

一般入試 前期・均等配点型(A日程) 1日目

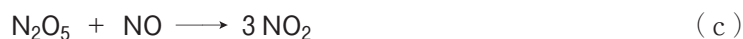
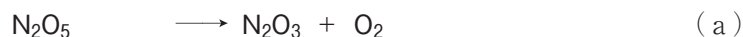
化学

必要であれば、原子量として次の値を使え。

H : 1.0, C : 12, N : 14, O : 16

I (配点 50)

五酸化二窒素 N_2O_5 は窒素酸化物の一種であり、式 (a) ~ (c) に示す 3 段階の反応によって分解する。この分解反応によって、i) 五酸化二窒素は最終的に二酸化窒素と酸素になる。



(a) ~ (c) の反応のうち、式 (a) の反応は遅く、式 (b) と式 (c) の反応は速い。すなわち、式 (a) の反応が起これば、式 (b) および式 (c) の反応は速やかに進むので、五酸化二窒素の分解速度は式 (a) の反応速度によってほぼ決まる。このため、ii) 五酸化二窒素の分解反応の速度は、式 (a) の反応の反応速度式で表すことができる。いま、五酸化二窒素の分解反応を 45°C で行ったところ、五酸化二窒素の濃度 $[\text{N}_2\text{O}_5]$ は表 1 に示すように変化した。

(1) ~ (11) の問いに答えよ。数値での解答は有効数字 2 桁で記せ。

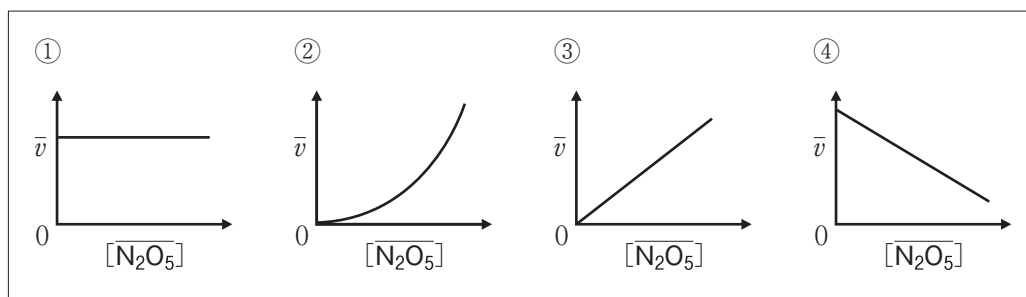
表 1

時間 [s]	$[\text{N}_2\text{O}_5]$ [mol/L]
0	1.08×10^{-1}
200	7.20×10^{-2}
400	4.80×10^{-2}
600	(ア)
800	2.13×10^{-2}
1000	1.42×10^{-2}

- (1) 下線部 i) について、(a) ~ (c) の反応式をまとめ、五酸化二窒素の分解反応を 1 つの化学反応式で記せ。
- (2) 反応開始から 200 秒の間における N_2O_5 の平均の濃度 $[\overline{\text{N}_2\text{O}_5}]$ は何 mol/L か。
- (3) 反応開始から 200 秒の間において $[\text{N}_2\text{O}_5]$ は何 mol/L 減少したか。
- (4) 反応開始から 200 秒の間における平均の反応速度 \bar{v} は何 mol/(L·s) か。
- (5) 反応開始から 200 秒の間での平均の反応速度は、200 秒から 400 秒の間での平均の反応速度の何倍か。

(6) $[\text{N}_2\text{O}_5]$ と \bar{v} の関係を表すグラフとして最も適切なものを解答群 1 から選び、番号で記せ。

解答群 1



(7) 下線部 ii) について、分解反応の反応速度定数を k とする。反応速度式を、 \bar{v} 、 k および $[\text{N}_2\text{O}_5]$ を用いて表せ。

(8) 反応速度定数 k を求めよ。ただし、反応開始後 200 秒間における平均の濃度 $[\text{N}_2\text{O}_5]$ を用いて計算し、単位も記すこと。

(9) 表 1 の (ア) にあてはまる濃度は何 mol/L か。(8) で求めた反応速度定数 k を用いて求めよ。

(10) 五酸化二窒素の分解反応の速度は、温度が 10 K 上昇するごとに 3.0 倍になる。75 °C における分解反応の速度は、45 °C における分解反応の速度と比較して何倍になるか。

(11) 温度が高くなると反応速度が大きくなる主な理由として最も適切なものを解答群 2 から 1 つ選び、番号で記せ。

解答群 2

- ① 活性化エネルギーが小さくなるから。
- ② 分子の動きが遅くなるから。
- ③ 分子の衝突回数が減るから。
- ④ 遷移状態になりうる分子の数が増えるから。

II (配点 50)

窒素とリンに関する文章を読み、(1)～(7)の問いに答えよ。数値での解答は、有効数字2桁で示せ。

周期表 **A** 族の非金属元素には窒素やリンなどがあり、これらの原子は **B** 個の価電子をもつ。単体の窒素は無色・無臭の気体で、空気の体積の約78%をしめる。窒素は高温・高圧かつ触媒の存在下で水素と反応し、アンモニアを生成する。この工業的なアンモニアの製造方法を **ア** 法という。アンモニアから硝酸を製造する工業的な方法は **イ** 法とよばれる。**イ** 法では、アンモニアが酸化されて二酸化窒素となったのち、水と反応することで硝酸が得られる。強い酸化剤である硝酸は、イオン化傾向の小さい金属を酸化して溶かし、窒素酸化物を発生する。i) 無色の液体である硝酸は、熱や光で分解して、赤褐色の二酸化窒素を生成するために、徐々に黄色味を帯びる。そのため、褐色瓶に入れて冷暗所で保存する。
ii) リンの単体は、リン鉱石（主成分： $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ）とケイ砂（主成分： SiO_2 ）とコークス（主成分：**C**）の混合物を反応させてつくられる。単体のリンには、黄リンと赤リンの代表的な二種類の同素体が存在する。リンを空気中で燃焼させると、十酸化四リンが得られる。十酸化四リンを水に加えて加熱すると、iii) リン酸が得られる。

- (1) **A** および **B** にあてはまる数字を記せ。
(2) **ア** および **イ** にあてはまる人名を解答群1から選び、番号で記せ。

解答群1

- | | | |
|-------------|---------|-----------|
| ① オストワルト | ② ソルベール | ③ ホール・エルー |
| ④ ハーバー・ボッシュ | ⑤ モール | |

- (3) 工業的製法により280 molのアンモニアから63%硝酸を製造した。63%硝酸の密度を1.4 g/mLとして問いに答えよ。
1) 63%硝酸のモル濃度は何 mol/Lか。
2) アンモニアがすべて硝酸になったとすると、製造された63%硝酸は、理論上何Lか。
(4) 下線部 i) で起こる反応の化学反応式を記せ。
(5) 下線部 ii) の反応は下の化学反応式で表される。[c] にあてはまる係数を記せ。



(6) 赤リンに関する記述として正しいものを**解答群 2** からすべて選び、番号で記せ。

解答群 2

- ① 二硫化炭素に溶解しない。
- ② 猛毒である。
- ③ 空気中で自然発火する。
- ④ マッチ箱の摩擦面（側薬）に用いられる。

(7) 下線部iii) のリン酸について、**誤っている**記述を**解答群 3** から1つ選び、番号で記せ。

解答群 3

- ① 純粋なリン酸は固体であり、潮解性をもつ。
- ② 三価の酸である。
- ③ 硝酸と同程度の強酸である。
- ④ 生体内で有機化合物と結合してDNAをつくっている。
- ⑤ リン酸の塩は肥料として使われる。

Ⅲ (配点 50)

次の文を読み, (1) ~ (9) の問いに答えよ。

有機化合物の名称が1つだけ書かれたカードが20枚ある。カードに書かれている有機化合物はそれぞれ異なり, 下の(a) ~ (d) の条件をすべて満たしている。

- (a) アルコール, エステル, アルデヒド, ケトン, エーテル, カルボン酸に分類される。
- (b) 炭素数は1~3のいずれかであり, 環式化合物ではない。
- (c) 炭素, 水素, 酸素のすべての元素を含み, それ以外の元素は含まない。
- (d) 炭素原子どうしの結合がある場合, それらはすべて単結合である。

太郎さんは, この20枚のカードを使って有機化学の学習をした。まず, カードの中から9枚を選び, 図1のように配置した。そして, 各行と各列の化合物群の共通点を考えた。

	ア	イ	ウ
あ	A	グリセリン	2-プロパノール
い	乳酸	プロピオン酸	アセトアルデヒド
う	酢酸	酢酸メチル	B

図1

- (1) 化合物Aは, リン酸触媒のもと, エチレンに水を付加させてつくられる。Aの名称を記せ。
- (2) 化合物Bは, 工業的にクメン法によってフェノールとともに生成する。Bの構造式を記せ。
- (3) あ行, ウ列に置かれた2-プロパノールの構造式を記せ。
- (4) あ行の化合物に共通する官能基の名称を記せ。

- (5) 1) **い行** および 2) **イ列** の化合物に共通する特徴を**解答群 1** からそれぞれ1つ選び、番号で記せ。

解答群 1

- | | |
|-------------|---------------|
| ① エステル結合をもつ | ② アセチル基をもつ |
| ③ ホルミル基をもつ | ④ カルボニル基をもつ |
| ⑤ 炭素数が3である | ⑥ 炭素数が2である |
| ⑦ 銀鏡反応を示す | ⑧ ヨードホルム反応を示す |

- (6) 3) **う行** および 4) **ウ列** の化合物に共通する特徴をそれぞれ**解答群 1** から選び、番号で記せ。なお、該当するものが複数ある場合は**すべて選べ**。
- (7) 残りの 11 枚のカードの中に、エーテルの名称が書かれたカードが2枚ある。これらの2つを予想して化合物の名称を記せ。ただし、どちらの化合物も酸素原子は1つしか含まない。

図 1 のカードを元に戻した後、太郎さんは任意に 2 枚のカードを取り出し、それらの化合物が関係する化学反応について考えた。

- (8) 太郎さんが取り出したカードの1つはメタノールであった。もう1枚のカードに記された化合物は、空気中で熱した銅をメタノールの蒸気と接触させると生成する。この化合物の名称を記せ。
- (9) カードを元に戻し、太郎さんは再び2枚のカードを取り出した。取り出した2枚のカードに記された化合物を少量の濃硫酸とともに加熱すると脱水反応が起こり、分子式 $C_3H_6O_2$ で表されるエステルが合成できる。2枚のカードの組み合わせとして考えられるものを、**例 1** にならって**2組** 記せ。

例 1 : ベンゼンとフェノール