

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・船舶・海洋部門「船舶・海洋」選択科目Ⅲ—1として、まず設問分析を行い、その後に概要表 → 約1800字の答案例の順でまとめます。

選択科目Ⅲでは、単に OCGS (Onboard Carbon Capture and Storage) の知識を書くのではなく、複合的な問題を多面的に分析し、問題解決のための技術課題とその遂行を論理的・合理的に説明できることを示す必要があります。これは選択科目Ⅲ論文作成マニュアルの基本的な考え方とも一致します。また、令和8年度からのコンピテンシーでは、問題解決について「多角的な視点」「相反する要求事項」「複数の選択肢」等を踏まえて合理的に解決策を提案することが明記されています。

1. 設問のテーマの社会目的

この問題の社会目的は、

「国際海運の GHG 排出量を削減し、海運の脱炭素化を進めながら、既存の液体燃料を使用する船舶も含めて持続可能な海上輸送を実現すること」

です。

さらに具体化すると、

船舶から排出される CO₂ を船上で回収・液化・貯蔵し、陸上 CCS チェーンへ引き渡すことによって、大規模な燃料転換が完了するまでの移行期においても船舶の実質的な GHG 排出量を削減する

ことが目的です。

IMO では船舶燃料について Well-to-Wake での GHG 評価を進めており、船上 CO2 回収についても検討が進んでいます。(国際海事機関)

したがって答案では、単に「CO2 回収装置を船に積む」のではなく、

「船舶として成立させながら、実効的な GHG 削減を達成する」

という上位目的を外さないことが重要です。

2. 出題者の意図

この問題には、大きく 4 つの評価意図があります。

第一は、船上 CO2 回収という新技術を船舶システム全体の問題として捉えられるかです。CO2 吸収装置だけを論じても不十分です。

第二は、

回収 → 分離 → 液化 → 船内貯蔵 → 荷役 → 陸揚げ → 陸上輸送 → CCS

というチェーン全体を理解できているかです。NEDO でも液化、貯蔵、荷役、海上輸送を一貫したシステムとして実証しています。(NEDO)

第三は、船舶特有のトレードオフを分析できるかです。特に、

回収率を上げるほど、蒸気・電力消費、燃料消費、CO2 発生量、装置重量・容積、液化 CO2 タンク容量等が増える

という相反関係が重要です。DNV の検討でも、OCCS では追加の熱・電力に伴う fuel penalty が重要な評価項目となっています。(DNV)

第四は、解決策を実施した後の新たなリスクまで考えられるかです。マニュアルでも、「解決策を実行する前から存在しているリスク」は「新たに生じうるリスク」ではない点が重要とされています。

3. 設問の重要箇所・注意箇所

特に重要なのは次の部分です。

設問中の表現	読み取るべき意味
「追加の投入エネルギー」	OCCS 自身による燃料消費・CO2 排出増加を評価する
「航走や停船によって回収量が変動」	定常設計ではなく負荷変動への追従性が必要
「船上で液化し、タンクに一次貯蔵」	液化設備、低温・加圧タンク、重量・容積、復原性、安全性まで考える
「陸上の CO2 回収チェーン」	船だけで完結させず荷役・港湾・CCS とのインターフェースを考える
「市場に投入」	技術成立だけでなく経済性・汎用性・運航性も必要
「多面的な観点」	同じ観点の課題を 3 つ並べない
「専門技術用語を交えて」	抽象論ではなく船舶・機関・CO2 処理技術を書く

なお、実船では既にアミン方式の船上 CO2 回収実証が行われ、99.9%以上の CO2 純度が確認された事例があります。[\(Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.\)](#) また ClassNK はアミン吸収方式に加え、2025 年には膜分離方式を含む OCCS ガイドライン Edition 2.0 を公表しています。[\(日本海事協会\)](#)

4. 論文作成上のポイント

最大のポイントは、

「装置」ではなく「船舶システム」として書くこと

です。

選択科目Ⅲでは、自分の選択科目の専門性を答案に明確に出すことが重要です。マニュアルでも、選択科目の内容が少なければ専門分野の記述を追加するよう求めています。

したがって、

「高性能な吸収液を開発する」

だけでは化学分野寄りになります。

船舶・海洋の答案なら、

主機排ガス、排熱回収、蒸気系統、発電機、補助ボイラ、CO2 液化、貯蔵タンク、船体配置、載貨重量、復原性、荷役、航海計画

などを結び付けるべきです。

また、課題は「〇〇が不足している」ではなく、

「〇〇の最適化」「〇〇の確立」「〇〇の向上」

という達成型の表現にします。

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	CO2 回収装置の問題	CCCS を搭載した「船舶システム」の問題
課題	CO2 回収率を上げる	正味 GHG 削減量を最大化する
エネルギー	回収設備だけを見る	主機・排熱・発電・液化を含むエネルギーフローを見る
タンク	CO2 を貯めればよい	容積、重量、復原性、載貨量、航続距離とのトレードオフ
運航	定格状態で考える	主機負荷、停泊、港間距離、荷役時期まで考える
インフラ	船内で完結	船→港→CO2 輸送→CCS まで見る
解決策	高性能装置を導入	排熱利用・システム最適化・運航最適化を組み合わせる
リスク	CO2 漏洩	解決策を実行したため新たに発生するリスクを考える

この「現状→課題→解決策→新たなリスク→対策」の物語を一貫させることが重要です。マニュアルでも、この骨子によって論理性を確認する方法が示されています。

6. 概要表

項目	内容
設問の概要（現状・問題）	IMO による GHG 規制や代替燃料の供給・価格には不確実性がある。一方、既存燃料船の排ガスからアミン吸収等で CO2 を回収・液化・貯蔵する CCCS が選択肢となる。しかし、再生・液化に蒸気・電力を要し、主機負荷によって CO2 発生量も変動する。また液化 CO2 貯蔵設備は船内空間・重量を占有する。したがって、船舶性能を維持しつつ実効的 GHG 削減を実現する船舶システムの構築が必要である。
技術課題①	観点：エネルギー効率。技術課題：船内エネルギーシステムの最適化。CO2 吸収液の再生・CO2 液化には蒸気・電力が必要であり、その供給のため燃料消

項目	内容
	費が増えれば正味 GHG 削減効果が低下する。排熱等を最大限活用して energy penalty を抑える必要がある。
技術課題②	観点：船舶設計。技術課題：OCCS と液化 CO2 貯蔵設備の船体配置の最適化。吸収塔、再生塔、圧縮・液化設備及びタンクは重量・容積を要する。載貨重量・貨物容積・復原性・トリム・保守性を損なわない配置設計が必要である。
技術課題③	観点：運航・CCS 連携。技術課題：変動する CO2 回収量に対応した貯蔵・荷役システムの確立。航海ごとの主機負荷、航海日数等により回収量が変化するため、タンク容量、陸揚げ時期、受入施設との整合を図る必要がある。
最重要課題	船内エネルギーシステムの最適化。
理由	OCCS で CO2 を高率回収しても、吸収液再生・圧縮・液化のため追加燃料を大量消費すれば、船全体の正味 GHG 削減量が低下し、運航費も増大するためである。
解決策①	主機排熱のカスケード利用。排ガスエコノマイザ、ジャケット冷却水等から熱を回収し、アミンリボイラ等へ供給する。ピンチ解析により船内熱需要とのマッチングを最適化する。
解決策②	OCCS の負荷追従制御。主機負荷、排ガス流量、タンク残容量、船内電力余力に応じて吸収液循環量、再生蒸気量、CO2 圧縮・液化負荷を統合制御する。
解決策③	回収・液化系の高効率化。高性能アミン、熱交換器によるリーン／リッチ溶液熱回収、多段圧縮・中間冷却等を採用し、単位 CO2 回収量当たりの蒸気・電力消費を削減する。将来的には膜分離等の低エネルギー方式も評価する。
新たなリスク	排熱利用と OCCS 負荷追従を高度化した結果、排熱が OCCS へ優先配分され、低負荷航海や荒天時等に船内熱・電力余力が不足し、推進・補機系の安定運転に影響するリスク。
対策	EMS による船内エネルギー需給予測を行い、推進・安全関連負荷を最優先する。OCCS には負荷制限・バイパス・自動停止機能を設け、熱・電力余力が不足した場合は回収率を一時的に低下させて船舶の安全運航を確保する。

参考出典

1. International Maritime Organization, “IMO framework on life cycle GHG intensity of marine fuels (LCA)”
[IMO 公式資料](#) ([国際海事機関](#))
2. 日本海事協会 (ClassNK), “Guidelines for Onboard CO2 Capture and Storage Systems (Edition 2.0)”
[ClassNK 公式発表](#) ([日本海事協会](#))
3. DNV, “On-board carbon capture and storage for Suezmax tankers”
[DNV 技術資料](#) ([DNV](#))

4. NEDO, 「CCUS 研究開発・実証関連事業」
[NEDO 公式資料](#) (NEDO)
 5. NEDO, 「CCUS 研究開発・実証関連事業／苫小牧における CCUS 大規模実証試験／CO₂ 輸送に関する実証試験」
[NEDO CO₂ 輸送実証資料](#) (NEDO)
 6. Mitsubishi Heavy Industries, “Mitsubishi Shipbuilding Successfully Separates and Captures CO₂ from Exhaust Gas in World’s First Marine-based CO₂ Capture System Project”
[MHI 公式発表](#) (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.)
-

7. 1800 字程度の論文例

以下は、上記の骨子を指定された章立てに落とした答案例です。選択科目Ⅲでは、**選択科目の専門性を答案中に十分に表し、現状・課題・解決策を論理的に接続することが重要**です。

1. 多面的な観点からの技術課題の抽出

1) 船内エネルギーシステムの最適化

エネルギー効率の観点で考えれば、船内エネルギーシステムの最適化が課題である。具体的には、アミン吸収方式では吸収液の再生に蒸気を要し、回収 CO₂ の圧縮・液化には電力を要する。このエネルギーを補助ボイラや発電機の追加運転で賄えば燃料消費量と CO₂ 排出量が増加し、正味の GHG 削減効果が低下する。また、主機負荷に応じ排ガス量と利用可能な排熱量も変動する。このため、主機排熱を有効利用しつつ、推進機関、発電設備及び OCCS を含む船内エネルギーフローを最適化することが必要である。

2) OCCS 及び貯蔵設備の船体配置の最適化

船舶設計の観点で考えれば、OCCS 及び液化 CO₂ 貯蔵設備の船体配置の最適化が課題である。具体的には、吸収塔、再生塔、圧縮・液化装置及び液化 CO₂ タンクには大きな容積と重量を要する。この結果、載貨重量や貨物容積が減少するほか、重心位置の変化により復原性やトリムへ影響する。このため、船型、載貨性能、復原性、配管長、保守スペース等を考慮した合理的な機器配置が必要である。

3) 変動する CO₂ 回収量に対応した貯蔵・荷役システムの確立

運航・CCS 連携の観点で考えれば、変動する CO₂ 回収量に対応した貯蔵・荷役システムの確立が課題である。具体的には、主機負荷、航海距離、停泊時間等によって CO₂ 回収量は変動する。一方、タンク容量には制約があり、満載になれば回収を継続できない。このため、航海ごとの CO₂ 発生量を予測し、船内貯蔵量、陸揚げ時期及び港湾側受入能力を一体的に計画する必要がある。

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「船内エネルギーシステムの最適化」が最も重要な課題と考える。理由は、CO₂を高率で回収しても、そのための追加燃料消費が増大すれば正味 GHG 削減効果が低下し、OCCS 導入の目的そのものが損なわれるからである。

1) 主機排熱のカスケード利用

主機排熱を最大限利用することが重要である。具体的には、排ガスエコノマイザやジャケット冷却水から熱を回収し、アミン再生塔のリボイル熱源として利用する。さらにピンチ解析により船内熱需要の温度レベルを整理し、燃料加熱、給湯等を含めた熱利用をカスケード化することで補助ボイラの燃料消費を抑制する。

2) OCCS の負荷追従制御

主機運転状態に応じて OCCS を負荷追従させることが重要である。具体的には、主機負荷、排ガス流量、利用可能排熱量、船内電力余力及び CO₂ タンク残容量を監視し、吸収液循環量、再生蒸気量及び圧縮・液化装置の負荷を統合制御する。これにより、低負荷運航時の過大なエネルギー消費を防止する。

3) 回収・液化系の高効率化

単位 CO₂ 回収量当たりの投入エネルギーを低減することが重要である。具体的には、高性能アミンの採用、リーン／リッチ溶液熱交換器による熱回収、多段圧縮と中間冷却による圧縮動力低減を行う。また、船種や運航条件によっては膜分離方式等も比較評価し、ライフサイクルでの正味 GHG 削減量を最大化する。

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、OCCS への熱・電力配分の増大によって船内エネルギー需給が逼迫することがある。具体的には、排熱利用及び OCCS 負荷追従を高度化して高い CO₂ 回収率を追求した結果、荒天航海や主機低負荷時等に利用可能な排熱・発電余力が不足し、推進機関や安全上重要な補機へのエネルギー供給余力が低下する可能性がある。

2) 対策

対策としては、船舶の安全運航を最優先したエネルギーマネジメントを行う。具体的には、EMS により航海計画、気象海象、主機負荷及び船内電力需要からエネルギー需給を予測する。さらに、OCCS に負荷制限、排ガスバイパス及び自動停止機能を設ける。エネルギー余力が設定値以下となった場合には CO₂ 回収率を一時的に低下させ、推進機関及び安全上重要な補機への熱・電力供給を優先する。これにより、GHG 削減と船舶の安全運航を両立する。

この答案で特に狙っているのは、「CO2 をたくさん回収すること」を最終目的にしないことです。評価すべきなのは、OCCS を作動させるための追加燃料まで含めた**正味 GHG 削減効果**です。そのうえで、船舶・海洋の専門性として「主機—排熱—発電—OCCS—液化—タンク—荷役」を一つの船舶システムとして論じています。

また、第 3 章のリスクを単純な「CO2 漏洩」にしなかった点も重要です。CO2 漏洩は OCCS を導入した時点から考慮すべき基本的な安全課題になりやすいのに対し、ここでは**第 2 章の解決策を積極的に実施した結果として、エネルギー利用の競合が顕在化するという因果関係**にしています。これはマニュアルで示されている「解決策を実行したことによって新たに生じるリスク」を抽出する考え方に沿っています。

以上