

# 令和4年度 AO入試問題集 (工学部)

公表期限：2025年3月末

東北大学入試センター

※ 以下の(1), (2)の場合を除き、複製、転載、転用することを禁じます。

(1) 受験予定者が自主学習のために使用する場合

(2) 学校その他の教育機関(営利目的で設置されているものを除く。)の教職員が教育の一環として使用する場合

令和4年度（2022年度） 東北大学工学部

AO入試（総合型選抜）Ⅱ期

# 筆記試験①

## 問題冊子

（9：30～10：30，60分）

### 注意事項

1. 机の上には、受験票、黒鉛筆（シャープペンシルも可）、消しゴム、鉛筆削り、時計、メガネの他は置いてはいけません。これ以外のものはかばん等に入れて椅子の下（床面）に置いてください。時計のアラームは使用しないでください。（目薬等も机の上に置いてはいけません。）
2. 携帯電話等を持っている人は、監督者の指示に従ってください。  
試験中に携帯電話等を身につけていることが発覚した場合は、不正行為の疑いがあるとみなし、その機器を預かります。
3. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないでください。
4. 試験開始の合図の直後に、問題冊子、解答用紙、下書き用紙に印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等がないか確認してください。
5. 最初に、3枚の解答用紙のすべてに受験記号番号を忘れずに記入してください。
6. 解答用紙はホッチキスで留めてあります。ホッチキス留めを外さないでください。
7. 解答用紙は書き損じても、破れても交換しませんので注意してください。
8. 下書き用紙は使用してもしなくても構いません。
9. 問題冊子、下書き用紙は持ち帰ってください。
10. 試験終了後、解答用紙の1ページ側が一番上になるように机の上に置き、提出もれがないように確認してください。

次の英文を読んで以下の設問に答えなさい。

Since the outbreak of the COVID-19 virus and declaration of the pandemic, A) \*the UN Secretary-General and other senior leaders of the UN and its institutions have increasingly drawn attention to the challenge of the “infodemic” or misinformation and \*disinformation pandemic. Quoting the UN Secretary General, “as COVID-19 spreads, a tsunami of misinformation, hate, \*scapegoating and \*scare-mongering has been unleashed”.

In times of the COVID-19 health crisis, B)the spread of the “infodemic” can be as dangerous to human health and security as the pandemic itself. Among other negative consequences, COVID-19 has created conditions that enable the spread of disinformation, fake news and \*doctored videos to \*foment violence and divide communities. It is critical states counter misinformation as a toxic driver of secondary impacts of the pandemic that can heighten the risk of conflict, violence, human rights violations and \*mass atrocities.

For these reasons we call on everybody to immediately cease spreading misinformation and to observe UN recommendations to \*tackle this issue, including the United Nations Guidance Note on Addressing and Countering COVID-19 related Hate Speech (11 May 2020).

C) The COVID-19 crisis has demonstrated the crucial need for access to free, reliable, trustworthy, factual, multilingual, targeted, accurate, clear and science-based information, as well as for ensuring dialogue and participation of all \*stakeholders and affected communities during the preparedness, readiness and response. It also has confirmed the key role of free, independent, responsible and \*pluralistic media to enhance transparency, accountability and trust, which is essential to achieving adequate support for and compliance by the general public with collective efforts to curb the spread of the virus. Better international cooperation, based on \*solidarity and goodwill among countries, can contribute to achieving this goal.

States, regional organizations, the UN system and other stakeholders such as media workers, social media platforms and NGOs have a clear role and responsibility in helping people to deal with the “infodemic”. In this regard, we strongly support the United Nations Communications Response initiative and the “Verified” campaign announced by the UN Secretary General on April 14, 2020.

Many countries, including ours, and international institutions, such as the WHO and UNESCO, have worked towards increasing societal resilience against disinformation, which has improved overall preparedness to deal with and better comprehend both the “infodemic” and the COVID-19 pandemic.

We are also concerned about the damage caused by the \*deliberate creation and circulation of false or manipulated information relating to the pandemic. We call on countries to take steps to counter the spread of such disinformation, in an objective manner and with due respect for citizens’ freedom of expression, as well as public order and safety. D) We ( ) ( ア ) of ( イ ) that ( ) ( ウ ) ( エ ) from trustworthy sources and ( オ ) ( ) by disinformation about COVID-19.

These efforts are based, \*inter alia, on freedom of expression, freedom of the press and promotion

of highest ethics and standards of the press, the protection of journalists and other media workers, as well as promoting information and media literacy, public trust in science, facts, independent media, state and international institutions. Different initiatives have been launched to provide independent expertise and recommendations for States and private actors to strengthen these efforts.

We call for action by all Member States and all stakeholders to fight the “infodemic” to build, to quote the Secretary General, a “healthier, more \*equitable, just and resilient world”.

We remain committed to creating a healthy information environment at the national, regional and global levels, in which the “infodemic” is countered by scientific, evidenced-based information and facts. E) By doing this, we will be better prepared for dealing with the next “infodemic”.

(Reprinted from “Cross-Regional Statement on “Infodemic” in the Context of COVID-19”, United Nations, 2020)

(注)

- \*the UN secretary-general 国連事務総長
- \*disinformation 偽情報
- \*scapegoating スケープゴート, 他人に罪を負わせる行為
- \*scare-mongering うわさ (デマ) を飛ばす行為,  
(デマなどで) 世間を騒がせる行為
- \*doctored video 不正に改ざんされた映像
- \*foment (反乱などを) 扇動する, 助長する
- \*mass atrocity 集団残虐行為
- \*tackle 問題に取り組む
- \*stakeholder 利害関係者
- \*pluralistic 複数人種的な, 多元論の
- \*solidarity 連帯
- \*deliberate 意図的な, 故意の
- \*inter alia とりわけ, 特に
- \*equitable 公平な

問1 下線部 A)を和訳しなさい。

問2 下線部 B)は具体的にどのような状況を示しているか, 「the spread of the “infodemic”」の示す内容がわかるように, 「COVID-19 が」で始まる 70 字以内の日本語で説明しなさい (COVID-19 が (9 文字) と句読点とを含む)。

問3 下線部 C)を和訳しなさい。

問 4 下線部 D)が「私たちは、人々が信頼できる情報源から正確に情報を得て、COVID-19に関する偽情報に惑わされないようにすることの重要性を再確認しています。」という意味になるように、以下の語句を適切な順序に並び替えて入れるとき、(ア)(イ)(ウ)(エ)(オ)に入る語句の番号を答えなさい。ただし、同じ語句を2回以上用いてはならない。

- ① are accurately ② are not ③ ensuring ④ the importance ⑤ informed  
⑥ misled ⑦ people ⑧ reaffirm

問 5 下線部 E)を「by doing this」が指す内容がわかるように和訳しなさい。

問 6 本文中で述べられているインフォデミックを防ぐ方法の中で、あなたが最も重要と考えるものをあげ、そのように考えた理由とともに 300 字以内の日本語で述べなさい (句読点を含む)。

令和4年度（2022年度） 東北大学工学部

AO入試（総合型選抜）Ⅱ期

# 筆記試験②

## 問題冊子

（11：20～12：20，60分）

### 注意事項

1. 机の上には、受験票、黒鉛筆（シャープペンシルも可）、消しゴム、鉛筆削り、時計、メガネの他は置いてはいけません。これ以外のものはかばん等に入れて椅子の下（床面）に置いてください。時計のアラームは使用しないでください。（目薬等も机の上に置いてはいけません。）
2. 携帯電話等を持っている人は、監督者の指示に従ってください。試験中に携帯電話等を身につけていることが発覚した場合は、不正行為の疑いがあるとみなし、その機器を預かります。
3. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないでください。
4. 試験開始の合図の直後に、問題冊子、解答用紙、下書き用紙に印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等がないか確認してください。
5. 最初に、3枚の解答用紙のすべてに受験記号番号を忘れずに記入してください。
6. 解答用紙はホッチキスで留めてあります。ホッチキス留めを外さないでください。
7. 解答用紙は書き損じても、破れても交換しませんので注意してください。
8. 下書き用紙は使用してもしなくても構いません。
9. 問題冊子、下書き用紙は持ち帰ってください。
10. 試験終了後、解答用紙の1ページ側が一番上になるように机の上に置き、提出もれがないように確認してください。

【 問題 I 】

正の実数  $x$  の関数を  $f(x)$  とし、  $f(x) = \int_0^1 |t^2 - x^2| dt$  とする。以下の問に答えよ。

問 1  $f(x)$  を、積分を実行して求めよ。

問 2  $x$  に関する微分  $f'(x)$  を求めよ。

問 3  $x$  と  $f(x)$  の関係を表すグラフをかき、  $f(x)$  を最小にする  $x$  の値を求めよ。

【 問題Ⅱ 】

平面上において、原点  $O$  以外の位置にある点  $P(p, q)$  と、原点  $O$  を端として点  $P(p, q)$  の方向に限りなくのびる半直線  $OP$  上にある点  $Q(x, y)$  を考える。線分  $OP$  の長さ と線分  $OQ$  の長さの積が  $1$  であるとき、以下の問に答えよ。

問 1 以下の関係が成り立つことを示せ。

$$\begin{cases} x = \frac{p}{p^2 + q^2} \\ y = \frac{q}{p^2 + q^2} \end{cases}$$

問 2 点  $P(p, q)$  が以下の不等式を満たすとき、点  $Q(x, y)$  のとりうる範囲を求め、 $xy$  平面上に図示せよ。

$$(1 - 2p)(1 - 2q) < 0$$

問 3  $k = x + 2y$  とする。点  $P(p, q)$  が問 2 の不等式を満たすとき、 $k$  がとりうる範囲を求めよ。



【 問題 Ⅲ 】

$a, n$  を正の整数とする. 連続する  $n + 1$  個の整数  $a, a + 1, \dots, a + n$  からなる等差数列について, 以下の問に答えよ.

問 1 上の等差数列の和を,  $a, n$  を用いて表せ.

問 2 上の等差数列の和が 1000 になる  $a, n$  の組を求めたい. 次の(a), (b)に答えよ.

(a) 問 1 の和が 1000 になるときに, 以下の 2 つの不等式が成り立つことを示せ.  
計算には  $\sqrt{2000} = 44.7\dots$  を用いよ.

$$\begin{aligned}2 &\leq n + 1 \leq 44 \\ n + 2a &\geq 45\end{aligned}$$

(b) 問 1 の和が 1000 になる  $a, n$  の組をすべて求めよ.

令和4年度（2022年度） 東北大学工学部  
AO入試（総合型選抜）Ⅱ期

# 筆記試験③

## 問題冊子

（13：50～14：50，60分）

### 注意事項

1. 机の上には、受験票、黒鉛筆（シャープペンシルも可）、消しゴム、鉛筆削り、時計、メガネの他は置いてはいけません。これ以外のものはかばん等に入れて椅子の下(床面)に置いてください。時計のアラームは使用しないでください。（目薬等も机の上に置いてはいけません。）
2. 携帯電話等を持っている人は、監督者の指示に従ってください。  
試験中に携帯電話等を身につけていることが発覚した場合は、不正行為の疑いがあるとみなし、その機器を預かります。
3. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないでください。
4. 試験開始の合図の直後に、問題冊子、解答用紙、下書き用紙に印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等がないか確認してください。
5. 最初に、2枚の解答用紙のすべてに受験記号番号を忘れずに記入してください。
6. 解答用紙はホッチキスで留めてあります。ホッチキス留めを外さないでください。
7. 解答用紙は書き損じても、破れても交換しませんので注意してください。
8. 下書き用紙は使用してもしなくても構いません。
9. 問題冊子、下書き用紙は持ち帰ってください。
10. 試験終了後、解答用紙の1ページ側が一番上になるように机の上に置き、提出もれがないように確認してください。

【 問題 I 】

図1に示すように、一端が天井に固定された長さ $L$ の細い糸（質量が無視でき伸び縮みしない）の他端に質量  $m$  の小球 A が取り付けられており、糸をたるませず鉛直下向きとなす角を  $\theta$  ( $0^\circ < \theta < 90^\circ$ ) として静止している。また、滑らかな水平面上の点 P (小球 A の最下点) には、質量  $m$  の小球 B が静止した状態で置かれている。点 Q から点 S は点 O を中心とする半径  $r$  ( $L > 3r$ ) の円弧形状の滑らかな面とし、水平面に固定されている。線分 OQ と OR のなす角度を  $\alpha$  ( $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ )、線分 OQ と OS のなす角度を  $\beta$  ( $90^\circ < \beta < 180^\circ$ ) とする。空気抵抗は無視できるものと考え、重力加速度の大きさは  $g$  とする。また、いずれの小球も大きさは無視でき、運動は紙面内に限られるものとする。以下の間に答えよ。ただし、結果だけでなく、考え方や計算過程も記述せよ。

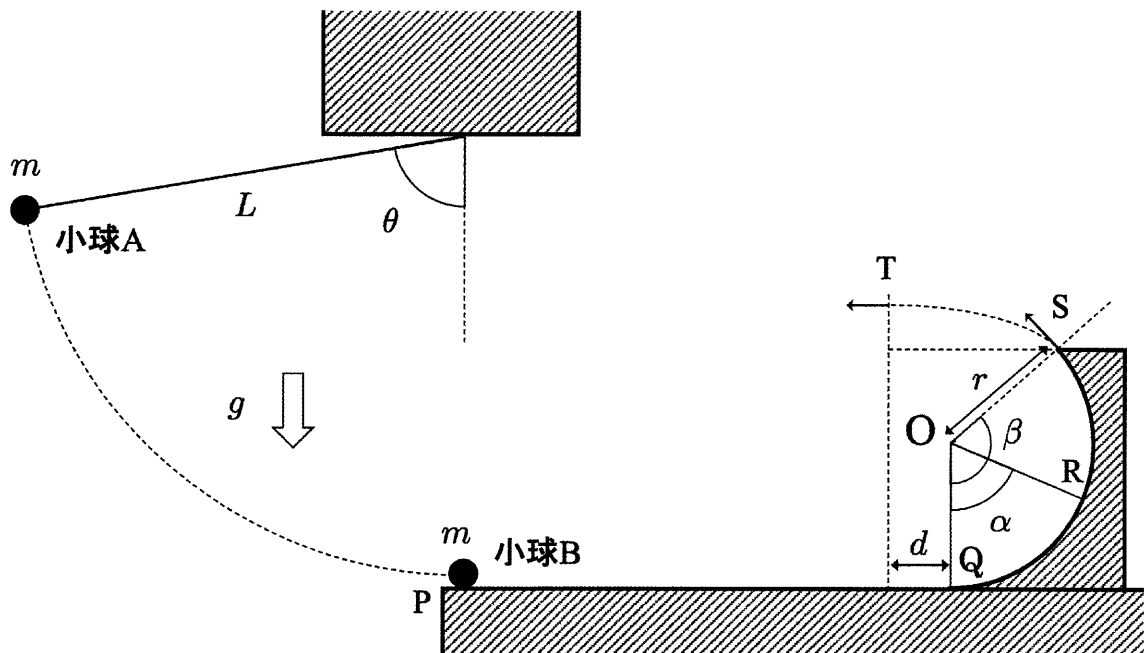


図 1

- 問1 図1の状態から小球Aを静かに放す. 小球Aが最下点Pに達するときの速さを,  
 $m, g, L, \theta$ のうち必要なものを用いて表せ.
- 問2 小球Bは小球Aとの衝突後, 右方に滑り出し, 円弧面QSを滑り上がった. 小球  
AとBの衝突は弾性衝突であった. 点Rにおいて, 小球Bが円弧面から受ける垂  
直抗力を,  $m, g, L, \theta, r, \alpha$ のうち必要なものを用いて表せ.
- 問3 小球Bが円弧面を滑り上がり, 点Sを通過するための  $\cos \theta$  が満たす条件を,  
 $m, g, L, \theta, r, \beta$ のうち必要なものを用いて表せ.
- 問4 小球Bは円弧面QSを通過し, 点Sから飛び出した後, 最高点Tに達した. 点Q  
を基準とした小球Bの最高点Tまでの水平到達距離  $d$ を,  $m, g, L, \theta, r, \beta$ の  
うち必要なものを用いて表せ.
- 問5  $\beta = 120^\circ$ のとき, 最高点Tの水平位置が点Qと一致する場合 ( $d = 0$ ) の  $\cos \theta$   
を求めよ.

【問題Ⅱ】

図1に示すように、真空中に、中央に貫通穴を有する、半径 $r$ 、長さがそれぞれ $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ である円筒状の導体1、2、3が $x$ 軸を中心軸として同軸に配置され、起電力 $V$ の電源、電気抵抗 $R$ の抵抗に接続されている。導体1の左側面中心である点 $O$ から初速度 $v$ で $x$ 軸上を図中右向きに運動を開始した質量 $m$ 、電気量 $-e$ の電子を、各導体間に発生する電場により加速することを考える。ただし、各導体内は等電位とし、貫通穴の半径は十分に小さいため、導体間の電場は、半径 $r$ の金属円板を導体間距離に等しい間隔で向い合せた平行板コンデンサー内の電場と同一とみなすことができるものとする。また、電子の位置は点 $O$ を原点とする $x$ 座標で表すものとし、導体1左端から導体3右端までの距離を $L$ 、導体1と2の間隔を $d_1$ 、導体2と3の間隔を $d_2$  ( $d_2 > d_1$ )とする。重力の影響と点 $O$ から右向きに運動を開始した電子が作る電場は無視できる。以下の問に答えよ。結果だけでなく、考え方や計算過程も記述せよ。

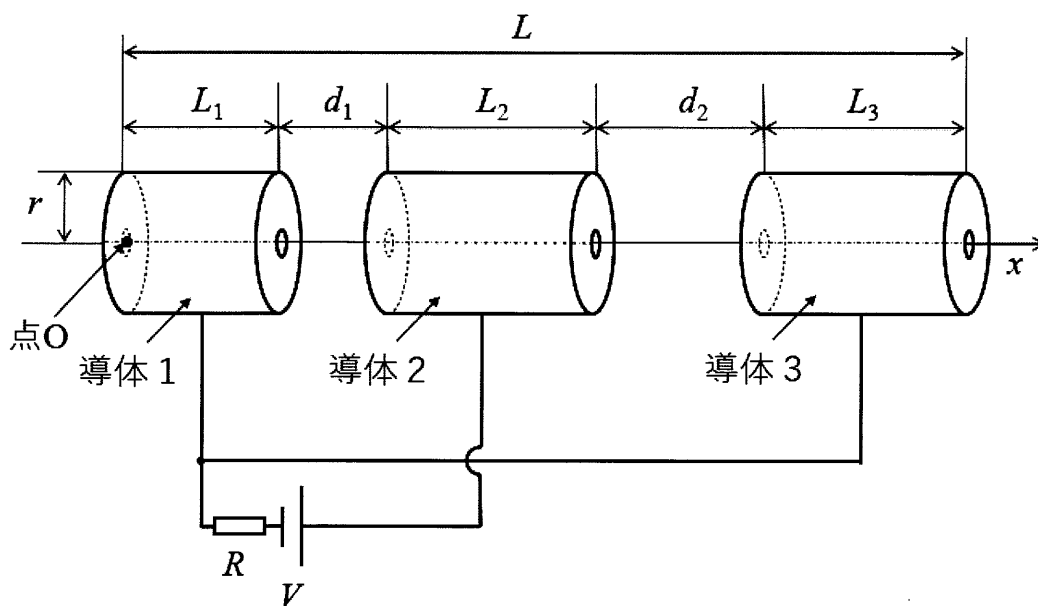


図1

- 問 1 図 1 の状態で、導体 1 の右側の面に発生した電気量は  $-Q$ 、それと向かい合う導体 2 の左側の面に発生した電気量は  $+Q$  であったとする。このとき、導体 2 の右側の面に発生した電気量を、 $Q, v, e, m, V, R, L_1, L_2, L_3, d_1, d_2$  のうち必要なものを用いて表せ。
- 問 2 問 1 の状態において、 $x$  軸に沿った電場の強さと電位を、位置  $x$  ( $0 \leq x \leq L$ ) の関数としてそれぞれグラフに示せ。ただし点  $O$  の電位を  $0$  とし、グラフ上の値は  $v, e, m, V, R, L, L_1, L_2, L_3, d_1, d_2$  のうち必要なものを用いて示せ。
- 問 3 電子が導体 2 の中心に到達した瞬間に電源の正負が切り替わり、図 1 とは逆に、導体 1, 3 が正極に、導体 2 が負極に接続されたものとする。電源の正負が切り替わった直後に抵抗を流れる電流を、 $v, e, m, V, R, L, L_1, L_2, L_3, d_1, d_2$  のうち必要なものを用いて表せ。
- 問 4 電子が点  $O$  から運動を開始し、問 3 における電源の正負の切り替わりののち、導体 3 を通り抜けるまで、電子の速度を電子の位置  $x$  ( $0 \leq x \leq L$ ) の関数としてグラフに示せ。ただし、電源の正負が切り替わった後抵抗に電流が流れなくなるまでの時間は、電子が導体 2 を通り抜けるのに要する時間と比べて十分に短いものとする。また、グラフ上の値は、 $v, e, m, V, R, L, L_1, L_2, L_3, d_1, d_2$  のうち必要なものを用いて示せ。
- 問 5 問 4 において、電子が導体 2, 3 を通り抜ける時間および各導体間を通過する時間各々が、電子が点  $O$  から運動を開始して導体 1 を通り抜けるまでに要した時間に等しかったとする。 $L_3$  および  $d_2$  を  $v, e, m, V, R, L_1, L_2, d_1$  のうち必要なものを用いて表せ。

令和4年度（2022年度） 東北大学工学部

AO入試（総合型選抜）Ⅱ期

# 筆記試験④

## 問題冊子

（15：40～16：40，60分）

### 注意事項

1. 机の上には、受験票、黒鉛筆（シャープペンシルも可）、消しゴム、鉛筆削り、時計、メガネの他は置いてはいけません。これ以外のものはかばん等に入れて椅子の下(床面)に置いてください。時計のアラームは使用しないでください。（目薬等も机の上に置いてはいけません。）
2. 携帯電話等を持っている人は、監督者の指示に従ってください。  
試験中に携帯電話等を身につけていることが発覚した場合は、不正行為の疑いがあるとみなし、その機器を預かります。
3. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないでください。
4. 試験開始の合図の直後に、問題冊子、解答用紙、下書き用紙に印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等がないか確認してください。
5. 最初に、2枚の解答用紙のすべてに受験記号番号を忘れずに記入してください。
6. 解答用紙はホッチキスで留めてあります。ホッチキス留めを外さないでください。
7. 解答用紙は書き損じても、破れても交換しませんので注意してください。
8. 下書き用紙は使用してもしなくても構いません。
9. 問題冊子、下書き用紙は持ち帰ってください。
10. 試験終了後、解答用紙の1ページ側が一番上になるように机の上に置き、提出もれがないように確認してください。

## 【問題 I】

次の文章を読み、以下の問に答えよ。必要であれば、下記の原子量を用いよ。  
原子量：H=1.0, C=12, O=16, N=14, Fe=56

燃焼排気ガスに含まれる二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）の化学原料としての利用にむけて、いかに CO<sub>2</sub> だけを捕集し、化学反応に供給するかが課題となっている。CO<sub>2</sub> だけを液体に選択的に吸収させる方法、あるいは固体材料に吸着させる方法などが開発されているが、多くのエネルギーをかけて熱を加えることで CO<sub>2</sub> を取り出さなくては利用できない点が課題となっている。高濃度の CO<sub>2</sub> を取り出すことさえできれば、メタノールなどの基礎化学品からポリカーボネートのような高機能プラスチックの原料まで、様々な物質を合成する方法が提案されており、世界中の研究者・企業が研究開発でしのぎを削っている。

一方で、燃焼方法を工夫して、はじめからほぼ CO<sub>2</sub> のみを含む排気ガスを得る方法も考案されている。ケミカルループ燃焼法と呼ばれるこれらの方法では、燃料の酸化に必要な酸素を、通常のような空気ではなく金属酸化物の形で反応器に供給する。図1にこの方法の概略を示す。まず反応器 A で、炭化水素燃料を金属酸化物により酸化させる。このとき、逆に炭化水素燃料により還元された金属酸化物は、反応器 B に送られ、そこで供給される空気中の酸素により酸化される。こうして元の状態に再生された金属酸化物は再度、反応器 A に供給される。この繰り返しの中で、金属酸化物は空気中の成分のうち酸素のみを炭化水素燃料のもとに運ぶ。このため、燃料の完全酸化反応後に得られる排気ガスは CO<sub>2</sub> と水（H<sub>2</sub>O）のみを含有することになる。ここまでくれば、排気ガスの熱量を利用したのち、冷却により H<sub>2</sub>O を凝縮し、CO<sub>2</sub> ガスと分離することが可能である。

酸素を運ぶ金属を酸素キャリアと呼ぶ。ここでは鉄を用いることとする。鉄と酸素の化合物には様々なものがあるが、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> と Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> の間の反応で酸素原子（O）を炭化水素燃料の酸化反応に供給する。燃料も様々なものが提案されているが、ここでは気体のメタン（CH<sub>4</sub>）とする。図1で反応器 A、B をつなぐ2本の破線の矢印は酸素キャリアの流れを示している。反応器に投入される酸素キャリアは、それぞれ Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> か Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> のうち片方のみを含んでおり、他の物質は混入しないとする。

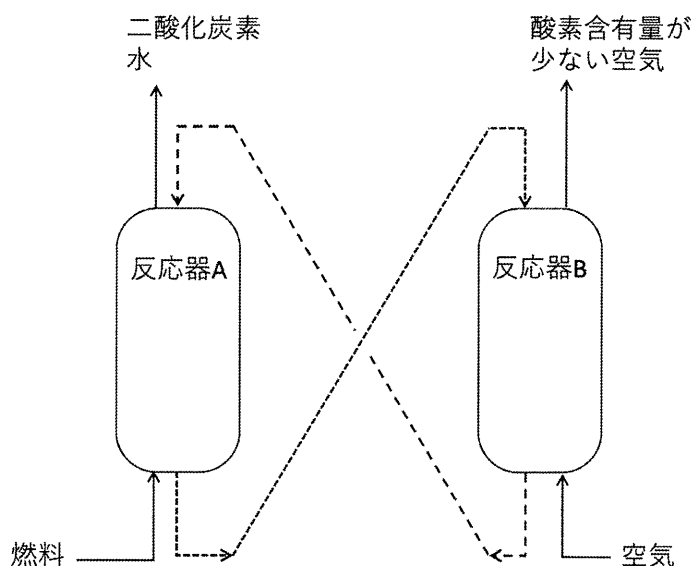


図1 ケミカルループ燃焼法の概略



問1 次の文章の空欄（ア）～（ウ）に適する用語または語句を下の箱から選び答えよ。また、（i）、（ii）について整数、あるいは分数で答えよ。

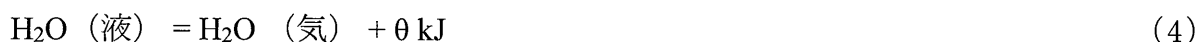
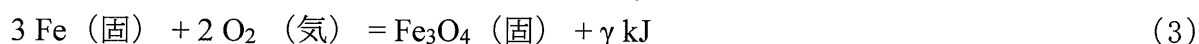
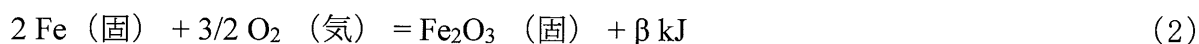
酸化とは、ある原子が電子を（ア）ことである。化合物中の原子に注目すると、ある原子が単体の状態と比べて酸化された状態にあるとき、酸化数は正の値をとり、その値が大きいほど電子が（イ）の状態にあることを示す。Fe原子の酸化数は平均するとFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の場合は（i）、Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>の場合は（ii）である。つまり、より酸化された状態にある化合物は、（ウ）である。

得る	失う	過剰
不足	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>

問2 反応器Aに投入される酸素キャリアはFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とFe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>のどちらか。理由とともに40字以内で答えよ。化学式（例えばCO<sub>2</sub>）は1文字としてカウントする。

問3 反応器Aにおける反応は燃料全量の完全酸化を仮定、つまりガス生成物はCO<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>Oのみとする。また、反応器BではFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>、O<sub>2</sub>のみ反応に関与すると考える。反応器A、Bで起きる化学反応の反応式をそれぞれ示せ。このとき、反応器Aの反応ではCH<sub>4</sub>の係数を、反応器Bの反応ではO<sub>2</sub>の係数をそれぞれ1とせよ。

問4 化学反応の右辺に符号をつけて反応熱を書き加え、左辺と右辺を等号で結んだものを熱化学方程式という。化学種それぞれには、状態を表す（気）（液）（固）の標識を付す。反応器A、Bにおける各反応の熱化学方程式を示せ。その際、反応熱は下記の熱化学方程式中に用いられているα、β、γ、θを用いて、文字式として表せ。



問5 単位時間あたりの反応器AへのCH<sub>4</sub>投入量を160 kg/sとする。この反応器AにおいてCH<sub>4</sub>はすべて反応し、CO<sub>2</sub>（気）とH<sub>2</sub>O（気）になるとき、反応器Bへの空気の導入必要量K [kg/s]の値はいくらか。ただし空気はモル分率で酸素20%、窒素80%の混合物としてよい。また、反応器Bでは供給された空気中の酸素のうち、80%を反応に使うことができる。解答は有効数字2桁で記せ。

## 【 問題Ⅱ 】

次の文章を読み、以下の間に答えよ。

炭素は、原子番号（ ア ）の元素である。炭素の同素体をみると、ダイヤモンドでは、炭素原子が（ イ ）個の価電子をすべて用いて共有結合を形成し、図1に示す正四面体形を形づくってつながっている。そのため、ダイヤモンドはかたく、融点が高い。炭素原子が図2のような平面をつくる黒鉛では、（ イ ）個の価電子のうち、（ ウ ）個が共有結合に使われ、（ エ ）個は平面内を動き回ることができる。そのため、黒鉛は電気を導く。また、黒鉛は、A)固形の潤滑剤や鉛筆の芯に利用されている。最近では、炭素のならばが（ オ ）角形と（ カ ）角形から構成されるフラーレンや炭素のならばが図2のうち1枚の平面構造からなる（ キ ）、黒鉛の層が図3のように筒状になった構造をもつ（ ク ）が見いだされ、次世代の炭素材料として期待されている。

メタンやエチレンのように、炭素と水素のみからなる有機化合物を炭化水素という。鎖式炭化水素のうち、B)アルカンは、塩素や臭素と混合して光を照射することで C)置換反応が起こる。D)アルケンやアルキンは、他の原子や原子団と結びつきやすく、不飽和結合が開裂することで付加反応が起こる。

赤熱した鉄に（ ケ ）を接触させると、ベンゼンが生じる。ベンゼンは代表的な芳香族炭化水素であり、工業的には石油から多量につくられる。E)医薬品や染料、合成高分子など、さまざまな化学工業製品の原料として用いられている。

これら以外にも、炭水化物、脂肪、アミノ酸など数多くの炭素化合物が存在し、炭素は生物の体の源となっており、わたしたちの生活になくはならない元素である。F)炭素は、炭素原子どうしが結びついたり、他のさまざまな元素と結びつくことで無数の化合物をつくり出すことができる驚異の元素であるといえる。

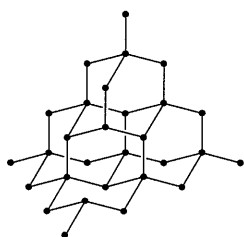


図1

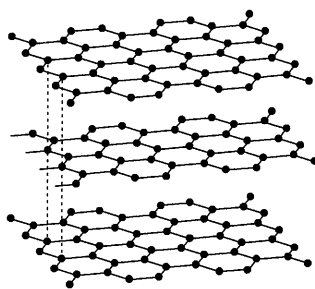


図2

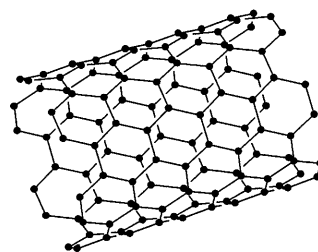


図3

問1 空欄（ ア ）～（ エ ）にあてはまる適切な数字を書け。

問2 下線部 A)について、潤滑剤や鉛筆の芯として使用できる理由を、黒鉛の構造と性質をふまえて簡潔に述べよ。

問3 空欄 ( オ ) ~ ( ケ ) にあてはまる適切な漢数字もしくは語句を書け。

問4 下線部 B) について、光照射しながらメタンに塩素を作用させると、さまざまな塩素化合物が生成した。この反応で得られる塩素化合物のうち、極性を示す塩素化合物の分子式をすべて書け。ただし、HCl は除くこととする。

問5 下線部 C) について、芳香族化合物も置換反応をおこす。たとえば、フェノールの検出方法としてフェノール水溶液に臭素水を加える方法がある。このときに生成する化合物の構造式を書け。

問6 下線部 D) について、プロペンとプロピンそれぞれに水を反応させた。プロペンとプロピンそれぞれから得られる化合物の構造式を書け。これらの化合物に塩基性の水溶液中でヨウ素を反応させるとどうなるか。次の中から適切なものを1つ選び、数字で書け。

- (1) 両方とも黄色沈殿が生じる
- (2) プロペンと水から生成した化合物のみ黄色沈殿が生じる
- (3) プロピンと水から生成した化合物のみ黄色沈殿が生じる
- (4) 両方とも変化しない

問7 下線部 E) について、解熱鎮痛薬としてかぜ薬に配合されているアセトアミノフェンを図4の反応経路で合成した。この反応に関する設問 (a) および (b) に答えよ。

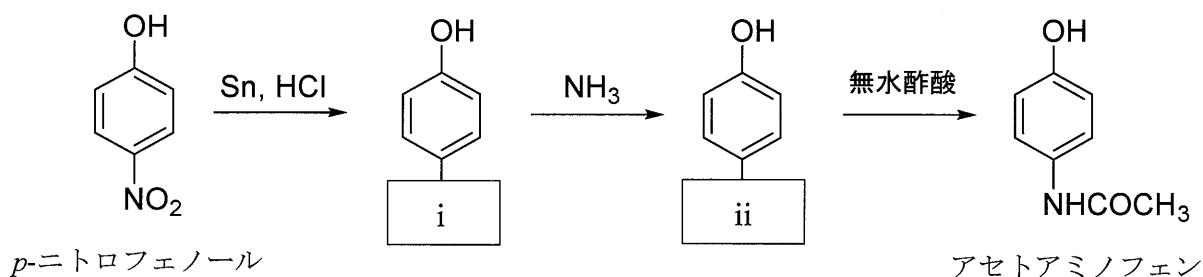


図4 反応経路

- (a) 図4の i , ii にあてはまる置換基を書け。
- (b) p-ニトロフェノールをベンゼンから合成する方法として、最初にフェノールを合成する方法と最初にニトロベンゼンを合成する方法が考えられる。p-ニトロフェノールを効率よく合成するためには、ニトロベンゼンではなくフェノールから合成する方法がよい。この理由を書け。

問8 下線部 F) について、炭素化合物中に窒素、塩素、硫黄のいずれかの原子が含まれていることがある。窒素、塩素、硫黄から元素を1つ選び、その元素の検出方法を簡潔に述べよ。

令和4年度（2022年度） 東北大学工学部

AO入試（総合型選抜）Ⅲ期

# 筆記試験 問題冊子

（11：00～12：00，60分）

## 注意事項

1. 机の上には、受験票（AO入試Ⅲ期受験票，大学入学共通テスト受験票），黒鉛筆（シャープペンシルも可），消しゴム，鉛筆削り，時計，メガネの他は置いてはいけません。これ以外のものはかばん等にに入れて椅子の下（床面）に置いてください。時計のアラームは使用しないでください。（目薬等も机の上に置いてはいけません。）
2. 携帯電話等の電子機器類を持っている人は，監督者の指示に従ってください。試験中に携帯電話等の電子機器類を身につけていることが発覚した場合は，不正行為の疑いがあるとみなし，その機器を預かります。
3. 試験開始の合図があるまで，問題冊子を開かないでください。
4. 試験開始の合図の直後に，問題冊子，解答用紙，下書き用紙に印刷不鮮明，ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等がないか確認してください。
5. 最初に，解答用紙のすべてに受験記号番号を忘れずに記入してください。
6. 解答用紙はホッチキスで留めてあります。ホッチキス留めは外さないでください。
7. 試験中に問題冊子，解答用紙，下書き用紙の印刷不鮮明，落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は，手を挙げて監督者に知らせてください。
8. 解答用紙は書き損じても，破れても交換しませんので注意してください。
9. 下書き用紙は使用してもしなくても構いません。
10. 解答用紙のみすべて提出してください。問題冊子，下書き用紙は持ち帰ってください。
11. 試験終了後，解答用紙の1ページ側が一番上になるように机の上に置き，提出もれがないように確認してください。

次の二つの英文（１）と（２）は、いずれもレオナルド・ダ・ヴィンチ（1452～1519年）の発明についての説明である。これらを読んで以下の設問に答えなさい。なお解答に字数の制限がある場合、句読点、数字、アルファベット、記号も1字として数えること。

（１）

In approximately 1495, before he began work on the *Last Supper*, Leonardo designed and possibly built the first humanoid robot in Western civilization. The robot, an \*outgrowth of his earliest \*anatomy and \*kinesiology studies recorded in the \*Codex Huygens, was designed according to the \*Vitruvian canon. This armored robot knight was designed to sit up, wave its arms, and move its head via a flexible neck while opening and closing its anatomically correct jaw. It may have made sounds to the \*accompaniment of automated drums. On the outside, the robot is dressed in a typical German-Italian suit of armor of the late fifteenth century. On the inside, it was made of wood with parts of leather and metal and operated by a system of cables. A) This robot would influence his later anatomical studies in which he modeled the human limbs with cords to simulate the \*tendons and muscles.

The robot consisted of two independent systems: three-degree-of-freedom legs, ankles, knees, and hips; and four-degree-of-freedom arms with \*actuated shoulders, elbows, wrists, and hands. The visor, neck, jaw and possibly the \*spine may also have been actuated. The orientation of the arms indicates it was designed for whole-arm grasping, which means that all the joints moved in unison. A mechanical, analog-programmable controller within the chest provided power and control for the arms. To drive the arms, the controller had a cylindrical, grooved cam that triggered \*high-torque worm gears attached to a central \*pulley. A central shaft, perhaps \*splined, provided power while still permitting the robot to stand and sit. The legs were powered by an external \*crank arrangement driving the cable, which was connected to key locations in the ankle, knee, and hip.

(Copyright©1996 Giunti Editore S.p.A, Firenze-Milano www.giunti.it 一部改変)

注

outgrowth：自然の結果，副産物

anatomy：解剖学

kinesiology：運動科学

Codex Huygens：ホイヘンス手稿。レオナルドの手稿を手本とした同時代の別人による手稿集であるが、レオナルドの手稿には失われたものも多いため、それらの重要な手がかりとなっている

Vitruvian canon：古代ローマの建築家ウィトルウィウスの著書『建築十書』で述べられている建築の規則

accompaniment：付随物

tendon：腱

actuated : 動かせる

spine : 背骨

high-torque : 高トルクを発生する

pulley : 滑車

splined : 突起物のついた

crank : クランク. 回転する軸とそれとは芯のずれた軸を結ぶ柄からなる機構

(2)

Before concluding this summary of \*Leonardo's first Milanese period, we should mention his study of flight. Leonardo had already become interested in the subject during his years in Florence, but his studies underwent considerable progress in Milan, as can be seen in the many pages of \*Ms. B and the \*Codex Atlanticus that contain projects for flying machines. \*Raffaele Giacomelli was the first to demonstrate that in his initial studies Leonardo concentrated on \*full-fledged flying machines with movable wings, illustrated in many splendid drawings in Ms. B.

B) In some the flier is facing down and moves the wings with his arms. In others, the flier's legs provide the force, or else the flier is standing up and uses his arms and his legs to generate the force. These \*intriguing designs seem to have led Leonardo to believe that such machines might actually work. There is evidence that he proposed an attempt from the roof of the \*Ducal Palace and \*subsequently recommended a safer location: "You will try this machine over lake, and wear a long \*wineskin around your waist, so that if you should fall you will not drown."

The flying machines designed by Leonardo during these years have beating wings with extremely complicated devices for operating them. Leonardo also considered using springs continually \*rewound in flight. He seems to concentrate on mechanical systems for efficiently \*transmitting the constant thrust of the motor into an alternating motion like that of beating wings. These are powerful, heavy machines, to which Leonardo attached ridiculous shock \*absorbers as a protection in the not unlikely event of a fall. c) It ( ) ( 工 ) that ( ) ( 才 ) a man ( ) ( 力 ) one ( ) ( キ ) devices. Yet all the evidence indicates that for several years he worked \*feverishly and with great expectations on this project. He appeared convinced that man could imitate with his craft the natural equipment of flying animals: "The bird is an instrument that operates according to mathematical laws, an instrument that it is in man's power to reproduce." More than any other of his studies, Leonardo's designs of flying machines seem informed by his belief in the fundamental mechanical uniformity of Nature. In other words, the mechanical formulas and principles used by Nature in its creatures, such as birds, could be imitated and reproduced by man.

D) Leonardo broke off his studies of flight at the end of the 1490s - possibly because he realized the \*insuperable obstacles involved - then resumed them around 1505, compiling an extraordinary manuscript known as the Codex on the Flight of Birds. By this time, through a careful comparison between the muscular power of birds and that of man, as well as between the weight of the bird mechanism and that of the flying machine, Leonardo had concluded that man could not lift a device

so heavy. From then on, he abandoned the concept of flying machines with beating wings and devoted himself to another, far more realistic possibility: that of glider-like “sail flight”. While this new attempt failed to produce concrete results, it led Leonardo to productive investigations into the mechanics of bird flight, the nature of air, and the formation and role of winds and air currents. These studies occupied much of Leonardo’s time between 1500 and 1514. In them, the \*analogy between air and water, swimming and flying, fish and birds became increasingly important: “Write of swimming underwater and you will have the flight of birds through the air.”

(Copyright©1996 Giunti Editore S.p.A, Firenze-Milano www.giunti.it 一部改変)

## 注

Leonardo’s first Milanese period : レオナルドがミラノに初めて滞在していた 1482～99 年の時代

Ms. B : Ms.は Manuscript の略語. パリ学士院所蔵のレオナルドの手稿は A から M まであり, ここではそのうちの B 手稿を指す

Codex Atlanticus : アトランティコ手稿. レオナルドの手稿集のひとつ

Raffaele Giacomelli : ラファエーレ・ジャコメッリ (1878～1956 年). イタリアの航空エンジニア

full-fledged : 全体が羽根で覆われた

intriguing : 興味をそそる, 魅力的な

Ducal Palace : ミラノ公爵の宮殿

subsequently : その後, 続いて

wineskin : ワインを入れるための防水性の革袋

rewind : 巻き戻す

transmit : 伝える

absorber : 吸収装置

feverishly : 興奮して, あわてふためいて

insuperable : 克服できない

analogy : 類似

問1 「This robot」が指す内容がわかるように、下線部 A) を和訳しなさい。

問2 次の文章は、(1)の本文中で述べられているロボットの特徴の要約である。(ア)  
(イ)(ウ)に入る適切な語句をそれぞれ日本語で答えなさい。

このロボットは、動かせる(ア)、膝、股関節のついた三自由度を有する脚からなる部分と、動かせる肩、肘、手首、手のついた四自由度を有する腕の部分で主に構成される。腕を動かせるように、胸の(イ)には細い溝の刻まれた円筒状のカムがある。脚には、(ウ)を作動させる外部のクランクの配列によって動力が与えられる。

問3 下線部 B) の内容について、「飛行者」(flier)がどのような状態で飛ぶのかがわかるように、三通りすべて説明しなさい。

問4 下線部 C) の英文を、次の日本語訳に合うように、括弧内に①～⑧の語句を適切な順序に並べ替えて入れるとき、(エ)(オ)(カ)(キ)に入る語句の番号を答えなさい。

これらの装置のひとつを身に着ければ人間は飛べるだろうと、レオナルドが本当に信じていたとはとても思えない。

It ( ) (エ) that ( ) (オ) a man ( ) (カ) one ( ) (キ) devices.

① these ② with ③ of ④ could really have believed

⑤ Leonardo ⑥ impossible ⑦ seems ⑧ could fly

問5 下線部 D) 以降の段落では、レオナルドが飛行機械の研究を断念し、研究テーマを変更したことがわかる。なぜ断念したのか、その理由を日本語 70 字以内で説明しなさい。

問6 (1)と(2)の本文中で述べられているように、人間や他の生物を参考にして現代の工学技術に応用する方法について、何か具体例をあげながら、あなたの考えを日本語 300 字以内で述べなさい。