

2024年度

理 科

R 4

【 地 学 】

2月25日(日)

【前期日程】 理 学 部 (数学科, 地球科学科, 創造理学コース)

13 : 50 ~ 15 : 10

注 意 事 項

試験開始前

- 1 監督者の指示があるまで, 問題冊子, 解答用紙, 下書き用紙に手を触れてはいけません。
- 2 監督者の指示に従い, 出願時に選択した科目の問題冊子, 解答用紙であるかどうかを確かめ, 全部の解答用紙(4枚)に受験番号を記入しなさい。
- 3 出願時に選択した科目と解答した科目が異なる場合は採点されません。

試験開始後

- 4 この問題冊子は, 6ページあります。はじめに, 問題冊子, 解答用紙, 下書き用紙(1枚)を確かめ, 枚数の不足や, 印刷の不鮮明なもの, ページの落丁・乱丁があった場合は, 手をあげて監督者に申し出なさい。
- 5 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。(下書き用紙と間違わないよう十分注意してください。下書き用紙は採点対象となりません。)
- 6 文字数制限のある解答用紙の記入については, 下記の点に留意すること。

- ・書き出しは, 一マスあけない。
- ・改行したら一マスあける。
- ・句読点及び英数字は, それぞれ一マスを使う。
- ・小さな文字「っ」「ゃ」「ゅ」「ょ」は一マスで使う。

- 7 問題は, 声を出して読んではいけません。
- 8 配点は, 比率(%)で表示してあります。

試験終了後

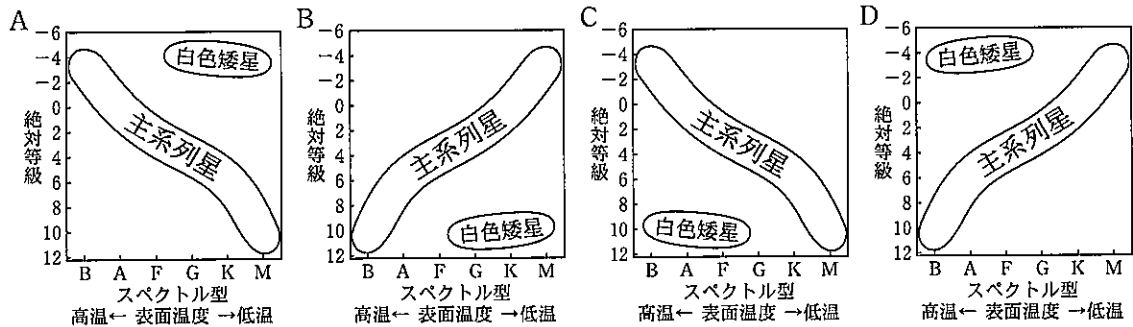
- 9 問題冊子と下書き用紙は, 必ず持ち帰りなさい。

1 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。(配点 25 %)

連星は2つ以上の近接する恒星の組で、それぞれがケプラーの法則に従って共通重心のまわりを公転する。おおいぬ座のシリウスは連星であることが知られている多くの恒星の1つである。強い光を放っているのは主系列星のシリウス A であり、その約1万分の1の明るさの白色矮星であるシリウス B を伴っている。公転周期は約50年であり、西暦2024年は遠点付近にあって比較の見分けやすい時期である。

連星の中には望遠鏡で一つずつの恒星を識別できなくても、そのスペクトルを観測すると連星とわかるものがある。これを分光連星とよぶ。分光連星ではスペクトル上の暗線の位置の変化から公転周期を知ることができ、更に条件が良ければそれぞれの運動速度が得られるため、これらから両星の平均距離および共通重心からの距離の比を得て、それぞれの質量が算出できる。

問1 下線部(1)、(3)について、HR図における主系列星と白色矮星の分布を最も適切に示したものはどれか、下図A~Dから選び、記号で答えよ。



問2 下線部(2)について、視等級 -1.44 のシリウス A に対して、1万分の1の明るさの星の視等級を有効数字3桁で答えよ。ただし、明るさ I_1 の天体の視等級 m_1 は、視等級0の星の明るさを I_0 として以下の式で与えられる。

$$m_1 = -2.5 \log_{10} \left(\frac{I_1}{I_0} \right)$$

問3 下線部(4)について、光源の視線方向の移動速度によりスペクトルの波長が変化して観測される現象の名称を答えよ。また本来の波長 λ_0 の暗線が長波長側に $\Delta\lambda$ ずれた時、光源の視線方向の移動速度 v を光速 c と λ_0 、 $\Delta\lambda$ を用いて表せ。ただし遠ざかる方向を正とし、 v の絶対値は c に対して十分に小さいとする。

問4 下線部(5)について、シリウス A と B の公転周期を50年、両星の平均距離を20 AU、A および B それぞれから共通重心までの距離の比を1:2とした時、A と B の質量はそれぞれ太陽の質量の何倍と見積られるか。有効数字1桁で答えよ。ただし、ケプラーの第3法則は以下の式で表される。

$$\frac{a^3}{P^2} = \frac{G}{4\pi^2} (M_1 + M_2)$$

ここで a は平均距離[単位は m]、 P は公転周期[単位は s]、 M_1 と M_2 は両星の質量[単位は kg]、 G は万有引力定数 $6.674 \times 10^{-11} [\text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}]$ である。

2 表は地球全体とマントル・地殻の化学組成を示したものである。この表を踏まえて、以下の問いに答えよ。(配点 25 %)

問 1 マントル・地殻に最も多く含まれる元素 X の名称を答えよ。

問 2 表の①、②は海洋地殻と大陸地殻のいずれかの化学組成である。海洋地殻は①、②のどちらかを答えよ。また、それを選んだ理由を 30 字以内で説明せよ。

問 3 地殻はマントルに比べて Al と Ca を多く含み、その構成岩中にはこれらの元素に富む無色鉱物が普遍的に見られる。この鉱物の名称を答えよ。

問 4 マントルや地殻の化学組成は、地球全体と比べると Fe に著しく乏しい。その理由を 40 字以内で説明せよ。

問 5 表のマントルの化学組成を有するかんらん岩が、かんらん石と輝石のみから構成されると単純化できる場合、かんらん岩全体に占める輝石の割合(モル%)を整数で答えよ。計算の過程も示せ。ただし、Fe、Mg、Ca の総量と Si のモル比 $\frac{(\text{Fe} + \text{Mg} + \text{Ca})}{\text{Si}}$ はかんらん石で 2、輝石で 1 であり、Al とその他の元素は無視できるものとする。

表 地球全体とマントル・地殻の化学組成

重量%	地球全体	マントル	地 殻		原子量
			①	②	
元素 X	30	45	46	44	—
Si	15	21	28	23	28.1
Al	2	2	8	9	26.1
Fe	34	6	5	7	55.8
Mg	13	23	3	4	24.3
Ca	2	2	5	8	40.1
その他	4	1	5	5	—

3 地質に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。(配点 25%)

図は、ある島の地質図である。この島にはA層、B層、C層、D層、溶岩が分布し、断層Eが確認されている。A層、B層、C層は傾斜層であり、それらの走向は(ア)であり、(イ)に向かって45°傾いている。D層は水平層であり、A層、B層、C層を不整合でおおっている。D層とA層、D層とB層、D層とC層の境界の露頭線は、いずれも等高線と平行である。

A層の地点①では、フウインボクの化石が発見されたので、(ウ)紀の地層と推定される。C層の地点②では、恐竜のティラノサウルスの歯の化石が発見されたので、(エ)紀の地層と推定される。D層から自生的な産状の材化石が発見され、その放射性年代測定から3万年前の年代値が得られた。なお、この島に地層の逆転はない。

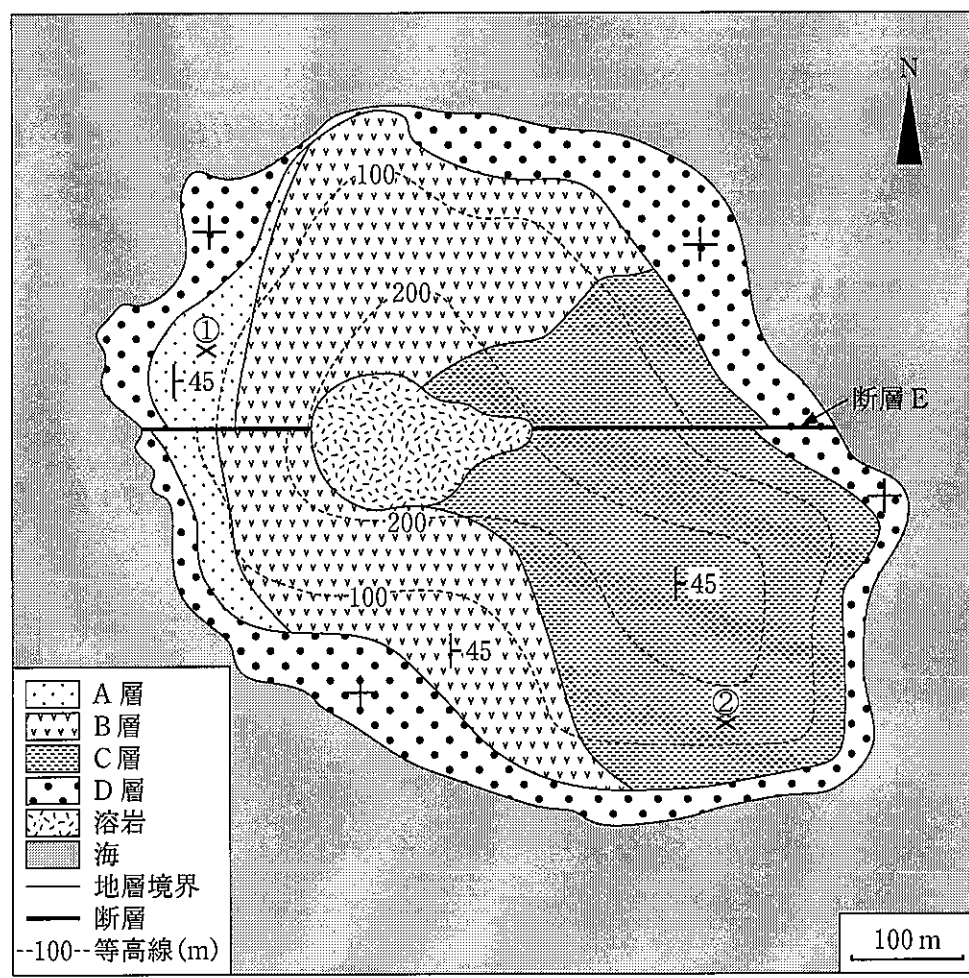


図 ある島の地質図

問 1 文章中の(ア)~(エ)に当てはまる最も適切な語句を次の中から1つずつ選べ。

シルル	石炭	三畳	白亜	新第三	N-S	E-W
N 45° E	N 45° W	東	西	南 西	北 東	

問 2 地質図中の断層 E の性格として、最も適切と思われるものを下記 a ~ c から 1 つ選び記号で答えよ。また、それを選んだ理由を 160 字以内で答えよ。なお、断層のずれは一方向である。

a. 正断層

b. 逆断層

c. 横ずれ断層

問 3 B 層から産出する可能性のある示準化石で、海に生息していた生物の名前を 3 つ答えよ。

問 4 材化石の年代について、測定に使われた放射性同位体(I)の化学式を答えよ。また、この放射性同位体が壊変してできる安定同位体(II)の化学式を答えよ。

問 5 地質図から判断できるこの島の地史(堆積や地質構造の形成の順番)を 100 字以内で答えよ。

4 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。(配点 25%)

図1は、地球を覆う大気圏の構造の模式図である。大気圏は、高度による温度の構造により、(A)、成層圏、中間圏、(B)の4つの層に分けられる。(A)では、太陽放射で加熱される地表面に接するため、温度は通常、地表付近で高く、高度とともに低下して(C)で極小となる。一方、成層圏では上空ほど温度が高くなり、高度約20-30 kmにはオゾン層がある。
⁽¹⁾オゾン層は約23億年前に形成されたと推定されている。

⁽²⁾ 大気中の水蒸気のほとんどは(A)に存在し、雲や降水となり、様々な気象現象をもたらす。フェーン現象はその一例で、湿潤な空気の塊が山を越えて反対側に吹き下りた時に、山の風下側では高温で乾燥したものになる。例えば、地点1(高度0 m)での温度が25℃の空気の塊が、高度2500 mの山を超える場合を考える。空気の塊が上昇し始めると、温度は乾燥断熱減率に従い低下し、高度1000 mで(D)に達し、水蒸気の凝結が始まる。凝結に伴って(E)が放出されるため、これ以降の温度低下率は乾燥断熱減率より小さくなる。この温度低下の割合を湿潤断熱減率とよぶ。山を越えて吹き下りるとき雲が消えていると、空気の塊の温度は乾燥断熱減率に従って上昇し、地点2(高度0 m)では地点1よりも高温となる。

問1 文中の(A)~(C)は図1の記号に対応している。それぞれに当てはまる最も適切な名称を答えよ。

問2 文中の(D)と(E)に当てはまる最も適切な語句を答えよ。

問3 下線部(1)について、上空ほど温度が高くなる原因を、40字以内で説明せよ。

問4 下線部(2)について、オゾン層の形成をもたらした大気中の酸素濃度の増加の原因を、60字以内で説明せよ。

問5 乾燥断熱減率を1.0℃/100 m、湿潤断熱減率を0.6℃/100 mとし、地点2の温度を整数で答え、導く過程も示せ。

問6 下の表の値を用いて、地点1の空気の塊の相対湿度を有効数字2桁で答え、導く過程も示せ。

温度(℃)	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25
飽和水蒸気圧(hPa)	0.8	1.3	1.9	2.9	4.2	6.1	8.7	12.3	17.1	23.4	31.7

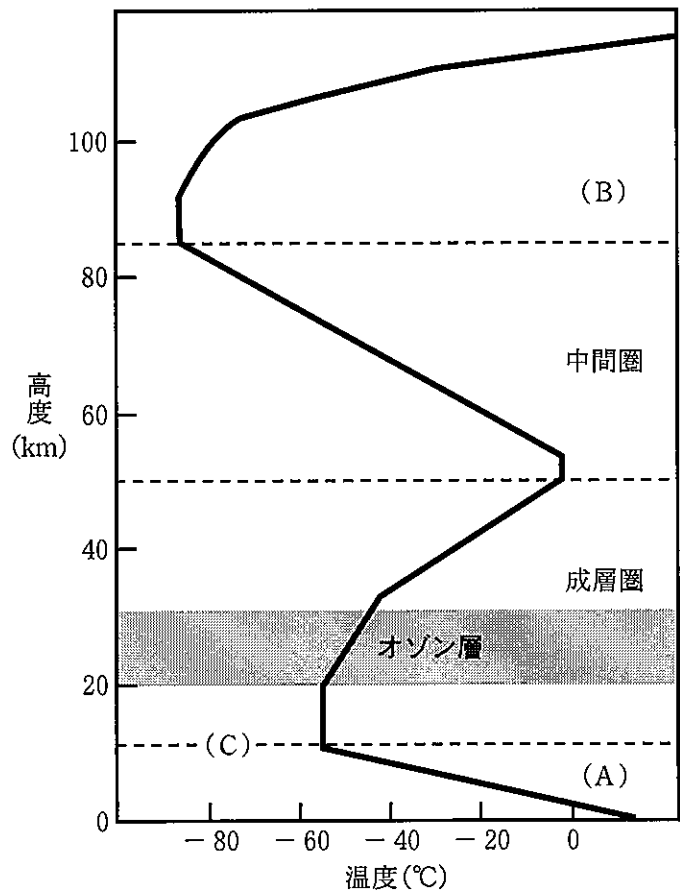


図1 地球の大気圏の構造の模式図

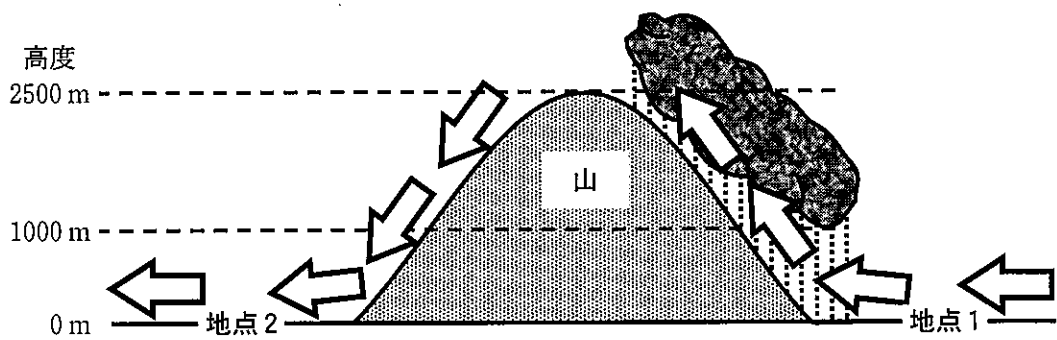


図2 フェーン現象の模式図

正解・解答例

<p>教科・科目名</p>	<p>地学（前期日程試験：令和6年度） 1 / 4</p>	<p>問題番号</p>	<p>R4</p>
<p>対象学部・ 学科(課程)等</p>	<p>理学部(数学, 地球, 創造)</p>		
<p style="text-align: center;">1</p> <p style="text-align: center;">25%</p> <p>採点時の配点 50点</p>	<p>問1 C (4%)</p> <p>問2 与えられた式より, $m_B - m_A = -2.5 \{ \log_{10}(I_B/I_D) - \log_{10}(I_A/I_D) \}$ $= -2.5 \log_{10}(I_B/I_A) = 2.5 \log_{10}(10000) = 2.5 \times 4 = 10$ よって $m_B = 10 + m_A = 10 - 1.44 = 8.56$ (3%) 8.56 (3%)</p> <p>問3 ドップラーシフト (ドップラー効果) (4%) $v = c \times \Delta \lambda / \lambda_0$ (4%)</p> <p>問4 太陽質量を M_0 とすると, 地球との間でケプラーの第三法則は $a^3/P^2 = GM_0/(4\pi^2)$ (式1) である。この時, a は1天文単位, P は1年である。これに対しシリウス A と B の場合は平均距離が a の20倍, 周期が P の50倍なので $(20a)^3/(50P)^2 = G(M_A+M_B)/(4\pi^2)$ (式2) となる。 式2を式1で割ると, $8000/2500 = (M_A+M_B)/M_0$。よって $M_A+M_B = 3.2 M_0$ で ある。共通重心までの距離の比は質量の比の逆数になるため, $M_A : M_B = 2:1$ である。 よって, $M_A = 3.2 M_0 \times 2/3 = 2.133 M_0$, $M_B = 3.2 M_0 \times 1/3 = 1.067 M_0$ (3%)</p> <p>A の質量 2倍 B の質量 1倍 (4%)</p>		

教科・科目名	地学（前期日程試験：令和6年度） 2 / 4	問題番号	R4
対象学部・ 学科(課程)等	理学部(数学, 地球, 創造)		
<p style="text-align: center;"> 2 25% 採点時の配点 50点 </p>	<p> 問1 酸素 (4%) ※元素記号でも可 </p> <p> 問2 ②, 根拠: ①に比べて②の方が Si に乏しいため 16 字 (5%) ※両方正解で 5% </p> <p> 問3 斜長石 (4%) ※「長石」なら 3%, 「アルカリ長石」なら 0% </p> <p> 問4 地球の Fe の大部分が核に取り込まれたため, マントルと地殻は Fe に乏しい (33 文字) (5%) ※「核」という語句が含まれていることが必須 </p> <p> 問5 マントルに含まれる Si, Fe, Mg, Ca のモル数は 100g あたり, それぞれ $21/28.1=0.7473$ mol, $6/55.8=0.1075$ mol, $23/24.3=0.9465$ mol, $2/40.1=0.0499$ mol となり, $Fe+Mg+Ca=1.1039$ mol となる。したがって, $(Fe+Mg+Ca)/Si=1.1039/0.7473=1.4771$ が得られる。造岩鉱物全体に占める輝石のモル分率を x とすると, $(Fe+Mg+Ca)/Si=2(1-x)+x=2-x$ となる。$(Fe+Mg+Ca)/Si=1.4771$ としてこの式を解くと, $x=0.523$ が得られる。 したがって, 輝石の割合は 52 モル% (7%) ※$(Fe+Mg+Ca)/Si$ の値が求められれば 4% </p>		

教科・科目名	地学（前期日程試験：令和6年度） 3 / 4	問題番号	R4
対象学部・ 学科(課程)等	理学部(数学, 地球, 創造)		
<div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px 5px;">3</div> 25% 採点時の配点 50点 </div>	<p>問1 ア N-S イ 東 ウ 石炭 エ 白亜 (1%×4=4%)</p> <p>問2 c (1%×1=1%)</p> <p>地表面と断層 E の交線は直線なので、断層面は垂直である。断層 E によって、D 層と A 層の境界ならびに D 層と C 層の境界はずれているが、それらの境界の高度は断層の南北で変化していない。以上のことと断層のずれは一方方向であることから、断層 E は横ずれ断面である。123 字 (4%)</p> <p>問3 三葉虫, アンモナイト, コノドント, フズリナ, フデイシ, トリゴニア, モノチス, イノセラムス などの中から 3 つ回答 (2%×3=6%)</p> <p>問4 (I) ^{14}C (II) ^{14}N (2%×2=4%)</p> <p>問5 A 層, B 層, C 層の順で堆積した後、それらの地層が傾斜した。その後、陸化し、侵食された後、D 層が堆積した。さらにその後、断層 E が活動した。最後に、山頂で溶岩が噴出した。83 字 (6%)</p>		

教科・科目名	地学（前期日程試験：令和6年度） 4 / 4	問題番号	R4
対象学部・ 学科(課程)等	理学部(数学, 地球, 創造)		
<div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">4</div> <p>25%</p> <p>採点時の配点 50点</p> </div>	<p>問1 A 対流圏 B 熱圏 C 圏界面 (1%×3=3%)</p> <p>問2 D 露点 E 潜熱 (1%×2=2%)</p> <p>問3 オゾン層が太陽の紫外線を吸収し、大気を暖めているためである。29字 (3%)</p> <p>問4 酸素発生型の光合成を行うシアノバクテリアの出現によって大気中の酸素濃度が上昇した。41字 (5%)</p> <p>問5 31 地点1の温度は25℃ 乾燥断熱減率で1000mまで上昇するので10℃低下1000mの温度は15℃。そこから1500mを0.6℃/100m、山頂では6℃。その後2500mを1℃/100mの割合で上昇する。地点2では31℃ (6%)</p> <p>問6 54 露点は15℃なので、この空気の塊の水蒸気圧は17.1 hPaである。よって、地点1の空気の塊の温度は25℃で、その飽和水蒸気圧は31.7 hPaであることから相対湿度は53.9%である。 $17.1/31.7=0.539$ 53.9% (6%)</p>		

採点・評価基準(具体的基準)

教科・科目名	地学 (前期日程試験：令和6年度)	問題番号	R4																																																												
対象学部・学科(課程)等	理学部 (数学, 地球, 創造)																																																														
出題のねらい	<p>① 恒星と連星に関する知識と理解度を問う。</p> <p>② マントル・地殻の化学組成に関する知識および説明力をみる。</p> <p>③ 地質図と示準化石に関する知識および説明力をみる。</p> <p>④ 大気圏とフェーン現象に関する知識および説明力をみる。</p>																																																														
採点基準 (点数は200点満点の場合)	<p>① 配点25% 50点</p> <table> <tr><td>問1</td><td>8点</td><td>合計8点</td></tr> <tr><td>問2</td><td>各6点×2</td><td>合計12点</td></tr> <tr><td>問3</td><td>各8点×2</td><td>合計16点</td></tr> <tr><td>問4</td><td>14点</td><td>合計14点</td></tr> </table> <p>② 配点25% 50点</p> <table> <tr><td>問1</td><td>8点</td><td>合計8点</td></tr> <tr><td>問2</td><td>10点</td><td>合計10点</td></tr> <tr><td>問3</td><td>8点</td><td>合計8点</td></tr> <tr><td>問4</td><td>10点</td><td>合計10点</td></tr> <tr><td>問5</td><td>14点</td><td>合計14点</td></tr> </table> <p>③ 配点25% 50点</p> <table> <tr><td>問1</td><td>各2点×4</td><td>合計8点</td></tr> <tr><td>問2</td><td>10点</td><td>合計10点</td></tr> <tr><td>問3</td><td>各4点×3</td><td>合計12点</td></tr> <tr><td>問4</td><td>各4点×2</td><td>合計8点</td></tr> <tr><td>問5</td><td>12点</td><td>合計12点</td></tr> </table> <p>④ 配点25% 50点</p> <table> <tr><td>問1</td><td>各2点×3</td><td>合計6点</td></tr> <tr><td>問2</td><td>各2点×2</td><td>合計4点</td></tr> <tr><td>問3</td><td>6点</td><td>合計6点</td></tr> <tr><td>問4</td><td>10点</td><td>合計10点</td></tr> <tr><td>問5</td><td>12点</td><td>合計12点</td></tr> <tr><td>問6</td><td>12点</td><td>合計12点</td></tr> </table>			問1	8点	合計8点	問2	各6点×2	合計12点	問3	各8点×2	合計16点	問4	14点	合計14点	問1	8点	合計8点	問2	10点	合計10点	問3	8点	合計8点	問4	10点	合計10点	問5	14点	合計14点	問1	各2点×4	合計8点	問2	10点	合計10点	問3	各4点×3	合計12点	問4	各4点×2	合計8点	問5	12点	合計12点	問1	各2点×3	合計6点	問2	各2点×2	合計4点	問3	6点	合計6点	問4	10点	合計10点	問5	12点	合計12点	問6	12点	合計12点
問1	8点	合計8点																																																													
問2	各6点×2	合計12点																																																													
問3	各8点×2	合計16点																																																													
問4	14点	合計14点																																																													
問1	8点	合計8点																																																													
問2	10点	合計10点																																																													
問3	8点	合計8点																																																													
問4	10点	合計10点																																																													
問5	14点	合計14点																																																													
問1	各2点×4	合計8点																																																													
問2	10点	合計10点																																																													
問3	各4点×3	合計12点																																																													
問4	各4点×2	合計8点																																																													
問5	12点	合計12点																																																													
問1	各2点×3	合計6点																																																													
問2	各2点×2	合計4点																																																													
問3	6点	合計6点																																																													
問4	10点	合計10点																																																													
問5	12点	合計12点																																																													
問6	12点	合計12点																																																													