	ハロー	楕円銀河
④	ハロー	不規則銀河

地 学

問 5 116 ページの会話文中の **キ** に入れる記号として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 **28**

- ① A ② B ③ C ④ D

問 6 116 ページの下線部(a)について述べた文として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 **29**

- ① 白色矮星は、質量が小さいために主系列星になれなかった星である。
② 恒星の内部で、鉄でできた中心部が重力で押しつぶされて、白色矮星となる。
③ ブラックホールに吸い込まれた物質が集まって、白色矮星となる。
④ 白色矮星は、赤色巨星から惑星状星雲を経て進化したものである。

問 7 116 ページの下線部(b)に関連して、Ia 型超新星の最大光度の絶対等級として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。太陽の絶対等級は +4.8 である。約 **30** 等

- ① - 45 ② - 20 ③ + 30 ④ + 55