

令和3年度技術士第二次試験問題〔機械部門〕

1-4 熱・動力エネルギー機器【選択科目Ⅱ】

Ⅱ 次の2問題（Ⅱ-1，Ⅱ-2）について解答せよ。（問題ごとに答案用紙を替えること。）

Ⅱ-1 次の4設問（Ⅱ-1-1～Ⅱ-1-4）のうち1設問を選び解答せよ。（緑色の答案用紙に解答設問番号を明記し，答案用紙1枚にまとめよ。）

Ⅱ-1-1 作動流体にCO<sub>2</sub>を用いる家庭用ヒートポンプ給湯機の原理を，温度（ $T$ ）-比エントロピ（ $s$ ）線図を用いて説明し，CO<sub>2</sub>の特徴とヒートポンプ給湯機に用いることの利点を説明せよ。また，成績係数を低下させる利用環境をその理由とともに述べよ。

Ⅱ-1-2 熱伝達率  $\alpha$  [W / (m<sup>2</sup> · K)] の一般的な定義とそれを整理する無次元数について説明し， $\alpha = 1 \sim 10$ ， $100 \sim 1000$ の2つの領域となる伝熱現象について，それぞれの現象を含む伝熱機器の具体例を挙げて述べよ。また， $\alpha > 10000$ となる場合の伝熱現象について伝熱機器の具体例を挙げて説明し，その伝熱促進方法を1つ述べよ。

Ⅱ-1-3 単位質量当たりの固体燃料が燃焼する際に必要な理論空気量  $A_0$  [m<sup>3</sup> / kg] を，固体燃料の元素分析値より求めたい。その方法について，燃焼に關与する化学反応式とともに説明せよ。また，空気比（=実際に投入された空気量 / 理論空気量）により燃焼状態がどのように変化するか述べるとともに，ボイラの運用で用いられている空気比の値を述べよ。

Ⅱ-1-4 水の臨界点の圧力 [MPa]，温度 [K] をそれぞれ有効数字2桁で示し，ランキンサイクルにおいて，昇圧後の圧力が作動流体の臨界圧力を超える場合と超えない場合について，温度（ $T$ ）-比エントロピ（ $s$ ）線図上の違いを述べよ。また，一段抽気再生ランキンサイクルの熱効率を，比エンタルピ  $h$  を用いて説明せよ。ただし，主流に対する抽気流量の割合  $m$  ( $0 < m < 1$ ) を用いてよく，圧縮過程でのポンプ仕事は無視できるものとしてよい。

Ⅱ－２ 次の２設問（Ⅱ－２－１，Ⅱ－２－２）のうち１設問を選び解答せよ。（青色の答案用紙に解答設問番号を明記し，答案用紙２枚を用いてまとめよ。）

Ⅱ－２－１ マグロに代表される冷凍水産物やワクチンなどの医薬品の流通では極低温を維持できるコールドチェーンが必要である。このような低温製品を流通させるための－50℃から－70℃程度に保持できる車載用冷凍コンテナが開発されることになった。あなたがこのコンテナに搭載する圧縮式冷凍ユニットの開発責任者に選ばれた場合を想定して，下記の内容について記述せよ。

- (1) 調査，検討すべき事項とその内容について説明せよ。
- (2) 冷凍ユニットの構成を示したうえで，その冷凍ユニットについて留意すべき点，工夫を要する点を含めて業務を進める手順について述べよ。
- (3) 業務を効率的，効果的に進めるための関係者との調整方法について述べよ。

Ⅱ－２－２ 自家消費用として原動機に7MW級ガスタービンを，熱需要向けに排熱ボイラを用いた熱併給発電設備（コージェネレーション）を導入して15年が経過している機械製品工場において，主要製品の転換が起こりつつあり，工場内の製造工程向け蒸気需要が半分以下に減少する一方で，研究棟や事務棟の建設により電力並びに空調の需要増大が見込まれている。あなたが，工場の技術責任者として，設備の一部流用も可能性を含めた設備更新の計画業務を行うに当たり，下記の内容について記述せよ。

- (1) 調査，検討すべき事項とその内容について，説明せよ。
- (2) 更新後の熱併給発電設備の機器構成を想定し，その構成とエネルギーフローを説明したうえで，機器構成決定を含めた業務を進める手順について，留意すべき点，工夫を要する点を含めて述べよ。
- (3) 業務を効率的，効果的に進めるための関係者との調整方策について述べよ。

1-4 熱・動力エネルギー機器【選択科目Ⅲ】

Ⅲ 次の2問題（Ⅲ-1，Ⅲ-2）のうち1問題を選び解答せよ。（赤色の答案用紙に解答問題番号を明記し，答案用紙3枚を用いてまとめよ。）

Ⅲ-1 カーボンニュートラルへの世界的な動きが活発化する中，自動車のEV化など，需要側でのエネルギーの電力シフトが予想される。一方，需要側の熱利用に対しては，CO<sub>2</sub>排出量が少ない化石燃料として天然ガスが積極的に活用されてきたが，今後は熱利用でもCO<sub>2</sub>排出量の削減が求められる。その要請を受け，既存熱供給インフラとして敷設済みの都市ガス網を活かしつつ，CO<sub>2</sub>排出量の削減を実現する方法として，水素混入等の燃料転換も検討されている。熱・動力エネルギー分野の技術者として，以下の問いに答えよ。

- (1) 天然資源では確保できない水素混入等の燃料転換によるCO<sub>2</sub>排出量の削減に当たって留意すべき技術的事項について，サプライチェーンを含む多面的な観点から課題を3つ抽出し，その内容を観点とともに示せ。
- (2) 抽出した課題のうち最も重要と考える課題を1つ挙げ，その課題に対する複数の解決策を示せ。
- (3) 前問(2)で示したすべての解決策を実行したうえで生じる波及効果と専門技術を踏まえた懸念事項への対応策を示せ。

Ⅲ－２ 2050年のカーボンニュートラル目標に向けて、2020年12月に策定されたグリーン成長戦略では、今後成長が期待される産業として14分野が設定された。このうち、熱・動力エネルギー機器に関連するものとしては、電力部門の脱炭素化を大前提とした洋上風力や次世代太陽電池による再生可能エネルギーの利用拡大や、アンモニアや水素などの化石代替燃料の活用が期待されている。一方、再生可能エネルギーの大量導入を可能にするには、既存の火力発電や揚水発電等による調整力確保が必須である。特に火力発電に対しては、長期的には代替燃料への転換を図るとともに、短期的には従来燃料を用いた中での調整力の強化が求められる。このような社会的動向に基づく技術的要請に関して、熱・動力エネルギー機器の技術者として以下の問いに答えよ。

- (1) 再生可能エネルギーの導入拡大に伴い、今後さらに重要となる火力発電所の調整力について、それが必要となる背景と対象とする発電方式を示したうえで、技術者としての立場で多面的な観点から部分負荷効率向上以外の課題を3つ抽出し、それぞれの観点を明記したうえで、課題の内容を示せ。
- (2) 抽出した課題のうち最も重要と考える課題を1つ挙げ、その課題に対する複数の解決策を示せ。
- (3) 前問(2)で示したすべての解決策を実行して生じる波及効果と専門技術を踏まえた懸念事項への対応策を示せ。