

必要があれば、以下の原子量、定数および近似値を使うこと。

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

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

アボガドロ定数 : $N_A = 6.00 \times 10^{23} / \text{mol}$

気体はすべて理想気体として扱うものとする。

$\sqrt{2} = 1.41$ 、 $\sqrt{3} = 1.73$ 、 $\log_{10} 2 = 0.30$ 、 $\log_{10} 3 = 0.48$

第1問 次の問い(問1~5)に答えよ。(解答番号 ~)

問1 原子は、直径が約 m、質量が $10^{-24} \sim 10^{-22} \text{ g}$ 程度の粒子である。

原子の中心には、直径が約 m の原子核が存在し、原子核の周りを電子がとりまいている。したがって、原子とゴルフボールの大きさの比は、ゴルフボールと地球の大きさの比にほぼ等しく、原子全体の大きさをドーム球場に見立てると、原子核の大きさは直径2mmの大きさのビーズ玉に相当する。空欄 および にははまる数値の組合せとして最も適当なものを、次の①~⑨のうちから1つ選べ。

	(A)	(B)
①	10^{-6}	$10^{-15} \sim 10^{-14}$
②	10^{-6}	$10^{-17} \sim 10^{-16}$
③	10^{-6}	$10^{-19} \sim 10^{-18}$
④	10^{-10}	$10^{-15} \sim 10^{-14}$
⑤	10^{-10}	$10^{-17} \sim 10^{-16}$
⑥	10^{-10}	$10^{-19} \sim 10^{-18}$
⑦	10^{-14}	$10^{-15} \sim 10^{-14}$
⑧	10^{-14}	$10^{-17} \sim 10^{-16}$
⑨	10^{-14}	$10^{-19} \sim 10^{-18}$

	(A)	(B)
①	AB	$\sqrt{3} - 1$
②	AB	$\frac{\sqrt{6}}{2} - 1$
③	AB	$\frac{2\sqrt{3}}{3} - 1$
④	A_2B	$\sqrt{3} - 1$
⑤	A_2B	$\frac{\sqrt{6}}{2} - 1$
⑥	A_2B	$\frac{2\sqrt{3}}{3} - 1$
⑦	A_3B_7	$\sqrt{3} - 1$
⑧	A_3B_7	$\frac{\sqrt{6}}{2} - 1$
⑨	A_3B_7	$\frac{2\sqrt{3}}{3} - 1$

問2 単体の物質名と元素名は、同じ名称でよばれることが多い。次のア~エの記述中の下線部が単体の物質名を表しているものの組合せとして最も適当なものを、下の①~⑨のうちから1つ選べ。

- ア 地表付近の大気中では、窒素に次いで酸素の含有率が高い。
 イ 地殻中では、酸素に次いでケイ素の含有率が高い。
 ウ アルミニウムは、炭素を電極に用いたアルミナの融解塩電解によって製造している。
 エ 貧血症を予防するためには、鉄を多く含む食物を摂取するとよい。

- ① アとイ ② アとウ ③ アとエ ④ イとウ
 ⑤ イとエ ⑥ ウとエ ⑦ アとイとウ ⑧ アとイとエ
 ⑨ アとウとエ ⑩ イとウとエ

問3 図1は、原子Aの陽イオン(半径 r^+)と原子Bの陰イオン(半径 r^-)からできたイオン結晶の単位格子を示しており、この単位格子は一辺の長さ a の立方体である。このイオン結晶の組成式は であり、結晶中で原子Aの陽イオンと原子Bの陰イオンとが互いに接触する構造になるためには、 $\frac{r^+}{r^-}$ の比が 以上である必要がある。ただし、すべてのイオンは互いに球であり、図1において、原子Aの陽イオンは一辺の長さ $\frac{1}{2}a$ の8個の小立方体の体心の位置に存在し、イオン半径の大小関係は $r^+ > r^-$ である。空欄 および にははまる組成式および数式の組合せとして最も適当なものを、下の①~⑨のうちから1つ選べ。

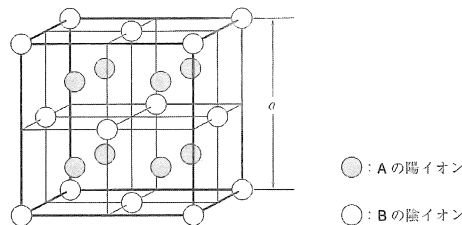


図1

問4 250 gの水に9.00 gのグルコース $C_6H_{12}O_6$ を溶かした溶液の凝固点は -0.37°C であった。この溶液と凝固点が最も近い溶液として最も適当なものを、次の①~⑨のうちから1つ選べ。ただし、溶液中での電解質は完全に電離するものとする。

- ① 1.50 kgの水に0.300 molの硝酸カリウム KNO_3 を溶解した溶液
 ② 500 gの水に0.0500 molのスクロース $C_{12}H_{22}O_{11}$ を溶解した溶液
 ③ 750 gのシクロヘキサランに0.150 molのナフタレン $C_{10}H_8$ を溶解した溶液
 ④ 0.100 tの水に12.0 kgの尿素 $(NH_2)_2CO$ を溶解した溶液
 ⑤ 25.0 molの水に0.0300 molの硫酸ナトリウム Na_2SO_4 を溶解した溶液
 ⑥ モル濃度が0.100 mol/Lの硫酸銅(II) $CuSO_4$ 水溶液 (密度 1.00 g/cm^3)

問5 83.1 Lの真空容器に、0.200 molのヘリウムと0.800 molのメタノールを入れて 27.0°C に保った(状態I)。この状態から容器全体を加熱して温度を 47.0°C まで上昇させると、容器内の気体が示す圧力は状態Iのときのおよそ 倍に変化し、さらに容器全体を加熱して温度を 57.0°C まで上昇させると、容器内の気体が示す圧力は状態Iのときのおよそ 倍に変化する。空欄 および にははまる数値の組合せとして最も適当なものを、次の①~⑨のうちから1つ選べ。ただし、加熱による容器の体積変化、液体の体積、気体の液体への溶解は無視し、メタノールの蒸気圧は、 27.0°C で200 hPa、 47.0°C で530 hPa、 57.0°C で800 hPaとする。

	(A)	(B)
①	1.07	1.20
②	1.07	1.27
③	1.07	3.33
④	1.23	1.20
⑤	1.23	1.27
⑥	1.23	3.33
⑦	2.28	1.20
⑧	2.28	1.27
⑨	2.28	3.33

第2問 次の問い(問1~5)に答えよ。〔解答番号 6 ~ 10〕

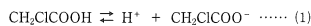
問1 ある還元剤を含む硫酸酸性の水溶液が100 mLある。この還元剤の水溶液20.0 mLをコニカルビーカーにはかりとり、0.200 mol/Lの二クロム酸カリウム水溶液で滴定すると終点までに30.0 mLが必要であった。また、残った還元剤の水溶液のうち、50.0 mLは0.300 mol/Lの二クロム酸カリウム水溶液 (A) mLと過不足なく反応し、30.0 mLは0.240 mol/Lの過マンガン酸カリウム水溶液 (B) mLと過不足なく反応した。ただし、この反応溶液には十分量の硫酸が含まれていたものとする。空欄 (A) および (B) にあてはまる数値の組合せとして最も適当なものを、次の①~⑨のうちから1つ選べ。 6

	(A)	(B)
①	50.0	31.3
②	50.0	45.0
③	50.0	54.0
④	75.0	31.3
⑤	75.0	45.0
⑥	75.0	54.0
⑦	113	31.3
⑧	113	45.0
⑨	113	54.0

問2 Fe_2O_3 (固体) 290 g が O_2 (気体) によって完全に酸化され、 Fe_2O_3 (固体) に変化するときに発生する熱量 [kJ] はいくらか。最も適当な数値を、次の①~⑨のうちから1つ選べ。ただし、 Fe_2O_3 (固体) の生成熱は1118 kJ/mol、 Fe_2O_3 (固体) の生成熱は824 kJ/mol、 Fe_2O_4 のモル質量は232 g/mol、 Fe_2O_3 のモル質量は160 g/molとする。 7 kJ

① 58.0 ② 88.0 ③ 118 ④ 148 ⑤ 236
 ⑥ 294 ⑦ 331 ⑧ 368 ⑨ 400 ⑩ 472

問5 1価の弱酸であるクロロ酢酸は、水溶液中では(1)式のように電離して、平衡状態となっている。



クロロ酢酸の電離定数 K_a は各成分のモル濃度 [mol/L] を [] で書くと、(2)式のように表すことができ、25℃における K_a の値は 1.50×10^{-3} mol/Lである。

$$K_a = \frac{[H^+][CH_2ClCOO^-]}{[CH_2ClCOOH]} \dots\dots (2)$$

0.0180 mol/Lに調製した25℃のクロロ酢酸水溶液の電離度を α とすると、平衡状態における各成分のモル濃度は、
 $[CH_2ClCOOH] = 0.0180(1 - \alpha)$ [mol/L]
 $[H^+] = [CH_2ClCOO^-] = 0.0180\alpha$ [mol/L]
 と表すことができる。これらを(2)式に代入すると、電離定数 K_a は(3)式のようにも表すことができる。

$$K_a = \frac{0.0180\alpha^2}{1 - \alpha} \dots\dots (3)$$

したがって、この水溶液中におけるクロロ酢酸の電離度 α は (A)、pH は (B) と計算することができる。空欄 (A) および (B) にあてはまる数値の組合せとして最も適当なものを、次の①~⑨のうちから1つ選べ。

10

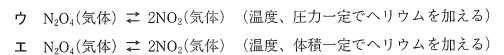
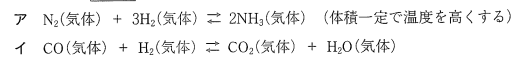
	(A)	(B)
①	8.33×10^{-2}	1.74
②	8.33×10^{-2}	2.28
③	8.33×10^{-2}	2.34
④	2.50×10^{-1}	1.74
⑤	2.50×10^{-1}	2.28
⑥	2.50×10^{-1}	2.34
⑦	2.88×10^{-1}	1.74
⑧	2.88×10^{-1}	2.28
⑨	2.88×10^{-1}	2.34

問3 一般に、電気分解で流れる電気量と変化する物質の量には、「同じ電気量で変化するイオンの物質量は、イオンの種類に関係なく、そのイオンの価数 (A)」という (B) の法則(電気分解の法則)は、1833年の (B) による発見に基づいている。空欄 (A) および (B) にあてはまる語句および人名の組合せとして最も適当なものを、次の①~⑨のうちから1つ選べ。

8

	(A)	(B)
①	に比例する	アレニウス
②	に比例する	ゲーリュサック
③	に比例する	ファラデー
④	に反比例する	アレニウス
⑤	に反比例する	ゲーリュサック
⑥	に反比例する	ファラデー
⑦	が異なっても一定である	アレニウス
⑧	が異なっても一定である	ゲーリュサック
⑨	が異なっても一定である	ファラデー

問4 次の可逆反応(ア~エ)が平衡状態に達しているとき、()内の操作を行った。それぞれの操作を行った直後において、正反応の反応速度の値が大きくなるものの組合せとして最も適当なものを、下の①~⑨のうちから1つ選べ。 9



- ① アとイ ② アとウ ③ アとエ ④ イとウ
 ⑤ イとエ ⑥ ウとエ ⑦ アとイとウ ⑧ アとイとエ
 ⑨ アとウとエ ⑩ イとウとエ

第3問 次の問い(問1~6)に答えよ。〔解答番号 11 ~ 16〕

問1 アルカリ金属元素およびアルカリ土類金属元素に関する記述(ア~エ)のうち、正しいものの組合せとして最も適当なものを、下の①~⑨のうちから1つ選べ。 11

- ア 元素の周期表において、1族元素をアルカリ金属元素、BeとMgを除く2族元素をアルカリ土類金属元素という。
 イ 元素の周期表において、同じ周期の元素を比べると、アルカリ金属元素の原子の方が、アルカリ土類金属元素の原子より陽性が強く、原子半径が大きい。
 ウ アルカリ金属元素とアルカリ土類金属元素の単体の融点は、原子番号が大きいものほど高い。
 エ 炭酸ナトリウムや炭酸カリウムなどのアルカリ金属元素の炭酸塩は水に溶けて塩基性を示すが、炭酸カルシウムや炭酸バリウムなどのアルカリ土類金属元素の炭酸塩は水に溶けにくいものが多い。

- ① アとイ ② アとウ ③ アとエ ④ イとウ
 ⑤ イとエ ⑥ ウとエ ⑦ アとイとウ ⑧ アとイとエ
 ⑨ アとウとエ ⑩ イとウとエ

問2 濃硫酸の性質および反応に関する記述（ア～エ）のうち、正しいものの組合せとして最も適当なものを、下の①～④のうちから1つ選べ。 [12]

- ア 硫酸は強酸であるので、濃硫酸はほぼ完全に水素イオン H^+ と硫酸イオン SO_4^{2-} に電離した状態で存在している。
 イ 濃硫酸は沸点が高く、揮発性であるので、揮発性の酸の塩と混合して加熱すると、揮発性の酸が遊離する。
 ウ 濃硫酸は脱水作用が強いので、デシケーターなどに入れ、乾燥剤として用いられる。
 エ 加熱した濃硫酸には酸化作用があるので、イオン化傾向が水素より小さい銅や銀などの単体を溶かすことができる。

- ① アとイ ② アとウ ③ アとエ ④ イとウ
 ⑤ イとエ ⑥ ウとエ ⑦ アとイとウ ⑧ アとイとエ
 ⑨ アとウとエ ⑩ イとウとエ

問4 金属の単体は、他の金属などと混合、融解させることによって、もとの金属とは異なる性質をもつ金属にすることができる。このようにして得られる金属を合金という。アルミニウムに〔A〕などを添加した軽合金はジュラルミンとよばれ、軽量で機械的にも強いので、航空機の機体などに利用されている。また、鉄に〔B〕を12%以上添加した合金はステンレス鋼とよばれ、錆びにくいので、台所製品や構造材などに利用されている。空欄〔A〕および〔B〕にあてはまる金属の元素記号の組合せとして最も適当なものを、次の①～④のうちから1つ選べ。 [14]

	(A)	(B)
①	Cu, Mg	Cr
②	Cu, Mg	Pb
③	Cu, Mg	Sn
④	Fe, Mn	Cr
⑤	Fe, Mn	Pb
⑥	Fe, Mn	Sn
⑦	Zn, Sn	Cr
⑧	Zn, Sn	Pb
⑨	Zn, Sn	Sn

問3 図2は、塩素の発生装置および純粋な塩素を得るための実験装置を示している。この実験操作に関する記述（ア～エ）のうち、誤りを含むものの組合せとして最も適当なものを、下の①～④のうちから1つ選べ。 [13]

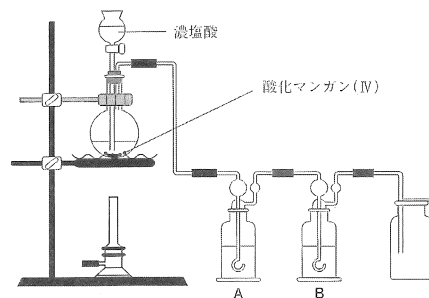


図2

- ア 希塩酸は塩化水素の水溶液であるので混合物であるが、濃塩酸は純物質である。
 イ 酸化マンガン(IV)は反応速度を大きくする触媒として働くので、反応前後でその物質量は変化しない。
 ウ 純粋な塩素を得るために、図2中の洗気びんAに水、洗気びんBに濃硫酸を入れ、塩化水素と水蒸気をそれぞれ除去する。
 エ 塩素を集めた捕集びんの中にガスバーナーで加熱した銅線を入れると、白色の煙が激しく発生する。

- ① アとイ ② アとウ ③ アとエ ④ イとウ
 ⑤ イとエ ⑥ ウとエ ⑦ アとイとウ ⑧ アとイとエ
 ⑨ アとウとエ ⑩ イとウとエ

問5 6種類の金属イオン Ag^+ 、 Al^{3+} 、 Ba^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Zn^{2+} を含む有色の混合水溶液がある。この水溶液に分離操作をAから順番に才まで行った。

- 操作ア 混合水溶液に希硫酸を加えた後に、その溶液をろ過する。
 操作イ アのろ液に過剰のアンモニア水を加えた後に、その溶液をろ過する。
 操作ウ イのろ液に硫化水素を飽和するまで通じた後に、その溶液をろ過する。
 操作エ ウのろ液に炭酸アンモニウム水溶液を加えた後に、その溶液をろ過する。
 操作オ エのろ液に希塩酸を加える。

〔A〕の操作を行ったときに、有色の溶液が無色透明の溶液に変化し、〔B〕の操作を行ったときに、6種類の金属イオンがすべて沈殿した。空欄〔A〕、および〔B〕にあてはまる操作を表す記号の組合せとして最も適当なものを、次の①～④のうちから1つ選べ。 [15]

	(A)	(B)
①	ウ	ウ
②	ウ	エ
③	ウ	オ
④	エ	ウ
⑤	エ	エ
⑥	エ	オ
⑦	オ	ウ
⑧	オ	エ
⑨	オ	オ

問6 環境問題に関する記述(ア～エ)のうち、正しいものの組合せとして最も適当なものを、下の①～⑩のうちから1つ選べ。 [16]

- ア 洗剤の主成分である界面活性剤を必要以上に使用しても、ほとんど洗浄効果は上がらず、かえって水質汚濁などを引き起こす可能性がある。
 イ 二酸化炭素やメタンなどの気体(温室効果ガス)は太陽光を透過させやすいが、地表からの紫外線を吸収しやすい性質をもつため、熱が大気中に閉じ込められ、地球の平均気温が年々上昇している。
 ウ 大気中に放出された二酸化硫黄、二酸化炭素、二酸化窒素などは酸性雨原因物質とよばれ、それらが雨水に溶解して酸性雨となり、土壌や湖沼を酸性化し、建造物などに被害を与えている。
 エ 水の軟化剤としてリン酸塩を添加した合成洗剤(有リン洗剤)が河川や湖沼の水質汚濁の原因となったため、現在はゼオライトなどを用いた無リン洗剤が開発され、利用されている。

- ① アとイ ② アとウ ③ アとエ ④ イとウ
 ⑤ イとエ ⑥ ウとエ ⑦ アとイとウ ⑧ アとイとエ
 ⑨ アとウとエ ⑩ イとウとエ

第4問 次の問い(問1～8)に答えよ。[解答番号 [17] ～ [24]]

問1 化合物Aは炭素数10以下の芳香族炭化水素である。化合物A 2.50gを完全燃焼させたところ、標準状態(273K、 1.013×10^5 Pa)で5.60Lを占める酸素が消費された。化合物Aと同じ分子式で表される芳香族炭化水素には、Aを含めて何種類の構造異性体が考えられるか。最も適当な数値を、次の①～⑩のうちから1つ選べ。 [17] 種類

- ① 3 ② 4 ③ 5 ④ 6 ⑤ 7
 ⑥ 8 ⑦ 9 ⑧ 10 ⑨ 12 ⑩ 18

問2 分子式が C_8H_9Cl で表される鎖式化合物には、立体異性体を考慮しない構造異性体が21種類存在する。それら21種類の中には、光学異性体が存在する化合物が(A)種類、シストランス異性体(幾何異性体)が存在する化合物が(B)種類存在する。空欄(A)および(B)にあてはまる数字の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑩のうちから1つ選べ。

[18]

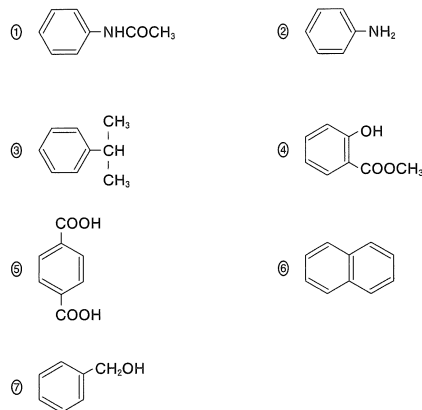
	(A)	(B)
①	3	5
②	3	7
③	3	9
④	4	5
⑤	4	7
⑥	4	9
⑦	5	5
⑧	5	7
⑨	5	9

問3 炭化カルシウムを水に加えると、気体Xが発生し、水溶液には化合物Yが生成する。気体Xに硫酸水銀(II)を触媒として水を付加させると、フェーリング液を還元する(A)が生成し、生成した(A)を酸化すると化合物Zが生成する。化合物Yの水溶液に化合物Zを加えると、溶液中に化合物Wが生じ、化合物Wの固体結晶を、空気を断って熱分解すると、ヨードホルム反応を示す(B)が生成する。空欄(A)および(B)にあてはまる化合物の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑩のうちから1つ選べ。 [19]

	(A)	(B)
①	$CH_2=CH-OH$	$(CH_3)_2CO$
②	$CH_2=CH-OH$	CH_3CH_2OH
③	$CH_2=CH-OH$	CH_3COOH
④	CH_3CHO	$(CH_3)_2CO$
⑤	CH_3CHO	CH_3CH_2OH
⑥	CH_3CHO	CH_3COOH
⑦	$HOCH_2CH_2OH$	$(CH_3)_2CO$
⑧	$HOCH_2CH_2OH$	CH_3CH_2OH
⑨	$HOCH_2CH_2OH$	CH_3COOH

問4 次の記述(ア～カ)のいずれにも該当しない芳香族化合物として最も適当なものを、下の①～⑩のうちから1つ選べ。 [20]

- ア 加水分解すると、酢酸が生じる。
 イ 硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を作用させると、水に溶けにくい黒色物質に変化する。
 ウ 空気酸化した化合物を酸で分解すると、フェノールが生成する。
 エ 1,2-エタンジオールとの縮合重合により、ポリエステルが生成する。
 オ 環状構造を構成する炭素に結合している水素を1原子だけ臭素に置換すると、2種類の構造異性体が生成する。
 カ 水にも炭酸水素ナトリウム水溶液にも溶けにくい、水酸化ナトリウム水溶液にはよく溶ける。



問5 糖類に関する記述（ア～エ）のうち、正しいものの組合せとして最も適当なものを、下の①～④のうちから1つ選べ。 21

ア 糖類は一般式 $C_m(H_2O)_n$ ($m \geq 3$) で表される化合物であり、分子中に複数のヒドロキシ基をもつ。

イ フルクトースの水溶液中には、 $-CO-CH_2OH$ の部分構造をもつ鎖状分子が平衡状態で存在するので、この水溶液は銀鏡反応を示す。

ウ マルトースを希硫酸に加えて長時間加熱した水溶液中には、 β -グルコースも含まれている。

エ アミノペクチンとグリコーゲンとは、よく似た枝分かれ構造であるので、これらをヨウ素デンプン反応で区別することはできない。

- ① アとイ ② アとウ ③ アとエ ④ イとウ
 ⑤ イとエ ⑥ ウとエ ⑦ アとイとウ ⑧ アとイとエ
 ⑨ アとウとエ ⑩ イとウとエ

問6 1分子のグリシンと2分子のアスパラギン酸が縮合し、1分子中にアミド結合を2カ所もつ鎖状構造のトリペプチドとして考えられる異性体は、光学異性体を考慮しない場合に (A) 種類、光学異性体を考慮すると (B) 種類が存在することになる。空欄 (A) および (B) にあてはまる数値の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑩のうちから1つ選べ。

22

	(A)	(B)
①	3	6
②	3	12
③	3	24
④	8	16
⑤	8	32
⑥	8	64
⑦	10	20
⑧	10	40
⑨	10	80

問7 ポリビニルアルコールは水に溶けやすい高分子化合物であるが、これをホルムアルデヒド水溶液で処理すると、水に不溶なビニロンが得られる。質量パーセント濃度が30.0%のホルムアルデヒド水溶液4.50 kgに溶解していたホルムアルデヒドがすべて反応して9.34 kgのビニロンが得られた。原料として用いたポリビニルアルコールの質量 [kg] はいくらか。最も適当な数値を、次の①～⑩のうちから1つ選べ。 23 kg

- ① 7.48 ② 7.60 ③ 7.82 ④ 8.00 ⑤ 8.22
 ⑥ 8.51 ⑦ 8.80 ⑧ 9.09 ⑨ 9.30 ⑩ 9.34

問8 使用済みのプラスチックを資源としてリサイクル（再利用）するための技術が開発され、実用化されている。回収したプラスチックから異物を除き、粉碎してから融解し、形成加工してそのまま再利用するリサイクル方法を (A) という。一方、プラスチックを化学反応により分解し、原料の単量体や有用な物質に変換して再利用するリサイクル方法は (B) とよばれている。空欄 (A) および (B) にあてはまる語句の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑩のうちから1つ選べ。 24

	(A)	(B)
①	サーマルリサイクル	ケミカルリサイクル
②	サーマルリサイクル	マテリアルリサイクル
③	サーマルリサイクル	製品リサイクル
④	ケミカルリサイクル	サーマルリサイクル
⑤	ケミカルリサイクル	マテリアルリサイクル
⑥	ケミカルリサイクル	製品リサイクル
⑦	マテリアルリサイクル	サーマルリサイクル
⑧	マテリアルリサイクル	ケミカルリサイクル
⑨	マテリアルリサイクル	製品リサイクル