

# 地 学

(解答番号  ~ )

**第1問** 20世紀後半に開始された人工衛星による観測は、これまで人類が得ることのできなかった視点や視界を与え、地球や宇宙について飛躍的に新しい情報や知見をもたらした。人工衛星による観測に関連する次の問い(問1～5)に答えよ。

(配点 20)

問1 次の文章を読み、・に入れる語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。

気象衛星「ひまわり」で雲を観測した場合、可視画像では、雲が太陽光線を強く反射するところほど白く見える。一方、赤外画像では、雲頂の温度に対して、次の図1の関係がある。対流圏は高度が高くなるほど気温が低いので、赤外画像で白い雲ほど雲頂の高度が雲である。この特徴を利用して二つの画像を比較し、雲の種類を推定してみよう。

ある日の同時刻における可視画像と赤外画像を次ページの図2に示す。領域Aのうち、可視画像では白く、赤外画像では黒く見える雲は、であると考えられる。

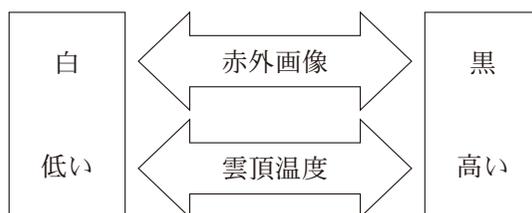
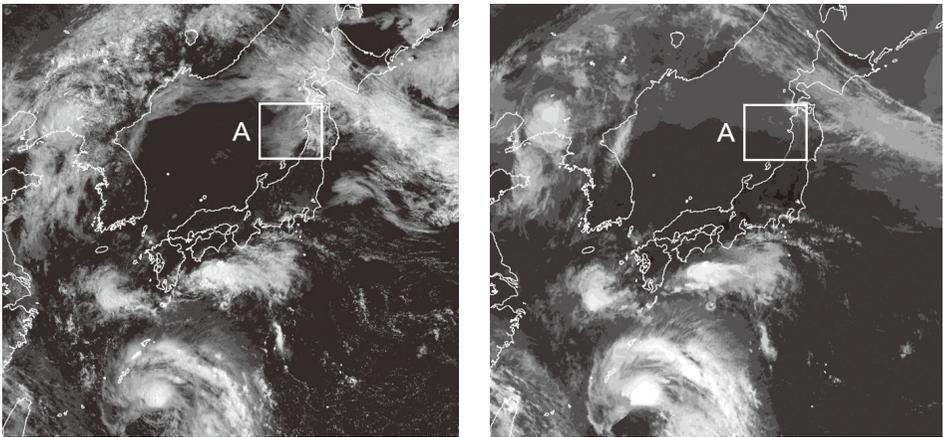


図1 赤外画像と雲頂温度の関係



可視画像

赤外画像

図2 ある日の同時刻における気象衛星「ひまわり」の可視画像と赤外画像

	ア	イ
①	高 い	下層雲
②	高 い	上層雲
③	高 い	積乱雲
④	低 い	下層雲
⑤	低 い	上層雲
⑥	低 い	積乱雲

## 地 学

問 2 地殻変動に関する次の文章を読み、2011年東北地方太平洋沖地震の発生時に生じた水平方向の変位を示す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。 2

GPS(GNSS)観測により、地殻変動の様子がわかる。次の図3は、2011年東北地方太平洋沖地震の発生より前の、ある1年間における水平方向の変位の向きと大きさをいくつかの観測点において示したものである。これは、太平洋プレートの沈み込みに伴う変位を表していると考えられる。このような変位が長期間続いた後、東北地方太平洋沖地震の発生によって、プレート境界に蓄積されたひずみが解放された。その結果、日本列島上で大きな地殻変動が生じた。

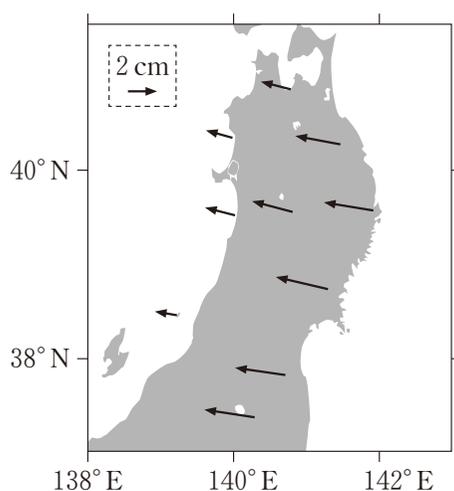
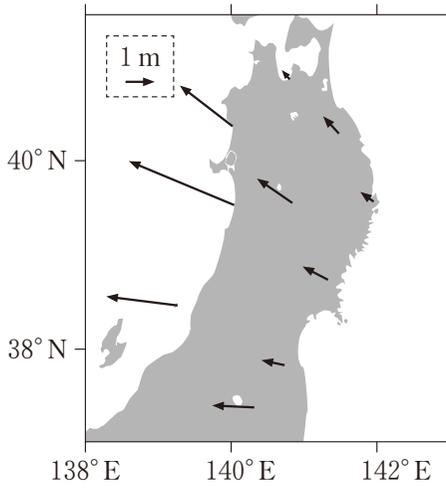
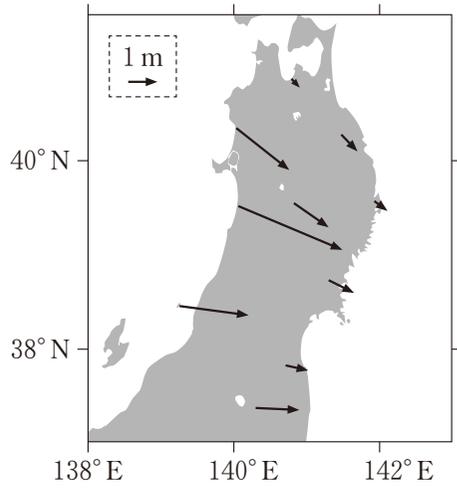


図3 東北地方太平洋沖地震の発生より前の、ある1年間における水平方向の変位  
矢印の長さは、北海道北西部に位置する礼文島<sup>れぶん</sup>の観測点に対する相対的な変位の大きさを示す。

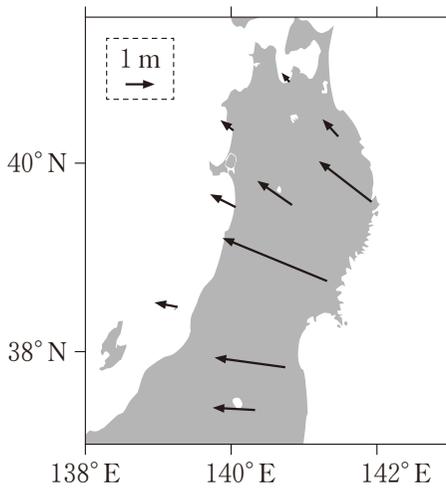
①



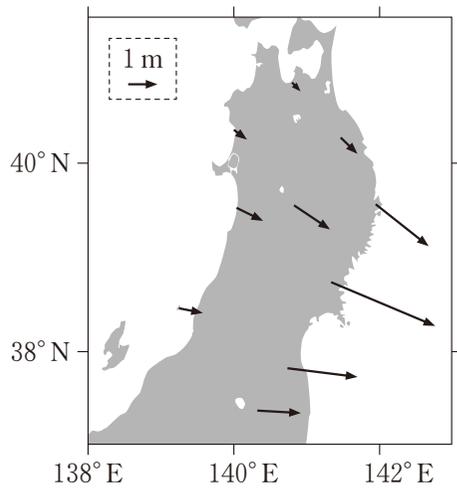
②



③



④



(①~④の矢印の長さは礼文島の観測点に対する相対的な変位)

## 地 学

問 3 金属資源探査に関する次の文章を読み、・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。

人工衛星からの観測により、熱水鉱床などに濃集する金属資源の広域的な探査が可能になった。具体的には、人工衛星の赤外センサーで検知可能な、熱水鉱床に伴う含水鉱物を手がかりに、探査が行われる。

熱水鉱床は、マグマの活動で生じる熱水に溶け込んだなどを含む鉱物が沈殿・濃集してできたものである。熱水鉱床の一つとしては、過去の海底の熱水噴出によって形成されたがあり、日本の代表的な鉱床となっている。

	ウ	エ
①	金, 銅, 鉛	<small>くろこう</small> 黒鉱鉱床
②	金, 銅, 鉛	ボーキサイト鉱床
③	アルミニウム	黒鉱鉱床
④	アルミニウム	ボーキサイト鉱床

問 4 人工衛星を用いた地球のアルベド(反射率)の観測に関する次の文章を読み、

・  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。

人工衛星を用いた観測によれば、太陽放射に対する地球全体のアルベドの平均値はおおよそ  である。氷床や雪原の面積が減少し、森林の面積が増加すると、地球全体のアルベドの平均値は  になると予測される。地表面の変化の様子を知るためには、アルベドを継続的に観測することが重要である。

	オ	カ
①	0.70 (70%)	高 く
②	0.70 (70%)	低 く
③	0.30 (30%)	高 く
④	0.30 (30%)	低 く

## 地 学

問 5 天体の距離測定に関する次の文章を読み、・に入れる数値と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。

1989年に打ち上げられたヒッパルコス衛星により、年周視差を0.001″程度まで正確に測定できるようになった。この年周視差に相当するのは約光年の距離であり、この範囲には多くの変光星が存在する。

距離が正確に測定できたセファイド(ケフェウス座<sup>デルタ</sup>δ)型変光星の観測からは、そのの関係を精度よく求めることができる。この高精度になった関係を用いると、セファイド型変光星を含む、さらに遠方の星団や銀河の距離も精度よく推定できることになる。種々の天体の距離測定・推定には、こうして遠方へつないでいく「距離はしご」が用いられる。

	キ	ク
①	300	変光周期と光度
②	300	スペクトル型と表面温度
③	3000	変光周期と光度
④	3000	スペクトル型と表面温度

## 地 学

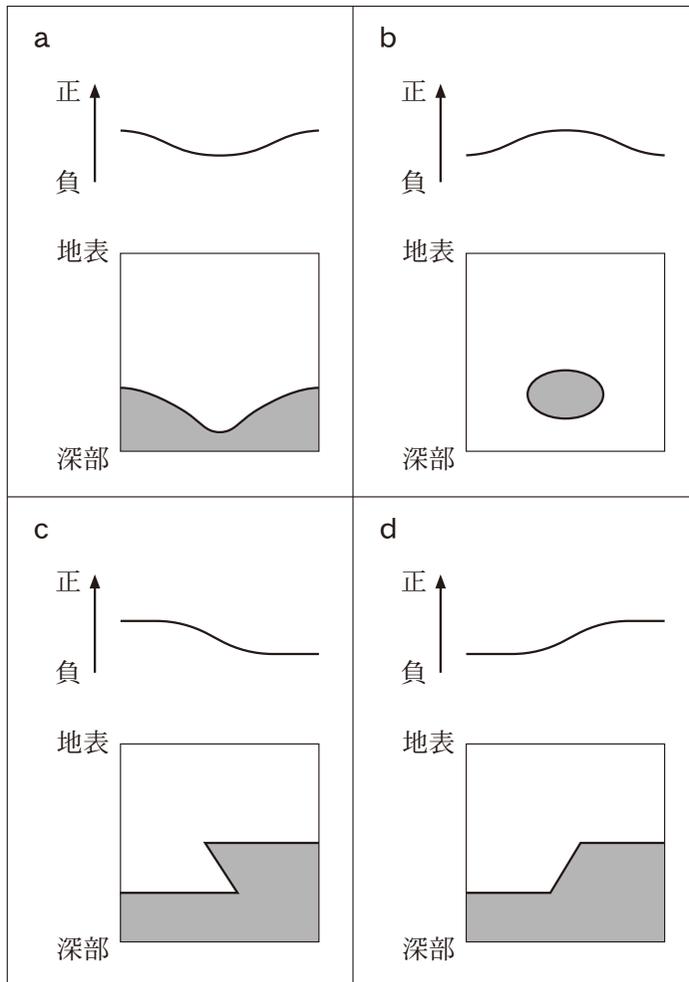
### 第 2 問 固体地球に関する次の問い(問 1 ~ 4)に答えよ。(配点 15)

問 1 地球内部の熱について述べた文として**適当でないもの**を、次の①~④のうちから一つ選べ。 

6
---

- ① 地球形成時に蓄えられた熱エネルギーは、地球内部のおもな熱源の一つである。
- ② 放射性同位体の崩壊(壊変)による熱エネルギーは、地球内部のおもな熱源の一つである。
- ③ 花こう岩の発熱量(W/kg)が多いのは、地球形成時に蓄えられた熱エネルギーを多く含むためである。
- ④ 高温の地球内部から低温の地表に向けて、熱が移動する。

問 2 重力の測定値より求めたブーゲー異常の空間分布から、岩石の密度の分布(地下構造)を推定できる。次の a ~ d は、それぞれブーゲー異常(上)と地下構造(下)との関係を模式的に示した図である。地下構造において、灰色部は周囲より密度が大きい領域を表す。ブーゲー異常と地下構造との関係が正しく示されている図すべて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。 7



- ① a と c
- ② b と d
- ③ c と d
- ④ a と b と c
- ⑤ a と b と d
- ⑥ a と b と c と d

## 地 学

問 3 次の図 1 は、世界の地震の震央分布を震源の深さ別に示した図である。図 1 を参照し、プレート境界について述べた次ページの文 e・f 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。 8

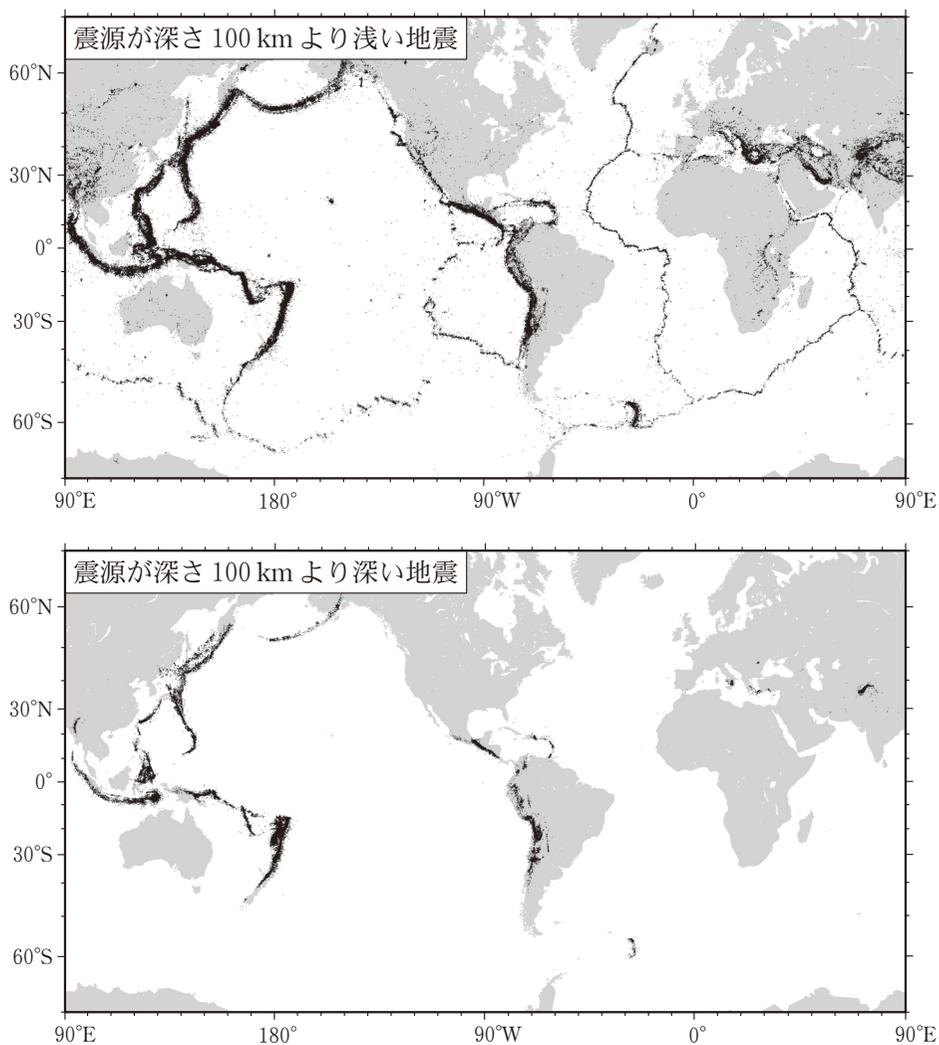


図 1 地震の震央分布

1973 年から 2008 年までに発生したマグニチュード 4 以上の地震を、震源の深さ別に示す。

- e 太平洋西岸と大西洋東岸には、プレート収束境界がある。
- f 太平洋南東部と大西洋中央部には、プレート発散(拡大する)境界がある。

	e	f
①	正	正
②	正	誤
③	誤	正
④	誤	誤

## 地 学

問 4 次の図 2 は、地球内部の地震波速度と密度の深さ分布を示している。図中の線 A～C が示すものはそれぞれ何か。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。 9

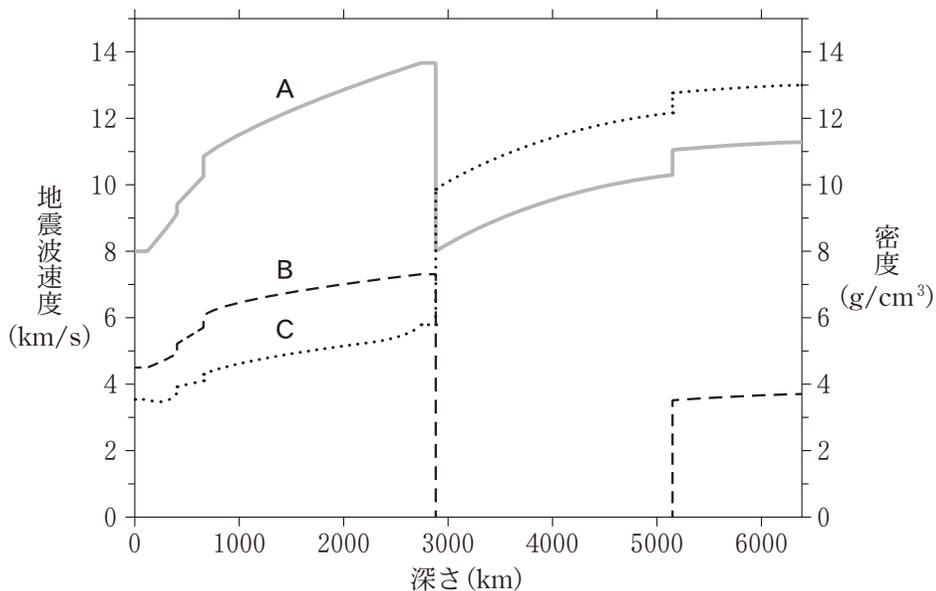


図 2 地球内部の地震波速度と密度の深さ分布

	A	B	C
①	P 波速度	S 波速度	密 度
②	P 波速度	密 度	S 波速度
③	S 波速度	P 波速度	密 度
④	S 波速度	密 度	P 波速度
⑤	密 度	P 波速度	S 波速度
⑥	密 度	S 波速度	P 波速度

# 地 学

## 第 3 問 次の問い(A～C)に答えよ。(配点 25)

A 地質図に関する次の文章を読み、後の問い(問1～4)に答えよ。

地学部所属の高校生ジオさんは、課題研究の一環として、ある地域の地質を調べた。次の図1は、顧問の先生が作成したその地域の地質図である。地質図中のP・Q・Rは、ジオさんが調査した地点を示す。

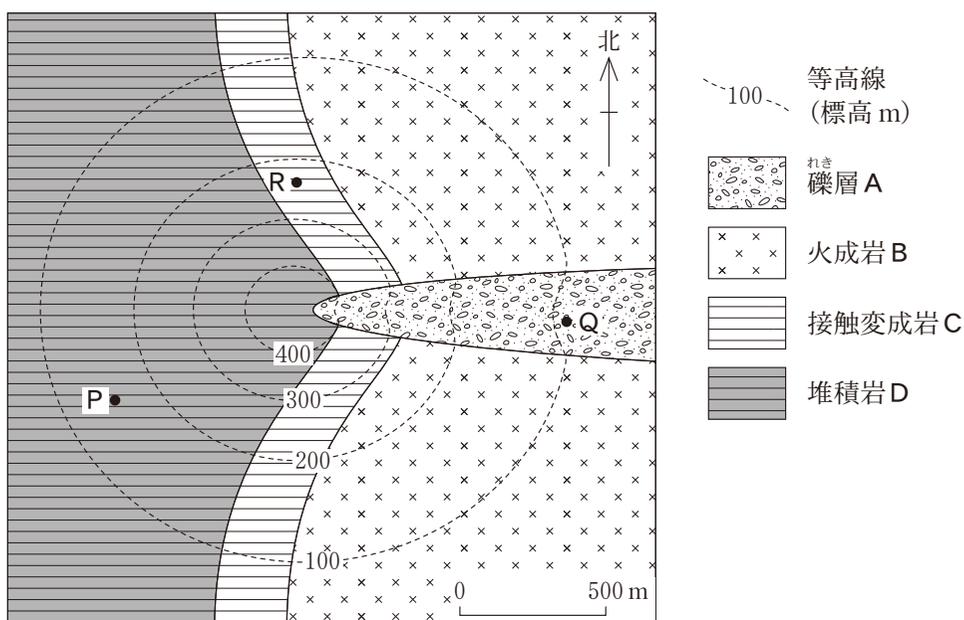


図1 ある地域の地質図

問 1 ジオさんは地点 P の露頭に見られる堆積岩 D から観察を始めたが、そこでは肉眼ではっきりとわかるような大きさの化石を発見することはできなかった。しかし、先生によると、堆積岩 D から二酸化ケイ素( $\text{SiO}_2$ )の殻を持つ生物の化石が発見されており、地質時代は三畳紀ということであった。この発見された化石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

- ① ヌンムリテス(カハイ石)
- ② 放散虫
- ③ フズリナ(紡錘虫)
- ④ 筆石

## 地 学

問 2 ジオさんは、102 ページの図 1 の地点 Q で礫層 A の大きな露頭を発見した。次の図 2 はその露頭の一部の写真とスケッチである。この露頭には白っぽい礫と黒っぽい礫が含まれていた。白っぽい礫を詳しく調べるために薄片(プレパラート)を作製し、偏光顕微鏡で観察した。その結果、次ページの図 3 に示すような組織と鉱物の種類から火成岩であるとわかった。この岩石の名称と  $\text{SiO}_2$  含有量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

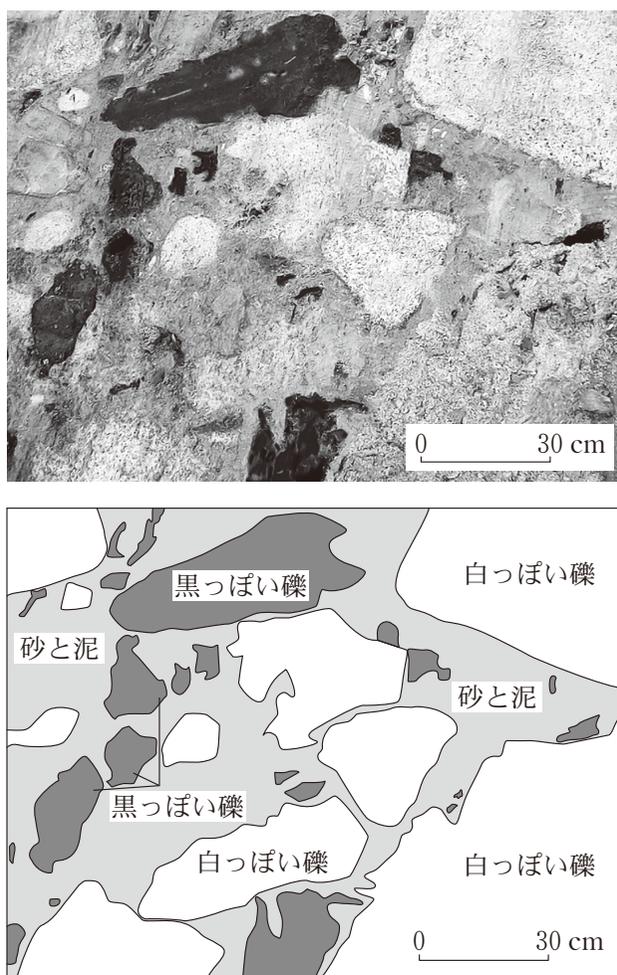


図 2 地点 Q の露頭の写真(上)およびスケッチ(下)

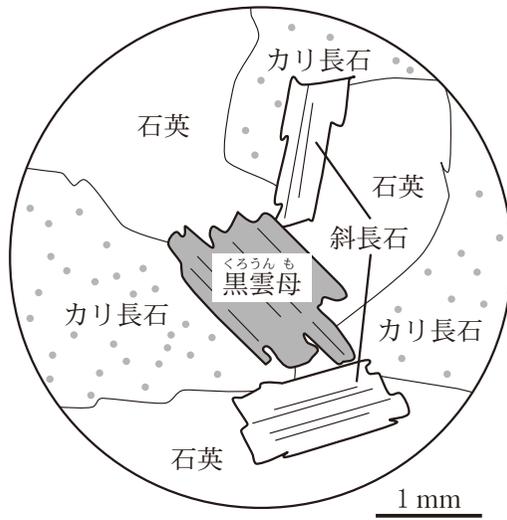


図3 偏光顕微鏡で観察した白っぽい礫の薄片のスケッチ

	岩石の名称	SiO <sub>2</sub> 含有量
①	花こう岩	約 55 質量%
②	花こう岩	約 70 質量%
③	<small>せんりよく</small> 閃緑岩	約 55 質量%
④	閃緑岩	約 70 質量%

## 地 学

問 3 ジオさんは102ページの図1の地点Qの礫層Aの露頭で黒っぽい礫を観察した。その結果、この黒っぽい礫の多くは、地点Rの接触変成岩Cと同じものであった。礫として見られるこの岩石の名称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

- ① 結晶片岩
- ② 結晶質石灰岩
- ③ ホルンフェルス
- ④ へんまがん  
片麻岩

問 4 次の会話文を読み、・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。

ジオさん：地点 Q で観察した礫層 A は固結していませんでした。

先 生：礫層 A は数万年前より新しい時代の土石流堆積物だと考えられ  
 ます。礫層 A の堆積年代を詳しく知るためにはどうしたらよい  
 ですか？

ジオさん：土石流に取り込まれた  を、礫層 A から探して採取し、  
 その年代を  を用いて測定すればよいと思います。

先 生：そのとおりです。

	ア	イ
①	木 片	ルビジウム—ストロンチウム法
②	木 片	炭素 14 法(放射性炭素法)
③	黒雲母を含む軽石	ルビジウム—ストロンチウム法
④	黒雲母を含む軽石	炭素 14 法(放射性炭素法)

## 地 学

B 高校生のMさんは、マグマの結晶分化作用について考えるための思考実験を行って、次のレポートを作成した。これを読み、後の問い(問5・問6)に答えよ。

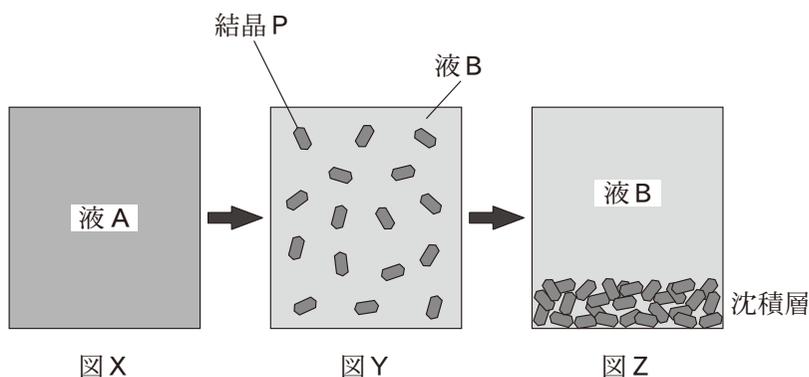
### < マグマの結晶分化作用についてのレポート >

< 目的 > マグマは岩石が溶融(融解)した高温の液状物質であり、結晶を含むこともある。マグマが結晶分化作用を受けるとき、マグマの化学組成がどのように変化するか、思考実験で確かめる。

< 方法 > 次の三つの図のように、マグマの結晶分化作用を単純化して考える。まず、高温の液 A (図 X) が冷却し結晶 P が晶<sup>しょうしゆつ</sup>出し、液 A は結晶 P と液 B に分かれる (図 Y)。次に、結晶 P が重力により沈積して、上部の液 B だけからなる層と下部の沈積層に分かれる (図 Z)。(a) 沈積層は、結晶 P とその隙間を満たす少量の液 B からなる。ここで、次の条件でもとの液 A の  $\text{SiO}_2$  含有量を計算して、液の組成がどのように変化するか確かめる。

#### < 計算条件 >

図 Y の状態	
結晶 P の $\text{SiO}_2$ 含有量	40 質量%
液 B の $\text{SiO}_2$ 含有量	60 質量%
結晶 P と液 B の質量比	20 : 80



マグマの結晶分化作用の思考実験を示す三つの図

＜結果と考察＞ 計算の結果、分化する前の液 A の  $\text{SiO}_2$  含有量は  質量%となった。この結果をマグマの結晶分化作用に当てはめて考えると、液 A からなるマグマから結晶が晶出することで、もとのマグマと異なる組成のマグマが形成されることがわかる。

以下省略

問 5 レポート中の下線部(a)に関連して、図 Z の沈積層全体の平均的な  $\text{SiO}_2$  含有量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 液 A の  $\text{SiO}_2$  含有量と同じである。
- ② 液 B の  $\text{SiO}_2$  含有量と同じである。
- ③ 液 A の  $\text{SiO}_2$  含有量より多いが、液 B の  $\text{SiO}_2$  含有量より少ない。
- ④ 液 A の  $\text{SiO}_2$  含有量より少ない。

問 6 レポート中の  に入れる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。

- ① 44
- ② 48
- ③ 52
- ④ 56

## 地 学

C 地球の歴史と生物の進化に関する次の問い(問7)に答えよ。

問7 次の図4は、顕生代(顕生累代)における海生動物の科の数(種類数)の変化を表している。たとえば、図中のa~eのように科の数が急激に落ち込んでいるところは、短い期間に多くの海生動物が地球上から姿を消したことを示している。このような現象を大量絶滅といい、顕生代では5回起こったことが知られている。大量絶滅に関連したことがらについて述べた文として**適当でないもの**を、後の①~④のうちから一つ選べ。 16

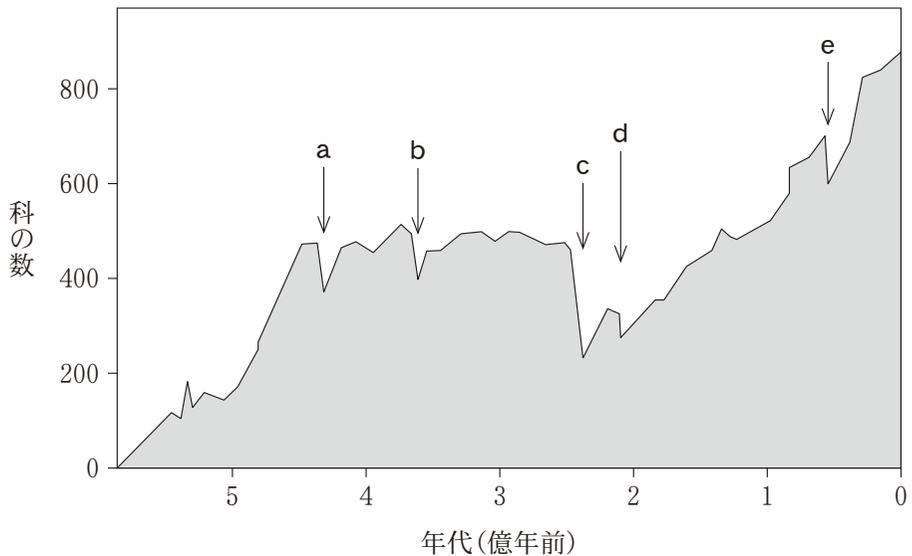


図4 顕生代における海生動物の科の数の変化

- ① a~eの大量絶滅の時期以外にも海生動物の科の数の減少が起こった。
- ② bの大量絶滅の時期に三葉虫が絶滅した。
- ③ cの大量絶滅の時期に海洋無酸素事変(酸素欠乏事件)が起こった。
- ④ eの大量絶滅の時期にアンモナイトが絶滅した。

# 地 学

## 第 4 問 次の問い(A～C)に答えよ。(配点 19)

A 中緯度の大気の流れに関する次の問い(問1・問2)に答えよ。

問 1 次の図1は、北半球の上空における気圧の水平分布である。この高さにおいて図中の点Xで吹く地衡風<sup>ちこうふう</sup>の向きと、この風に対してはたらくコリオリの力(転向力)の向き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。 17

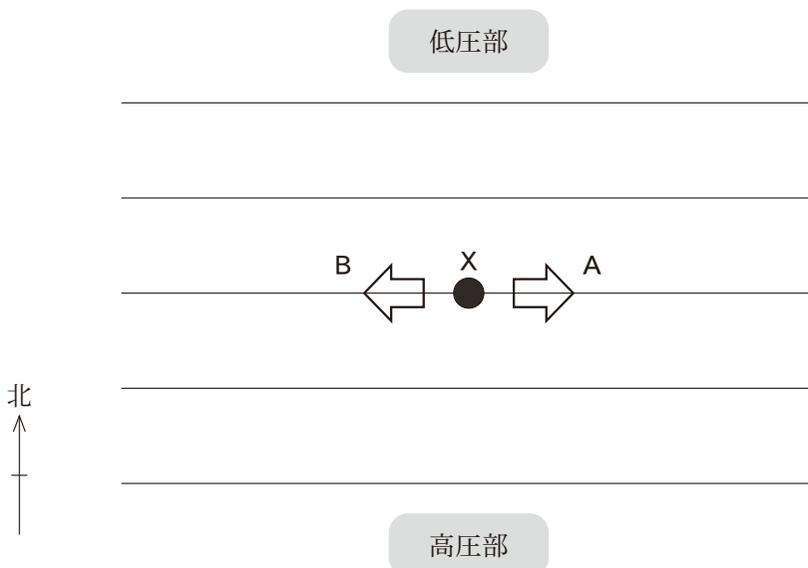


図1 点X周辺の気圧の水平分布  
実線は等圧線を表す。

	地衡風の向き	コリオリの力の向き
①	A	北向き
②	A	南向き
③	B	北向き
④	B	南向き

問 2 地表近くの風には、地表とのあいだで摩擦力がはたらき、地衡風からのずれが生じる。地表近くで吹く風の一般的な特徴につい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。

18

- ① 地衡風より弱くなり、地衡風と同じ向きに吹く。
- ② 地衡風より弱くなり、地衡風と逆の向きに吹く。
- ③ 北半球では、低気圧の中心に向かう風の成分が生じる。
- ④ 南半球では、高気圧の中心に向かう風の成分が生じる。

## 地 学

B 海洋の波に関する次の問い(問3)に答えよ。

問3 海洋の波の速さと波長のあいだには、伝わるしくみに応じて決まる特定の関係がある。次の文章を読み、・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。

次の図2は異なる水深(50 m・200 m・1000 m)における波の速さと波長との関係を示したものである。<sup>ふうろう</sup>風浪は水深にくらべて波長が短い表面波である。風浪の速さは、波長が長いほど, 水深によって変化しない。津波は水深にくらべて十分に波長が長い波(長波)である。津波の速さは、水深が深い場所ほど, 波長によってほとんど変化しない。

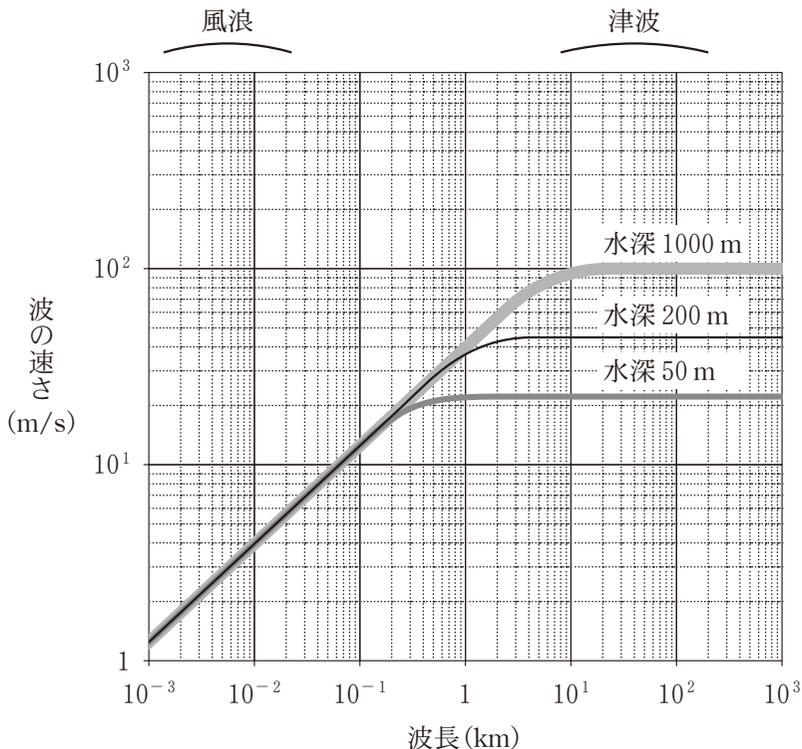


図2 海洋の波の速さと波長との関係

図中には、風浪と津波それぞれの典型的な波長の範囲が示してある。縦軸の波の速さと、横軸の波長は対数目盛である。

	ア	イ
①	遅 <	遅 <
②	遅 <	速 <
③	速 <	遅 <
④	速 <	速 <

## 地 学

C 海洋の循環に関する次の文章を読み、後の問い(問4・問5)に答えよ。

海洋には大西洋・太平洋・インド洋などを約 **ウ** 年かけてめぐる熱塩循環がある。大西洋における水温と塩分の南北断面図を次の図3に示す。表層では、深層にくらべて水温が高く塩分が **エ** 海水が、図3の実線の矢印のように北向きに流れている。深層では、北緯 60° 付近から沈み込んだ<sup>(a)</sup>密度の大きい海水が、南半球まで達する(図中の X)。一方、図3の破線の矢印のように、南極付近から<sup>(b)</sup>より密度の大きい海水が、海底近くまで沈み込む(図中の Y)。

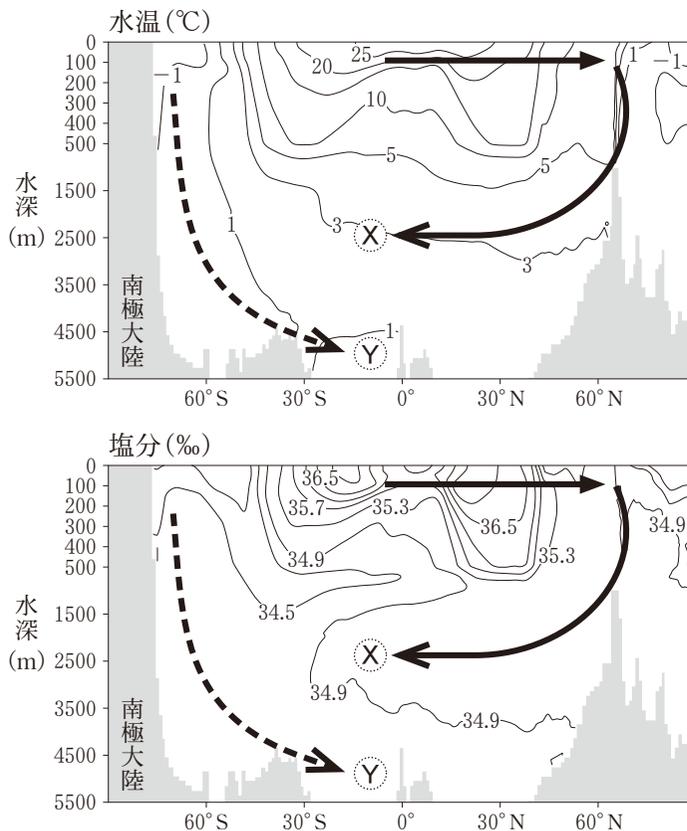


図3 大西洋の南北断面における水温(°C)と塩分(‰)の年平均分布  
実線と破線の矢印は熱塩循環の模式的な経路、灰色の部分は海底地形である。

問 4 前ページの文章中の **ウ** ・ **エ** に入れる数値と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。 **20**

	ウ	エ
①	1500	高 い
②	1500	低 い
③	15000	高 い
④	15000	低 い

問 5 次の図4に示すように、海水の密度は、水温が低い、もしくは塩分が高いほど大きくなる。図4の中央には、前ページの図3のYにおける海水の水温と塩分を示してある。前ページの文章中の下線部(a)と下線部(b)を参考にして、図3のXにおける海水の水温と塩分を示すもの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**

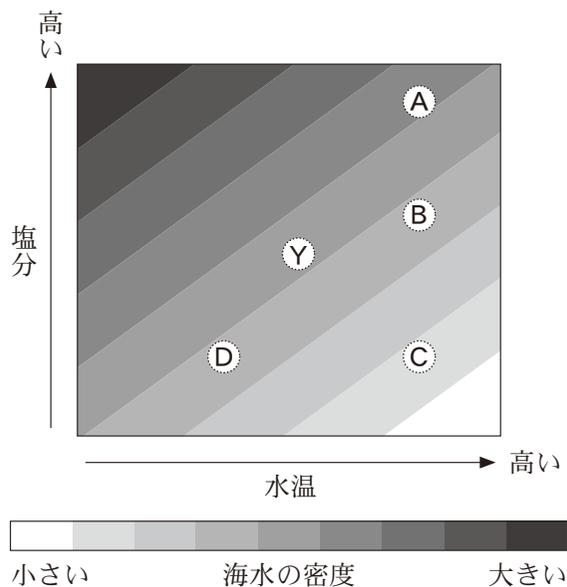


図4 水温と塩分から決まる海水の密度の模式図

- ① A                      ② B                      ③ C                      ④ D

## 地 学

### 第 5 問 宇宙に関する次の問い(A～C)に答えよ。(配点 21)

A 高校生の S さんは、宇宙に興味をもって家の近くにある公開天文台に通い、その T 研究員の指導を受けている。銀河系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：銀河系中心には、太陽の約 400 万倍もの質量のブラックホールがあるという新聞記事を読みました。そのブラックホールのまわりを、星が高速で周回運動しているのが観測されたとのことでした。どんな手段で星の観測が行われたのでしょうか。

T 研究員：銀河系の中心部は厚い<sup>(a)</sup>星間物質に妨げられるため、可視光線では観測できません。そのため、望遠鏡を用いて長期間観測が行われました。なお、銀河系の真中のふくらみの部分は直径 2 万光年程度の大きさでと呼ばれています。

S さ ん：そうなのですね。一方、銀河系の<sup>(b)</sup>円盤部にある天体は、円盤部に垂直な軸のまわりを回転しているのが可視光線で観測されることがありますね。

問 1 上の会話文中の・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。

	ア	イ
①	紫外線	バルジ
②	紫外線	ハロー
③	赤外線	バルジ
④	赤外線	ハロー

問 2 前ページの会話文中の下線部(a)に関して、星間物質の組成や観測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。

23

- ① 星間物質は、希薄な星間ガスに加えて、豊富な液体と固体微粒子からなる。
- ② 高温の星の近くでは、星間物質中の水素が電離していることがある。
- ③ 星間雲は、近くの明るい恒星の放射を受けて輝くと散光星雲として観測されるが、そうでない場合は存在がわからない。
- ④ 一酸化炭素分子は電波を放射しないため、分子雲の分布の観測には使われていない。

問 3 前ページの会話文中の下線部(b)に関して、次の文中の ウ ・ エ 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。

24

多くの恒星が集まった星団のうち、ウ は銀河系の円盤部内であってほぼ円軌道を描いて運動している。その星団中の恒星では、ヘリウムより重い元素(重元素)の割合は エ 。

	ウ	エ
①	散開星団	太陽より小さい
②	散開星団	太陽とほぼ等しい
③	球状星団	太陽より小さい
④	球状星団	太陽とほぼ等しい

## 地 学

B 遠方の銀河のスペクトルと赤方偏移に関する次の問い(問4)に答えよ。

問4 次の図1は、後退速度が0 km/sである場合の、強い輝線を示す銀河のスペクトルの模式図である。仮にこれと同じ銀河が、赤方偏移 $z = 1$ となる遠方に存在したとする。この銀河を地球から観測したスペクトルとして最も適当なものを、次ページの①~④のうちから一つ選べ。ただし、ここでは赤方偏移に伴う放射エネルギー強度の変化については考えない。

25

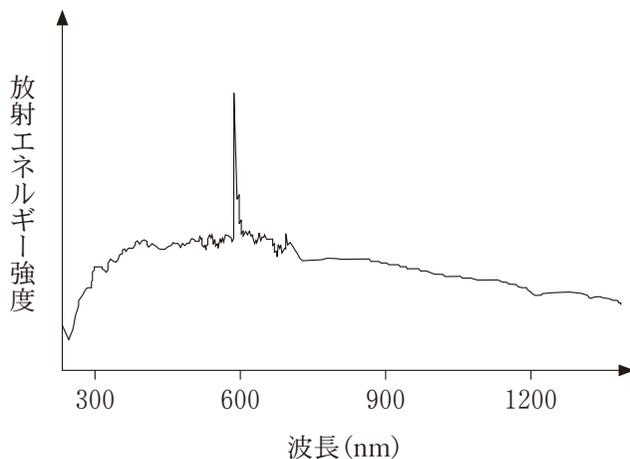
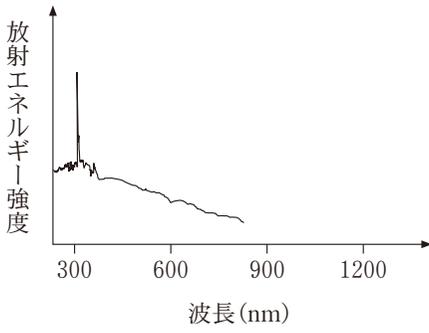
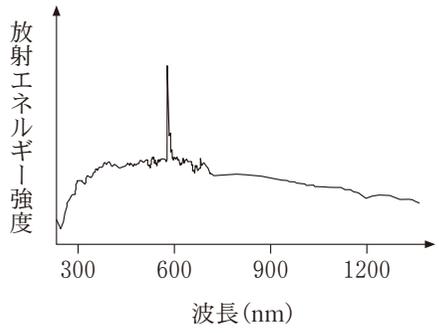


図1 強い輝線を示す銀河のスペクトルの模式図  
横軸は波長、縦軸は放射エネルギー強度を示す。

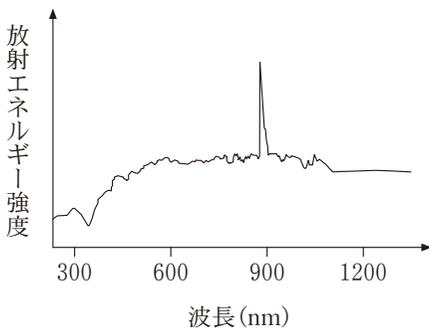
①



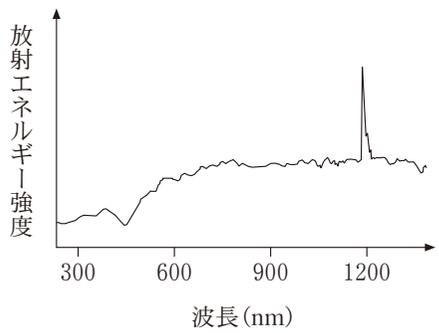
②



③



④



## 地 学

C 宇宙背景放射に関する次の問い(問5・問6)に答えよ。

問5 宇宙背景放射は、宇宙の晴れ上がりのときから光が直進できるようになって地球に到達したものと考えられている。次の図2は、さまざまな放射スペクトルを示しており、Bが現在の宇宙で観測されている温度約3Kの黒体放射スペクトルである。晴れ上がり当時の宇宙に検出器を置いて背景放射を観測した場合、どのようなスペクトルが観測されるだろうか。黒体放射ではウィーンの変位則が成り立つことを参考にして最も適当なものを、後の①～④のうちから一つ選べ。 26

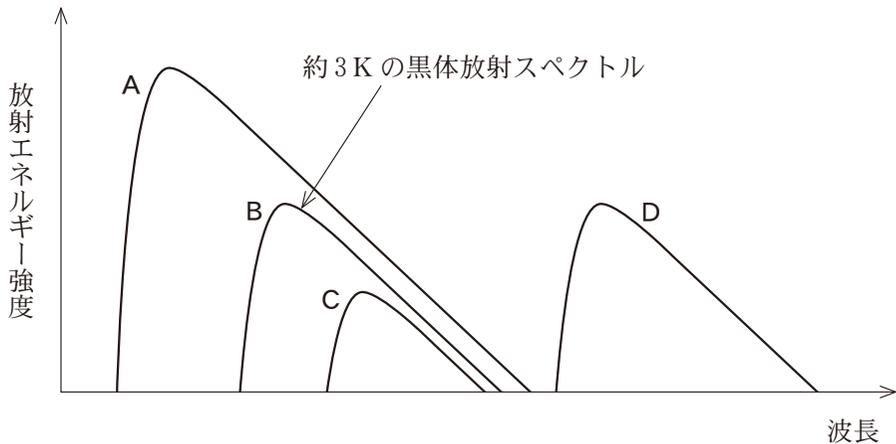


図2 さまざまな放射スペクトル

横軸の波長と、縦軸の放射強度は対数表示されている。

① A

② B

③ C

④ D

問 6 次の図 3 は、プランク衛星が観測した宇宙背景放射の全天分布であり、その濃淡は平均的な放射を差し引いた後に残ったゆらぎの大きさを示している。図 3 を説明する文として誤っているものを、後の①～④のうちから一つ選べ。

27

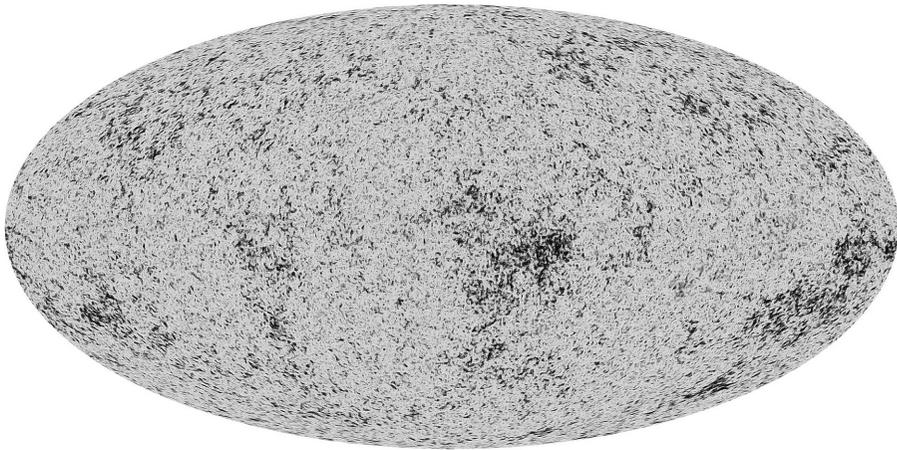


図 3 プランク衛星が観測した宇宙背景放射のゆらぎの全天分布

- ① このゆらぎの解析から、ビッグバンが起きたのは約 138 億年前であることがわかった。
- ② このゆらぎの解析などから、暗黒物質や暗黒エネルギー(ダークエネルギー)の割合がわかった。
- ③ このゆらぎの大きさは、宇宙背景放射の平均値よりずっと小さい。
- ④ このゆらぎは、紫外線で観測された。