

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、**選択科目Ⅲ論文作成マニュアルの「設問を細分化する」「観点と技術課題を明
示する」「最重要課題→解決策→懸念事項→対策を一貫させる」「文末で課題を明確化す
る」**という考え方に沿って整理した回答です。マニュアルでも、設問のキーワードを分
解し、設問に対する回答漏れを防止することが重視されています。

なお、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」を問う科目で
す。そのため、単に異常気象対策の知識を書くのではなく、複合的な問題を分析→技術課
題を設定→合理的な解決策を提示→将来リスクまで評価する能力を示す必要があります。

1. 設問のテーマの社会目的

この設問の社会目的は、

**異常気象・極端気象が激甚化する状況下でも、鉱山・選鉱設備・堆積場・坑廃水処理施設
等の安全性と機能を維持し、人的被害、鉱害及び周辺環境への影響を防止しながら、資源
開発・生産及び休廃止鉱山管理を持続可能なものとする**

である。

特に重要なのは「鉱山設備を守る」だけではない。豪雨等によって堆積場、排水設
備、坑廃水処理設備等が機能不全となれば、濁水・重金属等の流出を通じて下流河川や地
域社会まで被害が波及する。

実際、経済産業省は、台風等による停電や道路不通時にも坑廃水処理機能を維持するため、非常用発電機、燃料タンク、貯水槽、豪雨時の処理能力確保等を対象とした災害対策を進めている。[\(経済産業省\)](#)

2. 出題者の意図

出題者は、受験者が「豪雨対策＝排水路を大きくする」といった単一技術だけを知っているかを確認しているのではない。

問われているのは、次の一連の問題解決プロセスである。

異常・極端気象

- 鉱山にどのような問題が生じるか分析
- 異なる観点から技術課題を設定
- 最重要課題を選択
- 複数の専門的解決策を提示
- 解決後に発生する新たなリスクを予測
- 専門技術によってリスクを低減

これは、マニュアルが示す選択科目Ⅲの「観点、技術課題、最重要技術課題、解決方法、懸念事項・リスク、その対策」という構造そのものである。

3. 重要な箇所と注意すべき箇所

特に重要なのは、設問中の**「現在、操業・管理している鉱山や処理設備等」**である。

したがって、新規鉱山の立地選定だけに論点を逃がさず、**既存施設を異常・極端気象にどう適応させるか**を書く。

また、

「休廃止鉱山の管理も含めた」

も重要である。操業鉱山だけではなく、無人・省人管理になりやすい休廃止鉱山の坑廃水処理等まで視野に入れると、設問との適合性が高い。

※上記の緑文字は、設問（１）で指定されていないので間違い。

さらに注意すべきなのは、

「多面的な観点」→「技術課題」

の順番である。

例えば、

豪雨が課題である。

では、豪雨は「問題・外力」であって技術課題になっていない。

答案では、

排水・水管理の観点で考えれば、極端降雨に対応した鉱山水管理能力の強化が課題である。

のように、これから推進・実施すべき内容を課題として設定する。

マニュアルでも「〇〇が課題である」と文末を明確化し、採点者に課題を認識させる書き方が推奨されている。

4. 論文作成上のポイント

この問題では、水管理を論文全体の軸にするとまとめやすい。

IPCC は、温暖化に伴い極端な高温や強い降水の頻度・強度が増加し、地域によって干ばつリスクも増大すると評価している。[\(IPCC\)](#)

鉱山では、これらが

豪雨 → 流入水増加 → 排水能力超過 → 斜面・堆積場不安定化 → 坑廃水処理能力超過 → 鉱害

という連鎖を生じさせる。

したがって、

①水管理 → ②施設安定性 → ③監視・BCP

と多面的に課題を出し、その中から①を最重要課題として、

予測する → 流入を減らす → 安全に処理・排水する

という３段階の解決策にすると論理が通る。

5. 不合格者と合格者の思考の違い

設問を見た場面	不合格になりやすい思考	合格答案につながる思考
異常気象	最近豪雨が多い	設計時の想定外力を超える可能性がある

設問を見た場面	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	大雨が問題	大雨によって鉱山のどの機能が破綻するか
課題抽出	排水路が不足している	極端降雨に対応した鉱山水管理能力の強化
多面的観点	豪雨、台風、猛暑	水管理、施設安定性、監視・事業継続
解決策	排水路を整備する	予測・発生源対策・処理排水という多重防御
専門性	IoTを使う	雨量・流量・水位・間隙水圧等を連続監視する
休廃止鉱山	あまり触れない	坑廃水処理の停電・道路寸断・無人管理も考える
将来リスク	さらに豪雨が増える	現在の設計外力や予測モデル自体が陳腐化する
論文全体	知っている対策を並べる	問題→課題→解決策→懸念→対策を一貫させる

6. 概要表

マニュアルでも、まず「現状・問題」「観点・技術課題」「解決策」「懸念事項」「対応策」の骨子表を作成し、設問事項を軸に情報を配置する方法が示されている。

項目	概要
設問の概要（現状・問題）	気候変動に伴い豪雨、暴風、干ばつ、熱波等の異常・極端気象が発生している。鉱山では豪雨による坑内・露天掘への流入増大、堆積場・斜面の不安定化、坑廃水処理能力超過、停電・道路寸断等により操業停止や周辺環境への鉱害が発生するおそれがある。休廃止鉱山では長期間の管理継続が必要である。
技術課題①	タイトル：極端降雨に対応した鉱山水管理能力の強化／観点：水管理／豪雨時のピーク流入量増大に対し、坑内水、表流水、堆積場浸透水、坑廃水等を統合的に管理し、越流や未処理水流出を防止することが課題である。
技術課題②	タイトル：鉱山施設の気候レジリエンス向上／観点：施設安定性／豪雨による間隙水圧上昇、浸食、強風等に対して、露天掘斜面、ズリ堆積場、尾鉱堆積施設等の安定性を確保することが課題である。
技術課題③	タイトル：異常気象時の監視・事業継続体制の高度化／観点：維持管理・BCP／停電、通信途絶、道路寸断、作業員退避時にも鉱山及び坑廃水処理設備を監視・維持できる冗長性の高い管理体制の構築が課題である。
継続的に実施すべき最重要課題	極端降雨に対応した鉱山水管理能力の強化。理由は、水が坑内浸水、斜面崩壊、堆積場不安定化、坑廃水処理能力超過等の複数災害の誘因となり、操業鉱山から休廃止鉱山まで継続管理が必要だからである。

項目	概要
解決策①	気象・水文予測とリアルタイム監視の高度化。気象レーダ、降雨予測、雨量計、水位計、流量計、間隙水圧計等をIoT化し、リアルタイム監視する。水収支モデル・降雨流出解析により事前放流、ポンプ増強、退避等を判断する。
解決策②	流入抑制・発生源対策の強化。清濁分離、遮水工、覆土、法面排水、集水路等によって清浄な雨水と汚染水を分離し、処理対象水量そのものを削減する。坑廃水について地下水流動解析等により発生源対策を行う。
解決策③	排水・処理設備の多重防御化。調整池・貯水槽の容量確保、排水路・ポンプ設備の能力向上、非常用電源・予備ポンプ等を整備する。休廃止鉱山ではアクティブ処理に加え、適用条件を確認してパッシブトリートメントを組み合わせる。 ※上記の緑文字は、設問（１）で指定されていないので間違い。
懸念事項	対策を現在の降雨確率・過去実績を基準に最適化しても、将来の気候変動によって降雨強度・頻度がさらに増大すれば、設計外力を再び超過し、設備容量不足や越流等が発生する懸念がある。またIoT・自動制御への依存により、停電・通信途絶時に監視機能を失うリスクもある。
対策	順応的管理（Adaptive Management）を導入する。最新の気候予測・降雨実績を定期的に取り込み、設計降雨、水収支モデル、閾値、設備容量を更新する。また電源・通信・計測機器を冗長化し、非常用発電機、独立通信、現地手動操作を確保する。

参考資料・出典

- IPCC, Climate Change 2021: The Physical Science Basis, Chapter 11: Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate
[IPCC AR6 WG1 Chapter 11](#)
極端降雨、高温、干ばつ等の将来変化の根拠。（[IPCC](#)）
- 経済産業省「鉱山の安全」
[経済産業省 鉱山の安全](#)
鉱山保安・鉱害防止施策の基礎資料。（[経済産業省](#)）
- 経済産業省「休廃止鉱山・鉱害防止管理者向けWEBサイト（休廃止鉱山ポータルサイト）」
[休廃止鉱山ポータルサイト](#)
休廃止鉱山の法令、鉱害防止及び第6次基本方針の資料。（[経済産業省](#)）
- JOGMEC「技術開発：鉱害防止」
[JOGMEC 鉱害防止技術開発](#)
パッシブトリートメント、地下水流動解析、発生源対策等の根拠。（[JOGMEC](#)）
- Global Industry Standard on Tailings Management (GISTM)
[Global Industry Standard on Tailings Management](#)

尾鉱施設について計画・設計・建設から管理・監視、閉山後までライフサイクル全体を対象とする国際的基準。[\(Global Tailings Review\)](#)

6. 経済産業省「休廃止鉱山鉱害防止等工事費補助金（令和7年度補正第1回公募 災害対策分）」

[経済産業省 休廃止鉱山災害対策](#)

豪雨・停電等に対する非常用発電機、燃料タンク、貯水槽等の災害対策の根拠。

[\(経済産業省\)](#)

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

1) 極端降雨に対応した鉱山水管理能力の強化

水管理の観点で考えれば、極端降雨に対応した鉱山水管理能力の強化が課題である。具体的には、気候変動に伴い従来の計画規模を超える集中豪雨が発生すれば、露天掘や坑内への流入量、堆積場からの浸透水及び坑廃水量が急増する。この結果、排水設備や坑廃水処理設備の能力を超過し、操業停止や未処理水の流出による鉱害を招くおそれがある。このため、操業鉱山から休廃止鉱山まで、降雨から放流に至る水収支を一体的に管理する必要がある。

2) 鉱山施設の気候レジリエンス向上

施設安定性の観点で考えれば、異常・極端気象に対する鉱山施設の気候レジリエンス向上が課題である。具体的には、集中豪雨に伴う地下水位や間隙水圧の上昇は、露天掘斜面、ズリ堆積場、尾鉱堆積施設等のせん断強度を低下させ、斜面崩壊や浸食、越流等を誘発する。また、暴風は地上設備等を損傷させる。このため、将来の気象外力を考慮して施設の安定性を確保する必要がある。

3) 異常気象時の監視・事業継続体制の高度化

維持管理・BCPの観点で考えれば、異常気象時の監視・事業継続体制の高度化が課題である。具体的には、豪雨や暴風により停電、通信途絶、道路寸断が生じれば、排水ポンプや坑廃水処理設備が停止し、作業員も現場へ到達できない可能性がある。特に長期間管理する休廃止鉱山では省人化と非常時の機能維持を両立する必要がある。

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「極端降雨に対応した鉱山水管理能力の強化」が最も重要な課題と考える。理由は、水が坑内浸水、斜面崩壊、堆積場の不安定化及び坑廃水処理能力超過等の複数災害の誘因となり、操業中から閉山後まで継続的な管理が必要だからである。以下にその解決策を示す。

1) 気象・水文予測とリアルタイム監視の高度化

豪雨を早期に予測し、鉱山内の水挙動を定量的に把握することが重要である。具体的には、気象レーダや降雨予測情報と、雨量計、水位計、流量計、間隙水圧計等の IoT センサを連携させる。さらに、水収支モデルや降雨流出解析によって流入量を予測し、警戒閾値を設定する。これにより、調整池の事前放流、排水ポンプの増強運転及び作業員退避を早期に実施する。

2) 流入抑制・発生源対策の強化

処理設備への流入負荷そのものを低減することが重要である。具体的には、清濁分離、遮水工、覆土、法面排水工及び集水路を整備し、清浄な表流水を汚染源から迂回させる。また、地下水流動解析等により坑廃水の発生機構を把握し、浸透抑制等の発生源対策を行う。これにより豪雨時の処理対象水量を削減する。

3) 排水・処理設備の多重防御化

予測を超える流入に対しても処理機能を維持することが重要である。具体的には、調整池・貯水槽によるピークカット、排水路及びポンプ能力の増強、予備ポンプ、非常用発電機等を整備する。さらに休廃止鉱山では、適用可能性を確認した上で微生物等の自然浄化機能を利用するパッシブトリートメントを組み合わせ、省電力化と処理系統の冗長化を図る。

※上記の緑文字は、設問（１）で指定されていないので間違い。

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、気候変動の進行による対策設備の陳腐化がある。具体的には、現在の確率降雨や過去の観測値に基づき排水路、調整池、処理設備等を増強しても、将来さらに降雨強度や頻度が増大すれば設計外力を再度超過する可能性がある。また、IoT や自動制御への依存が高まるほど、停電や通信途絶時に監視・制御機能を喪失するおそれがある。

2) 対策

対策としては、気候変動を考慮した順応的管理と設備の冗長化がある。具体的には、最新の気候予測及び実測データを定期的に水収支モデルへ反映し、設計降雨、警戒閾値及び設備容量を PDCA により更新する。また、電源・通信・計測系統を多重化し、非常用発電機、独立通信手段及び現地での手動操作機能を確保する。これにより、将来の気候条件が変化しても鉱山の安全と周辺環境を継続的に確保する。

この構成のポイントは、第1章の「水管理」を第2章の最重要課題へそのまま接続し、第2章を「予測する→流入を減らす→処理・排水する」の3段階にしていることです。その結果、第3章の「将来、想定外力がさらに増大する」という懸念事項まで因果関係が切れません。選択科目Ⅲでは、この一貫性が非常に重要です。

以上