

E I M E I オリジナル 北辰テスト予想問題 第3回 理科

解答・解説

1 小問集合

問1

答え ア

3点

表1を見ると、12:00から15:00の間に、風向が南西から北西へと大きく変化し、気温が22.5℃から14.1℃へと急激に低下しています。また、15:00には雨が降っています。これらの特徴（風向が北寄りに変わる、気温が急激に下がる、一時的に強い雨が降る）は「寒冷前線」が通過したときの典型的な天気の変化を示しています。

問2

答え ア

3点

ツツジやアサガオ、タンポポなどは、花卉が根元で互にくっついている「合弁花類」に分類されます。一方、アブラナ、サクラ、エンドウなどは花卉が一枚ずつ離れている「離弁花類」に分類されます。

問3

答え ア

3点

アンモニアは「空気よりも非常に軽く（密度が小さい）」、「水に極めて溶けやすい」という性質を持っています。そのため、水に溶けやすい気体を集めるのに適さない「水上置換法」や、空気より重い気体を集める「下方置換法」は使えません。空気より軽い性質を利用して「上方置換法」で集めます。表2において、空気より非常に軽く、水に非常によく溶ける気体は「気体A」です。

問4

答え エ

3点

図2のスケッチには、比較的大きな結晶（斑晶）と、結晶になれなかった細かい部分（石基）が混ざり合った「斑状組織」が見られます。斑状組織を持つ岩石は「火山岩」であり、マグマが地表付近や地上に噴出し、急激に冷やされて固まることで形成されます。

問5

答え 2400Pa（または2400）

3点

圧力 [Pa] = 面にはたらく力 [N] ÷ 力がはたらく面積 [m^2] で求めます。

1.2kg の物体にはたらく重力は 12 N です。

最も面積が小さい面は、 $5\text{ cm} \times 10\text{ cm} = 50\text{ cm}^2$ の面です。これを平方メートルに直すと、 $50 \div 10000 = 0.005\text{ m}^2$ となります。

したがって、圧力 = $12\text{ N} \div 0.005\text{ m}^2 = 2400\text{ Pa}$ となります。

問6

答え 0.8g (または0.8)

3点

グラフから、銅と酸化銅（加熱後の物質）の質量比は $1.6 : 2.0 = 4 : 5$ です。このとき、反応した酸素の質量比は $5 - 4 = 1$ となり、銅と酸素は $4 : 1$ の質量比で反応します。

加熱前の銅は 2.0g で、不十分な加熱の後の質量が 2.3g になったことから、結びついた酸素の質量は $2.3 - 2.0 = 0.3\text{g}$ です。

反応した銅の質量を $x\text{ [g]}$ とおくと、 $x : 0.3 = 4 : 1$ より、 $x = 1.2\text{g}$ の銅が反応したことがわかります。したがって、まだ反応していない銅の質量は、はじめの 2.0g から反応した 1.2g を引いて、 $2.0 - 1.2 = 0.8\text{g}$ となります。

問7

答え イ

3点

「適切な温度が必要であること」を確かめる対照実験では、温度以外の条件（デンプン溶液、唾液を入れることなど）をすべて同じにし、温度（ 37°C と 0°C ）だけを異なる条件にする必要があります。したがって、 37°C で唾液を入れた「試験管A」と、 0°C で唾液を入れた「試験管C」を比較するのが適切です。試験管Aではデンプンが分解されてヨウ素反応がなくなりますが、試験管Cでは温度が低すぎて酵素が働かず、デンプンが残るため青紫色に変化します。

問8

答え 30Ω (または30)

3点

並列回路では、各抵抗に加わる電圧は電源の電圧と等しくなるため、 R_1 、 R_2 のどちらにも 6.0 V の電圧が加わります。

まず、抵抗 R_1 (20Ω) を流れる電流 I_1 は、オームの法則より、 $I_1 = 6.0\text{ V} \div 20\Omega = 0.30\text{ A}$ です。

回路全体の電流が 0.50 A なので、抵抗 R_2 を流れる電流 I_2 は、 $0.50\text{ A} - 0.30\text{ A} = 0.20\text{ A}$ となります。

したがって、抵抗 R_2 の抵抗値は、 $R_2 = 6.0\text{ V} \div 0.20\text{ A} = 30\Omega$ と求められます。

2 地層の広がりと堆積岩

問1

答え ウ

3点

泥岩、砂岩、れき岩は、堆積した粒の「大きさ（直径）」によって分類されます。粒の直径が 2mm 以上のものをれき、 $0.06\text{mm} \sim 2\text{mm}$ のものを砂、 0.06mm 以下のものを泥と呼びます。また、粒の小さい泥は水中に長く浮遊するため、海岸から最も遠い、流れの静かな深い海底まで運ばれて堆積します。したがって、最も適切な組み合わせはウです。

問2

答え (出来事) 火山活動 (または「火山の噴火」など) (目印となる層) 鍵層 (または「かぎ層」)

4点

凝灰岩は火山灰などの火山噴出物が堆積して押し固まってできた岩石であるため、当時周辺で「火山活動」や「火山の噴火」があったことを示します。また、凝灰岩のように、短期間に広い範囲に堆積し、特徴があって見分けやすいため、離れた地層のつながりを比較する際の目印となる層を「鍵層（かぎ層）」と呼びます。

問3

答え (化石の名称) 示準化石 (地質年代) イ

3点

地層が堆積した年代を特定するのに役立つ化石を「示準化石」といいます。図3に示されているのはアンモナイトの化石であり、アンモナイトは「中生代」の示準化石です。したがって、地質年代はイが正解です。

問4

答え (方位) 南 (理由) (例) 地点Aの凝灰岩の上面の標高は110m ($120\text{m} - 10\text{m}$) であり、地点Bの凝灰岩の上面の標高は106m ($110\text{m} - 4\text{m}$) である。南にある地点Bの方が、凝灰岩の上面の標高が低くなっているため。

3点

地層の傾きを調べるために、鍵層である凝灰岩の上面の「標高」を比較します。

- ・地点A：地表の標高120m、凝灰岩の上面の深さ10m。よって、上面の標高は $120\text{m} - 10\text{m} = 110\text{m}$ 。
- ・地点B：地表の標高110m、凝灰岩の上面の深さ4m。よって、上面の標高は $110\text{m} - 4\text{m} = 106\text{m}$ 。

地点Bは地点Aから真南にあります。上面の標高を比べると、北にある地点A (110m) よりも、南にある地点B (106m) の方が4m低くなっています。したがって、地層は「南」に向かって低くなるように傾いていると判断できます。

問5

答え 深さ3mの位置に水平な実線を引き、0m～3mの範囲に「れき岩」の模様（丸）、3m～8mの範囲に「砂岩」の模様（ドット）を描く。

6点

この地域の地層は「東西方向には傾いておらず水平」であるため、地点Aから真東にある地点Cの各地層の標高は、地点Aとまったく同じになります。したがって、地点Aの各層の標高を求め、それを地点C（標高105m）に当てはめます。

【地点Aにおける各層の標高】

- ・泥岩：標高120m～116m（深さ0～4m）
- ・砂岩：標高116m～110m（深さ4～10m）
- ・凝灰岩：標高110m～108m（深さ10～12m）
- ・れき岩：標高108m～102m（深さ12～18m）
- ・砂岩：標高102m～96m（深さ18～24m）

【地点C（標高105m）の柱状図の予測】

地点Cの地表は標高105mです。これは地点Aの「れき岩」の層（標高108m～102m）の範囲内にあります。

よって、地点Cの地表（深さ0m、標高105m）から、れき岩の下面（標高102m）までの深さは、 $105\text{m} - 102\text{m} = 3\text{m}$ となります。したがって、深さ0m～3mは「れき岩」です。

標高102m（深さ3m）より下は、地点Aと同様に「砂岩」の層（標高102m～96m）になります。地点Cの深さに換算すると、標高96mは深さ $105\text{m} - 96\text{m} = 9\text{m}$ に相当します。作図は深さ8mまでなので、深さ3m～8mの区間はすべて「砂岩」となります。

以上より、深さ3mの位置に境界線を引き、0～3mに「れき岩（丸）」、3～8mに「砂岩（ドット）」の模様を描きます。

3 物質の変化と質量

問1

答え (発生した液体が) 加熱部に流れて、試験管が割れるのを防ぐため。

3点

試験管の口を下げておかないと、熱分解によって生じた水（液体）が加熱されている熱い部分に流れ込んでしまい、急激な温度変化によって試験管が割れてしまう危険があります。これを防ぐための基本的な実験操作です。

問2

答え エ

3点

炭酸水素ナトリウム (NaHCO_3) と、加熱後に残る炭酸ナトリウム (Na_2CO_3) の性質の比較です。炭酸ナトリウムの方が水に溶けやすく、その水溶液は強いアルカリ性を示すため、フェノールフタレイン溶液を加えたときに濃い赤色になります。炭酸水素ナトリウムの水溶液は弱いアルカリ性のため、うすい桃色になります。

問3

答え $2\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

4点

炭酸水素ナトリウムの熱分解の化学反応式は、 $2\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ です。矢印の左右で各原子 (Na, H, C, O) の数が等しくなるように係数を「2」にします。

問4

答え 4.4 g

4点

表1から、加えた炭酸水素ナトリウムの質量と、発生した気体（反応前後の全体の質量の差）の関係を読み取ります。

- ・ 2.1 g加えたとき： $122.1 - 121.0 = 1.1 \text{ g}$
- ・ 4.2 g加えたとき： $124.2 - 122.0 = 2.2 \text{ g}$
- ・ 6.3 g加えたとき： $126.3 - 123.0 = 3.3 \text{ g}$
- ・ 8.4 g加えたとき： $128.4 - 124.0 = 4.4 \text{ g}$
- ・ 10.5 g加えたとき： $130.5 - 126.1 = 4.4 \text{ g}$

炭酸水素ナトリウムの質量が8.4 gまでは、加えた質量と発生した気体の質量が比例関係（比は $2.1 : 1.1 = 8.4 : 4.4$ ）にありますが、8.4 gを超えると気体の発生量は4.4 gで一定になります。これは、うすい塩酸100.0 gがすべて反応してしまったためです。したがって、炭酸水素ナトリウムを12.0 g加えても、発生する気体の質量は最大値である4.4 gとなります。

問5

答え 3.3 g

5点

【思考のプロセス】

1. 完全分解時の質量変化の確認：

実験1では、炭酸水素ナトリウム8.4 gを完全に熱分解すると、試験管に残る白い固体（炭酸ナトリウム）は5.3 gになります（実験2と実験3の塩酸100.0 gに対する最大反応量「8.4 g」と「5.30 g」の比からも、8.4 gの NaHCO_3 から5.3 gの Na_2CO_3 ができることが分かります）。

完全分解したときの質量減少（水と二酸化炭素が抜けた分）は、 $8.4 - 5.3 = 3.1$ g です。

2. 途中で止めたときの分解度の計算：

今回の加熱後の固体質量は6.85 gなので、減少した質量は $8.4 - 6.85 = 1.55$ g です。

これは、完全分解時の減少量（3.1 g）のちょうど半分（ $1.55 / 3.1 = 0.5$ ）です。

したがって、炭酸水素ナトリウム8.4 gのうち、半分（4.2 g）が熱分解し、残り半分（4.2 g）は未反応のまま残っていることがわかります。

- ・ 未反応の炭酸水素ナトリウム = 4.2 g

- ・ 熱分解して生成した炭酸ナトリウム = $5.3 \text{ g} \times 0.5 = 2.65 \text{ g}$

（確認： $4.2 \text{ g} + 2.65 \text{ g} = 6.85 \text{ g}$ となり整合します）

3. 塩酸との反応における過不足の検討：

うすい塩酸100.0 gは、炭酸水素ナトリウムなら8.4 gまで、炭酸ナトリウムなら5.30 gまで反応させることができます。

今回加える混合物は、それぞれ限界量のちょうど50%ずつ（4.2 g と 2.65 g）なので、塩酸100.0 gで過不足なくすべて反応します。

4. 発生する二酸化炭素の質量の合算：

- ・ 未反応の炭酸水素ナトリウム4.2 gから発生する二酸化炭素：

表1より、4.2 gのときは $124.2 - 122.0 = 2.2$ g

- ・ 生成した炭酸ナトリウム2.65 gから発生する二酸化炭素：

表2より、2.12 gで0.88 g、5.30 gで2.20 g発生することから、比例計算より、2.65 gのときは $2.20 \times (2.65 / 5.30) = 1.1$ g

したがって、発生する二酸化炭素の合計質量は、 $2.2 \text{ g} + 1.1 \text{ g} = 3.3 \text{ g}$ となります。

4 植物の蒸散とはたらき

問1

答え 孔辺細胞

3点

気孔を取り囲む2つの三日月形の細胞は「孔辺細胞（こうべんさいぼう）」です。孔辺細胞には葉緑体が含まれており、光合成を行うことができます。

問2

答え 水面から直接水が蒸発するのを防ぐため。

3点

メスシリンダー内の水の減少量が、すべて「植物の蒸散」によるものであることを保証するため、水面からの自然蒸発を防ぐ目的で油を浮かべます。

問3

答え 1.5

5点

【考え方】

1. 茎のみからの蒸散量を求める：

葉をすべて切り落とした枝Dの減少量は4時間で0.8 g。これが茎からの蒸散量です。

2. 葉の裏側からの蒸散量を求める：

枝Bは「葉の表側にワセリンを塗った」ため、蒸散は「葉の裏側」と「茎」から行われます。

枝Bの4時間での減少量は6.8 gなので、ここから茎からの蒸散量0.8 gを引くと、葉の裏側からの蒸散量は $6.8 - 0.8 = 6.0$ g となります。

3. 単位面積・時間あたりに換算する：

枝Bの葉の合計面積は100 cm²です。よって、葉の裏側から「100 cm²あたり、4時間で6.0 g」蒸散したことになります。求める値は「1時間あたり、100 cm²あたり」なので、 $6.0 \text{ g} \div 4 \text{ 時間} = 1.5$ g となります。

問4

答え 枝Bと枝Cで葉の合計面積が異なっており、単位面積あたりの蒸散量で比較していません。

4点

対照実験において、異なる条件の効果を比較するためには、それ以外の条件（この場合は葉の合計面積）をそろえるか、あるいは単位面積（例えば100 cm²）あたりに換算して比較する必要があります。枝B（100 cm²）と枝C（80 cm²）では面積が異なるため、直接減少量を引き算しても正しい比較になりません。

問5

答え 道管：A、説明：維管束が輪状に並んでいる。

4点

アジサイは双子葉類であり、茎の維管束は「輪状（同心円状）」に並んでいます。また、維管束のうち、内側にある管（A）が水を通す「道管」であり、外側にある管（B）が栄養分を通す「篩管」です。

5 電流と回路の規則性

問1

答え イ

3点

電流計は回路に直列に、電圧計は並列につながります。また、流れる電流の大きさが予想できないときは、電流計に大きな電流が流れて針が振り切れ、破損するのを防ぐため、最も大きな電流まで測定できる 5A 端子（マイナス端子）に最初につながるのが鉄則です。

問2

答え 抵抗器A：10Ω、抵抗器B：30Ω

3点

オームの法則（抵抗 = 電圧 ÷ 電流）を用います。電流の単位を mA から A に変換して計算します（1000mA = 1A）。

- ・抵抗器A：電圧が 3.0 V のとき、電流は 300 mA（= 0.3 A）なので、 $3.0 \div 0.3 = 10 \text{ } \Omega$ となります。
- ・抵抗器B：電圧が 3.0 V のとき、電流は 100 mA（= 0.1 A）なので、 $3.0 \div 0.1 = 30 \text{ } \Omega$ となります。

問3

答え (解答例) 電源、スイッチ、抵抗器C、電流計、抵抗器Aが直列につながった回路図を描き、抵抗器Aの両端から導線を分岐させ、電圧計 (○の中にV) を並列に接続する。分岐点には「●」を記入する。

3点

図1は、電源、スイッチ、抵抗器C、電流計、抵抗器Aが1本のループで直列につながっている回路です。抵抗器Aにかかる電圧を測るためには、電圧計を抵抗器Aに対して「並列」につなぐ必要があります。電気用図記号で抵抗器は長方形、電流計は「A」、電圧計は「V」を丸で囲んだ記号を用います。分岐点に「●」を忘れないように作図します。

問4

答え 60Ω

4点

直列回路全体の抵抗を R とすると、オームの法則より、 $R = \text{電源の電圧} \div \text{回路全体を流れる電流}$ となります。

電流 $100 \text{ mA} = 0.1 \text{ A}$ なので、

$$R = 7.0 \text{ V} \div 0.1 \text{ A} = 70 \text{ } \Omega$$

直列回路全体の抵抗は各抵抗の和 ($R = \text{抵抗器A} + \text{抵抗器C}$) になるので、問2で求めた抵抗器Aの抵抗 ($10 \text{ } \Omega$) を用いると、

$$70 \text{ } \Omega = 10 \text{ } \Omega + \text{抵抗器C}$$

抵抗器C = $60 \text{ } \Omega$ と求められます。

問5

答え (1) 150mA (2) 100mA

6点

(1) 並列回路では、各抵抗器に加わる電圧は電源の電圧と等しくなります。抵抗器B ($30 \text{ } \Omega$) と抵抗器C ($60 \text{ } \Omega$) のそれぞれに 3.0 V の電圧が加わるため、流れる電流は以下のようになります。

・抵抗器B : $3.0 \text{ V} \div 30 \text{ } \Omega = 0.1 \text{ A} = 100 \text{ mA}$

・抵抗器C : $3.0 \text{ V} \div 60 \text{ } \Omega = 0.05 \text{ A} = 50 \text{ mA}$

並列回路全体を流れる電流は、各枝を流れる電流の和になるので、 $100 \text{ mA} + 50 \text{ mA} = 150 \text{ mA}$ となります。

(2) 抵抗器B ($30 \text{ } \Omega$) と抵抗器C ($60 \text{ } \Omega$) の並列部分の合成抵抗を R_{BC} とすると、

$$1/R_{BC} = 1/30 + 1/60 = 3/60 = 1/20 \text{ より、} R_{BC} = 20 \text{ } \Omega \text{ となります。}$$

図3の回路全体の合成抵抗は、直列につなげた抵抗器A ($10 \text{ } \Omega$) と並列部分の合成抵抗 ($20 \text{ } \Omega$) の和になるので、

$$10 \text{ } \Omega + 20 \text{ } \Omega = 30 \text{ } \Omega \text{ となります。}$$

電源の電圧が 4.5 V のとき、回路全体に流れる電流は、

$$4.5 \text{ V} \div 30 \text{ } \Omega = 0.15 \text{ A} \text{ となります。}$$

これにより、並列部分 (抵抗器BとC) に加わる電圧は、

$$0.15 \text{ A} \times 20 \text{ } \Omega = 3.0 \text{ V} \text{ となります (または、抵抗器Aに加わる電圧 } 0.15 \text{ A} \times 10 \text{ } \Omega = 1.5 \text{ V} \text{ を電源電圧 } 4.5 \text{ V} \text{ から引いて、} 4.5 - 1.5 = 3.0 \text{ V} \text{ と求めることもできます)。}$$

したがって、抵抗器B ($30 \text{ } \Omega$) に流れる電流は、

$$3.0 \text{ V} \div 30 \text{ } \Omega = 0.1 \text{ A} = 100 \text{ mA} \text{ となります。}$$