

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	港湾構造物の建設に伴う温室効果ガス排出量の削減に向けた設計プロセスの提案と低炭素型材料の活用に関する検討
Title(English)	
著者(和文)	中村 董
Author(English)	Sumire Nakamura
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京科学大学, 報告番号:甲第341号, 授与年月日:2025年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:岩波 光保,佐々木 栄一,千々和 伸浩,松崎 裕,藤井 学,栗島 英明
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Institute of Science Tokyo, Report number:甲第341号, Conferred date:2025/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	土木・環境工学 土木工学	系 コース	申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(工学)
学生氏名： Student's Name	中村 董		審査員主査： Chief Examiner	岩波 光保	

### 要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は、「港湾構造物の建設に伴う温室効果ガス排出量の削減に向けた設計プロセスの提案と低炭素型材料の活用に関する検討」と題し、全 11 章より構成されている。港湾工事を含む建設業における温室効果ガス(GHG)排出量が日本全体に占める割合は大きく、その削減が求められている。設計段階において建設に伴う GHG 排出量を考慮した意思決定を行うことは重要な GHG 排出量削減方策の一つであり、現行の経済性重視の設計プロセスを GHG 排出量の観点から再考する必要がある。また、構造物の建設に伴う GHG 排出量のうち多くが材料製造に起因するため、低炭素型材料の活用は脱炭素化の達成に向けて不可欠である。本研究では、GHG 排出量削減を考慮する港湾構造物の新たな設計プロセスを提案するとともに、早期の現場導入が期待できる低炭素型材料として炭素固定した製鋼スラグ (炭酸化スラグ) の活用を提案した。また、GHG 排出量の効率的な削減に向けて、設計プロセスと低炭素型材料の活用の連携の重要性を明らかにした。

第 1 章では、本研究の背景と目的、論文の構成について取りまとめた。

第 2 章では、GHG 排出量を考慮する設計に関する既往の研究をレビューした。

第 3 章と第 4 章では、それぞれ「構造形式の選定」や「構造諸元の設定」といった港湾構造物の設計段階を想定した GHG 排出の傾向分析やケーススタディを行い、各設計段階での意思決定が GHG 排出量に与える影響や、意思決定における GHG 排出量と建設コストの関係を検討した。また、低炭素型材料やクリーンエネルギーといった低炭素技術の活用が設計解に与える影響を検討した。これにより、経済性を主な意思決定指標とした現行の設計では GHG 排出量削減には必ずしも繋がらず、GHG 排出量を意思決定指標に加える必要性を指摘した。また、現状、低炭素技術の活用は設計の下流段階から施工段階になってから検討されるのが一般的であるが、構造形式や構造断面の概略が検討される設計初期から低炭素技術の活用検討を行い、構造を最適化する重要性を示した。

第 5 章では、設計における GHG 排出量と建設コストの総合評価に関して、GHG 排出量の貨幣価値換算による統合化に着目した検討を行った。日本および世界の炭素価格の現状をレビューするとともに、第 3 章および第 4 章のケーススタディの結果について GHG 排出量の貨幣価値換算を行い、設計における GHG 排出量と建設コストの両者を考慮した意思決定を試行した。これにより、GHG 排出量削減に向けて必要な炭素価格について考察した。

第 6 章では、第 2 章から第 5 章の検討結果に基づき、港湾構造物における GHG 排出量削減を考慮する新たな設計プロセスを提案した。

第 7 章では、製鋼スラグの炭酸化に関する既往の研究をレビューした。

第 8 章では、製鋼スラグの炭酸化による直接炭素固定のメカニズムとポテンシャルに関して実験的検討を行った。これにより、炭酸化により生成された炭酸カルシウムの結晶化過程や、製鋼スラグ表面に形成される炭酸カルシウム層の層厚の成長と炭酸化の停滞の関係性について考察した。また、本研究の条件下における炭素固定量と既往の促進炭酸化技術とを比較し、費用対効果の高い炭素固定の実現の可能性を示した。

第 9 章では、炭酸化スラグの建設材料としての活用について検討を行った。炭酸化スラグのコンクリート用骨材としての活用に関して実験的検討を行い、施工性に問題がないことや通常のコンクリートと比べて遜色のない強度発現が得られることを示した。また、炭酸化スラグをケーソンの中詰材や無筋コンクリートブロックの骨材として活用した場合の消波ブロック被覆堤における GHG 排出量削減効果を試算し、構造物全体として大幅な低炭素化効果が得られることを示した。

第 10 章では、第 2 章～第 6 章で検討した GHG 排出量削減を考慮する設計プロセスと第 7 章～第 9 章で検討した炭酸化スラグの活用による港湾構造物の GHG 排出量の削減効果を検討した。設計プロセスまたは炭酸化スラグの活用のどちらかを適用する場合やその両方を適用する場合の様々な設計-施工プロセスのシナリオにおける GHG 排出量を比較検討し、設計プロセスと低炭素型材料の活用の連携の重要性を明らかにした。これにより、低炭素型材料の供給および開発側が設計に必要な各種特性値や供給状況等を情報発信していく重要性と本研究で提案した GHG 排出量削減を考慮する設計プロセスの有効性を示した。

第 11 章では、以上の知見を総括し、本論文の結論を示した。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東京科学大学リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Science Tokyo Research Repository Website (T2R2).  
(博士課程)

# 論文要旨

## THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	土木・環境工学 土木工学	系 コース	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	（工学）
学生氏名： Student's Name	中村 董		審査員主査： Chief Examiner	岩波 光保	

### 要旨（英文 300 語程度）

Thesis Summary (approx.300 English Words)

This thesis is entitled "Proposal for the Design Process of Port Structures to Reduce Greenhouse Gas (GHG) Emissions from Construction and Investigation on the Use of Low-Carbon Materials" and consists of 11 chapters. This research proposed a new design process for port structures that considers reducing GHG emissions and suggested the potential use of carbonated steelmaking slag as a low-carbon material.

Chapter 1 summarized the background, purpose, and composition of this research.

In Chapter 2, previous studies on design considering GHG emissions were reviewed.

In Chapters 3 and 4, case studies were conducted on the design stages of port structures. These studies highlighted the need to include GHG emissions as a decision-making indicator in addition to construction costs and consider the application of low-carbon technologies from the early design stage to achieve the best design solutions.

In Chapter 5, a comprehensive evaluation of GHG emissions and construction costs in design was investigated. This led to a consideration of the carbon price necessary to reduce GHG emissions through design.

In Chapter 6, a design process that considers reducing GHG emissions was proposed for port structures.

In Chapter 7, previous research on the carbonation of steelmaking slag was reviewed.

In Chapter 8, the mechanism and capacity of direct CO<sub>2</sub> sequestration by steelmaking slag were experimentally investigated. The crystallization process of carbonates and the relationship between the carbonate layer's growth and carbonation stagnation were discussed. The potential for achieving energy- and cost-effective CO<sub>2</sub> sequestration was demonstrated.

In Chapter 9, using carbonated steelmaking slag as construction materials was experimentally examined. Additionally, it was estimated that using carbonated steelmaking slag would significantly reduce the GHG emissions from the construction of port structures.

In Chapter 10, the reduction in GHG emissions of port structures through the application of the proposed design process and the use of the carbonated steelmaking slag was evaluated. This analysis highlighted the importance of integrating the design process with using low-carbon materials.

Chapter 11 summarized the findings above and presented the conclusions of this research.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note: Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東京科学大学リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Science Tokyo Research Repository Website (T2R2).