

2024 年度

博 士 学 位 論 文

内容の要旨および
審査結果の要旨

第 3 8 号

(2025 年 3 月授与)

北九州市立大学大学院
国際環境工学研究科

目 次

学位の種類	学位番号	氏 名	頁
博士(学術)	甲第 129 号	HASNIAR AMBO RADDE (ハスニア- アムボ ラデ)	1
博士(工学)	甲第 291 号	福永 諒汰 (フクナガ リョウタ)	7
博士(工学)	甲第 292 号	王 祺元 (オウ キゲン)	10
博士(工学)	甲第 293 号	杨 智君 (ヨウ チン)	13
博士(工学)	甲第 294 号	夏 越秋 (シア ユエチウ)	18
博士(工学)	甲第 295 号	杨 昊霖 (ヤン ハオリン)	22
博士(工学)	甲第 296 号	王 琥阳 (ワン シヤヤン)	25
博士(工学)	甲第 297 号	肖 宇凌 (シャオ ユーリン)	28
博士(工学)	甲第 298 号	费 凡 (フェイ ファン)	33
博士(工学)	甲第 299 号	王 田 (ワン ティエン)	37
博士(工学)	甲第 300 号	徐 桐宇 (ジョ トウウ)	41
博士(工学)	甲第 301 号	张 楠 (チョウ ナン)	44
博士(工学)	甲第 302 号	PHAM THI YEN (ファム ティ イエン)	47
博士(工学)	甲第 303 号	DO THI LY (ド ティ リ)	52

博士(工学)	甲第 304 号	BORYS BOHOSHEVYCH IRYNA (ボリス ボゴシェヴィチ イリナ)	56
博士(工学)	甲第 305 号	王 俊茹 (オウ シュンユ)	62
博士(工学)	甲第 306 号	许 悦 (キョ エツ)	66
博士(工学)	甲第 307 号	谢 静 (シャ セイ)	71
博士(工学)	乙第 13 号	村上 弥生 (ムラカミ ヤヨイ)	76

フリガナ 氏名（本籍）	ハスニアール アムボ ラデ HASNIAR AMBO RADDE（インドネシア）
学 位 の 種 類	博士（学術）
学 位 番 号	甲 第 1 2 9 号
学位授与年月日	2 0 2 5 年 3 月 2 5 日
学位授与の要件	学位規則 第 4 条 第 1 項 該当
学 位 論 文 題 目	Comprehensive Analysis of Behavioral Models Approach for Reducing Food-Wasting Behavior （食品廃棄行動の抑制に向けた行動モデルアプローチの包括的分析）
論 文 審 査 委 員	主 査 松本 亨 （北九州市立大学環境技術研究所教授 博士（工学）） 審査委員 加藤 尊秋 （北九州市立大学環境技術研究所教授 博士（工学）） 審査委員 藤山 淳史 （北九州市立大学環境技術研究所准教授 博士（工学）） 審査委員 村上 洋 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学））

論文内容の要旨

The first chapter serves as an introduction, presenting the research background and literature review. This chapter elucidates the necessity of mitigating food-wasting behavior and the rationale for employing behavioral models to explain efforts aimed at reducing such behavior. First, food waste poses a threat to the quality of human life, jeopardizing the sustainability of the earth's ecosystems and its inhabitants. This issue has a concerning global impact on the environment, society, and economy. Second, food waste predominantly occurs at the consumer level; thus, it can be asserted that food waste, as a consequence of human activities, is closely linked to human behavior in food consumption and warrants careful evaluation. In other words, to diminish food waste, understanding the underlying mechanisms of food-wasting behavior is essential. Third, behavioral models are extensively utilized to explicate environmental-related behaviors. Several prominent models, including the theory of planned behavior (TPB), the norm activation model (NAM), and the value-belief-norm (VBN), are commonly employed to elucidate various behaviors.

The second chapter outlines the research objectives and methodologies employed in the study. As an effort to address food-wasting behavior, the initial phase involves exploring the potential of various behavioral models, including the theory of planned behavior, norm activation model, and value-belief model, to mitigate such behavior. Subsequently, these three models are integrated to develop a comprehensive framework for measuring food-wasting behavior. Finally, the integrated model is utilized to compare food-wasting behavior across different demographic characteristics, such as age, gender, marital status, and occupational status. Additionally, the study presents the measuring instruments employed, along with an assessment of their validity and reliability, which were used to quantify the variables within the behavioral model under investigation. This research was conducted in Makassar City, Indonesia, with a total of 1715 respondents drawn from all 15 sub-districts within the city.

In the third chapter aims to compare three behaviors models in mitigating food-discarding behavior, namely the theory of planned behavior, the norm activation model, and the value-belief-norm theory. This study involves 9 behavioral constructs from the theory of planned behavior, the Norm

Activation Model, and the Value-Belief-Norm theory to mitigate food-wasting behavior, using PLS SEM analysis. This study's key findings are as follows: First, the hypotheses regarding the applicability of the Theory of Planned Behavior, Norm Activation Model, and Value-Belief-Norm theory as behavioral frameworks for mitigating food waste were supported. Second, in the TPB model, perceived behavioral control had a more direct impact on reducing food waste than behavioral intention, while attitude had the strongest influence on intention. Intention also mediates the relationship between attitude and food waste behavior. Third, in the NAM, ascription of responsibility has the greatest direct effect on personal norms, and personal norms mediated the impacts of all predictors, with the strongest mediation occurring between ascription of responsibility and decreasing food waste. Fourth, the VBN model demonstrated that ascription of responsibility had the highest direct influence on personal norms, and values and could reduce food waste through the mediation of other constructs in the model.

The fourth chapter proposes a behavioral model that integrates elements from the Theory of Planned Behavior, Norm Activation Model, and Value-Belief-Norm theory. This study provides several findings. The general findings are that, first, all tested research hypotheses are proven to be statistically significant. Second, the analysis of direct and indirect influences on the proposed theoretical model shows that in addition to all hypotheses being accepted on direct influences, the study of indirect influences shows that food-wasting behaviour can be reduced. Thus, the proposed theoretical model and a combination of theory plan behaviour, norms activation model, and value belief norm can be used as an alternative for behavioural models that explain food-wasting behaviour. Three findings were obtained from the direct influence study. First, perceived behaviour control, personal norms, and intention can predict reduced food-wasting behaviour. However, perceived behaviour control has the greatest influence in reducing food-wasting behaviour compared to the other two predictors. Second, subjective norms, personal norms, perceived behaviour control, and attitude are able to increase intention. However, attitude has the strongest influence in increasing intention compared to the other three predictors. Third, awareness of consequences, the ascription of responsibility, subjective norms, and perceived behaviour control are predictors of increased personal norms. However, among the four predictors, the ascription of responsibility has the greatest influence on personal norms compared to the other three predictors. Three findings were obtained from the indirect influence research. First, values can reduce

food-wasting behaviour when ecological worldview, awareness of consequences, the ascription of responsibility, personal norms, and intention become mediators together. However, when the description of responsibility is removed as a mediator, value cannot reduce food-wasting behaviour. When the ascription of responsibility was re-entered as a mediator and intention was removed, the value could still reduce food-wasting behaviour. Second, perceived behavioural control can directly reduce food-wasting behaviour, but when mediated by intention, perceived behavioural control is unable to reduce food-wasting behaviour. Only when personal norms are used as a mediator, together with intention-perceived behavioural control, can food-wasting behaviour be reduced. Third, subjective norms can reduce food-wasting behaviour by meditating on personal norms and intentions together. Intention can mediate subjective norms to reduce food-wasting behaviour; the same thing also happens that personal norms alone can mediate subjective norms in reducing food-wasting behaviour.

Chapter five presents an integrated model of the three behavioral models by comparing gender, age, activity, marital status, and occupation status. There are 14 hypotheses in the model, thus there are 14 hypotheses for each type of demographic studied. Based on the results of this study and supported by the results of previous studies, the model that integrates TPB, NAM, and VBN is relatively able to explain food-wasting behavior based on demographics, in this case, age, gender, marital status, and occupation status. The model has four exogenous variables: value, perceived behavior control, subjective norms, and attitude. The findings associated with the groups studied found that, first, value, perceived behavior control, subjective norms, and attitudes can reduce food-wasting behavior with their respective mechanisms. Second, value can reduce food-wasting behaviour through joint mediation from the ecological worldview, awareness of consequences, the ascription of responsibility, and personal norms for all age groups, genders, marital statuses, and occupation statuses. Third, perceived behaviour control can reduce food-wasting behaviour directly without a mediator variable. Still, personal norms as a mediator variable are the best choice when it comes to lowering food-wasting behaviour. Fourth, subjective norms can reduce food-wasting behaviour through mediation from personal norms, and fifth, intention can only mediate attitudes to reduce food-wasting behaviour in particular groups in age, gender, marital status, and occupation status. It seems that this depends on the characteristics of each group studied.

Chapter six is the conclusion chapter, which contains a summary and conclusion of all studies that have been conducted. It also explains the limitations and recommendations based on the results of this study. The behavioural models of TPB, NAM, and VBN can be used to explain the dynamics of behaviour in reducing food-wasting behaviour. When TPB, NAM, and VBN are combined into one behavioural model, it appears that the dynamics of behaviour in the model have specific patterns and mechanisms in reducing food-wasting behaviour. Personal norms, which are internal factors of individuals, appear to be more able to be direct predictors or mediators alone or together with other predictors to reduce food-wasting behaviour, compared to intention, which is an external factor of individuals. The model that integrates TPB, NAM, and VBN can also explain food-wasting behaviour based on demographics: age, gender, marital status, and occupational status. However, behaviour dynamics in reducing food-wasting behaviour depend on the characteristics of each demographic aspect studied. In the results based on these demographics, it also appears that personal norms play a more significant role in reducing food-wasting behaviour than intention.

論文審査の結果の要旨

インドネシアにおいて、都市廃棄物に占める食品廃棄物の割合は最も大きく、約 39%（2023 年）を占める。同国第 7 の都市であるマカッサル市でも、都市廃棄物処理は様々な問題を抱えており、廃棄物のほとんどは埋め立てられている。また最終処分場に適切に運ばれない廃棄物も多く、空き地、水路、集落の周辺等に投棄されている。このような背景のもと本研究は、インドネシア共和国マカッサル市を対象に、食品廃棄行動の抑制に向けた行動モデルの構築と検証を行ったものである。

本論文は全 6 章から構成される。第 1 章では、研究の背景と既往研究のレビューを行っている。既往研究より、食品廃棄を抑制させるためには食品廃棄行動の根底にある行動メカニズムを理解することが不可欠であることを示し、計画行動理論（Theory of Planned Behavior: TPB）、規範活性化モデル（Norm Activation Model: NAM）、価値信念規範理論（Value-Belief-Norm theory: VBN）等、これまで提案されてきた行動モデルをレビューしている。第 2 章では、研究の目的と方法について述べている。マカッサル市にてアンケート調査を実施し、市内 15 地区すべてから計 1,715 人の回答を集めたことが説明されている。第 3 章では、食品廃棄行動を説明するために、3 つの行動モデルを比較検討している。本研究にて実施したアンケート調査結果をもとに、PLS-SEM（Partial Least Squares Structural Equation Modeling）を用いて分析し、いずれのモデルも食品廃棄行動に適用可能であることを示している。さらに、各モデルから導出される結果の特徴について考察している。第 4 章では、3 つのモデルの要素を統合化した独自モデルの提案と検証を行っている。その結果、仮説はすべて統計的に有意であることが証明され、統合モデルは有用であることを示している。第 5 章では、性別、年齢、活動、配偶者の有無、職業の有無について統合モデルを用いてクロス分析を行うことで、これらのデモグラフィックタイプ毎の特徴を分析している。第 6 章では、本研究を総括するとともに、今後に向けた検討課題を提示している。

以上要するに、本論文は、インドネシアにおける食品廃棄行動の抑制可能性を説明するための行動モデルの開発と適用を行ったものである。本研究の成果は、途上国の都市廃棄物対策に向けた新たな知見としてその新規性・有用性を高く評価され、環境システム学上寄与するところが多い。

よって本論文の著者は博士（学術）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	フクナガ リョウタ 福永 諒汰（福岡県）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 2 9 1 号
学位授与年月日	2 0 2 5 年 3 月 2 5 日
学位授与の要件	学位規則 第 4 条 第 1 項 該当
学 位 論 文 題 目	衝撃波を含む超音速噴流に対する定量的可視化法の適用 (Application of quantitative visualization methods to supersonic jets containing shock waves)
論 文 審 査 委 員	主 査 仲尾 晋一郎 (北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士（工学）) 審査委員 吉山 定見 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 宮里 義昭 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 藤澤 隆介 (北九州市立大学環境技術研究所准教授 博士（工学）)

論文内容の要旨

超音速噴流は、航空機やロケットの排気や噴煙、ボイラーの効率維持のための燃焼時に加熱管表面に堆積した煤の吹き飛ばし、高速酸素燃料噴霧 (HVOF) など、航空宇宙工学、機械工学、農業などの用途に広く適用されている。一方、環境への悪影響の一例として超音速噴流の流体騒音が注目されている。一般に、衝撃を含む噴流は、空力音響共鳴の結果として、高振幅、離散周波数の「スクリーチ」を頻繁に発生させ、この現象は、ノズルなどの近隣物体の音響疲労破壊を引き起こす可能性があり、その抑制・低減が急務となっている。これまでに多くの研究がなされてきたが、衝撃波を伴う噴流構造の定量的な実験評価例は少ない。

本研究では、軸対称先細ノズル、矩形先細ノズル、および軸対称マイクロノズルから排出される超音速噴流を光学的可視化法により調査し、ノズル近距離場における噴流構造を実験的に明らかにすることを目的とした。矩形先細ノズルでは、CT (Computed Tomography) の原理をレインボーシュリーレン偏光法 (RSD) に適用して 3 次元構造を測定した。軸対称先細ノズルの場合、時間平均および非定常特性を調べ、時間平均特性は、400 個の瞬間密度場を平均化することにより解析し、レイノルズ平均ナビエ・ストークス (RANS) シミュレーション、RSD、および背景シュリーレン (BOS) 法で得られた結果と比較した。非定常特性を調べるために、固有直交分解 (POD)、動的モード分解 (DMD)、スペクトラル固有直交分解 (SPOD) 解析を噴流の密度瞬時場に適用し、非定常挙動に関連するコヒーレント構造を抽出した。軸対称マイクロノズルについては、高空間分解能の RSD を用いて定量的な評価を行った。

その結果、すべてのノズルタイプにおいて、不足膨張噴流特有のショックセル構造を定量的に捉えることができた。軸対称ノズルでは、スクリーチノイズに関連を示唆する振動現象が定量的に観察された。

論文審査の結果の要旨

超音速噴流は、航空機やロケットの排気や噴煙、ボイラーの効率維持のための燃焼時に加熱管表面に堆積した煤の吹き飛ばし、高速酸素燃料噴霧(HVOF)など、航空宇宙工学、機械工学、農業などの用途に広く適用されている。一方、環境への悪影響の一例として超音速噴流の流体騒音が注目されている。一般に、衝撃を含む噴流は、空力音響共鳴の結果として、高振幅、離散周波数の「スクリーチ」を頻繁に発生させ、この現象は、ノズルなどの近隣物体の音響疲労破壊を引き起こす可能性があり、その抑制・低減が急務となっている。これまでに多くの研究がなされてきたが、衝撃波を伴う噴流構造の定量的な実験評価例は少ない。

本研究では、軸対称先細ノズル、矩形先細ノズル、および軸対称マイクロノズルから排出される超音速噴流を光学的可視化法により調査し、ノズル近距離場における噴流構造を実験的に明らかにすることを目的とした。矩形先細ノズルでは、CT(Computed Tomography)の原理をレインボーシュリーレン偏光法(RSD)に適用して3次元構造を測定した。軸対称先細ノズルの場合、時間平均および非定常特性を調べ、時間平均特性は、400個の瞬間密度場を平均化することにより解析し、レイノルズ平均ナビエ・ストークス(RANS)シミュレーション、RSD、および背景シュリーレン(BOS)法で得られた結果と比較した。非定常特性を調べるために、固有直交分解(POD)、動的モード分解(DMD)、スペクトラル固有直交分解(SPOD)解析を噴流の密度瞬時場に適用し、非定常挙動に関連するコヒーレント構造を抽出した。軸対称マイクロノズルについては、高空間分解能のRSDを用いて定量的な評価を行った。

学位論文公聴会において、論文の内容について問題なく発表し、予備審査会において指摘があった個所の修正や説明も追加されていた。

よって本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	杓 麒元 王 祺元（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 2 9 2 号
学位授与年月日	2 0 2 5 年 3 月 2 5 日
学位授与の要件	学位規則 第 4 条 第 1 項 該当
学 位 論 文 題 目	Evaluation of the energy-efficient designs for Dalian public buildings based on green building standards (グリーンビルディング評価基準に基づく大連公共建築物のエネルギー設計の評価)
論 文 審 査 委 員	主 査 高 偉俊 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 デワンカー バート (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 小山田 英弘 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 杉原 真 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）)

論文内容の要旨

China's Green Building Evaluation Standard (ESGB) supports the "dual carbon" goals, yet energy efficiency and indoor environmental quality receive relatively less emphasis. This study examines ESGB's evolution, compares it with international standards, and analyzes seasonal energy consumption and indoor environmental quality through case studies. Additionally, 11 green public buildings are assessed using operational data to evaluate effective energy-saving design elements, incremental costs, and optimization strategies. The findings offer scientific insights and practical guidance for improving sustainability, optimizing energy efficiency, and enhancing indoor environmental quality in public buildings.

The structures are explored as follows:

Chapter 1 introduces the background and significance of green building evaluation standards and building energy efficiency, outlining research objectives and key challenges.

Chapter 2 presents a comprehensive literature review on building energy consumption, carbon emissions, and green building evaluation standards, providing theoretical foundations for the study.

Chapter 3 describes the research methodology, including comparative analysis of green building standards, case study data collection, and carbon emission assessment methods.

Chapter 4 examines the evolution of ESGB, analyzing its development strategies and conducting a comparative study with international green building standards to identify strengths and areas for improvement.

Chapter 5 investigates energy consumption patterns and indoor environmental quality in public buildings, focusing on seasonal variations, key energy sources, and potential emission reduction strategies.

Chapter 6 discusses energy-saving design strategies for green public buildings in Dalian, offering practical recommendations on building orientation, vegetation integration, and shading techniques to enhance efficiency.

Chapter 7 summarizes key findings and future research directions.

論文審査の結果の要旨

本研究は、大連市の公共建築におけるエネルギー消費構造を分析し、省エネルギー設計の最適化を目的としている。実測と運用データを活用し、建築のエネルギー消費の特性を詳細に検討するとともに、中国のグリーンビルディング評価基準に基づいて省エネルギー設計の有効性を評価している。

第1章では、寒冷地域における公共建築のエネルギー消費の現状を述べ、研究の目的と課題を明確にしている。

第2章では、建築エネルギー消費の特性、炭素排出、グリーンビルディング評価基準に関する研究を精査し、理論的に基盤を整理している。

第3章では、エネルギー消費データの収集・分析手法、グリーンビルディング評価基準での比較、および炭素排出評価の方法を示している。

第4章では、寒冷地域大連市の公共建築におけるエネルギー消費の構造と影響要因を実測データに基づいて分析し、季節変動や使用パターンを明らかにしている。

第5章では、グリーンビルディングの評価基準について、国際的な視野で比較を行い、寒冷地域大連市の建築環境に適した省エネルギー設計要素を特定している。

第6章では、寒冷地域大連市のグリーン公共建築を対象に、省エネルギー設計の有効性を検証し、建築設計の最適化、エネルギー消費削減、および寒冷地域への適用の可能性を考察している。

第7章では、本研究の結論を総括し、今後の研究の方向性を示している。

以上により、本研究は、グリーンビルディング評価基準が中国のグリーン建築の発展を支える重要な役割を果たしていることを示している。寒冷地域大連市のグリーン公共建築の実測データを基に、建築エネルギー消費の影響要因を分析し、省エネルギーの可能性を検討した点に学術的価値がある。本研究の成果は、寒冷地域における省エネルギー型建築の発展を支援する実務的指針を提供し、都市建築分野の持続可能な発展に貢献するものである。よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	ヨウ チクン 杨 智君（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第293号
学位授与年月日	2025年3月25日
学位授与の要件	学位規則 第4条 第1項 該当
学位論文題目	Effects of indoor environment on mold growth mechanism based on multivariate experimental system （多変量実験に基づく室内環境がカビの成長メカニズムに与える影響に関する研究）
論文審査委員	主 査 高 偉俊 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 デワンカー バート （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 陶山 裕樹 （北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士（工学）） 審査委員 早見 武人 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学））

論文内容の要旨

Indoor environments are where people spend most of their daily lives, and their quality directly impacts health and comfort. Comprising various factors interact to determine the livability of a space. However, poor control of indoor conditions can lead to the accumulation of contaminants, among which mold contamination is one of the most common and hazardous. Molds are a type of fungi that are widely present in nature, typically thriving in damp, warm, poorly ventilated environments. When indoor air humidity exceeds 60%, molds proliferate rapidly, releasing spores that disperse into the air. Areas prone to dampness are especially susceptible to mold contamination. Mold not only compromises building structure but also poses health risks to occupants.

This study focuses on the issue of mold contamination in indoor environments. To address this problem, we conducted an investigation and developed a multifactorial mold growth laboratory. Through our survey, we identified the current state of indoor mold contamination in the area and the primary mold species responsible for it. Laboratory research allowed us to analyze in depth the environmental factors influencing indoor mold growth. Our findings aim to support future prevention and control efforts for mold contamination in Guangzhou and similar regions.

Chapter 1, Research Background and Purpose of the Study, introduces the concept of the indoor environment in buildings and the critical microbial threats present within. The design of indoor spaces directly affects the health of life of occupants. One of the most significant yet often overlooked impacts on occupant health comes from indoor microorganisms. The relationship between the indoor environment and microorganisms is bidirectional. To reduce the impact of indoor microorganisms and prevent the growth and spread of harmful species, effective indoor microbial management is essential. This chapter provides an overview of the study's structure and summarizes the content of each subsequent chapter. This study seeks to enhance our understanding of the interaction between indoor environmental conditions and microorganisms, aiming to inform strategies for improved indoor environmental quality.

Chapter 2, Literature Review of Indoor Mold, aims to introduce current research on indoor mold and its control. Indoor mold has significant implications for occupant health. Mold is associated with various diseases, and in China, especially in the southern regions, respiratory conditions highlighting the urgent need for improvement. The study also reviews existing approaches to mold control in indoor environments. Predictive

measures during construction, combined with maintenance, management, and remediation strategies during building use, are employed to suppress indoor mold contamination. Governments worldwide have established standards to reduce mold contamination in buildings. However, there remains limited knowledge of mold contamination in southern China, and research on mold growth under the combined influence of multiple environmental factors is sparse. This study seeks to improve understanding of mold contamination in Guangzhou, China, and to conduct experimental research on mold growth under multifactorial conditions relevant to this region.

Chapter 3, Multi Factor Laboratory Research Method based on Field Research, outlines the study's subjects and primary research methods. First, the basic information on Guangzhou, China, the region selected for this study, is presented. Next, the study's methodology is described.

Chapter 4, Field Research and Analysis of Typical Case in Guangzhou Area, presents the results of the questionnaire survey and case investigations conducted in the Guangzhou area. Among the 729 valid responses collected through the online survey, only 22% reported no signs of mold contamination in their homes. The survey results indicate a strong correlation between high indoor mold contamination and factors. Based on the survey findings, typical cases were selected for in-depth field investigations. Temperature and humidity variations in these rooms were recorded, and both wall and air mold samples were collected. Results showed that the ceiling contained areas of high humidity, which corresponded to the most severe mold contamination. Mold sampling revealed that the primary mold species contributing to contamination in these cases were *Trichoderma*, *Penicillium*, and *Aspergillus*.

Chapter 5, Design and Verification of Multi Tactor Experimental System. To replicate the complex indoor environment, we designed a novel experimental system. Based on the Fluent simulation of a model room, we created a test box capable of accurately simulating real ventilation conditions. In collaboration with the Guangdong Provincial Academy of Building Research Group Co., Ltd., we utilized their air enthalpy difference laboratory to construct a mold growth experimental system. Finally, we conducted validation experiments, which confirmed that our system effectively supports normal mold growth.

Chapter 6, The Relationship Between Temperature, Humidity, Ventilation and Indoor Mold Growth. A total of seven experiments were conducted. Based on the observed mold growth rates, we found that mold growth was slow at both low (24°C) and high (32°C) temperatures. Under low humidity conditions (50% RH), mold growth was suppressed. Additionally, the study revealed that higher inlet wind speeds in the test box also promoted faster mold growth.

This stimulative effect of inlet wind speed on mold growth was consistent across various temperature and humidity conditions. The position of materials within the box also influenced mold growth; mold growth was more vigorous on materials placed in elevated positions.

Chapter 7, The Relationship Between Light Exposure and Indoor Mold Growth. Custom light-shielding panels were designed with transparency ratios ranging from 10% to 90% to adjust the light intensity within the test box. A full-spectrum supplementary light was placed outside the transparent panel to mimic natural sunlight exposure. Using a controlled variable method, five experiments were conducted. Results indicated that when the box's transparency ratio was set to 10%, mold growth rates were higher compared to both fully opaque and other transparency ratios. When the transparency ratio was increased to 20% or more, mold growth rates dropped below those observed in fully opaque conditions. For transparency ratios above 50%, the inhibitory effect on mold growth was consistent, and this suppression effect was stronger than the growth-promoting influence of increased wind speed.

Chapter 8, Conclusion and Prospect. The main conclusions of this study and the prospects for future research are summarized.

論文審査の結果の要旨

室内環境は、人々が日常生活の大部分を過ごす空間であり、健康や快適性に直接影響を及ぼす。室内環境の管理が不適切だと、汚染物質が蓄積しやすく、特にカビ汚染は最も一般的で深刻な問題の一つである。カビは建築物の構造を劣化させるだけでなく、住民の健康にも悪影響を及ぼす。本研究は、室内環境におけるカビ汚染の実態を明らかにし、その制御法を探求することを目的としている。

第1章では、研究の背景と目的を述べ、室内微生物の影響を軽減し、有害種の増殖や拡散を防ぐための管理の重要性を明確にしている。

第2章では、室内のカビに関する研究を整理し、カビの発生メカニズムや制御法に関する研究の現状を調査している。

第3章では、本研究の対象と研究方法を説明している。

第4章では、広州市におけるカビ汚染の実態をアンケート調査および事例調査を通じて分析している。

第5章では、多変量実験システムの設計と検討を行い、複数の要因が相互に作用するカビ生育のシステムを実験的に構築している。

第6章では、温度・湿度・換気が室内のカビの発生に及ぼす影響を検討している。実験を行った結果、低湿度ではカビの発生が抑制されることが確認されている。また、試験箱内の風速が高い場合、カビの発生が促進される傾向が見られている。

第7章では、光がカビの成長に与える影響を実験より分析し、実験箱の透明度を10%にした場合、カビの成長が早まることが判明している。一方、透明度が20%以上になると、完全に不透明な状態よりもカビの成長速度が遅くなることを確認している。

第8章では、研究の結論を総括し、今後の展望を示している。

以上により、本研究は、理論的な分析と実験による研究を組み合わせ、室内のカビ汚染の実態とその影響要因を詳細に検討し、環境条件によるカビの成長メカニズムを解明した点に学術的価値がある。特に、多変量実験システムを活用した研究により、湿度・換気・光などの要因がカビの成長に与える影響を科学的に示した点が評価されている。本研究の成果は、広州市および類似地域におけるカビ対策の基盤となる科学的知見を提供している。よって本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	ｼｱ ﾕｴﾁｳ 夏 越秋（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 2 9 4 号
学位授与年月日	2 0 2 5 年 3 月 2 5 日
学位授与の要件	学位規則 第 4 条 第 1 項 該当
学位論文題目	Research on the indoor thermal environment of traditional dwellings left in mountainous regions of the hot summer and cold winter area in China (中国・暑夏厳冬地域の山岳部に残された伝統的住居の室内温熱環境に関する研究)
論文審査委員	主 査 福田 展淳 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 高巢 幸二 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 白石 靖幸 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 藤山 淳史 (北九州市立大学環境技術研究所准教授 博士（工学）)

論文内容の要旨

Traditional dwellings in mountainous regions of the hot summer and cold winter area (HSCW) face critical challenges in achieving thermal comfort and energy efficiency due to extreme climatic conditions and reliance on passive design strategies. This dissertation systematically investigates the thermal performance of such dwellings, focusing on sensitivity analysis, optimization strategies, and economic evaluations to propose practical solutions for sustainable upgrades while preserving their cultural and architectural heritage.

Chapter 1 establishes the research background, highlighting the unique challenges posed by the HSCW climate and the need to optimize the thermal performance of traditional dwellings to enhance indoor comfort and energy efficiency.

Chapter 2 reviews existing research on the thermal environment of traditional buildings and the application of modern optimization techniques. It identifies critical gaps in integrating local passive strategies with advanced energy optimization tools for HSCW regions.

Chapter 3 describes the methodologies employed in this study, integrating field measurements, thermal comfort surveys, and advanced simulation and optimization tools to comprehensively evaluate the thermal performance of traditional dwellings. Dynamic simulations using EnergyPlus are coupled with Sobol sensitivity analysis to identify the impact of key design variables on energy consumption and indoor comfort. These analyses are further enhanced by NSGA-II multi-objective optimization to determine optimal design strategies that balance energy efficiency and thermal comfort. Economic evaluation employs the Dynamic Payback Period (DPP) and Net Present Value (NPV) models to assess the financial viability of proposed retrofitting strategies. The DPP is calculated to determine the number of years required to recover the initial investment cost through energy savings, incorporating the time value of money with a benchmark discount rate of 2.8%. NPV evaluates the cumulative discounted cash flow over a 25-year lifespan to quantify the long-term economic returns. These methodologies ensure a robust framework for evaluating and optimizing the indoor thermal environment of traditional dwellings in HSCW regions.

Chapter 4 evaluates the thermal performance of traditional dwellings based on field measurements and thermal comfort analysis. Summer thermal conditions are satisfactory, with average indoor air temperatures (bedroom: 25.3°C, hall: 26.1°C) close to the outdoor average (25.7°C), and an acceptable

operative temperature range of 24.8°C to 29.2°C. However, winter thermal conditions are inadequate, with indoor air temperatures (bedroom: 8.9°C, hall: 6.0°C). The acceptable operative temperature range is 12.2°C to 16.2°C in winter. Results show that indoor operative temperatures during winter remain below acceptable levels 90.4% of the time, highlighting the poor insulation performance of current structures.

Chapter 5 uses NSGA-II multi-objective optimization to identify the optimal energy performance model for the traditional dwelling Sanheyuan, achieving an 88% reduction in total energy consumption. The optimal configuration, with 0° orientation, 0.6 h⁻¹ air change rate, and 0.10 m exterior insulation, reduces winter heating energy from 2284.78 kWh to 244.14 kWh and summer cooling energy to 0.82 kWh. Following this, a single-factor energy-saving analysis based on the original model reveals that 0.10 m thick exterior insulation provides the highest energy savings, with an 92% reduction in energy consumption. This demonstrates the significant impact of insulation thickness and placement on thermal performance. The study highlights the effectiveness of multi-objective optimization in identifying optimal configurations and suggests that future research should explore the interactions between design variables for further energy efficiency improvements.

Chapter 6 assesses the economic viability of the proposed strategies using Dynamic Payback Period (DPP) and Net Present Value (NPV) models. Results show that insulation retrofits achieve a DPP of 9 years and an NPV of 1300.71 USD over a 25-year lifespan, confirming their economic feasibility.

Chapter 7 synthesizes the key findings of the study, highlighting the effectiveness of integrating advanced simulation, optimization, and economic evaluation methods to improve the indoor thermal environment and energy performance of traditional dwellings in mountainous regions of the HSCW. It underscores the significant energy-saving potential of targeted retrofitting strategies, particularly insulation upgrades and building orientation optimization. The chapter also outlines prospects for future research, including exploring advanced materials, integrating dynamic occupant behavior models, and expanding economic evaluations to include lifecycle cost analysis and carbon footprint assessments. These recommendations aim to further enhance the sustainability and applicability of the proposed strategies.

論文審査の結果の要旨

本論文は、中国・暑夏厳冬地域の山岳部に残された伝統的住居の温熱環境特性を明らかにし、温熱快適性に基づきエネルギー効率を分析し、多目的最適化手法を通じて、伝統的住居の文化的・建築的価値を維持する改修手法を提案することを目的としている。

第1章では、研究背景を示し、中国・暑夏厳冬地域の課題と、多数存在する伝統的住居の温熱性能の最適化が必要であることを論じている。

第2章では、既存研究を整理し、伝統的建築の温熱環境および現代的な改善手法に関する知見をレビューし、この地域でのパッシブ手法と先進的なエネルギー最適化技術の統合が課題であることを明らかにしている。

第3章では、現地測定、温熱快適性調査、シミュレーションと最適化ツールを用いた評価手法を説明している。

第4章では、現地測定と温熱快適性分析に基づき、伝統的住居の温熱性能を評価している。夏季の室内温熱環境は概ね良好であるが、冬季の室内温度は低く、特に冬季の0 T(Operative Temperature)が90.4%の時間帯で快適域を下回ることが示され、現行の断熱性能が不十分であることを明らかにしている。

第5章では、EnergyPlusを用いた動的シミュレーションとグローバル感度分析(Sobol 法)を組み合わせ、主要設計変数(方位、断熱方法、換気量)がエネルギー消費および室内快適性に与える影響を分析している。また、NSGA-IIを用いた多目的最適化により、エネルギー効率と温熱快適性のバランスを取る設計手法を示している。伝統住居のエネルギーパフォーマンスを最適化した結果、最適な設計構成では、冬季暖房負荷を大幅に削減できることを明らかにしている。

第6章では、経済評価に動的回収期間(DPP)と正味現在価値(NPV)モデルを適用し、提案する改修手法の経済的妥当性を評価し、断熱改修による長期的な経済有効性を実証している。

第7章では、本研究の成果を総括している。

以上、本論文は中国・暑夏厳冬地域の山岳部に残された伝統的住居の温熱環境の特性を調査し、地域特有の住居形式を活かした最適な断熱改修手法を動的シミュレーションを用いて明らかにしている。山岳地域に多数残る中国特有の伝統住居の温熱環境改善のための大きな指針を提供しており、建築環境工学分野に新たな知見をもたらすものである。よって本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	ヤン ハオリン 杨 昊霖（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第295号
学位授与年月日	2025年3月25日
学位授与の要件	学位規則 第4条 第1項 該当
学 位 論 文 題 目	Study on optimization of supply and demand-side power decarbonization through power purchase agreements （電力購入契約を通じた供給側および需要側の電力脱炭素化の最適化に関する研究）
論 文 審 査 委 員	主 査 高 偉俊 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 デワンカー バート （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 寺西 正輝 （北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士（工学）） 審査委員 松田 鶴夫 （北九州市立大学環境技術研究所教授 博士（工学））

論文内容の要旨

The energy transition is essential for achieving carbon neutrality. However, integrating renewable energy poses several technical and economic challenges, including ensuring economic viability and balancing the interests of supply and demand stakeholders. This study systematically addresses these challenges by examining the potential of green power purchase agreements (PPAs) to support power sector decarbonization. By designing a PPAs framework, focusing on both supply and demand-side perspectives, this research aims to establish a flexible, low-risk, and high-revenue strategy for the energy transition.

Chapter 1: Research Background and Purpose of This Study. This chapter established the context and highlights the potential of PPAs and innovative market-based solutions to power decarbonization.

Chapter 2: Literature Review. This chapter reviews research on PPAs, optimization models, and machine learning in energy systems.

Chapter 3: Methodology. This chapter primarily introduces the construction of a financial model integrating PPAs, including energy optimization models and an energy market forecasting model.

Chapter 4: Techno-economic Analysis of Green Power Trading Model. The feasibility of a third-party ownership (TPO) model for rooftop PV adoption is evaluated.

Chapter 5: Develop A Forecasting Model for Short and Long-term Electricity Market. A Bayesian Optimization-based Convolutional Neural Network and Long Short-Term Memory (BO-CNN-LSTM) model is proposed for short and long-term electricity market forecasting, offering improved accuracy and insights into price drivers like demand and fuel costs.

Chapter 6: Analysis of Long-term RE100 Procurement Strategies for Typical Large Users. An innovative hybrid procurement strategy combining PPAs with Battery Energy Storage Systems (BESS) is introduced. The strategy optimized RES procurement for large users in long-term.

Chapter 7: Analysis of Urban-scale Power Decarbonization for Planners and Investors. This chapter proposed an optimized framework for urban-scale decarbonization, integrating RES, green hydrogen, and CCS.

Chapter 8: Conclusions and Prospect.

論文審査の結果の要旨

エネルギー転換は、カーボンニュートラルの達成に不可欠である。しかし、再生可能エネルギーの利用には、経済性の確保や供給側と需要側の利益のバランス維持など、技術的・経済的課題が伴う。本研究は、これらの課題を体系的に解決し、電力部門の脱炭素化を支援するためのグリーン電力購入契約（PPA）の可能性を検討している。供給側と需要側の視点を考慮した PPA フレームワークを設計し、柔軟で低リスクかつ高収益なエネルギー転換戦略の確立を目的としている。

第 1 章では、研究の背景を述べ、研究の重要性を明らかにしている。

第 2 章では、先行研究をレビューしている。

第 3 章では、経済分析、最適化モデル及び機械学習等を用いて、PPA を基盤とした電力脱炭素化フレームワークを構築している。

第 4 章では、グリーン電力取引モデルの経済分析を行い、屋上太陽光発電の採用における第三者所有（TP0）モデルの実現の可能性を評価している。

第 5 章では、予測精度の向上と、需要や燃料コストなどの価格要因に関する条件を考慮し、短期および長期の電力市場予測の最適化モデルを開発している。

第 6 章では、PPA と電池エネルギー貯蔵システム（BESS）を組み合わせたハイブリッドエネルギー調達の戦略を提案し、長期的な再生可能エネルギー調達の最適化を図り、大規模需要家向けの長期調達戦略を分析している。

第 7 章では、再生可能エネルギー、グリーン水素、炭素回収・貯留（CCS）を統合した都市規模の脱炭素化フレームワークを提案し、都市規模の電力脱炭素化に関するプランナーおよび投資家向けの分析を行っている。

第 8 章では、研究の結論をまとめ、今後の展望を示している。

以上により、本研究は PPA を基盤とした電力部門の脱炭素化に関する体系的なアプローチを構築し、経済分析、最適化モデル及び機械学習等を組み合わせた革新的な手法を提案している。一連の研究成果は、この分野に新たな知見をもたらし、供給側と需要側双方にとって実現可能な低炭素転換戦略を提示し、電力市場の持続可能な発展に貢献するものである。よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	ワン シヤオヤン 王 琥阳（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 2 9 6 号
学位授与年月日	2 0 2 5 年 3 月 2 5 日
学位授与の要件	学位規則 第 4 条 第 1 項 該当
学 位 論 文 題 目	Simulation study of heat transfer performance of underground energy pile under the optimization of new fins (新型フィンの最適化による地下エネルギー杭の伝熱性能のシミュレーション研究)
論 文 審 査 委 員	主 査 高 偉俊 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 陶山 裕樹 (北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士（工学）) 審査委員 寺西 正輝 (北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士（工学）) 審査委員 松本 亨 (北九州市立大学環境技術研究所教授 博士（工学）)

論文内容の要旨

In Chapter 1, Research Background and Purpose of the Study: Given the energy shortage and the need for secure supply, the development of renewable energy is imperative. This chapter provides an overview of the latest advances and developments in the optimization design and control of GSHP systems, aiming to provide some summary and recommendations for future research in this field.

In Chapter 2, Literature Review of Underground Heat Exchangers: Geothermal heat exchanger (GHE) has the ability to complete heat transfer and is a key component of ground source heat pump systems.

In Chapter 3, Methodology: This chapter introduces the research methods used in this article.

In Chapter 4, Study of the effect of fin optimization on the heat transfer characteristics of energy piles: The thermal performance of energy piles equipped with new metal fins to improve heat transmission is examined in this chapter.

In Chapter 5, Analysis of the impact of different fin types on heat transfer in energy piles: This chapter compares three novel metal fin types that are utilized to improve energy pile heat transfer performance.

In Chapter 6, Study on heat transfer characteristics of reinforced energy piles and the influence of pile groups: In this chapter, the effects of heat transfer of three new types of metal fins in a cluster of energy piles are comparatively analyzed.

In Chapter 7, Discussion and prospect: This chapter provides an overview of the limitations of the relevant research in the entire text and looks forward to the future development of energy pile structure optimization.

論文審査の結果の要旨

本研究は、実地試験場にあるエネルギー杭を対象に、COMSOL Multiphysics の固体伝熱モジュールを用いた2次元数値モデルを構築し、その妥当性を実験データと比較して検証している。エネルギー杭の熱伝達性能を向上させるため、新しい金属フィンを設計・最適化し、パイプライン構成、埋設パイプの深さ、コンクリートの熱伝導率といったパラメータを比較することで、フィン設置前後の杭周辺の土壌温度変化を分析し、杭群における熱干渉の影響を考慮し、各フィンの伝熱効率を評価している。

第1章では、研究の背景と目的を述べている。

第2章では、地中熱交換器に関する文献のレビューを行っている。

第3章では、連通管内の乱流と地下水浸透の熱・物質移動に関する物理・数学モデルを構築し、エネルギー杭群の相互作用要因（杭間隔、杭群配置、土層条件など）の解析手法を提案している。

第4章では、COMSOL Multiphysics を用いて数値モデルを構築し、実験データと比較することでその正確性を検証している。さらに、新規設計したフィンが杭の熱伝達効率に与える影響を評価し、杭周辺の土壌温度変化を分析、エネルギー杭の伝熱特性に及ぼすフィンの最適化効果を検討している。

第5章では、3種類の新しい金属フィンを用いた数値シミュレーションを実施し、パイプの構成やコンクリートの熱伝導率などの変数を考慮して、フィン設置前後の温度変化を評価している。

第6章では、3種類の金属フィンを設置したエネルギー杭群を対象に、杭間隔やパイプ構成といったパラメータを比較し、フィンの有無による杭群周辺の温度変化を解析し、熱干渉がエネルギー杭群の伝熱性能に及ぼす影響を明らかにしている。

第7章では、研究の総括及び今後の展望を述べている。

以上により、本研究は、エネルギー杭の熱伝達性能向上を目的に、新規金属フィンの設計・最適化を行い、その有効性を数値シミュレーションおよび実験データに基づいて評価した点に学術的価値がある。本研究の成果は地下エネルギー杭システムの最適化設計に貢献し、持続可能なエネルギー技術の発展に寄与するものである。よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	シャオ ユーリン 肖 宇凌（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 2 9 7 号
学位授与年月日	2 0 2 5 年 3 月 2 5 日
学位授与の要件	学位規則 第 4 条 第 1 項 該当
学 位 論 文 題 目	Genetic algorithm-based optimization of dynamic controlled Trombe wall system （遺伝的アルゴリズムを用いた動的制御トロンプウォールシステムの最適化に関する研究）
論 文 審 査 委 員	主 査 福田 展淳 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 高 偉俊 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 デワンカー パート （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 森田 洋 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（農学））

論文内容の要旨

This doctoral dissertation delves into the field of building energy efficiency, focusing on innovative strategies to optimize building thermal performance and minimize energy consumption under the Hot-Summer and Cold-Winter (HSCW) climate conditions in Nanjing, China. The study centers on the Trombe wall system, a passive solar heating technology with significant potential. However, traditional Trombe walls face challenges such as the lack of insulation, low ventilation efficiency, and limited aesthetic appeal. The dissertation aims to enhance the traditional Trombe wall's performance by integrating dynamic control strategies and advanced materials, exploring the application of Phase Change Materials (PCM) in the Trombe wall system, and examining the impact of different Trombe wall design parameters on building thermal performance to identify optimal configurations for maximizing energy efficiency and thermal comfort.

Chapter 1 provides a comprehensive overview of optimization trends in Trombe wall technology. Since Edward Trombe and architect Jacques Michel introduced the concept of the Trombe wall in the 1960s, the technology has undergone significant developments, evolving from the classic Trombe wall into various improved designs such as the water Trombe wall, composite Trombe wall, and PCM Trombe wall. These innovations aim to address limitations of traditional Trombe walls, such as nighttime heat loss and overheating issues. The study focuses on five major categories of Trombe wall optimization: thermal mass and heat storage, glazing, shading devices, ventilation and heat exchange, and others.

Chapter 2 introduces the study area and research objectives. This dissertation focuses on energy optimization for buildings in the HSCW region of China, which presents unique challenges due to its hot and humid summers and cold winters. The dissertation aims to enhance the traditional Trombe wall's performance by combining dynamic control strategies and advanced materials, exploring the application of PCM in Trombe wall systems to enhance heat storage and temperature regulation, and studying the impact of different Trombe wall design parameters on building thermal performance to determine optimal configurations for maximizing energy efficiency and thermal comfort.

Chapter 3 details the research methodology, including parametric modeling using Rhino 3D and Grasshopper, building performance simulation using EnergyPlus, and design parameter optimization using genetic algorithms. Key indicators such as Predicted Mean Vote (PMV) and heating load are used

to evaluate the Trombe wall system's performance.

Chapter 4 describes the experimental setup and validation of the thermodynamic model for the Trombe wall. The RMSE for the indoor temperature is 1.99, with a corresponding CV(RMSE) of 15.47%. For the air gap, the RMSE is measured at 1.37, and its CV(RMSE) stands at 11.14%. These metrics meet the criteria set by the ASHRAE standard. Within this standard, for the error in building energy simulations, it is typically considered that a CV(RMSE) value less than 30% indicates that the simulation results are acceptable. Thus, the findings suggest that the EnergyPlus Trombe wall model developed in this study is suitable for researching the thermal performance of dynamically controlled Trombe wall systems.

Chapter 5 focuses on optimizing the PCM-integrated Trombe wall system to achieve minimal heating load and maximum comfort. The study employs genetic algorithms to optimize system parameters, including PCM-related parameters, supply air temperature, and fan airflow. Sensitivity analysis results reveal that phase change temperature significantly impacts indoor thermal comfort.

Chapter 6 focuses on the PV-TC Trombe wall system, which combines photovoltaic power generation with solar heat collection. The system, installed on the south façade of the building, consists of metal plates, photovoltaic panels, Low-e glass, a ventilation layer, thermal storage materials, temperature-controlled fans, and ventilation ducts. The PV-TC system allows flexible design of solar panel angles based on size, balancing façade aesthetics, and includes temperature control and active ventilation systems, effectively integrating with air conditioning. The study uses a simulation-based optimization approach, employing EnergyPlus, Radiance, and genetic algorithms to determine the optimal design parameters for minimizing the Energy Use Intensity (EUI) in Nanjing. Results indicate that with a fan airflow of 288 m³/h, winter fan setpoint of 21°C, summer fan setpoint of 25°C, and a photovoltaic panel angle of 41°, the lowest EUI (92.33 kWh/m²) is achieved. The PV-TC system reduces annual EUI by 22.7% compared to the reference model.

Chapter 7 summarizes the key findings and suggests future research directions. This dissertation highlights the substantial potential of optimizing Trombe wall systems to improve building energy efficiency and create a more sustainable built environment.

論文審査の結果の要旨

本論文は、中国南京市の夏季は高温多湿で冬季は寒冷（HSCW）な気候条件下における建築物のエネルギー効率の向上を目的とし、トロンプウォールシステムの最適化を行った研究である。従来のトロンプウォールは断熱性能の不足、換気効率の低さ、美観上の課題などを抱えているため、動的制御手法と相変化材料(PCM)の適用による新たなトロンプウォールシステムを提案し、エネルギー効率と熱的快適性の最適化を行っている。

第1章では、トロンプウォール技術の歴史的背景を概観し、様々な改良型が提案されてきたことを述べ、本研究では熱容量など5つの主要な指標により最適化を行うことを述べている。

第2章では研究目的を示し、PCMによる蓄熱と温度調整機能の向上を図ることで、エネルギー効率と熱的快適性を最大化する最適構成を導き出すことを述べている。

第3章では、研究方法を述べている。EnergyPlusを用いて、パラメトリックモデリングに基づき、遺伝的アルゴリズムによる設計パラメータの最適化を行っており、評価指標として温冷感指標 PMV(Predicted Mean Vote) と暖房負荷を採用している。

第4章では、熱力学モデルの実験設定と検証を行っている。室内温度およびエアギャップの RMSE の値が ASHRAE 基準の許容範囲内に収まり、開発したトロンプウォールモデルが、動的制御トロンプウォールシステムの熱性能研究に適用可能であることを明らかにしている。

第5章では、PCM 統合型トロンプウォールシステムを遺伝的アルゴリズムにより最適化し、暖房負荷の最小化と快適性の最大化を行った結果、PCM の相変化温度が室内の熱的快適性に大きな影響を与えることを明らかにした。

第6章では、太陽光発電と熱収集を組み合わせた PV-TC (Photovoltaic-Thermal Controlled) トロンプウォールシステムを検討した。遺伝的アルゴリズムを用いた最適化手法を採用し、年間エネルギー消費強度 (EUI) を最小化する最適設計パラメータを導出し、年間 EUI が基準モデルと比較して約 2 割削減されることを明らかにしている。

第7章では、本研究の主要な成果を総括し、今後の研究の展望を示している。

以上、本研究は、PCM や太陽光発電と集熱による新たなトロンプウォールシステムを提案し、遺伝的アルゴリズムを活用して最適化を行いその有効性を示した。

建築のエネルギー効率を向上させ、ゼロエネルギー建築の実現に大きく貢献するものであり、建築環境工学分野、特にパッシブエネルギー活用分野に新たな指針を示している。

よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	フェイ ファン 費 凡（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 2 9 8 号
学位授与年月日	2 0 2 5 年 3 月 2 5 日
学位授与の要件	学位規則 第 4 条 第 1 項 該当
学 位 論 文 題 目	Study on evaluation for the synergistic effect of urban waterbodies and greenery on thermal environments （都市の水域と緑地の相乗効果が熱環境に与える影響に関する評価研究）
論 文 審 査 委 員	主 査 福田 展淳 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 高 偉俊 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 デワンカー パート （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 山本 勝俊 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学））

論文内容の要旨

The world is experiencing a severe process of climate change, leading to sea-level rise and extreme heat events in cities; at the same time, rapidly growing urbanization is exacerbating the urban heat island effect. All these conditions are seriously affecting human health and sustainable development. The issue of urban microclimate has attracted extensive global attention. Urban land use patterns have a significant impact on microclimate. Urban Blue-Green Infrastructure (UBGI), which consists of water bodies and green spaces, is an integrated bio-habitat system (natural or semi-natural), and this land use pattern is an important factor in improving urban microclimate. Among them, urban parks containing water bodies and greenery are the most typical UBGI spaces in urban environments. However, the mechanism of UBGI's influence on urban microclimate has not been deeply explored, and quantitative results and patterns are lacking.

This study aims to quantify the impacts of UBGI synergies on the local and overall thermal environments of cities and to propose climate adaptation strategies to mitigate urban heat islands. In this paper, the representative spatial thermal environment of UBGI in Tianjin is analyzed through field measurements, numerical simulations, questionnaire surveys, dimensionless mathematical modeling, and artificial neural networks. The specific research content is as follows.

Chapters 1 and 2 define the important concepts in the study and emphasize the research gaps in the current synergistic studies of UBGI, as well as the innovative aspects of this study.

Chapter 3 describes the research methodology, including the selection of study regions and cases, principles of experimental design, three methods of data acquisition, and the selection of outdoor thermal comfort evaluation index.

Chapter 4 evaluates the impact of synergistic effects of water bodies and greenery on the localized thermal environment by studying a representative UBGI space. Based on the waterfront distance and effective greening area, the SESF models for evaluating the localized thermal environment of UBGI are established in this study.

Chapter 5 evaluates the effects of synergy between water bodies and greening on the overall thermal environment by studying a representative UBGI space. Based on the area of water bodies and greenery coverage rate, the BGTE models for evaluating the overall thermal environment of UBGI are established in this study.

Chapter 6 grasps the thermal demand characteristics of UBGi users and establishes a thermal sensation evaluation model through a questionnaire survey of UBGi space users in Tianjin. The model can establish the thermal neutral temperature and thermal neutral temperature range. More importantly, it provides a thermal comfort benchmark for the SESF models and the BGTE models.

Chapter 7 shows the discussions, conclusions, and future research direction of this study.

This study fills the research gap on the synergistic effect of water bodies and greenery. The SESF models and the BGTE models that we have developed can help designers maximize the mitigation effects of urban water bodies and greening resources through appropriate configurations in both localized and overall perspectives.

論文審査の結果の要旨

本研究は、都市の水域および緑地（Urban Blue-Green Infrastructure: UBGI）の相乗効果が都市の局所的および全体的な熱環境に及ぼす影響を定量的に評価することを目的としている。フィールド測定、数値シミュレーション、アンケート調査、無次元数理モデルおよびニューラルネットワーク解析を用いて、都市の UBGI がもたらす冷却効果のメカニズムを解明している。

第 1 章および第 2 章では、本研究の背景と目的を明確化し、UBGI の相乗効果に関する既存研究のレビューを行い、研究の新規性を述べている。

第 3 章では、研究対象地域およびケーススタディの選定基準、実験条件の設定、データ取得方法および屋外熱環境の快適性評価指標を詳述している。

第 4 章では、代表的な UBGI 空間を対象に、水域と緑地の相乗効果が局所的な熱環境に及ぼす影響を分析している。特に、水辺からの距離や有効緑地面積に基づき、局所的熱環境を評価するために新たに SESF（Synergistic Effect Spatial Framework）モデルを構築している。

第 5 章では、UBGI が都市全体の熱環境に与える影響を評価するために、水域面積および緑地被覆率を考慮した BGTE（Blue-Green Thermal Environment）モデルを開発し、都市の熱環境に関する影響を定量的に分析している。

第 6 章では、UBGI 空間利用者へのアンケート調査を基に、UBGI 空間における熱的需要特性を把握し、熱的中立温度およびその範囲を導出する熱感覚評価モデルを構築している。このモデルにより、SESF モデルおよび BGTE モデルの評価結果を屋外熱快適性の観点から検証し、快適性を踏まえた熱環境指標を作成した。

第 7 章では結論および今後の研究課題についてまとめている。

以上、本研究は、水域と緑地の相乗効果に着目し、SESF モデルおよび BGTE モデルの開発を通じて、都市の水域と緑地の最適な配置による冷却効果を最大化するための指標を作成している。熱環境改善を目的とした緑地計画策定のための有益な知見を提示し、都市環境工学および都市計画分野に大きく貢献する研究である。よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	リーン ティエン 王 田（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 2 9 9 号
学位授与年月日	2 0 2 5 年 3 月 2 5 日
学位授与の要件	学位規則 第 4 条 第 1 項 該当
学 位 論 文 題 目	Driving factors and future scenario predictions of urban household energy consumption and carbon emissions in China （中国都市部の家庭エネルギー消費と炭素排出の駆動要因および将来のシナリオ予測に関する研究）
論 文 審 査 委 員	主 査 高 偉俊 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 福田 展淳 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 デワンカー パート （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 李 丞祐 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学））

論文内容の要旨

This study systematically analyzes the characteristics and influencing factors of household energy consumption and carbon emissions at the urban scale in China. Furthermore, through scenario analysis models, it reveals the dynamic changes in future urban household carbon emissions, providing valuable insights for identifying effective carbon reduction measures and supporting China's "dual carbon" goals.

Chapter 1: Research Background and Introduction. This chapter provides an overview of the current state of global climate change and delves into the complex relationship between energy consumption, carbon emissions, and global warming. It then focuses on analyzing the status of energy consumption and carbon emissions across various sectors in China, with a particular emphasis on the household sector's energy consumption and its contribution to carbon emissions.

Chapter 2: Literature Review. This chapter systematically reviews the research related to household energy consumption and carbon emissions combines with bibliometric analysis. It offers a comprehensive academic overview of the field, providing a solid foundation for the in-depth discussions in subsequent chapters.

Chapter 3: Research Subjects and Methodology. This chapter introduces the research objects and the accounting boundaries of household end-use energy consumption (HEEC) and carbon emission. Additionally, it outlines the accounting & analysis methods.

Chapter 4: Analysis of HEEC and carbon emissions in urban area. Based on the developed detailed models, this chapter reveals the consumption patterns of HEEC of urban area in China and highlights the variations between provinces. Furthermore, carbon emissions are calculated using carbon emission coefficients and carbon intensity methods.

Chapter 5: Analysis of the Driving Factors of HEEC in urban area. Using correlation analysis and LMDI decomposition analysis, this chapter conducts an in-depth discussion of the factors influencing HEEC in China.

Chapter 6: Dynamic scenario evolution of urban household carbon emissions. It provides an in-depth analysis of future development trends and potential scenarios by considering the current development status of various provinces and municipalities, as well as the 14th Five-Year Plan and the 2035 Vision. Based on both socio-economic and technological change perspectives, a dynamic scenario model of household carbon emissions was established. The trajectories of urban household carbon emissions in 30 provinces were

projected, and the potential for urban households to reduce carbon emissions in the future was explored in detail.

Chapter 7: Conclusions and Prospect

論文審査の結果の要旨

本研究は、中国の都市地域における家庭部門のエネルギー消費と炭素排出の特徴およびその影響要因を分析している。シナリオ分析モデルを用いて、将来の家庭部門の炭素排出の動的变化を明らかにすることを目的としている。

第1章では、研究の背景を述べ、現状や課題を検討し、研究の主要目的と意義を明確にしている。

第2章では、家庭エネルギー消費と炭素排出に関する文献レビューを実施している。文献計量分析ツールを活用し、関連研究の進展を体系的に整理するとともに、本研究の重要性を明確にしている。

第3章では、家庭の終端エネルギー消費の定義と算定境界を明確にし、研究対象と方法論を述べている。

第4章では、構築した細分化モデルを用いて、家庭エネルギー消費パターンと省市レベル間の差異を明らかにし、炭素排出係数および強度法を用いて、炭素排出量を算定している。都市部における家庭の終端エネルギー消費と炭素排出の特徴を明らかにしている。

第5章では、相関係数法と要素分解分析（LMDI）法を組み合わせ、家庭の終端エネルギー消費および炭素排出に影響を与える主要な要因を検討し、都市部における家庭の終端エネルギー消費および炭素排出の駆動要因を明らかにしている。

第6章では、各省市の現状と将来ビジョンに基づき、各省の家庭炭素排出の将来推移を予測し、炭素削減の可能性を評価し、中国の都市地域における家庭の炭素排出の動的シナリオ傾向を明らかにしている。

第7章では、研究の結論をまとめ、今後の研究の方向性を展望している。

以上により、本研究は、中国都市部の家庭エネルギー消費と炭素排出に焦点を当て、家庭の特性、気候条件、家電の使用傾向に基づく細分化モデルを構築し、家庭のエネルギー消費と炭素排出の主要な駆動要因を明らかにしている。一連の研究成果は、建築省エネルギー分野に新たな知見を与え、家庭部門の省エネルギー及び炭素排出削減に大きく寄与している。よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	ジョ トウ 徐 桐宇（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第300号
学位授与年月日	2025年3月25日
学位授与の要件	学位規則 第4条 第1項 該当
学位論文題目	Study on the carbon emission reduction potential and operational optimization of sewage heat recovery systems in urban buildings （都市部における下水熱回収システムの炭素排出削減ポテンシ ャルと運用最適化に関する研究）
論文審査委員	主 査 高 偉俊 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 福田 展淳 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 デワンカー パート （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 大矢 仁史 （北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士）

論文内容の要旨

This study evaluates the effectiveness of wastewater heat recovery systems in reducing carbon emissions in the building sector and proposes optimal strategies. Focusing on improving energy efficiency and reducing carbon emissions through the recovery and utilization of wastewater heat, the study combines simulation analysis and case studies to examine its feasibility.

Chapter 1 outlines the background and objectives of the study.

Chapter 2 organizes research on the types of wastewater heat recovery systems, their application cases, and their integration with other energy-saving technologies, clarifying the significance of this study.

Chapter 3 provides an overview of statistical analysis and data processing methods using normal distribution, presenting the approach to the main part of the research.

Chapter 4 collects statistical data on water usage behavior in cities in northern China and formulates drainage patterns by building type into probabilistic distribution models. These models are validated through case studies.

Chapter 5 constructs a wastewater condition prediction model by integrating the drainage model with population data and wastewater network distribution maps. A heat recovery utilization model is added to evaluate the carbon reduction potential of wastewater heat recovery, identifying the optimal building types using three scenarios.

Chapter 6 proposes the integration of wastewater source heat pumps with micro-cogeneration systems to address energy consumption and stability issues. Simulations are conducted, evaluating a large hotel in Changchun, Jilin Province, China, to demonstrate both carbon reduction and economic benefits.

Chapter 7 summarizes the study's findings and presents future perspectives.

論文審査の結果の要旨

本研究は、建築分野の炭素削減における下水熱回収システムの有効性を評価し、最適な戦略を提案するものである。下水熱の回収と利用を通じたエネルギー効率向上と炭素排出削減に焦点を当て、シミュレーション分析とケーススタディを組み合わせてその実現の可能性を検証している。

第1章では研究の背景と目的を述べている。

第2章では下水熱回収システムの種類、適用事例、他の省エネルギー技術の統合に関する研究を整理し、本研究の重要性を明確にしている。

第3章では統計分析、正規分布を用いたデータ処理の手法を概説し、研究の主要部分へのアプローチを示している。

第4章では中国北部の都市を対象に、水の使用時の行動の統計データを収集し、建物タイプ別の排水パターンを確率分布モデルとして定式化し、モデルの検証を行っている。

第5章では排水モデルを基に、人口データや下水ネットワーク分布図と統合した下水状態予測モデルを構築し、熱回収利用モデルを加え、下水熱回収の炭素削減のポテンシャルを評価し、3つのシナリオを用いて最適な建物タイプを特定している。

第6章では下水源ヒートポンプではエネルギー消費や安定性の課題があるため、マイクロコージェネレーションシステムとの統合を提案し、シミュレーションを行っている。中国吉林省長春市の大型ホテルを対象に評価し、炭素削減と経済性の両面での優位性を明らかにしている。

第7章では本研究の成果を総括し、展望を示している。

以上により、本研究は、建築物の省エネルギー技術としての下水熱回収の有効性を理論・実証の両面から示した点に学術的価値がある。特に、建物タイプ別の排水特性を考慮した炭素削減モデルの構築や、マイクロコージェネレーションシステムとの統合による経済的・環境的効果の評価など、実務的応用に資する知見を提供している。よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	チョウ ナン 张 楠（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第301号
学位授与年月日	2025年3月25日
学位授与の要件	学位規則 第4条 第1項 該当
学位論文題目	Impact of indoor acoustic and olfactory environments on the psychophysiological responses of college students based on electroencephalogram (脳波技術に基づく室内の音響環境および嗅覚環境が大学生の心理生理的反応に与える影響に関する研究)
論文審査委員	主 査 高 偉俊 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 福田 展淳 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 デワンカー パート (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 佐藤 雅之 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）)

論文内容の要旨

This study focuses on the health benefits of indoor environments, utilizing electroencephalogram (EEG) to investigate the effects of indoor acoustic and olfactory environments on the psychological and physiological responses of college students. By examining both single-factor and multi-factor influences, it provides a deeper understanding of stress recovery mechanisms, offering scientific insights for creating healthy living environments and enhancing human well-being.

Chapter 1 introduces the research, outlining the challenges of indoor environmental quality on college students' mental health and defining the study's objectives.

Chapter 2 reviews EEG-based studies on indoor acoustic and olfactory environments, summarizing key characteristics, analytical methods, and research gaps while emphasizing the study's innovation.

Chapter 3 establishes a standardized "stress-recovery" experimental framework, drawing on existing theories to guide future research.

Chapter 4 examines the effects of different sound on comfort and brain activity, emphasizing the restorative benefits of natural sounds and identifying key sound comfort evaluation metrics.

Chapter 5 investigates the impact of various aromas on stress recovery and brain activity, highlighting the restorative role of plant aromas and the moderating effect of gender differences.

Chapter 6 explores multisensory biophilic stimuli in stress recovery, analyzing synergistic sensory effects and their implications for indoor biophilic design.

Chapter 7 summarizes the findings.

In conclusion, this study uses EEG to examine the effects of sounds and aromas on college students' psychophysiological responses. It highlights natural elements' role in stress recovery, establishes a health evaluation framework, and offers insights for biophilic design and indoor environmental improvement.

論文審査の結果の要旨

本研究は、室内環境の健康効果に着目し、脳波（EEG）測定を用いて室内の音響環境および嗅覚環境が大学生の心理的・生理的反応に及ぼす影響を検討している。単一要因および複合要因の視点からストレス回復メカニズムを解明することを目的としている。

第1章では、研究の背景を概観し、室内環境の質が大学生の心理的健康に与える影響を整理し、研究の目的と意義を明確にしている。

第2章では、EEGを活用した室内の音響環境および嗅覚環境に関する研究を整理し、脳波信号の特徴や分析手法を概説するとともに、本研究の革新性と必要性を明らかにしている。

第3章では、既存の研究と理論に基づき、「ストレス－回復」における標準化のための実験フレームワークを構築し、体系的な研究モデルを提示している。

第4章では、異なる音が快適性や脳活動に及ぼす影響を分析し、特に自然音のストレス回復効果を明らかにするとともに、音響環境の評価指標を明らかにしている。

第5章では、さまざまな香りがストレス回復と脳活動に及ぼす影響を検討し、特に植物由来の香りの回復効果を明らかにし、性別による回復効果の違いを明らかにしている。

第6章では、バイオフィリック環境における視・聴・嗅覚刺激がストレスからの回復に及ぼす影響を分析し、多感覚刺激が快適性や心理・生理的回復に与える影響メカニズムを明確している。

第7章では、各章の研究成果を総括し、今後の展望を述べている。

以上により、本研究は、理論分析と実験研究を組み合わせ、EEGを活用して音響環境および嗅覚環境が大学生の心理的・生理的反応に及ぼす影響メカニズムを解明している。特に、自然要素が室内環境の健康効果に重要な役割を明らかにし、ストレス回復の神経メカニズムを特定している。バイオフィリックデザインの分野に新たな視点を提供している。本研究の成果は、公共の健康改善や室内環境の質の向上に貢献する貴重な科学的知見となる。よって本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	ファム ティ イェン PHAM THI YEN（ベトナム）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第302号
学位授与年月日	2025年3月25日
学位授与の要件	学位規則 第4条 第1項 該当
学 位 論 文 題 目	Novel Partial Nitritation Process with External Selector Treating Low-strength Wastewater （低窒素濃度排水を処理するためのセクターを具備した新たな部分亜硝酸型硝化プロセス）
論 文 審 査 委 員	主 査 安井 英斉 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 寺嶋 光春 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（学術）） 審査委員 木原 隆典 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（学術）） 審査委員 宮里 義昭 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学））

論文内容の要旨

Nitrogen removal from wastewater is a critical process in modern wastewater treatment plants. Among the advanced biological processes, the Partial Nitritation/Anammox (PN/A) process has attracted significant attention due to its energy efficiency and reduced carbon requirements. While PN/A is successfully practiced for the treatment of high-strength ammonium wastewater, partial nitritation in B-stage reactors treating low-strength wastewater remains a significant challenge. This is a challenge because the natural inhibition of ammonia and nitrous acid on nitrite-oxidizing bacteria (NOO) is not significant under low ammonium conditions. This study investigates a novel approach based on an external selector for selectively repressing NOO to enhance partial nitritation stability in low-strength wastewater treatment.

In this study, using a lab-scale activated sludge system equipped with an external selector for suppressing nitrite oxidising organisms (NOO), system performance and microbial population dynamics were investigated during about 400 days of continuous operation. In the selector, the highly thickened microorganisms transferred from the aeration tank via a mechanical solid-liquid separation were exposed to a poisonous compound and returned to the aeration tank, where a part of the nitrifiers were killed. Besides the identification of poisonous species for the external selector, a preferable operational range of hydraulics over the main aeration tank and the external selector must be considered. The microbial growth in any system is expressed by its specific growth rate ($d-1$), at least three kinds of hydraulic factors (i: the specific sludge withdrawal rate at the main aeration tank ($d-1$), ii: the specific sludge recycle rate between the main aeration tank and the external selector ($d-1$), and iii: the solids retention time in the external selector (d)) must govern the NOO wash-out of the entire system. When the specific NOO wash-out rate exceeds the NOO's net specific growth rate in the main aeration tank, the microorganism would not retain much in the system, leading to partial nitritation. Nevertheless, since AOO and NOO's growth/decay kinetics are nonlinearly included in the NOO wash-out phenomenon, the preferable operational range to attain the partial nitritation cannot be identified unless mathematical analysis is conducted.

The results obtained when using a mixture with 1,000 mg-N/L of nitrite and 1,000 mg-N/L of ammonium to inhibit nitrifier in external selector, about 60% of nitritation based on the effluent nitrogen was successfully maintained in

the lab-scale system for more than 150 days without significant accumulation of nitrate. The poisonous compound also led to the decay of ammonium-oxidising organism to a certain extent. However, by optimizing the recycle rate to the selector, solids retention time of the selector, and excess sludge withdrawal rate, selective wash-out of nitrite-oxidising organism was possible.

From the experimental results, the preferable operational range of the selector was explored in contour plots using the modified IWA-ASM1 model. The model indicated the preferable external recycle rate and solids retention time of the selector were about 0.2–0.4 d⁻¹ and 1–2 days respectively, when the aeration tank was operated with excess sludge withdrawal of 0.1–0.17 d⁻¹. Dynamically calculated AOO and NOO concentrations based on the model correlated linearly with their relative abundances in the activated sludge. The DNA analysis with the high-throughput sequencing revealed that only *Nitrosomonas* spp. retained during the nitrification–nitrification and only *Nitrospira* spp. could grow in nitrification, respectively. Proteobacteria was the most predominant heterotroph in the main aeration tank, whilst Bacteroidota was abundant in the external selector in association with the reduced microbial diversities. In the external selector, due to the high nitrite and ammonium, the ammonium oxidising organism's (AOO) inherent enzyme genes (Amo and Hao) per total microbial gene copies were as low as about 50% of that in the main aeration tank. The dynamically calculated AOO and NOO concentrations using the IWA-ASM1-based model could be linearly correlated to both relative abundances in the activated sludge. The correlations suggested that the DNA analysis could be potentially utilized as an alternative tool to estimate the nitrifier biomass of activated sludge instead of performing kinetic modelling.

To clearly demonstrate and achieve the research purpose, the dissertation is comprised of 7 chapters:

Chapter 1 introduces the research background, the challenges of achieving partial nitrification in B-stage reactors, and the hypothesis that an external selector can suppress NOO, while also defining the research objectives.

Chapter 2 reviews previous research on nitrogen removal processes, including conventional nitrification-denitrification and the PN/A process. It also examines the microbiology of AOO and NOO, their growth kinetics, and the operational factors affecting partial nitrification. Existing activated sludge models (ASMs), particularly ASM1, are discussed as a foundation for model development.

Chapter 3 details the design and operation of the lab-scale system, along

with the analytical methods used to monitor nitrogen species and microbial activity. Subsequently, the results from various operational modes are presented, demonstrating the impact of hydraulic parameters on AOO and NOO activity.

Chapter 4 describes the development and calibration of a modified ASM1 model to simulate a two-step nitrification process and the impact of toxic inhibition in the external selector. Based on the model, the kinetic parameters of AOO and NOO were determined for each different operating condition.

Chapter 5 optimizes the operating conditions for the partial nitrification process. To achieve this, response surface methodology (RSM) and steady-state simulation are applied to determine the appropriate operating range.

Chapter 6 presents the bacterial community structure through 16S rRNA sequencing. DNA analysis confirmed the strong correlation between the model-predicted AOO/NOO concentrations and their relative abundances. It also highlighted distinct bacterial populations in the aeration tank and the external selector and identified the major nitrifying species (*Nitrosomonas* and *Nitrospira*).

Chapter 7 summarizes the key findings throughout the study. At the same time, recommendations for further research are also considered.

論文審査の結果の要旨

本研究は、下水処理システムの省資源化を念頭に、活性汚泥処理プロセスにおける硝化細菌を制御することによって下水に含まれる低濃度の窒素成分を完全に硝化させることなく、亜硝酸態とアンモニア態の窒素がほぼ同量で含まれた生物処理水を得る新規な生物学的栄養塩除去プロセスを開発し、その性能を実験的・理論的に解析するものである。

第1章では、微生物による窒素成分の代謝や汚水の生物学的処理システム構成に基づき、既存の生物学的栄養塩除去プロセスを抜本的に改変することで下水処理システムの省資源化を強化できる可能性があることを指摘し、研究の着眼点と狙いを説明した。第2章では、硝化反応を司るアンモニア酸化細菌と亜硝酸酸化細菌の増殖・死滅に影響を与える操作因子を元に、アンモニア酸化細菌のバイオマスをシステムに保ちつつ、亜硝酸酸化細菌を選択的に失活させることを意図した既往の研究を整理した。第3章では、亜硝酸酸化細菌の選択的失活が期待できるセクターを生物学的栄養塩除去プロセスに具備したラボスケールの連続実験と各種の回分実験をおこない、セクターの設定次第で目標とする水質を長期間に亘って維持できることを示した。これは、既往の研究で示された様々な生物学的栄養塩除去プロセスよりもはるかに高性能であった。第4章では、活性汚泥を構成する微生物群であるアンモニア酸化細菌、亜硝酸酸化細菌ならびに従属栄養細菌の増殖・死滅を表す数学モデルを作成し、セクターの設定と各微生物群の消長が対応することを示した。そして、このモデルに基づき、第5章でセクターを含む生物学的栄養塩除去プロセスの性能を数学的に表し、目標水質を得るための最適運転範囲を推定した。第6章では活性汚泥の細菌叢を遺伝子ベースで解析し、数学モデルで予測される微生物群の濃度が遺伝子の解析結果とも整合することと、既往のプロセスで増殖してしまう耐性の強い亜硝酸酸化細菌の種が開発プロセスで抑制されていることを示した。第7章では各章で得られた工学的成果をもとに、本研究で開発した新規の生物学的栄養塩除去プロセスを社会実装させるために必要となる技術的項目を整理した。

本学位論文で述べた新規プロセスとその細菌叢分析は、それぞれ査読付国際学術誌(2報)に掲載された。これらは十分な学術成果と判断される。

よって本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	ド ティ リ DO THI LY（ベトナム）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第303号
学位授与年月日	2025年3月25日
学位授与の要件	学位規則 第4条 第1項 該当
学位論文題目	A Study on Modulation of Cellular Actin Cortex and Its Impact on Cell Adhesion （細胞アクチン皮質の調節とその細胞接着への影響に関する研究）
論文審査委員	主 査 木原 隆典 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（学術）） 審査委員 中澤 浩二 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 安井 英斉 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 福田 展淳 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学））

論文内容の要旨

In cell biology, the actin cortex is a specialized, thin layer of actin filaments located just beneath the plasma membrane of most eukaryotic cells. Far from being a mere passive scaffold, the actin cortex is a dynamic and responsive entity that regulates diverse cellular processes, including cell division, adhesion, migration, and tissue morphogenesis. My research approaches the actin cortex and plasma membrane as an integrated unified system, considering how each can influence and coordinate with the other. Cell adhesion is a critical event in leukocyte activation as part of inflammation and immune responses. A series of cell surface alterations occur during cell adhesion, driving transitions in cell morphology and function. This study investigates how modulation of the actin cortex influences the complex changes at the cell surface during the adhesion process.

Chapter 2 delves into the role of actin cortex integrity in regulating the mobility of cell surface molecules including integrin CD18 and sialomucin CD34, both crucial for cell adhesion. During PMA-induced KG-1 cell adhesion to an ICAM-1-coated surface, CD34 was excluded from the adhesion site. The influence of the actin cortex on the lateral diffusion rate of these membranous molecules has been examined by Raster image correlation spectroscopy (RICS) and Fluorescence recovery after photobleaching (FRAP) analysis. Upon activation by phorbol 12-myristate 13-acetate (PMA), the lateral diffusion of CD18 and CD34 increased, without alterations in their surface expression. The mechanism by which PMA induces the increase in CD34 diffusion involves the dephosphorylation of ERM proteins, which cause the dissociation of the actin cortex from the plasma membrane. These findings underscore the significance of modulating the actin cortex via ERM proteins in regulating cell surface integrin and sialomucin dynamics.

Chapter 3 investigates the effects of α -mangostin, a bioactive xanthone compound from mangosteen fruit, on the modulation of actin cortex in leukocytes, focusing on cortical stiffness, a mechanical indicator of the actin cortex. My study reveals that α -mangostin promotes leukocyte adhesion to fibronectin by decreasing cell stiffness via ERM dephosphorylation, a mechanism similar to PMA-induced leukocyte activation. The mechanism involves the participation of Protein Kinase C and Protein Phosphatase 1/2A. This study suggests α -mangostin's potential as a modulator of the actin cortex, influencing leukocyte activation through its impact on cell mechanics.

In Chapter 4, I examined the impact of SARS-CoV-2 infection on the actin

cortex of host cells, focusing on cortical stiffness as a mechanical indicator. My study shows that interaction with the ACE2 receptor by the recombinant spike (S) protein receptor-binding domain (RBD) reduces cortical stiffness in ACE2- expressing HEK cells via ERM protein dephosphorylation. RBDs of SARS-CoV-2 variants like Omicron BA.5, with higher ACE2 binding affinity, exhibit greater effects on cortical stiffness attenuation. This implies that mutations increasing the binding affinity of RBDs for ACE2 may enhance the mechanobiological impact on host cells. Interestingly, the full SARS-CoV-2 S protein trimer was found to induce a robust increase in KG-1 cell adhesion, a reduction in cortical stiffness, and ERM dephosphorylation despite the absence of ACE2. This suggests that the S protein trimer can affect KG-1 cells via an ACE2-independent pathway. The study underscores the versatility of SARS-CoV-2 in infection mechanisms and the importance of the actin cortex in viral infection, gaining a broader understanding of the virus's adaptability in their infection.

My study provides evidence revealing how various factors can target the actin cortex to orchestrate intricate cellular behaviors, contributing to completing the picture of actin cortex function. Manipulating the actin cortex in bioengineering holds promise for engineering desired cellular functions and potentially supporting cell defense mechanisms against pathogens.

論文審査の結果の要旨

動物細胞の細胞膜直下には、アクチン繊維からなるアクチン皮質と呼ばれる構造がある。アクチン皮質は細胞を支えると同時に様々な細胞機能を制御している。本論文は、細胞膜とアクチン皮質を統合されたシステムとしてとらえ、それらがどのように調節され、また細胞接着などの機能にどのような影響と制御を及ぼしているかについて研究・考察を行った。

第一章は総合序論として、これまでに知られているアクチン皮質の構造・構成成分・調節機構・機能について説明した。またアクチン皮質を評価する方法として、細胞の機械特性を原子間力顕微鏡で測定する方法について説明した。第二章は白血球の接着過程におけるアクチン皮質の制御と役割を、細胞表面の接着分子と非接着分子の運動性制御の観点から明らかにした。特に細胞接着過程でアクチン皮質の構造が弱められ、非接着性分子の運動性が上昇すること、それらが細胞膜－アクチン皮質連結分子 ERM タンパク質によって制御されていることを見出した。第三章は天然の生理活性分子である α -マンゴスチンが白血球のアクチン皮質に与える影響を明らかにした。特に、 α -マンゴスチンが細胞内プロテインキナーゼ C の活性化を介して ERM タンパク質を不活性化し、それによりアクチン皮質を弱め細胞の機械特性を低下させ細胞接着を誘導することを見出した。第四章は新型コロナウイルス SARS-CoV-2 の感染過程において、宿主細胞のアクチン皮質がどのような影響を受けるかについて調べた。SARS-CoV-2 表面スパイクタンパク質により、ACE2 依存的な経路と非依存的な経路でアクチン皮質が弱められ、細胞の機械特性が低下することを見出した。第五章は本研究の総括を行うとともに、細胞膜とアクチン皮質が一体となってどのように調節され細胞接着などの機能を制御しているかについてその全体像、ならびにその細胞工学的な応用の可能性について議論した。

本論文は、細胞表層アクチン皮質についての新しい洞察を与え、さらにアクチン皮質の調節によって細胞機能制御や病原体への細胞防御の可能性を示し、細胞工学分野に貢献した。よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	ボリス ボゴシエヴィチ イリナ BORYS BOHOSHEVYCH IRYNA（スペイン）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第304号
学位授与年月日	2025年3月25日
学位授与の要件	学位規則 第4条 第1項 該当
学位論文題目	Year-round hygrothermal environment, energy performance and viability assessment of a combined use plant-raising Trombe wall in humid subtropical region of Japan （日本の湿潤亜熱帯地域における植物栽培型トロンプウォールの年間温湿度環境、エネルギー性能および実現可能性評価）
論文審査委員	主 査 福田 展淳 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 城戸 將江 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 保木 和明 （北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士（工学）） 審査委員 黎 曉紅 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学））

論文内容の要旨

In this thesis, an alternative variant of a water Trombe wall designed to grow living plants inside its air cavity was proposed. The experimental study has used a retrofitted existing Trombe wall to grow 395 basil plants using the Kratky hydroponic method during a year-long period. The available historical and experimental thermal observations as well as measurements and weather data were analyzed to assess its performance and fitness as a solar energy-capturing device and as a cultivation space. The thesis is divided into chapters as follows:

Chapter 1. Introduction, where in view of the traditional Trombe wall pros and cons, the rationale for the studied solution was proposed and the research goals and parameters were established.

Chapter 2. Literature review, where the study-related research fields and their prospectives (bioclimatic architecture, agriculture, urban planning) were reviewed highlighting their potential to positively interact with one another in the context of the current proposal.

Chapter 3. Theory framework, where the bases on which the calculations and analyses were made, were outlined. In particular, the statistical analysis expressions, the building heat transfer and energy-related equations and expressions quantifying the plant transpiration and energy exchanges, were defined.

Chapter 4. Methodology, where the experiment location and climate, the original and retrofitted green Trombe wall material composition, geometry and scheduling were described. The basics of the cultivation techniques and the daily maintenance of the space during the timeline of the experiment were explained as well. The measurements taken, additional data sources and processing closed the chapter.

Chapter 5. Results, in which the results of the experiment were presented in separate subchapters by topic:

5.1. General thermal effects overview, where the general cooling (by 4.08°C yearly), humidifying (by 7.86% yearly) and balancing effects (daily oscillations went down by 17.53°C yearly) of the greenery on the Trombe wall were established. The effects were more pronounced on sunny days and were almost nonexistent on cloudy ones. The surface and leaf temperatures inside proved to be almost identical with the air temperatures.

5.2. Influence of the space geometry on thermal effects, where the temperature gradients of the space with height were analyzed, showing lower

stratification of air in the Trombe wall during the experiment. The temperature distribution in section showed the effects of the additional thermal mass on the system with the daily maximums time offset of 45min, and the effectiveness of water at retaining heat. The open door has affected the cavity air only locally

5.3. Sensitivity analysis, where the bigger influence of the outside weather on the green, as opposed to the original Trombe wall, was proven. The number of plants in the Trombe wall had more impact on the system than the water mass. The ventilation, thermal mass and shading, in decreasing order of importance, were the main configuration-related factors affecting the observations

5.4. Energy performance, where the decrease in absorption (from 26 to 18%) and dissipation efficiencies (from 85 to 46%) was observed, as compared to the baseline TW. The radiative gains and conductive heat losses were found to be the main components in daily energy exchanges, followed by evaporative losses, gains from appliances in use and losses to ventilation. The impact of the added thermal mass with the slowing of heat gain and loss rates was confirmed. The yearly energy contribution amounted to 10000MJ.

5.5. Plant health and adaptation to Trombe wall, where the average plant life of 46 days and yearly yields of 20.55kg of greens, were calculated. The importance of ventilation and insufficient humidity on plant health was confirmed. The highest transpiration rates happened in winter, the lowest in spring. The best period for growing was during March to June, the worst, November to January. Plants vs. inert water mass comparative study, where the information between the preexisting Trombe wall was compared to the Trombe wall filled with plants, and with water bottles only, where all the other factors being equal, the differences between living plants and inert water mass within the space, and their effects on the adjacent building, and the thermal performance overall are explored.

5.6. Plant vs. water Trombe wall comparative study), where the environmental effects of an inert water-filled Trombe wall were compared to the green Trombe wall, showing its slightly lower ability to cool down and especially to humidify the air. Despite that, the solution has proven to be reliable and amenable to vast improvement with changes in ventilation regime. The water has shown to be more prone to algal blooms than during the main experiment, showing its relative difficulty to maintain.

5.7. Cost-performance and viability of the green Trombe wall), where the setup and running costs and yields were analyzed, proving to be commercially viable and optimal scheduling scenarios were calculated, with 3-4 month-long

seed to harvest cycles proving to be the most profitable.

Chapter 6. Discussion, where the explanations to the obtained results were proposed, and the assessment of the fitness of the solution as a solar energy capturing device and as a greenhouse-like space were assessed. Improvements were proposed and sustainability prospects and challenges were discussed as well.

Chapter 7. Conclusions, where the contributions of the study and its future prospects, as well as its wider environmental and social implications, are discussed.

References, acknowledgements and ethical statements close the thesis.

論文審査の結果の要旨

本論文は、トロンプウォールの空気層内で植物を育成する新たな植物栽培型トロンプウォールを提案し、その性能を評価した研究である。改修された既存のトロンプウォールを用い、クラトキー水耕栽培法によるバジルの年間育成実験を行い、過去の気象データや実験観測結果をもとに、トロンプウォールの太陽エネルギー捕集装置および栽培空間としての適合性を評価している。

第1章では、従来のトロンプウォールの利点と課題を整理し、本研究の提案する手法の合理性を述べ、研究目標と評価指標を設定している。

第2章では、関連する研究分野（生物気候建築、農業、都市計画）を概観している。

第3章では、計算および分析の基礎を示し、統計解析手法、建築熱伝達およびエネルギー関連の方程式、植物の蒸散およびエネルギー交換に関する数式を定義している。

第4章では、実験の実施場所、気候条件、改修前後のトロンプウォールの構成、幾何学的特徴、栽培技術および日常管理方法を詳述し、測定データの取得と処理方法を示している。

第5章では、得られた結果として 1) 一般的な熱的影響では、年間平均で 4.1°C の冷却効果、 7.9% の加湿効果、 17.5°C の日間温度変動減少が確認され、特に晴天時に顕著な効果があること 2) 空間形状の影響では、空気層内の温度分布や熱質量の効果を分析し、最大温度ピークの遅延が 45 分であること、水の蓄熱効果が高いこと 3) 感度分析では、外気の影響を受けやすく、植物の数がシステム全体の性能に大きく寄与すること 4) エネルギー性能では、吸収率が 26% から 18% に、放散効率が 85% から 46% に低下し、日々のエネルギー交換は主に放射熱獲得と伝導損失によって支配されること 5) 植物の健康と適応では、平均生育期間が 46 日、年間収穫量が 20.5kg であること、換気と湿度管理が植物の健康維持に重要であること 6) 植物トロンプウォールと水トロンプウォールの比較では、水のためのシステムよりも冷却・加湿効果が若干低いものの、換気の改善により性能向上が可能であること 7) コストパフォーマンスと実現可能性では、設備投資および運用コストと収益の分析を行い、3, 4 か月の栽培周期が最も利益を生むことを明らかにした。

第6章では、前章の結果を分析し、植物育成装置適合性評価および改善策を論じている。

第7章では、研究の意義と今後の展望を総括し、環境および社会的影響について考察している。

以上、本論文は、新しい植物栽培型トロンプウォールの提案とその実証研究を行い、エネルギー性能および環境適応性を評価したものである。冬季日射取得が目的のトロンプウォールの年間を通じた新たな利用価値を提示した貴重な研究であり、今後の実装において有益な指針を示すものである。よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	オウ シュンユ 王 俊茹（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第305号
学位授与年月日	2025年3月25日
学位授与の要件	学位規則 第4条 第1項 該当
学位論文題目	Research on visual aesthetic preferences for architectural forms based on neuroscience (ニューロサイエンスに基づく建築形態の美的好みに関する研究)
論文審査委員	主 査 デワンカー バート (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 高 偉俊 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 小山田 英弘 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 望月 慎一 (北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士（工学）)

論文内容の要旨

The study integrates theories and methods from architecture, aesthetics, and neuroscience to design a task-based functional magnetic resonance imaging (fMRI) stimulation paradigm. By analyzing the brain functional indicator, investigates the brain regions associated with aesthetic cognitive preferences for architectural forms, revealing the underlying neuroaesthetic mechanisms. In a subsequent experiment, the study combined corneal reflection technology to propose an innovative measurement method for aesthetic preferences to architectural forms.

The structures and content are explored as follows:

In Chapter 1, provides an overview of the research background and objectives, starting with an introduction to the background, clarifying the theoretical foundation.

In Chapter 2, highlights the importance architectural design and their impact on human aesthetic experiences in the field of architectural design. To address these shortcomings, neuro-architecture introduces neuroscientific tools for more objective measurements of aesthetic experiences.

In Chapter 3, provides a detailed description of the research methodology, including the experimental design technical route, functional magnetic resonance imaging (fMRI), and eye-tracking (ET) methods. These sections provide the theoretical basis and technical support for the experimental implementation and data collection in this study.

In Chapter 4, fMRI is utilized to reveal significant PerAF differences between curvilinear and rectilinear spaces across different frequency bands, finding that the roles of the cingulate cortex, frontal lobe, and thalamus in aesthetic cognitive preferences.

In Chapter 5, Eye tracking technology was used to record participants' fixation time, path distance, saccade counts and fixation shift time on architectural images to accurately quantify aesthetic perceptions with fine granularity. Found that those who preferred curvilinear and rectilinear forms had differences in gaze and saccade behaviors.

In Chapter 6, optimizes the measurement paradigm by incorporating color images and expanding the dataset, and four digital markers were determined to distinguish the preferences of curvilinear and rectilinear architectural forms, with an effectiveness of 0.940.

In Chapter 7, participants gave higher aesthetic ratings to curvilinear, on the neural activity, results showed participants was frequency-specific. on the eye-tracking, show the curvilinear group more attention to curvilinear and

more interest preference compared to the rectilinear group.

In Chapter 8, conclusion, the key findings of the study are summarized, and the limitations.

論文審査の結果の要旨

本研究は、建築学、美学、神経科学の理論と方法を統合し、曲線的及び直線的な建築形態に対する美的・認知的好みに関連する脳領域を調査し、その基盤となるメカニズムを解明している。脳の機能的指標の分析に加え、アイ・トラッキング技術を併用することで、建築形態に対する美的好みを評価する測定方法を提案している。

第1章では、研究の背景、目的、論文構成について述べている。

第2章では、従来の研究を調査し、本論文の分析方法の枠組みを構築するための理論的基礎を示している。

第3章では、研究の全体的なプロセス、データ収集方法・分析手法、調査データの信頼性と妥当性、使用した調査方法を概説している。

第4章では、fMRI 技術を用いて、曲線的空間と直線的空間の間における特定の脳活動の違いを分析し、曲線的空間に対する美的判断スコアと特定の脳領域における PerAF 値の増加との間に有意な負の相関があることを示している。

第5章では、アイ・トラッキング技術を使用して、参加者が建築画像に対して注視した時間、経路距離、サッカード回数等を記録し、美的知覚を正確に定量化している。曲線的及び直線的な形態を好む人々の間で、視線やサッカードの行動に違いがあることを明らかにしている。

第6章では、最適化実験でグレースケール画像をカラーに変換し、美的好みをより真実に反映し、曲線的及び直線的建築形態の好みを区別するための4つのデジタルマーカーが決定され、その有効性は建築形態における美的好みを測定するための新しい方法を提案している。

第7章では、行動面では参加者が曲線的形態に対して高い美的評価を与え、曲線的空間デザインへの好みが見られている。神経活動に関しては、参加者が周波数特異的であることを示し、アイ・トラッキングの結果からは、曲線的形態に対する注意がより高く、興味や好みの傾向も強いことが明らかとなっている。

第8章では、各章で得られた知見をまとめ、総括としている。

以上、本論文は、建築形態に対する美的・認知的好みの神経メカニズムを解明し、建築デザインにおける人間の視覚的認知の理解を深めている。特に、曲線的及び直線的な形態の知覚が脳活動に与える影響を定量的に示し、美的評価に基づく建築設計の新たな指標を提示することで、今後のニューロアーキテクチャー研究分野の発展に大きく寄与するものである。よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	キョ エツ 许 悦（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第306号
学位授与年月日	2025年3月25日
学位授与の要件	学位規則 第4条 第1項 該当
学位論文題目	Assessment of envelope deficiencies and climate-responsive improvements for indoor hygrothermal conditions of warehouse buildings for food in a humid subtropical region （湿潤亜熱帯地域における食品を保管する倉庫建築の外皮断熱欠損の評価および室内温湿度環境改善に関する研究）
論文審査委員	主 査 福田 展淳 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 城戸 将江 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 保木 和明 （北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士（工学）） 審査委員 藤本 悠介 （北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士（情報学））

論文内容の要旨

As environmental challenges intensify, warehouse buildings face increasing demands for optimizing indoor hygrothermal conditions and implementing climate-responsive strategies. In humid subtropical regions, maintaining stable temperature and humidity is crucial for safeguarding temperature- and humidity-sensitive goods, particularly in food storage. Warehouse buildings, characterized by large open spaces, metal roofs, and limited airtightness, pose unique challenges in maintaining indoor hygrothermal stability. However, while extensive research has been conducted on non-residential buildings, studies specifically addressing the hygrothermal performance of warehouse buildings remain limited.

Using a dried food warehouse facility in Kumamoto Prefecture as a case study, this research investigates building envelope deficiencies through empirical analyses and advanced simulations, identifying critical problem areas—particularly concerning high humidity and condensation—and proposing targeted retrofitting strategies. These evidence-based solutions aim to enhance hygrothermal stability and mitigate condensation risks, offering valuable insights for architects, engineers, and policymakers seeking to implement climate-responsive interventions in similar settings.

Chapter 1 introduces the study's background and objectives, outlining the key challenges faced by warehouse buildings in a humid subtropical region. It highlights that inadequate insulation, improper airtightness, and thermal bridging contribute to unstable indoor temperature and humidity conditions, leading to condensation issues. These findings underscore the necessity of climate-adaptive retrofitting to improve indoor environments and ensure the proper preservation of stored goods.

Chapter 2 provides an overview of the fundamental design principles for humid subtropical regions and, through a literature review, discusses climate-responsive design strategies and the typical features of warehouse buildings. Key characteristics such as large open spaces, metal roofs, and insufficient radiant shielding exacerbate condensation risks and contribute to significant indoor temperature and humidity fluctuations. These factors present additional challenges for building renovation and facility management.

Chapter 3 introduces the methods employed to assess the target warehouse facility, including long-term monitoring of indoor temperature and humidity, infrared thermography for detecting building envelope deficiencies, and simulation analysis using tools such as Ladybug. By systematically

evaluating the warehouse's climate-response characteristics, the study establishes a comprehensive foundation for identifying existing deficiencies.

Chapter 4 integrates environmental monitoring data with infrared thermography results to identify specific areas where insulation is inadequate, airtightness is lacking, and moisture control is insufficient, leading to persistent high humidity and condensation risks. In particular, the second-floor inspection room experiences consistently high humidity, while the first floor is prone to condensation during winter and spring. Further analysis clarifies the influence of external climatic conditions on the indoor environment, emphasizing the impact of temperature and humidity fluctuations.

Chapter 5 systematically evaluates the thermal and hygrometric performance of the warehouse building through simulation in a humid subtropical region. Using localized Typical Meteorological Year data, the study assesses retrofit strategies for addressing building envelope deficiencies. The results highlight the effectiveness of roof and floor insulation in enhancing temperature stability and mitigating condensation risks. Roof insulation significantly increases minimum surface temperatures, reducing heat loss and temperature fluctuations, while floor insulation plays a critical role in preventing condensation, particularly during winter, in which a 100 mm expanded polystyrene layer is required to fully eliminate indoor condensation. The study also demonstrates that insulation influences relative humidity stability, with a combined roof and floor insulation strategy providing the most effective moisture control. These findings underscore the importance of tailored insulation strategies in improving indoor hygrothermal conditions and ensuring the safe storage of food products in warehouse buildings in humid subtropical regions.

Chapter 6 summarizes the study's key findings regarding condensation and high-humidity challenges in humid subtropical warehouse buildings. The results confirm that targeted improvements to the building envelope significantly enhance indoor temperature and humidity stability while reducing condensation risks. Additionally, the chapter outlines future research directions, emphasizing the importance of climate-adaptive approaches in strengthening building resilience. These findings provide valuable guidance for warehouse renovation and management in humid subtropical regions, contributing to the broader effort of creating more sustainable and efficient storage environments.

論文審査の結果の要旨

本論文は、湿潤亜熱帯地域の食品を保管する倉庫建築の外皮断熱欠損が室内環境に与える影響を実証的に分析し、高湿化や結露環境を改善する断熱改修の効果を分析することを目的としている。結露と高湿化が発生した熊本県の乾物の倉庫施設を対象に長期温熱環境実測を行い、赤外線サーモグラフィ分析、シミュレーション解析を行い高湿化の原因と解決策を提示している。

第1章では、本研究の背景と目的を述べ、倉庫建築物が高温多湿な気候条件下で直面する課題について整理した。特に、断熱不足、不適切な気密処理、熱橋現象がエネルギー効率の低下や温湿度の不安定化を引き起こしていることを指摘し、これらの課題を解決するための気候適応型改修の必要性を示した。

第2章では、湿潤亜熱帯地域における建築設計の基本原則を概観し、建物外皮の断熱欠損が室内の温湿度環境に及ぼす影響について文献調査を行った。また、倉庫建築の特徴として、広い開放空間、金属屋根の採用、放射遮蔽の不足などが挙げられ、これらが結露リスクの増大や温湿度変動の原因となることを示した。

第3章では、調査対象施設の評価方法を示し、室内温湿度の長期モニタリング、赤外線サーモグラフィによる欠陥検出、シミュレーション解析を用いた環境評価を実施した。特に、Ladybug を活用したシミュレーションにより、建物の気候応答特性を定量的に評価し、現状の問題点を明確化した。

第4章では、環境モニタリングと赤外線サーモグラフィの結果を分析し、特定の部位における断熱性能不足、気密不良、湿気制御の欠如が温湿度環境の不安定要因となっていることを明らかにした。特に、2階検査室の高湿度傾向、冬季・春季における1階の結露発生、外気条件の影響による室内環境の変動を詳細に分析している。

第5章では、建物外皮の欠陥に対する改修案をシミュレーション解析に基づいて評価した。屋根と床の断熱強化が温度変動の抑制と結露防止に効果的であり、特に冬季においては100mm厚のEPS床断熱が結露防止に不可欠であることを示した。また、適切な断熱改修が相対湿度の安定化にも寄与し、屋根と床の断熱を組み合わせた対策が最も有効であることを明らかにした。

第6章では、研究成果を総括し、気候適応型改修の有効性と実用性を示すとともに、今後の研究課題を述べた。

以上、本研究は、湿潤亜熱帯地域における倉庫建築の結露および高湿化の原因を明らかにし、断熱対策の効果を定量的に分析している。地球温暖化に伴い高温

多湿な地域が増加する中、倉庫建築の改修設計や温湿度環境管理に新たな指針を明示しており、建築環境工学分野に大きく貢献する研究である。よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	シャ セイ 谢 静（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第307号
学位授与年月日	2025年3月25日
学位授与の要件	学位規則 第4条 第1項 該当
学 位 論 文 題 目	Economic analysis of green building with air conditioning and photovoltaics based on carbon tax considerations （炭素税に基づく空調及び太陽光発電を備えたグリーンビルディングの経済分析）
論 文 審 査 委 員	主 査 デワンカー バート （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 福田 展淳 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 高 偉俊 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）） 審査委員 河野 智謙 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（農学））

論文内容の要旨

In the Huzhou city, many buildings are not centrally heated and commonly rely on electrical equipment such as air conditioners which are all energy-inefficient thermoregulation devices. To analyze the relationship between building energy consumption and the energy efficiency ratio of air conditioning and the area of photovoltaic (PV) on the roof, the influence of the building envelope on building energy consumption in hot summer and cold winter regions in China is clarified. The research result indicated that the combination the renewable energy with efficient equipment can achieve dual optimization of environmental and economic aspects of building energy consumption, while providing reference opinions on the comprehensive evaluation method of building energy consumption from the perspective of carbon tax.

The structures and contend are explored as follows:

In Chapter 1, the background and purpose of the study are described. Which the present status of the energy consumption in the construction in China has been discussed and the development process of carbon tax has also been described.

In Chapter 2, the development of green building and the application of renewable energy in the construction are presented. And also present the research purpose and core contend.

In Chapter 3, the basic information of the research object and the main research methods of this paper are presented in detail. And the validity of the model is effectively verified.

In Chapter 4, Eight green buildings are selected for detailed analysis and discussion, we can conclude that green buildings have better social benefits and the development of green buildings is also the main direction of China's construction industry in the future.

In Chapter 5, the energy consumption analysis of a case study of a public hospital are presented. Through the result of the calculation, the impact of changes in photovoltaic area and COP on building energy consumption have been investigated and discussed.

In Chapter 6, the energy analysis based on the carbon tax consideration on a case study of mall building are also described. Several results have been obtained.

In Chapter 7, The application of photovoltaic in building, the Current status of solar PV power generation and future potential are discussed in detail.

In Chapter 8, conclusions and perspectives are summarized. And through

the present study, several suggestions have been proposed about the energy efficiency in building.

論文審査の結果の要旨

本研究では、建物のエネルギー消費、空調エネルギー効率比及び屋上の太陽光発電（PV）面積との関係を分析することを目的として、中国の「暑夏・寒冬」地域における建物外皮がエネルギー消費に与える影響を明確にしている。再生可能エネルギーと高効率な設備を組み合わせることで、建物のエネルギー消費を環境面及び経済面の両方から最適化できることが示され、さらに、炭素税の観点から建物のエネルギー消費を包括的に評価する手法について、有益な知見を提供している。

第1章では、研究の背景と目的を説明している。中国における建築部門のエネルギー消費の現状を分析し、炭素税の導入状況について述べている。

第2章では、グリーンビルディングの発展状況と建設分野における再生可能エネルギーの適用について概説している。また、研究の目的と主要な論点について述べている。

第3章では、研究対象の基本情報と本論文の主要な研究手法の詳細を説明し、モデルの有効性を検証している。

第4章では、8つのグリーンビルディングを詳細に分析し、グリーンビルディングは今後の中国建設業界の主要な方向性であることを結論付けている。

第5章では、公共病院のケーススタディに基づくエネルギー消費の分析を行っている。太陽光発電面積やCOP（性能係数）の変化が建物のエネルギー消費に及ぼす影響について明らかにしている。

第6章では、ショッピングモールのケーススタディに基づき、炭素税の影響を考慮したエネルギー消費分析を行い、商業施設として多様なエネルギー需要を持つため、異なるエネルギー供給シナリオを設定し、炭素税が建物の運営コストやエネルギー選択に与える影響を評価し、複数のシナリオ分析を通じて、炭素税が建築物のエネルギー戦略に及ぼす潜在的な効果を示している。

第7章では、建築環境に適した設計手法を考察し、技術革新や政策支援を踏まえ、将来的な普及可能性やコスト低減の見通しについて分析を行い、異なる気候条件における太陽光発電のパフォーマンスを比較し、最適な適用戦略を明らかにしている。

第8章では、結論と今後の展望をまとめている。

以上、本論文は、建物のエネルギー消費、空調エネルギー効率比、及び屋上の太陽光発電（PV）面積との関係やグリーンビルディングの経済性について明らか

にし、「暑夏・寒冬」地域におけるさらなる研究に貢献するとともに、今後のグリーンビルディング設計分野に大きく寄与するものである。よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	ムラカミ ヤヨイ 村上 弥生（福岡県）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	乙 第 1 3 号
学位授与年月日	2 0 2 5 年 3 月 2 5 日
学位授与の要件	学位規則 第 4 条 第 2 項 該当
学 位 論 文 題 目	炭化水素系新バイオ燃料 HiBD 製造プロセスの開発と実用化への展開 (Development of Production Process of New Hydrocarbon Biofuel HiBD and Its Practical Application)
論 文 審 査 委 員	主 査 朝見 賢二 (北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士) 審査委員 山本 勝俊 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 今井 裕之 (北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士（環境科学）) 審査委員 寺西 正輝 (北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士（工学）)

論文内容の要旨

地球温暖化対策である脱炭素が大きく求められる現在、再生可能な燃料の開発が求められている。2008 年 7 月に開催された北海道洞爺湖サミットでの首脳声明にて、バイオ燃料の利用拡大が盛り込まれ、この時からバイオ燃料、特に、バイオディーゼル (Bio Diesel Fuel、以下 BDF) の開発と商業化が急務となり、さらに最近のカーボンニュートラルへの流れの中で、その勢いはさらに加速されている。

BDF 製造技術において、2 つの代表的な技術があり、その 1 つは、油脂とメタノールを原料として脂肪酸メチルエステル (Fatty Acid Methyl Ester、以下 FAME) を合成する FAME 法であり、もう 1 つは、油脂を水素化分解した水素化植物油 (Hydrotreated Vegetable Oil、以下 HVO) を製造する BHD (Bio Hydrofined Diesel) 法である。前者は反応がシンプルで世界的に幅広く実用化されている技術であるが、製品の品質や副生成物の利用法に難点があり、後者は石油系の軽油と同じ炭化水素燃料が得られるものの、高圧製造施設が必要であり、コストが高い製造法である。

2 つの技術が持つ欠点を補う、新たな技術として、HiBD (High quality-Bio Diesel) 法が、北九州市立大学で開発された。この方法は、酸化マグネシウム等の固体塩基触媒を用い、400℃～450℃、大気圧下で油脂の脱炭酸分解反応を進行させることで、炭化水素に富んだ BDF を得ることが可能である。原料として、植物性油脂だけでなく、動物性油脂、それらの使用済みである廃食油等も使用し得る。反応は、油脂 (トリグリセリド) がグリセリンと脂肪酸へ分解後、脂肪酸の脱炭酸反応にて炭化水素と CO₂ が得られると推定される。そのため、BDF (炭化水素) の理論収率は 80wt% となる。HiBD 法は、BHD 法よりも製造コストが低く、FAME よりも製品品質が良いが、実用化に当たり、BDF 関連の規格を満たすとともに、製造コストや燃料コスト、さらにはディーゼル車両への負荷を考慮しなければならない。そのためには、製品の収率や品質の向上、燃料特性の把握が必要となる。

本論文は、品質と収率の向上を図るために、生成物の詳細分析と油脂原料からの反応ルートの確定を行い、これを踏まえたプロセスの提案、製品の 2 次処理、ジェット燃料への改質をまとめたものであり、本論文は 5 章よりなる。

第 1 章の序論では、国内外のエネルギー動向をまとめるとともに、既往の BDF の製造技術および HiBD プロセスの現状および課題を概説している。本研究の目的を、実用化に向けた製品の特性把握、収率および品質向上と定め、具体的な検討項目を提示した。

第 2 章では、まず、原料油脂を含む、全分析が可能な分析手法を構築し、これまで分析できなかった C₂₅ 以上の化合物 (油脂を含む) を定量できる方法を見出

した。生成物の全分析および生成物の GC/MS 解析による生成物の特定、さらに同一条件下でのモデル原料の反応の系統的追跡の結果との比較により、HiBD 法は油脂の分解による脂肪酸の生成と、その脂肪酸が脱炭酸、および 2 量化によるケトン生成とその分解より、炭化水素が得られる事を確定した。

第 3 章では、BDF の高品質や高収率の妨げとなる中間生成物を低減するために、固定床のアップフロー法、触媒の改良、加水分解反応、BDF の 2 次処理について検討した。さらに、HiBD のバイオジェット燃料への改質の検討も行った。アップフロー法による反応では、従来よりも得られる生成油の収率が 5~10wt%増加し、生成油の酸価（残留脂肪酸の指標）も 3/5 まで低減した。活性白土による吸着処理や水素化処理による生成油の品質向上を図ると、生成油の酸価をニート規格以下まで低減でき、色調が顕著に改善されるとともに、色調の経時変化が抑制されることを見出した。

第 4 章ではタイ国と国際共同研究であった SATREPS にて行った、パイロットプラントの運転の評価とその製品の性状評価を行った。その結果、HiBD は、セタン指数 50 程度、流動点 -7.5°C 以下など 2 号軽油の規格も満たしており、コモンレール式エンジン試験では、100%の使用でも適応可能であることが明らかとなった。

第 5 章では本論文の総括と得られた知見を踏まえた今後の展望をそれぞれ述べる。現在、開発した HiBD 法による BDF の製造は、佐賀市にて実用化された。

論文審査の結果の要旨

地球温暖化対策として、バイオ燃料、特に植物油脂から製造されるバイオディーゼルの開発と商業化が急務となっている。現行の製造法は、製品の品質や製造コストに様々な課題を抱えている。これらに代わる新たな技術として、HiBD (High quality-Bio Diesel) 法が本学で開発された。この方法では、固体塩基触媒によって油脂が脱炭酸分解され、軽油と類似の炭化水素混合物燃料 HiBD が得られる。

本論文の著者は、HiBD 法で得られる生成物の詳細分析により反応ルートを確定し、これを踏まえた反応方法の提案、製品の品質向上への 2 次処理法の開発などを行っている。さらに、パイロットプラント試験による実用化への道筋を開拓している。

本論文は、5 章よりなる。第 1 章の序論では、国内外のバイオ燃料の情勢や既存の製造技術、および HiBD 法の現状をまとめており、HiBD 法の課題を抽出して本研究の目的を定めている。

第 2 章では、まず、原料油脂を含む、全生成物の分析が可能な分析手法を構築した。この結果とモデル原料の反応による推測を合わせて、実際の油脂原料では、油脂の分解による脂肪酸の生成と、それに引き続く直接脱炭酸分解のルートと、脂肪酸の 2 量化によるケトン経由ルートの 2 つで炭化水素が得られる事を明らかにした。

第 3 章では、高収率の妨げとなる中間生成物を低減するために、固定床のアップフロー法および前段での加水分解反応の提案や触媒の改良の実施、さらには製品の 2 次処理による品質向上も検討した。またバイオジェット燃料への改質も試みている。

第 4 章では、タイ国と国際共同研究 SATREPS において、パイロットプラントの運転の評価とその製品の性状評価を実施した。その結果、HiBD は、2 号軽油の規格も概ね満たしており、最新のコモンレール式エンジン試験では、軽油との混合を必要とせず、100%の使用でも適応可能であることを明らかにしている。

第 5 章では本論文の総括と得られた知見を踏まえた今後の展望が述べられており、現在、開発した HiBD が佐賀市において実用化され、製品の一部がごみ収集車や市営バス等に使用されていることを紹介している。

本研究で得られた成果は、油脂から炭化水素へ転化する過程を明らかにしたことで化学反応、触媒作用などの学術の発展に貢献するものであり、さらに新しいディーゼル燃料の実用化への様々な取り組みは、工学的に大変価値の高いものといえる。

よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

博士學位論文 内容の要旨および審査結果の要旨
第 38 号 (2025 年 3 月授与)

発行日 2025 年 4 月

編集・発行 北九州市立大学 学務課

〒808-0135

北九州市若松区ひびきの 1-1

TEL 093-695-3330