

以下の論文は、ChatGPT をカスタマイズした「技術士二次試験三上塾 AI 論文作成ツール」

<https://suninfo.co.jp/g2gpt/>

が作成した「概要論文」なので、一般的な合格論文と異なります。

勉強の進め方としては、以下の資料を元に論文の方向性を掴みつつ、概要表や出典などを参考に以下の概要論文を修正すると短時間で効率的な勉強ができます。以下の出典の URL をクリックしてもサイトが表示されない場合は、出典名をネット検索してください。

以下の論文では、観点と課題を章の最初に書いていますが、課題などを最後に書きたい場合は、テンプレート（プロンプト）を変更すれば最後に書くことが可能です。

=====

以下では、令和8年度・機械部門「熱・動力エネルギー機器」選択科目Ⅲ—1について、選択科目Ⅲの「問題解決能力・課題遂行能力」を中心に、指定の章立てにつながる形で整理します。

令和8年度の選択科目Ⅲは、600字×3枚で、「選択科目」に関する問題解決能力・課題遂行能力を問うものです。特に、社会・技術上の複合的な問題を把握し、多様な視点から分析して、問題解決のための課題と遂行方を論理的・合理的に説明することが求められています。

また、マニュアルでも、現状・問題→観点・技術課題→解決策→解決後のリスク→対策という骨子の論理的つながりを重視しています。

1. 設問のテーマの社会目的

本問の社会目的は、

「非化石電源を有効活用して民生・産業部門の熱需要を電化し、化石燃料への依存を低減するとともに、エネルギー利用の高効率化と脱炭素化を実現すること」

です。

特に重要なのは、単なる「ヒートポンプの普及」が目的ではないことです。

設問冒頭には、

非化石エネルギー→電力→需要側の電化→化石燃料依存度低減

という因果関係が示されています。

したがって、論文全体を

熱需要の電化を拡大するには何が障害か

→その障害を機械・熱工学的にどう解決するか

→解決した結果、新たに何が問題になるか

という一本のストーリーにします。

第7次エネルギー基本計画でも、2040年に向けて電化・非化石転換と、ヒートポンプ等による熱供給の効率化を一体的に進める方向が示されています。[\(エネルギー庁\)](#)

2. 出題者の意図

この問題では「ヒートポンプについて知っていますか」という単純な専門知識を聞いているわけではありません。

選択科目Ⅲですから、主に次の能力を確認しようとしています。

評価される能力	本問で示す内容
専門的学識	COP、温度リフト、圧縮機、冷媒、熱交換器、排熱回収、蓄熱等
問題解決	熱需要電化を阻害する要因を3つに構造化する
課題遂行	最重要課題に対して複数の実行可能な解決策を提示する
評価	解決策実施後に発生するリスクまで予見する
コミュニケーション	現状→課題→解決策→リスク→対策を明確につなぐ

令和8年度のコンピテンシーでは、複合的問題について多角的な視点や相反する要求事項を考慮し、複数の選択肢を踏まえ合理的な解決策を提案する能力が重視されています。

3. 設問の重要箇所・注意すべき箇所

最も重要なのは次の5点です。

①「具体的な電化方式を1つ選び」

方式を複数書かず、最初に固定します。本回答では、機械部門・熱動力との親和性が高い産業用ヒートポンプを選択します。

②「メリットを記せ」

単に「CO₂を削減できる」だけでは弱く、ヒートポンプ固有のメリットである**外部の未利用熱を汲み上げるため投入電力以上の熱量を供給でき、高いCOPを実現できる点**を示します。

③「多面的な観点」

3 課題を同じような観点にしないことが重要です。

今回は、

- 技術面：高温化・高効率化
- エネルギー有効利用面：未利用排熱利用
- 電力需給面：電力負荷平準化

と分けます。

④「あなたの選択科目に関わる技術課題」

ここは非常に重要です。マニュアルでも、選択科目Ⅲでは自分の選択科目の内容を書く必要があると明示されています。

したがって、単なる「補助金の拡充」「制度整備」「人材育成」を主課題にするより、

冷媒・圧縮機・熱交換器・温度リフト・COP・排熱回収・蓄熱

など、「熱・動力エネルギー機器」の専門性を前面に出す方がよいです。

⑤「すべての解決策を実行しても新たに生じうるリスク」

既存の問題を繰り返すものではありません。

「ヒートポンプを大量導入して熱需要の電化に成功したからこそ、電力ピークが増大する」

という**解決策実施後の二次的問題**にすると論理がきれいです。

4. 論文作成上のポイント

この問題では、最初に「産業用ヒートポンプ」と決め、その技術的ボトルネックを中心に論文を組み立てると書きやすくなります。

特に最重要課題を**「高温域まで対応可能な高効率ヒートポンプの実現」**とすると、解決策を「高温対応冷媒」「多段圧縮・エコマイザ」「排熱回収・温度リフト低減」と専門的に展開できます。

資源エネルギー庁も、200℃以下の低温蒸気需要ではヒートポンプを有力な選択肢としつつ、適用温度域、導入事例、設備費等を課題として、高効率ヒートポンプの開発・実証や適用温度域拡大を方向性として示しています。（[エネルギー庁](#)）

5. 不合格者と合格者の思考の違い

設問を読んだ箇所	不合格になりやすい思考	合格者の思考
電化方式	電気ボイラ、HP、IH を全部書こう	1 つなので HP に固定しよう
メリット	CO ₂ が減る	HP 固有の COP・排熱利用まで説明しよう
3 課題	コスト、人材、技術不足	熱・動力エネルギー機器の専門課題を 3 観点から抽出しよう
観点	とりあえず「技術面」を 3 回使う	技術、エネルギー利用、電力需給と多面化しよう
最重要課題	書きやすいものを選ぶ	社会目的への寄与度と他課題への波及性から選ぶ
解決策	HP を普及する、研究開発する	冷媒、圧縮機、サイクル、熱交換器等まで具体化する
リスク	「コストが高い」と戻る	解決した結果、新たに発生する問題を考える
全体構成	知っている知識を並べる	現状→課題→解決策→リスク→対策を一本につなぐ

6. 概要表

項目	内容
設問の概要 (現状・問題)	非化石エネルギーの多くは電力として需要側に供給される一方、民生・産業部門の熱需要では化石燃料の直接燃焼が依然として多い。化石燃料依存低減のため、熱需要の電化拡大が必要である。
電化方式	産業用ヒートポンプ。工場排熱、排水、外気等の低温熱を冷媒サイクルによって高温側へ汲み上げ、温水・蒸気等として工程へ供給する。

項目	内容
メリット	電気抵抗加熱と異なり、投入電力だけでなく周囲・排熱から熱を回収するため COP>1 となり、高効率化、省エネルギー、CO ₂ 削減、未利用熱利用を同時に実現できる。
技術課題①	観点：適用温度域・機器性能面。高温域に対応する高効率ヒートポンプの実現。産業熱には 100～200℃級の蒸気需要があり、熱源と供給温度との差である温度リフトが大きくなると圧縮比が増大し、吐出温度上昇や COP 低下を招く。
技術課題②	観点：エネルギー有効利用面。未利用排熱の高度利用。工場には排水・排気等として低温排熱が存在するが、温度・流量が変動し、需要側との時間・温度条件も一致しない。この排熱を安定したヒートポンプ熱源として利用することが課題。
技術課題③	観点：電力需給面。熱需要電化に伴う電力負荷の平準化。大容量 HP の同時稼働により受電ピークが増大する。再エネ出力変動も考慮し、熱需要と電力供給を協調させる必要がある。
最重要課題	高温域に対応する高効率ヒートポンプの実現。理由：産業熱需要の電化対象を拡大する基盤技術であり、高温化と高 COP を両立できなければ燃焼式ボイラからの転換が限定されるため。
解決策①	高温対応・低 GWP 冷媒の採用。冷媒物性、臨界温度、熱安定性等を踏まえ、高温域でも十分な圧力比・熱交換性能を得られる自然冷媒や低 GWP 冷媒を選定する。
解決策②	多段圧縮・中間冷却等によるサイクル高度化。二段圧縮、エコノマイザ、蒸気インジェクション等により一段当たり圧縮比と吐出温度を抑制し、高温域でも COP を確保する。
解決策③	排熱回収による温度リフト低減。排水・排気・冷却工程等の排熱を熱源とし、ピンチ解析等で熱源・熱需要を適切にマッチングする。熱交換器の高性能化と組み合わせで圧縮機動力を削減する。
リスク	大規模普及による電力ピーク増大と系統負荷増加。熱需要が集中する時間帯に多数の HP が運転すると契約電力・設備容量が増大し、電力需給逼迫時には熱供給安定性も低下する。
対策	蓄熱+EMS+DR による運転最適化。再エネ余剰時・電力低負荷時に HP を運転して温水・蒸気等を蓄熱し、ピーク時には蓄熱槽から供給する。EMS で電力価格・再エネ出力・熱需要予測を統合し、DR に応じて HP 運転を最適化する。

参考出典

- 資源エネルギー庁「第7次エネルギー基本計画（令和7年2月）」（[エネルギー庁](#)）
[資源エネルギー庁「エネルギー基本計画について」](#)

2. 資源エネルギー庁「2040 年度におけるエネルギー需給の見通し（関連資料）」
[（エネルギー庁）](#)
[2040 年度におけるエネルギー需給の見通し（関連資料）](#)
 3. 資源エネルギー庁「産業部門における温度帯別熱需要を踏まえた今後の対応」（[エネルギー庁](#)）
[産業部門における温度帯別熱需要を踏まえた今後の対応](#)
 4. 経済産業省東北経済産業局「東北地域の食品産業における省エネ・電化・非化石転換に向けた産業用ヒートポンプ導入ガイドブック」（[東北経済産業局](#)）
[産業用ヒートポンプ導入ガイドブック案内ページ](#)
 5. 資源エネルギー庁「エネルギー動向（2025 年 6 月版）第 1 章第 3 節 一次エネルギーの動向」（[エネルギー庁](#)）
[エネルギー動向・ヒートポンプ](#)
 6. NEDO「ヒートポンプ導入効果を定量評価できる『産業用ヒートポンプシミュレーター』を開発」（[NEDO](#)）
[NEDO 産業用ヒートポンプシミュレーター](#)
-

7. 1800 字程度の論文

1. 多面的な観点からの技術課題の抽出

0) 熱需要の電化を進めるうえで具体的な電化方式とメリット

電化方式として産業用ヒートポンプ（HP）を選択する。HP は工場排熱、排水、外気等の低温熱を冷媒の蒸発・圧縮・凝縮・膨張サイクルによって高温側へ汲み上げ、温水や蒸気として供給する。メリットは、投入電力に加えて未利用熱を利用するため COP が 1 を超え、電気抵抗加熱より高効率に熱供給できることである。これにより、省エネルギーと非化石電力利用による CO2 排出削減を同時に実現できる。

1) 高温域に対応する高効率 HP の実現

適用温度域・機器性能の観点で考えれば、**高温域に対応する高効率 HP の実現**が課題である。具体的には、産業部門では 100～200℃級の蒸気等が必要となる。一方、熱源温度と供給温度との差である温度リフトが増大すると、圧縮機の圧縮比や吐出温度が上昇して COP が低下する。このため、高温でも安定して高効率運転できる HP が必要である。

2) 未利用排熱の高度利用

エネルギー有効利用の観点で考えれば、**未利用排熱の高度利用**が課題である。具体的には、工場では排水、排気、冷却工程等から大量の低温排熱が発生するが、熱源の温度・流量が変動し、熱需要との時間的・温度的なミスマッチもある。このため、排熱を安定した HP 熱源として回収し、工程間で有効利用する必要がある。

3) 熱需要電化に伴う電力負荷の平準化

電力需給の観点で考えれば、**熱需要電化に伴う電力負荷の平準化**が課題である。具体的には、燃焼式ボイラから大容量 HP への転換が進むと、熱需要が集中する時間帯に受電電力のピークが増大する。また、太陽光・風力発電は出力が変動するため、電力供給量と熱需要を時間的に協調させる必要がある。

2. 抽出した技術課題のうち最も重要と考える技術課題と解決策

私は「**高温域に対応する高効率 HP の実現**」が最も重要な課題と考える。理由は、高温化と高 COP を両立して適用可能な温度域を拡大しなければ、燃焼式ボイラから HP への転換対象が限定され、産業熱需要の大幅な電化が進まないからである。

1) 高温対応・低 GWP 冷媒の採用

高温域に適した冷媒の採用が重要である。具体的には、臨界温度、圧力、熱安定性、材料適合性等を評価し、高温域でも十分な熱交換性能を確保できる自然冷媒や低 GWP 冷媒を採用する。さらに、冷媒特性に適した圧縮機、潤滑油及びシール材を選定し、高温・高圧条件での信頼性を確保する。

2) 多段圧縮によるサイクルの高効率化

圧縮過程の高効率化が重要である。具体的には、二段圧縮、中間冷却、エコノマイザ、蒸気インジェクション等を適用する。これにより、一段当たりの圧縮比と圧縮機吐出温度を低減し、圧縮動力を抑制することで、大きな温度リフトでも高い COP を確保する。

3) 排熱回収による温度リフトの低減

高温の未利用排熱を HP 熱源として優先利用することが重要である。具体的には、ピンチ解析等によって工場内の熱源と熱需要を温度帯別に把握し、排水・排気・冷却工程等から熱回収する。高性能熱交換器によって蒸発温度を高め、必要な温度リフトを縮小することで、圧縮機動力を低減してシステム COP を向上させる。

3. 解決策を実行しても新たに生じうるリスクと対策

1) リスク

リスクとしては、**HP の大量導入による電力ピークの増大と電力需給逼迫**がある。具体的には、高効率化・高温化によって産業熱需要への HP 導入が急速に進むと、多数の大容量圧縮機が同時稼働し、工場の最大受電電力や系統負荷が増大する。また、再生可能エネルギーの出力が低下する時間帯に熱需要が集中すれば、電力需給逼迫時の熱供給安定性が低下する。

2) 対策

対策としては、蓄熱と EMS・DR を組み合わせた HP 運転の最適化がある。具体的には、再生可能エネルギーの余剰時や電力低負荷時に HP を運転し、温水蓄熱槽や潜熱蓄熱材等へ熱を蓄える。ピーク時間帯には HP 出力を抑制して蓄熱から工程へ熱供給する。さらに、EMS で熱需要予測、電力価格、再エネ発電予測、蓄熱残量を統合し、DR 信号に応じて HP 群を最適制御する。これにより、熱需要の電化と電力系統の安定化を両立する。

この構成のポイントは、「高温 HP」という最重要課題に対して、冷媒→圧縮サイクル→熱源側の温度リフト低減という異なる技術レイヤーから 3 解決策を当てていることです。単なる「研究開発を進める」「普及を促進する」ではなく、機械部門「熱・動力エネルギー機器」の専門性が答案全体に現れます。マニュアルが重視する「自分の選択科目の内容を書く」という方向にも合致します。

また、最後を「HP の電力消費が問題」とするだけでは課題③の繰返しになりやすいため、**「解決策によって高温 HP の普及が成功する→大量普及した結果として系統ピークという新しいリスクが顕在化する」**という時間軸を意識して書くことが重要です。これにより、マニュアルの骨子表で求められている、現状・課題・解決策・解決後のリスク・対策の論理的な連鎖が明確になります。

以上