

2021年9月入学・2022年4月入学
環境・エネルギー研究科 修士課程入学試験

専門科目

- ◎問題用紙は 7 ページです。試験開始直後に確認してください。
◎解答用紙は 8 枚綴りが 1 組あります。試験開始直後に確認してください。

注意事項

1. 問題を2題選択して解答

問題は、工業熱学（問題1，問題2），電磁気学・回路理論（問題3，問題4），環境・エネルギー政策等（問題5，問題6）の合計6題あります。この6題から2題を選択し、解答してください。

選択する問題の組み合わせは自由です。

例：「工業熱学の2題とも選択」

「電磁気学・回路理論の1題と環境・エネルギー政策等1題を選択」

選択した問題の解答用紙のみ提出してください。

2. 解答方法

解答は別紙解答用紙のおもて面に記入してください。裏面の記入は採点対象としません。

2021年9月入学・2022年4月入学 環境・エネルギー研究科修士課程入学試験問題

科目名：工業熱学

問題番号

1

- (1) 効率 80% の電動機(electric motor)があり, 時間当たりの損失が $4.5 \times 10^3 \text{ kJ}$ であった. この電動機の出力[kW]を求めよ. また, この電動機を 10 時間運転するときの消費電力[kWh]を求めよ.
- (2) カルノーサイクル(Carnot's cycle)として動作する冷凍機(refrigerator)が低温室から 150 MJ/h の熱を汲み上げている. 動作係数(coefficient of performance)を 4.50 とするとき, この冷凍機の動力[kW]を求めよ. また, 高温熱源を温度 25°C の大気とするとき, 低温室の温度 $^\circ\text{C}$ と大気に放出される熱量[MJ/h]を求めよ.
- (3) 1.5 m^3 の容器の中にある気体が初期圧力 2 MPa で封入されている. この気体が等温変化に従って圧力 0.5 MPa となった. このときの気体の体積 m^3 と得られる出力[MJ]を求めよ.
- (4) 圧力 0.1 MPa , 温度 25°C の空気 20 kg をポリトロプ変化(polytropic change)によって圧力 0.3 MPa まで圧縮した. このときの仕事[kJ]と放熱量[kJ]を求めよ. なお, ポリトロプ指数 1.2, ガス定数(specific heat ratio) 287.04 J/kgK , 比熱比(specific heat ratio) 1.4 とする.
- (5) 閉鎖系ブレイトンサイクル(Brayton cycle)機関は定圧変化(constant pressure change)と断熱変化(adiabatic change)から構成されている. この機関について以下の問いに答えなさい. なお, 解答は単位質量当たりで示し, 必要に応じて一般的な諸記号や添字を用いて導出過程も記述すること.
- (a) この機関に供給される熱量 Q_h と放出される熱量 Q_c , 仕事 W_B を求める式を示しなさい. 仕事については膨張および圧縮を判別できるように示すこと.
- (b) この機関の熱効率(thermal efficiency) η_B は, 圧力比(pressure ratio) ρ と比熱比(specific heat ratio) κ を用いて表されることを示しなさい.
- (c) ブレイトンサイクルの断熱変化を等温変化(isothermal change)とするとエリクソンサイクル(Ericsson cycle)になる. この機関は再生サイクル(regenerative cycle)であることを交換熱量や仕事を示しながら記述しなさい. また, 再生サイクルの場合の仕事 W_E と熱効率 η_E を示しなさい.

2021年9月入学・2022年4月入学 環境・エネルギー研究科修士課程入学試験問題

科目名：工業熱学

問題番号 2

(1) 定常流れ系 (steady flow system) における次の各式を記載しなさい。

- (a) マスバランス (mass balance)
- (b) エネルギーバランス (energy balance)
- (c) エントロピーバランス (entropy balance)
- (d) エクセルギーバランス (exergy balance)

(2) 圧力 500.0 kPa(gage), 温度 800.0 °C, 流量 5.000kg/s の空気をタービン (turbine) に通して 1.000 atm(101.325 kPa)まで断熱的に膨張させた。空気は比熱比 (specific heat ratio) 1.400 一定の理想気体, 基準状態 は 1.000atm(101.325 kPa), 20.00 °Cとする。出入口の流速は無視してよい。出口温度が 400.0 °Cであったとき, 以下の値を求めなさい。

- (a) タービンの断熱効率[%]
- (b) この過程での発生エントロピー [J/kgK]
- (c) エクセルギー損失 [kW]
- (d) 実際の出力[kW]

(1) 以下の用語について、図式等を用いて説明せよ。なお、説明に必要な記号等については、適切に定義した後に使用すること。

- (a) 強磁性体 (ferromagnetic material) と常磁性体 (paramagnetic material)
- (b) 電荷密度 (charge density) と電束密度 (electric flux density)
- (c) 直角座標 (Cartesian coordinate), 円柱座標 (circular cylindrical coordinate), 球座標 (spherical coordinate)

(2) 球座標系における $r < a$ [m] の領域に、 $\mathbf{E} = (pr/\epsilon) \mathbf{a}_r$ [V/m] の電界 (electric field) が存在する。なお、 $\mathbf{a}_r$ は $+r$ 方向の単位ベクトル (unit vector) である。このベクトル場において、以下に示すガウスの発散定理 (Gauss's divergence theorem) を検証する。

$$\oint_S \mathbf{D} \cdot d\mathbf{S} = \int_V (\nabla \cdot \mathbf{D}) dV$$

ここで、 $\mathbf{D}$ は電束密度である。以下の問いに答えよ。

- (a) 発散定理の左辺 (left hand side) を求めよ。
- (b) 発散定理の右辺 (right hand side) を求め、左辺と等しくなることを示せ。なお、以下に示す球座標系におけるベクトルの発散 (divergence) 公式を計算途中で使用してもよい。

$$\nabla \cdot \mathbf{A} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 A_r) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (A_\theta \sin \theta) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial A_\phi}{\partial \phi}$$

(3) 線電流 I [A] により生じる磁界 $\mathbf{H}$ [A/m] について、以下の問いに答えよ。

- (a) 線電流 I が z 軸上を $+z$ 方向に流れる際に生じる磁界 $\mathbf{H}$ について、円柱座標表記せよ。
- (b) 前問(a)にて導出した磁界 $\mathbf{H}$ について、直角座標表記せよ。
- (c) 直角座標系において $\mathbf{H}$ の回転 (rotation) を求め、これが $x=y=0$ [m] 以外では 0 となる事を示せ。なお、以下に示す直角座標系におけるベクトルの回転公式を計算途中で使用してもよい。

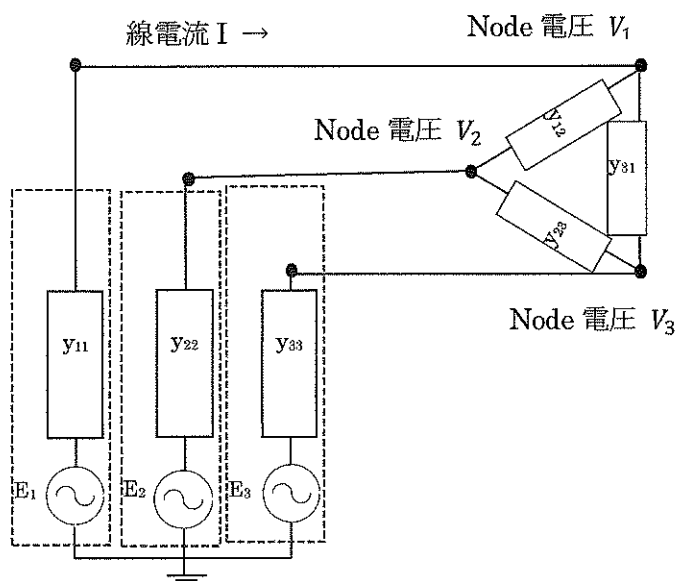
$$\nabla \times \mathbf{A} = \left(\frac{\partial A_z}{\partial y} - \frac{\partial A_y}{\partial z} \right) \mathbf{a}_x + \left(\frac{\partial A_x}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial x} \right) \mathbf{a}_y + \left(\frac{\partial A_y}{\partial x} - \frac{\partial A_x}{\partial y} \right) \mathbf{a}_z$$

下図のような電圧源 E_1, E_2, E_3 及び、アドミタンス (admittance) $y_{11}, y_{22}, y_{33}, y_{12}, y_{23}, y_{31}$ で構成されている三相回路に対して、下記の小問に従って解答しなさい。

- (1) 破線で囲んだ電圧源とアドミタンスに対して、ノートンの定理 (Norton's theorem) を適用して電圧源 (E_1, E_2, E_3) を等価電流源 (I_1^*, I_2^*, I_3^*) に変換し、その回路構成と式を図示し、ノートンの定理について説明しなさい。
- (2) 図の各点の Node 電圧 V_1, V_2, V_3 に対する下式節電圧方程式 (nodal equation) のアドミタンス行列の 3×3 要素 ($Y_{11}, Y_{12}, \dots, Y_{33}$) を $y_{11}, y_{22}, y_{33}, y_{12}, y_{23}, y_{31}$ を用いて表しなさい。

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & Y_{13} \\ Y_{21} & Y_{22} & Y_{23} \\ Y_{31} & Y_{32} & Y_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_1^* \\ I_2^* \\ I_3^* \end{bmatrix}$$

- (3) $y_{11}=y_{22}=y_{33}=0, y_{12}=y_{23}=y_{31}=y$ の対称三相回路において、電圧源が $E_1=E\angle 0^\circ, E_2=E\angle 120^\circ, E_3=E\angle -120^\circ, E=200/\sqrt{3}\text{V}$ であり、三相有効電力 (active power) が 1kW 、負荷力率 (power factor) が 0.8 の時の線電流 I (line current) [A] 及び $y=G+jB$ (G : conductance, B : susceptance) [S] を求めなさい。



2021年9月入学・2022年4月入学 環境・エネルギー研究科修士課程入学試験問題

科目名：環境・エネルギー政策等

問題番号 5

- (1) 下記は「エネルギー白書 2021 第1部 第2章 2050年カーボンニュートラル実現に向けた課題と取組」(資源エネルギー庁) から一部抜粋および改変したものである。以下の問いに答えよ。

第3節 2050年カーボンニュートラルに向けたわが国の課題と取組

1. 2050年カーボンニュートラル宣言と現状の評価

菅内閣総理大臣は2020年10月26日の所信表明演説において、我が国が2050年までにカーボンニュートラルを目指すことを宣言し、加えて2021年4月には、地球温暖化対策推進本部及び米国主催の気候サミットにおいて、「2050年目標と整合的で、野心的な目標として、2030年度に、温室効果ガスを2013年度から(①)削減することを目指す。さらに、50%の高みに向けて挑戦を続けていく」ことを表明した。

日本が排出する温室効果ガスのうち約(②)がCO₂であり、CO₂の排出量の約4割が電力部門、残りの約6割が産業や運輸、家庭などの非電力部門からの排出となっている。

2. 2050年カーボンニュートラルに向けた道筋

(1) 2050年カーボンニュートラルに伴う(③)

2020年12月、「2050年カーボンニュートラルに伴う(③)(以下(③)という。)」が公表された。国として、可能な限り具体的な見通しを示し、高い目標を掲げて、民間企業の前向きな挑戦を応援し、大胆な投資と(④)を促す環境を作ることを目的としたものである。(③)では、2050年カーボンニュートラルに向けた道筋として、電力部門では(⑤)の拡大、産業・民生・運輸(非電力)部門(燃料利用・熱利用)においては、脱炭素化された電力による電化、水素化、メタネーション、合成燃料等を通じた脱炭素化を進めることが必要としている。こうした電源や燃料の転換を行って、もなお排出されるCO₂については、(⑥)や(⑦)などを用いて、実質ゼロを実現していく。政府としては、2兆円の(⑧)をはじめ、税、規制改革・標準化、国際連携などあらゆる政策を総動員して、グリーン成長戦略を実行し、企業の前向きな挑戦を全力で後押しする。

(2) CO₂を資源として利用する「(⑨)」

実行計画に取り上げられた分野のうち、「CO₂排出源の代替技術への置き換え」ではなく、「CO₂を資源として有効活用」する技術である「(⑨)」は、今後、日本が技術面・産業面で世界をリードしていくことが期待されている分野の一つである。「(⑨)」により、火力発電所等から排出されたCO₂や大気中から直接回収したCO₂を、鉱物化(コンクリートの材料として利用)や水素と組み合わせることで化学製品など新たな素材を作ることが可能になる。

【(⑨)の実用化事例】

●(⑩)によるプラスチック原料

(⑩)では、水とCO₂を原料とし、太陽エネルギーを用いてプラスチック原料を製造することができる。現状では、太陽エネルギーを用いて水から水素を製造する光触媒の変換効率が低く、また製造コストが高いため、大規模実証の実施には技術的課題がある。そのため変換効率の高い光触媒等の開発が行われている。

- (a)上記の文章中の空欄(カッコ)にあてはまる適切な語句を、下記の語群から選んで解答せよ。

【語群】

メンテナンス、カーボンフットプリント、9割、人工培養、脱炭素電源、グリーン成長戦略、植林、26%、5割、木材伐採、DACCS(Direct Air Carbon Capture and Storage)、40%、人工光合成、46%、IGCC(Integrated coal Gasification Combined Cycle)、イノベーション、カーボンニュートラル基金、低炭素電源、7割、カーボンリサイクル、グリーンイノベーション基金、デジタル成長戦略

- (b)将来のエネルギー供給方法の一つとして水素の利活用が期待されている。水素をエネルギーとして利活用する際のメリットとデメリット、ならびに課題を200字以上300字以内で述べよ。

2021年9月入学・2022年4月入学 環境・エネルギー研究科修士課程入学試験問題

科目名：環境・エネルギー政策等

問題番号

5

- (2) 下記は、2019年6月に開催されたG20大阪サミットで、2050年までに海洋プラスチックごみによる追加的な汚染をゼロにまで削減することを共通の世界のビジョンとして目指す「大阪ブルー・オーシャン・ビジョン」である（G20大阪首脳宣言およびG20海洋プラスチックごみ対策実施枠組、外務省）。以下の問いに答えよ。

39. 我々は、海洋ごみ、特に海洋プラスチックごみ及びマイクロプラスチックに対処する措置は、全ての国によって、関係者との協力の下に、国内的及び国際的に取られる必要があることを再確認する。この点に関し、我々は、海洋へのプラスチックごみ及びマイクロプラスチックの流出の抑制及び大幅な削減のために適切な国内的行動を速やかに取る決意である。さらに、これらのイニシアティブ及び各国の既存の行動の先を見越して、我々は、共通の世界のビジョンとして、「大阪ブルー・オーシャン・ビジョン」を共有し、国際社会の他のメンバーにも共有するよう呼びかける。これは、社会にとってのプラスチックの重要な役割を認識しつつ、改善された廃棄物管理及び革新的な解決策によって、管理を誤ったプラスチックごみの流出を減らすことを含む、包括的なライフサイクルアプローチを通じて、2050年までに海洋プラスチックごみによる追加的な汚染をゼロにまで削減することを目指すものである。我々はまた、「G20海洋プラスチックごみ対策実施枠組」を支持する。

(参考)「G20海洋プラスチックごみ対策実施枠組」記載項目

I. 行動計画の効果的な実施の促進

1. 行動の実施
2. 情報共有と継続的な情報更新

II. 協調行動と行動計画の実施のG20外への展開

1. 国際協力の推進
2. 革新的な解決策の推進
3. 科学的情報と知見の共有
4. 多様な関係者の関与および意識向上

このビジョンに示された社会（海洋プラスチックごみによる追加的な汚染をゼロにする社会）を実現するために必要な取り組みについて、あなたの関心のある産業（具体的な商材でも可）を例として、具体的に400字以上600字以内で述べよ。その際、企業、行政、消費者の各主体に求められる役割についても併せて述べること。

2021年9月入学・2022年4月入学 環境・エネルギー研究科修士課程入学試験問題

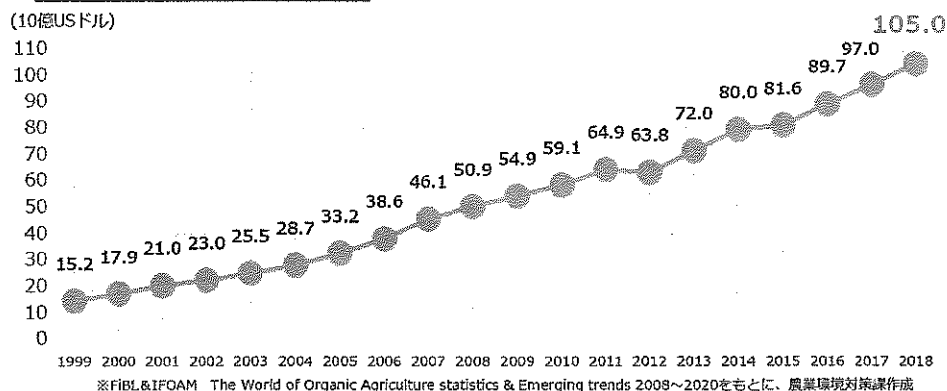
科目名：環境・エネルギー政策等

問題番号 6

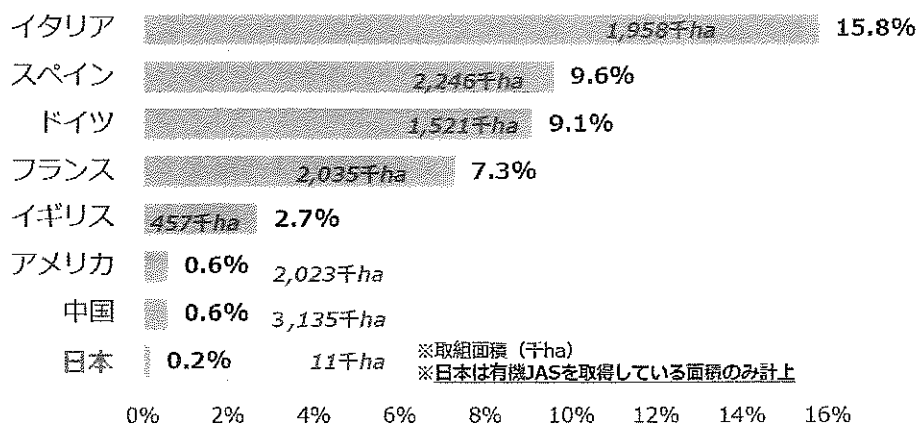
有機農業とは、有機農業の推進に関する法律（平成18年法律第112号）において、「化学的に合成された肥料及び農薬を使用しないこと並びに遺伝子組換え技術を利用しないことを基本として、農業生産に由来する環境への負荷をできる限り低減した農業生産の方法を用いて行われる農業」と定義されている。

- (1) 有機農業によって生じることが期待される環境負荷低減効果としてどのようなものがあるか、その理由を含めて200字以上300字以内で説明しなさい。
- (2) 以下は、「世界の有機食品売上の推移」と「各国の耕地面積に対する有機農業取組面積とその面積割合」を示すグラフである。

世界の有機食品売上の推移



耕地面積に対する有機農業取組面積と面積割合（2018年）



出典：いずれのグラフも「有機農業をめぐる事情」（農林水産省生産局農業環境対策課,2020）
<https://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/yuuki/attach/pdf/meguji-full.pdf>

上のグラフから読み取れることと、その理由として想定されることを200字以上300字以内で書きなさい。

- (3) 2021年5月、農林水産省は「みどりの食料システム戦略」を公表し、その目標の一つとして2050年までに日本の耕地面積に占める有機農業の取組面積の割合を25%（100万ha）まで拡大するとの目標を掲げている。この目標を達成するためにどのような取組が必要と考えるか、300字以上400字以内であなたの考えを書きなさい。

受験番号					
氏 名					

2021年9月入学・2022年4月入学 環境・エネルギー研究科

No.

1

/

8

修士課程入学試験解答用紙

問題番号

1

科目名

工業熱学

採点欄

※受験生記入欄

(1)

(5)

(a)

(2)

(b)

(3)

(c)

(4)

受験番号					
氏 名					

2021年9月入学・2022年4月入学 環境・エネルギー研究科

No.

2	/	8
---	---	---

修士課程入学試験解答用紙

問題番号

2

科目名

工業熱学

採点欄

※受験生記入欄

(1)

(a) マスバランス

(b) エネルギーバランス

(c) エントロピーバランス

(d) エクセルギーバランス

(2)

(a) タービンの断熱効率[%]

(b) この過程での発生エントロピー [J/kgK]

(c) エクセルギー損失 [kW]

(d) 実際の出力[kW]

受験番号					
氏 名					

2021年9月入学・2022年4月入学 環境・エネルギー研究科
修士課程入学試験解答用紙

No.

3	/	8
---	---	---

採点欄

問題番号	3	科目名	電磁気学・回路理論
------	---	-----	-----------

※受験生記入欄

(1) (a)	(b)	(3) (a)
(c)		(b)
(2) (a)		(c)
(b)		

受験番号					
氏 名					

2021年9月入学・2022年4月入学 環境・エネルギー研究科

No.

4	/	8
---	---	---

採点欄

修士課程入学試験解答用紙

問題番号	4	科目名	電磁気学・回路理論
------	---	-----	-----------

※受験生記入欄

(1)

(3)

(2)

