

# 令和5年度入学試験問題

## 理 科

令和5年2月25日

(理科1科目受験者)	(理科2科目受験者)
自12時30分	自12時30分
至13時30分	至14時30分

### 答案作成上の注意

- 1 この問題冊子には、物理基礎・物理(3～20ページ)、化学基礎・化学(21～38ページ)、生物基礎・生物(39～56ページ)、地学基礎・地学(57～66ページ)の各問題があります。総ページは66ページです。
- 2 解答用紙は、物理基礎・物理、化学基礎・化学、生物基礎・生物は、それぞれ1枚(表裏の計2ページ)です。地学基礎・地学は3枚(表裏の計5ページ)です。
- 3 下書き用紙は、各受験者に1枚あります。
- 4 **受験番号**は、解答用紙の所定の場所に、必ず記入しなさい。
- 5 解答は、解答用紙に記入しなさい。  
出願の際に**届け出た科目以外**の科目について解答しても**無効**となります。
- 6 配付した解答用紙は、持ち出してはいけません。
- 7 試験終了後、問題冊子及び下書き用紙は持ち帰ってください。
- 8 この問題冊子の裏表紙には、試験時間中に机の上に置いてよいものを記載しています。

試験時間中に机の上に置いてよいもの

- 本学受験票
- 大学入学共通テスト受験票
- 配付した問題冊子等
- 黒鉛筆(和歌, 格言等が印刷されているものは不可)
- 鉛筆キャップ
- シャープペンシル
- 消しゴム
- 鉛筆削り(電動式, 大型のもの, ナイフ類は不可)
- 時計(辞書, 電卓, 端末等の機能があるものや, それらの機能の有無が判別しにくいもの, 秒針音のするもの, キッチンタイマー, 大型のものは不可)
- 眼鏡
- ハンカチ
- 目薬
- ティッシュペーパー(袋又は箱から中身だけ取り出したもの)

このページは白紙です。

## 化学基礎・化学 (4 問)

### 注 意 事 項

- 1 計算に必要な場合には、次の原子量および数値をもちいよ。

H : 1.00      C : 12.0      N : 14.0      O : 16.0

気体定数  $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$

- 2 計算問題を解答する場合には有効数字に注意し、必要ならば四捨五入すること。
- 3 字数制限のある設問については、句読点も含めた字数で答えること。

〔 I 〕 次の問 1 と問 2 の答えを解答欄に記入せよ。

問 1 次の文章を読み、以下の(i)～(iii)の問いに答えよ。

銅を空气中で熱すると、酸素と反応して酸化銅(II)を生じる。このように物質が酸素を受け取る反応を酸化といい、生成した化合物を酸化物という。一方、物質が酸素を失う反応を還元という。また、ヨウ化水素の分解反応



などでは、酸化・還元が物質間の水素のやりとりで定義され、その場合は、反応の過程で水素を失った物質は  されたといい、水素を受け取った物質は  されたという。

酸素や水素が関わらない反応にも酸化・還元のを考え方を拡張するために、電子の授受で酸化還元を表すことがある。この場合は酸化数をもちいて、反応の前後でその原子の酸化数が  したとき、その原子は酸化されたといい、酸化数が  したとき、その原子は還元されたという。

酸化還元反応を利用する電池は、反応の化学エネルギーを電気エネルギーとして取り出す装置である。電池では還元反応が起こる電極を  極、酸化反応が起こる電極を  極という。

(i)  ～  のそれぞれに当てはまる最も適切な語句を記せ。

(ii) 次の(1)～(3)の化学反応式について、下線を付した原子の反応前と反応後の酸化数を記せ。



(iii) 次の(あ)～(え)の中から正しい記述を一つ選び、記号で記せ。

(あ) 充電できる電池は、一次電池とよばれる。

(い) ダニエル電池の亜鉛板を鉄板に置き換えると、起電力が大きくなる。

(う) アルミニウム板と銀板を電解液に浸して電池を作ると、銀がイオンになって電子を放出する。

(え) ダニエル電池の硫酸銅(II)水溶液の濃度を高くすると、電池から取り出せる総電気量が増える。

問 2 図 1 は、 $\text{Ag}^+$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$  を含む混合水溶液から、沈殿の生成反応を利用して金属イオンを分離する方法の一つを表したものである。これに関して以下の(i)と(ii)の問いに答えよ。

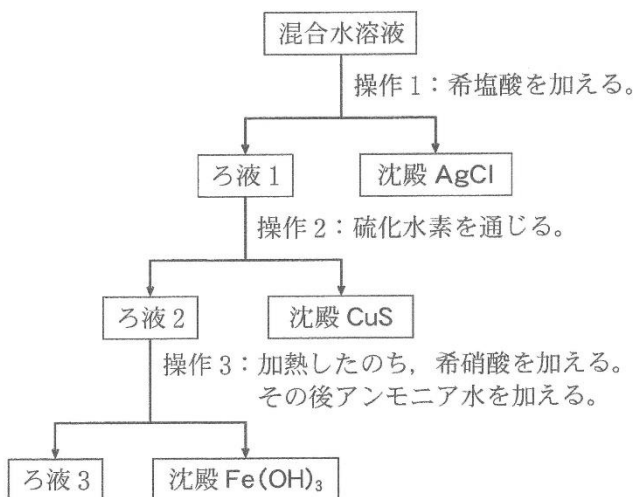


図 1  $\text{Ag}^+$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$  を含む混合水溶液から金属イオンを分離する操作

- (i) 操作 1 で得られるろ液 1 には、微量の  $\text{Ag}^+$  が残っている。操作 2 では  $\text{Cu}^{2+}$  のみを沈殿させたい。この条件を満たすために、ろ液 1 に含まれてよい  $\text{Ag}^+$  の濃度  $[\text{mol/L}]$  の上限値と、必要な  $\text{Cu}^{2+}$  の濃度  $[\text{mol/L}]$  の下限値を求め、有効数字 2 桁で記せ。ただし、ろ液 1 に硫化水素  $\text{H}_2\text{S}$  を通じたときの硫化物イオン濃度  $[\text{S}^{2-}]$  は  $1.0 \times 10^{-21} \text{ mol/L}$ 、硫化銀  $\text{Ag}_2\text{S}$  の溶解度積は  $6.4 \times 10^{-50} (\text{mol/L})^3$ 、硫化銅(II)  $\text{CuS}$  の溶解度積は  $6.3 \times 10^{-36} (\text{mol/L})^2$  とする。

(ii) 操作 3 について、希硝酸を加える理由として正しい記述を次の(あ)～(え)の中から一つ選び、記号で記せ。

(あ) 加熱によって生じた硫化物の沈殿を溶解させるため。

(い) 硫化水素により  $\text{Fe}^{3+}$  イオンが還元されているため。

(う) 水酸化物イオンを増加させるため。

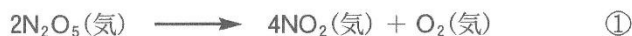
(え) アンモニアを完全に中和するため。



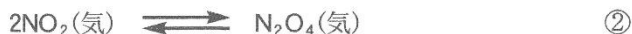
〔Ⅱ〕 次の問1と問2の答えを解答欄に記入せよ。

問1 次の文章を読み、以下の(i)～(iii)の問いに答えよ。ただし、この実験ではすべての物質は気体であり、理想気体としてふるまうものとする。また、密閉容器内の温度は常に 296 K で一定とする。

五酸化二窒素  $\text{N}_2\text{O}_5$  は、実験室ではニトロ化剤や酸化剤として使われる。 $\text{N}_2\text{O}_5$  は、式①で表されるように、室温で分解して  $\text{NO}_2$  と  $\text{O}_2$  を生じる。



$\text{N}_2\text{O}_5$  0.800 mol を容積 24.6 L の密閉容器に入れたところ、はじめに式①により  $\text{N}_2\text{O}_5$  が分解し、続いて式②の反応が進行した。十分な時間が経過すると平衡状態に達し、容器内の圧力が一定となった。



(i) 下線部(a)に関して、 $\text{N}_2\text{O}_5$  を容器に入れた直後、式①の反応がまだ起こっていないと仮定したときの容器内の圧力 [Pa] を求め、有効数字 2 桁で記せ。

(ii) 下線部(b)に関して、 $\text{N}_2\text{O}_5$  が式①にしたがってすべて分解し、容器内には  $\text{NO}_2$  と  $\text{O}_2$  だけが存在していたと仮定する。このときの容器内の物質量 [mol] の総和を求め、有効数字 2 桁で記せ。

(iii) 下線部(c)に関して、以下の(1)~(3)の問いに答えよ。ただし、容器内には、 $\text{O}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{N}_2\text{O}_4$ のみ存在し、 $\text{O}_2$ と $\text{NO}_2$ の反応や $\text{O}_2$ と $\text{N}_2\text{O}_4$ の反応は起こらないものとする。

(1) 平衡状態に達したときの $\text{N}_2\text{O}_4$ の物質量を $x$ [mol]として、容器内の $\text{N}_2\text{O}_4$ と $\text{NO}_2$ を合わせた物質量[mol]を、 $x$ を使った式で記せ。

(2) (1)の条件において、容器内の気体の全圧は $1.70 \times 10^5 \text{ Pa}$ であった。このときの $\text{NO}_2$ の分圧[Pa]を求め、有効数字2桁で記せ。

(3) 296 Kにおける式②の圧平衡定数 $K_p$ [/Pa]を求め、有効数字2桁で記せ。

問 2 次の文章を読み、以下の(i)~(iii)の問いに答えよ。

分子式  $R-COOH$  の直鎖脂肪酸は、分子内に親水基 ( $-COOH$ ) と疎水基 ( $R-$ ) をともにも有する物質である。これを揮発性の有機溶媒に溶解させ水面に滴下すると、有機溶媒は蒸発し、分子が水面に垂直に配向した単分子膜が形成される。このとき図 1 のように直鎖脂肪酸は親水基が水面下に、疎水基が水面上に位置した長い棒として表すことができる。ここではステアリン酸  $C_{17}H_{35}COOH$  とパルミチン酸  $C_{15}H_{31}COOH$  をもちい、アボガドロ定数  $N_A$  [/mol] と、親水基と疎水基を合わせたそれぞれの膜の高さ  $h_1$  と  $h_2$  [cm] を求めるため、以下の実験 1 ~ 3 を行った。なお、直鎖脂肪酸は不揮発性であり水に不溶であるとする。

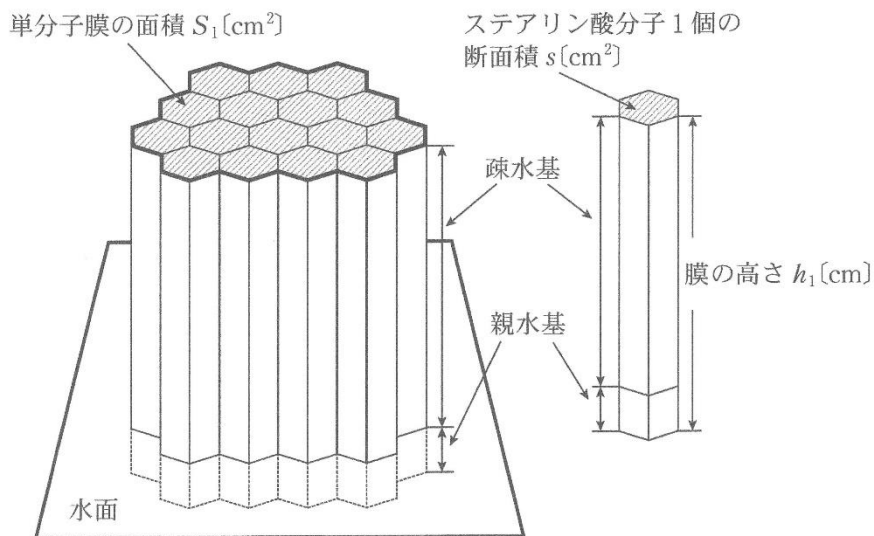


図 1 ステアリン酸の単分子膜

[実験 1] ステアリン酸  $w$  [g] をはかりとり、シクロヘキサンを溶媒として、シクロヘキサン溶液を  $V$  [mL] つくった。

[実験 2] 上記の溶液を少量とって水面に静かに滴下し、シクロヘキサンを蒸発させ、単分子膜を作成した。この単分子膜の面積を測定した結果、 $S_1$  [cm<sup>2</sup>] であった。

[実験 3] 同様な操作をパルミチン酸について行った。

(i) 実験1に関して、ステアリン酸のモル質量を  $M_1$  [g/mol] として、ステアリン酸のモル濃度 [mol/L] を  $w$ ,  $M_1$ ,  $V$  をもちいて記せ。

(ii) 実験2に関して、以下のようにしてアボガドロ定数  $N_A$  と単分子膜の高さ  $h_1$  [cm] を求めた。  ~  のそれぞれに当てはまる文字式を記せ。

ステアリン酸1分子あたりの断面積を  $s$  [cm<sup>2</sup>] とすると、単分子膜をつくるステアリン酸分子の分子数は、 $S_1$  をもちいて  となる。ステアリン酸のモル質量を  $M_1$ , 単分子膜の質量を  $W_1$  [g], アボガドロ定数を  $N_A$  とすると、式③のような比例関係が成立する。

$$\text{ア} : N_A = W_1 : M_1 \quad \text{③}$$

式③より  $N_A$  は、 $M_1$ ,  $W_1$ ,  $S_1$ ,  $s$  をもちいて  となる。

次に、単分子膜の高さ  $h_1$  は単分子膜の体積  $v_1$  [cm<sup>3</sup>] をもちいて

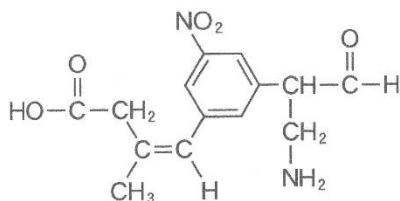
$$h_1 = \frac{v_1}{S_1} \quad \text{④}$$

によって求めることができる。単分子膜の密度を  $d$  [g/cm<sup>3</sup>] とすると、体積  $v_1$  は  $W_1$ ,  $d$  をもちいて  となる。これと  を変形して得られる  $S_1$  を式④に代入すると単分子膜の高さ  $h_1$  は  $M_1$ ,  $N_A$ ,  $d$ ,  $s$  をもちいて  となる。

(iii) ステアリン酸の単分子膜の高さ  $h_1$  [cm] を求めたところ、 $2.84 \times 10^{-7}$  cm であった。実験3に関して、ステアリン酸溶液と同じモル濃度のパルミチン酸溶液をつくり、この溶液を実験2と同じ体積滴下した。このときできた単分子膜の高さ  $h_2$  [cm] を求め、有効数字3桁で記せ。ただし、パルミチン酸1分子あたりの断面積  $s$  [cm<sup>2</sup>] と単分子膜の密度  $d$  [g/cm<sup>3</sup>] はステアリン酸と同じであるとする。

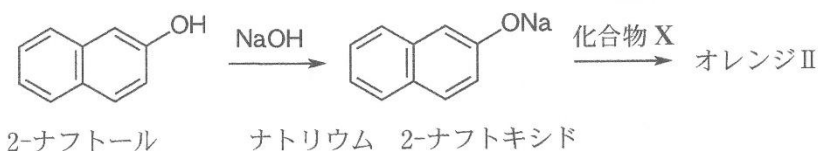
〔Ⅲ〕 次の問1と問2の答えを解答欄に記入せよ。ただし、構造式は、例にならって記せ。

構造式の例：



問1 合成染料であるオレンジⅡの合成の手順を示した次の①～④を読み、以下の(i)～(iv)の問いに答えよ。

- ① ベンゼンに ア を加えて加熱するとニトロベンゼンが得られる。
- ② ニトロベンゼンに イ を加えて加熱し、水酸化ナトリウム水溶液を加えるとアニリンが得られる。
- ③ アニリンに ウ を加えて加熱すると、アミノ基に対してパラ位の水素原子がスルホ基になり、スルファニル酸が得られる。<sup>(a)</sup>
- ④ スルファニル酸を炭酸ナトリウム水溶液に加えて溶かし、これに エ を加えて化合物 X としたのち、2-ナフトールと水酸化ナトリウムから合成したナトリウム 2-ナフトキシドと直ちに反応させ、中和すると合成染料のオレンジⅡ<sup>(b)</sup>が得られる。



(i) ア ~ エ のそれぞれに当てはまる最も適切な試薬を、次の  
(あ)~(く)の中からそれぞれ一つずつ選び、記号で記せ。

(あ)  $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$       (い)  $\text{NaNO}_3$       (う)  $\text{NaNO}_2 + \text{HCl}$

(え)  $\text{NH}_3$       (お)  $\text{H}_2\text{SO}_4$       (か)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$

(き)  $\text{KMnO}_4$       (く)  $\text{Sn} + \text{HCl}$

(ii) 下線部(a)に関して、スルファニル酸が水に溶けて双性イオンとなったときの  
構造式を記せ。

(iii) 下線部(b)の操作で、化合物 X をナトリウム 2-ナフトキシドと反応させるこ  
となく室温で放置すると、化合物 X は水と反応して徐々に分解する。この反  
応の化学反応式を記せ。ただし、化合物は構造式で記せ。

(iv) ④の操作で、化合物 X とナトリウム 2-ナフトキシドのカップリングにより  
生じる官能基は何か。この官能基の名称と構造をそれぞれ記せ。ただし、オレ  
ンジIIの構造をすべて書く必要はなく、官能基のみを構造式で記せ。

問 2 化合物 A と B は構造異性体であり、分子式  $C_{10}H_{12}O_2$  をもつ芳香族化合物である。化合物 A ~ H に関する次の①~⑥を読み、以下の(i)~(iv)の問いに答えよ。

- ① 化合物 A にはエステル結合がある。
- ② 化合物 A に水酸化ナトリウム水溶液を加えて完全に加水分解したのち中和すると、二つの化合物 C と D が生じた。化合物 C に炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると、二酸化炭素が発生した。また化合物 D に少量のナトリウムを(c)加えると、気体が発生した。
- ③ 化合物 B に水酸化ナトリウム水溶液を加えて完全に加水分解したのち中和すると、二つの化合物 E と F が生じた。
- ④ 化合物 D と F の混合物に硫酸を加えて加熱すると、1分子の水がとれて縮(d)合した化合物 G が得られた。化合物 G は分子量 116 の果実のような芳香のする無色液体であり、ベンゼン環を含まない。
- ⑤ 化合物 E を強く酸化すると化合物 C が生じた。
- ⑥ 化合物 D を穏やかに酸化すると、中性の化合物 H が生じた。化合物 H をさらに酸化すると、酸性を示す化合物 F が得られた。

- (i) 下線部(c)で発生した気体の名称を記せ。
- (ii) 下線部(d)の化学反応式を記せ。ただし、化合物は構造式で記せ。硫酸は書かなくてよい。
- (iii) ⑥で生じた中性の化合物 H の性質として正しい記述を、次の(あ)～(お)の中からすべて選び、記号で記せ。
- (あ) フェーリング液を加えて加熱すると、赤色の沈殿が生じる。
  - (い) ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えると、黄色の沈殿が生じる。
  - (う) 塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると、青紫色を呈する。
  - (え) アンモニア性硝酸銀水溶液を加えて加温すると、銀鏡が生じる。
  - (お) 濃硝酸を加えて加熱すると、キサントプロテイン反応が起こる。
- (iv) 化合物 A と B の構造式をそれぞれ記せ。



〔IV〕 次の問1と問2の答えを解答欄に記入せよ。

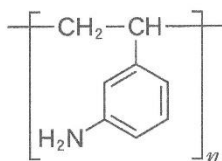
問1 次の文章を読み、以下の(i)～(v)の問いに答えよ。

ポリビニルアルコールは、洗濯のりや紙用の接着剤などにもちいられる水溶性<sup>(a)</sup>のポリマーである。ビニルアルコールを直接重合させることは困難<sup>(b)</sup>であるため、ポリビニルアルコールは通常、以下の2段階の工程を経て合成される。まず、酢酸ビニルの付加重合によってポリ酢酸ビニルを合成する。次に、得られたポリ酢酸ビニルをけん化することで、ポリビニルアルコールが得られる。ポリビニルアルコールをホルムアルデヒドで  化すると水溶性が失われ、合成繊維である  が得られる。

(i)  ・  に当てはまる最も適切な語句をそれぞれ記せ。

(ii) ポリ酢酸ビニルとポリビニルアルコールの構造式を、例にならって記せ。

構造式の例：



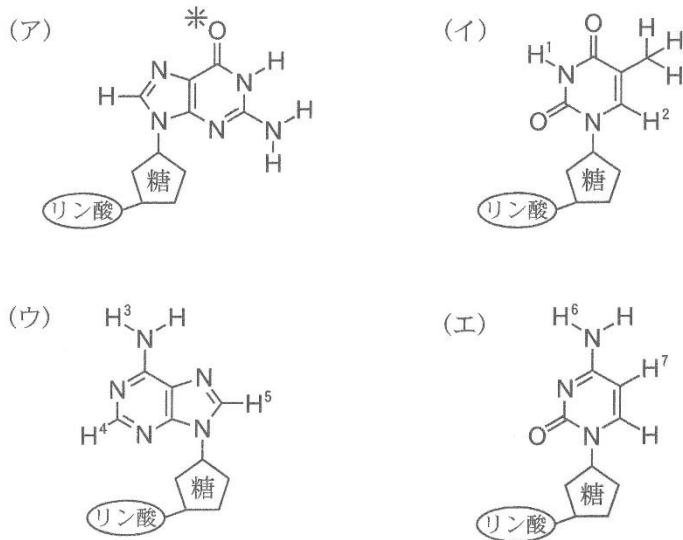
(iii) 下線部(a)について、ポリビニルアルコールが水溶性を示す理由を、25字以内で記せ。

(iv) 下線部(b)の理由は、ビニルアルコールが不安定で直ちに別の化合物に変化するためである。ビニルアルコールが変化して得られる化合物の名称を記せ。

- (v) ポリビニルアルコール 3.00 g を水に溶かして 100 g の水溶液をつくった。  
この溶液の 25 °C における浸透圧を測定したところ、 $2.70 \times 10^3$  Pa であった。  
このポリビニルアルコールの分子量を求め、有効数字 2 桁で記せ。ただし、ポリビニルアルコール水溶液の密度は  $1.00 \text{ g/cm}^3$  とする。

問 2 次の文章を読み、以下の(i)と(ii)の問いに答えよ。

核酸は、塩基、糖、リン酸からなるヌクレオチドがつながってできたポリヌクレオチドとよばれる高分子化合物である。核酸には DNA と RNA があり、このうち DNA は 2 本の分子鎖からなる二重らせん構造をとっている。この DNA を構成する塩基は、アデニン、グアニン、シトシン、チミンである。DNA の 2 本の分子鎖において、一方の DNA 鎖の塩基は他方の DNA 鎖の塩基との間で塩基対を形成する。



(i) ヌクレオチド(ア)～(エ)について、次の(1)と(2)の問いに答えよ。

(1) (イ)と(エ)に示したヌクレオチドの塩基の名称を、次の(あ)～(え)の中からそれぞれ一つずつ選び、記号で記せ。

(あ) アデニン (い) グアニン (う) シトシン (え) チミン

(2) DNA の二重らせん構造において上図中の(ア)が塩基対をつくるとき、(ア)の\*印をつけた酸素と水素結合する相手の水素を(イ)～(エ)の $H^1 \sim H^7$ の中から一つ選んで記せ。

(ii) 図1のように、DNAの2本鎖は熱を加えることで解離させることができる。その際、DNAに含まれるグアニンの物質量の割合が高いほど、2本鎖DNAを解離させるのに必要な温度が高くなる。図2は、20塩基対からなる2本鎖DNAのグアニンの割合と解離温度の関係を示したものである。

ある20塩基対のDNAにおいて、4種類の塩基の物質量の総和に対するアデニンの割合が20%のとき、2本鎖DNAを解離させるには少なくとも何℃以上の温度が必要か。図2のグラフをもちいて最も近い整数で記せ。

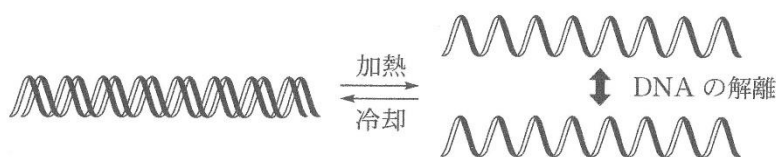


図1 2本鎖DNAの熱による解離

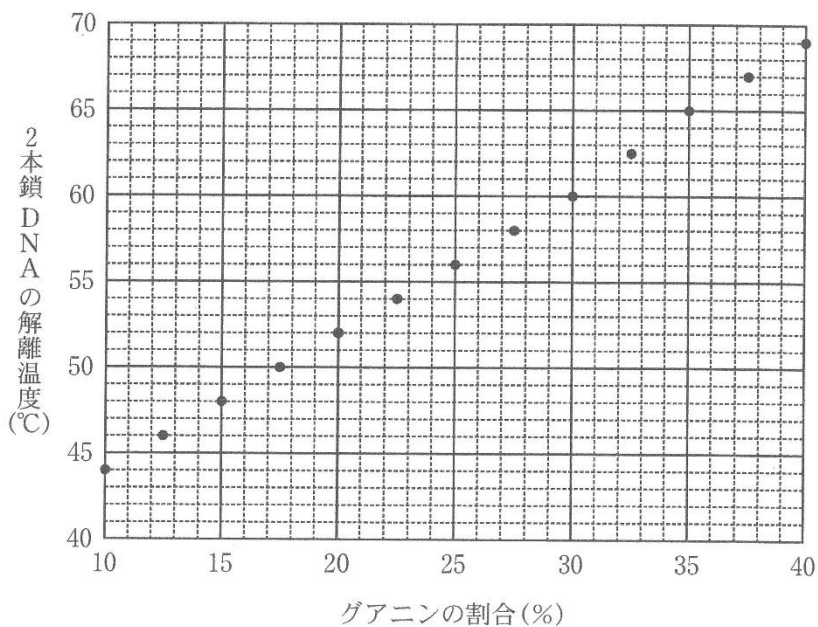


図2 20塩基対からなる2本鎖DNAのグアニンの割合と解離温度の関係

このページは白紙です。