

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

=====

以下は、令和8年度からの改訂版コンピテンシーと「選択科目Ⅲ論文作成マニュアル」の考え方を踏まえ、さらに設問の背景資料を外部資料で確認して組み立てた回答です。選択科目Ⅲでは、単なる知識量ではなく、複合的な問題から技術課題を抽出し、多様な視点から分析して、合理的な解決策と将来リスクへの対応まで論理的に示す能力が評価されます。

1. 設問のテーマの社会目的

この設問の社会目的は、

繊維製品の製造・設計段階から繊維折損・脱落を抑制し、合成繊維由来のマイクロプラスチックの環境への流出を低減することで、海洋生態系を保全しつつ、持続可能な繊維産業を実現すること

です。

ここで重要なのは、「洗濯排水をきれいにすること」だけを目的にしないことです。

設問は明確に、

「繊維の折損」→「繊維断片の発生」→「水系・大気への排出」→「海洋への流出」

という因果関係を設定しています。

したがって、最上流である**繊維・糸・布帛の製造・設計段階**で、そもそも折損・脱落しにくくすることが中心テーマです。

IUCN の 2017 年報告書は一次マイクロプラスチックの海洋流出を定量化した初期の代表的資料であり、現在では OECD や EU も、使用・排水処理だけではなく、繊維の設計・製造段階からの発生源対策を重視しています。[\(IUCN ポータル\)](#)

2. 出題者の意図

この問題では主として次の能力を見ています。

選択科目Ⅲは「問題解決能力及び課題遂行能力」を問う科目であり、令和 8 年度の評価では、専門的学識、問題解決、評価、コミュニケーションが対象です。

したがって出題者は、

「マイクロプラスチックは問題だ」と説明できるか

ではなく、

「紡糸・加工糸及び紡績・製布の専門技術者として、繊維折損の発生メカニズムを分析し、製造・設計条件まで遡って技術的に解決できるか」

を見ています。

特に重要なのは、繊維材料、糸構造、布帛構造、加工条件、評価技術を相互に関連付けることです。

令和 8 年度の「紡糸・加工糸及び紡績・製布」は、紡糸方法・設備・特性評価に加え、加工糸、紡績、編織、不織布等の製造方法・設備・特性評価を対象としています。したがって、答案もこの専門領域から外れないことが重要です。

3. 設問の重要な箇所と注意すべき箇所

特に重要なのは次の 5 点です。

設問の表現	読み取るべき意味
「繊維の折損が…排出原因となっていることを前提」	原因を別のものに置き換えない

設問の表現	読み取るべき意味
「多面的な観点」	3 課題を異なる切り口から抽出する
「製造・設計にかかわる技術課題」	下水処理・海洋回収だけに逃げない
「最も重要とした理由」	3 課題から合理的に優先順位を付ける
「将来的な懸念事項」	解決策によって新しく発生する副作用・トレードオフを書く

特に注意したいのが、「洗濯機にフィルターを付ける」「下水処理場で除去する」だけで答案を組み立てることです。

それらは有効な社会的対策ですが、本問(1)は「繊維製品の製造・設計にかかわる技術課題」と指定しています。

さらに、問題文は「折損」を根本要因としています。

したがって、

回収する技術

より一段上流の、

折れない・抜けない・脱落しない繊維、糸、布帛をどう設計・製造するか

に答案の重心を置くべきです。

4. 論文作成上のポイント

マニュアルでは、選択科目Ⅲについて「社会的ニーズや技術進歩に伴うエンジニアリング問題」から技術課題を抽出し、多様な視点から分析して解決手法と遂行方策を示すことが求められています。また、骨子表で「現状・問題→観点・技術課題→解決策→懸念事項→対応策」を整理する方法が示されています。

今回なら、論理の主軸を

折損メカニズム → 発生要因 → 技術課題 → 発生源対策 → 新たなトレードオフ

とすると書きやすくなります。

また、改訂版コンピテンシーでは、問題発生要因・制約要因を抽出して分析することが明示されています。

したがって、「高強度化が課題である」だけでは弱く、

なぜ折損するのか → 何を制御すればよいか → その結果何が改善するのか

まで書くことがポイントです。

5. 不合格者と合格者の思考の違い

着眼点	不合格になりやすい思考	合格答案につながる思考
問題認識	海洋プラスチックが問題	繊維折損による断片化が発生源
対策位置	海に出てから回収	製造・設計段階で発生抑制
課題	「対策が不足」	「耐折損性を高める繊維設計の高度化」
観点	環境・コスト・技術	材料、糸構造、布帛・評価など専門的切り口
解決策	啓発、規制、フィルター	分子・繊維構造制御、糸構造最適化、布帛設計・評価
専門性	「丈夫な繊維にする」	分子配向、結晶化度、織度、撚係数、毛羽、組織密度等
最重要課題	何となく選ぶ	発生源・波及範囲・実効性から選ぶ
懸念事項	マイクロプラスチックが残る	高耐久化とリサイクル性等のトレードオフ
対策	さらに強くする	LCA・循環設計を含め全体最適化

6. 概要表

まず一本の論理に固定する

この問題では、

「折損しにくい繊維」→「脱落しにくい糸」→「断片を発生しにくい布帛」→「標準試験で検証」

という流れが非常に使いやすいです。

項目	内容
設問の概要（現状・問題）	合成繊維は洗濯だけでなく着用・メンテナンス時にも摩擦、繰返し曲げ等により折損・断片化し、水系・大気を経由して環境へ流出する。繊維製品のライフサイクル全体で繊維断片が発生するため、製造・設計段階から発生源対策が必要である。

項目	内容
技術課題 ①	材料設計の観点：耐折損性に優れた繊維設計の高度化。繊維の分子配向・結晶構造、繊維度、断面形状等は引張・曲げ・摩耗特性に影響する。使用中の繰返し曲げや摩擦に耐え、断片化しにくい繊維構造を設計する必要がある。
技術課題 ②	糸構造の観点：繊維脱落を抑制する糸構造の最適化。紡績糸等では表面毛羽や繊維端が摩擦を受けやすく、折損・脱落につながる。このため、撚係数、繊維長、糸密度等を適正化し、毛羽を抑えて繊維を強固に拘束する必要がある。
技術課題 ③	布帛設計・品質評価の観点：低脱落布帛の設計と繊維断片放出量評価の高度化。起毛等の表面構造や組織条件により繊維脱落量が増加するため、組織・密度・表面構造を最適化するとともに、ISO 4484 シリーズ等を用いて定量評価し設計へフィードバックする必要がある。
最重要課題	耐折損性に優れた繊維設計の高度化
理由	繊維自体の折損を抑制できれば、糸・布帛・衣服の各段階における水系・大気系双方への断片発生を源流から低減でき、製品ライフサイクル全体への波及効果が大きい。
解決策①	高靱性繊維の設計。紡糸・延伸・熱処理条件を最適化し、分子量、分子配向、結晶化度、非晶相を制御することで、強度だけでなく破断伸度、曲げ疲労耐久性、耐摩耗性をバランスさせる。
解決策②	糸構造の最適化。長繊維化、紡績糸の撚係数・繊維長・毛羽の最適化、エア交絡等により繊維間拘束力を向上し、表面繊維の突出・折損・脱落を抑制する。
解決策③	低脱落布帛設計と定量評価。高脱落につながる過度な起毛等を抑制し、編織組織、密度、表面構造を最適化する。ISO 4484-1、4484-2、4484-3 等に基づき洗濯時の材料損失や繊維断片を評価し、設計条件へフィードバックする。
懸念事項	高耐久化を優先することで高結晶化・複雑な複合化・コーティング等が進み、風合い、染色性、リサイクル性が低下する可能性がある。また耐久化による環境負荷低減効果以上に製造エネルギーや材料負荷が増えるおそれがある。
対策	LCA と Design for Recycling による多目的最適化。マイクロファイバー放出量だけでなく、耐久性、製造時 GHG、資源循環性、風合い等を評価指標として設計し、可能な限り単一素材化、易解体・易リサイクル設計を進める。

OECD も、繊維の選択、糸種、布帛構造、仕上げ、製造後工程などがマイクロファイバー放出量に影響すると整理しており、起毛・ブラッシング等の機械的仕上げは放出増加と関連するとしています。(OECD) ISO 4484-1 は洗濯条件下での布帛からの材料損失、4484-2 は粒子数・形態・寸法分布・ポリマー種等、4484-3 は家庭洗濯による繊維製品からの放出物質量の評価方法を定めています。(ISO)

参考出典

1. [IUCN「Primary Microplastics in the Oceans: A Global Evaluation of Sources」](#)
2. [EURATEX「Cross Industry Agreement」](#)
3. [OECD「Policies to Reduce Microplastics Pollution in Water」](#)
4. [European Commission「EU Strategy for Sustainable and Circular Textiles」](#)
5. [European Environment Agency「Microplastics from textiles: towards a circular economy for textiles in Europe」](#)
6. [ISO「ISO 4484-1:2023 Textiles and textile products – Microplastics from textile sources – Part 1」](#)
7. [ISO「ISO 4484-2:2023 Textiles and textile products – Microplastics from textile sources – Part 2」](#)
8. [ISO「ISO 4484-3:2023 Textiles and textile products – Microplastics from textile sources – Part 3」](#)

なお、CIAは繊維断片化が洗濯だけでなく製品ライフサイクルの各段階で起こり得ると整理しています。(EURATEX)

7. 約1800字の論文例

以下は、上記骨子を答案化したものです。指定された章立てを維持しています。

1. 多面的な観点からの技術課題の抽出

1) 耐折損性に優れた繊維設計の高度化

材料設計の観点で考えれば、耐折損性に優れた繊維設計の高度化が課題である。具体的には、合成繊維は洗濯時だけでなく、着用・メンテナンス時にも摩擦や繰返し曲げ等の機械的作用を受け、表面損傷や疲労が蓄積して折損する。生じた微細な繊維断片は排水や大気を経由して海洋へ流出する。このため、紡糸・延伸・熱処理条件を適正化し、分子配向、結晶構造、織度、断面形状等を制御して、強度と靱性、曲げ疲労耐久性、耐摩耗性を両立させる必要がある。

2) 繊維脱落を抑制する糸構造の最適化

糸構造の観点で考えれば、繊維脱落を抑制する糸構造の最適化が課題である。具体的には、紡績糸等の表面に存在する毛羽や繊維端は、着用や洗濯に伴う摩擦を受けやすく、折損した繊維が糸から脱落する起点となる。このため、使用する繊維長や紡績方式、撚係数、糸密度等を適正化し、毛羽を低減するとともに繊維間の拘束力を向上させ、繊維断片の発生・脱落を抑制する必要がある。

3) 低脱落布帛の設計と繊維断片放出量評価の高度化

布帛設計・品質評価の観点で考えれば、低脱落布帛の設計と繊維断片放出量評価の高度化が課題である。具体的には、編織組織、密度、表面構造や起毛等の加工条件によって、摩擦時の繊維への負荷と断片放出量は異なる。このため、布帛構造を低脱落化するとともに、ISO 4484 シリーズ等に基づいて洗濯等による材料損失や繊維断片を定量評価し、その結果を製品設計へフィードバックする必要がある。

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解決策

私は「耐折損性に優れた繊維設計の高度化」が最も重要な課題と考える。理由は、繊維自体の折損を抑制すれば、その下流にある糸、布帛、衣服の各段階において、水系及び大気系双方への繊維断片の発生を源流から低減できるからである。

1) 高靱性繊維の設計

強度と靱性を両立した耐折損繊維の開発が重要である。具体的には、熔融紡糸時の冷却条件、延伸倍率、熱処理条件等を最適化し、分子配向度や結晶化度、結晶・非晶相の構造を制御する。単純な高強度化ではなく、破断伸度、曲げ疲労耐久性及び耐摩耗性を含めて最適化し、繰返し変形による亀裂の発生・進展を抑制する。

2) 糸構造による繊維拘束力の向上

糸表面からの繊維脱落を抑制することが重要である。具体的には、用途に応じた長繊維化に加え、紡績糸では繊維長、撚係数及び毛羽を最適化する。また、フィラメント糸ではエア交絡等を活用して集束性を高める。これにより、表面繊維の突出を減少させ、摩擦による折損と繊維断片の脱落を抑制する。

3) 低脱落布帛設計と定量評価

布帛構造を最適化し、繊維断片の放出量を定量管理することが重要である。具体的には、過度な起毛等を抑制するとともに、編織組織、糸密度及び表面構造を用途に応じて最適化する。さらに ISO 4484 シリーズ等を活用して、洗濯による材料損失量、繊維断片の粒子数、寸法分布等を評価し、結果を繊維・糸・布帛設計へフィードバックすることで継続的に放出量を削減する。

3. 解決策に関連して新たに浮かび上がってくる将来的な懸念事項と対策

1) 懸念事項

懸念事項としては、繊維の耐久性向上と他の環境性能とのトレードオフがある。具体的には、耐折損性を優先して高結晶化や複合化、表面被覆等を過度に進めると、風合いや染色性等の商品性能を損なうほか、異種素材の複合化によりマテリアルリサイクルが困難とな

る。また、耐久性向上のための製造エネルギー増加により、ライフサイクル全体では環境負荷が増大する可能性がある。

2) 対策

対策としては、LCA と資源循環性を取り入れた繊維製品の多目的最適設計がある。具体的には、繊維断片放出量のみを評価するのではなく、耐久寿命、製造時のエネルギー消費及び GHG 排出量、リサイクル性、風合い等を評価指標として LCA を行う。また、可能な限り単一素材化するとともに、Design for Recycling の考え方を導入する。これにより、マイクロプラスチック排出抑制と製品性能、資源循環性を両立し、繊維製品のライフサイクル全体で環境負荷を最小化する。

この答案で特に強い部分は、**「マイクロプラスチック対策」ではなく、「紡糸・加工系及び紡績・製布の技術者として折損メカニズムを上流から制御する答案」**になっている点です。

また、設問(3)では単に「まだマイクロプラスチックが発生する」と書くのではなく、**解決策を実施した結果、新しく生じるトレードオフを懸念事項にするのが重要です**。EU の繊維戦略も耐久性だけでなく、修理可能性、リサイクル性、マイクロプラスチック放出等をライフサイクル全体で扱っており、この方向性とも整合します。[\(Environment\)](#)

なお、マニュアルでは、課題抽出過程に根拠となるデータ・数値を盛り込み、現状・課題・解決策を具体化することも推奨されています。本番用にさらに完成度を上げるなら、次の修正ポイントは**「1800 字の制限の中で、35%など問題文の数値に加え、ISO 4484 や繊維放出量に関する数値をどこに 1~2 個だけ配置するか」**です。

以上