

化 学

試験時間 ; 14:40~16:00 (80分)

配 点 ; 200点

【注意事項】

1. 試験開始の合図があるまで、この「問題冊子」の中を見てはいけません。
2. 配付物 ; (1) 「問題冊子」 1~20ページ
(2) 「解答用紙 (マーク式)」 1枚
3. 「問題冊子」中、表紙裏は下書き用紙です。
計算用紙として使いなさい。
問題冊子の余白等は適宜利用してよいが、どのページも切り離してはいけません。
4. 問題文は、1~16ページ、18~20ページに印刷してあります。
問題文の17ページは余白です。
5. 試験開始と同時に配付物を確認し、脱落している場合は申し出なさい。
また、試験中に「問題冊子」の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び「解答用紙 (マーク式)」の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
6. 「解答用紙 (マーク式)」の記入方法について
 - (1) 記入は必ず**H, F, HBの黒鉛筆**を使用すること。
 - (2) 氏名欄には各自の氏名を楷書で記入すること。
 - (3) 受験番号記入欄には各自の5ケタの受験番号 (90001, 90002, 90003, …) を記入し、続いて5ケタの受験番号 (90001, 90002, 90003, …) をマークしなさい。
 - (4) 解答は指定された解答欄にマークしなさい。
 - (5) 欄外の「記入上の注意事項」をよく守って解答しなさい。
7. 試験終了の合図と同時に、裏返しの状態で下から「問題冊子」、
「解答用紙 (マーク式)」1枚の順に並べなさい。
8. 試験終了後、「問題冊子」は持ち帰りなさい。

2021 (一般選抜中期)

下書き用紙

問1～問26の解答を、指定された解答欄にマークせよ。

必要があれば、次の数値を用いよ。

原子量：H=1.0, C=12, N=14, O=16, S=32, Cu=64

気体定数： $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$

セルシウス温度目盛りのゼロ点 0 °C : 273 K

標準状態：0 °C, $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$

標準状態での理想気体のモル体積：22.4 L/mol

ファラデー定数： $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

『余 白』

1

次の問い（問1～問11）に答えよ。

(84点)

問1 二酸化炭素に関する次の記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 1

- (a) 2組の非共有電子対をもつ。
- (b) ギ酸を濃硫酸とともに加熱し、脱水すると得られる。
- (c) 炭素原子と酸素原子の間に電荷のかたよりのある極性分子である。
- (d) 水に溶けて弱酸性を示す。

- | | | |
|---------------|---------------|---------------|
| (1) [(a)] | (2) [(b)] | (3) [(c)] |
| (4) [(d)] | (5) [(a),(b)] | (6) [(a),(c)] |
| (7) [(a),(d)] | (8) [(b),(c)] | (9) [(b),(d)] |

問2 ハロゲンおよびその化合物に関する次の記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 2

- (a) フッ化水素酸は、ガラスを溶かす。
- (b) HFは、HClよりも強い酸である。
- (c) ヨウ素の単体は、常温では黒紫色の結晶である。
- (d) ハロゲンの単体の中で、フッ素が最も酸化力が強い。

- | | | |
|--------------------|-------------------|-------------------|
| (1) [(a),(b)] | (2) [(a),(c)] | (3) [(a),(d)] |
| (4) [(b),(c)] | (5) [(b),(d)] | (6) [(c),(d)] |
| (7) [(a),(b),(c)] | (8) [(a),(b),(d)] | (9) [(a),(c),(d)] |
| (10) [(b),(c),(d)] | | |

問3 触媒に関する次の記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 **3**

- (a) 触媒は、反応の活性化エネルギーを低下させることで反応速度を小さくする働きがある。
- (b) 触媒は、化学反応の前後でそれ自身は変化しない。
- (c) 触媒を用いても、反応熱は変化しない。
- (d) 酵素は、生体内の化学反応の触媒としてはたらく。

- | | | |
|----------------------|---------------------|---------------------|
| (1) [(a), (b)] | (2) [(a), (c)] | (3) [(a), (d)] |
| (4) [(b), (c)] | (5) [(b), (d)] | (6) [(c), (d)] |
| (7) [(a), (b), (c)] | (8) [(a), (b), (d)] | (9) [(a), (c), (d)] |
| (10) [(b), (c), (d)] | | |

『余 白』

問4 A~D は、(i)~(vii) いずれかの無機塩の水溶液である。各水溶液について次の実験を別々に行ったところ、以下のような変化が見られた。A~D に含まれる無機塩の正しい組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 4

実験1 A および B に水酸化ナトリウム水溶液を加えたところ、白色の沈殿を生じた。これに過剰の水酸化ナトリウム水溶液を加えると B から生じた沈殿は溶けたが、A から生じた沈殿は溶けなかった。

実験2 A, B および C に塩化バリウム水溶液を加えたところ、白色の沈殿を生じた。

実験3 C に塩酸を加えると気体が発生した。

実験4 D に水酸化ナトリウム水溶液を加え、加熱したときに発生する蒸気は赤色リトマス紙を青変させた。

実験5 D に硝酸酸性にした硝酸銀水溶液を加えたところ、白色の沈殿を生じた。

- (i) 塩化ナトリウム (ii) 炭酸ナトリウム (iii) 硫酸マグネシウム
 (iv) 塩化マグネシウム (v) 硝酸アンモニウム (vi) 塩化アンモニウム
 (vii) ミョウバン

	A	B	C	D
(1)	(v)	(ii)	(iii)	(i)
(2)	(v)	(iii)	(vii)	(i)
(3)	(iv)	(vii)	(iii)	(vi)
(4)	(iv)	(v)	(i)	(iii)
(5)	(iii)	(vii)	(v)	(iv)
(6)	(iii)	(vii)	(ii)	(vi)
(7)	(i)	(iv)	(iii)	(ii)
(8)	(i)	(vii)	(ii)	(iii)
(9)	(vii)	(iii)	(v)	(vi)
(10)	(vii)	(iv)	(iii)	(ii)

問5 質量パーセント濃度 60% の酢酸水溶液 50 g に水を加えて希釈して、質量モル濃度 2.0 mol/kg の酢酸水溶液をつくった。このとき、加えた水の質量 [g] はいくらか。最も近い値を選べ。

マーク式解答欄 5

- | | | |
|---------|---------|---------|
| (1) 200 | (2) 230 | (3) 250 |
| (4) 320 | (5) 450 | (6) 480 |
| (7) 500 | (8) 550 | (9) 620 |

『余 白』

問6 1.0 mol の気体 A のみが入った密閉容器に 1.0 mol の気体 B を加え、ある一定の温度に保ったところ、気体 C および D が生成し、次式の平衡が成立した。



このときの C の物質質量 [mol] はいくらか。最も近い値を選べ。ただし、容器内の温度と体積は一定とし、この温度におけるこの反応の平衡定数は 0.36 とする。また、上記以外の反応はおこらないものとする。

マーク式解答欄 6

- | | | | |
|----------|----------|----------|----------|
| (1) 0.19 | (2) 0.38 | (3) 0.56 | (4) 0.75 |
| (5) 0.94 | (6) 1.1 | (7) 1.3 | (8) 1.5 |

『余 白』

問7 75℃の硫酸銅(Ⅱ)の飽和水溶液100gを40℃まで冷却したところ、硫酸銅(Ⅱ)五水和物の結晶が25g析出した。40℃における硫酸銅(Ⅱ)無水物の溶解度[g/水100g]はいくらか。最も近い値を選べ。ただし、75℃における硫酸銅(Ⅱ)無水物の溶解度[g/水100g]を50とする。

マーク式解答欄 7

- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| (1) 18 | (2) 21 | (3) 24 | (4) 27 |
| (5) 30 | (6) 33 | (7) 36 | (8) 39 |

問8 金属結晶の面心立方格子に関する次の記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 8

- (a) 単位格子中の原子の数は2個である。
- (b) 配位数は12である。
- (c) 体心立方格子と比較して、単位格子中の原子の占める体積の割合(充填率)が大きい。
- (d) 原子半径を r とすると、結晶の単位格子の一辺の長さは $2\sqrt{2}r$ である。

- | | | |
|----------------------|---------------------|---------------------|
| (1) [(a), (b)] | (2) [(a), (c)] | (3) [(a), (d)] |
| (4) [(b), (c)] | (5) [(b), (d)] | (6) [(c), (d)] |
| (7) [(a), (b), (c)] | (8) [(a), (b), (d)] | (9) [(a), (c), (d)] |
| (10) [(b), (c), (d)] | | |

問9 アセチレンに関する次の記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 9

- (a) 炭素原子間の距離はエチレン (エテン) より短い。
- (b) アセチレン 1 mol に対して、臭素 3 mol が付加できる。
- (c) 鉄触媒を用いて加熱すると、3 分子が重合してベンゼンになる。
- (d) アンモニア性硝酸銀水溶液を作用させると、沈殿が生じる。

- (1) [(a), (b)] (2) [(a), (c)] (3) [(a), (d)]
- (4) [(b), (c)] (5) [(b), (d)] (6) [(c), (d)]
- (7) [(a), (b), (c)] (8) [(a), (b), (d)] (9) [(a), (c), (d)]
- (10) [(b), (c), (d)]

問10 分子式 $C_{57}H_{100}O_6$ で表され、直鎖の不飽和脂肪酸のみから構成される油脂 1.00 g に触媒を用いて水素を完全に付加させた。このとき、消費される水素の体積 [L] は標準状態でいくらか。最も近い値を選べ。ただし、水素の付加は、構成脂肪酸の炭素原子間の不飽和結合のみにおこるものとする。また、水素は理想気体としてふるまうものとする。

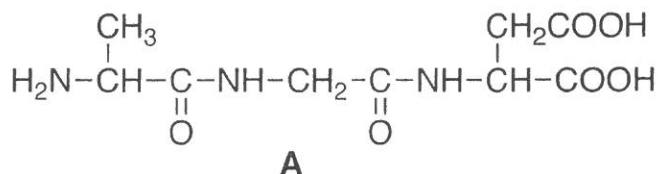
マーク式解答欄 10

- (1) 2.54×10^{-2} (2) 5.08×10^{-2} (3) 7.62×10^{-2} (4) 1.02×10^{-1}
- (5) 1.27×10^{-1} (6) 1.52×10^{-1} (7) 1.78×10^{-1} (8) 2.03×10^{-1}

『余 白』

問11 下記の化合物 **A** に関する次の記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 11



- (a) **A** を pH 7.0 の水溶液で電気泳動を行うと、陰極側へ移動する。
- (b) **A** の水溶液に濃硝酸を加えて加熱すると黄色になり、さらにアンモニア水を加えて塩基性になると橙黄色になる。
- (c) **A** の水溶液に水酸化ナトリウム水溶液と少量の硫酸銅(Ⅱ)水溶液を加えると、赤紫色を呈する。
- (d) **A** の水溶液にニンヒドリン試薬を加えて加熱すると、赤紫～青紫色を呈する。

- | | | |
|----------------------|---------------------|---------------------|
| (1) [(a), (b)] | (2) [(a), (c)] | (3) [(a), (d)] |
| (4) [(b), (c)] | (5) [(b), (d)] | (6) [(c), (d)] |
| (7) [(a), (b), (c)] | (8) [(a), (b), (d)] | (9) [(a), (c), (d)] |
| (10) [(b), (c), (d)] | | |

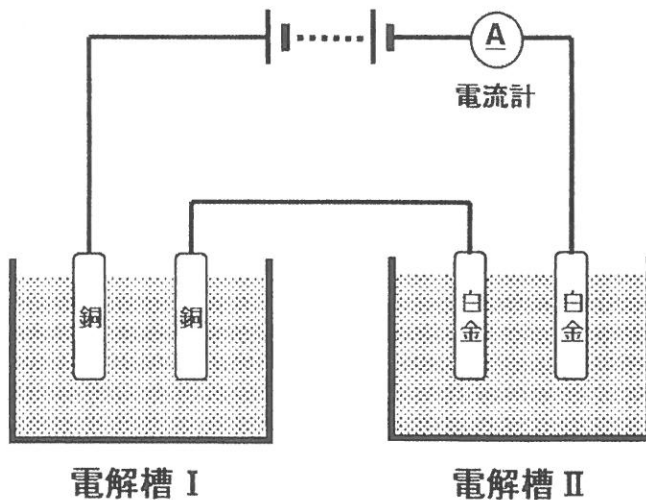
『余 白』

2

次の問い(問12~問14)に答えよ。

(23点)

硫酸銅(Ⅱ)の水溶液を2つの電解槽ⅠとⅡに入れ、電解槽Ⅰには銅電極、電解槽Ⅱには白金電極を浸して、下図のように直列につないだ。一定の電流を流して電気分解を行ったところ、電解槽Ⅰの陰極では2.56 gの銅が析出した。なお、電気分解による水溶液の体積変化はなく、流れた電流はすべて電気分解に使用されたものとする。



問12 電解槽Ⅰに流れた電気量 [C] はいくらか。最も近い値を選べ。

マーク式解答欄 12

- (1) 3.9×10^3 (2) 4.4×10^3 (3) 5.3×10^3 (4) 6.2×10^3
 (5) 6.7×10^3 (6) 7.1×10^3 (7) 7.7×10^3 (8) 8.0×10^3

『余 白』

問13 電解槽Ⅱで発生した気体の体積〔mL〕は標準状態でいくらか。最も近い値を選べ。ただし、発生した気体は理想気体としてふるまうものとする。

マーク式解答欄 13

- (1) 340 (2) 450 (3) 500 (4) 670
(5) 780 (6) 900 (7) 1300 (8) 1800

問14 電解槽Ⅰでの硫酸銅(Ⅱ)水溶液の濃度変化, および電解槽Ⅱでの溶液のpH変化として, 正しい組み合わせはどれか。ただし, 電流を流した後の各電解槽の溶液は均一であるものとする。

マーク式解答欄 14

	硫酸銅(Ⅱ)水溶液の濃度	溶液のpH
(1)	低下する	小さくなる
(2)	低下する	変化しない
(3)	低下する	大きくなる
(4)	変化しない	小さくなる
(5)	変化しない	変化しない
(6)	変化しない	大きくなる
(7)	上昇する	小さくなる
(8)	上昇する	変化しない
(9)	上昇する	大きくなる

『余 白』

3

次の問い(問15~問18)に答えよ。

(31点)

プロパン(C_3H_8)は無色で可燃性の化合物であり、常温では気体である。

(i) 空気を供給し、プロパン 4.40 g を完全燃焼させた。この燃焼反応を熱化学方程式で表すと次のようになる。



なお、空気中の酸素のモル分率は 0.200、窒素のモル分率は 0.800 とする。また、 CO_2 (気)、 H_2O (気)、 H_2O (液) の生成熱はそれぞれ、温度に関係なく 394 kJ/mol, 242 kJ/mol, 286 kJ/mol とする。

次に、プロパンを燃焼させ、(ii) フラスコに入った 25 °C の水 2.00 kg を加熱した。フラスコ内の水は 100 °C で沸騰を続け、最終的に 90.0 g の水が蒸発してなくなった。ここで、1.00 g の水を 1.00 °C 上昇させるのに必要な熱量は、温度に関係なく 4.20 J/(g・°C) で一定とし、水は 100 °C まで蒸発しないものとする。また、プロパンの燃焼で生じた熱はすべて水の加熱と蒸発のみに使用され、燃焼ガスの温度上昇は無視できるものとする。

問15 [ア] にあてはまる数値として、正しいものはどれか。

マーク式解答欄 15

- | | | | |
|---------|-------|---------|-------|
| (1) 0.5 | (2) 1 | (3) 1.5 | (4) 2 |
| (5) 2.5 | (6) 3 | (7) 4 | (8) 5 |

問16 プロパンの生成熱 [kJ/mol] はいくらか。最も近い値を選べ。

マーク式解答欄 16

- | | | | |
|----------|----------|----------|----------|
| (1) 70 | (2) 106 | (3) 574 | (4) 680 |
| (5) 1540 | (6) 1826 | (7) 1934 | (8) 2220 |

問17 下線部 (i) において、**4.40 g**のプロパンを完全燃焼させるのに必要な空気の体積 [L] は**25 °C**、 **1.00×10^5 Pa**の条件ではいくらか。最も近い値を選べ。ただし、空気は理想気体とする。

マーク式解答欄 17

- | | | | |
|---------|---------|---------|--------|
| (1) 2.5 | (2) 5.1 | (3) 9.8 | (4) 12 |
| (5) 37 | (6) 49 | (7) 56 | (8) 62 |

問18 下線部 (ii) において、この加熱に要した熱量 [kJ] はいくらか。最も近い値を選べ。

マーク式解答欄 18

- | | | | |
|---------|---------|----------|----------|
| (1) 44 | (2) 220 | (3) 315 | (4) 630 |
| (5) 850 | (6) 880 | (7) 2220 | (8) 2520 |

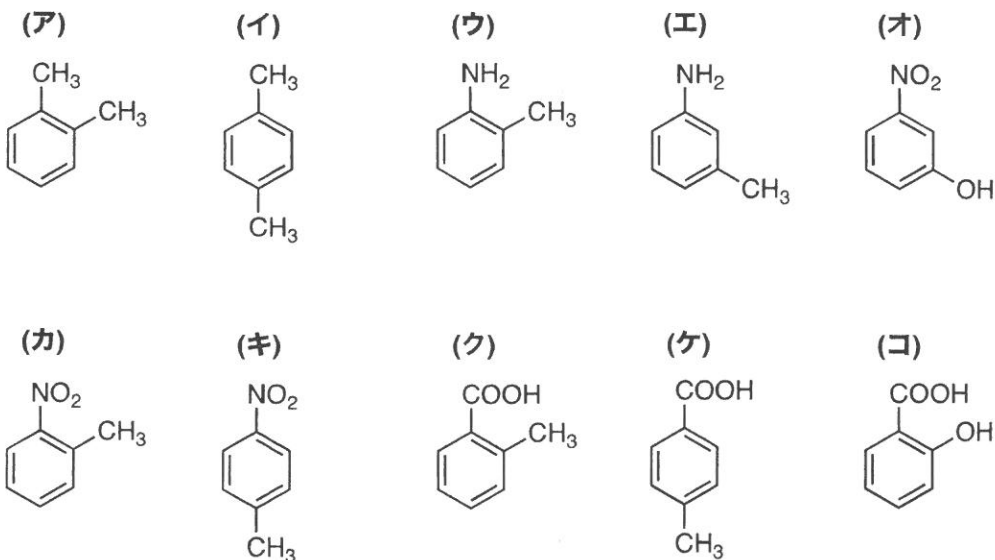
『余 白』

4

次の記述を読んで、問い(問19~問22)に答えよ。

(31点)

化合物A~Eは、下に示した(ア)~(コ)のいずれかである。A~Eの構造を決定するために、以下の実験を行った。



実験1 Aは、塩酸によく溶けた。

実験2 Bは、炭酸水素ナトリウム水溶液によく溶けた。

実験3 Cは、水酸化ナトリウム水溶液によく溶けたが、炭酸水素ナトリウム水溶液にはほとんど溶けなかった。

実験4 BとDを、それぞれ過マンガン酸カリウム水溶液に加えて加熱した後、希塩酸を加えて酸性にすると、同一の化合物Xが生成した。また、このXを加熱すると、分子内で脱水がおり、酸無水物が生成した。

実験5 DとEは、いずれも塩酸にも水酸化ナトリウム水溶液にもほとんど溶けなかった。

実験6 Eにスズと濃塩酸を加えて反応させた後、水酸化ナトリウム水溶液を加えて塩基性にすると、Aが生成した。

実験7 トルエンに濃硝酸と濃硫酸の混合物を作用させると、Eが生成した。

問19 化合物AとBの正しい組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 19

	化合物A	化合物B
(1)	(ウ)	(オ)
(2)	(エ)	(ケ)
(3)	(オ)	(カ)
(4)	(キ)	(コ)
(5)	(ウ)	(ク)
(6)	(エ)	(オ)
(7)	(キ)	(カ)
(8)	(オ)	(ク)
(9)	(ウ)	(ケ)
(10)	(エ)	(コ)

問20 化合物CとDの正しい組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 20

	化合物C	化合物D
(1)	(オ)	(ア)
(2)	(ク)	(イ)
(3)	(ケ)	(ウ)
(4)	(コ)	(エ)
(5)	(オ)	(エ)
(6)	(ク)	(ウ)
(7)	(ケ)	(イ)
(8)	(コ)	(ア)
(9)	(オ)	(イ)
(10)	(ク)	(エ)

問21 実験4で生成する化合物Xの名称として、正しいものはどれか。

マーク式解答欄 21

- | | | |
|------------|--------------|---------------|
| (1) 安息香酸 | (2) マレイン酸 | (3) 無水マレイン酸 |
| (4) サリチル酸 | (5) サリチル酸メチル | (6) アセチルサリチル酸 |
| (7) フタル酸 | (8) 無水フタル酸 | (9) テレフタル酸 |
| (10) ピクリン酸 | | |

問22 実験6と7の下線部の反応の分類について、正しい組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 22

	実験6	実験7
(1)	酸化	置換
(2)	酸化	付加
(3)	還元	置換
(4)	還元	付加
(5)	置換	付加
(6)	置換	酸化
(7)	付加	置換
(8)	付加	酸化

『余 白』

『余 白』

5

次の記述を読んで、問い（問23～問26）に答えよ。ただし、下図に示すように、二重結合炭素にヒドロキシ基が結合したエノール形の化合物は、直ちにケト形の化合物へと異性化するものとする。（31点）



1. 化合物 **A**, **B**, **C** は、いずれも分子式 $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_2$ で表されるベンゼン環に1つの置換基をもつエステルである。
2. シス-トランス異性体が存在する **A** を加水分解したところ、酸性化合物 **D** とベンゼン環をもつ化合物 **E** が生成した。
3. **B** を加水分解したところ、**D** とベンゼン環をもつ化合物 **F** が生成した。
4. **C** を加水分解したところ、酸性化合物 **G** とベンゼン環をもつ化合物 **H** が生成した。

問23 化合物 **A** 81 mg を完全燃焼させたときに生成する水の質量 [mg] はいくらか。最も近い値を選べ。

マーク式解答欄 23

- | | | |
|--------|--------|--------|
| (1) 10 | (2) 13 | (3) 20 |
| (4) 26 | (5) 39 | (6) 46 |
| (7) 52 | (8) 59 | (9) 65 |

『余 白』

問24 化合物D~Hのうち、銀鏡反応を示す化合物をすべて含む組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 24

- | | | |
|------------|---------|---------|
| (1) D | (2) E | (3) F |
| (4) G | (5) H | (6) D,E |
| (7) D,F | (8) E,F | (9) F,H |
| (10) D,E,F | | |

問25 化合物D~Hのうち、ヨードホルム反応を示す化合物をすべて含む組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 25

- | | | |
|------------|---------|---------|
| (1) D | (2) E | (3) F |
| (4) G | (5) H | (6) D,E |
| (7) D,F | (8) E,F | (9) F,H |
| (10) D,E,F | | |

『余 白』

問26 化合物Hに関する次の記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 26

- (a) 単体のナトリウムと反応して、水素を発生する。
- (b) 穏やかに酸化するとアルデヒドが生成する。
- (c) 塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると、青～赤紫色を呈する。
- (d) 臭素水を十分に加えると、白色沈殿を生じる。

- (1) [(a), (b)] (2) [(a), (c)] (3) [(a), (d)]
- (4) [(b), (c)] (5) [(b), (d)] (6) [(c), (d)]
- (7) [(a), (b), (c)] (8) [(a), (b), (d)] (9) [(a), (c), (d)]
- (10) [(b), (c), (d)]

『以上』