地　　学

（解答番号 1 ～ 27 ）

第 1 問　地学は，次の図 1 に示すように大小さまざまな空間スケールのものを対象とする。図中のA～Eに関連する後の問い（**問 1** ～ **5** ）に答えよ。（配点　20）

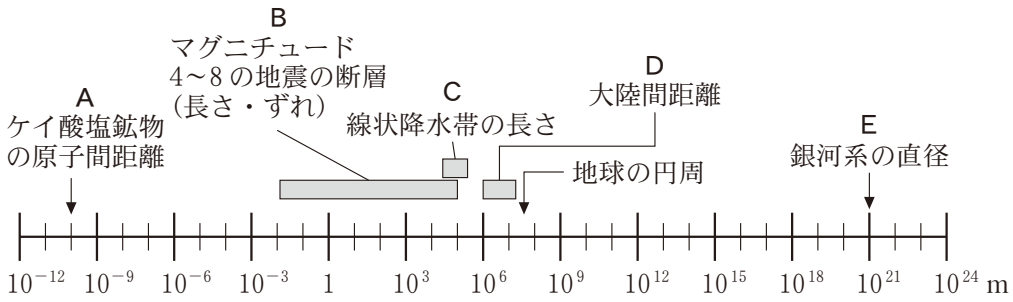


図 1　自然界における空間スケール

問 1　図 1 のAに関連して，岩石を構成するケイ酸塩鉱物は，SiO_4 四面体の規則的な配列を骨格としている。かんらん石では次ページの図 2 に示すように，SiO_4 四面体どうしは結合せずに独立して存在し，SiO_4 四面体の間に金属イオンが配置されている。かんらん石の SiO_4 四面体の間によくみられる 2 種類の金属イオン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。 1

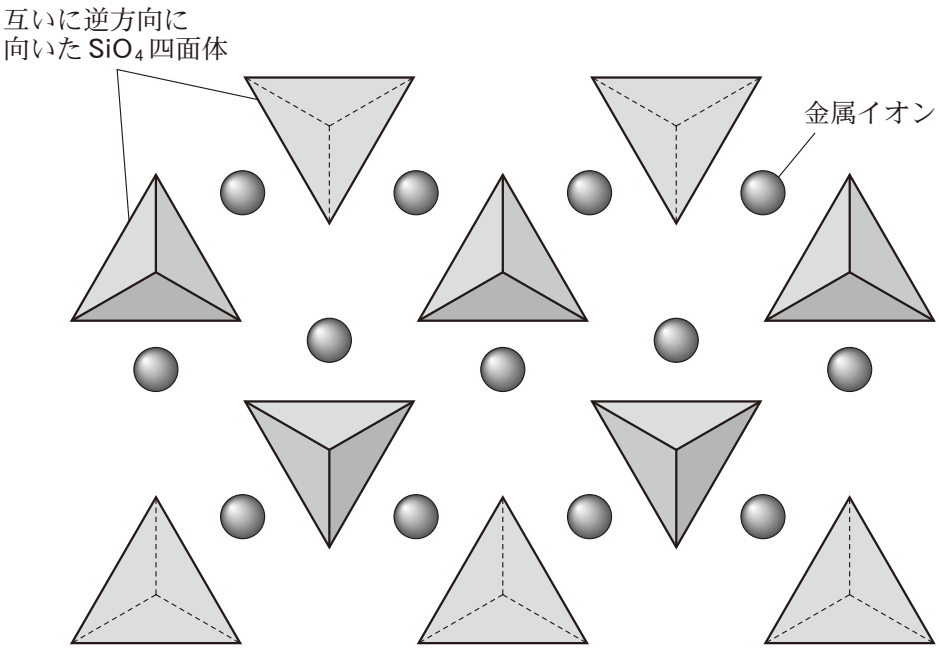


図 2　かんらん石の結晶構造

① Ca^{2+} と Na^{+}

② Fe^{2+} と Mg^{2+}

③ Ni^{2+} と Ti^{4+}

④ K^{+} と Na^{+}

問 2　184 ページの図 1 のＢに関連して，高校生Ｚさんと Y 研究員の次の会話文中の［ア］・［イ］に入れる語と数値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。［2］

Ｚ さ ん：テレビやインターネットで地震の情報を見ると，どんな地震でも×印で示されています。この×印の点は何を表しているのですか。

Y研究員：地震の断層のずれが始まった場所である［ア］を，地図上に点で表しているものです。［ア］は地震波の走時から決められますが，［ア］と地震の大きさには関係がありません。

Ｚ さ ん：では，大きい地震と小さい地震の違いは何でしょうか。

Y研究員：その違いは，断層の面積やずれの量です。地震の大きさはマグニチュードという単位で表されます。たとえば，マグニチュード 4 の地震では，面積 1 km^2（平方キロメートル）くらいの断層が 3 cm 程度ずれます。断層の面積と断層のずれの量との積が約 1000 倍大きくなると，マグニチュードは 2 大きくなります。

Ｚ さ ん：1923 年の関東地震は，およそマグニチュード 8 の大地震だったと聞きました。

Y研究員：その地震の断層の面積は，長さ 140 km × 幅 70 km くらいでした。

Ｚ さ ん：そうすると，およそ東京都と神奈川県，千葉県を合わせたくらいの面積の断層が，［イ］m 程度ずれたのですね。

	ア	イ
①	アスペリティー	3
②	アスペリティー	30
③	震　源	3
④	震　源	30

問 3　184 ページの図 1 のCに関連して，線状降水帯について述べた次の文章中の［ウ］・［エ］に入れる語と記号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。［3］

次の図 3 の左図は，西日本で線状降水帯が発生した際に，気象レーダーで測った，ある時刻の強い雨の分布である。数十分程度の寿命をもつ発達した［ウ］により，数 km の広がりをもつ強い雨の領域が点在している。

また，左図の時刻を含む 3 時間積算雨量の分布（図 3 の右図）を見ると，南西から北東方向に線状の降水域が形成されていた。領域 A・B のうち，発達した［ウ］がより多く通過したのは，領域［エ］と考えられる。

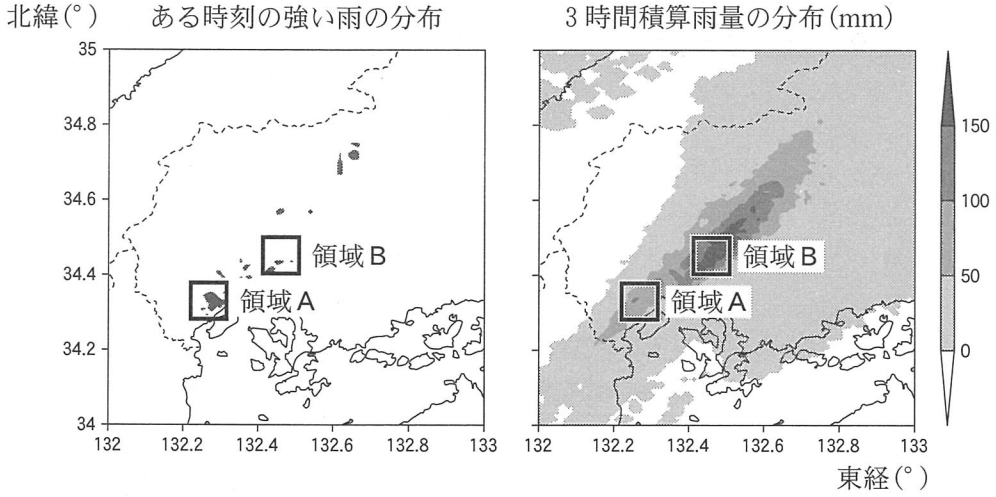


図 3　気象レーダーによる西日本の雨の分布

左図はある時刻の強い雨の分布，右図は左図の時刻を含む 3 時間積算雨量の分布である。実線は海岸線，破線は県境を示す。

	ウ	エ
①	高積雲	A
②	高積雲	B
③	積乱雲	A
④	積乱雲	B

問 4　184 ページの図 1 のDに関連して，日本とヨーロッパのような離れた場所の地層でも，たとえば，三葉虫やアンモナイトの化石が見つかれば，同じ時代の地層であることを確かめることができる。このような地層の対比に有効な化石の総称と，そうした化石として用いられる生物種の存在期間の長さ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。 4

	総　称	存在期間の長さ
①	示準化石	長　い
②	示準化石	短　い
③	示相化石	長　い
④	示相化石	短　い

問 5　184 ページの図 1 の E に関連して，銀河までの距離に関して述べた次の文章中の［ オ ］・［ カ ］に入れる数値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。［ 5 ］

私たちは銀河系（天の川銀河）に住んでいる。宇宙には同じような銀河が無数に存在し，遠方の銀河までの距離はその後退速度の観測から求めることができる。たとえば，後退速度が 7000 km/s である銀河までの距離は，ハッブル定数を 70 km/s/メガパーセクとすると，約［ オ ］メガパーセクである（1 メガパーセクは，約 3×10^{22} m）。

また，ある銀河の中に［ カ ］が観測されると，その最大光度はほぼ一定であるので，見かけの明るさからこの銀河までの距離を求めることもできる。

	オ	カ
①	1	Ia 型超新星
②	1	超巨星
③	100	Ia 型超新星
④	100	超巨星

第 2 問　固体地球に関する次の問い(問 1 ～ 4)に答えよ。(配点　15)

問 1　次の図 1 は，地球楕円体に対するジオイドのずれ，すなわちジオイドの凹凸分布を示している。インド半島の南にある領域 A と，ニューギニアにある領域 B では，ジオイドの凹凸が特に大きい。これらはマントル内部の密度の違いをおもに反映している。たとえば領域 B のジオイドは，マントル深部に沈み込んだ冷たく重い海洋プレートを反映していると考えられている。領域 A と領域 B のジオイドの凹凸の大きさ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，地球楕円体よりもジオイドのほうが高ければ正の値，低ければ負の値とする。 6

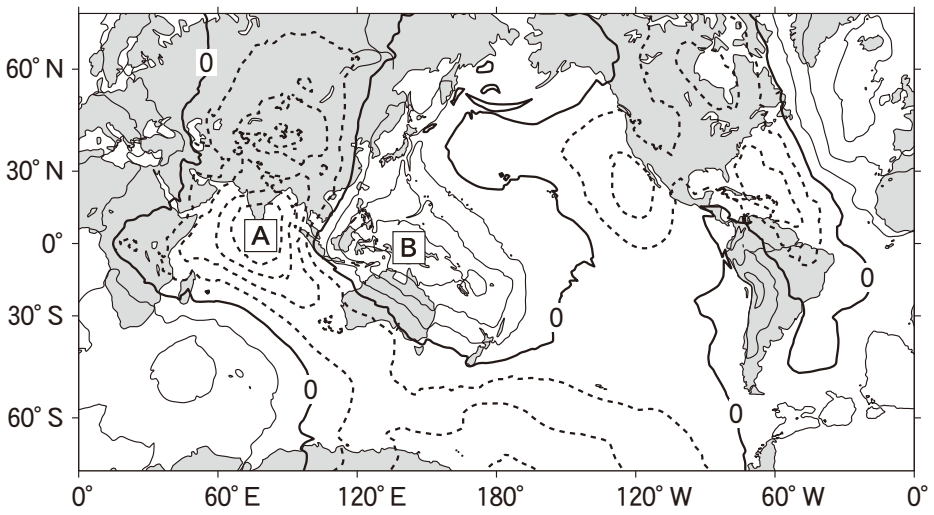


図 1　ジオイドの凹凸分布

太い実線はジオイドと地球楕円体が一致する位置を，細い実線と破線はジオイドの凹凸のどちらかの等値線を表す。また，等値線の値の間隔は一定である。

	A	B
①	− 100 m	70 m
②	− 1 m	0.7 m
③	1 m	− 0.7 m
④	100 m	− 70 m

問 2　次の図 2 は，異なる地域の地点 a と b で井戸を掘って，いくつかの深さでの温度を測定した結果を示したものである。地点 a の地殻熱流量は，地点 b の地殻熱流量に対して何倍か。最も適当な数値を，後の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし，2 地点の地下の岩石の熱伝導率は同じとする。 7 倍

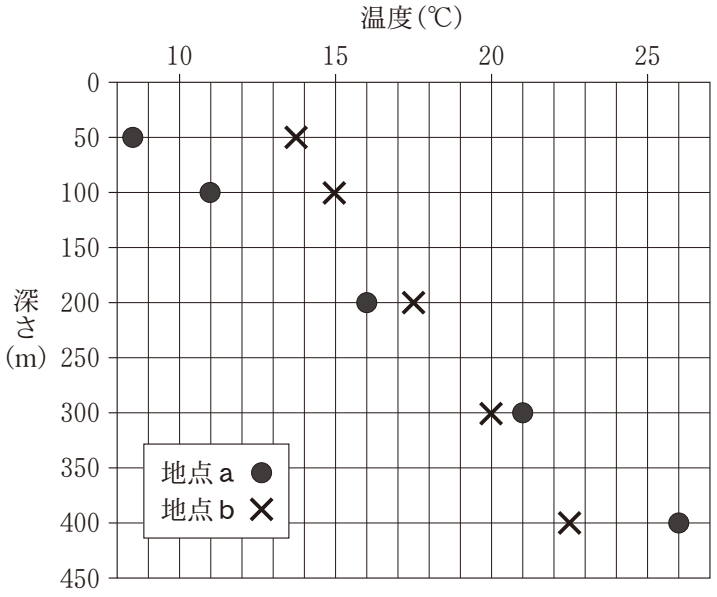


図 2　地点 a と b における地下での温度分布

① $\frac{1}{4}$　② $\frac{1}{2}$　③ 1　④ 2　⑤ 4

問 3　P 波は，観測点へ最初に到達する地震波であり，振動方向が波の進行方向と平行な縦波である。次の図 3 は，ある深さで発生した地震の震央と観測点の位置関係を表している。図 3 の範囲内で地震波速度は一定とする。観測点に設置した地震計で得られた P 波の初動前後の記録として最も適当なものを，後の①～④のうちから一つ選べ。 8

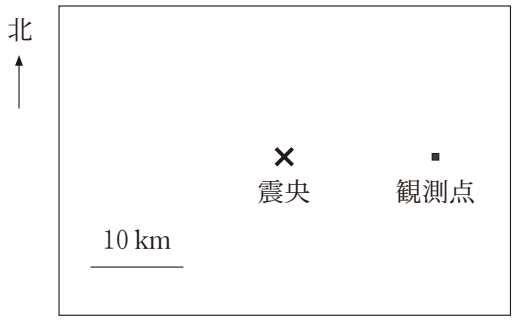
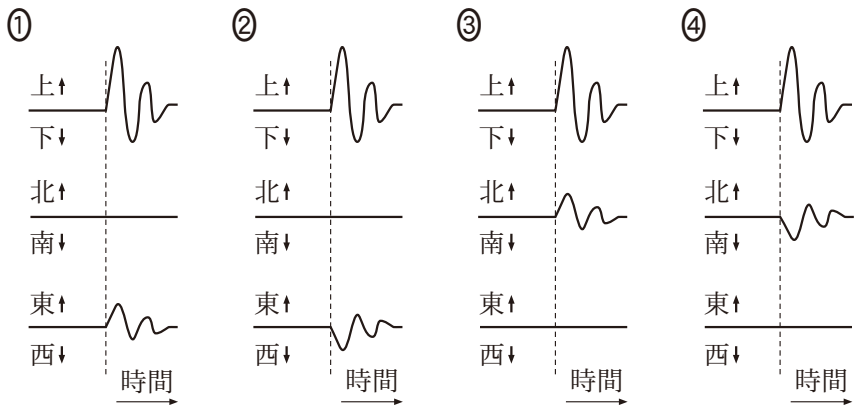


図 3　ある深さで発生した地震の震央と観測点の位置関係



P 波の初動前後の地震計の記録。上下方向，南北方向，東西方向の記録をそれぞれ示している。破線は P 波の到達時刻を表す。

問 4　海嶺(かいれい)軸付近の海上で地磁気を測定すると，地磁気が相対的に強いところと弱いところが縞(しま)状に交互に並ぶ様子がみられる。この磁気異常の要因は，海嶺で海洋底の岩石がつくられるときに，当時の地球磁場が残留磁気として記録されるためである。次の図 4 は，地磁気逆転の歴史を模式的に示したものである。北大西洋のある海嶺において，海嶺の両側の海洋底が海嶺軸から直角方向に，それぞれ年間約 3 cm の一定の速度で拡大した場合，この海嶺軸付近の磁気異常を示した模式図として最も適当なものを，後の①～④のうちから一つ選べ。

9

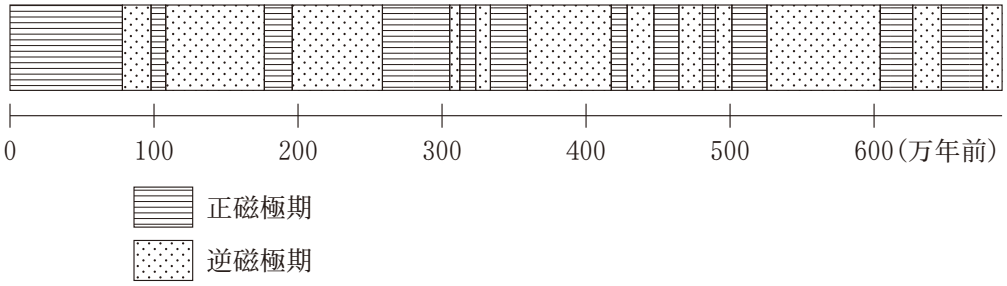
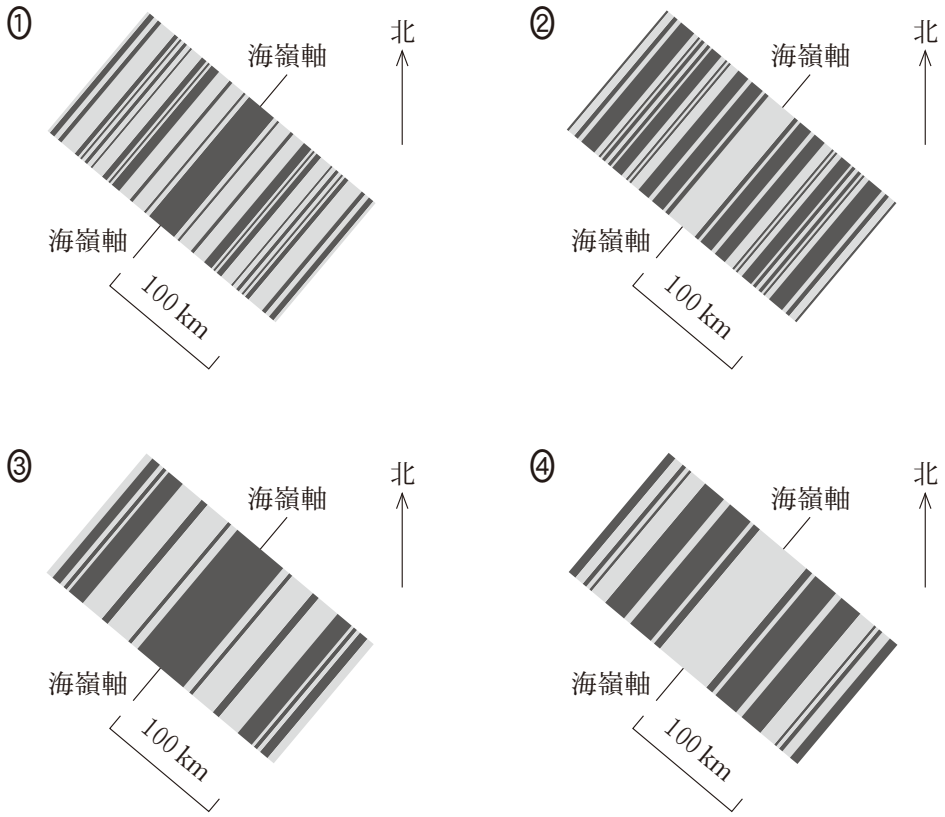


図 4　地磁気逆転の歴史を表示した模式図



北大西洋のある海嶺軸付近で測定された磁気異常を示した模式図。黒色は地磁気が相対的に強いところ，灰色は相対的に弱いところを示す。

地　学

第 3 問　次の問い(**A** ～ **D**)に答えよ。(配点　25)

A　地質と古生物，岩石に関する次の文章を読み，後の問い(**問 1** ～ **3**)に答えよ。

ジオさんはある平坦(へいたん)地の道に沿って地質調査を行い，次の図 1 に示したルートマップを作成した。この道沿いでは地層 A ～ C が識別され，それぞれの地層は整合に重なっていた。また，断層や地層の逆転はなかった。

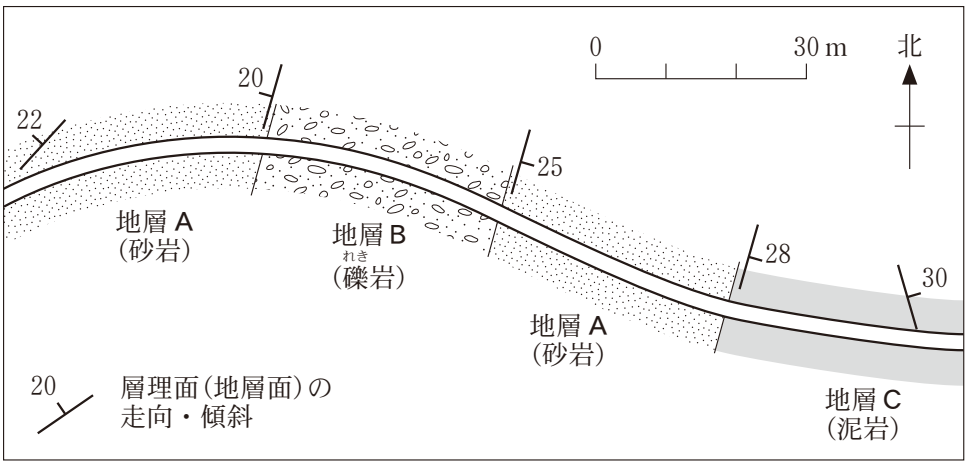


図 1　ある平坦地におけるルートマップ

問 1　図 1 に示された地層に認められる地質構造と，最上位の地層の組合せとして最も適当なものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。 10

	地質構造	最上位の地層
①	背　斜	地層 A
②	背　斜	地層 B
③	背　斜	地層 C
④	向　斜	地層 A
⑤	向　斜	地層 B
⑥	向　斜	地層 C

問 2　ジオさんは前ページの図 1 の地層Cから次の図 2 に示した化石を発見し，地層Cの地質時代を決めることができた。この化石の名称とこの化石が示す地質時代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。 11

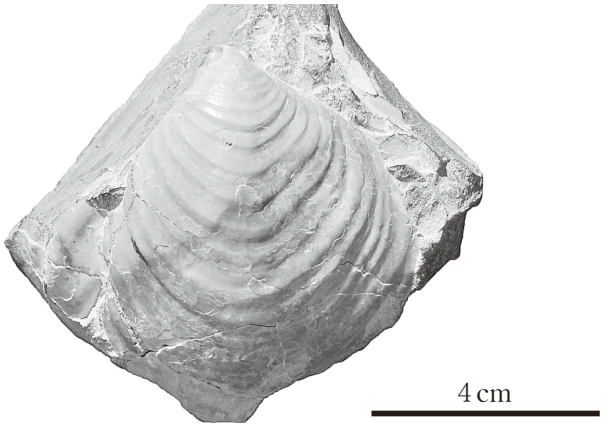
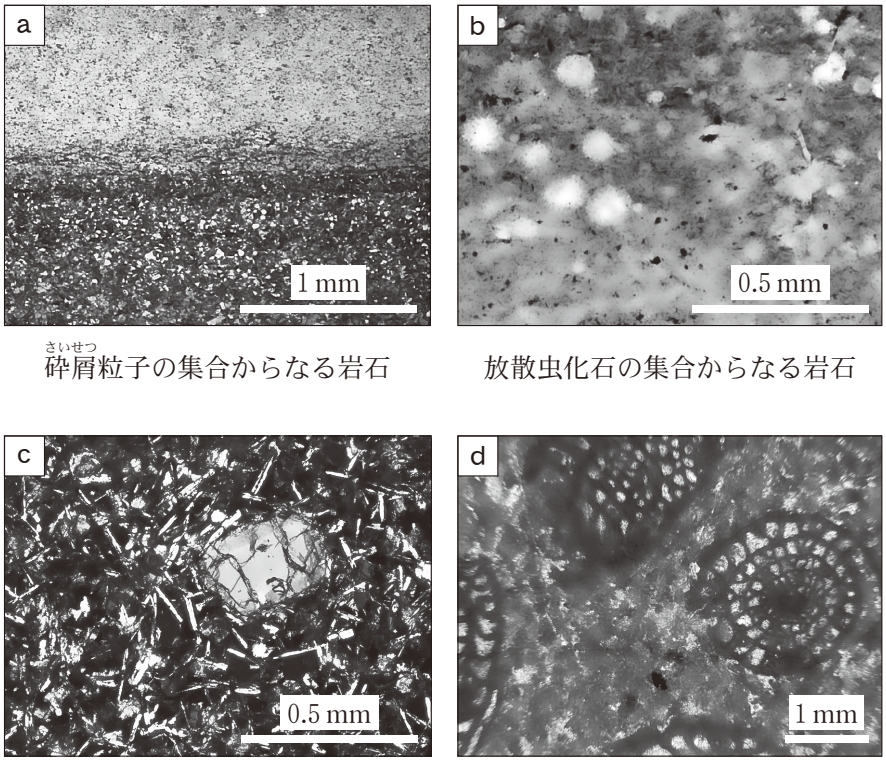


図 2　地層Cから見つかった化石の写真

	化石の名称	地質時代
①	トリゴニア	中生代
②	トリゴニア	新生代
③	イノセラムス	中生代
④	イノセラムス	新生代
⑤	ビカリア	中生代
⑥	ビカリア	新生代

問 3　礫岩の礫は，堆積時に周辺地域にあった陸上の岩石に由来するので，礫となった岩石の組合せから，堆積時の周辺地域の地質を推定することができる。196 ページの図 1 に示されている地層 B の礫岩は，次の図 3 の偏光顕微鏡写真（a ～ d）に示す 4 種類の岩石の礫からなっている。この組合せから推定される，地層 B に含まれる礫の供給源となった地域の説明として最も適当なものを，後の①～④のうちから一つ選べ。 **12**



a　砕屑粒子の集合からなる岩石　　b　放散虫化石の集合からなる岩石

c　かんらん石の斑晶を含む岩石　　d　フズリナ（紡錘虫）の化石を含む岩石

図 3　4 種類の岩石の偏光顕微鏡写真

① 先カンブリア時代の安定地塊からなる地域
② 火山岩や火山砕屑岩類からなる地域
③ 海洋地殻上部の岩石を含む付加体の分布地域
④ 火山が侵食され，深成岩が広く露出した地域

B　変成帯に関する次の問い(**問 4**)に答えよ。

問 4　次の図 4 は，日本列島の低温高圧型と高温低圧型のおもな広域変成帯が分布する領域を概略的に示したものである。次ページの図 5 は，それぞれの広域変成帯を構成する代表的な変成岩の偏光顕微鏡写真である。**低温高圧型変成帯**について，その分布する領域，構成するおもな変成岩の名称と偏光顕微鏡写真の組合せとして最も適当なものを，後の①～⑧のうちから一つ選べ。

13

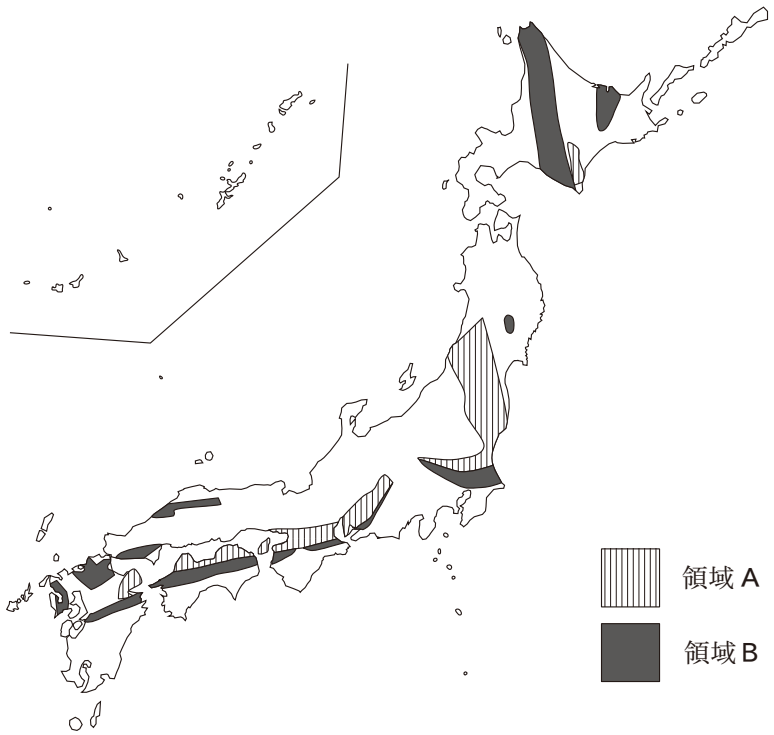


図 4　日本列島のおもな広域変成帯が分布する領域

図中の領域 A，B は低温高圧型と高温低圧型の広域変成帯のいずれかを示す。

X　　Y

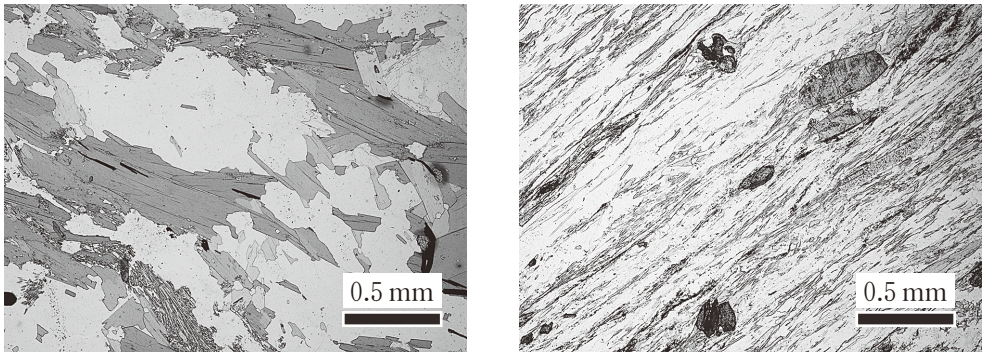


図 5　広域変成帯を構成する代表的な変成岩の偏光顕微鏡写真（開放ニコル）

XとYは低温高圧型と高温低圧型の広域変成帯のいずれかの変成岩を示す。Xの明色部はおもに石英と斜長石，暗色部は黒雲母，Yはおもに石英，斜長石，白雲母からなる。

	分布する領域	変成岩の名称	変成岩の偏光顕微鏡写真
①	A	片麻岩	X
②	A	片麻岩	Y
③	A	片岩（結晶片岩）	X
④	A	片岩（結晶片岩）	Y
⑤	B	片麻岩	X
⑥	B	片麻岩	Y
⑦	B	片岩（結晶片岩）	X
⑧	B	片岩（結晶片岩）	Y

C　マグマと火山に関する次の問い(**問 5** ・**問 6**)に答えよ。

問 5　マントルにおけるマグマの発生について述べた次の文 a ・ b 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。 14

a　マントルの岩石が，高温を保ったまま圧力が低下し，岩石の融解条件を満たすと，部分溶融してマグマが発生する。

b　無水のマントルの岩石に水が加わると，岩石の融解開始温度が低下するため，マグマが発生しやすくなる。

	a	b
①	正	正
②	正	誤
③	誤	正
④	誤	誤

問 6　次の図 6 はさまざまな火山噴火の様式を模式的に示したものである。噴火の様式を図のように並べたとき，マグマの粘性，SiO_2 の割合，揮発性成分の割合は，矢印の方向にそれぞれどのように変化するか。そ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。 15

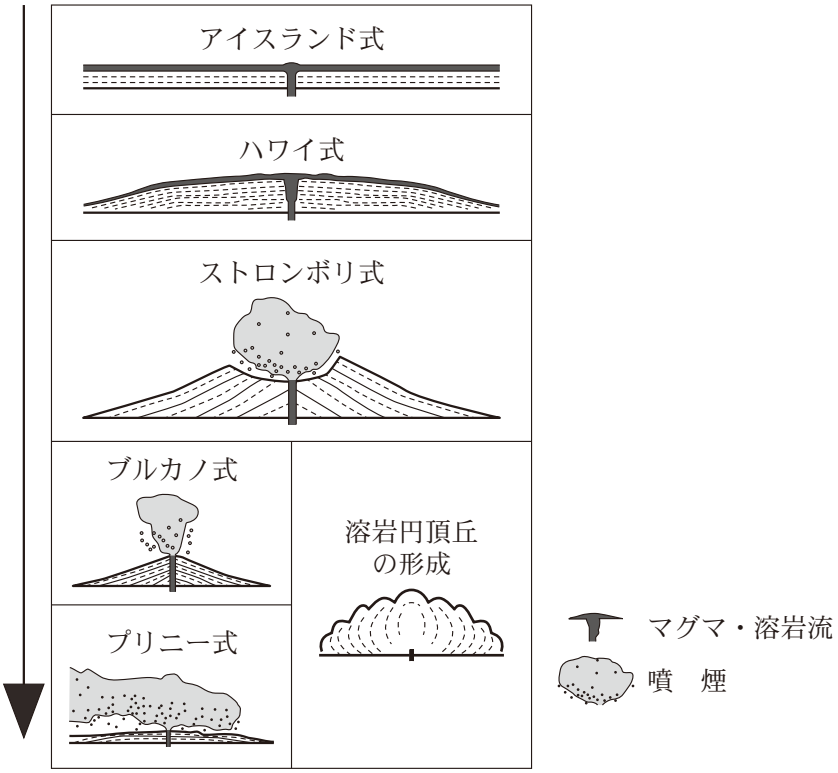


図 6　火山噴火の様式の模式図

	マグマの粘性	SiO_2 の割合	揮発性成分の割合
①	低くなる	大きくなる	大きくなる
②	低くなる	小さくなる	小さくなる
③	低くなる	大きくなる	小さくなる
④	高くなる	小さくなる	大きくなる
⑤	高くなる	大きくなる	大きくなる
⑥	高くなる	小さくなる	小さくなる

D　地史に関する次の問い(**問 7**)に答えよ。

問 7　海に面したある低地の地史を調べるために，低地内の地点Xで鉛直方向にボーリング調査を行った。次ページの図 7 は調査で得られた地層の柱状図である。火山灰層AとBの堆積年代は，それぞれ 7000 年前と 29000 年前であることがわかった。また，礫(れき)層は陸上で堆積したことが明らかになった。地点Xの地史について，この**柱状図から読み取れることがら**を述べた文として最も適当なものを，後の①～④のうちから一つ選べ。 16

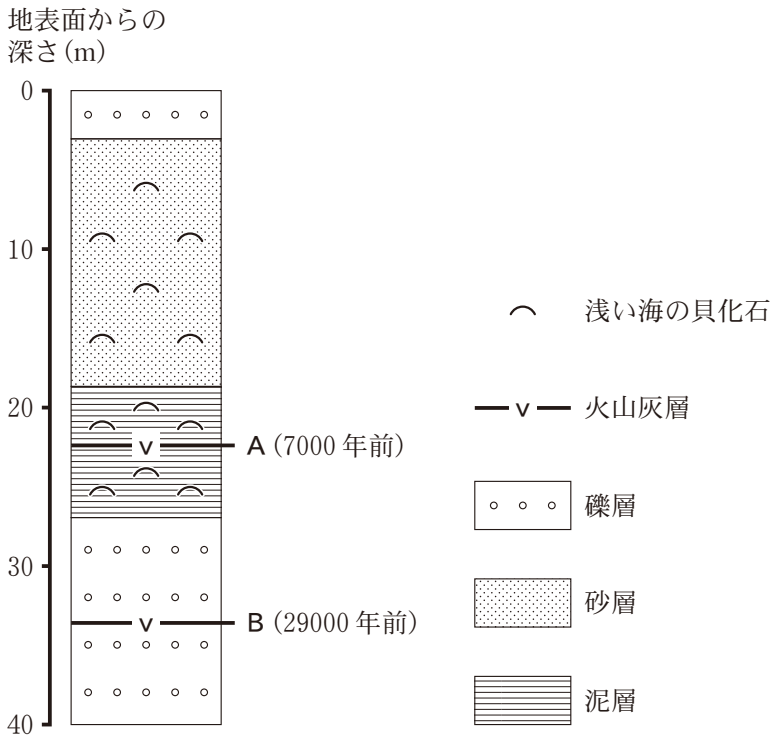


図 7　地点 X で得られた地層の柱状図

① 砂層は最終氷期に堆積した。

② 火山灰層 A は陸上で堆積した。

③ 火山灰層 B は，縄文（じょうもん）海進の時期よりも前に堆積した。

④ 下部の礫層が堆積した後，海退のために泥層が堆積した。

第 4 問　次の問い(A ～ D)に答えよ。(配点　19)

A　火星の大気に関する次の問い(**問 1** ・**問 2**)に答えよ。

問 1　火星の大気を調べることは，地球の気象の理解にも役立つ。火星は地球にくらべて小さく，大気の総量も少ない。次の図 1 は，現在の火星と地球の平均気温の高度分布である。この図に関連した文として最も適当なものを，後の①～④のうちから一つ選べ。 17

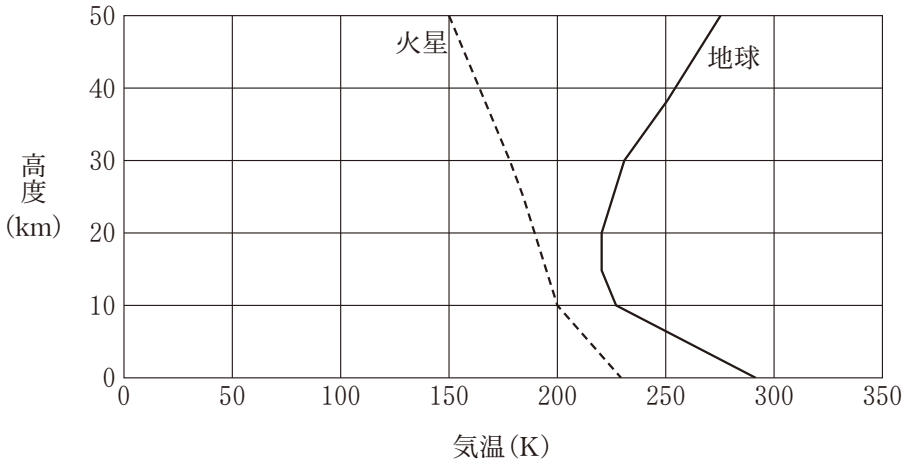


図 1　火星と地球の平均気温の高度分布

① 火星の表面では，水のほとんどが液体として存在している。

② 地球と火星の気温が下層で高いのは，オゾン層があるためである。

③ 地球の対流圏の気温減率は，火星の同高度の気温減率より大きい。

④ 地球の成層圏の気温が高度とともに上昇するのは，水蒸気が存在するためである。

問 2　次の文章中の［ ア ］・［ イ ］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。［ 18 ］

次の図 2 は火星の北半球における，ある等圧面の高度の水平分布である。地球と同様に，火星の中高緯度の大気も，大規模な流れは地衡風（ちこうふう）になっている。これは，火星が地球と同じ方向にほぼ同じ周期で自転していて，大気の運動に対して［ ア ］がはたらくためである。このことから，図中の点Ａでは［ イ ］が吹いていると考えられる。

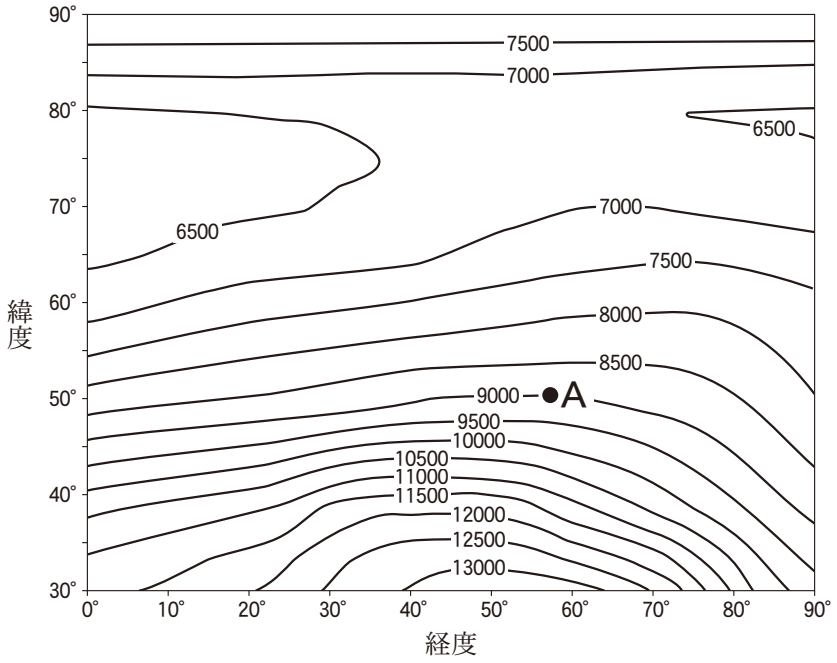


図 2　火星の北半球における，ある等圧面の高度の水平分布（単位：m）

	ア	イ
①	コリオリの力（転向力）	東　風
②	コリオリの力（転向力）	西　風
③	遠心力	東　風
④	遠心力	西　風

B　地球の成層圏に関する次の問い(**問 3**)に答えよ。

問 3　次の文章中の［ ウ ］・［ エ ］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。［ 19 ］

成層圏では，対流圏とは異なる現象がみられる。次の図 3 は，赤道のある地点上空の成層圏における，約 7 年間にわたる月平均した東西風の高度分布である。高度 25 km 付近を見ると，風向が周期的に変化しており，その周期は約［ ウ ］である。このため，準［ ウ ］周期振動と呼ばれる。また，東(西)風から西(東)風に変わる高度が，時間とともに［ エ ］ことがわかる。この現象は対流圏にも影響を及ぼしている。

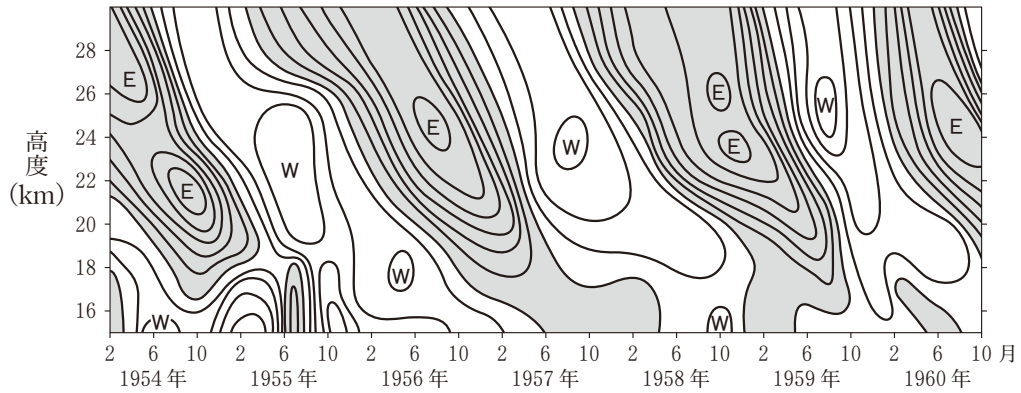


図 3　赤道のある地点上空の成層圏における東西風の高度分布の時間変化
灰色の領域は東風(E)，白色の領域は西風(W)，等値線の間隔は 5 m/s である。

	ウ	エ
①	1　年	上がる
②	1　年	下がる
③	2　年	上がる
④	2　年	下がる

C　地球の炭素循環に関する次の問い(**問 4**)に答えよ。

問 4　次の文章中の［ **オ** ］・［ **カ** ］に入れる数値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。［ 20 ］

炭素は，地球の大気中ではおもに二酸化炭素(CO_2)として存在しており，海洋や陸上(植生・土壌)との間で循環している。次の図 4 は，化石燃料の消費により大気中の二酸化炭素濃度の上昇が始まる前(産業革命以前)の炭素循環の模式図である。海洋は大気中に存在する量の約［ **オ** ］倍の炭素を蓄える。一般に，物質がある状態に滞留する時間(平均滞留時間)は，その状態の存在量を，その状態に出入りする移動量で割ることで求められる。たとえば，大気中の炭素の平均滞留時間を計算すると，約［ **カ** ］年になる。これは水が大気中に滞留する平均時間の約 10 日にくらべてはるかに長い。

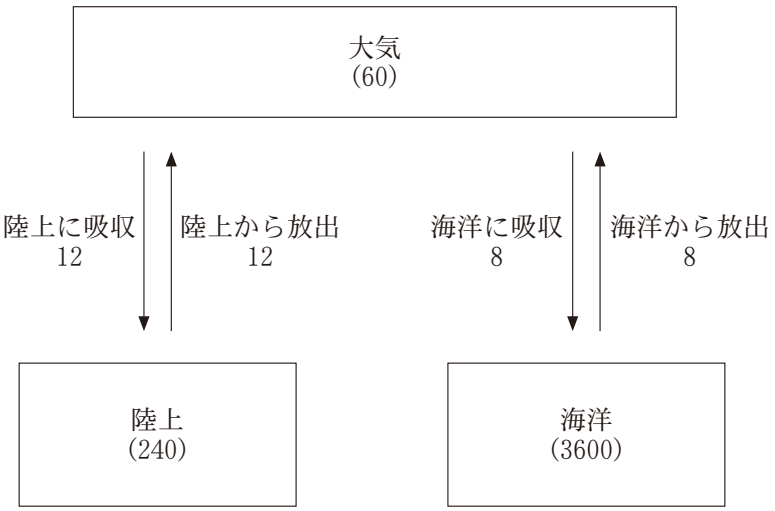


図 4　地球表層における産業革命以前の炭素循環の模式図

数値は炭素重量に換算したもので，矢印に添えられた数値は移動量(百億トン/年)，括弧内の数値は存在量(百億トン)の概数を示す。

	オ	カ
①	450	15
②	450	3
③	60	15
④	60	3

D　地球の潮汐(ちょうせき)に関する次の問い(**問 5**)に答えよ。

問 5　潮汐は，月や太陽の引力による起潮力(潮汐力)で起こり，海水面は約半日の周期で満潮と干潮をくり返す。月と太陽による起潮力が互いに強め合うとき，干満の差(潮位差)は大きくなり，これを大潮(おおしお)という。一方，干満の差が小さくなるときは小潮(こしお)という。次の図 5 に示した地球と太陽に対する月の位置関係 a ～ d と大潮・小潮の時期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。 21

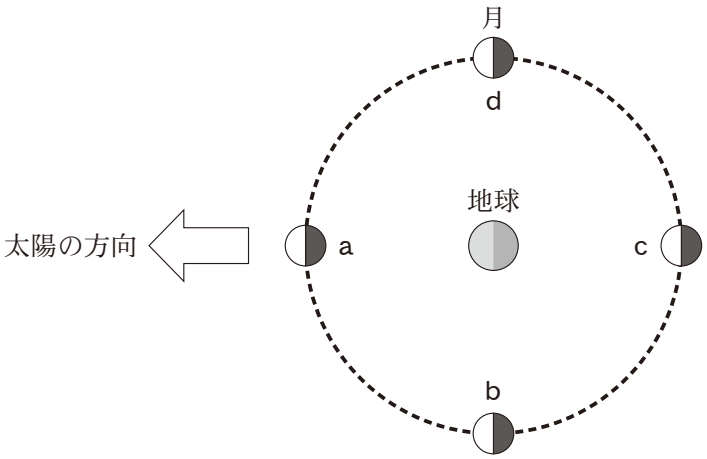


図 5　地球と太陽に対する月の位置関係

	大潮の時期	小潮の時期
①	a	c
②	c	a
③	a・c	b・d
④	b・d	a・c

地　学

第 5 問　宇宙に関する次の問い（**A**・**B**）に答えよ。（配点　21）

A　高校生のＳさんは，宇宙に興味をもち，家の近くにある公開天文台に通って勉強している。系外惑星探査に関する次の会話文を読み，後の問い（**問 1** ～ **3**）に答えよ。

Ｓ さ ん：最近の系外惑星探査は，主星が太陽のようなＧ型の恒星の場合だけではなくＭ型星の場合も盛んで，Ｍ型星のまわりの(a)ハビタブルゾーンにも惑星が発見されていると聞きました。そのような惑星の環境は，地球と似ているのでしょうか。

Ｔ研究員：惑星の表面温度が同じくらいでも，環境が似ているとはかぎりません。(b)主星のフレアの頻度は，Ｇ型星よりもＭ型星のほうが一般的に多く，生命の存在に影響を及ぼします。

Ｓ さ ん：なるほど。探査する際，主星がＧ型の場合とＭ型の場合とで何か違いはありますか。

Ｔ研究員：(c)観測に適する波長帯や(d)天球面における恒星の個数密度が異なります。今後の探査が楽しみですね。

問 1　前ページの会話文中の下線部(a)に関連して，次の文章中の［ ア ］・［ イ ］に入れる語句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。［ 22 ］

ハビタブルゾーンに存在する惑星の(I)主星からの平均距離と(II)公転周期は，それぞれ次の法則に従い，おおよその値を導くことができる。

(I)　惑星の温度は，主星から受け取る単位面積当たりの光の強さに依存する。この光の強さは，主星からの距離の 2 乗に反比例する。

(II)　ケプラーの第 3 法則に基づくと，惑星の公転周期は，主星と惑星の平均距離および［ ア ］に依存する。

したがって，主星が主系列星のとき，M 型星の場合は G 型星にくらべ，ハビタブルゾーンに存在する惑星の主星との平均距離は(I)より［ イ ］なり，さらに(II)を用いて公転周期は短くなることがわかる。

	ア	イ
①	主星と惑星の質量	短　く
②	主星と惑星の質量	長　く
③	主星の元素組成	短　く
④	主星の元素組成	長　く

問 2　214 ページの会話文中の下線部(b)および(c)に関連して，次の文章中の［ ウ ］～［ オ ］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。［ 23 ］

M 型星の表面温度は 3300 K 程度なので，ウィーンの変位則に従い放射エネルギーが最大となる波長を考えると，M 型星の観測には［ ウ ］が適している。M 型星表面でも，太陽の場合と同じくフレアが発生する。そのとき，恒星コロナの一部が［ エ ］になり，［ オ ］の波長域の放射が特に強くなったり，プラズマが突発的に放出されたりして，惑星の電離圏や磁気圏に影響が及ぶことがある。

	ウ	エ	オ
①	紫外線	低　温	電　波
②	紫外線	高　温	X 線・紫外線
③	赤外線	低　温	電　波
④	赤外線	高　温	X 線・紫外線

問 3　214 ページの会話文中の下線部(d)に関連して，次の文章中の［ カ ］～［ ク ］に入れる語と記号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。［ 24 ］

次の図 1 のA・Bは，太陽から 50 光年以内の G 型星と M 型星のいずれかの分布を表している。銀河系(天の川銀河)には，太陽より小質量の暗い恒星から，大質量の明るい恒星まで分布している。一般に，暗い恒星は明るい恒星にくらべて，誕生する数が［ カ ］，寿命が［ キ ］傾向がある。したがって，M 型星の分布は［ ク ］である。

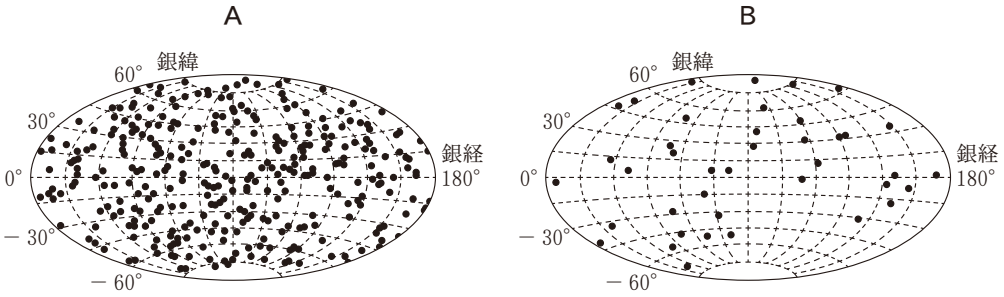


図 1　太陽から 50 光年以内の G 型星もしくは M 型星の分布

	カ	キ	ク
①	多　く	長　い	A
②	多　く	長　い	B
③	少なく	短　い	A
④	少なく	短　い	B

地　学

B　銀河系（天の川銀河）の構造と運動に関する次の問い（**問 4** ～ **6**）に答えよ。

問 4　私たちの住む銀河系は，恒星が円盤状に集まり回転している円盤部，中心付近で膨らんだバルジ，これらを包むように大きな球形をしたハロー，の三つの領域に分けることができる。次の図 2 で示す HR 図上のＡおよびＢの位置にある主系列星が数多く存在する領域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。 25

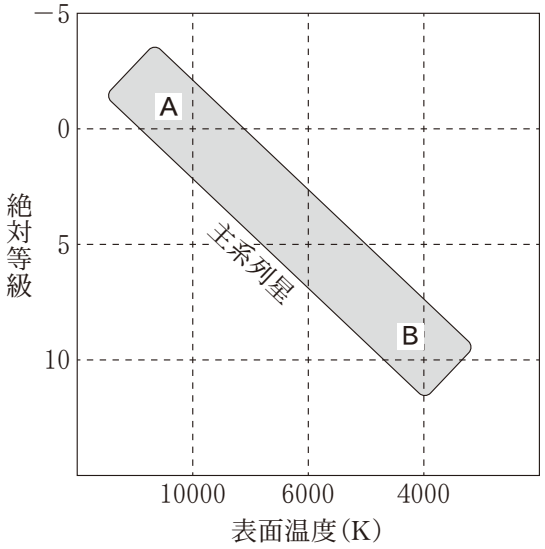
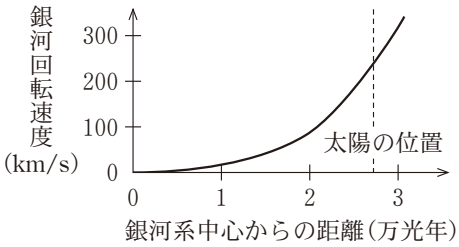


図 2　HR 図上の主系列星の模式的な分布

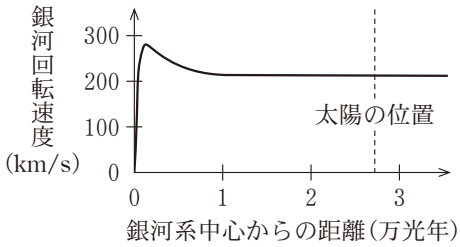
	Ａにある主系列星	Ｂにある主系列星
①	円盤部	バルジ
②	円盤部	円盤部・バルジ・ハロー
③	バルジ	ハロー
④	バルジ	円盤部・バルジ・ハロー
⑤	円盤部・バルジ	バルジ
⑥	円盤部・バルジ	ハロー

問 5　銀河系円盤部の星や星間ガスは，銀河系中心のまわりを回転運動している。中心からの距離(半径)とその回転速度の関係を示したものを銀河回転曲線と呼ぶ。ある半径における銀河回転速度は，遠心力とその半径内の銀河の質量による万有引力のバランスで決まる。銀河回転曲線の模式的な図として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。 **26**

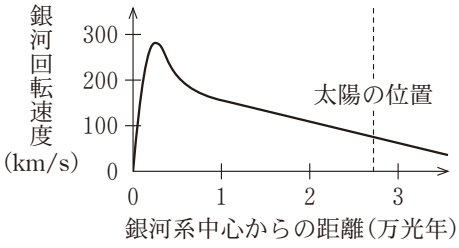
①



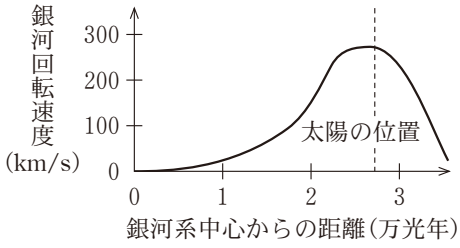
②



③



④



問 6　銀河回転曲線から銀河系の質量分布がわかり，総質量を推定することができる。その総質量は，光や電波による恒星や星間物質の直接的な観測から推定される銀河系の質量よりも，かなり大きいことがわかった。銀河系の総質量の大半を担うと考えられているもの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**

① ダークマター(暗黒物質)　　② ボイド

③ 暗黒星雲　　④ 銀河系中心の巨大ブラックホール