

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、**選択科目Ⅲ＝「問題解決能力及び課題遂行能力」を示す論文**として整理しま
す。令和8年度の試験案内でも、選択科目Ⅲは「複合的な問題や課題を把握し、多様な視
点から分析し、問題解決の手法と遂行方策を論理的・合理的に説明する能力」が問われて
います。

また、マニュアルが重視する「現状・問題→観点→技術課題→解決策→リスク→対策」の
論理的なつながりと、課題抽出過程を具体的データで裏付ける考え方を反映しています。

なお、設問は**「揚泥した後の精鉱まで」**に限定しています。したがって、6,000m から
の揚泥そのものを主課題にすると設問から外れやすい点が最大の注意事項です。

1. 設問のテーマの社会目的

社会目的は、

**南鳥島周辺 EEZ のレアアース泥から、環境負荷と処理コストを抑えながら有用なレアア
ースを高品位化し、商業的に成立する国産レアアース生産システムを構築することで、レア
アースの安定供給と経済安全保障、我が国の先端産業の国際競争力を確保すること**

です。

国の SIP 第3期でも、南鳥島 EEZ のレアアース泥について、特定国依存からの脱却と国内
供給力の強化を目指し、選鉱・製錬・製品化まで含めた経済的な一貫供給システムの構築
を進めています。(JAMSTEC)

つまり、この問題で単に「レアアース濃度を上げる技術」を書くだけでは不十分です。

資源循環・環境浄化の専門家として、資源回収率・品位・処理量・廃棄物・水利用・環境負荷・経済性を統合して商業化する

ところまで考える必要があります。

2. 出題者の意図

この設問の中心は、レアアース泥についての知識量そのものではありません。

選択科目Ⅲでは、マニュアル上も「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多様な視点から調査・分析し、課題とその遂行を論理的・合理的に説明できること」が重要です。

出題者は主として次の能力を確認していると考えます。

問い	確認される能力
(1)	商業化を阻害する問題を分析し、多面的な観点から技術課題へ変換できるか
(2)	最重要課題を選択し、専門技術による具体的な解決策を組み立てられるか
(3)	解決策の副作用・トレードオフまで予測し、専門技術で管理できるか

特に「資源循環及び環境浄化の技術者として」が2回明記されています。

したがって、海洋掘削技術者の論文ではなく、選鉱、固液分離、脱水、水循環、残渣処理、環境負荷低減などを中心とした論文にするのが重要です。

3. 重要な箇所・注意すべき箇所

最重要ワードは、

「揚泥した後」

「精鉱まで」

「商業化」

「多面的な観点」

「資源循環及び環境浄化の技術者」

です。

特に注意すべきなのは対象範囲です。

× 設問から外れやすい論点

「水深 6,000m から安定して揚泥することが課題である」

これは重要な国家的技術課題ですが、今回問われているのは揚泥後です。

○ 設問に合う論点

「揚泥スラリーを高効率に分級し、レアアース濃集鉱物を選択回収して精鉱品位を向上させることが課題である」

さらに、「不足している」「確立されていない」を課題にするより、

「〇〇の高効率化」

「〇〇の向上」

「〇〇の低減」

「〇〇の構築」

という、将来実現すべき状態として書く方が課題として整理しやすくなります。

4. 論文作成上のポイント

この問題では、次の一本の因果関係を崩さないことが重要です。

大量の低品位スラリーを処理する必要がある

- 商業化には処理量・コスト・環境負荷が問題になる
- したがって上流側で不要な微粒子を除去し、精鉱量を減らす
- 分級・選鉱を高効率化する
- 後段の脱水・輸送・処理負荷も低減する
- ただし微粒側への REE 損失や排水・残渣が新たなリスクになる
- 閉回路化・再選鉱・水処理・残渣管理で抑制する

という構造です。

特に使いやすい専門キーワードは、

BCP（生物源リン酸カルシウム）、アパタイト、粒径分級、20 μm 、ハイドロサイクロン、カットサイズ、分級効率、REE 回収率、精鉱品位、固液分離、凝集沈殿、フィルタープレス、マッドケーキ、プロセス水循環、閉回路化、物質収支

です。

研究では、レアアースの大半を含む BCP を粒径分離で選択回収でき、20 μm を基準としたハイドロサイクロン分級により品位向上率が最大 2.6 倍になったことが報告されています。[\(東京科技大学\)](#)

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	合格論文につながる思考
問題範囲	レアアース泥全般を書く	「揚泥後～精鉱」に限定
課題	「技術が未確立」	「高効率選鉱の実現」
観点	技術・コスト・環境と単語だけ書く	各観点から問題を分析して課題を導く
商業化	とにかく REE を回収する	品位・回収率・処理量・コストを同時最適化
専門性	「不純物を除去する」	ハイドロサイクロン、BCP、固液分離等を書く
解決策	似た選鉱法を 3 つ並べる	分級→安定化→脱水・水循環とシステム化
環境	「環境影響を低減する」だけ	排水・残渣・薬剤・微粒子の物質収支まで考える
リスク	最初から存在する問題を書く	3 解決策を全部実行した結果、新たに生じる問題を書く
全体構成	知識の羅列	現状→問題→課題→解決策→新リスク→対策

6. 概要表

マニュアルでも、骨子表で「現状・問題」「観点・技術課題」「解決策」「解決策実行後の影響」「対応策」を一貫させる構成が示されています。

項目	内容
設問の概要 (現状・問題)	我が国はレアアースの安定供給確保が重要であり、南鳥島周辺 EEZ のレアアース泥の産業化が期待される。国は採鉱から分離・精製まで一連の生産プロセスの実証を進めている。2026 年には水深 5,569m から連続揚泥に成功し、約 50t のレアアース泥を回収した。今後は揚泥スラリーの脱水、分離・精製・製錬を含む産業規模のプロセス実証が必要である。(JAMSTEC)
技術課題 ①：資源回収・経済性の観点	高効率な選鉱による精鉱品位及び REE 回収率の向上。レアアースは主として比較的大粒径の BCP・アパタイトに濃集する一方、20 μm 以下の低品位微粒子の重量割合が大きい。そこで不要な微粒子を除去して処理対象量を減らしつつ、REE を精鉱側へ高回収する必要がある。20 μm を基準とする分級では最大 2.6 倍の品位向上が確認されている。(東京科技大学)
技術課題 ②：プロセ	大量スラリーに対応した連続固液分離・脱水プロセスの安定化。揚泥物は大量の海水を含むスラリーであり、産業化には濃縮、脱水、マッドケーキ化

項目	内容
ス安定性の観 点	まで連続処理し、後段輸送量と処理負荷を低減する必要がある。2027 年の試験でも南鳥島で脱水し、マッドケーキとして本土輸送する計画である。 (JAMSTEC)
技術課題 ③：環境負 荷低減の観 点	プロセス水・選鉱残渣の循環利用と適正管理。 商業規模では大量の分離水と低品位泥が発生するため、濁質・微粒子の外部放出を抑え、水の再利用と残渣量低減を図る必要がある。海洋鉱物資源開発では環境負荷の小さい生産技術そのものが社会実装条件である。(JAMSTEC)
最重要課題	高効率な選鉱による精鉱品位及び REE 回収率の向上
理由	選鉱段階で不要な低品位泥を除去すれば、後段の脱水・輸送・精製対象量を減らし、設備容量、エネルギー消費、薬剤使用量、残渣量を同時に削減できるため、経済性と環境性の双方を左右する上流側の中核技術だからである。
解決策①	ハイドロサイクロンによる粒径分級の高度化。 BCP 等の REE 濃集粒子と低品位微粒子との粒径差を利用し、20 μ m 付近を基準として分級する。流入圧力、固体濃度、サイクロン径等を最適化し、精鉱品位と REE 回収率を両立する。
解決策②	原料変動に対応するオンライン選鉱制御の導入。 揚泥スラリーの粒度分布、固体濃度、REE 品位等を連続計測し、カットサイズ、流量、圧力等をフィードバック制御する。複数段サイクロン・再選鉱により REE 損失を抑制する。
解決策③	固液分離・脱水・プロセス水循環の一体化。 分級後精鉱をシックナー、凝集処理、フィルタープレス等で脱水してマッドケーキ化する。分離水を処理してプロセス水として循環利用し、取水量・排水量・輸送重量を低減する。
リスク	選鉱を強化すると、REE を含む微細 BCP がオーバーフロー側へ移行して資源回収率が低下するとともに、微粒子を多く含む大量の分離水・低品位残渣が発生するリスクがある。循環水中への微粒子・溶存成分の蓄積により分級性能が低下する可能性もある。
対策	オーバーフローの再選鉱、凝集沈殿・膜処理等による微粒子回収、オンライン物質収支による REE ロス管理を実施する。また、循環水の濁度・SS・溶存成分を監視し、必要量を浄化・ブローして水質を管理する。残渣については成分・溶出特性を評価した上で再資源化又は適正処分する。

参考出典

1. 経済産業省「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画を改定しました」
[経済産業省・海洋エネルギー・鉱物資源開発計画](#)
2. 海洋研究開発機構「SIP3 海洋安全保障プラットフォームの構築」
[SIP3 海洋安全保障プラットフォームの構築](#)

3. 海洋研究開発機構「南鳥島 EEZ 海域でのレアアース泥採鉱システム接続試験の結果について」
[JAMSTEC 採鉱システム接続試験結果](#)
 4. 海洋研究開発機構「SIP3 研究開発テーマーレアアース生産技術の開発」
[SIP3 研究開発テーマ](#)
 5. 東京工業大学「南鳥島レアアース泥の資源分布の可視化と高効率な選鉱手法の確立に成功」
[東京工業大学・高効率選鉱手法](#)
 6. 東京大学「南鳥島沖に眠る世界需要の数百年分のレアアース資源」
[東京大学・南鳥島レアアース泥研究](#)
 7. JOGMEC「海洋鉱物資源の概要／レアアース泥」
[JOGMEC・レアアース泥](#)
-

7. 約 1800 字の論文例

1. 多面的な観点からの技術課題の抽出

1) 精鉱品位及び REE 回収率の向上

資源回収及び経済性の観点で考えれば、高効率な選鉱による精鉱品位及び REE 回収率の向上が課題である。具体的には、揚泥されたレアアース泥は大量の海水と低品位微粒子を含むスラリーであり、その全量を後段で処理すれば、脱水、輸送、精製等の設備容量やエネルギー消費が増大する。一方、レアアースは主として比較的大粒径の生物源リン酸カルシウム（BCP）に濃集しており、 $20\mu\text{m}$ 以下の粒子は低品位かつ重量割合が大きい。このため、REE 濃集粒子を選択的に回収し、処理量を削減しながら精鉱品位と回収率を両立させる必要がある。

2) 連続固液分離・脱水プロセスの安定化

プロセス安定性の観点で考えれば、大量スラリーに対応した連続固液分離・脱水プロセスの安定化が課題である。具体的には、商業化では大量の揚泥スラリーを連続処理する必要があり、粒度や固体濃度の変動により分級性能や脱水性能が変化する。また、大量の海水を含む状態で輸送すれば輸送重量とコストが増大する。このため、選鉱後の精鉱を安定して濃縮・脱水し、輸送可能なマッドケーキとする一連の処理システムが必要である。

3) プロセス水・選鉱残渣の循環利用

環境負荷低減の観点で考えれば、プロセス水・選鉱残渣の循環利用と適正管理が課題である。具体的には、分級・脱水に伴い大量の分離水と低品位泥が発生する。これらをそのまま外部へ排出すれば、濁質の拡散や廃棄物量の増大を招く。このため、分離水の循環利用、微粒子の回収及び残渣の再資源化を進め、資源消費と環境負荷を最小化する必要がある。

2. 抽出した技術課題のうち最も重要と考える課題と解決策

私は「高効率な選鉱による精鉱品位及び REE 回収率の向上」が最も重要な課題と考える。理由は、選鉱段階で低品位泥を除去することにより、後段の脱水、輸送及び精製の処理量を削減でき、事業全体の経済性と環境性を同時に向上できるからである。

1) ハイドロサイクロンによる粒径分級の高度化

REE 濃集粒子を選択的に回収する粒径分級が重要である。具体的には、レアアースを濃集する BCP と低品位微粒子との粒径差を利用し、20 μ m 付近をカットサイズとしてハイドロサイクロンで分級する。流入圧力、流量、固体濃度及びサイクロン径を最適化し、アンダーフロー側の精鉱品位を高めながら REE 回収率を確保する。

2) オンライン計測による選鉱制御の高度化

原料性状の変動に追従する選鉱制御が重要である。具体的には、揚泥スラリーの粒度分布、固体濃度、流量等をオンライン計測し、流入圧力やカットサイズをフィードバック制御する。また、複数段のハイドロサイクロンを設置し、オーバーフローを再選鉱することで、有用な微細 BCP の損失を抑制する。

3) 固液分離・脱水・水循環の一体化

後段処理量と環境負荷を低減するプロセス構築が重要である。具体的には、選鉱精鉱をシックナーで濃縮し、必要に応じて凝集剤を添加した後、フィルタープレス等で脱水してマッドケーキ化する。また、分離水を凝集沈殿等で浄化しプロセス水として循環利用する。これにより、取水量、排水量及び輸送重量を低減する。

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、選鉱の高度化に伴う REE 回収率の低下と微粒子含有水・低品位残渣の増加がある。具体的には、粒径分級を強化すると REE を含有する微細 BCP までオーバーフロー側に排出され、資源ロスが生じる。また、プロセス水の循環率を高めることで微粒子や溶存成分が系内に蓄積し、分級・脱水性能を低下させるおそれがある。

2) 対策

対策としては、物質収支管理と水処理を組み合わせた閉回路型プロセスの構築がある。具体的には、オーバーフローを再選鉱し、REE を含む微粒子を回収する。また、精鉱、残渣及び循環水の REE 濃度、SS、濁度等を連続監視して物質収支を把握する。さらに、循環水を凝集沈殿等で浄化し、必要量をブローして水質を維持する。残渣は成分及び溶出特性を評価し、再資源化又は適正処分することで、資源回収と環境保全を両立させる。

この骨子の強みは、「選鉱」だけで終わらず、選鉱による前処理量削減→脱水・輸送負荷低減→水循環・残渣管理まで、資源循環及び環境浄化の専門分野として一本につながっていることです。また、解決策を全部実施した後のリスクを「元々存在した問題」ではなく、選鉱高度化・閉回路化によって新たに発生する REE ロスや系内蓄積として設定している点も、設問(3)との整合性が高い構成です。

以上