

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。

設問は以下のサイトをご覧ください。

https://www.engineer.or.jp/c_categories/index02022.html

今回の設問では、設問（１）で「技術課題」が問われ、設問（２）で「課題」が問われ、明らかに通常の出題形式と異なりました。そこで、今回は通常テンプレート（プロンプト）で概要論文を出力せずに、以下の手順で AI による概要論文を出力しました。

1. AI に設問（１）の技術課題と設問（２）の課題の意味を確認。
2. テンプレートの修正
3. 上記のテンプレートで AI による概要論文を出力

もし、今回の設問の様に通常テンプレート（プロンプト）が使えない場合、
「AI 論文作成プログラム」に参加して頂いた方には、サポートしますのでお気軽にマニュアルの巻末のお問い合わせからご連絡ください。

=====

この設問は、「脱炭素エネルギーそのもの」を説明する問題ではなく、それを社会実装する際に金属材料技術者として何を課題と認識し、どう解決し、対策後のリスクまで評価できるかを問う選択科目Ⅲです。

令和 8 年度の選択科目Ⅲは、「選択科目」についての問題解決能力及び課題遂行能力を問う 600 字×3 枚の問題です。複合的な問題を把握し、多様な視点から分析して、課題とその遂行を論理的・合理的に説明する能力が要求されています。また、マニュアルでも、選択科目Ⅲでは「複合的な問題や課題を把握し、社会的利益や技術的優位性などの多様な視点から調査・分析し、問題解決のための課題と遂行を説明できること」が重要とされています。

以下では、**洋上風力・水素・核融合（フュージョン）**の3つをエネルギー源として設定し、最重要課題を「水素エネルギー利用を支える耐水素金属材料の信頼性向上」として組み立てます。

1. 設問のテーマの社会目的

社会目的は、

2050年カーボンニュートラルの実現に向け、化石燃料への依存を低減し、CO₂を実質的に排出しない持続可能かつ安定的なエネルギー供給システムを構築すること

です。

さらに金属部門として読み替えると、

脱炭素エネルギーを安全・長寿命・低コストで社会実装できる金属材料・製造技術を確立すること

が技術的な目的になります。

第7次エネルギー基本計画でも、エネルギー安定供給、経済成長、脱炭素の同時実現が政策方向として示されています。（[経済産業省](#)）

2. 出題者の意図

出題者は単に、

「再生可能エネルギーを3つ知っていますか」

と聞いているわけではありません。

評価したいのは、主として次の流れです。

社会目的 → エネルギー源 → 金属材料の技術課題 → 最重要課題 → 活用上の具体的な材料課題 → 複数の対策 → 対策後にも残る材料リスク

を一貫した因果関係で説明できるかです。

特に選択科目Ⅲでは、専門知識の羅列よりも問題解決能力と課題遂行能力が中心です。マニュアルでも「最も重要な技術課題→解決策→対策実施後のリスク」という構造を重視しています。

3. 設問の重要な箇所と注意すべき箇所

最も重要なのは、設問中で繰り返される**「金属材料」**です。

(1)は「エネルギー一般の課題」ではなく、**金属材料としての技術課題**を答える必要があります。(2)ではさらに、選んだエネルギーを「活用」するときに生じる**金属材料固有の課題**まで掘り下げます。(3)も一般的な事業リスクではなく、**金属材料に関する技術リスク**です。

したがって、例えば「水素は高価である」「風力発電は地域合意が難しい」「核融合は開発費が大きい」だけでは、金属材料・生産システムの答案として弱くなります。

また、「技術課題」は単なる問題点ではなく、これから**実施すべき方向**として表現するのが重要です。

例えば、

×「水素脆化が発生する。」

より、

○「耐水素脆化特性に優れた金属材料の開発・適用が課題である。」

とします。

4. 論文作成上のポイント

この問題では、3つのエネルギー源を**金属材料の劣化機構が明確に異なるもの**にすると、専門性を示しやすくなります。

今回は、

洋上風力 → 腐食・腐食疲労

水素 → 水素脆化・疲労き裂進展

核融合 → 高エネルギー中性子による照射損傷

と整理します。

特に水素を最重要とすれば、材料選定、組織制御、表面処理、溶接、非破壊検査、疲労寿命評価など、「金属材料・生産システム」の専門知識を展開しやすくなります。

最重要理由も、「何となく重要」ではなく社会目的と結び付けます。マニュアルでは、重要課題を選ぶ理由として「目的に対する効果」「予算」「実施順序」「公衆安全」等が例示されています。今回は公衆安全＋水素社会実装への波及性で説明します。

5. 不合格者と合格者の思考の違い

設問を見たとき	不合格になりやすい思考	合格答案につながる思考
エネルギー源 3 つ	とりあえず再エネを 3 つ挙げる	金属材料の専門性を展開できる 3 つを選ぶ
(1) 技術課題	発電コスト、人材不足など一般論を書く	腐食、水素脆化、照射損傷など材料課題に落とす
課題表現	「〇〇が不足している」	「〇〇の高耐久化・長寿命化を図る」
最重要課題	書きやすいものを選ぶ	社会目的・安全・波及効果から理由付けする
(2)	対策を思いつくまま列挙	劣化機構→原因→対策の因果関係で展開する
専門知識	「高強度材料を使う」	水素助長疲労、マルテンサイト、残留応力、シヨットピーニング等を使う
(3)	対策すれば問題解決として終わる	対策によっても残る／新たに生じる劣化モードを考える
全体	エネルギー論を書く	最初から最後まで「金属材料技術者」として書く

6. 概要表

マニュアルでは、選択科目Ⅲについて「現状・問題→技術課題→解決策→リスク等」の骨子表を先に整理する方法が採られています。

項目	骨子
設問の概要 (現状・問題)	2050 年カーボンニュートラルに向け、化石燃料燃焼に依存しないエネルギーへの転換が必要である。一方、その社会実装には、過酷環境で長期間使用される構造・機能金属材料の信頼性確保が不可欠である。
エネルギー源①	洋上風力発電
技術課題①	海洋環境下における構造用金属材料の耐食・耐疲労性向上。海塩粒子、海水、波浪・風による繰返し荷重を受けるため、腐食と疲労の相互作用による寿命低下を抑制する。

項目	骨子
エネルギー源②	水素エネルギー
技術課題②	水素環境下における金属材料の耐水素脆化性・長期信頼性向上。製造・輸送・貯蔵・利用設備の高圧化・大型化に伴う水素脆化と疲労強度低下を抑制する。
エネルギー源③	核融合（フュージョン）エネルギー
技術課題③	高エネルギー中性子照射環境に耐える低放射化・耐照射金属材料の開発。照射欠陥、He・H生成等による硬化・脆化・延性低下を抑制する。
最重要課題	水素環境下における金属材料の耐水素脆化性・長期信頼性向上
選定理由	水素は発電のみならず、産業、輸送、エネルギー貯蔵等に横断的に利用できる。一方、高圧水素設備の破壊は公衆安全に直結するため、材料信頼性の確保が水素社会実装の前提になる。
活用における金属材料の課題	高圧水素環境で侵入した原子状水素が転位・粒界・介在物等に作用し、延性・疲労強度を低下させる。特に溶接熱影響部、応力集中部、高強度鋼では水素助長疲労・遅れ破壊が懸念される。
対策①	耐水素脆化材料の適用・組織制御：オーステナイト系ステンレス鋼等を適材適所で用いる。成分・熱処理・結晶粒・析出物を制御し、水素トラップサイトと局所脆化を抑制する。
対策②	表面改質・溶接部の健全性向上：水素透過抑制皮膜、ショットピーニング等による圧縮残留応力付与、溶接施工条件・入熱・後熱処理の最適化を行う。
対策③	水素環境を考慮した寿命評価・保全高度化：高圧水素中 SSRT・疲労試験で材料データを蓄積し、破壊力学的評価、AE・UT 等の非破壊検査、状態監視による予知保全を行う。
残存する技術リスク	材料・表面処理・検査を高度化しても、長期使用に伴う微小欠陥への水素集積、皮膜損傷、溶接部の局所組織差、圧力サイクルとの重畳により水素助長疲労き裂が進展し、予測寿命より早く破損するリスクが残る。

水素については、NEDO でも高圧状態における金属材料の水素脆化、長期使用、加工・溶接・表面修飾等の影響が研究対象とされています。[\(NEDO\)](#) 核融合についても、QST は中性子照射による材料特性劣化や、耐照射性を備えた低放射化フェライト鋼の開発を進めています。[\(QST\)](#)

参考とした主な出典

1. [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）」](#)
2. [経済産業省「水素基本戦略」掲載ページ](#)

3. [資源エネルギー庁「2025 年、日本の洋上風力発電～今どうなってる？これからどうなる？～」](#)
 4. [NEDO「水素先端科学基礎研究事業」事後評価資料](#)
 5. [量子科学技術研究開発機構「核融合炉材料研究開発部」](#)
 6. [内閣府「フュージョンエネルギー・イノベーション戦略」](#)
 7. [資源エネルギー庁「エネルギー白書 2025—再生可能エネルギーの長期電源化に向けた取組」](#)
-

7. 概要表から作成した約 1800 字の論文

以下は、指定された章立てに合わせた答案例です。マニュアルが推奨する「設問 (1) (2) (3) に対応させる章立て」をベースにしています。

1. 技術課題の抽出

0) 化石燃料に代わるエネルギー源として期待される 3 つ

2050 年カーボンニュートラルの実現に向け、化石燃料に代わるエネルギー源として、①洋上風力発電、②水素エネルギー、③核融合（フュージョン）エネルギーの 3 つを挙げる。

1) 洋上風力発電用金属材料の長寿命化

海洋環境下における構造用金属材料の耐食・耐疲労性向上が技術課題である。具体的には、洋上風力設備の基礎、タワー等は海塩粒子や海水に曝されるとともに、風・波浪による繰返し荷重を受ける。このため、局部腐食を起点とした腐食疲労き裂が発生・進展し、長期使用時の構造健全性が低下する。そこで耐食鋼、防食被覆等を活用し、腐食疲労を抑制する必要がある。

2) 水素利用設備の材料信頼性向上

水素環境下における金属材料の耐水素脆化性・長期信頼性向上が技術課題である。具体的には、水素の大量利用には高圧貯蔵容器、配管、バルブ等が必要となる。しかし、高圧水素環境では金属中に侵入した水素により延性や疲労強度が低下し、特に高強度鋼、溶接熱影響部及び応力集中部では水素助長疲労や遅れ破壊が懸念される。このため水素脆化を抑制する材料技術の確立が必要である。

3) 核融合炉用金属材料の耐照射性向上

高エネルギー中性子照射環境に耐える低放射化・耐照射金属材料の開発が技術課題である。具体的には、核融合炉のブランケット等の構造材料は 14MeV 級の中性子に長期間曝される。これにより格子欠陥や He、H が生成し、照射硬化、脆化、延性低下等が生じる。こ

のため、低放射化フェライト鋼等について組成・微細組織を最適化し、耐照射性と構造健全性を確保する必要がある。

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活用における金属材料の課題と対策

私は「水素環境下における金属材料の耐水素脆化性・長期信頼性向上」が最も重要な技術課題と考える。理由は、水素は発電だけでなく産業、輸送及びエネルギー貯蔵等に幅広く利用できる一方、高圧水素設備の破損は公衆安全に直結し、材料信頼性の確保が社会実装の前提だからである。

水素の活用において、金属中への水素侵入による延性・疲労強度の低下を防止し、長期構造健全性を確保することが課題である。以下にこの課題の対策を示す。

1) 耐水素脆化材料の適用と組織制御

使用環境に応じた材料選定と金属組織の最適化が重要である。具体的には、耐水素脆化性に優れるオーステナイト系ステンレス鋼等を適材適所に採用する。また、合金成分、熱処理、結晶粒径及び析出物を制御し、水素の局所集積とき裂発生を抑制する。さらに必要強度を満足しつつ過度な高強度化を避け、水素脆化感受性を低減する。

2) 表面改質及び溶接部の健全性向上

金属内部への水素侵入と局所的な引張応力を低減することが重要である。具体的には、水素透過抑制皮膜を適用するとともに、ショットピーニング等により表面へ圧縮残留応力を付与する。また、溶接入熱、予熱・後熱処理等を適正化し、硬化組織及び引張残留応力を低減して溶接熱影響部からのき裂発生を抑制する。

3) 水素環境下での寿命評価・保全の高度化

水素の影響を考慮した設計・保全体系を構築することが重要である。具体的には、高圧水素環境下で SSRT、疲労試験、疲労き裂進展試験等を実施し、材料強度データを蓄積する。さらに破壊力学に基づく許容欠陥寸法及び検査周期を設定し、UT や AE 等の非破壊検査と状態監視を組み合わせた予知保全を実施する。

3. 対策を実行した場合、金属材料に関する残存する技術リスク

残存する技術リスクとしては、長期使用による水素助長疲労き裂が想定以上に進展し、設備が早期破損するリスクがある。具体的には、上記対策を実施しても、圧力サイクルの繰返しによって表面皮膜が局所的に損傷すれば水素侵入量が増加する。また、溶接部の微小欠陥、介在物、局所的な組織差等に水素が集積し、疲労き裂の発生・進展が加速する可能性が残る。したがって、実機から得られる損傷データを材料データベース及び寿命予測モデルへ継続的にフィードバックし、検査周期や交換基準を更新することで長期信頼性を確保する。

この構成の強みは、「エネルギーの話」から途中で逸脱せず、なおかつ全章を金属材料の専門技術で貫いていることです。特に(3)を「事故が起きる」だけで終わらず、皮膜損傷→水素侵入→微小欠陥への集積→水素助長疲労き裂進展→早期破損という材料学的な因果関係まで書くことで、選択科目Ⅲで求められる問題解決・評価能力を示しやすくなります。

以上