

2023 年度

博士學位論文

内容の要旨および

審査結果の要旨

第 3 5 号

(2023 年 9 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(工学)	甲第 235 号	Dewangga Oky Bagus Apriandanu (デワンガ オキ ハグス アプリアングス)	1
博士(工学)	甲第 236 号	Bimastyaji Surya Ramadan (ヒマスチアジ スリヤ ラマダン)	6
博士(工学)	甲第 237 号	王 帅 (オウ スイ)	10
博士(工学)	甲第 238 号	鲁 子良 (ルー ジリアン)	13
博士(工学)	甲第 239 号	王 京 (オウ キン)	17
博士(工学)	甲第 240 号	王 兴国 (オウ シンコク)	20
博士(工学)	甲第 241 号	王 迪 (オウ テキ)	23
博士(工学)	甲第 242 号	Siswanti Zuraida (シスワンティ スライダ)	27
博士(工学)	甲第 243 号	徐 阳 (ジョ ヨウ)	31
博士(工学)	甲第 244 号	赵 秦枫 (チョウ シンフウ)	34
博士(工学)	甲第 245 号	Treza Chandra Julian (トレサ チャンドラ ジュリアン)	38
博士(工学)	甲第 246 号	刘 子浩 (リュウ ジハオ)	43
博士(工学)	甲第 247 号	刘 祖安 (リュウ ソアン)	47
博士(工学)	甲第 248 号	万 达 (ワン ダ)	51
博士(工学)	甲第 249 号	王 亚飞 (ワン ヤフェイ)	55

学位の種類	学位番号	氏名	頁
博士(工学)	甲第 250 号	余海铭 (ユ ハイミン)	58
博士(工学)	甲第 251 号	王鹏轩 (オウ ホウケン)	61
博士(工学)	甲第 252 号	张霏 (ジャン ペイ)	64
博士(工学)	甲第 253 号	周睿 (ジョウ ウルイ)	68
博士(工学)	甲第 254 号	宋丽斐 (ソウ レイフェイ)	72
博士(工学)	甲第 255 号	付瑶 (フ ヨウ)	75
博士(工学)	乙第 12 号	Dian Sekartaji (ディアン セカルタジ)	79

フリガナ 氏名 (本籍)	デワンガ オキ バグス アプリアンダヌ Dewangga Oky Bagus Apriandanu (インドネシア)
学位の種類	博士 (工学)
学位番号	甲 第235号
学位授与年月日	2023年9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 Hematite Photoanodes for Photoelectrochemical Water Splitting (光電気化学的水分解のためのヘマタイト光アノードに関する研究)
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 李 丞祐 (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 天野 史章 (東京都立大学大学院都市環境科学研究科教授 博士 (工学))

論文内容の要旨

Photoelectrochemical (PEC) water splitting is a strategy to decompose water into oxygen and hydrogen molecules with the utilization of light energy and semiconductor photoelectrodes. Hematite ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) is a potential photoanode candidate for PEC water splitting owing to its inexpensive, high abundance in nature, and suitable band gap (~ 2.1 eV) under visible light irradiation. However, Fe_2O_3 still suffers from low PEC efficiency, mainly due to poor electrical conductivity and limited light absorption.

This thesis proposes methods for developing hematite photoanodes with improved PEC performance for water splitting. Firstly, additional annealing in argon atmosphere is employed to enhance the photocurrent response of the hematite photoanodes. Secondly, a macroporous conductive substrate with large surface areas is selected for fabricating hematite photoelectrodes. Finally, the porous hematite photoanode is developed as a membrane electrode assembly (MEA) for PEC water splitting in two-compartment cells.

Chapter 1 presents a general introduction to solar water splitting, semiconductor electrodes, and a brief overview of hematite photoanodes.

In Chapter 2, Ti^{4+} -doped Fe_2O_3 was prepared by hydrothermal treatment followed by annealing at 873 K in air and a second round of annealing at 473 K in argon. The two-step annealing process increased the PEC performance of Ti-doped Fe_2O_3 on a fluorine-doped tin oxide (FTO)-coated glass substrate (FTO/Ti- Fe_2O_3) for water oxidation in 0.1 mol L^{-1} NaOH solution. Ti^{4+} doping was achieved by using TiCl_4 ethanol solutions of various concentrations. The optimized Ti/Fe atomic ratio in the solution was 3%, which showed the highest photocurrent densities. The two-step annealed FTO/Ti- Fe_2O_3 generated a photocurrent density of 0.55 mA cm^{-2} at 1.50 V vs. reversible hydrogen electrode (RHE) under simulated one-sun illumination, which was approximately three times higher than that of the photoanodes annealed in air. Four-point probe resistivity measurements revealed that the two-step annealing resulted in a higher electrical conductivity than that of the samples annealed in air. The conductivity improvements induced by the additional argon annealing at 473 K were ascribed to the increased donor density, which was confirmed by Mott–Schottky analysis and diffuse reflectance UV-visible–near-infrared spectra. The strategy of Ti^{4+} doping and two-step annealing successfully fabricated Fe_2O_3 -based photoanodes with better photocurrent

density due to high electrical conductivity.

In Chapter 3, three-dimensional (3D) titanium microfiber felt (Ti felt) was used as a conductive substrate. Compared to conventional two-dimensional (2D) substrates, such as FTO-coated glass and Ti sheets, the loading amount of Ti-doped Fe_2O_3 on Ti felt was 2–5 times higher for a similar substrate geometric area. However, the thickness of Ti-doped Fe_2O_3 on the Ti felt (0.6 μm) was less than that on the 2D substrates. The Ti-felt/Ti- Fe_2O_3 exhibits a higher photocurrent density than FTO/Ti- Fe_2O_3 and Ti-sheet/Ti- Fe_2O_3 . Analyses of the incident photon-to-current conversion efficiency (IPCE) and Faradaic efficiency indicated that Ti-felt/Ti- Fe_2O_3 showed higher PEC activity for the oxygen evolution reaction than FTO/Ti- Fe_2O_3 . The enhanced PEC activity is ascribed to the moderate thickness of the Fe_2O_3 layer, which contributes to a short electron transport distance. Furthermore, the high loading of Fe_2O_3 on the Ti-felt substrate increased the photocurrent response at wavelengths near the band edge, even at low light intensities. This study provides new insights for preparing hematite photoanodes with higher PEC activity for the OER using a 3D porous substrate, rather than conventional 2D substrates.

Chapter 4 represents the successful fabrication of a MEA that incorporates porous Fe_2O_3 -based photoanodes integrated with an anion exchange membrane (AEM). The AEM-PEC system demonstrates water splitting under visible light irradiation, operating even under low-conductivity and near-neutral conditions ($\sim 1 \text{ mS/m}$ and $\text{pH} \sim 9$), without the need for supporting electrolytes. The IPCE action spectrum confirms a visible light response extending up to 600 nm, surpassing that of previous reports on porous photoelectrodes with solid electrolyte membranes. Importantly, this AEM-PEC system differs from conventional PEC using liquid electrolytes, where hematite photoanodes are active only in strongly alkaline solutions. The combination of porous photoelectrodes and solid electrolyte membranes is significant for water-splitting reactions without the reliance on electrolyte solutions.

In summary (Chapter 5), this thesis explored alternative strategies for enhancing the PEC efficiency of hematite photoanodes. Additional annealing in an argon atmosphere improves the PEC properties by simultaneously increasing donor density and electrical conductivity. Furthermore, the use of 3D macroporous conductive substrates enables higher loading and thinner

thickness of the hematite layer, resulting in enhanced PEC efficiency. Additionally, the AEM-PEC system achieves water splitting in pure water without supporting electrolytes, overcoming mass-transport limitations through the synergistic combination of porous photoanodes and solid electrolyte membranes. This low-cost and straightforward device integration of porous hematite photoanodes with AEM exhibits promising potential for advancing sustainable energy production through PEC applications.

論文審査の結果の要旨

光電気化学的な水分解反応は、太陽光エネルギーを利用して水から水素を製造するための半導体電極技術である。ヘマタイト ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) は、可視光利用に適したバンドギャップ (約 2.1 eV) を有し、原料の鉄は自然界に豊富に存在しているため、水分解による酸素発生のための光アノードとして魅力的な材料である。しかし、その理論光電変換効率と比較して、ヘマタイト光アノードの性能が低いことが課題である。本論文では、水分解のためのヘマタイト光アノードの性能向上を目的として新しい電極調製法を提案するとともに、開発した多孔質ヘマタイト電極を応用して、純水を原料とする光電解反応を初めて実証した。

本論文は5章からなり、第1章の序論では、太陽光水分解や半導体電極の基礎、およびヘマタイト光アノードの開発状況について概説した。

第2章では、ヘマタイト電極の導電性の向上を目的とし、高原子価カチオン (Ti^{4+} 種) ドープの効果を検討した。2段階目の加熱処理をアルゴン気流下の還元的气氛で、 200°C という低温度で行うことによって、適度に導電性が向上し、光電極特性が向上することを初めて見出した。

第3章では、上記ヘマタイト電極の光アノード性能に及ぼす導電性基材の影響を調べた。従来用いられてきた導電性ガラスやチタン板と比較して、多孔質なチタン繊維を使うことで光電極性能が向上することを見出した。膜厚を薄く保ったままヘマタイトの担持量を増加できるため、光吸収特性が向上することを明らかにした。

第4章では、開発したヘマタイト光アノードの多孔質構造を活かして、アニオン交換膜と複合化した反応システムを構築した。電解質フリーの純水を原料に用いても、可視光照射下において水の光電解反応が進行することを初めて実証した。

第5章では、本論文を総括するとともに、本研究で得られた知見を踏まえ、今後の展望を述べた。本研究で開発した2段階加熱処理や電極の多孔質化といった新しい性能向上手法、ならびにアニオン交換膜との複合化システムは、太陽光水電解技術の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)	ビマスチアジ スリヤ ラマダン Bimastyaji Surya Ramadan (インドネシア)
学位の種類	博士 (工学)
学位番号	甲 第 2 3 6 号
学位授与年月日	2 0 2 3 年 9 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	Assessment of open waste burning activity and its mitigation strategy to control environmental pollution (廃棄物の野焼き活動の評価と環境汚染制御のための緩和戦略)
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 (北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士 (工学)) 審査委員 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))

論文内容の要旨

This study has three primary focuses on open waste burning (OWB) study: the first is the literature review on global and regional scale, the second is the city-scale study (Semarang City), and the third is on regional-scale study (Southeast Asia). In the first chapter, a literature review on the OWB study at a global and regional scale is conducted using systematic literature network analysis (SLNA), which employed bibliometric and qualitative content analysis in the review process. The literature review focused on the environmental and health impact based on the published study, the recent inventory assessment for OWB study, and factors affecting OWB practices. The results showed that OWB topics, especially environmental and health risks, are the concern of researchers nowadays. Besides, severe gaps in the data-specific country of emission factors must be addressed to better estimate the emissions and risks of the people around the burned waste. More work on the OWB field is needed to fill the gaps to reduce the open burning intensity, especially in SEA countries.

The second chapter presents the temporal pattern of OWB in Semarang City. Due to a gap in the specific-country data, an inventory assessment is needed to reduce the climate and health risk impact due to OWB. The transect walk survey methods were modified from previous methods in India, Mexico, and Nepal. Only 11.38% of the total waste piles in the transect areas were not burned during visual inspection. Therefore, the highest burning intensity was found in the urban area, which is surprisingly different from the previous finding that peri-urban areas contribute the most to open burning in Semarang City. Each person can be estimated to burn 1.098 kg of waste daily; however, a lower number was found in urban areas. The total estimation of waste burned in Semarang City was 212.94 tons/day, or 12.81% of the total waste generated in Semarang City in the dry season. This value is higher than in the rainy season, which was estimated at only 161.17 tons/day. Approximately 161.17 - 212.94 tons/day of municipal waste is burned in Semarang City, ultimately accounting for 9.70 - 12.81% of the total waste generated in the city. The outer peri-urban area cluster contributed the most to open burning, representing 47.39% of the total open burning incidents in the dry season.

The third chapter is focused on the health and environmental risks assessment due to OWB practices. Several laboratory methods were applied to get a better estimation of the assessment. The result showed that plastic burning contributed to the highest emission share among waste components, and annual total emissions due to OWB were estimated at approximately 53,809.66 tons per year. Therefore, the emission of uncontrolled burning varies on the composition of burned waste. Although the carcinogenic risk was low, non-cancer disease risk exceeded the standard. Therefore, direct exposure of residents to OWB may pose significant health risks.

The fourth chapter is about the mitigation scenario of OWB practices in Semarang City. Based on the number of waste collection sites (WCSs), a spatial analysis was conducted to optimize the placement of WCS in Semarang City. This study used the average nearest neighbor and kernel density (ANN/KD) analysis, spatial multi-criteria decision analysis (SMCDA), and location-allocation analysis to define the unserved area and analyze the priority area of WCS development. The results showed that Semarang Tengah and Semarang Selatan District have a thicker WCS density. Rural and peri-urban areas need more WCS, which may lead to improper waste management. There are 32 new potential locations and 84 existing WCS necessary to pretend its existence. The optimization of WCS may reduce uncollected waste from 1,080 to 462 m³/day, thus reducing other improper waste management practices in Semarang City.

The fifth chapter is the regional-based study, which focuses on the prioritization of actions to reduce the OWB. Several experts are invited to justify and determine the priority of the mitigation actions. Qualitative content analysis and SWOT-QSPM methods are used to analyze several initiatives that have already been taken and the questionnaire survey results, thus identifying the priority actions to reduce OWB. The results showed that building the capacity of the national and local authorities or leaders is the most important thing to solve the OWB problems. Mitigation actions are needed to reduce the OWB incidents. The results of this study could provide valuable information for policymakers, especially in reducing the environmental pollution caused by OWB practices.

論文審査の結果の要旨

東南アジアでは 57%を超える都市廃棄物（MSW）が回収されていないと推計されるなど、MSW の適切な管理は多くの発展途上国において重要な課題となっている。中でも、廃棄物の野焼き（OWB）は、人間の健康や環境に悪影響を及ぼしており問題視されている。OWB の削減のための戦略立案のためには、まず実態を正確に把握することが必要である。このような背景のもと、本研究は、OWB の実態把握、環境および健康への影響評価、OWB に与える影響要因の分析を行ったものである。その上で、OWB 活動を削減するための戦略を検討している。

本論文は全 6 章から構成される。第 1 章では、研究の背景について論じている。系統的文献ネットワーク解析（SLNA）を利用して、世界および東南アジアの OWB 研究をレビューし、環境及び健康リスクが近年の研究の主要な関心事であること、さらに、OWB の発生に関するデータが不足していることを明らかにした。その上で、本論文の目的と構成を明確にした。第 2 章では、インドネシア・スマラン市における OWB の発生パターンを調査している。現地調査の結果、雨季には MSW 全体の 9.69%、乾季には 12.8%が野焼きされていること、枝葉、次いでプラスチックが多く、人間の健康に重大なリスクをもたらす可能性があることを明らかにした。第 3 章では、OWB のリスク評価のために実験装置を用いて実測している。これにより、発がんリスクは低い、それ以外の疾患リスクが基準を上回ることを示した。第 4 章では、スマラン市における OWB の緩和戦略として、廃棄物収集場（WCS）の最適配置を指向して、ANN/KD 分析、SMCDA 等の空間分析を用いている。その結果、既存の 84 か所の WCS の他、32 か所の新しい WCS が必要であることを示した。第 5 章では、OWB を削減するための政策・対策の優先順位を分析するために、SWOT-QSPM 法を適用している。OWB の解決のためには、国および地方自治体の職員や指導者の能力開発が最も重要であることを示した。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た。

以上要するに、本論文は、MSW の OWB 緩和のために、実態把握とリスク評価、改善のための WCS 最適配置、対策の優先度評価のための新たな手法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 OWB 緩和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、環境システム工学上寄与するところが大きい。

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)	ウシ 王 帅 (中国)
学位の種類	博士 (工学)
学位番号	甲 第237号
学位授与年月日	2023年9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	Evaluation of citizen behavior on introducing new urban transportation and facilities for low carbon strategies in China (中国における低炭素戦略のための新しい都市交通及び都市施設の導入に関する市民行動の評価)
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 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 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 藤山 淳史 (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

This study compares the circulation of materials and energy in cities to the metabolic system of life, considers the supply infrastructure as "arteries" and the processing infrastructure as "veins", and evaluates citizens' willingness to pay for "electric bicycle sharing" and "hydrogen energy bus", which correspond to the arterial system of low-carbon cities, and "smart garbage recycling cabinets", which correspond to the vein system of low-carbon cities, using a virtual evaluation method. It proposes an evaluation method that contributes to the formulation of urban policies to achieve carbon neutrality in China.

Chapter 1 summarizes the background and objectives of the research.

Chapter 2 reviews the theoretical background and literature of research methods, and describes the problems of the hypothetical valuation method, which is an environmental value evaluation method for urban environmental policies, and how to deal with them.

Chapter 3 details experimental methods based on virtual evaluation methods and planned behavior theory, and shows that the spike model, which is the best estimation method for environmental value evaluation, is the best.

Chapter 4 uses a virtual evaluation method to analyze the factors that affect residents' willingness to pay for "hydrogen energy buses" included in low-carbon urban arteries, and showed that Beijing is willing to pay \$0.45 per ride, and the environmental value of Beijing as a whole is about \$430,000 per day.

Chapter 5 conducts a survey on "electric bicycle sharing" in Weihai City, Shandong Province, and shows that the willingness to pay for "electric bicycle sharing" is \$0.1 per use.

Chapter 6 evaluates the willingness of residents to pay for a "smart garbage recycling cabinet" in a low-carbon urban vein in Weihai City, Shandong Province, and showed that the willingness to pay is \$0.8 per household.

Chapter 7 provides conclusions, summaries of each chapter, and policy recommendations.

This study focuses on the metabolic system of low-carbon cities, gives policy examples that are positioned in arteries and veins, and evaluates citizens' willingness to pay and environmental value for them. This series of research results will lead to the quantification of the environmental value of various urban policies, contribute greatly to the promotion of low-carbon cities in China, and provide new knowledge in the field of urban policy.

論文審査の結果の要旨

本研究は、都市の物質とエネルギーの循環を生命の代謝システムに例え、供給インフラを「動脈」、処理インフラを「静脈」として捉え、低炭素都市の動脈系にあたる「電動自転車シェアリング」及び「水素エネルギーバス」、低炭素都市静脈系にあたる「スマートゴミリサイクルキャビネット」に対する市民の支払い意欲と環境価値を仮想評価法で評価し、中国のカーボンニュートラル達成のための都市政策の立案に資する評価手法を提案している。

第1章では、研究の背景と目的についてまとめた。

第2章では、研究方法の理論的背景と文献レビューを行い、都市の環境政策に対する環境価値評価手法である仮想評価法の問題点とその対処方法について述べている。

第3章では、仮想評価法と計画行動理論に基づく実験方法を詳述し、環境価値評価には、推計方法としてスパイクモデルが最適であることを示した。

第4章では、仮想評価法を使用して、低炭素都市動脈に含まれる「水素エネルギーバス」に対する住民の支払い意志に影響を与える要因を分析し、北京市では1乗車当たり0.45ドルの支払い意志があり、北京市全体の環境価値は約1日43万ドルであることを示した。

第5章では、山東省威海市で「電動自転車シェアリング」に関する調査を行い、「電動自転車シェアリング」に対する支払い意志額が1利用当たり0.1ドルあることを示した。

第6章では、山東省威海市で低炭素都市静脈の「スマートゴミリサイクルキャビネット」に対する住民の支払い意志額評価を行い、支払い意志額は、一家庭当たり0.8ドルであることを示した。

第7章では、結論、各章のまとめと政策提言を行なっている。

以上、本研究は、低炭素都市の代謝システムに重点を置き、その中の動脈と静脈に位置づけられる政策例をあげ、それらに対する市民の支払い意欲及び環境価値の評価を行ったものである。一連の研究成果は、様々な都市施策の環境価値の定量化につながるとともに、中国の都市の低炭素化推進に大きく貢献する研究であり、都市政策分野に新しい知見を与えるものである。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)	ルー ジリアン 魯 子良 (中国)
学位の種類	博士 (工学)
学位番号	甲 第 2 3 8 号
学位授与年月日	2 0 2 3 年 9 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 improvement of indoor thermal environment of traditional dwellings based on subdivision of climatic region (気候地域の細分化に基づく伝統的住居の室内温熱環境改善に関する研究)
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 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 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

Under China's requirement to attain a carbon peak by 2030, and in the face of energy consumption dilemmas and environmental crises, decreasing building energy use has gained a widespread concern. Passive design is a climate adaptive design method that can save energy and reduce carbon emissions without using artificial energy resources and effectively improve the building's indoor thermal comfort. And climate conditions are a critical factor in determining the passive design scheme. Climate zoning helps formulate building energy conservation standards and adapt building energy conservation technology according to the region. In this research, by using the spatial interpolation method, the Qinba mountainous area is divided into 5 climatic sub-regions, A1, A2, B1, B2, and C, based on HDD18 and CDD26. In addition, the relative humidity, wind speed, and solar radiation intensity were used as supplementary elements for sub-climate zoning. Then, the thermal neutral temperatures of the 5 climatic sub-regions were calculated through the questionnaire survey and field measurement. Furthermore, the research analyzed the sensitivity of passive design parameters in each climatic sub-region, and determined that the attached sunspace, and heat transfer coefficients of the exterior wall, roof, and exterior window are effective passive parameters. Finally, this research employs NSGA-2 and TOPSIS method to optimize passive design strategies for traditional dwellings in the 5 sub-regions with multi-objectives of improving building energy efficiency, thermal comfort, and cost-effectiveness. Through multi-objective optimization, applying effective passive measures could save 60.43%, 58.02%, 62.30%, 65.12%, and 62.59% of annual building thermal loads in sub-region A1, A2, B1, B2, and C, respectively. The structure is explored as follows:

Chapter 1, Research Background and Purpose of the Study.

Chapter 2, Literature Review.

Chapter 3, Methodology.

Chapter 4, The Climatic Subdivision in Qinba Mountainous Area.

Chapter 5, Field Survey and Traditional Dwelling' Environmental Measurement in the Climatic Sub-regions.

Chapter 6, Thermal Comfort Investigation of the Climatic Sub-regions.

Chapter 7, Effectiveness Study of Passive Design Parameters for Traditional Dwelling.

Chapter 8, Multi-objective Optimization of Cost-effective Passive Strategies for Traditional Dwelling.

Chapter 9, Conclusion and Prospect.

論文審査の結果の要旨

本研究は、伝統的な住居の省エネルギーの目標を達成するため、気候区分と熱快適性調査を活用して、伝統的な住居のパッシブデザインを最適化し、住居環境の環境性、快適性、経済性を向上させることを目的としている。

第一章では、論文の背景、研究の現状及び研究目的について述べた。

第二章では、気候区分、熱快適性およびパッシブデザインに関する関連研究を調査し、本研究の重要性を明らかにした。

第三章では、研究方法を提案し、気候区分、熱快適性調査及び伝統的な住居のパッシブデザインの多目的最適化の研究モデルを構築した。

第四章では、地域の気象データを用いて、研究地域を気候別に分析し、気候変化のパターンを明らかにした。

第五章では、現地調査と環境実測を行い、研究地域の伝統的な集落、庭園及び民家の気候適応性の特徴を明らかにした。

第六章では、細分化された気候区分における室内の熱環境を比較し、住民の熱快適性を調査し、室内熱快適性の基準を制定した。

第七章では、エネルギーシミュレーションと感度分析を用いて、効果的なパッシブデザインのパラメータを評価した。

第八章では、多目的最適化の手法に基づき、細分化された気候区分における伝統的な民家のパッシブデザインの組み合わせを最適化し、居住空間の快適性を向上させ、建築のエネルギー消費および改修コストを削減する手法を提案した。

第九章では、各章の結論をまとめている。

以上、本研究は気候区分と多目的最適化の手法を活用して、地域の気候特性に適した住居の熱快適性、省エネルギー性および経済性を満たす伝統的な住居のパッシブデザインについて研究した。提案している手法は他の気候地域にも応用可能であり、伝統的な住居の保護、住民の生活品質の向上、住宅のエネルギー消費の削減に貢献している。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)	朮 朮 王 京 (中国)
学位の種類	博士 (工学)
学位番号	甲 第 2 3 9 号
学位授与年月日	2 0 2 3 年 9 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 the influence of retro-reflective coatings on the thermal environment of building groups (再帰反射材料が建築物群の温熱環境に及ぼす影響に関する研究)
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 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 寺嶋 光春 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士 (学術))

論文内容の要旨

The retro-reflective coatings can reflect the incoming solar radiation back along the incidence direction. Compared with the high reflective coatings with the optical property of diffuse reflection, the coating has greater potential in reducing the building surface temperature, saving energy, and alleviating the urban heat island effect. Therefore, the scientific problem of the influence of the retro-reflective coatings on the regional thermal environment was put forward. On the one hand, the optical properties of the coatings, including solar reflectance and retro-reflectance, were studied. On the other hand, retro-reflective coatings and high reflective coatings were applied on the outer surface of the model, respectively, the effect of two coatings on the thermal environment of regional buildings were studied by monitoring the regional albedos, wall temperatures and air temperatures. In addition, the influence of building forms on the thermal contribution of coatings and the thermal performance of coatings in different seasons were further studied. Finally, based on EnergyPlus software, the influence of building surface reflectance on building energy load of an enclosed educational building in Qingdao was simulated. The main works and results could be summarized as follows:

In Chapter 1, the background and purpose of the study were elaborated.

In Chapter 2, the literature review of the application of RR-coatings in buildings were made.

In Chapter 3, the methodology and performance evaluation index were studied.

In Chapter 4, study on spectral properties of retro-reflective coatings.

In Chapter 5, an experimental comparison on regional thermal environment of the high-density enclosed building groups with retro-reflective and high-reflective coatings were made.

In Chapter 6, the influence of the building enclosed forms on thermal contribution of retro-reflective and high-reflective coatings were studied.

In Chapter 7, an experimental evaluation on thermal contribution of retro-reflective and high-reflective coatings in an enclosed building in summer and winter were made.

In Chapter 8, the effect of building surface retro-reflectivity on energy load and CO₂ emission of an enclosed building.

In Chapter 9, the conclusion and prospect were drawn.

論文審査の結果の要旨

本研究の目的は、都市のヒートアイランド現象を緩和するために、太陽の放射を入射方向に反射する再帰反射材料の利用を提案するものである。論文では、材料の光学性能を研究し、再帰反射材料が建築群の温熱環境に及ぼす影響を調査した。

第一章では、研究の背景と目的について述べた。

第二章では、再帰反射材料の建築への応用に関する文献調査を行った。

第三章では、研究方法と評価指標を提案し、実験モデルを構築した。

第四章では、太陽の反射率と再帰反射率を分析し、再帰反射材料の光学特性を明らかにした。

第五章では、再帰反射材料と高反射材料による建築群の温熱環境に対する実験を行い、アルベド、壁面の温度と空気の温度の分析により、再帰反射材料が都市のヒートアイランド現象緩和の潜在力を示した。

第六章では、再帰反射材料と高反射材料による「ニ」の字型、「コ」の字型、「ロ」の字型の3つ建築群の外形形態が温熱環境に及ぼす影響を明らかにした。

第七章では、再帰反射材料と高反射材料が夏季と冬季における高密度合囲型の建築群の温熱環境に与える影響を明らかにした。

第八章では、建物の再帰反射材料が合囲型建築の日、月及び年間のエネルギー負荷とCO₂排出量に与える影響を明らかにした。

第九章では、各章の結論をまとめ、展望を行った。

このように、本研究では再帰反射材料が地域建築の温熱環境に及ぼす影響を多角的に研究した。研究成果は、この分野における新たな知見を提供し、再帰反射材料の建築の省エネルギー分野への応用を推進することに貢献している。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)	杵 シコク 王 兴国 (中国)
学位の種類	博士 (工学)
学位番号	甲 第240号
学位授与年月日	2023年9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 Ciprofloxacin-Removal Membrane for Antibiotic Treatment in Medical Building Wastewater (医療施設廃水における抗生物質処理のためのシプロフロキサシン除去膜に関する研究)
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 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 木原 隆典 (北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士 (学術))

論文内容の要旨

With the increasing use of antibiotics and the rising concentration of antibiotics in medical wastewater, the treatment of antibiotics in wastewater from medical buildings has become increasingly important. To enhance the efficiency of antibiotic removal in medical wastewater treatment, we proposed the design of a thicker membrane material with larger interconnected pores. Additionally, we attempted to synthesize a layer of adsorptive polymer on the membrane surface to enhance its affinity for antibiotic molecules. Through this approach, we successfully synthesized polymerization adsorption membranes (PAM) and tested their performance using Ciprofloxacin (CIP) as a model antibiotic. The results demonstrated the presence of adsorption capacity and permeation inhibition for CIP molecules on the PAM. Furthermore, to meet the demand for selective adsorption of specific types of antibiotic molecules, we introduced molecular imprinting technology onto the PAM membrane. This resulted in the synthesis of a Molecularly Imprinted Membrane (MIM) using CIP as a template. The MIM exhibited significantly improved adsorption capacity and permeation inhibition for CIP molecules. The structure is explored as follows:

In Chapter 1, the background and purpose of the research were elaborated.

In Chapter 2, the literature reviews of antibiotic removal methods were sorted out and the membrane separation method was finalized.

In Chapter 3, the methodology of the research was purposed, synthesis and characterization methods were designed.

In Chapter 4, the data resource and membrane performance analysis are introduced.

In Chapter 5, the synthesis and characterization of PAM is studied.

In Chapter 6, the synthesis and characterization of MIM is studied.

In Chapter 7, the performance comparison between PAM and MIM is analyzed.

In Chapter 8, the conclusion was drawn.

論文審査の結果の要旨

抗生物質の使用量が増加し、医療廃水中の抗生物質濃度が高まる中、医療ビル廃水内の抗生物質処理を行う建築設備の重要性が増している。本研究は、効率性、柔軟性で優れている膜分離技術を開発し、医療施設の排水設備の処理性能の向上をはかることを目的としている。

第1章では、抗生物質の使用の増加と医療廃水中の抗生物質濃度の上昇の状況を紹介し、研究の背景と抗生物質の危険性について述べている。第2章では、抗生物質除去に関する文献レビューを行い、生物学的処理、酸化法、物理的方法など廃水からの抗生物質を除去する様々な方法の中で膜分離技術が最適であることを示した。第3章では、吸着効率を向上させるために、膜厚を厚くし、犠牲テンプレート法を利用して孔構造を強化する方法を詳述した。第4章では、シプロフロキサシンをターゲット分子として選び、膜への吸着と透過を評価するための実験手法を説明した。第5章では、重合吸着膜の合成プロセスを示し、その特性評価を行い、特にシプロフロキサシンへの高い吸着性能を明らかにした。また、透過吸着実験により、重合吸着膜(PAM)がシプロフロキサシンの透過を抑制することも示した。第6章では、分子インプリント膜(MIM)に焦点を当て、特定の抗生物質分子に対するMIM膜の吸着能力を高めるため、シプロフロキサシンを鋳型とする分子インプリンティング技術を利用し、MIMを作成した。材料の特性評価により、各段階で合成が成功したことを確認し、シプロフロキサシンを含む構造的に類似した4種類の抗生物質について、選択的吸着および透過実験を行った。その結果、MIMがシプロフロキサシン分子に対して特異的に強い吸着能力を持つことを明らかにした。第7章では、分子インプリント膜(MIM)と重合吸着膜(PAM)の性能比較を行い、分子インプリント膜(MIM)は重合吸着膜(PAM)と比較して、シプロフロキサシン分子に対する吸着性能が4倍高いことを明らかにした。また、分子インプリント膜(MIM)はシプロフロキサシン分子に対して、優れた選択的分離性能と透過抑制性能を示した。第8章では、各章のまとめと展望を述べている。

以上、本研究は医療廃水中の抗生物質処理における膜分離技術に、新たな手法として分子インプリント膜(MIM)を加え、抗生物質の選択的吸着性能及び分離性能を大幅に向上させる技術を開発した。医療廃水からの抗生物質の効率的な除去が可能となり、建築排水処理設備の性能向上をもたらし、建築設備分野に大きく寄与する研究である。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)	杓 迪 王 迪 (中国)
学位の種類	博士 (工学)
学位番号	甲 第 2 4 1 号
学位授与年月日	2 0 2 3 年 9 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 spatial distribution pattern and interaction mechanism within rail transit station realm (地下鉄駅および周辺地域の空間分布パターンと相互作用メカニズムに関する研究)
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 龍 有二 (北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士) 審査委員 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 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

With the rapid development of urban rail transit systems, station realms have become important spatial hubs that accommodate various urban functions and people's daily life. This study takes Xi'an Metro Line 2 as a case study and combines spatial pattern recognition techniques and spatial relationship modeling to systematically analyze the spatial distribution patterns of population activities and functional facilities, as well as the interactive mechanisms between them. The aim is to provide strategic guidance for improving the allocation of public resources and enhancing spatial efficiency in station realms.

In Chapter 1, the research background, previous studies, research questions, research objectives, research hypotheses, and research content were introduced.

In Chapter 2, the foundational theoretical research that primarily covers four aspects: the scope and types of transit station realms, spatial distribution patterns, spatial interaction relationships, and station realm planning and development models.

In Chapter 3, a research methodology framework for studying the spatial distribution patterns of station realms is established, focusing on four dimensions: methods for defining the scope of station realms, methods for categorizing station realm types, data processing methods, and methods for analyzing spatial distribution patterns.

In Chapter 4, using the 16 stations of Xi'an Metro Line 2 as empirical objects, the scope and types of each station realm are determined. The spatial distribution characteristics of population activities and functional facilities within each station realm are identified, and the spatial relationships between them are explored.

In Chapter 5, the Spearman correlation test is employed to analyze the correlation between population activities and various functional facilities in different types of station realms. This analysis provides a quantitative basis for further establishing regression models.

In Chapter 6, two regression models are established: global OLS and local GWR. These models provide further insights into the interactive relationships and key variables between population activities and various functional facilities in different types of station realms. The regression results are

discussed in detail to provide insights into the findings and their implications.

In Chapter 7, the research conclusions and innovative points are summarized, and the limitations of the study are discussed.

論文審査の結果の要旨

本論文の目的は、地下鉄駅および周辺地域の人口活動と各種施設の空間分布特性を体系的・網羅的に調査し、両者の空間的位置関係を明らかにすることである。また、相関係数の有意性を検定するモデルの構築に基づき、駅構内および周辺地域の人口活動と各種施設との相互作用を探り、公共資源配分を改善するための提言を提示する。

第1章では、研究の背景、目的及び論文の構成を述べた。

第2章では、従来研究を調査し、本論文の研究方法論の枠組みを構築するための理論的基礎を示した。

第3章では、研究方法を示し、各駅周辺地域の範囲、タイプ、空間分布パターン、相互作用メカニズムの四つの側面から研究方法論的の枠組みを構築した。

第4章では、中国西安市の地下鉄2号線を対象地域として、現地調査データに基づいて、各駅周辺地域の範囲とタイプを定義した。マルチソースビッグデータに基づいて、空間自己相関の分析とパターン認識技術を用いて、駅周辺の人口活動と各種施設の空間分布の特性を特定し、それらの空間的位置関係を探った。

第5章では、スピアマン相関検定を用いて、各駅周辺の人口活動と10種類の施設との相関を分析し、回帰モデルの変数体系を作成した。

第6章では、多重共線性と有意性検定のための最小二乗法（OLS）モデルに続いて、地理的加重回帰（GWR）モデルによって変数体系を最適化し、異なるタイプの人口活動と各種施設との相互作用の程度を明らかにした。最後に、回帰分析の結果に基づいて、各駅周辺の公共資源の配分を改善するための政策提言を行った。

第7章では、各章で得られた知見をまとめ、総括とした。

以上、本研究は、地下鉄駅を都市空間のミクロレベルとして焦点を当て、分布パターン特性、そして各駅周辺地域の人口活動と各種施設との相互作用を明らかにするものである。一連の研究成果は、当該分野に新しい知見を与えるものであり、地下鉄駅周辺の公共資源の配分を改善し、人口活動と各種施設の需給マッチングを促進する一助となるものである。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)	シスワンティ スライダ Siswanti Zuraida (インドネシア)
学位の種類	博士 (工学)
学位番号	甲 第242号
学位授与年月日	2023年9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 recycling of disposable diaper as ecofriendly-concrete material for the application on building (環境にやさしいコンクリート材料としての紙おむつのリサイクルに関する研究)
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 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 櫻井 和朗 (北九州市立大学環境技術研究所教授 博士 (理学))

論文内容の要旨

Using disposable diapers in concrete and cement-based material has become an alternative to reduce waste capacity and environmental impacts. The findings of current research conclude that SAP (Super Absorbent Polymer) as the highest component in disposable diapers could improve the self-healing of concrete structures, as well increase yield stress values, flexural strength, plastic viscosity and elastic modulus. However, the current research mainly elaborated on the microstructure of the materials which makes the application of the findings become intangible. This doctoral research investigated the application of disposable diapers to replace the use of fine aggregates on concrete and mortar. This study is aimed to investigate the feasibility of materials to be implemented as building components. By theoretical analysis and experiment, the study analyzes the mechanical properties of material, elaborates environmental impact and analysis the source availability of materials, also estimates the utilization of materials for the construction industry. For broad insight, the study also proposes a construction system of the materials by prototyping an actual scale of the house.

In Chapter 1, research background, problem and objectives were introduced as base of study.

In Chapter 2, theoretical background and literature reviews were elaborated to find the factors that influence to waste capacity of disposable diapers, indicators on environmental impact and the building standard.

In Chapter 3, the systematical methodology was introduced by conducting laboratory experiments, calculating simulation based on database and prototyping.

In Chapter 4, the results of the laboratory experiment were investigated with the findings on mechanical properties on concrete and mortar consist disposable diaper and its improvement, as well comparative study on similar materials.

In Chapter 5, feasibility study on environmental impact were assessed by analysis embodied energy, carbon emission and eco-costs.

In Chapter 6, feasibility study on construction system were proposed to find the proper implementation as building materials by designing the connection system and prototyping in actual scale of the house.

In Chapter 7, evaluation on all the findings based on Chapter 4, 5 and 6, were discussed to conclude the feasibility of using disposable diapers as a part of building materials component.

In Chapter 8, the main findings of study were summarized and suggestion for future study.

論文審査の結果の要旨

本研究の目的は、コンクリート用骨材として紙おむつの利用を検討することである。また、二酸化炭素排出量、環境コストを算出し、環境への影響を分析する。さらに、紙おむつの発生源への影響要因を分析し、建設業への利用可能性を推計するとともに、新しい材料の施工システムを提案する。

第1章では、研究の背景、目的及び論文の構成を述べている。

第2章では、紙おむつのリサイクルなどに関する既往研究を列記し、本論文の位置づけを示している。また紙おむつを建築材料としてリサイクルすることの可能性が高いことが分かった。

第3章では、紙おむつを骨材として使用する際の圧縮強度、密度、吸水率、スランプ値などの機械的特性を調べるため実験を行った上、建設システムを提案し、実際の住宅のプロトタイプとコスト面からフィージビリティ・スタディを評価した。

第4章では、紙おむつを使用したコンクリートとモルタルの機械的特性を分析した。砂の代替材料に紙おむつを使用することで、構造部材に最大27%、非構造部材に最大40%使用できることがわかった。

第5章では、紙おむつを使用したコンクリートは、通常のコンクリート、PET及びおがくずを使用したコンクリートと比較して、二酸化炭素排出量と環境コストが最も低かった。しかし、通常のコンクリートやおがくずを使用したコンクリートより製造エネルギーが高く、PETを使用したコンクリートよりは低かった。

第6章では、紙おむつを使用したコンクリートの住宅のシミュレーションを行い、戸建て住宅と3階建ての低層建築物の梁、柱、壁、床として使用できるが、中高層建築物については、非構造的部位に適用できることが分かった。

第7章では、一部の紙おむつの代わりにパルプ、ポリプロピレン、ポリエチレンを使用することは、複合材料の機械的特性に影響を与える可能性がある。また環境への影響として紙おむつの洗浄、乾燥、破砕のためエネルギーと人件費が必要で現有プロセスには限界があることが分かった。

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、コンクリート用骨材として紙おむつの利用を様々なデータを用いて総合評価及び分析を通じて、新しい材料の開発を提案し、エココンクリートの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)	ジヨ ヨウ 徐 阳 (中国)
学位の種類	博士 (工学)
学位番号	甲 第 2 4 3 号
学位授与年月日	2 0 2 3 年 9 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 operation optimization of building energy systems based on machine learning (機械学習に基づく建物エネルギーシステムの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 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 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

Renewable energy has developed steadily in recent years in the context of energy shortages and safe supply requirements. Since over 40% of total energy consumption comes from buildings, increasing the self-sufficiency rate of renewable energy in buildings is critical. While Japan's implementation of the feed-in tariff in 2011 led to explosive growth in household renewable energy equipment, the trend slowed as the feed-in tariff price decreased. Therefore, it is urgent to reduce further the cost of running household renewable energy equipment. This research focuses on applying machine learning in optimizing building energy system operations further to reduce the operation cost of building energy systems and increase the self-sufficiency rate of renewable energy.

In Chapter 1, Introduction and Purpose of the research.

In Chapter 2, Methodology. Chapter 2 focuses on the key concepts and methods used in the study.

In Chapter 3, Materials and Data Preprocessing. Chapter 3 provides an in-depth analysis of the data resources and this study's preprocessing steps.

In Chapter 4, Potential Analysis of the Attention-based LSTM Model in Building Energy System. Chapter 4 aimed to evaluate the potential of using an attentional-based LSTM network (A-LSTM) to predict HVAC energy consumption in practical applications.

In Chapter 5, Operational Optimization for Building Energy Systems Using Value-based Reinforcement Learning. Chapter 5 presented the proposed model-based deep reinforcement learning algorithm called Model based Double-Dueling Deep Q-Networks (MB-D³QN). This algorithm optimizes the cost-effective operation of a residential house equipped with a grid-connected PV-battery system in Japan.

In Chapter 6, Operational Optimization for Building Energy Systems Using Actor-Critic based Reinforcement Learning Considering Real-time Energy Prediction. Chapter 6 proposed a model-based RL control method considering real-time prediction values for operation optimization of the residential PV-battery system. The optimization goals aim at reducing the energy cost of the microgrid and ensuring that the PV self-consumption ratio is not lower than the baseline model.

In Chapter 7, Conclusion and Outlook. A summary of each Chapter is concluded.

論文審査の結果の要旨

本研究は、機械学習を用いて、建築物のエネルギーシステムの運用コストを削減し、再生可能エネルギーの自給率を向上させるために、建築物のエネルギーシステムの最適化の運用手法を提案するものである。

第一章では、研究の背景と目的を述べた。

第二章では、本研究で使用されるコンセプトと最適化の手法を詳細に説明した。

第三章では、本研究で使用されるデータセットについての詳細な分析を行った。

第四章では、北九州学術研究都市のエネルギー消費データを対象に、注意力メカニズム (Attention) を用いた長短期記憶ネットワーク (LSTM) モデル A-LSTM を提案し、暖房・空調の短期的なエネルギー消費負荷を予測し、複数の機械学習アルゴリズムの予測結果との比較評価を行い、提案モデルの有効性を検証した。

第五章では、城野ゼロカーボン先進街区の家庭のエネルギー消費データを対象にして、数値・モデルの融合に基づいた強化学習アルゴリズムを提案した。このアルゴリズムはデータ駆動型の手法を用いて、グリッド接続型の太陽光発電システムの運用コストを最適化することを可能にした。また、複数の数値モデルに基づいた強化学習アルゴリズムの最適化結果に対する評価を行い、その有効性を明らかにした。

第六章では、リアルタイムのエネルギー予測モジュールを組み込んだ演者-評価者 (Actor-Critic) 強化学習アルゴリズムを提案し、複数の目標を最適化するための報酬関数を設計した。このアルゴリズムは、エネルギーシステムの運用コストを最適化すると同時に再生可能エネルギーの自給率を向上させることができた。また、本章では、複数の演者-評価者強化学習アルゴリズムの最適化効果に対する評価を行い、提案された手法の有効性を検証した。

第七章では、各章の結論を総括した。

以上のように、本研究は建築エネルギーシステムの運用を機械学習の手法を用いて最適化し、複数のアルゴリズムの最適化結果に対して評価を行った。これらの一連の研究成果は、この分野に新たな知見をもたらし、建築分野の省エネルギーや経済性の向上に貢献している。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 シンワ 赵 秦枫 (中国)
学位の種類	博士 (工学)
学位番号	甲 第244号
学位授与年月日	2023年9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	Carbon emission prediction and driving force analysis in construction industry on a city level (都市レベルにおける建設業の二酸化炭素排出量の予測と要因分析に関する研究)
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 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 早見 武人 (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

This study focuses on the materialization and demolition processes within the construction industry, examining carbon emission trajectory and key driving factors within a city scale. Specifically, representative cities at different stages of development, namely Hangzhou in China and Kitakyushu in Japan, are selected to explore the potential for decarbonizing the construction industry and achieving carbon neutrality. The study takes into account the synergistic decarbonization with upstream sectors and the synergistic carbon reduction with downstream waste recycling sectors, providing corresponding recommendations in light of these perspectives.

Chapter 1 provides an overview of the current global climate change scenario, investigates the overall carbon emissions and building-related carbon emissions across different nations. By examining the sources of CECI, it underscores the imperative of active support from upstream and downstream sectors in reducing carbon emissions in the construction industry.

Chapter 2 aims to provide an overview of the existing research on CECI by bibliometric analysis and manual review.

Chapter 3 introduces the two research objects and the carbon emission accounting & analysis methods.

Chapter 4 quantitatively evaluates the CECI of Hangzhou and Kitakyushu. The analysis tracks the sources of direct CECI and examines the trajectory of indirect CECI. The LMDI method decomposes the carbon emission increment into different factors, identifying the influences on CECI changes and reduction pathways.

Chapter 5 explores the synergistic decarbonization potential of the construction industry and upstream sectors. A building stock flow model is constructed to estimate building demand and new construction area under 9 scenarios. A process-based life cycle assessment method is employed to calculate Materialization Stage Carbon Emissions (MSCE) in the construction industry. The core influencing factors of MSCE were identified and the potential for decarbonization in the construction industry is explored.

Chapter 6 delves into the synergy between the construction and waste recycling sectors in decarbonization efforts. Through a comprehensive analysis of the waste treatment and recycling process, the carbon emissions of

the life cycle of C&D waste were evaluated, the potential carbon reduction contribution of the waste recycling in Kitakyushu were calculated.

Chapter 7 provides a concise summary of the entire thesis and discusses the future work of research on CECl.

論文審査の結果の要旨

本研究は建築業界の材料生産、運輸、建設及び解体プロセスに焦点を当て、都市内の炭素排出の流れと主な影響要因を調査し、建築業界と関連部門の連携による脱炭素の潜在力を探り、建築業界のカーボンニュートラルを実現するための提案を行うことを目的としている。

第1章では、研究の背景を述べ、建築業界においてカーボンニュートラルの実現が重要であることを強調し、本研究の目的を明らかにした。

第2章では、建築業界の炭素排出に関する既存の研究を調査し、問題点を指摘したうえで、本研究の重要性を示した。

第3章では、研究対象と研究方法を紹介し、都市レベルの炭素排出の計算境界を明らかにし、炭素排出計算手法を提案した。

第4章では、都市レベルの炭素排出計算理論に基づき、研究対象の建築業界の現状の炭素排出を計算し、都市間及び産業間の炭素の流れとその排出変化要因を明らかにした。

第5章では、炭素排出の主な影響要因と建築物のストック・フロー・モデルに基づき、9つのシナリオを構築し、建築業界と関連部門の連携による脱炭素の可能性を探り、要素分解解析法により、連携による炭素排出削減の巨大な潜在能力を明らかにした。

第6章では、建設副産物の処理と再利用プロセスを分析し、ライフサイクルの炭素排出を詳細に評価した。再生材料と新材料の炭素排出強度を比較し、3つのシナリオにおける建設副産物の発生量と炭素削減への潜在的な貢献を予測した。

第7章では、各章で得られた結論をまとめた。

以上より、本研究は建築業界の脱炭素化を関連部門と連携する可能性を考察し、連携脱炭素化の観点から、建築業界の脱炭素化に新たな思考と解決策を提供した。現在、建築業界の脱炭素化はカーボンニュートラル実現の鍵となっており、本研究はカーボンニュートラル政策の策定と実施に貢献ができた。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)	トレザ チャンドラ ジュリアン Treza Chandra Julian (インドネシア)
学位の種類	博士 (工学)
学位番号	甲 第 2 4 5 号
学位授与年月日	2 0 2 3 年 9 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 Indonesian Albasia Wood Through Compressed Wood Method Under High Temperature and High Pressure to Improve Its Properties for Use as Construction Material (高温高圧下での木材圧縮技術によるインドネシア産アルバシア材の建築材料としての性能向上に関する研究)
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 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 吉塚 和治 (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

Evaluating the environmental impact of material selection is crucial to addressing sustainability issues. Regarding ecological benefits, utilizing wood as a construction material is the most effective method to reduce carbon dioxide emissions. Unfortunately, trees grow slowly, threatening the sustainability of the current wood supply. Therefore, developing alternative sources of wood is very important, one of which is the utilization of fast-growing tree species. Albasia (*Albizia falcataria*) is a fast-growing tree species commonly found in Indonesian forests and plantations. Besides having many advantages, such as a short harvest period (4-7 years) and simple site requirements, the development of albasia is also in line with the Indonesian government's goal to become the world's largest supplier of lightwood through the ILCF (Indonesian Lightwood Cooperation Forum) in 2018. However, the low density, hardness, and strength of albasia wood limit its commercial use. Therefore, it is essential to improve the density and properties of wood, as denser wood is frequently preferred for commercial use, particularly in construction. To enhance the value of fast-growing wood with low properties, increasing its density in a procedure known as wood modification technology is advantageous. This study aims to investigate the potential of sustainable Indonesian albasia wood as a more valuable wood by improving its physical and mechanical properties through compressed wood method under high temperature and pressure.

The following is a brief description of what was done in each chapter. In Chapter 1, the advantages of wood as a sustainable construction material are outlined, trends in Indonesian albasia wood are discussed, and wood modification emerges as a viable strategy for enhancing the properties of fast-growing wood. In Chapter 2, the literature review aims to provide a comprehensive and critical overview of albasia, wood as a construction material and wood modification parameters. In Chapter 3, the research methodology demonstrates how to collect data, analyze data, and target research results. The study employs a combination of qualitative and quantitative methods to collect data, using an ethnographic and experimental approach, respectively. In Chapter 4, due to the lack of references regarding the Indonesian government's new initiative to promote the potential of Indonesian albasia wood, an in-depth investigation was conducted in a case

study on the construction workers' community in Sudalarang Village, West Java, Indonesia. This study used a qualitative method with an ethnographic study, and the results provided insight into the introduction of wood, wood sources, language terminology, and the use of albasia wood as a construction material. In Chapter 5, wood modification experiments were conducted under high temperature and pressure to determine the physical properties of the Indonesian albasia board. Different temperatures were applied to albasia wood (100°C, 120°C, 140°C, 140°C sandwich). The treatment process influences the properties of density, discoloration, thickness, compression ratio, equilibrium moisture content, and anatomical properties of the material. With this procedure, the density can be increased to 0.62 kg/L, an increase of about 112.78% compared to untreated wood. In Chapter 6, further experiments were conducted to improve the physical and mechanical properties of Indonesian albasia wood by optimizing the Voronoi densification process. The results found that wooden slats with a millimeter structure resembling a Voronoi pattern may represent a new trend in wooden architecture. In addition, the albasia Voronoi composite can increase the density of albasia wood by 211.54%, provide more stable EMC stability, morphological analysis with improved microstructure bonding that is still comparable to natural wood, and increase longitudinal compressive strength by 100.88%, tangential compressive strength by 883.12%, longitudinal bending strength by 144.05%, tangential bending strength by 859.36%, and tensile strength about 10 times higher than the control wood. In Chapter 7, a comparative analysis of the Voronoi wood densification process was conducted on Indonesian albasia wood and Japanese cedar wood. This study compares the effects of Voronoi densification on the physical and mechanical properties of Indonesian albasia and Japanese cedar, two abundant and fast-growing species from their respective countries. With the same Voronoi wood densification treatment, the increase in wood density, longitudinal compressive strength, tangential compressive strength, and bending strength of wood were significantly greater in Indonesian albasia than in Japanese cedar. In Chapter 8, the last chapter concludes all the results of the research and provides recommendation for the future. Based on the results there are four key findings, they are: 1) Albasia plays an important role in the construction industry for construction workers in Indonesia although its application is still very limited; 2) Wood modification experiments under high

temperature and pressure in this study can improve the density (increased about 112.78%) and anatomical properties of wood; 3) Besides being a new trend in wood architecture, Voronoi wood densification can improve wood density (211.54% increase), longitudinal (100.88% increase) and tangential (883.12% increase) compressive strength, longitudinal (144.05% increase) and tangential (859.36% increase) bending strength, more stable EMC, and better morphology; 4) The effects of the Voronoi wood densification treatment on increasing wood density, longitudinal compressive strength, tangential compressive strength, and bending strength were significantly greater in Indonesian albasia wood than in Japanese cedar wood.

In this study, I argue that the development potential of Indonesia's abundant and rapidly growing albasia makes it a promising local resource for the construction industry. In the future, it will contribute significantly not only to the field of architecture but also to the environment, as the use of albasia wood will reduce reliance on slow-growing hardwood species sourced from natural forests. This helps to reduce deforestation and preserve valuable ecosystems and biodiversity.

論文審査の結果の要旨

本研究は、インドネシア産アルバシア材を対象に、高温高圧下での圧縮木材製造法により、その物理的・機械的特性を改善し、建材として利用可能なより価値の高い木材へ改質することを目的としている。

第1章では、持続可能な建設材料としての木材の利点について概説し、インドネシア産アルバシア材の動向を調査した。木材圧縮技術により、成長の早く密度の小さいアルバシア材の特性が、圧縮技術によって向上できる可能性が高いことを述べている。

第2章では、木材技術に関する文献レビューを行った。

第3章では、本研究のデータ収集、データ分析などの研究方法を示した。

第4章では、インドネシア西ジャワ州スダラン村の建設労働者コミュニティへのエスノグラフィック調査により、アルバシア材の供給源、アルバシア材に関する用語、伝統的な建設資材としての利用方法について述べた。

第5章では、高温高圧下での木材圧縮実験を行い、インドネシア産アルバシア板の圧縮後の物性を調べた。さまざまな温度をアルバシア板に適用し、処理工程での材料の密度、変色状況、厚さの変化、圧縮率、平衡含水率などについて調べ、この処理により、密度は0.62kg/L（無処理材の213%）にまで増加させることができることなどを明らかにした。

第6章では、高温高圧下でのボロノイ高密度化材製造のプロセスを最適化し、圧縮化材の物理的・機械的特性を明らかにし、高密度化により高い強度向上が得られることを示した。

第7章では、アルバシア材とスギ材に、同じボロノイ高密度化処理を施し、木材の密度、縦圧縮強度、接線圧縮強度、曲げ強度の比較を行い、スギよりもアルバシアの方が処理後の強度性能の向上が有意であることを明らかにした。

第8章では、結論と将来への提言を述べている。

以上、本研究は、密度が小さく強度性能の低いインドネシア産アルバシア材を高温高圧下で圧縮処理し高強度化することで、建設産業にとって有望な地域資源となることを示した。研究成果は、自然林から供給される成長の遅い広葉樹種への依存を減らし、東南アジアでの森林伐採を削減することによって、貴重な生態系と生物多様性の保全に貢献することにも繋がる。世界的にも大規模建築に木材利用が推進されており、建築材料分野にも新しい知見を与えるものである。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)	リュウ ジハオ 刘子浩 (中国)
学位の種類	博士 (工学)
学位番号	甲第246号
学位授与年月日	2023年9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 the properties of sustainable concrete with various industrial by-product (各種産業副産物を用いたサステナブルコンクリートの特性に関する研究)
論文審査委員	主 査 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 龍 有二 (北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士) 審査委員 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 西浜 章平 (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 paper comprehensively investigates multiple properties, including drying shrinkage, creep, compressive strength, carbonation, and pore structure of concrete. The study focuses on the utilization of industrial by-products such as fly ash, GGBS, and biomass fly ash as substitutes for a portion of cement, the incorporation of recycled fine aggregates, as well as the properties of geopolymer concrete. The findings demonstrate that the incorporation of industrial by-products and recycled aggregates yields concrete that meets strength requirements while exhibiting low deformation characteristics. These findings hold significant implications for practical engineering applications. Furthermore, it was observed that geopolymer concrete exhibits higher strength properties, suggesting its potential as a high-strength concrete alternative.

CHAPTER 1 RESEARCH BACKGROUND AND PURPOSE OF THE STUDY focuses on the physical and chemical properties of fly ash, biomass fly ash and GGBS. In addition, a review of the currently widely accepted creep prediction equations was carried out.

CHAPTER 2 PREVIOUS LITERATURE REVIEW mainly introduces the current status of research on fly ash concrete, GGBS concrete and geopolymer concrete.

CHAPTER 3 A STUDY ON ENGINEERING PROPERTIES AND ENVIRONMENTAL IMPACT OF SUSTAINABLE CONCRETE WITH FLY ASH OR GGBS analyzed the deformation properties of concrete containing some portion of fly ash or GGBS as fine aggregate or cement and introduced a parameter to capture the effect of fly ash content in the creep prediction model. The results show that the incorporation of cementitious materials instead of cement can reduce the creep and dry shrinkage of concrete, and the introduction of a variable of cementitious materials can effectively improve the accuracy of the continuation prediction model.

CHAPTER 4 THE EFFECT OF BIOMASS FLY ASH AND LIMESTONE POWDER ON THE PROPERTIES OF CONCRETE carried out the properties of concrete with biomass fly ash or limestone powder and the relationship between the compressive strength and pore structure of concrete. The results showed that, similar to fly ash, the incorporation of biomass fly ash could improve the pore structure of concrete.

CHAPTER 5 THE EFFECT OF CEMENTITIOUS MATERIALS ON THE ENGINEERING PROPERTIES AND PORE STRUCTURE OF CONCRETE WITH RECYCLED FINE AGGREGATE examined the impact of incorporating fly ash or GGBS in concrete and its relationship with the compressive strength and pore structure. The findings indicated that the addition of fly ash and GGBS to RFA concrete resulted in an increase in its compressive strength. In terms of drying shrinkage, substituting cement with fly ash or GGBS substantially reduced the drying shrinkage of RFA concrete. However, a higher content of cementitious materials (fly ash and GGBS) decreased the carbonation resistance of RFA concrete. The introduction of FA or GGBS into the concrete modified its pore structure, leading to a reduction in the volume of capillaries larger than $0.05\mu\text{m}$. Pores exceeding $0.05\mu\text{m}$ in diameter were classified as harmful pores, those ranging from $0.01\mu\text{m}$ to $0.05\mu\text{m}$ were categorized as small harmful pores, while pores smaller than $0.01\mu\text{m}$ were considered harmless pores.

CHAPTER 6 THE EFFECT OF FLY ASH AND VARIOUS RENEWABLE AGGREGATES ON THE CREEP OF CONCRETE analyzed the effect of fly ash and molten slag fine aggregate on creep. Results showed that the addition of fly ash in concrete showcased a strain suppression effect. While the impact on creep strain at a 25% substitution rate of molten slag was relatively small, an increased substitution rate of 50% exhibited a tendency towards elevated creep strain.

CHAPTER 7 THE PROPERTIES OF FLY ASH, BIOMASS FLY ASH, AND GGBS-BASED GEOPOLYMER CONCRETE showed that the mechanical properties of geopolymer concrete are different from those of ordinary concrete. The equations of static modulus of elasticity versus dynamic modulus of elasticity and static modulus of elasticity versus compressive strength of geopolymer concrete were determined by linear regression analysis.

論文審査の結果の要旨

本論文は、フライアッシュ (FA)、高炉スラグ微粉末 (GGBS)、木質バイオマスフライアッシュ (BFA) などの産業副産物をセメント代替若しくは細骨材代替として利用したジオポリマー (GP) コンクリートを含むサステナブルコンクリートに焦点を当て、さらに再生骨材を含む多種類の骨材の影響を加味した時の圧縮強度、乾燥収縮、クリープ性状、中性化性状、空隙構造などの複数の特性を包括的に検討したものである。論文は8章から構成されている。第1章は、研究背景と研究目的を示している。第2章は、FA コンクリート、GGBS コンクリート、BFA コンクリートおよび GP コンクリートに関連する先行文献のレビュー結果を示している。第3章は、FA および GGBS を混合したサステナブルコンクリートの諸特性と環境負荷への影響に関する実験・解析を実施し、FA 含有量をパラメータとしてコンクリートの変形特性を分析するとともに、既往のクリープ予測式に補正係数 K を与えることによりサステナブルコンクリートのクリープ予測モデルを構築した。第4章は、BFA および石灰石微粉末を使用したコンクリートの圧縮強度と細孔構造の関係について検討し、混和材の違いの影響をモデル化した。第5章は、再生細骨材を使用したコンクリートの圧縮強度と細孔構造をセメント量と混和材量で評価するモデルを検討し、その適用性を評価した。圧縮強度は細孔直径 $0.05\sim 2\ \mu\text{m}$ の細孔量と高い相関を有し、中性化速度係数は細孔直径 $0.003\sim 0.01\ \mu\text{m}$ の細孔量と高い相関を示した。第6章は、FA を 30%内割で熔融スラグ細骨材を使用したコンクリートについて検討し、熔融スラグ細骨材の増加に伴い乾燥収縮は抑制されるが、クリープ変形は増加することを明らかにした。第7章は、FA、BFA および GGBS ベースの GP コンクリートの特性を実験により検討し、GP コンクリートの静弾性係数が通常のコンクリートより値が低くなることを明らかにした。さらに、静弾性係数および動弾性係数と圧縮強度の関係式は、線形関係を示すことを明らかにして、通常のコンクリートと同様に静弾性係数と動弾性係数から圧縮強度の予測式を提案した。第8章は、得られた成果をまとめると共に今後の展望を示して結論とした。上記に示したように、本論文はコンクリート工学分野において新しい知見を与える有用性に富んだ実測・実験研究で信頼性が高く学術的に価値があり優れた効用効果を有する論文であると認められる。

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)	リュウ リアン 刘 祖安 (中国)
学位の種類	博士 (工学)
学位番号	甲 第247号
学位授与年月日	2023年9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 thermal performance of lightweight wall using Phase-Change Material (Phase-Change Material を用いた軽量壁の熱性能に関する研究)
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 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 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 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 aim of this study is to ascertain the basic scientific problem of the influence laws and suitability of different PCM thermo-physical parameters on the thermal performance of lightweight walls under different thermal boundaries through theoretical analysis, numerical simulation, and experiment, so as to realize the efficient application of PCM in lightweight walls. Meanwhile, evaluate the energy-saving potential (cooling and heating) of lightweight walls using PCM applied to buildings and determine economic feasibility in different climates/cities.

In Chapter 1, the background and current state of research are described, and the purpose and content of this paper are determined.

In Chapter 2, the causes of the indoor thermal environment and the heat transfer process of the envelope were analyzed theoretically, and the mathematical model and solution method were established. Meanwhile, the evaluation indexes were proposed.

In Chapter 3, the influence rules of PCM thermo-physical parameters (phase-transition temperature, location, thickness, latent heat, thermal conductivity, density and specific heat) on the thermal performance of lightweight building walls were systematically evaluated.

In Chapter 4, the influence laws and contribution efficiency of different PCM parameters on the thermal performance of lightweight walls with different thermal resistances (R_{wt}) were assessed.

In Chapter 5, the difference, applicability and appropriate parameters for the application effect of PCM integrated into different directions of walls are determined.

In Chapter 6, the effectiveness of different kinds/configurations of PCM on the thermal performance of lightweight building walls in winter and summer are analysed, and suitable PCM kinds/configurations for both seasons were proposed.

In Chapter 7, the regulation ability of PCM on the thermal performance of lightweight building walls and indoor thermal environments in different seasons with natural environments (no mechanical equipment) were discussed by experimental measurements.

In Chapter 8, the energy-saving potential (cooling and heating) of PCM lightweight wall applied to building was obtained and their economic suitability in different climates/cities were evaluated.

In Chapter 9, the main research results of this paper were summarized.

The research results can provide reference for decision-makers to select suitable PCM products in lightweight wall or building in terms of energy-saving and economics, and provide data support for manufacturers to develop innovative energy-saving lightweight wall products using PCM.

論文審査の結果の要旨

本研究の目的は、異なる熱境界条件下における Phase-Change Material (以下、PCM) の各パラメータが軽量壁の熱性能に及ぼす影響及びそのメカニズムを明らかにし、軽量壁への PCM の効率的な適用をさらに実現することである。また、建築物における PCM を使用した軽量壁の省エネルギーポテンシャル (冷房および暖房負荷需要の削減) を求め、異なる気候下における軽量壁の経済性を明らかにする。

第 1 章では、研究の背景、目的及び論文の構成を述べている。

第 2 章では、PCM を用いた軽量壁の伝熱モデルを構築し、エンタルピー法を用い、数値シミュレーション (CFD) により検証を行った。そして、PCM が軽量壁の熱性能に及ぼす影響について評価指標を提案した。

第 3 章では、PCM の熱物理パラメータ (位置、厚さ、潜熱、熱伝導率、密度、比熱など) が軽量壁の熱性能に及ぼす影響及びそのメカニズムを系統的に評価した。

第 4 章では、異なる熱抵抗を持つ軽量壁の熱性能に対する異なる PCM パラメータの影響パターンと寄与度を分析した。

第 5 章では、異なる方向の壁に PCM を一体化する際の効果の違い、応用可能性、適切な熱パラメータを明らかにした。

第 6 章では、PCM の種類と組み合わせの違いが冬と夏の軽量壁の熱性能に及ぼす影響について考察し、両季節に適した PCM の種類と組み合わせを提案した。

第 7 章では、異なる季節の自然環境の下で、PCM が軽量壁の熱性能へ与える影響と室内温熱環境を調整する能力についてモックアップ試験に基づいて分析した。

第 8 章では、建築物に使用する PCM 軽量壁の省エネルギーポテンシャルを求め、異なる気候や熱環境における経済的適合性を評価した。

第 9 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、本論文では、異なる熱境界条件下における軽量壁の熱性能に対する PCM の熱物理パラメータの影響及びそのメカニズムを解明し、軽量壁の熱性能とエネルギー効率を向上させるための最適な PCM のパラメータと組み合わせを提案した。この研究成果は、軽量壁への PCM の使用に関する研究を理論的に充実させ、異なる熱境界条件下における外壁構造の熱性能向上のための PCM の適用に関する体系的な評価方法を提供した。また、意思決定者が省エネルギーと経済性の観点から軽量壁や建築物に適した PCM 製品を選択する際の有益なデータを提供するものであり、メーカーが PCM を使用した革新的な省エネルギー軽量壁製品を開発する際の支援も可能となる。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)	ワンダ 万达 (中国)
学位の種類	博士 (工学)
学位番号	甲第248号
学位授与年月日	2023年9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	<p>EMPIRICAL RESEARCH ON HUMAN-AI COLLABORATIVE ARCHITECTURAL DESIGN PROCESS THROUGH A DEEP LEARNING APPROACH</p> <p>(ディープラーニングアプローチによる人間と AI の協働建築設計プロセスの実証的研究)</p>
論文審査委員	<p>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))</p> <p>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))</p> <p>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))</p> <p>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))</p>

論文内容の要旨

In the current era of digitalization and information technology, the rapid development of technology has a profound impact on architectural design. Traditional architectural design paradigms are often limited to personal experience and subjective consciousness, making it difficult to comprehensively analyze and synthesize various factors and needs. The emergence of AI technology provides a new approach and method for architectural design, injecting more creative and sustainable potential into the design process.

The purpose of this thesis is to explore how AI technologies intervene in the architectural design process and to discuss the importance and approaches that drive the paradigm shift towards human-AI collaboration in architectural design. The research is conducted from two perspectives: theoretical and practical. At the theoretical level, how AI technologies affect architectural design through technological evolution is analyzed, as well as the advantages, disadvantages and trends of different AI networks in sustainably analyzing and optimizing different kinds of architectural designs. Further, based on this, the methodology of how to develop a reflection on the nature of technology and data is discussed. At the practical level, AI methods that are inventive and capable of performance-based design are constructed and trained. And the basic process of human-AI collaborative architectural design is presented with an empirical study.

Chapter 1 elaborates the research background and research purposes and presents the research motivation and objectives by introducing the current status of energy consumption in the B&C industry, resolving the development of performance-based design, and the interaction and development of AI and architectural design. The research framework is also organized.

Chapter 2 is a systematic review of recent literature and data analysis. The aim is to sort out the hot spots of AI technology applications in different research fields through systematic analysis of research trends combined with cross-comparative generalization. In other words, the answers to the aforementioned "Approaches Toolbox" questions are answered in this chapter. At the same time, the research gaps are summarized to guide the next stages.

Chapter 3 is the methodological chapter. This chapter presents the research strategies to cope with the above research gaps. It also briefly addresses the

research methods adopted under these strategies.

Chapter 4 to Chapter 7 present the implementation of the above strategies in detail. This includes enhancing the performance of model generation results through empowering of samples, improving model generation capabilities through data augmentation and generator replacement, and conducting an empirical study of human-AI collaborative design processes and results through practical projects.

Chapter 8, which concludes, summarizes the above overall research from both theoretical and practical aspects. Meanwhile, the imagination of future advancement is developed.

The results of this thesis not only provide a theoretical reference and methodological basis for future research on human-AI collaborative architectural design at a broader and higher level but also attempt to explore new ideas and methods for the field of architectural design during the evolution of the old and new paradigms, ultimately realizing the purpose of sustainable development of the B&C industry.

論文審査の結果の要旨

本研究は建築設計方法の新たなパラダイムとなる可能性のあるディープラーニング（深層学習）を基盤とした、専門的知識を有する人間と AI の協働によるデザイン手法を開発することを目的としている。

第 1 章では、研究の背景と目的が述べられ、研究の枠組みが整理されている。第 2 章では、既存研究に関するレビューと分析が行われ、他の研究分野での AI 技術の適用例が整理され、建築デザインの生成に関する研究では、まだ、AI 技術の導入が進んでいないことを示した。第 3 章では、AI 技術導入のための戦略と、研究方法が提案されている。第 4 章では、Solar Decathlon コンペティションのエントリーをもとに、太陽熱を利用する省エネルギー建築の平面と立面をサンプルとして利用する手法が示され、統一されたサンプル作成プロセスを通じて、98 のサンプルが取得された。第 5 章では、離散特性画像合成（SD-GAN : Semantic Decomposition-Generative Adversarial Networks）による初期トレーニングと生成結果を評価し、生成方法を改善することで、理想的なトレーニング効果が達成できることを明らかにした。第 6 章では、より複雑な建物ファサード生成の課題に取り組み、SD-GAN の生成能力を向上させる方法を提案した。専門家による主観的および客観的評価を通じて、画像の領域検出である U-net++ が元のジェネレーターである U-net と比較して利点を示さないこと、姿勢推定手法である HRNet が最も省エネルギー効率の高い結果を最短トレーニング時間で達成すること、さらに、画像分割による AttU-net は最も優れた生成能力を有しているが、長いトレーニング時間を要することを明らかにした。第 7 章では、6 章の結果から、北京にある 3 つの農村住宅を対象に、「生成-評価-調整-シミュレーション」の手法を用いて人間と AI との協働による建築デザインを実証的に生成している。HRNet と AttU-net を使用してデザインソリューションを生成し、元のケースと比較し、SD-GAN によって一定の省エネルギー性能を達成できることを示した。第 8 章では、各章の結論がまとめられている。

以上、本研究は、専門知識を有する人間と AI による画像生成技術との協働による新たな建築設計手法を提案し、AI 活用が建築設計のパラダイム転換につながる重要な技術であることを明らかにしており、当分野を大きく発展させるものである。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 ヤフェイ 王 亚飞 (中国)
学位の種類	博士 (工学)
学位番号	甲 第 2 4 9 号
学位授与年月日	2 0 2 3 年 9 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	Effect of virtual power plant scheme on the supply and demand sides based on the techno-economic analysis (技術経済分析に基づく仮想発電所制度の供給側と需要側への影響に関する研究)
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 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 礪田 隆聡 (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

Against the background of energy shortage and secure supply requirements, renewable energy has developed steadily in recent years. As most distributed energy resources (DERs) are accessible in urban areas, interest has increased in regard to evaluating the potential advantages from introducing virtual power plants (VPPs) comprised of DERs into such areas. A VPP provides a solution for improving an energy self-sufficiency rate, as an alternative to expanding the capacity of a conventional power plant (CPP).

IN CHAPTER 1, the international as well as Japan's energy situation, bottlenecks, and historical evolution were analyzed. These factors lead to the necessity of developing renewable energy sources.

IN CHAPTER 2, a detailed review of the application of VPPs was provided.

IN CHAPTER 3, main research methods and VPP model were introduced.

IN CHAPTER 4, the energy consumption characteristics of buildings in Higashida area was analyzed.

IN CHAPTER 5, the feasibility of VPPs through the construction of local renewable energy and energy storage technology in Higashida area was evaluated.

IN CHAPTER 6, a VPP model consisted of updating high efficiency appliances, photovoltaic and energy storage systems was proposed. A comprehensive analysis for assessing the technical, economic and environmental benefits deriving from the VPP was presented. The energy-saving potential of a VPP composed of photovoltaic (PV) and energy storage system (ESS) and high efficiency appliances was explored, based on historical monitoring data in Higashida Smart Community. The economic performance of the VPP was evaluated based on a payback period and total life cycle cost analysis.

IN CHAPTER 7, a comprehensive method for analyzing the feasibility of using a VPP to benefit both the plant and demand sides was proposed. Considering the imbalance of the benefits between the demand and plant sides, cooperative game theory was applied to explore the cooperation potential.

THE CHAPTER 8 is conclusions and prospects. Summarized the conclusions of each chapter.

論文審査の結果の要旨

本研究は、電力自給自足を実現し、省エネルギー及び二酸化炭素削減を図るために、従来の火力発電所と仮想発電所(VPP:Virtual Power Plant)における技術的、経済的及び環境的な利益を比較することを目的としている。スマートコミュニティが仮想発電所の支援を受けて電力自給自足を実現することが可能であり、発電所と需要側の両者が利益を得るための総合的な方法を提案している。

第一章では、研究の背景と目的について説明した。

第二章では、仮想発電所に関連する従来研究を調査し、研究の重要性を述べた。

第三章では、研究方法を提案し、評価指標を選定し、分析モデルを構築した。

第四章では、北九州市東田スマートコミュニティにおける年間実測データを用いて、業種別の建物のエネルギー消費量を調査分析し、その特性を明らかにした。

第五章では、地域のエネルギー自給率を高めるため、従来の火力発電所の拡張と仮想発電所の導入という2つのシナリオを比較し、仮想発電所適用の可能性を明らかにした。

第六章では、高効率の電気設備、太陽光発電、エネルギー貯蔵システムで構成される仮想発電所の応用可能性を分析し、エネルギー自給自足の可能性と、経済的、環境的な利益を探した。

第七章では、提案された仮想発電所モデルに基づき、ゲーム理論を適用し、需要側と発電所側の相互利益のために投資と利益配分を最適化した。

第八章では、各章で得られた知見をまとめ、今後の展望を示した。

以上のように、本研究は仮想発電所の導入により、電力自給自足を実現するためのシナリオを分析し、発電所と需要側の利益配分に対する解決策を提案したものである。一連の研究成果は、当該分野に新しい知見を与えるものであり、仮想発電所の普及と経済効果の向上に寄与している。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)	ユ ハイシ 余 海銘 (中国)
学位の種類	博士 (工学)
学位番号	甲 第250号
学位授与年月日	2023年9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 effect of mitigation strategies on microclimate and thermal comfort in urban squares (都市広場における環境緩和策が微気候と熱的快適性に与える影響に関する研究)
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 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 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

Regulating the landscape configuration of urban green spaces has been widely accepted as a measure to mitigate the urban thermal environment. However, research on the thermal environments of urban squares, an important component of urban green spaces, is still lacking. Therefore, it is crucial to propose, validate, optimize, and implement measures to alleviate the thermal environments of urban squares.

This study utilizes the Envi-met model to quantitatively examine the effectiveness of mitigation measures in urban squares during both winter and summer seasons. Additionally, an evolutionary game model is employed to investigate institutional coordination in the process of formulating and implementing mitigation measures.

Chapters 1 and 2 define key concepts, highlight research gaps, and outline the objectives of the study.

Chapter 3 introduces the research methodology, including the selection of research areas and principles of experimental design.

Chapters 4 conduct a statistical analysis of urban squares in Xi'an, China to identify factors influencing the thermal environment of these spaces. Additionally, a case study is conducted at Yenta Square, involving microclimate measurements and surveys.

In Chapters 5 and 6, the coverage of key landscape factors is used as a quantitative indicator for modeling and simulation using Envi-met. The simulation results are analyzed numerically.

Chapter 7 explores institutional coordination issues in implementing mitigation measures using an evolutionary game model.

Chapter 8 presents the conclusions of the study.

This study proposed the adjustment interval of landscape configuration to alleviate the thermal environment of urban square and preliminarily verified the interaction between landscape factors. Additionally, this study elucidates the mechanisms influencing the formulation and implementation of mitigation measures. Our findings not only assist designers in maximizing the effects of mitigation measures through appropriate configurations but also aid decision-makers in making informed choices and promoting the implementation of mitigation measures.

論文審査の結果の要旨

本研究は、中国西安市を対象に、急速に悪化している都市の熱環境を緩和するために、都市内の広場における熱環境緩和策を提案し、夏季、冬季の緩和策の効果を定量的に検証し、年間を通じた緩和策の最適化手法を開発することを目的としている。また、進化ゲームモデル手法を通じ、緩和策の策定と実施過程での制度面での協調がもたらす影響を分析している。

第1章では、研究背景と目的を述べている。

第2章では、都市の熱環境に関する既存研究を調査し、本研究で取り扱う重要な概念を定義し、第3章では、研究方法を示した。

第4章では、中国西安の典型的な広場を研究対象とし、都市広場の熱環境に影響を及ぼす要因を洗い出し、微気候測定とアンケート調査を行い、典型的な都市広場の熱環境の現状を明らかにした。

第5章では、動的都市環境シミュレーションソフトを使用し、典型的な都市広場の熱環境モデルを構築し、実測値との比較によりモデルの正確性を検証している。

第6章では、都市広場の重要な景観要素による土地カバー率を定量指標とし、サンプルデザインからモデルを構築し、シミュレーションを行った。シミュレーション結果の回帰分析により、冬季と夏季の都市広場における緩和策を定量的に分析し、これらの緩和策間に相互作用が存在することを明らかにした。

第7章では、進化ゲームモデルを構築し、緩和策の実際の実施過程における組織間の協調問題を分析し、緩和策の策定と実施を促進するためのキーとなるパラメータを明らかにした。

第8章では、各章で得られた結論をまとめている。

以上、本研究は、中国西安市を対象に、夏季、冬季を通じ都市広場の熱環境緩和策の効果を定量的に検証し、最適化する手法を提示した。研究成果は、都市広場の設計者が緩和策の影響を最大限に発揮するための適切な知見を提示しており、都市環境分野に大きく貢献することが期待される。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)	杵 朴ケン 王 鹏轩 (中国)
学位の種類	博士 (工学)
学位番号	甲 第251号
学位授与年月日	2023年9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	Evaluation on environmental, economic and energy savings of ground source heat pumps in cold region of China (中国寒冷地における地中熱ヒートポンプの環境性・経済性・省エネルギー性に関する評価研究)
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 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 秋葉 勇 (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 continues to recommend carbon peaking and carbon neutrality, which sets the stage for changes in its economic and social development. Ground source heat pumps (GSHPs) have emerged as a rapidly growing alternative energy source, particularly suitable for the colder regions of northern China. This paper provides a comprehensive overview of the adaptability of ground source heat pumps in cold regions, addresses the challenges associated with soil thermal imbalance, discusses the optimization of heat transfer pore spacing, and emphasizes the environmental, economic, and energy efficiency of ground source heat pumps. Addressing the challenges associated with soil thermal imbalance and optimizing the spacing of heat transfer boreholes are key steps in maximizing the efficiency and reliability of GSHPs. The energy, economic, and environmental benefits of GSHPs further emphasize their potential for widespread implementation. With attention to technological advances and policies, GSHPs can be effectively utilized to promote sustainable development and environmental protection.

The structures are explored as follows:

In Chapter 1, the background and purpose of the study are described.

In Chapter 2, the development of ground source heat pump technology and technical bottlenecks are presented.

In Chapter 3, the basic information of the research object and the main research methods of this paper are presented.

In Chapter 4, the simulation and monitoring data of the subsurface soil temperature field of ground source heat pumps are analyzed and studied.

In Chapter 5, the energy efficiency and energy conservation of the ground source heat pump system are analyzed .

In Chapter 6, the economical and environmental aspects of the ground source heat pump system are analyzed.

In chapter 7, conclusions and perspectives are summarized.

論文審査の結果の要旨

本研究の目的は、中国の厳寒地域における省エネルギー・二酸化炭素削減技術の応用を促進するために、地中熱ヒートポンプシステムを環境性、経済性、省エネルギー性の観点から総合的に評価すると同時に、地中熱ヒートポンプの運転における土壤熱収支問題を研究し、ボーリング孔の間隔と運転方式を最適化することである。

第一章では、研究の背景と目的を述べている。

第二章では、これまでの地中熱ヒートポンプの研究開発の現状を調査し、本研究の重要性を述べた。

第三章では、研究方法を提案し、地中熱ヒートポンプの土壤温度場モデルと運転性能のモデルを構築した。

第四章では、モニタリングとモデリングデータに基づき、地中熱ヒートポンプが中国の寒冷地において長期運転後も地中温度のバランスを維持できたことを立証した。また、ボーリング間隔の最適化案を提案した。

第五章では、モニタリングとモデリングデータの結果に基づき、地中熱ヒートポンプシステムが長期運転において安定した性能を発揮し、高い性能係数と良好な省エネ効果を発揮したことを明らかにした。同時に、エネルギー伝達過程におけるシステムの損失について、最適化のための提言を行った。

第六章では、中国の寒冷地における地中熱ヒートポンプの適応性を環境面及び経済面から評価した。その結果、地中熱ヒートポンプシステムには経済的・環境的に大きなメリットがあり、この技術の普及が省エネ・排出削減目標の達成につながることを明らかにした。

第七章では、各章で得られた知見をまとめた。

以上のように、本研究は、地中熱ヒートポンプシステムの長期運転を総合的に評価し、特に運転方法の最適化と省エネルギーに焦点を当てた。研究結果は、この分野における新たな知見を提供し、中国の寒冷地における地中熱ヒートポンプ技術の普及を促進し、省エネルギーと炭素排出削減の目標を達成する一助となるものである。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)	ジャン ペイ 张 霈 (中国)
学位の種類	博士 (工学)
学位番号	甲 第 2 5 2 号
学位授与年月日	2 0 2 3 年 9 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 Vitality and Sustainable Development of Urban Villages from the Urban Perspective (都市的視点によるアーバンビレッジの活力と持続可能な発展に関する研究)
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 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 朝見 賢二 (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

China's urban development has shifted from rapid urbanization to stock development with urban renewal as the main focus, but the backward facilities and inefficient allocation of public resources in urban villages make it difficult to support sustainable urban development, leading to a decline in the quality of life of residents and dissipation of urban vitality. Urban vitality is an important indicator of healthy and sustainable urban development, and it is of great significance to study the impacts of urban villages on vitality, to re-conceptualize the value of urban villages, and to explore the development path of urban villages for the sustainable development of cities.

This study takes urban villages as an indicator of the specificity of the urban built environment and uses regression modeling to study the relationship between urban vitality and the built environment, to explore the effects of urban form, urban function, and urban villages on vitality, and to demonstrate the value of vitality embodied in urban villages from an urban perspective.

The following is a brief description of what was done in each chapter.

In Chapter 1, the urban problems brought about by rapid urban construction and rough development are raised, the reasons for the emergence of urban villages and the importance of urban vitality in sustainable development are outlined.

In Chapter 2, the theoretical basis and current research status of urban vitality and the urban built environment are introduced. In addition, relevant studies on urban vitality and urban impact mechanisms are reviewed.

In Chapter 3, I introduce the data sources used in this study and pre-process the open-source data. The main research methodology of this paper is identified based on the literature study.

In Chapter 4, a comprehensive urban vitality measurement system is presented. Five indicators are selected from the three main components of urban vitality - economic vitality, social vitality and cultural vitality - and a comprehensive evaluation of Shenzhen's vitality is conducted based on multi-source big data, which reveals that the vitality of the central area of the city is higher than that of the peripheral areas.

In Chapter 5, the relationship between urban vitality and the influence of built environment factors is investigated. Twelve indicators were selected as

independent variables. SLM model and GWR model were constructed to compare the changes of urban vitality with various explanatory variables. The results show that dense road networks, rich and diverse transportation facilities, dense commercial facilities, entertainment facilities, and sports and leisure facilities are beneficial factors that promote urban vitality. However, urban villages and residential neighborhoods have a negative impact on urban vitality, while building density has the least impact on urban vitality. The three aspects of the built environment in this study explain 44.5% of the variation in Shenzhen's vitality, and there is spatial heterogeneity in the effects. Finally, strategies to activate urban vitality are proposed.

In Chapter 6, an empirical study of urban village renewal based on vitality revitalization is presented in the example of Nantou Old Town.

In Chapter 7, the study is concluded and discussed.

In conclusion, this study takes urban villages and urban vitality as the research object and proposes a quantifiable and replicable framework for the adaptation of urban villages in Shenzhen. After assessing Shenzhen's vitality in terms of economic, social, and cultural aspects, a regression model is developed to analyze the relationship between vitality and the built environment. Finally, an empirical case study is conducted. It is hoped that this will deepen the community's understanding of urban villages and provide a theoretical basis for the long-term revitalization and sustainable development of cities.

論文審査の結果の要旨

本研究は、中国深圳市を対象にアーバンビレッジが都市の形態、機能及び都市の活力に与える影響を明らかにし、アーバンビレッジが具現化する活力の価値を都市の視点から実証的に示すことを目的としている。

第1章では、急速な都市の乱開発がもたらした都市問題に焦点を当て、アーバンビレッジの出現の背景と持続可能な都市発展における都市活力の重要性について述べている。

第2章では、都市の活力とそれに影響を与えるメカニズムに関する先行研究を調査し、本研究の重要性を述べた。

第3章では、研究で使用したデータソースを示し、オープンソースデータの前処理について説明した。また、文献調査に基づいて、本研究の主要な研究手法を明示した。

第4章では、包括的な都市の活力の測定システムを提案している。経済活力、社会活力、文化活力の3つの要素から選ばれた5つの指標を使用し、深圳市の活力をビッグデータに基づいて総合的に評価し、深圳市では、都市中心部の活力が周辺部よりも高いことを示した。

第5章では、都市の活力と建築環境要因の関連性を探るため、12の指標を独立変数とし、SLMモデルとGWRモデルを用いて都市活力の変化を比較した。その結果、道路網の密集、多様な交通施設、商業施設、娯楽施設、スポーツ・レジャー施設が都市の活力を促進する要因であること、一方で、アーバンビレッジや住宅地の中には都市活力を低下させるものもあること、建築面積に基づく建物密度は都市活力には影響を与えないことを明らかにした。また、採用された建築環境の3つの側面で、都市の活力の変動の44.5%が説明でき、活力がもたらす効果には空間的な不均一性があることも明らかにした。

第6章では、南投旧市街を例に挙げ、活力再生に基づく都市集落再生の実証研究を行い、アーバンビレッジがもたらすプラスの効果を例示した。

第7章では、本研究の総括と考察をまとめている。

以上、本研究は、経済的、社会的、文化的な観点から深圳市の都市活力を評価し、アーバンビレッジがもたらす都市活力と建築環境の関係を分析する回帰モデルを開発した。アーバンビレッジに対する地域社会の理解を深め、都市の長期的な活性化と持続可能な発展のための理論的基礎を提供しており、都市計画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)	ジョウ ウイ 周 睿 (中国)
学位の種類	博士 (工学)
学位番号	甲 第253号
学位授与年月日	2023年9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	<p>Research on the relationship between pro-environmental behaviors and relocation based on surveys in China, Korea, and Japan</p> <p>(日中韓における社会調査に基づく環境配慮行動と移住との関係に関する研究)</p>
論文審査委員	<p>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))</p> <p>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))</p> <p>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))</p> <p>審査委員 加藤 尊秋 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士 (工学))</p>

論文内容の要旨

This research aimed to investigate the interaction between individuals' pro-environmental behaviors (PEBs) and relocation, bridging the gap in understanding the relationship between urbanization and environmental protection at the micro scale and to take the chance of relocation as a window to enlarge PEBs. To achieve this, the study focused on China, Korea, and Japan, representing a developing country and two developed countries in Asia. The research extensively examined relocation from rural to urban areas and urban to rural areas in these countries. Additionally, different PEBs were compared and analyzed across different contexts.

Chapter 1: In this chapter, the background of the research was described, emphasizing the significance of studying the interaction between PEBs and relocation.

Chapter 2: The existing works and initiatives in the field were reviewed. Conceptual framework and method were conducted in this chapter.

Chapter 3: It is a preliminary study applying the method, which discussed the relationship between willingness to pay for quality air and relocation from rural to urban area in China.

Chapter 4: Through the analysis of the general social survey data from China in 2018, the research discovered that rural-urban mobility increases people's willingness to pay for quality air. However, it does not affect their willingness to pay for renewable energy. The disparities between rural and urban areas in China were considered, and the significance of urban living experience in influencing willingness to pay for quality air was highlighted.

Chapter 5: This chapter explores the relationship between the intention to relocate and pro-environmental behaviors by utilizing surveys in Korea. The findings indicate that the intention to return to rural areas is not significantly linked to environmental protection attitudes, but support for rural return policy is connected to positive environmental attitudes. Moreover, the willingness to pay for environmental protection is associated with individuals' recycling behavior. The study reveals a consistent high level of support for government spending on the environment.

Chapter 6: This chapter examines the relationship between settlement consciousness and PEBs in Japan, revealing no significant correlation. But relocation experience was found connected to the habit of turning off

electricity. Individuals under 50 years old living in small cities or villages show a higher likelihood of using eco-products. Additionally, the study observes a trend of people moving from big cities to small cities, which may contribute to increased eco-product usage.

Chapter 7: This chapter conducts a comparative analysis of PEBs in China, Korea, and Japan. It compares factors such as urbanization rate, human development index, migration ranking, and policy differences to identify similarities and differences among these countries. The analysis aims to understand how relocation relates to PEBs in different contexts. By considering the unique characteristics of each country, this analysis provides valuable insights for policymakers in designing effective environmental protection policies.

Chapter 8: Chapter 8 provides a comprehensive summary of the research findings and discusses the limitations encountered during the study. It also identifies areas for further research and exploration in the field.

This study is significant as it explores the connection between population relocation and environmental behaviors. By examining individual environmental attitudes, behaviors, and policy support in the context of China, South Korea, and Japan, it fills a research gap at the micro level. The findings provide valuable insights for the development of effective environmental protection policies and contribute to global sustainability goals. Additionally, this study lays the groundwork for future research and decision-making in the field of population relocation and environmental sustainability.

論文審査の結果の要旨

本研究は、個人の環境配慮行動（pro-environmental behaviors）と移住経験及び移住意向との関係を探り、都市化と環境保護との関係をミクروسケールで理解し、環境配慮行動を拡大する糸口となる移住の役割を検証することを目的としている。

第1章では、研究の背景、移住と環境配慮行動の関係を検証する意義を述べている。

第2章では、環境配慮行動の変化に影響を及ぼす要因についての既存の研究をまとめ、本研究の枠組みと研究方法を示した。

第3章では、研究方法の妥当性を検証した。

第4章では、2018年の中国の社会調査データを分析し、農村部から都市部への移住は、質の高い空気に対する人々の支払い意欲を高める一方、再生可能エネルギーに対する支払い意欲には影響しないことなどを明らかにした。

第5章では、韓国の社会調査のデータから農村への回帰意欲と環境配慮行動との関係を分析し、両者には直接的に有意な関連はないが、回帰意欲と回帰政策とは有意な関連があり、農村回帰政策への支持は環境配慮行動と間接的に関連していること、環境保護に対する支払い意欲は、個人のリサイクル行動と関連していることなどを明らかにした。

第6章では、日本人の定住意識と環境配慮行動との関係を調べ、両者の間に有意な相関関係は見られないことを示した。省エネ製品のユーザーは40歳以下の既婚者が多く、大都市から中小都市への移住者が多いことから、移住の経験がエコ製品使用の増加に寄与している可能性があることを示した。

第7章では、中国、韓国、日本における環境配慮行動の比較分析を行い、都市化率、人間開発指数、移住ランキング、政策の違いなどの要因を比較し、類似点と相違点を明らかにした。

第8章では、各章で得られた知見をまとめ、結論を述べている。

以上、本研究は、中国、韓国、日本で行われた社会調査データをもとに移住と環境配慮行動との関連性を分析し、移住が環境配慮行動を促進するきっかけとなりうることを明らかにした。これまで知られていなかった移住の意義と環境保護政策を実施するための貴重な洞察を提供し、環境政策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)	ソウ レイエイ 宋 麗斐 (中国)
学位の種類	博士 (工学)
学位番号	甲 第254号
学位授与年月日	2023年9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 and environmental evaluation on the application of hydrogen in Shanghai (上海市における水素利用の経済性・環境性の評価に関する研究)
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 上原 聡 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士 (情報工学))

論文内容の要旨

This paper takes Shanghai as the research object, evaluates the economic and environmental effects of hydrogen energy application in different forms in different fields, and analyzes the potential of hydrogen energy applications in Shanghai, with a view to providing reference for the development of hydrogen energy in other cities.

IN CHAPTER 1, the study analyzes the hydrogen energy development strategies of various countries and regions. And the current situation of hydrogen energy application and supply in Shanghai is analyzed.

IN CHAPTER 2, analyzes the application methods and application fields of hydrogen energy, focusing on the application and research status of hydrogen refueling stations in the transportation field, hydrogen fuel cell cogeneration systems in the architecture field, and hydrogen-fueled gas turbine in the energy field.

IN CHAPTER 3, main research models and methodology were introduced.

IN CHAPTER 4, taking a hydrogen refueling station in Shanghai as the research object, based on the analysis of the all-day hydrogen demand characteristics of the station, the application effect of photovoltaic-hydrogen refueling stations is studied and analyzed. Compared with hydrogen refueling stations, photovoltaic-hydrogen refueling stations have better environmental and economic benefits.

IN CHAPTER 5, taking an airport terminal in Shanghai as the research object, based on the load characteristics and prediction analysis, the application effect of hydrogen fuel cell cogeneration system in the construction field is studied and analyzed.

IN CHAPTER 6, analyzes the application conditions of hydrogen-fueled gas turbines, and taking an industrial park in Shanghai as the research object to study the application effect of coupling hydrogen turbines and photovoltaic systems.

IN CHAPTER 7, based on the analysis of the scale of hydrogen fuel cell vehicle application development in Shanghai through SWOT analysis, the hydrogen energy demand in various fields and the total hydrogen demand in Shanghai are studied and analyzed.

IN CHAPTER 8, a summary of the previous chapters' research is provided, and the future development of hydrogen applications is prospected.

論文審査の結果の要旨

この研究は、水素エネルギーの応用範囲の拡大と低炭素化社会の推進を目指し、経済と環境の両面から水素エネルギーの異なる分野での応用可能性を分析し、また上海市の水素エネルギー応用の潜在能力について調査分析したものである。

第一章では、研究背景及び研究目的について説明した。

第二章では、水素エネルギーの供給現状、応用方式及び応用分野について調査し、水素燃料補給ステーション、水素燃料電池、水素タービン及び水素燃料電池自動車に関する先行研究を調べ、本研究の重要性を述べた。

第三章では、研究方法を提案し、負荷予測モデル、水素エネルギーシステムモデル及び経済と環境分析モデルを構築した。

第四章では、上海市の水素ステーションを研究対象とし、水素ステーションにおける水素需要特性を分析し、水素の販売価格と炭素排出効果の両面から太陽光発電駆動水素ステーションの応用可能性を明らかにした。

第五章では、上海の空港ターミナルを研究対象とし、異なる水素コストにおける水素燃料電池コージェネレーションの応用可能性を分析し、その省エネルギー性を明らかにした。

第六章では、上海市工業団地を研究対象とし、異なる水素添加比率における水素添加ガスタービンの利用条件を分析し、異なる水素コストと炭素取引価格から水素タービンと太陽光発電システムの総合利用の可能性を明らかにした。

第七章では、SWOT分析法に基づいて、上海市における水素燃料電池自動車の発展状況と動向を分析し、上海における水素燃料電池自動車の保有量と水素需要量を予測し、利用の可能性を提案した。

第八章では、各章で得られた知見をまとめた。

以上より、本研究は経済と環境の両面から、異なる分野で水素エネルギーの利用可能性を研究したものである。一連の研究成果は当該分野に新しい知見を与えるものであり、水素エネルギーの利用率を高め、エネルギー消費領域の脱炭素化に貢献している。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 ヲウ 付 瑶 (中国)
学位の種類	博士 (工学)
学位番号	甲 第255号
学位授与年月日	2023年9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 influence of indoor environment on perceived comfort in elderly care buildings (高齢者介護施設における室内環境が知覚的な快適性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 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 孫 連明 (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 paper takes a "human-centered" approach and aims to achieve "perceived comfort." It applies physiological sensing technology and eye tracking technology to the study of "perception-space" and quantifies the unobservable variable of "perceived comfort" through human factors technology. By analyzing the physiological indicators of different perceptual states obtained through measurements, and synchronously verifying the "representativeness" of the changes in various physiological indicators through subjective questionnaires, comfort states are determined, and corresponding spatial indicators and parameters are derived. Through experiments conducted in residential and restaurant spaces, one-way perceived comfort, room brightness under single functional behavior, spatial distance, appropriate sound pressure levels, comfortable temperature, humidity, and the use of warm and safe decorative materials are obtained as spatial indicators and features.

Chapter 1 Introduces the research background, research objectives, and significance of the paper, discussing the current research status of domestic and international studies on elderly architectural spaces under human factor experiments and the new technology of eye-tracking.

Chapter 2 Establishes a research model for the relationship between architectural spaces and human perceptual experiences, focusing on epistemology and methodology, and explores the correlation between perceived comfort and architectural spaces.

Chapter 3 Focuses on visual comfort and investigates the brightness, spatial distance, spatial transitions, and color preferences of elderly residential spaces.

Chapter 4 Aims at auditory comfort and studies the spatial layout and form of residential and dining spaces in elderly buildings.

Chapter 5 Measures the physical parameters of temperature, humidity, and air velocity in residential spaces, and simultaneously applies human factor devices to study the thermal perception state of the elderly and the comfortable physical environmental parameters in living spaces under thermal comfort conditions.

Chapter 6 Targets tactile comfort and applies human factor devices to study the tactile preferences of the elderly.

Chapter 7 Based on the research results of perceived comfort, corresponding optimization designs are proposed for the problems found in the surveyed and experimental elderly residential spaces. This includes recommendations for window size for visual comfort, recognizable spatial transition scale, and elderly color preferences; ideal models for double occupancy residential spaces and dining spaces under auditory comfort goals; physical parameters of temperature, humidity, and air velocity under thermal comfort; as well as the selection of tactile materials that are comforting and provide a sense of security.

Chapter 8 Summarizes the correlation between different sensory organs and their corresponding relationships in space and discusses future directions for improving the physical environmental parameters and spatial parameters of architectural spaces with the goal of perceived comfort.

論文審査の結果の要旨

本論文は、人間工学的アプローチと主観的アンケートを用いて、高齢者施設の室内環境と快適性との関係を研究し、快適性と室内環境の研究モデルを構築するものである。論文では、視覚・聴覚・熱感覚・触覚の4つの感覚経路から、高齢者の感知応答データに対応した建築環境の特性に基づいて、高齢者に優しい環境の設計指標を提案している。

第1章では、論文の研究背景、目的および意義について説明した。

第2章では、高齢者向けの建築設計、新技術および人間工学的アプローチ等により、快適性と室内環境に関する従来研究を調べ、本研究の重要性を示した。

第3章では人間工学的アプローチの基本的な特徴と適用範囲を調査し、快適性と室内環境の研究モデルを提案した。

第4章では、視覚に係る快適性と室内環境の関係について、皮膚電位計や眼球運動計を用いた実験および主観的なアンケートを行い、高齢者の視覚に依存する行動を明らかにした。

第5章では、聴覚に係る快適性と室内環境の関係について、生理学的な計測器と主観的なアンケートを用いて、高齢者の聴覚に依存する行動を明らかにした。

第6章では、熱感覚に係る快適性と室内環境の関係について、室内環境の温度、湿度、風速の実測を行い、皮膚温度計や呼吸計を用いて、主観的なアンケートと合わせて、高齢者の熱的感覚と室内環境の関係を明らかにした。

第7章では、触覚に係る快適性と環境の関係について、デルファイ法を用いて専門家による触覚に係る快適性評価システムを構築し、生理学的な感覚実験計測器と主観的なアンケートを用いて、壁、天井、家具、および装飾材料といった材料に関しての実験を行い、高齢者の触覚に関する快適性と環境の関係を明らかにした。

第8章では、各章で得られた結論をまとめた。

以上、本研究は人間工学的アプローチと主観的アンケートを用いて、高齢者の視覚・聴覚・熱感覚・触覚の視点から室内環境の快適性を研究したものであり、その研究成果は快適性を考慮した高齢者施設の建築設計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)	デアン セカタジ Dian Sekartaji (インドネシア)
学位の種類	博士 (工学)
学位番号	乙 第12号
学位授与年月日	2023年9月25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	Study on environmental improvement of residential and educational buildings based on passive-active hybrid design strategies (パッシブ-アクティブ・ハイブリッド設計に基づく住宅および教育施設の環境改善に関する研究)
論文審査委員	主 査 龍 有二 (北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士) 審査委員 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 高島 康裕 (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 Chapter 1, the background and purpose of the research were elaborated. In Chapter 2, literature reviews of related studies were sorted out. In Chapter 3, research methods used in this thesis were described. The thesis consists of three main cores. In Chapter 4, the indoor thermal environment was investigated in the residential sector, as one of the biggest contributors to energy consumption. In this thesis, the Japanese traditional house (Minka) was chosen considering its eminent natural environmental control system in summer. Measurement and questionnaire were conducted to investigate the secret of passive cooling of the Minka. The result showed that Doma has a great influence on passive cooling in the Minka.

In Chapter 5, the indoor thermal in educational buildings classrooms after AC installation to overcome heatstroke increase among students will be investigated. In addition, this chapter also investigates the AC energy use (EU) changes in junior high schools before and during the COVID-19 pandemic, when natural ventilation must be integrated with AC to reduce airborne virus transmission risk with improving ventilation in the buildings, while still considering the indoor thermal comfort. The result showed that AC EU increased significantly during the pandemic when natural ventilation is used together with AC.

In the first section of Chapter 6, the simulation of indoor air temperature based on three Doma layouts was carried out as the continuation of passive cooling design secret exploration based on the Chapter 4 findings. A simulation of the Doma position was done to find the best position of the Doma for cooler indoor thermal in the summer. The result showed that the air temperature in the rooms was lower when the Doma is positioned on the south side. The idea of passive cooling secret in Japanese Minka is brought to the design strategy in modelling of the simulation in later section of Chapter 6. In this section, the simulation of a fully natural ventilated, air-conditioned, and mixed mode ventilated classroom was carried out with some independent variables, such as design strategies, AC set-point, air change per hour, and ventilation pattern (continuous, intermittent, and based on outside air temperature) as the continuation of energy-saving optimization based on the Chapter 5 finding. A fully natural ventilated room was simulated to examine the indoor thermal comfort of the room, while an air-conditioned and mixed

mode ventilated room was examined to find the comparison of those AC cooling and heating loads when the AC set-point was set to specify the indoor thermal comfort in the room. The result shows that indoor thermal comfort in a fully natural ventilated room could not be reached regardless of the design strategies, in the summer and in the winter. It also found that continuous mixed mode ventilated room has higher cooling load than the air-conditioned room in the summer, and extremely higher heating load in the winter. However, the cooling and heating load in the intermittent mixed mode ventilated room was not too high as the continuous mixed mode ventilation. It could be adapted when natural ventilation is necessary for preventing airborne disease transmission. While for energy-saving strategy, based on outside air temperature mix-mode ventilation can be adapted since it can be reduced to 0.97 times of cooling and heating load in higher AC set-point in summer, and lower AC set-point in the winter.

In Chapter 7, a discussion of the result and analysis of Chapters 4, 5, and 6 was expounded, and the conclusion of the thesis will be summarized and elaborated with the problem statement and research questions.

論文審査の結果の要旨

地球環境問題とエネルギー問題に対処しつつ建築の室内温熱環境の質を保つためには、空調設備システムの省エネルギーとともに、設備の負荷を抑えるためのパッシブな建築設計の工夫も不可欠である。本研究は、パッシブデザインとして土間や自然換気に着目し、土間の最適配置や、自然換気と空調および両者を併用する混合モードの環境改善効果について明らかにするため、住宅と教育施設を対象に実測調査ならびにシミュレーションを行うものである。

第1章では、研究の背景と目的について詳述した。第2章では、関連研究の文献レビューを整理・評価した。第3章では、本論文で使用した研究方法とその適切性・独自性について説明した。第4章では、日本の伝統的住宅（民家）を対象に、パッシブクーリングの秘密を探るための実測調査とアンケートにより、土間が民家の環境制御に大きな影響を与えていることを明らかにした。第5章では、空調設備を設置した公立中学校の教室温熱環境についてモニタリングデータ解析、温熱環境調査、COVID-19発生前後の空調エネルギー使用量調査を行い、空気感染リスクの軽減には自然換気と空調の併用が必要なこと、熱的快適性を担保しつつ換気を行う場合、空調エネルギー使用量が大幅に増大することを明らかにした。第6章では、第4章と第5章で得られた知見に基づき、まず、住宅を対象に土間の最適配置に関するシミュレーションを行い、土間を住宅南側に配置することによる室温上昇抑制効果を明らかにした。次に教室を対象に、自然換気、空調、ならびに混合モードについて熱環境シミュレーションを行った。種々の条件（空調設定温度、換気量、換気時間等）の違いが教室の空調負荷に与える影響を系統的に明らかにするとともに、パッシブ手法として教室南側に土間空間を配置する場合の夏季の冷房負荷削減効果を確認した。第7章は本論文の総括である。

以上、本論文は、住宅および教育施設を対象としてパッシブとアクティブを併用したハイブリッド設計に基づく省エネルギーならびに温熱環境改善手法を示すものであり、一連の研究成果は当該領域に新しい知見を与え、今後の建築熱環境工学の分野の進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。

博士學位論文 内容の要旨および審査結果の要旨
第 35 号 (2023 年 9 月授与)

発行日 2023 年 10 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