

2021 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 2 号

(2022 年 3 月授与)

北九州市立大学大学院  
国際環境工学研究科

## 目 次

学位の種類	学位番号	氏 名	頁
博士(工学)	甲第 180 号	キム ヨンユン	1
博士(工学)	甲第 181 号	リョウ シキ	4
博士(工学)	甲第 182 号	竹下 泰史	9
博士(工学)	甲第 183 号	カイ キョクトウ	12
博士(工学)	甲第 184 号	小畑 拓未	16
博士(工学)	甲第 185 号	シュ チョン	21
博士(工学)	甲第 186 号	ソン トウ	27
博士(工学)	甲第 187 号	リュウ シンユ	32
博士(工学)	甲第 188 号	大久保 伸	36
博士(工学)	甲第 189 号	シュウ テンテン	40
博士(工学)	甲第 190 号	チョウ セツエン	43
博士(工学)	甲第 191 号	ヨウ セイハク	46
博士(工学)	甲第 192 号	金子 愛里	50
博士(工学)	甲第 193 号	オウ セイ	53
博士(工学)	甲第 194 号	シェ イー	57
博士(工学)	甲第 195 号	ソウ イヘイ	62
博士(工学)	甲第 196 号	チョウ カゴウ	67
博士(工学)	甲第 197 号	リュウ ショウケイ	71

フリガナ 氏名（本籍）	キム ヨンユン（韓国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 1 8 0 号
学位授与年月日	2 0 2 2 年 3 月 2 3 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>Functional microfiber nonwoven fabric with polymer brush for capturing substances in the air</p> <p>（大気中の物質を捕捉するためのポリマーブラシを有する機能性マイクロファイバー不織布）</p>
論 文 審 査 委 員	<p>主 査 上江洲 一也 （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 河野 智謙 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（農学））</p> <p>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））</p> <p>審査委員 佐々木 卓実 （北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士（工学））</p>

In this study, a functional material was developed for capturing substances in the air, which is a polypropylene microfiber nonwoven fabric with polymer brushes by radiation-induced graft polymerization. The target substances to be captured in the air were acetone, a volatile organic compound (VOC), and wheat germ lectin (WGA) as a model protein of hemagglutinin, a spike protein on the surface of influenza virus.

In the case of acetone, metal ions were immobilized into polymer brushes for adsorbing acetone gas, noting that metal complexes are advantageous for sensing in the recent sensing field. According to the candidate compounds in the Cambridge Crystal Graphic Data Center (CCDC) database for a ligand that can adsorb acetone gas in a metal-bound state, 4-picolyamine (4-AMP) was selected as the ligand which has a similar molecular structure of the compounds. The 4-AMP was introduced with an average molar conversion of 63%, and the maximum copper ion immobilization density was 0.51 mmol/g. The copper ion immobilized microfiber nonwoven fabric (4-AMP-Cu MNWF) showed 50% removal rate out of 4 L of 50 ppm acetone gas at 170% degree of grafting (dg). The amount of acetone adsorbed on the 4-AMP-Cu MNWF was 0.04 mmol/g-4-AMP-Cu.

In the case of WGA, since hemagglutinin on the surface of influenza membrane specifically recognizes sialic acid glycans on the surface of human upper respiratory tract cells, sialic acid glycans were simulated by introducing sialic acid into the polymer brush. For sialic acid-loaded N-acetylneuraminic acid microfiber nonwoven fabric (NANA MNWF), 118.2  $\mu\text{g}$  of 200  $\mu\text{g}$  lectin was adsorbed when the dg was 87%, and the maximum adsorption rate was 59.1%. NANA MNWF showed the same amount of adsorption at dg of 40-100%, while the amount decreased at dg of more than 100%.

## 論文審査の結果の要旨

キムヨンユン氏の学位論文は、放射線グラフト重合法を用いて、ポリプロピレン製マイクロファイバー不織布にポリマーブラシを付与した、大気中の物質を捕捉する機能性材料の開発に関する研究である。大気中の捕捉対象物質は、大気汚染物質の一つである揮発性有機化合物（VOC）のアセトンと、感染性ウイルスであるインフルエンザウイルス表面上に存在するスパイクタンパク質ヘマグルチニンのモデル物質・小麦胚芽レクチン（WGA）とした。

本学位論文は、5章で構成されている。

第1章では、本研究において重要な手法、材料、化合物などを解説し、大気中の捕捉対象物質の選定理由と本研究の目的について述べた。

第2章は、アセトンを捕捉する材料開発に関する研究である。ポリマーブラシに金属イオンを導入してアセトンガスを吸着させることを試みた。金属イオンと配位子は、ケンブリッジ結晶構造データベースから候補金属錯体を選定し、配位子として4-ピコリルアミン（4-AMP）、金属イオンとして銅イオンを選択した。銅イオンを固定化した4-AMP-Cu マイクロファイバー不織布は、アセトン吸着能を示し、アセトン吸着量は0.04 mmol/g-4-AMP-Cuであった。

第3章は、レクチン WGA を捕捉する材料開発に関する研究である。インフルエンザ膜表面にあるヘマグルチニンがヒト上気道細胞表面にあるシアル酸糖鎖を特異的に認識するため、ポリマーブラシにシアル酸を導入することで、シアル酸糖鎖を模擬した。シアル酸を導入したN-アセチルノイラミン酸マイクロファイバー不織布(NANAMNWF)はWGA吸着能を示し、エアロゾル中レクチンの59.1%を吸着した。

第4章では本研究の総括を、第5章では今後の課題と展望について述べた。

以上の研究結果は、捕捉が困難な分子に対して、新たな分子認識機構（金属イオンを介した認識および糖クラスターによる認識）を提案しており、分子認識材料分野や分離工学分野に大きく貢献するものである。これらの結果は、インパクトファクター（IF）が高い学術雑誌に2報の論文として纏められている。これらの研究業績はコース内で決められている学位認定基準を満たすと判断した。

よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏 名（本 籍）	リョウ シキ（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 1 8 1 号
学位授与年月日	2 0 2 2 年 3 月 2 3 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>Life Cycle Environmental Assessment on the Urban Wastewater System Considering Technological Options and Spatial Strategies</p> <p>（技術オプションと空間的戦略を考慮した都市排水処理システム のライフサイクル環境評価）</p>
論 文 審 査 委 員	<p>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））</p> <p>審査委員 野上 敦嗣 （北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士）</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> <p>審査委員 高 偉俊 （北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士）</p>

Since the mid-19th century, when industrialization began, the Earth's temperature has risen and the trend towards global warming has continued. It is a widely acknowledged fact that the main cause of global climate change is the excessive emission of greenhouse gases (GHG) into the atmosphere from human activities, which are six gases including carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) and methane (CH<sub>4</sub>). This warming has caused glaciers at the poles to melt, resulting in a rise in sea levels and, indirectly, in abnormal rainstorms, droughts and increased desertification. Climate change is a common challenge for all mankind, and it has become a common task for all of us. Governments have made commitments to reduce emissions, and developing countries are under more pressure from social, economic, and environmental factors. The situation in China is that there are still deficiencies in many areas due to the late start, such as basic theoretical research, the establishment of a database of relevant information, public awareness and knowledge, and the development of engineering technologies.

As a result of urbanization, cities are growing larger and more people are living in them, consuming more resources (fresh water, energy, etc.) and producing more municipal waste (wastewater, solid waste, etc.). It will cause significant harm to the urban environment when municipal waste is not managed properly. The urban wastewater system (UWS), containing municipal waste treatment facilities (wastewater treatment plants, sludge treatment plants, etc.), play an important role in achieving sustainability by reducing environmental pollutants and increasing resource recycling. However, conventional wastewater and waste treatment processes consume large amounts of fresh water, energy, and chemicals as well as release GHGs to atmosphere, which are the main sources of GHG emissions. In developed countries, energy consumptions of the UWS occupied 3% of the total energy consumption in the society. The CO<sub>2</sub> emissions, N<sub>2</sub>O emissions, and CH<sub>4</sub> emissions from the UWS account for 4%, 3%, and 5% of total emissions, respectively. In China, GHG emissions from the UWS contributed 1.3%-4% of total society's GHG emissions.

In the context of the global response to climate change, the transformation of wastewater treatment plants into energy supply plants has become a trend, as wastewater is rich in renewable resources that can be recycled (e.g., heat,

reclaimed water, nitrogen, and phosphorus recovery from sludge recycling, etc.), and practical experience in this area includes the Strass wastewater plant in Austria, the NEWs in the Netherlands, the NEWater in Singapore, etc. The "New Concept Wastewater Treatment Plant" in Yixing, China, is also a new attempt and exploration.

A systematic and comprehensive evaluation of the GHG emissions from the UWS is the basic work for its progress towards sustainable development. However, there has not been a comprehensive evaluation system for quantitative GHG emissions from the UWS, due to some reasons such as complex generation mechanisms, a wide range of technological options, and the many industries and sectors involved. In other hand, centralized systems are widely used in cities because of the economic scale. In developing countries, however, the urbanization can result in WWTPs needing to be expanded during their operational phase, technically upgraded, and relocated further away from the city center. There are few previous studies on the balance between economics of scale and decentralization, quantifying the environmental impact of both and solving the problem of how to choose between them, especially for community-scale wastewater treatment integrating reclaimed water use.

Life Cycle Assessment (LCA) provides a theoretical framework for quantitative GHG emissions estimation and optimization of the UWS due to its advantages of systematization, quantification, standardization, and universality. Therefore, this study improved a GHG evaluation system with a basic framework of LCA for the UWS, which takes wastewater as the study target and its system boundary starts when the wastewater enters the collection system (urban sewer system) and ends when the wastewater-based reclaimed water is used by potential users and the sludge is finally disposed of or recycled. The LCA in this study considers two aspects that can affect the GHG emissions results from UWS, which are the technology options (see as Chapter 4) and the site location (see as Chapter 5).

Nine alternative scenarios of wastewater and sludge treatment were analyzed to evaluate the GHG emissions from treatment technology options. The results shown that direct GHG emissions and indirect GHG emissions caused by electricity consumption are key contributors. Total GHG emissions in all scenarios ranged from 58-127 kt CO<sub>2</sub>-eq. per year. The SBR-Incineration scenario has an advantage in terms of low GHG emissions, while



AAO-Composting is the scenario that results in maximum emissions. The direct N<sub>2</sub>O emissions and emission caused by electricity consumption are the main GHG emissions sources, and the sum of the contributions of two sources exceeds 70% in all scenarios. In addition, the results highlighted that not considering direct fossil CO<sub>2</sub> emissions may cause deviations in the estimation of GHG emission.

Previous studies of environmental assessment of WWTPs with different implementation scales have mostly focused on energy consumption, with the aim of examining the correlation between energy intensity and implementation scale. In the model developed in this chapter 3 and 5, consideration is given to factors such as building material consumption, transport energy consumption, and construction energy consumption in addition to energy consumption. This paper analyses the comparison of the environmental loads of an urban community-scale wastewater treatment system integrating recycled water use, in the case of two management strategies (decentralized system and centralized system). The decentralized wastewater treatment system (DWWT) is another option for treating wastewater and reusing effluent of the communities, with an advantage of not requiring a pipeline system, even though it is generally not considered to have economies of scale. The results show that: 1) CWWT consumes only 20% of the electricity of DWWT in its operation phase, but consumes 14 times more chemicals and 158 times more fresh water than DWWT; 2) pipeline system supporting CWWT contributes 65% of total GHG emissions during the construction phase; and 3) the critical distance is 56 km when applying 300 mm internal diameter reinforced concrete pipes (RCP), and is shortened in scenarios where thicker RCPs are used and replaced with prestressed concrete cylinder pipes.

## 論文審査の結果の要旨

人間活動からの温室効果ガス（GHG）の排出が地球温暖化の主要な原因であることはほぼ間違いがないとされている。各国政府は気候変動対策を講じているが、GHG 排出量の正確な測定と排出目録の作成は、緩和策の策定や持続可能な都市開発計画を支援するための基礎情報として極めて重要である。中国において、全国レベルの GHG 排出インベントリは公表されているが、都市の排水処理システム（UWS）を対象とした GHG 排出に関する一次データと技術選択のための研究は十分でない。本研究は、中国の UWS を対象として、複数の処理技術に関する GHG 排出量を明確にし、UWS からの排出を削減する可能性を分析することを目指すとしている。そのために、排水処理、汚泥処理、および資源回収を含み、また建設、運用、解体の各フェーズをカバーする完全な LCA (Life Cycle Assessment) が採用されている。同時に、再生水利用を想定して、排水処理の分散型と集中型の 2 タイプによる処理施設と配管の敷設距離による GHG の関係を分析することで、距離最適化について検討した。

本論文は、全 6 章で構成される。第 1 章では、本論文の背景として、中国の UWS をめぐる現状、UWS と GHG の関係について述べている。第 2 章では、UWS を対象とした GHG 定量化、さらに UWS の LCA 研究に関する既往研究についてレビューした上で、本研究の構成と新規性を明確にしている。第 3 章では、UWS を対象とした LCA を実施するための評価システムの構築と、評価に用いる技術諸元等の検討を行っている。直接 CO<sub>2</sub> 排出量は、物質収支に基づく計算式を採用している。第 4 章では、3 つの排水処理技術と 3 つの汚泥処理技術（焼却、堆肥化、直接埋立）の掛け合わせ、つまり 9 つのシナリオを対象に評価している。その結果、SBR（回分式活性汚泥法）と焼却のシナリオは GHG 排出量が少ないこと、AAO（嫌気無酸素好気法）と堆肥化のシナリオは排出量が最大となること等が示されている。第 5 章では、再生水利用を統合化させた UWS について、分散型と集中型を対象に評価している。排水管の内径と配管距離を対象に、LCA をもとに限界距離を算出する手法を提示している。第 6 章は、本論文の総括である。

以上要するに、本論文は、中国の UWS に着目し、複数技術・シナリオを想定して GHG 排出量の少ない方法の探索と、再生水利用を統合化させた場合の施設配置と配管の内径・距離について分析を行ったものである。本研究の成果は、UWS の技術と空間的戦略の最適解を算出するための定量的評価手法と、そこから得られた含意の新規性・有用性において高く評価され、環境システム工学上寄与するところが多い。

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）	タケシタ タイシ 竹下 泰史（山口県）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 1 8 2 号
学位授与年月日	2 0 2 2 年 3 月 2 3 日
学位授与の要件	学位規則 第 4 条 第 1 項 該当
学位論文題目	衝撃波を伴う超音速流れに対する定量的可視化法の適用 (Application of quantitative flow visualizations for supersonic flows with shock waves)
論文審査委員	主 査 宮里 義昭 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 吉山 定見 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 仲尾 晋一郎 (北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士（工学）) 審査委員 中澤 浩二 (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

過去数十年に渡って、次世代推進システムを実現するためのスクラムジェットエンジンの開発が行われている。デュアルモードスクラムジェットエンジンは、広範囲のマッハ数の基で超音速飛行を可能とする。ラムジェットモードでは、流入する空気は多数の衝撃波で形成されるショックトレーンによって圧縮される。ショックトレーンに及ぼす飛行条件の影響を分離するために、分離部と呼ばれる断面積がほぼ一定のダクトがエンジンの入口と燃焼器の間に配置される。一方、衝撃波はエンジンから排出される噴流にも発生し、エンジン性能に大きく影響する。さらに、ある作動条件下では、衝撃波の振動を伴う非定常流れが発生し、機械の振動やエンジンの故障、大気中に大きな騒音を引き起こす原因にもなる。従って、衝撃波を含む超音速流れの特性を理解することは、非常に重要となる。しかし、コンピュータの大幅な性能向上や画像処理技術の革新的な開発にも関わらず、衝撃波を含む超音速流れの詳細な構造についてはほとんど調査されていないのが実情である。

本研究では、マッハディスクと呼ばれる強い衝撃波を伴う超音速噴流と断面積一定の直管内に発生するショックトレーンの時間的平均流れの特性および非定常流れの特性をレインボーシュリーレン法とマッハ・ツェンダー干渉法を用いて、定量的に可視化観察した。さらに、実験結果と定量的に比較するために、ショックトレーンの数値流体シミュレーションを実施した。

その結果、ショックトレーンを構成する各衝撃波の振動特性が非定常密度場のパワースペクトル解析によって明らかにされた。また、ショックトレーンの時間的平均流れの2次元密度場構造を実験的および数値的に解明した。次に、マッハディスクを伴う超音速流れの時間的平均流れおよび非定常流れの構造は、噴流の中心軸上および噴流の3次元密度場の等密度面表示を含む2次元密度線図で明瞭に観察できることを示した。また、噴流の中心軸上の流れ方向の密度分布に対して、過去の背景シュリーレン法（BOS法）による実験結果と本実験結果を定量的に比較した。

## 論文審査の結果の要旨

近年、次世代推進システムを実現するためのスクラムジェットエンジンの開発が盛んに行われている。一般に、スクラムジェットエンジンに流入する空気はショックトレーンと呼ばれる多数の衝撃波によって圧縮され、エンジンから排出される噴流の内部にも衝撃波が発生する。衝撃波は、機械の振動やエンジンの故障、大気中に大きな騒音を引き起こす原因にもなる。しかし、これまで衝撃波を含む超音速流れの詳細な構造についてはほとんど調査されていないのが実情である。

本研究では、マッハディスクと呼ばれる強い衝撃波を伴う超音速噴流と管内に発生するショックトレーンの特性を調べるために、レインボーシュリーレン法とマッハ・ツェンダー干渉法と呼ばれる定量的流れの可視化法と数値流体シミュレーションを利用している。本研究で得られた主な成果は次の通りである。

5 章では、マッハディスクを伴う超音速噴流の時間平均特性を調べ、衝撃波の 3 次元構造と噴流中心軸に沿う密度分布を明らかにしている。また、レインボーシュリーレン法は過去の計測法と比較して衝撃波を捉えるのに適していることを述べている。6 章では、マッハディスクの非定常特性を調べ、衝撃波の振動周波数を明らかにしている。7 章では、管内の超音速流れの 2 次元密度場を高空間分解能で取得する解析手法を提案し、断面積一定の管内に発生するショックトレーンの密度場の構造を明らかにしている。8 章では、ショックトレーンの非定常特性を調べ、ショックトレーンを構成する各衝撃波の振動周波数を明らかにしている。9 章では、数値シミュレーションを利用して、ショックトレーンの時間平均特性とショックトレーン領域の壁面圧力分布に及ぼす乱流モデルの影響を明らかにしている。

以上要するに、本論文は衝撃波を伴う超音速流れの特性を実験的および数値シミュレーションによって詳細に調べており、工学的に寄与するところが大きい。また、公聴会では多数の出席者があり、種々の質問がなされたが、著者の説明によって質問者の理解が得られた。

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）	カイ キョクトウ（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 1 8 3 号
学位授与年月日	2 0 2 2 年 3 月 2 3 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 improving the winter environment with straw-filled bricks and sunrooms in rural houses in coastal area of Qingdao, China</p> <p>（中国青島沿岸部の農村住宅における藁等充填煉瓦及びサンル ームによる冬季環境改善に関する研究）</p>
論文審査委員	<p>主 査 高 偉俊 （北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士）</p> <p>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））</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 工学博士）</p> <p>審査委員 寺嶋 光春 （北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士（学術））</p>

This study investigated and optimized the energy-saving and environmental conditions of coastal rural houses in Qingdao during winter. Through in-field survey and experimental simulation, the characteristics of rural houses, the indoor thermal environment and the status of air quality were analyzed. The renovation method of winter energy-saving and environmental improvement of Qingdao coastal rural houses was carried out from two aspects of envelope renovation and passive solar house design by the realistic problems.

In chapter one, Background and Purpose of This Study, the development opportunities and status issues of rural houses in China and the coastal rural areas of Qingdao were introduced, and the purpose and significance of this study were proposed.

In chapter two, Literature Review of Energy-saving and Environmental Improvement in Rural Houses, the research status of energy-saving and environmental improvement in rural houses during winter was reviewed in terms of thermal comfort, air quality, and energy-saving design of rural houses in various countries.

In chapter three, Methodology of In-site Survey, Experiments, and Simulations, mainly included: methodology of survey and measurement, experimental principles of building envelope thermal improvement and numerical simulation software, and principles of building thermal environment, which provide the theoretical and methodological basis for the improvement of winter indoor thermal environment and energy-saving design of rural houses in the following chapters.

In chapter four, Status of Coastal Rural Houses and Indoor Environment in Qingdao, through field measurements and questionnaires, the construction of rural houses in Qingdao was investigated to identify the current heating methods and envelope forms of rural houses, and to find out the problems in indoor thermal environment and air quality, which provided first-hand basic research information for the subsequent creation of suitable human living environment and energy-saving houses.

In chapter five, Thermal Performance Enhancement of Building Envelopes by Using Crop Straw, five different types of straw materials for filling the hollow bricks were selected for controlled tests to investigate the application

and efficiency of different types of straw materials on the thermal performance improvement of envelopes. It aimed to select the optimal straw material which will provide data which will support for the next envelope modification.

In chapter six, The Energy-saving Improvement for The Rural Houses by Numerical Simulation, a model of a typical rural house in Qingdao was established. The energy-saving renovation options for envelopes were explored in combination with the energy-saving materials identified through experiments in chapter five. The thermal insulation performance and energy efficiency of the external walls, roofs and external windows of different solutions were simulated and analyzed by EnergyPlus software. Following the simulation, the suitable energy-saving renovation options for envelopes were proposed.

In chapter seven, Application of Passive Solar Room to Improve Indoor Thermal Environment in Winter, the design strategy of the additional solar room was proposed in relation to the status of rural houses. Additionally, the thermal insulation performance and energy efficiency of the additional solar room were simulated and analyzed by EnergyPlus software in order to select a cost-effective design option for the solar heated room.

In chapter eight, the whole summaries of each chapter and the future prospects were presented.



## 論文審査の結果の要旨

この研究は、青島沿岸の農村住宅の省エネ性能及び環境を調査し、その設計を最適化し、現地調査、実験及びシミュレーションにより、農村住宅の特性、室内熱環境、空気の質を分析し、農村住宅の冬季省エネ設計と環境改善のための方法論を提案したものである。

第一章では、本研究の背景と目的を述べた。

第二章では、農村住宅の省エネと環境改善の現状を調査し、問題点と課題を明らかにした。

第三章では、農村住宅の省エネ設計と環境改善に関する調査、実験、数値シミュレーションの理論と方法を提案した。

第四章では、現地調査やアンケート調査により、農村住宅の屋内気候と環境の現状に関する調査を行い、農村住宅の室内の熱環境や空気環境の問題を明らかにした。

第五章では、対照実験を行った。5つの異なる藁材料を選択し、それぞれ中空煉瓦に充填し、藁を充填した中空煉瓦の熱伝導実験を実施し、それぞれの藁材料の熱性能効率を明らかにし、最適な藁材料の選択方法を提案した。また、住宅改修のため新しい断熱材を開発した。

第六章では、壁、屋根、外窓などの断熱と省エネ効率を分析し、農村住宅の壁構造における省エネ改修のシミュレーションを行い、農村住宅の最適な省エネ改修計画を提案した。

第七章では、農村住宅の室内熱環境の改善のため、農村住宅の現状に合ったパッシブソーラーハウスの応用としてサンルームに着目し、サンルームの断熱と省エネ効率を明らかにし、経済的で効果的なサンルームの設計計画を提案した。

第八章では結論と展望を述べ、各章の研究結果をまとめた。

以上のとおり、本研究は、エネルギー高効率化を目的とした農村住宅の改修に向けて、新しい複合材料を開発し、農村住宅の冬の生活環境を改善する方法論を提案するものである。一連の研究により、この分野に新しい知見をもたらし、農村住宅の省エネルギーと環境改善に貢献している。

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）	コバタケ タクミ 小畑 拓未（広島県）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 1 8 4 号
学位授与年月日	2 0 2 2 年 3 月 2 3 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	戸建住宅の夏季における床下高湿化及びその対策に関する研究 (Study on High Humidity in Crawl Space of Detached Houses in Summer and its Countermeasures)
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 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 李 丞祐 (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

本研究では、全国的に問題となっている戸建住宅の夏季の床下高湿化および結露発生について、実測調査とシミュレーションによって、要因分析および緩和策の検討等を行ったものである。本論文は 5 章により構成され、各章の概要は以下の通りである。

### 第 1 章 序論

第 1 章では、床下高湿化が引き起こす諸問題を整理し本研究の意義を記した他、戸建住宅の床下空間の工法、断熱等による分類、既往研究について記した。また、2 章以降で使用した実測機器およびシミュレーションソフト(THERB, Flow Designer)、カビ指数の概要について記した。

### 第 2 章 床断熱住宅における床下高湿化要因分析

第 2 章では、床断熱工法の住宅における高湿化要因分析を、実測調査、数値シミュレーションの双方から行った。

北九州市の戸建住宅を対象とした実測調査では、基礎立ち上がりが多く、床下中央部の換気が不足している住宅では床下高湿化が顕著に表れることを報告した。

数値シミュレーションとその結果を使用した重回帰分析の結果、床下湿度環境への影響度は外気湿度が最も大きく、次いで換気量>床断熱材の厚み>1 階居室の冷房設定温度の順であることを示した。また、比較的、外気相対湿度が低い地域においては、床下湿度環境に与える影響として床下空間の換気量が最大である一方、夏季の外気湿度が高い地域においては、床断熱材の厚みの影響が最大であることを示した。

実測調査と数値シミュレーションの結果より、床断熱工法の住宅の設計時に留意すべき点として、必要以上に床下空間内部の基礎立ち上がりを設けず、床下中央部の換気が不足しないように配慮することが重要であることを提言した。その一方で、夏季の外気が特に高湿な地域においては、換気量を確保しても床下空間は高湿な状態となるため、床下空間に外気を取り込まない基礎断熱工法の採用を検討する必要があることも記した。

### 第 3 章 床断熱住宅における床下高湿化緩和策の検討

第 3 章では、主に、数値シミュレーションによって、外気・床下間の相対湿度差による運転制御をかけた床下強制換気（外気相対湿度<床下相対湿度の場合に限り換気扇運転）、調湿材敷設、それらを併用した場合の床下高湿化緩和効果を検証した。また、CFD 解析によって、床下換気扇の最適な設置方法を検討した。

外気・床下間の相対湿度差による換気扇運転制御は、他の制御方法に比して、高湿化緩和効果が大きいが、外気が特に高湿な時期においては結露発生リスクが他と同様に高いことを示した。調湿材敷設は、大半の期間で床下強制換気よりも

効果が小さいが、外気が特に高湿な状態が続く時期においては床下強制換気よりも効果が大きいことを示した。更に、外気・床下間の相対湿度差による運転制御をかけた床下強制換気と調湿材敷設を併用することで、梅雨季および夏季の間、連続して床下相対湿度が低下し、外気が特に高湿な時期においても結露発生リスクが低下することを示した。

CFD 解析による床下換気扇の設置方法の検討においては、ダクトによって床下中央部で給気を行う換気方式が、換気用基礎パッキンの床断熱住宅において、最も効率的かつ効果的な床下強制換気の方法であることを示した。

#### 第 4 章 基礎断熱住宅における床下温湿度性状の実測調査

第 4 章では、北九州市の基礎断熱住宅 7 棟における実測データを解析し、床下空間の形態ごとの夏季の温湿度性状の違いを明らかにした。また、高湿化が確認された住宅において、より詳細な実測調査を実施し、床下高湿化の要因分析、居住者のライフスタイルが床下温湿度環境に与える影響の検討等を行なった。

1 階床面に開口を有する住宅では、外気が高湿な時期に自然通風を行うことで、1 階諸室に流入した湿気が床下にも侵入し、床下が高湿化する事象があることを報告した。1 階居室において、冷房運転を行った場合は床下空間も湿度低下し、場所によっては最大 20 ポイント低下、居室の空調運転の影響を受けにくい床下中央部においてもおよそ 6 ポイント相対湿度が低下したことを報告した。一方、冷房負荷が小さい場合は、エアコンによる除湿量が小さく、更には冷房運転の頻度も少なくなる(送風運転の時間が長い)ため、床下空間の湿度低下効果は小さいことを示した。実測結果から、1 階床面の開口は、開閉可能な仕様とし、自然通風時は閉鎖、空調運転時は開放することを提言した。

#### 第 5 章 総括

第 5 章では、各章で得られた知見を総括した。

## 論文審査の結果の要旨

本研究は、戸建住宅の夏季の床下高湿化及び結露発生について、実測調査とシミュレーションによって、要因分析及び緩和策の検討等を行ったものである。

第1章では、床下高湿化問題を整理し本研究の意義、戸建住宅の床下空間の工法、断熱等による分類、既往研究について記し、実測機器、カビ指数の概要を述べている。

第2章では、床断熱工法の住宅の高湿化要因分析を行い、床下中央部が換気不足の住宅では高湿化が顕著であること、シミュレーションとの重回帰分析から、床下湿度環境への影響度は外気湿度が最も大きく、次いで換気量 > 床断熱材の厚み > 1階居室の冷房設定温度の順であることを明らかにした。また、外気湿度が低い地域では、床下湿度環境に与える影響は換気量が最大、外気湿度が高い地域では、床断熱材の厚みの影響が最大であることを示した。また、床断熱工法では必要以上に内部の基礎立ち上がりを設けず、床下中央部の換気が不足しないように配慮する必要があること、夏季の外気が特に高湿な地域では換気量を確保しても床下空間は高湿となるため、外気を取り込まない基礎断熱工法が優れていることを示した。

第3章では、外気・床下間の相対湿度差による換気扇制御は、高湿化緩和効果は大きい、外気が特に高湿な時期においては結露発生リスクが他と同様に高いことを明らかにした。調湿材敷設は、大半の期間で床下強制換気よりも効果が小さいが、外気が特に高湿な状態が続く時期においては床下強制換気よりも効果が大きいことを示した。更に、外気・床下間の相対湿度差による運転制御を行なった床下強制換気と調湿材敷設を併用することで、梅雨季および夏季の間、連続して床下相対湿度が低下し、外気が特に高湿な時期でも結露発生リスクが低下すること、換気扇の設置方法の検討では、中央部で給気を行う換気方式が、換気用基礎パッキンの床断熱住宅において、最も効果的な床下強制換気法であることを示した。

第4章では、床下空間の形態ごとの夏季の温湿度性状の違いを明らかにした。1階床面に開口を有する住宅では、外気が高湿な時期に自然通風を行うことで、1階居室から床下に湿気が侵入し、床下が高湿化する事象があること、1階で冷房運転を行った場合は床下空間も湿度低下すること、冷房負荷が小さい場合は、エアコンによる除湿量が小さく、更には冷房運転の頻度も少なくなるため、床下空間の湿度低下効果は小さいことを示した。実測結果から、1階床面の開口は、開閉可能とし、自然通風時は閉鎖、空調運転時は開放することを提言した。第5章では、各章で得られた知見を総括した。

以上、本論文は、戸建住宅の夏季における床下高湿化の要因を実測調査とシミ

ュレーションから明らかにし、改善対策の有効性を実証的に示しており、床下高湿化問題に関する新たな知見を与えるものであり、建築環境工学分野の発展に大きく寄与するものである。

よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	シュ チョン（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 1 8 5 号
学位授与年月日	2 0 2 2 年 3 月 2 3 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>A Study on the Integration of Chinese Traditional Cultural Pattern Elements in Digital Design Teaching</p> <p>（デジタルデザイン教育における中国の伝統的パターン要素の統合発展に関する研究）</p>
論文審査委員	<p>主 査 デワンカー バート</p> <p>（北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士）</p> <p>審査委員 福田 展淳</p> <p>（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 高巢 幸二</p> <p>（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 秋葉 勇</p> <p>（北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学））</p>

Chapter 1 intends to construct the initial background and form the first delineation of thematic and instrumental approaches. The research background is elaborated from three aspects: pattern, digital development, and form beauty. The pattern has a long development period and covers a wide range. The presentation method is rather limited. Due to the limitations of technology, traditional Chinese patterns are only presented by the two-dimensional. Under “digital technology”, the design has more possibilities and openness. The boundaries of formal beauty are no longer limited. The early study of patterns remains on a single theme the traditional methods of inheritance are simple. The possibilities of combining technology and art are not fully exploited. So, the objective of the research is to explore the possibility of traditional patterns based on digital design and support the inheritance of traditional culture.

Chapter 2 intends to construct two parts of the cultural background and technology of the research project. The whole process of pattern development is sorted out through literature study, with figures and texts. No matter what kind of pattern, it is a development process from simple to complex. The development of patterns and the replacement of dynasties, people's lives, and foreign cultures are related. Patterns represent specific connotations. With the emergence and development of digital technology, the product of architecture is not only buildings and space. It is also the development of new knowledge, organization, and technique. The technology available affects the language of architecture, bringing a huge cultural shift from multidisciplinary to interdisciplinary design processes.

Chapter 3 intends to clarify the approach to research taken within the thesis by elaborating on an architectural research methodology that is based on the objective of the thesis. Through three fields study of graphic analysis studies, digital design experiments, quantitative analysis on teaching feedbacks, and online data analysis, a mixed-method research strategy is applied in this thesis. Pattern research and digital design research are carried out layer by layer based on three methods, to the theme of the study, which is evolving around how we think and understand traditional things and architecture practice, it ought to be relevant to several aspects of the profession.



Chapter 4: This chapter introduces the characteristics and analysis methods of pattern graphics and then extends it to the composition methods of traditional Chinese patterns, including individual patterns, continuous patterns, etc. The compositional characteristics of Chinese traditional patterns are influenced by Chinese philosophical thoughts and contain unique meanings of elements. Traditional patterns of skeletons also have Chinese characteristics, including Taiji skeletons and Jiugongge skeletons. All of these provide the theoretical basis and graphic logic for the later operation experiment.

1) Pattern analysis provides a method. The logic of pattern graphics is mostly based on visual cognition. The first step in visual cognition is orderly and simple. Find the mathematical relationship among them by simplifying and cumbersome analysis.

2) Analyzing the composition of traditional Chinese styles in this way, it can be found that the composition method has developed from the original single mode to four directions, and the expressions tend to be complicated and diversified in the way of mirroring or copying. Extending to the next step, whether we can apply this technique to digital operations based on this construction model.

3) In terms of skeleton logic, graphical analysis and drawing can show that a single element has skeleton logic in its composition, including the modulus relationship and position relationship of geometric patterns in the skeleton, the logical relationship of element placement. At the same time, it also considers the principles of balance, unity, and order in traditional Chinese thought. This multi-factor embedded framework allows designers to think more broadly and maintain control over the entire design.

Chapter 5: This Chapter focus on the process of the combination of Architecture Design and traditional culture, revealing the possible design form of digital modeling-based traditional pattern conception. Take the traditional pattern as a prototype. Abstract and transform the essential elements. Combine the regenerated model with the existing old building. The experiments are based on traditional pattern graphics. First step: Confirm the graphic logic and modulus relationship behind individual patterns and continuous patterns from their essence. Describe the relationship or structure from the accurate perspective of graphics. Complete the interpretation from graphics to diagrams in the design. Under digital technology, the designers try

to transform complex and multi-category information into measurable numbers and data. Complex patterns are embodied, realistic, and refined into single elements which can be used for design. It is a process from complex to simple. Then, through software processing, digital models are more sculptural. Designers use digital technology to break the standard interface orthogonal relationship of building. They try to apply shapes with free-form surfaces and irregular morphological interfaces to structures. Extremely complicated geometric forms under the control of parameters constitute a variety of visual effects with limited components. The use of these complex components in architecture makes the building more contemporary and impactful. That is, it demonstrates the value of multiple aesthetics and sociality. It is a process from simple to complex.

1) In terms of design, advanced digital technology and sculpting software has changed the designer's original scope of practice and thinking method, optimized the designer's understanding and insight, and become a medium that reflects human complexity thinking.

2) Students can have more precise insights and a deeper understanding of new concepts. The whole process integrates the use of an aesthetic sensibility concomitant with highly developed design ability. It is a systematic thinking logic to prevent the effects of habitual processes. Students should realize that design equals energy, enthusiasm, excitement, and inspiration. To cultivate personal aesthetic ability from the elementary stage is the sustainability of education and learning.

3) This novel pedagogical framework explores the complete cycle of architectural design. It represents a methodical approach to “cells to organ, organs to systems, systems to new speciation”, providing students with the necessary technical skills.

Chapter 6: This chapter focuses on the analysis of the process. First, it analyzes and describes the recruitment information of the units designed by 316 and the 784-questionnaire survey. The empirical analysis proved the necessity of digital design in the learning process. 153 of the 784 participants participated in the course. Based on feedback, it proved that the combination of digital design and traditional patterns can create structural thinking for design inspiration. Major efforts have been made to promote the inheritance and attention of traditional patterns. In this chapter, through the questionnaire survey before and after the course participation, and the

feedback analysis of the participants, we can find:

1) In professional work and professional learning, the requirements for digital technology and digital software are constantly improving, which is also an inevitable demand for the development of the industry; however, many colleges and universities in China do not systematically carry out teaching in this area; students are self-study. There are also great difficulties in the process, and there is no suitable way or systematic learning.

2) The importance and attention of students to traditional culture and traditional patterns will be significantly improved through the results of the questionnaire survey, which reflects the students' sense of identity with traditional things. This kind of teaching philosophy has a deep understanding of cultural thoughts through deep participation.

Chapter 7 : Digital technology, not simply as a design tool but as a design medium, enables human designers and their social-cultural settings to produce unknown ideas during the design thinking process. As we believe the digital age will change the design world even more dramatically than it has done so far, we ask what else can the digital medium stimulate or associate in regard to creative design. According to the above studies of the combination of tradition and modernity, breaking the circle of research will play a possible role in pursuing design creativity in the future. The graphic analysis is used in both the personal and social-cultural thinking of architectural design. Because of digital breakthroughs, new possibilities of design will inevitably excite new ways to perceive domain knowledge. New ways of thinking and making domain knowledge will inevitably excite variations, extensions, and the as yet unknown. Consequently, the transitional processes for problem-finding/solving and the novice/ expert/creator might have other alternatives that are as yet to be defined. In summary, the new set of the design framework relates to the redefinition of domain knowledge for both personal and social/cultural design thinking.

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、中国の伝統的なパターンにおける調査を行い、文化的シンボルの形態学における知見を得ること及び建築設計において有用な方法論的枠組みを提案することを目的とした研究である。

第1章では、研究の背景、目的及び論文の構成が述べられている。

第2章では、伝統的なパターンに関連する既往研究を列記し、本論文の位置づけが示されている。技術の発展に伴い、建築設計プロセスそのものが文化的背景を背負いながら変化を許容している背景について述べている。

第3章では、研究の方法論や研究手法を詳しく述べている。グラフィック分析研究、デジタルデザイン実験、教育フィードバックの定量分析、およびオンラインデータ分析の3つのフィールド研究を用いて、本研究は分析が進められた。

第4章では、パターングラフィックの分析と、繁体字のパターン分類およびスケルトン構造の役割に焦点を当て、繁体字のパターンの構成のロジックを明らかにした。中国の伝統的なパターンの構成上の特徴は、中国の哲学的思考に影響があることが明らかになった。また、パターングラフィックスのロジックは、主に視覚認知に基づいており、構成については幾何学的操作が存在していた。またスケルトンロジックの観点から幾何学的パターンのモジュラス関係と、要素配置における論理性について述べられている。

第5章では、建築設計と伝統文化の組み合わせのプロセスに焦点を当て、デジタルモデリングベースにおける伝統的なパターン概念の応用性について述べている。建築設計において形態的インターフェースを通し、抽出された要素を用いて、パラメーターを制御することでパターンの要素を抽象化する変換プロセスが明らかになった。また建築設計の教育学的フレームワークに貢献することが示唆されている。

第6章では、中国の大学における実際に行われている教育に関するアンケート調査及び分析により、学習プロセスにおけるデジタルデザインの必要性が明らかになった。デジタルデザインと従来のパターンの組み合わせがデザインのインスピレーションのための構造的思考を生み出す可能性があることがわかった。

第7章は、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、デジタルデザインに基づく中国の伝統的なパターンの可能性を探求し、現代の建築における設計手法及びデザインについての関連性を示すことができ、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、今後の建築設計分野に大きく寄与するものである。

よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	ソン トウ（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 1 8 6 号
学位授与年月日	2 0 2 2 年 3 月 2 3 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	Visual quality evaluation of urban landscape based on image analysis in Shenyang, China （中国瀋陽市の都市景観における画像分析を用いた視覚的印象評価に関する研究）
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 工学博士） 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 工学博士） 審査委員 城戸 將江 （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 安井 英斉 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学））

The study focused on the urban landscape visual quality evaluation of Shenyang, China. The visual quality evaluation model of Shenyang urban landscape was constructed at the macro, meso and micro levels. It was supposed to provide theoretical reference for the development of Shenyang urban landscape. In the first chapter, the background and significance of the research was described. During the urbanization process of china, the built-up areas of the urban have expanded rapidly. The overall environment of urbanization changed from spatial increment period to stock period during the urbanization rate growing slowly. But the visual quality of the environment was declining in some cities. There were some destructive constructions, which causes visual landscape pollution. It was supposed to further improve the quality of urban human settlements landscapes by evaluation of urban visual quality more scientific. In second chapter, the concept of visual quality was introduced. The trend of visual quality evaluation were summarized. Meanwhile, theory and application of urban landscape visual quality evaluation was expounded. The four paradigms of landscape visual evaluation were summarized. The visual landscape control methods in some developed countries were combed. The progress in applied research were analyzed. In third chapter, main research methods of visual quality of urban landscapes were introduced. It included field questionnaire survey, Baidu street view image acquisition (BSV), scenic beauty evaluation(SBE), semantic differential method (SD), semantic segmentation technology based on deep learning (deeplabv3+), balanced incomplete block design-law of comparative judgment(BIB-LCJ), etc The fourth chapter content is as follows: In this chapter, the visual quality of the Shenyang urban core area streetscape was evaluated from macro level. The study used Baidu map api to extract bsv images and then built a semantic segmentation network deeplabv3+ by computer deep learning and training, applying the method to semantically segment 634 sample collection points with a total of 5072 streetscape photos in the core area of Shenyang. The results of the semantic segmentation were organized into 5 indices and they indicated the public perception. In addition, 150 topical samples were chose from the acquired bsv panoramic images, based on SBE method, they were evaluated their streetscape visual quality by combining VR panorama. Then the landscape quality of the 150 topical

samples and their related characteristics were conducted correlation and regression analysis by using SPSS software in order to construct a model of urban streetscape evaluation. Finally, on the basis of the evaluation model, the visual quality of each street in the core area of Shenyang was calculated by combining the characteristic indices of other sample collection points and drew a map of the visual quality of the streets in the core area of Shenyang.

The fifth chapter, at the macro level of the city, the visual quality of the waterfront park was evaluated. Urban waterfront park are an important area of urban living environment. In this chapter, we obtained photographs of landscape from Hunhe river waterfront linear park and the South Canal waterfront park, the visual quality of the waterfront park was evaluated the basis of the SBE method and SD method. The principal components of the landscape characteristics were extracted, a regression model of the visual quality and the landscape characteristics was established. Results show that the natural feature and the formal feature have a positive influence on the visual quality in waterfront parks, and the man-made feature has a negative impact on the visual quality. The six landscape characteristics are sense of seclusion, ecology, intactness, uniqueness, unity and vitality, which are the main factors which affect the visual quality. This study puts forward improvement measures for the waterfront park, and the results can be applied to the planning, construction, and management of waterfront parks. The sixth chapter at the meso level of the city evaluated the landscape visual quality of Shenyang historical and cultural district. Shenyang Fangcheng historical and cultural district, Shenyang Imperial Palace and Shenyang station historical and cultural district were chose for the research site, they obtained sample landscape photos by three ways: On-site photography, VR, and BMSV, then using the SBE method to evaluate the LVQ. We applied the method of On-site photography to obtain 82 sample photos for SBE analysis in the Shenyang Fangcheng historical district, the result showed that the LVQ of the historic street was good because the historical buildings in the street improved the overall LVQ of the street; the residential street was bad due to the old buildings and messy street environment reduced the overall LVQ of the street. In the research of Shenyang Imperial Palace, the panoramic image data of 18 nodes in Shenyang Imperial Palace were obtained through the VR cloud on the Quanjingke website. They were stored in the computer and connected with the VR device and using this method for SBE analysis. The results showed

that the LVQ was better in the south and central of Middle area, the northern of Middle area was bad. The main influence factors of LVQ were the Green Space Factor, building color and building maintenance. In the research of Shenyang station historical and cultural district, BLV image data was used to obtained sample and a total 49 nodes were collected sample 360° panoramic photos for SBE analysis. The results indicated that the high-quality nodes were focus on the Shengli South Street and Nanjing North Street, which were dominated by historic functions; the low quality nodes were mostly concentrated in Minzhu road and its nearby areas which was mainly residential functions. In the Shenyang station historical and cultural district, the historical atmosphere and high GSF can effectively improve the LVQ, however, higher pedestrian and vehicular flow will reduce the LVQ. In the Shenyang historical and cultural district, building, color and vegetation are the main influences factors on the LVQ, the LVQ could be improved by effective control of building and color as well as enhancing the Green Space Factor. The seventh chapter took residential areas as the research object to explore the landscape visual quality at the micro level. The value of aesthetic Law of Comparative Judgment (LCJ value) was obtained by BIB-LCJ method. The LCJ values of three types landscape spaces in four residential areas were analyzed and the landscape elements impacting the visual landscape quality of residential areas were obtained. According to the LVQ comparison. In residential areas, LVQ of Longhu was good, LVQ of Vanke was normal, LVQ of Jindi was bad. In landscape space, road space > field space > green space. The study found that the green space and field space have high improvement potential. Meanwhile, the landscape elements impacting landscape space were analyzed, The optimization strategy of the landscape elements for residential areas was proposed. The eighth chapter. Summarizes the conclusions of the each chapters.



## 論文審査の結果の要旨

本研究は、都市景観の視覚的品質評価の手法を提案し、瀋陽市における街並み、ウォーターフロント公園、歴史的及び文化的地区を行ったもので、都市景観の開発のための理論と実践に有益な知見を提供することを目的としている。

第1章では、研究の背景と目的を述べ、都市の視覚的品質研究の重要性を指摘した。

第2章では、従来研究を調べ、視覚的品質の概念を導入し、各国の視覚的品質評価をまとめ、都市景観の視覚的品質評価の理論と応用に存在する問題点と課題を明らかにした。

第3章では、フィールドアンケート調査法、ストリートビュー画像取得法、景観美評価、SD法、ディープラーニングに基づくセマンティックセグメンテーション技術などを用いて、都市景観の視覚的品質の方法論を構築した。

第4章では、瀋陽都心部634か所の5072枚の街並みの写真を抽出し、第3章で構築した手法を用いて、相関分析と回帰分析により、街並みの視覚的品質を評価し、それらの特性を明らかにした。

第5章では、ウォーターフロント公園の景観写真を取得し、第3章で構築した手法を用いて、ウォーターフロント公園の視覚的品質を評価した。結果としては、自然の特徴と形式的な特徴がウォーターフロントの公園の視覚的品質にプラス的な影響を及ぼし、人工の特徴が視覚的品質にマイナス的な影響を与えることを明らかにした。

第6章では、瀋陽市における歴史地区の景観写真を取得し、景観の視覚的品質を評価し、建物、色、植生が景観の視覚的品質に影響を与える主な要因であり、建物と色を効果的に変えること、緑地を増やすことで景観の視覚的品質を改善できることを定量的に明らかにした。

第7章では、住宅地を調査対象として取り上げ、景観の視覚的品質を調査し、景観空間に影響を与える要素を明らかにし、住宅地の景観環境改善方法を提案した。

第8章では、各章の知見と結論を総括した。

以上のとおり、本研究は、都市景観の視覚的品質評価の手法を構築し、都市景観環境の改善を目指すものである。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、都市景観計画や環境改善に寄与している。

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）	リュウ シンユ（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 1 8 7 号
学位授与年月日	2 0 2 2 年 3 月 2 3 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>System Modeling and Applications Based on Information in Time and Frequency Domains （時間と周波数領域情報に基づいたシステムモデリングとその 応用）</p>
論 文 審 査 委 員	<p>主 査 孫 連明 （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 堀口 和己 （北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士）</p> <p>審査委員 永原 正章 （北九州市立大学環境技術研究所教授 博士（情報学））</p> <p>審査委員 趙 昌熙 （北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士）</p>

System modeling is one of the fundamental issues in practical applications where dynamic characteristics are required for system design and analysis. Sometimes the system dynamics vary with time. Sufficient information such as the model structure, time difference, cannot be extracted from the experimental data by the conventional methods. Therefore, effective system modeling should work well under these complicated conditions to satisfy the practical requirements. This work focuses on the new approaches to deal with such system modeling problems based on information in time and frequency domains, and their applications in time-varying channel identification and localization system.

In the time-varying system, if the variation is too fast, most of the conventional methods fail to track the variation satisfactorily unless the prior information is available. It requires an efficient approximation of the fast varying parameters under less variation information, for example, a sum of cosines of various frequencies. Moreover, the insufficient frequency components of band-limited signals will lead to ambiguities in parameter estimation. As a result, the accuracy of the localization system for band-limited signals degrades largely.

This thesis illustrates how to solve the identification problem of insufficient data in system models. For the rapid time-varying system with less variation information, using the orthogonality of the trigonometric functions, more time-domain variation information can be obtained by estimating the coefficients of the cosine series with respect to each degree of the cosine harmonic term in a recursive manner. For the localization system with insufficient frequency components, the frequency-domain information with phase and spectrum is used, and a time-domain information evaluation is considered for the time difference estimation.

The thesis contains the following six chapters as follows.

Chapter 1 first introduces the significance of system modeling and gives the general account of the system identification and its applications, respectively. Then, the existing methods for system identification and their methods under insufficient data conditions are summarized. At last, challenges are listed from the modeling perspective.

Chapter 2 gives some basic mathematical formulas and reviews the main

preliminaries for time-varying model, parameter approximation based on cosine series, Gibbs effect at the rapid changing points, multi-path model, and multi-path interference.

Chapter 3 proposes a new recursive algorithm for the system with rapid variation but less variation information. The recursive identification using cosine series based approximation is introduced to remove the discontinuity of the model parameters by expanding the varying parameters into even periodic functions to remove the Gibbs effect at the time window edges. Numerical experiments exhibit the effectiveness of the proposed method, and it has a higher convergence rate than the conventional methods.

Chapter 4 proposes the extension of identification of time-varying model. Some efficient approximation is used to reduce the computational complexity. The weight factor is imposed on the output and parameters to reduce the series degree. And a smoothing technique is considered to reduce the influence of the noise term. Moreover, to mitigate the fluctuation caused by Gibbs effect in the parameter estimates, the compensation of time-domain variation information through detecting the rapid changing is introduced. The experimental results validate the effectiveness of the proposed method, and it can track the true time-varying parameters faster than the conventional methods.

Chapter 5 proposes a localization system using multi-path model for band-limited signals. The function with phase and spectrum information is designed. Moreover, a time-domain information evaluation based genetic algorithm is introduced to avoid ill-conditioned numerical optimization. Simulation results confirm that the proposed algorithm performs with some advantages over the other conventional algorithms.

Chapter 6 concludes the thesis and gives future works. To conclude, this thesis shows the system models for the problem of insufficient data and proposes new approaches based on information in time and frequency domain. Numerical simulation results demonstrate the effectiveness of the new approaches. In future work, sparse identification will be considered to deal with the problem of insufficient data.

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、システムダイナミクスが変化している時変システムと計測データに十分な情報が含まれていないシステムのモデリング手法を開発し、速いフェージング通信路のモデリングと厳しい帯域制限のある信号源位置推定への応用を示し、提案手法の有効性を検証している。

第1章では、従来のモデリング手法を考察し、時変システムと計測データに十分な情報が含まれていない応用課題を整理し、時間と周波数領域情報を融合することにより、システム同定性能が向上できることについて述べている。

第2章では、仮想パラメータ空間において、時変モデルパラメータの余弦級数によるパラメトリック近似式を明らかにし、従来のパラメータ近似より高い精度をもつことを検証し、時間と周波数を融合した近似式の係数を求める一括推定アルゴリズムを示している。また、同定アルゴリズムで用いたデータ行列の構造と遷移性質を検討し、時変システムモデルのパラメータ逐次推定における有効性を実証している。

第3章では、余弦級数近似式に基づいた時変システムの逐次同定アルゴリズムを提案している。三角関数列の直交性と余弦級数に関するデータ行列の遷移性質を活かし、逐次同定アルゴリズムを導き、データ行列とパラメータの逐次更新式を示している。提案手法を速いフェージング通信路のモデリング問題に応用し、急な変化の下での収束特性を検討し、パラメータ変化に対して速い追従特性を実証している。

第4章では、逐次アルゴリズムの応用技術を検討している。入力信号の定常性と三角関数列の直交性を利用した計算負荷の低減、出力忘却係数により係数揺らぎを抑える技術、スムージングを用いて雑音に対する同定性能の改善方法、急な変化検出に基づいたパラメータ補償技術を提案し、数値計算において有効性を検証している。

第5章では、厳しい信号帯域制限の下での同定手法として、時間領域の誤差評価とシステムの周波数特性を融合した遺伝的アルゴリズムを提案している。マルチパス干渉の有する信号源位置推定への応用において提案手法の有効性を実証している。

第6章では、本論文における提案手法を総括し、今後の課題を述べている。

以上を要するに、本研究では、システム特性の急な変化を検出する逐次アルゴリズムと厳しい帯域制限の下での同定手法を提案し、数値シミュレーションによりその有効性を実証したもので、システム同定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）	オオクボ シン 大久保 伸（東京都）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 1 8 8 号
学位授与年月日	2 0 2 2 年 3 月 2 3 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	静脈物流の効率化・低炭素化に関するポテンシャル評価 （Potential Evaluation of Efficiency and Low Carbon in Reverse Logistics）
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 野上 敦嗣 （北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士） 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 デワンカー バート （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

本研究は、静脈物流、特に廃棄物等の輸送問題に着目し、経済、環境面からのシステムのなアプローチにより、輸送効率化や低炭素化に関するポテンシャル評価を行ったものである。

廃棄物等の資源循環や適性処理は、各種政策の導入により、これまで着実に進捗している状況にある。一方で、資源循環や適性処理に、広域化が進んでいる状況にある。今後も、廃棄物の発生抑制等に伴う施設の集約化や地域循環共生圏の構築に伴い、広域的に廃棄物の処理が進んでいくことが予測される。これら広域化を支える静脈物流を、社会インフラとして維持していくことは重要である。ここで社会的な情勢に目を向けてみると、地球温暖化対策における脱炭素化が喫緊の課題であり、化石燃料の使用の抑制が求められる。さらに、人口減少、少子高齢化に伴う労働人口減少により、担い手不足が指摘されている。しかしながら、静脈物流の分野において、これら問題への対策は、十分でない。また、研究的な観点からも、地域や廃棄物の種類を限定した研究にとどまり、静脈物流を全体観として定量的に分析した事例は少ないことから、法規制下における廃棄物輸送の最適化やその限界性を明らかにしていく研究が必要である。

そこで本研究では、以上の状況を踏まえ、輸送のロット単位的数据を用いて、①輸送距離の短縮化、②車両から鉄道、船舶へのモーダルシフト、③輸送重量のロット拡大に伴う車両の大型化、船舶の利用の3つの切り口において、経済面・環境面の観点でのシステムの評価により、静脈物流における効率化・低炭素化に関するポテンシャル評価を行った。

第1章では、本研究の背景として静脈物流の輸送効率化の必要を述べたうえで、各種資料を整理し、静脈物流の実態と課題を整理した。第2章では、既往研究により、これまでの研究の進展を整理し、本研究の目的と位置づけを整理し、本稿の構成について示した。第3章では、まず、行政が保有する産業廃棄物処理施設情報に加えて処理の実績情報を入手し、これらの情報から北九州市内の処理施設の受入余力を推計した。次に、排出事業者のアンケート調査結果から廃棄物の処理先変更可能性を把握した。そこで、受入余力と処理先変更可能割合を制約条件に加えた、輸送トンキロ最小化を目的とした輸送問題を計算した。その結果、市内の処理施設は燃え殻の施設を除き十分な余剰能力があることを示した。また、処理先の変更の可能性という観点では、廃油、廃酸、廃アルカリなど変更が難しい廃棄物がある一方で、動植物性残さ、鉋さい、木くずなど変更しやすいものがあることを示した。さらに、輸送トンキロ最小化計算の結果、最大で二酸化炭素排出量を現状から51%減少の効果を得た。第4章では、静脈物流の特性に応じた、すなわち、廃棄物の種類別といった個別の問題として整理するのではなく、輸送に影響を及ぼす項目を変数として盛込み、輸送機関の選択要因や輸送費用のモデ

ルとして一般化した。さらに、輸送費用を目的関数とする重回帰分析を行った。その結果、鉄道へのシフトを考える際には輸送費用ではなくコンテナ利用や遠方輸送など排出形態が問題である一方、船舶は輸送費用がネックとなっていることを示した。第5章では、モーダルシフトによる輸送効率化を考える際は、搬出する頻度をコントロールして、輸送機関に応じたロットの確保が必要であることが想定されることから、1次輸送で回収された廃棄物が集約される地点である、積替保管・中間処理後以降の2次輸送を対象として、納期の制約が小さいという静脈物流の本質的な特徴に注目し、搬出頻度緩和による輸送効率化のポテンシャルを検討した。これにより、輸送費用の28.1%削減効果が見込めることを示した。第6章では、各章における成果を述べた上で、本研究で得られた成果の用途について、主体別に提案を行った。さらに、本研究の総括とともに、今後に向けた検討課題を提示した。



## 論文審査の結果の要旨

地球温暖化対策としての脱炭素化が喫緊の課題となっており、化石燃料の使用の抑制があらゆる局面で求められている。また、人口減少、少子高齢化に伴う労働人口減少により、多くの業界において今後担い手不足が生じることが懸念されており、事業継続上の課題となりつつある。このような中で、車両が主流の輸送機関であり、かつ労働集約型の業態である廃棄物等の収集運搬事業者、いわゆる静脈物流に着目した。静脈物流の効率化・低炭素化に資する3つの観点、すなわち①輸送距離の短縮化、②車両から鉄道、船舶へのモーダルシフト、③輸送ロット拡大に伴う車両の大型化と船舶の利用について、環境面・経済面からこれらのポテンシャル評価を行ったものである。

本論文は、全6章で構成される。第1章では、研究の背景と目的を整理し、研究の必要性を述べている。第2章では、国内外の既往研究を整理し、研究の独自性を提示している。第3章では、廃棄物に関連する行政情報から、北九州市内の処理施設の受入余力を推計するとともに、廃棄物の処理先変更可能性を把握するために、排出事業者を対象としたアンケート調査を実施している。さらに、それらの結果を制約条件とし、輸送トンキロの最小化を目的とした輸送問題を計算している。これにより、輸送距離の短縮化の効果を二酸化炭素排出量の削減効果によって定量的に示すことで、処理先変更の可能性を処理施設と廃棄物毎に明示した。第4章では、物流センサスの個票データを用いることで、輸送に影響を及ぼす項目を詳細に把握し、輸送機関の選択要因については数量化理論第Ⅱ類を、輸送費用については重回帰分析を適用して、これらの決定要因を分析している。その結果、モーダルシフトの誘因となる特性や障壁を示すことに加え、モーダルシフト可能量を推計した。また、その効果を二酸化炭素削減効果で評価することでモーダルシフトの有用性を示した。第5章では、輸送機関に応じたロットを確保するための対策として、排出頻度緩和に伴う輸送費と保管費の関係を産業廃棄物処理業者の実績データを用いて分析している。この分析により、ロット拡大による輸送機関のシフトは経済的にも二酸化炭素排出量の面でも効果があることを示した。第6章では、各章における成果に加え、本研究で得られた成果の応用先として、主体別に提案を行っている。さらに、本研究を総括するとともに、今後に向けた検討課題を提示している。

以上要するに、本論文は、静脈物流に着目し、実態データに基づく制約条件や変数を用いた分析手法を提示し、輸送の効率化・低炭素化に資する対策のポテンシャル評価を実施したものである。本研究の成果は、静脈物流の効率化・低炭素化に資する対策の評価手法と、分析結果から得られた含意の新規性・有用性において高く評価され、環境システム工学上寄与するところが多い。

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）	シュウ テンテン（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 1 8 9 号
学位授与年月日	2 0 2 2 年 3 月 2 3 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 limitation of renewable energy performance and its impact on public grids under different power supply system （再生可能エネルギーの導入における地域の受入限界や系統電力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 工学博士） 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 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 河野 智謙 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（農学））

In the context of energy shortages and safe supply requirements, renewable energy has been developing steadily in recent years. Among them, the power sector plays an important role in energy conservation and emission reduction. The development of renewable energy can not only reduce the use of fossil energy, but also increase the rate of energy self-sufficiency. However, Japan's current energy self-sufficiency rate is only 8%. After the implementation of the FiT system in 2011, renewable energy has experienced explosive growth. Among them, photovoltaic (PV) and wind energy have shown a leading position in growth. PV and wind energy are also called variable renewable energy because of their variable power generation characteristics. Their large-scale introduction affects the stability of the grid, this research therefore is dedicated to studying the interaction between renewable energy, power demand, power grid, and energy storage system to maximize the use of VRE. The structures are explored as follows:

In Chapter 1, the research background and purpose of the renewable energy development status is elaborated.

In Chapter 2, the literature reviews of renewable energy and the evaluation indicator used in this paper are sorted out.

In Chapter 3, the methodology of the research was purposed, and evaluation indicators of VRE integration in power grid are studied.

In Chapter 4, the data resources and energy conversion analysis are introduced.

In Chapter 5, the impact of PV and wind on the public electricity supply system when they are introduced into the grid is evaluated.

In Chapter 6, the impact of COVID-19 on the reduction of electricity demand is studied in this paper. Besides, we also analyzed the influence of load changes on VRE integration.

In Chapter 7, the economic and potential analysis of electricity storage system with massive integration of VRE are explained.

In Chapter 8, the conclusion and prospect are drowned.

## 論文審査の結果の要旨

世界的に化石燃料から再生可能エネルギーへの移行の動きが進んでおり、長期的に社会が目指す姿として再生可能エネルギー100%社会の実現が期待される。一方で、この目標においては、大量の太陽光と風力発電が導入されたが、再生可能エネルギーの発電量が時間により不安定であり、出力抑制が頻繁に発生する状況があり、結果的に発電されても使えないという事態が発生している。本研究では、再生可能エネルギーシステムと既存インフラ（火力発電やエネルギー貯蔵システム等）とをどのように融合していくかについて提案することを目的としている。

第1章では、研究背景、目的と意義を述べ、従来研究について総括した。

第2章では、日本及び世界の再生可能エネルギー開発の状況についての調査結果を示した。

第3章では、方法論として、再生可能エネルギーが電力網に及ぼす影響の評価指標とエネルギー計画の理論方法を提案した。

第4章では、研究のためのデータソースを構築し、再生可能エネルギーの実装制限と公共電力網への影響を明らかにした。

第5章では、各電力地域における2020年と2019年の電力需要を分析し、COVID-19の電力需要への影響を明らかにした。

第6章では、電力需要・供給、エネルギー貯蔵システム及び電力システムの組み合わせにより、再生可能エネルギーを導入した場合の制限と限界を分析し、揚水発電利用の可能性を明らかにした。

第7章では、揚水発電利用により、再生可能エネルギーの継続的な導入の可能性と経済性を分析し、最適なシステム構成を提案した。

第8章では、各章で得られた知識と見解をまとめた。

以上のとおり、本研究は、再生可能エネルギー大量導入時の特性、既存インフラへの影響に着目し、再生可能エネルギーの導入ポテンシャルや、既存の電源構成に対する地域差を検討し、日本の再生エネルギー利用の在り方を探るものである。一連の研究成果は、当該分野に新しい知見を与え、再生可能エネルギーの開発を促進することに寄与している。

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）	チョウ セツエン（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 1 9 0 号
学位授与年月日	2 0 2 2 年 3 月 2 3 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>Comparison and Economic Optimization of Different Energy System in Smart House</p> <p>（スマートハウスにおける異なるエネルギーシステムの比較と経済的最適化に関する研究）</p>
論 文 審 査 委 員	<p>主 査 高 偉俊 （北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士）</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 工学博士）</p> <p>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））</p> <p>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））</p>

Due to the improvement of people's living standards, uptake of multi-functional household appliances, electricity consumption accounts for a rising ratio in the proportion of primary energy usage. To address the primary energy shortage problem, Japan has implemented a series of policies and measures for residential energy conservation and emission reduction. Among them, the home energy management system (HEMS) as a hub connecting users and power companies to realize energy visualization has been widely studied. The aim of this study is to optimize the economy and environment of smart house by comparing different energy system combinations, so as to achieve the purpose of energy conservation and emission reduction. The structures is explored as follows:

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

In Chapter 2, literature reviews of home energy management system were sorted out.

In Chapter 3, methodology of the research was purposed, load forecasting and energy consumption simulation method was studied.

In Chapter 4, the characteristics of residential energy consumption in Jono zero carbon area were investigated and analyzed.

In Chapter 5, the economy and environment of different energy supply systems in smart house were compared and analyzed. The results show that hybrid fuel cell and photovoltaic system has a better environmental performance, but hybrid heat pump and photovoltaic system presented an economic advantage.

In Chapter 6, the economic and potential analysis of energy storage equipment in residential energy system with HEMS is analyzed. The results indicate that energy storage equipment can optimize the economy and environment of residential energy system to varying degrees.

In Chapter 7, the role of HEMS in the interaction between electricity market and user load and future development suggestions is explained. The results provide policy suggestions for the future Japanese government's promotion of RTP strategy.

In Chapter 8, the conclusion and prospect were drowned.

## 論文審査の結果の要旨

本研究の目的は、省エネルギー・炭素排出削減の目標を達成するため、異なるエネルギーシステムの組み合わせを比較して、創エネ（太陽光発電、ヒートポンプ、燃料電池）と蓄エネ（電力貯蔵、蓄熱）で構成されるスマートハウスの経済性と環境性を最適化するものである。

第一章では、論文の背景、従来研究及び研究の目的について説明した。

第二章では、スマートハウスの従来研究を調べ、本研究の重要性を述べた。

第三章では、研究方法を提案し、負荷予測とエネルギー消費シミュレーションの解析モデルを構築した。

第四章では、城野ゼロカーボンコミュニティのデータに基づいて、住宅エネルギー消費を調査・分析し、その特性を明らかにした。

第五章では、対象住宅の年間実測データを用いて、スマートハウスにおける異なるエネルギー供給システムの経済性と環境性を比較分析し、炭素税と価格の敏感性分析を通して、住宅エネルギー供給システムの経済的潜在力を明らかにした。

第六章では、ホームエネルギー管理システム（HEMS）を備えた住宅用エネルギーシステムにおけるエネルギー貯蔵装置の応用可能性を解析し、エネルギー、経済、環境の3つの面から異なるシナリオの最適化結果を比較し、価格変動及び炭素税がシステム経済効果に及ぼす影響を明らかにした。

第七章では、日本の電力会社を例に、電力市場と負荷の相互作用におけるHEMSの展開について分析し、今後の日本政府の電力市場価格戦略推進に向けた政策を提言した。

第八章では、各章で得られた知見をまとめた。

以上のとおり、本研究は経済性の最適化と炭素排出削減に焦点を当て、異なるエネルギーシステムを組み合わせたスマートハウスの多基準評価を行ったものである。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、スマートハウス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）	ヨウ セイハク（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 1 9 1 号
学位授与年月日	2 0 2 2 年 3 月 2 3 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>Mechanism of Cold Alley and Passive Energy Saving in Traditional Settlement in Southern Shaanxi （陝西省南部の伝統的集落におけるコールドアレイのメカニズ ムとその省エネルギー効果）</p>
論 文 審 査 委 員	<p>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 工学博士）</p> <p>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）</p> <p>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））</p> <p>審査委員 原口 昭 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（理学））</p>



China's building energy conservation study and implementation are mainly concentrated in urban areas, but according to 2016 statistics, the rural population accounts for 42.65% of the total population, and the potential for energy conservation in rural housing is huge. However, the importance of energy consumption in rural residential buildings needs to be increased. Chinese rural houses are mostly courtyard-style independent houses. This type of house has the characteristics of small interaction between houses, strong flexibility in renovation, and easier use of the natural environment to develop passive energy conservation. Therefore, rural houses have great potential for energy saving. In this study, firstly, using wind speed, wind direction and turbulence intensity values as evaluation indicators, the ventilation performance of villages with complex architectural layouts was studied. SKE, RNG and RKE solvers are used in the CFD-3D steady-state Reynolds average Navier-Stokes (RANS) to simulate the wind environment of the village. For the simulation of the rural wind environment with complex building layout, it is necessary to evaluate the steady-state simulation solver in detail to verify its accuracy. Therefore, taking a village with a complex architectural layout in Shuhe Town, southern Shaanxi as a study case, three steady-state simulation solvers are used to evaluate the ventilation performance of the village. Compare the simulated data with the measured data to find the most suitable solver for this kind of village wind environment simulation. The results show that the SKE solver should be the first choice for simulating wind environment distribution.

Secondly, the cold alley between buildings were used for the first time as an energy source for passive cooling and ventilation. Traditional houses in Shuhe, China were used as a case study. The cold air in the cold alley is ventilated by hot pressure and is introduced into each room by the accumulation effect of the corresponding patio, which greatly improves the indoor ventilation efficiency.

Finally, based on the original cold alley ventilation and cooling, a further in-depth study was carried out. To have better ventilation and cooling effect in the room, connect the two sides of the patio to the room with air pipes to improve the cooling efficiency. Study variables include the presence or absence of wall heat radiation (WHR) and verify the importance and influence of wall heat radiation on indoor conditions. The cold air trapped in the new system

forms an air partition wall, which effectively blocks the direct influence of solar radiation on the room, reduces the heat transfer rate of the residential wall, and consumes part of the heat. In winter, based on the use of air ducts as supporting members, a glass roof is added to the patio to improve the heat storage capacity of the patio and turn it into a constant temperature heater to heat the interior of the building.

Chapter 1: Introduced the research background, research purpose, expounded the literature review related to this research, and proposed the innovative points of this research.

Chapter 2: Explains the reasons for the generation of traditional settlements, the geographical location and natural environment of the traditional settlements. Summarized the cultural and social characteristics of southern Shaanxi. The architectural distribution and architectural characteristics of the research case are introduced.

Chapter 3: Three research methods of this research are introduced. The steady-state simulation accuracy of the CFD software was verified, and the most suitable simulator for simulating the settlement wind environment with complex building distribution was selected.

Chapter 4: Summarizes the cooling mechanism of cold lanes in traditional settlements in southern Shaanxi and proposes how to use traditional cold lanes in modern buildings.

Chapter 5: Introduced the ventilation characteristics of traditional settlements, the passive energy-saving mode of traditional houses, and the application of traditional energy-saving methods in modern buildings.

Chapter 6: A new passive cooling and energy saving mode based on cold lanes is proposed, and the total energy saving of this new system in one year and the time suitable for use are calculated.

Chapter 7: Summarize the full text and put forward some goals for future research.

## 論文審査の結果の要旨

本論文は中国陝西省南部の伝統的集落における涼しい路地（以下、コールドアレイ）のメカニズムとその省エネルギー効果に関する研究であり、風速、風向、乱流強度を参照因子として、風環境のシミュレーションに最適なソルバーを選択し、断熱壁追加前後の効果を比較することで、夏場の断熱壁使用による年間冷房負荷削減量の分析を行い、建物の冷暖房効果のための有用な方法論的枠組みを提案することを目的とした研究である。

第1章では、研究の背景、目的及び論文の構成が述べられている。

第2章では、陝西省南部の伝統的な集落の特徴を提示した。伝統的集落の形成の主な要因、伝統的集落の地理的環境、自然条件、文化的特徴、都市計画、居住特性について述べている。

第3章では、風環境理論との組み合わせによるシミュレーションソルバーの精度や、集落の実態を検証することを目的として、研究手法や関連する理論を示した。現地測定と環境シミュレーションの比較分析を通じて、SKE ソルバーのシミュレーション精度が最も高く、その風速シミュレーションの適合度は 0.8625、乱流強度シミュレーションの適合度は 0.9088 であることが明らかになった。

第4章では、主に陝西省南部の伝統的集落におけるコールドアレイのメカニズムについて調査を行った。コールドアレイの定義と分類、空間形態と種類、材料、そして現代のコールドアレイの発展展望について述べられている。

第5章では、主に陝西省南部の伝統的な住居の自然換気と冷房の原理について明らかにした。住居とコールドアレイの共通点を明らかにするため、住宅の自然換気と冷房の影響要因について調査を行った。住宅の自然換気と冷房に影響を与える要因は主に、住宅の敷地、建物の配置、パティオの合理的な利用率、建物内の空気循環経路の構成、熱圧換気の組織化などである。

第6章では、陝西省南部の現代住宅コールドアレイの省エネルギー効果について、実測とシミュレーションの比較分析によって明らかにした。中庭とコールドアレイの換気・冷却を効果的に組み合わせ、夏の冷房と換気、冬の中庭の蓄熱と室内の暖房を共同して行うことが有効であることが分かった。主に、住宅の自然換気に対するコールドアレイの効果と、パッシブ省エネシステムなど建物の省エネ手法の効果が明らかになった。

第7章は、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、中国陝西省南部の伝統的集落におけるコールドアレイのメカニズムとその省エネルギー効果について明らかにし、中国の伝統的な住居についてのさらなる研究に貢献し、今後の省エネルギー建築設計分野に大きく寄与するものである。

よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	カネコ アイリ 金子 愛里（新潟県）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 1 9 2 号
学位授与年月日	2 0 2 2 年 3 月 2 3 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	LCA と SROI によるインドネシアの工場におけるオンサイト型 排水処理システムの評価 (LCA and SROI Assessment on the Onsite Wastewater Treatment Systems in the Republic of Indonesia)
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 野上 敦嗣 (北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士) 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 城戸 將江 (北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士（工学）)

2015 年に Sustainable Development Goals (SDGs)が策定されて以来、政府や NGO だけでなく民間企業においても SDGs に対する取り組みが加速している。また、環境 (Environment)、社会 (Social)、ガバナンス (Governance)の 3 つの基準を投資判断に用いる ESG 投資が増えるにつれて、民間会社は ESG への取り組みを定量的に示すことが求められている。その評価手法として、欧米を中心に社会的投資収益率 (SROI: Social Return on Investment) の適用事例が増えているが、評価手法として確立はされていない。また開発途上国のような多様な環境条件や経済状況において SROI が実施された事例は多くなく、その適用可能性については検証が必要である。

さて SDGs のゴール 6 では「すべての人々の水と衛生の利用可能性と持続可能な管理を確保する」ことが掲げられており、特に開発途上国における適切な排水処理システムの普及・運用が課題になっている。インドネシアでは、他の東南アジア諸国と同様に、家庭や事業所等の生活系排水の処理に septic tank(腐敗槽)を用いることが一般的である。しかし septic tank は、運転時に大量の温室効果ガス(GHG)や、高 BOD を含む排水を直接環境中に排出することが懸念されている。そこで従来の septic tank に代えて、日本の技術である浄化槽の導入が期待されている。

本研究では、インドネシアの工場における生活系排水処理設備の改善に向けて、septic tank と浄化槽の環境面・社会面の評価手法を検討した。まず septic tank と浄化槽のライフサイクルアセスメントにより、それぞれの GHG 排出量を求め、環境効率を比較した。またグローバルスケールの被害算定型影響評価手法である LIME3 (LIME は、life cycle impact assessment method based on endpoint modeling の略)を用いて、GHG 以外の環境影響を含めた環境影響評価を行った。さらにインドネシアにおいて従来式の septic tank を日本式の浄化槽に転換した実例 2 件をもとに、SROI を用いて評価した。

本研究による LCA の結果、septic tank からの GHG 排出量は浄化槽の 1.8 倍であり、septic tank に替えて浄化槽を導入することで GHG を削減できる可能性があることが示唆された。また LIME3 による評価の結果、septic tank の環境影響被害額は 1.04USD/人・年、浄化槽は 0.47USD/人・年となった。つまり既存の septic tank を浄化槽に替えると、約 51%の環境影響が軽減される結果となった。さらに LIME3 評価結果を環境影響の参考にしながら、その他社会への影響を含めて SROI 分析を行った。その結果、SROI は 1.2 と投資効果があるとされる 1.0 を上回った。

## 論文審査の結果の要旨

インドネシアでは、生活系排水の処理に **septic tank**（腐敗沈殿槽）を用いることが一般的であるが、**septic tank** は運転時に高濃度の地球温暖化ガス（GHG）や、高 BOD を含む排水を放出するため、環境への影響が懸念されている。**Septic tank** の代替システムとして、高性能な浄化槽の導入が期待されるが、同国を含むアジア諸国における導入効果を示す情報が不足しているのが現状である。また、ESG 投資が拡大するにつれて、企業は環境や社会への配慮が求められつつある。このような背景のもと、オフィスや工場等から排出される生活系排水の処理において、その取り組みを定量的に評価する必要性が高まっている。本論文では、インドネシアにおいて **septic tank** と浄化槽それぞれの排水・排ガスの実測を行った上で、グローバルスケールの被害算定型影響評価手法である **LIME3** を用いたライフサイクルアセスメント（LCA）により、環境への影響を定量的に評価した。さらに、実際に **septic tank** を浄化槽に転換した事例をもとに、社会的投資収益率（SROI）を用いて環境面・経済面・社会面を評価した。

本論文は、全 5 章で構成される。第 1 章では、背景を概観し、オンサイト型排水処理システムの評価に関する既往研究レビューを行った上で、本論文の目的を述べている。第 2 章では、ジャカルタの工場における **septic tank** と浄化槽の LCA による環境効率比較を行っている。運用段階については、調査対象設備の排水・排ガスの実測を行い、インベントリデータに反映させた。その結果、両設備の環境効率の違いと浄化槽の優位性を明らかにした。第 3 章では、第 2 章のインベントリデータをもとに、**LIME3** を用いて GHG 以外の環境影響も含めた **septic tank** と浄化槽のライフサイクル影響評価を行っている。その結果、両設備の環境影響と、差の要因について明らかにした。第 4 章では、メダン市における浄化槽導入事例をもとに、**SROI** による浄化槽の評価を行った。評価には、浄化槽導入に伴って実施された環境セミナー等による効果や、それによって新規浄化槽が導入されることによる経済効果を含めている。その結果、投資効果があるとされる **SROI** 値を下回ったが、その要因として、評価対象として加えるべき環境面等の改善項目があり、それらを考慮することにより **SROI** 値が上昇する可能性があることを示している。第 5 章は、本論文の総括である。

以上要するに、本論文は、インドネシアの生活系排水処理を対象に、その環境面・経済面・社会面の評価を行う手法を提示した。本研究の成果は、途上国の生活系排水処理システムの導入効果を総合的に評価する手法提示と、そこから得られた含意の新規性・有用性において高く評価され、環境システム工学上寄与するところが多い。

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）	オウ セイ（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 1 9 3 号
学位授与年月日	2 0 2 2 年 3 月 2 3 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>BIOMIMIC APPROACH TO PASSIVE ENERGY-SAVING DESIGN OF RURAL RESIDENCES IN NORTHERN ZHEJIANG, CHINA</p> <p>（中国浙江省北部におけるバイオミミックアプローチを用いた パッシブ省エネ住宅設計に関する研究）</p>
論文審査委員	<p>主 査 高 偉俊 （北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士）</p> <p>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））</p> <p>審査委員 城戸 將江 （北九州市立大学国際環境工学部准教授 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>

This research presents a new and comprehensive approach, which defines "a rural house with its yards" as the basic unit of rural residence (RBN) and constructs an appropriate model for this unit passive energy-saving technologies according to the requirements of rural life. A theoretical framework is established to analyse the formation of the basic unit and considers the RBN as similar to a biological cell with its general internal structure. This approach provides a suitable concept for the analysis of the formation and composition of rural residences and propose a method to integrate passive energy-saving technologies with the other aspects during the early design stage. Northern Zhejiang is taken as an example for the field investigation, and for the construction of an abstract model and menu for rural residences. The study of two important cases has been conducted to demonstrate the accuracy of the model and menu. The results show that renovation based on this menu and new approach results in a clear improvement in the thermal comfort. And the aim of this research and new approach is to provide a reference model for rural construction.

In Chapter 1, PREVIOUS STUDY AND PURPOSE OF THE STUDY. Firstly presents the situation of China's rural building energy consumption, then states the challenges for China's rural building energy efficiency in five aspects, finally illustrates the motivation and purpose of this research. In addition, the related studies have been reviewed.

In Chapter 2, THEORETICAL SURVEY AND NEW APPROACH. Firstly the concept and approach for rural construction was introduced. It presents a new and comprehensive approach, which defines "a rural house with its yards" as the basic unit of rural residence (RBN) and constructs an appropriate model for this unit passive energy-saving technologies according to the requirements of rural life. Then the prototype theory, the bioscience theory and the strategy of passive energy-saving technology were introduced separately. Finally a theoretical framework was established to analyse the formation of the basic unit and considers the RBN as similar to a biological cell with its general internal structure.

In Chapter 3, INVESTIGATION AND ANALYSIS. In this part, firstly analysis results of Northern Zhejiang including geography, climate, local resources and economy were presented. Then the passive energy-saving technologies which are suitable in Northern Zhejiang to improve the thermal performance of buildings



have been simulated test by Weather Tool. Finally the investigation results of two important villages were expounded, which indicate the existing issues of the rural houses in Northern Zhejiang.

In Chapter 4, THE BASIC UNIT OF RURAL RESIDENCE. Firstly we built a main functional prototype according to the survey data in Chapter 3. Then different functions are arranged on the plan, which can be changed into different forms according to different needs in five aspects. Meanwhile, vertical and horizontal tunnel spaces are set up in the prototype design.

In Chapter 5, DESIGN MENU OF RURAL RESIDENCE. On the basis of the main function prototype built in Chapter 4, this section uses the principle of topology to design a "design menu" of various forms through factors such as cavity space, composite exterior walls, and topography.

In Chapter 6, CASE STUDY OF A TYPICAL RURAL HOUSE'S RENOVATION. In this part, a case study of a typical house in Anji County, Northern Zhejiang was used to demonstrate the accuracy of the model and menu. Firstly, a field measurement exercise was conducted in the building, followed by computer modeling work using open-studio software to simulate thermal performance. Then after renovation according to integrated optimization design in reality, another field measurement exercise was conducted. Subsequently, both the two calculated values were compared for validation purposes. The results show that renovation based on this menu and new approach results in a clear improvement in the thermal comfort.

In Chapter 7, CASE STUDY OF A TRADITIONAL TUBULAR HOUSE'S RENOVATION. In this part, another case study of a traditional tubular house in Deqi County, Northern Zhejiang was also expounded. Firstly, a series of experimental measurements were carried out, focusing on the characteristics of the tubular house and the current situation of the thermal comfort, to provide the basis for the study. And the field investigation about modeling parameters of tubular house and a questionnaire survey about living schedule of 121 households were conducted. Then a typical tubular house was built in Open-Studio. Several energy consumption simulations were conducted throughout the winter and summer by combining different renovations. Finally the analysis of all the result was conducted. The results also show a clear improvement in the thermal comfort.

In Chapter 8, CONCLUSION AND OUTLOOK. The conclusions of whole thesis were deduced, and the future work of optimization of rural residences in Northern Zhejiang was put forward.

## 論文審査の結果の要旨

本研究では、農村住宅の設計と構成の分析に適したセル概念を提出し、初期の設計段階でパッシブ省エネ技術を他の側面と統合する方法を提案したものである。

第一章では、研究背景、従来研究及び研究目的を述べた。

第二章では、中国浙江省北部で建物の熱性能を改善するのに適したパッシブ省エネ技術を検討し、2つの村の調査を行い、農村住宅の既存の問題と課題を明らかにした。

第三章では、農村住宅の設計の新しいコンセプト（バイオセル）を考案し、農村住宅の基本単位を「庭付き農村住宅」と定義し、省エネと環境改善の新しい農村住宅デザインのアプローチを提案した。

第四章では、農村住宅の設計のための主な機能プロトタイプを構築し、さまざまな機能を計画に配置することにより、省エネと環境改善を考慮した新しい設計手法を確立した。

第五章では、第四章で確立した機能プロトタイプに基づいて、トポロジーの原理を用いて、空間、外壁、地形などの要素を通じて、様々な形態の「デザインメニュー」を構築し提案した。

第六章では、浙江省北部の安吉県にある典型的な住宅をケーススタディとして、建物内でフィールド測定及び熱性能のシミュレーションを行い、モデルとメニューの正確さを実証した。結果として、前述のモデルとデザインメニューが熱的快適性の明らかな改善をもたらすことを明らかにした。

第七章では、浙江北部の伝統的な管状の家の事例を取り上げ、住宅の特性と熱的快適性の現状に焦点を当てて121世帯の実験的測定とアンケートを実施し、様々な改修を組み合わせることで年間のエネルギー消費をシミュレーションした結果、熱的快適性の改善を明らかにした。

第八章では、各章で得られた知見をまとめた。

以上のとおり、本研究は、農村住宅の基本単位を「庭付き農村住宅」と定義し、農村生活の必要条件に応じてユニットパッシブ省エネ技術に適したモデルを構築するという、新しいデザインアプローチを提案したものである。一連の研究により、この分野に新しい知識をもたらし、農村住宅の省エネルギーと環境改善に貢献している。

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）	シェーイー（中国）
学位の種類	博士（工学）
学位番号	甲第194号
学位授与年月日	2022年3月23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>Study on Distribution of Pollution Sources and Removal of Typical Pollutants in Songhua River Basin</p> <p>（松花江流域の汚染源分布及び典型的な汚染物除去に関する研究）</p>
論文審査委員	<p>主 査 高 偉俊 （北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士）</p> <p>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）</p> <p>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））</p> <p>審査委員 堀口 和己 （北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士）</p>

Songhua River Basin located in Northeast China, owning a total area of 55.68 square kilometers. The Songhua River Basin is the third largest basin in China, after the Yangtze River and the Yellow River. The water quality of Songhua River seriously affects the ecological environment of the basin. It is urgent to scientifically plan pollution sources, improve water quality and ensure residents' water safety according to the economic development of Songhua River Basin. Based on studying typical pollutant removal methods in Songhua River Basin, this paper studies the pollution source planning in Songhua River Basin. Finally, some suggestions are put forward to solve the pollution sources in Songhua River Basin. Two efficient removal methods of main pollutants are found in this paper, which are not limited to the Songhua River Basin, but also applicable to the pollution control of other waters.

In chapter 1, Research background and purpose of the study is present. This paper mainly focuses on the source distribution of persistent pollutants in water and sediments of Songhua River Basin and typical representative pollutants removal. The whole Songhua River Basin is selected as the research target. According to the density of industrial layout and regional population density, the basin is divided into Heyuan sub region (Changbaishan Tianchi Baishan reservoir), upstream sub region (Baishan reservoir Fengman) and middle and lower reaches sub region (Fengman Songnen intersection), which basically represents different regional environmental types of Songhua River Basin. Although there are many research that report on Songhua River Basin, a small area or some sections of the river is studied, and there are few reports on the overall research of the basin. This paper studies the overall pollution source distribution.

In chapter 2, current situation of urban development and pollution source distribution in Songhua River Basin is present. The key factories in the Songhua River Basin mainly come from Heilongjiang and Jilin Provinces. The number of enterprises in the two Provinces accounts for 84% of the whole basin, and they are mainly located in 13 prefecture level cities, accounting for more than 80%. They are the main control areas. The key industries are agricultural and sideline processing, papermaking, beverage manufacturing and petrochemical industry. They are the main contributors of heavy metals and toxic organics in Songhua River, and the proportion of high-risk pollution

sources is relatively high.

In chapter 3, Through the analysis of monitoring data, the main pollutants in Songhua River Basin are obtained. At the same time, the effective removal methods of main pollutants are studied through experiments. Through the total amount control of pollution sources, the variation law of water quality in typical sections of Songhua River Basin is studied, and some suggestions on water environment protection are put forward. The experimental method and seasonal Kendall test mathematical model used in this paper are introduced. Monitoring Status and Data of Water Pollution In Songhua River Basin. Research Route and Analysis Method. Based on the data of pH, DO, COD, heavy metals,  $\text{NH}_3\text{-N}$  and other water quality monitoring indicators of 11 sections in Songhua River Basin from 2016 to 2019, the trend, periodicity and fluctuation of water quality monitoring indicators and the contribution of water quality indicators to water quality categories are analyzed.

In chapter 4, Analysis and Removal of Major Pollutants Heavy Metals. The content and pollution degree of heavy metals in surface sediments of Songhua River Basin in different periods (dry season, wet season and flat season) were compared and studied. It was proved that the addition of nano zero valent iron accelerated the removal of lead, chromium, and nickel. The best removal efficiency of Cr reached 95.5%. The highest Pb and Ni removal is 89.63%, 96.64% when temperature is  $40^\circ\text{C}$ , reaction time is 540 s, and nano zero valent iron is 10 g/L.

In chapter 5, Analysis And Removal Of Main Pollutant Ammonia Nitrogen. Taking Songyuan City, a major city in Songhua River Basin, as an example, this chapter investigates and analyzes the main sources and removal methods of non-metallic pollutants. In this chapter, horse manure is selected as the main pollution source of ammonia nitrogen, The influence of alkali on the gasification of horse dung at  $560^\circ\text{C}$ , 25 MPa was investigated. The results show that LiOH addition increased  $\text{H}_2$  fraction and the gas yield. The precipitated alkali in the reactor still showed high catalytic effect on the subsequent gasification of horse dung without further adding the alkali. A novel 4-lump kinetic model for horse dung in SCWG including feedstock,  $\text{CH}_4$ , CO, and  $\text{CO}_2$  lumps is proposed.

In chapter 6,, Study On The Change Law Of Water Quality In Songhua River Basin. Based on the trend of water quality monitoring index values, it is found that the water quality of Songhua River Basin shows a good

development trend as a whole during the study period; Through the periodic study of water quality monitoring index values, the periodic changes of pH, dissolved oxygen, permanganate index and ammonia nitrogen in a calendar year in Songhua River Basin are studied and expounded; Through the study on the fluctuation (randomness) of water quality monitoring index values, the probability distribution of four indexes in different periods is calculated, which can provide reference for the estimation and prediction of index values.

In chapter 7, Study On The Relationship Between Water Quality Category And Water Quality Index Value And Total Amount Control Of Pollution Sources. This chapter puts forward reasonable suggestions on pollution source control through the analysis of the contribution of water quality indicators to the change of water quality categories, the sensitivity analysis of water quality categories to water quality monitoring standards, the accessibility analysis of water quality objectives, the key points of water environment protection, the analysis of main pollution sources and the research on the total emission control of pollution sources.

In chapter 8, Conclusion and Prospect. The research conclusions and suggestions for the next work are put forward.

## 論文審査の結果の要旨

本論文は中国松花江流域の汚染源分布及び典型的な汚染物質を調査し、その特徴を把握したうえで、改善策を提案するものである。また、他の流域の汚染制御にも適用可能な、2種類の汚染物質に対する有効な除去方法を提案し、流域の環境改善に貢献することを目的としている。

第1章では、本論文の研究背景と目的を述べた。

第2章では、松花江流域の都市発展の現状と汚染源分布を調査し、問題点や課題を明らかにした。

第3章では、流域の典型的な断面の水質変化及び汚染物質の分布を明らかにするために、流域のモニタリングによる主な汚染物質のサンプルの集め方、データ実験方法と数値モデルを提案した。

第4章では、異なる時期（乾季、雨季、平期）の表層堆積物中の重金属の含有量と汚染度を比較し、ナノスケールゼロバリエント鉄(nZVI)の添加により、鉛、クロム、ニッケルの除去が促進されることを立証した。

第5章では、非金属汚染物質の主な発生源と除去方法を提案し、汚染物質のアンモニア窒素を除去する有効な方法を実験研究によって実証した。

第6章では、水質モニタリングの指標値の変動性(ランダム性)を分析し、流域における周期的水質変化則を明らかにした。

第7章では、水質汚染要素、水質指標値及び汚染源総量制御の関係を研究し、汚染源総量制御の方法を提案した。

第8章では、各章で得られた知見をまとめた。

以上のとおり、本研究は中国松花江流域の汚染物質の状況及び改善方法を検討し、さらに、2種類の汚染物質を除去する有効な方法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、流域の水質汚染制御や環境改善に寄与している。

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）	ソウ イヘイ（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 1 9 5 号
学位授与年月日	2 0 2 2 年 3 月 2 3 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 Configuration and Composition of Spaces of Nursing Homes in Japan (日本の老人ホームにおける配置計画及び空間構成に関する研究)
論 文 審 査 委 員	主 査 デワンカー パート (北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士) 審査委員 福田 展淳 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 高 偉俊 (北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士) 審査委員 古閑 宏幸 (北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士（情報工学）)



With the aging world and the improvement of people's living standards, the quality of elderly life is gaining more attention. The nursing home as an important carrier for the life of the elderly, the reasonable configuration and composition of its spaces have become a subject that needs to be explored. Based on Japanese nursing homes, this paper explores the spatial configuration and spatial layout in the modern nursing homes in two directions. The one direction is to summarize typologically the composition of functional spaces in Chapter 3 and the location relationship between the key functional spaces in Chapter 4 in modern Japanese nursing homes. The aims are to capture what functional spaces need to be provided and how big these functional spaces are required to support the life of the elderly in a modern nursing home, and to understand the organizational approaches of the designers in the layout of these functional spaces. The other direction is to explore the spatial layouts of modern Japanese nursing homes from a logical perspective within the theoretical framework of space syntax in Chapter 5 and 6, seeking to contribute to a better understanding of nursing home morphology.

The results indicate that nursing homes are not just assemblage of individual spaces but intricate pattern of organized space, governed by rules and conventions about the size, configuration, and spatial layouts of spaces, which kinds of the spaces should be equipped, which activities go together, how large of the space is appropriate and where guests are received.

In Chapter 2, we illustrate the sources of data and the selection of subjects for the study. Thus, it is shown that the data are reliable and representative.

In Chapter 3, in terms of functional space composition, the results as shown: (1). To constitute a complete nursing home, rooms, activity space, common bathroom, common toilet, and staff space are essential; (2). The room with 18 m<sup>2</sup>, which is equipped with toilet, dresser and storage is the most popular to be used; (3). The most important function of the activity space in the nursing home is as a dining room; (4). The kitchen and the office are the most prominent places where the staff work in the nursing home; (5). On the average, the reference ratio of area zoning within the nursing home tends to be closer to 24:13:8.5:3.5:1 (Private space: Transition space: Common space: Staff space: Service space).

In Chapter 4, in all floors, the position of shared space and entrance should have buffer space, such as hall or relative short corridor, which can keep a certain privacy and keep convenience at the same time. In most nursing home, strip type is chosen as the plan type.

In Chapter 5, in terms of spatial configuration, the case studies show that the spatial organization of nursing homes exhibits two types of frame structure: weak spatial frame and strong spatial frame, which provide residents with a very different experience of wayfinding. However, the structure of the nursing home space is one of relatively weak spatial differentiation. Spatial organization in the form of mechanical solidarity is often used in nursing homes. Service spaces, or even activity spaces, to which people come in most cases because of the function of these spaces, rather than the natural gathering of residents to these spaces in their daily movements.

In Chapter 6, in the horizontal plane, the corridor is one of the most important transition spaces where residents' flows intersect. So, the layout of the corridor therefore has a great influence on the layout of the space within the plan of the nursing home. The studies show that changing the number of corridor or corridor combination of corridor has a greater impact on wayfinding of the residents in the plan than changing the spatial distribution, the residents can find their destinations more easily in the plan consisting of fewer corridors. A design principle for the nursing home is to improve accessibility of the spaces by minimizing the use of corridors within the plan or using ring-corridor when the corridors increase and then to maintain an even plan design by adjusting the spatial distribution.

The architecture educators, particularly those who are interested in the design of nursing homes, may benefit from this study. The design of a nursing home should be based on a human-centered philosophy and aim to provide the best possible living experience for the residents. However, the design process of a building is certainly influenced by many factors such as local regulations, the requests and preferences of the residents, investors' requirements, building regulations, etc. The final building that is presented to us is created by the architects after balancing all these factors. Finally, the article clarifies typologically and logically the composition and order of spaces in modern Japanese nursing homes, giving us a deeper understanding of the principles of nursing home design. The expectation is to generate enlightening information and guidance for designing nursing homes in the future.

## 論文審査の結果の要旨

老人ホームは高齢者の生活の重要な担い手であり、空間構成は居住者の快適性に影響を与える重要な要素である。本研究は、日本の老人ホームを研究対象として空間構成について類型化を行い、空間構成と配置計画が高齢者の生活に適しているかを捉え、老人ホームの形態と空間構成の設計原理への理解を深めることに寄与することを目指すものである。

第1章では、研究の背景、目的及び論文の構成が述べられている。

第2章では、データソースと調査対象の選定について述べている。日本各地域の政策、老人ホームの年代別建設状況や建物の規模等について示している。

第3章では、168施設を対象に、高齢者の生活を支えるために必要な機能空間と広さについて調査を行った。タイポロジーの手法を用いて、機能空間の種類と寸法について分析を行い、老人ホームの空間構成について明らかにした。独立性とプライバシーに配慮した18m<sup>2</sup>前後の個室が多く採用される傾向にあり、入居者の食事環境を整える空間は、活動空間を構成する最も重要な要素であることが示された。

第4章では、168施設の間取り図をもとに、空間の位置関係を探り、空間を構成するための設計原理を理解することを目的としている。空間の位置関係を分類・分析した結果、プライバシーと利便性に優れたシンプルな空間構成が採用されることが多く、活動空間のプライベート性とパブリック性を適切に把握する必要で、活動空間のレイアウトについては、共有型、分離型、ホール移行型が最も多く採用されていることが明らかになった。

第5章では、スペースシンタックス理論を用いて6つの老人ホームにおける空間構成の分析を行った。老人ホームの空間レイアウトは、もともと入居者の動線が予測・把握しやすいフレーム構造であること、また空間の配置分布における類似性が大きいことが明らかになった。トランジションスペースが老人ホーム内の動線を支配していることや活動空間の配置は3パターンに分類をできることを示した。

第6章では、パーティショニング理論を用いて空間構成について述べている。廊下のレイアウトは、老人ホームのプラン内の空間構成に大きな影響を与えることが明らかになった。廊下の数や廊下の組み合わせを変えることは、空間分布を変えることよりも、計画内のサイン計画に大きな影響を与え、少ない廊下で構成される計画では、入居者は目的地をより容易に見つけることができることが明らかになった。老人ホームの設計原則において、計画内の廊下の使用を最小限にするか、廊下数が増加した場合、リングコリドーを使うことによって空間のアクセシビリティを高めることを見出した。

第7章は、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、日本の老人ホームの配置計画、空間構成、廊下の配置と組合せなど建物内部空間データ調査の分析を通じて、老人ホームの新たな建築計画ツールが提示されており、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、今後の老人ホーム建築設計分野に大きく寄与するものである。

よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏 名（本 籍）	チ ョ ウ カ ゴ ウ（中国）
学 位 の 種 類	博 士（工学）
学 位 番 号	甲 第 1 9 6 号
学位授与年月日	2 0 2 2 年 3 月 2 3 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>Evaluating the attractions of regional attributes on talents: Application of conjoint analysis on graduates, entrepreneurs and tourists</p> <p>（地域属性が人材に与える魅力の評価に関する研究：大学卒業 生、起業家、観光客に対するコンジョイント分析の適用）</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 城戸 将江 （北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士（工学））</p> <p>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））</p> <p>審査委員 佐藤 雅之 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学））</p>

The main purpose of this research is to promote regional economic development through the introduction of talents and new technological innovations. A constant supply of novel ideas and contributions from all economic sectors is required to further the sustainable development of regional economic. Therefore, there is a growing need for talents and innovation to activate the regional development. Improving urban environmental attributes has been proved as a efficient approach to attract graduates from Northeastern China and water pollution was the most critical attribute with the highest relative importance (43.6%). Similarly, it was explored that entrepreneurs' preferences on entrepreneurial ecosystem which is always regard as a special kind of region located in a city. Entrepreneurs are willing to accept a smaller funding scale to get the opportunity to develop in cities with higher gross domestic product. Moreover, an innovation that applied tourists' social media data to improve souvenirs has been proven to effectively improve the sales of souvenirs in the region and further promote regional economic development.

Chapter 1 is the research background and purpose of the study. Research background was conducted to reveal the international and domestic background, and purpose of the study was addressed.

Chapter 2 is the review of previous literature. It has been analyzed that the research on talents attraction strategies of different countries, regions and cities. It is notable that there are still some research gaps that need to be studied.

Chapter 3 is the research methodology. The designing process and the experimental process of the conjoint analysis were shown in this part.

Chapter 4 is attracting graduates for cities by improving urban environmental attributes. Water pollution was regard as the most important urban important environmental attribute for graduates from Northeast region of China.

Chapter 5 is attracting entrepreneurs for entrepreneurial ecosystem (EE) by improving the attributes of the place where EE is located.

Chapter 6 is promoting regional economic development through enhancing tourists' willingness to purchasing souvenirs. The behavior of tourists on social media proved to be a reference for commercial strategies used in

souvenir sales.

Chapter 7 is the conclusion and policy implication. The results in every chapter were summarized and some reliable strategies were proposed to the policy makers and governments.

## 論文審査の結果の要旨

本研究の目的は、コンジョイント分析を用いて、都市の地域属性が人材に与える魅力を評価し、この分析手法が地域開発の政策立案に寄与する分析手法であることを示し、地域の経済発展に貢献することを目指したものである。都市および地域経済の持続的な発展のためには、新たな人材を集め、斬新なアイデアや貢献が絶え間なく提供されることが必要であるとの視点から、地域の発展を活性化するために、人材を魅了し育むために必要な要素を大規模なアンケートによって明らかにしている。

第1章は、国際的な観点から研究背景を示し、研究目的を述べている。

第2章では、先行文献をレビューし、国や地域、都市ごとに異なる人材誘致の戦略に関する先行研究を分析し、本研究の位置づけを行なっている。

第3章では、研究方法を述べ、コンジョイント分析の設計過程と実験過程を示した。

第4章では、就職先となる都市を選択しようとする中国東北地方の大学卒業生へのアンケート調査から誘致に影響を及ぼす都市環境要素（地域属性）を分析し、「水質汚染」が、最も重要な都市環境要素とみなされていることを明らかにした。

第5章では、経済都市において起業家エコシステム（EE）による起業家誘致への影響調査を行い、EEが存在する場所の地域属性を改善することが誘致に寄与することを示した。また、起業家は、国内総生産が高い都市で事業を展開する機会を得るためなら、事業支援の規模が小さくても構わないと考えていることを明らかにした。

第6章では、観光都市での分析では、観光客の土産物購入の意欲を高めることが、来訪客を増やすことに寄与することを示した。また、観光客のソーシャルメディア上の行動は、土産物販売などの商業戦略の参考となることを示し、ソーシャルメディアのデータを土産物の改良に応用したイノベーションは、地域の土産物の売上を効果的に向上させ、地域の経済発展をさらに促進する可能性があることを示した。

第7章では、コンジョイント分析が都市政策立案において重要な役割を果たすことを述べ、各章の結果をまとめている。

以上、本研究は、学生が就職先を選択する際の都市環境要素、起業家が起業する際の起業家エコシステム、観光客の土産物購入意欲を分析し、コンジョイント分析による評価手法が政策立案者に、信頼性の高い都市政策の優先順位を示すことが可能であることを明らかにしており、今後の都市環境分野及び都市政策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）	リュウ ショウケイ（中国）
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 番 号	甲 第 1 9 7 号
学位授与年月日	2 0 2 2 年 3 月 2 3 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 Equipment Maintenance and System Optimization of Distributed Energy Resource (分散型エネルギーシステムにおける設備保全とシステム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 工学博士) 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 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 松田 鶴夫 (北九州市立大学環境技術研究所教授 博士（工学）)

Owing to the continuous growth in the world's energy demand, the problems of energy consumption, greenhouse gas emission, and environmental pollution have become increasingly prominent. At present, countries all around the world have implemented energy-saving and emission reduction measures to achieve carbon neutralization. The distributed energy resource (DER) system is a high-efficiency energy system that can promote energy-saving and decrease carbon emissions. However, the implementation of DER is still hindered, mainly due to improper maintenance management and unsuitable installed capacity. Maintenance management is a key element for the equipment or system to complete its function during the production cycle. Each component has a different operation and maintenance mode. Inadequate resources for maintenance management or poor maintenance strategies will lead to equipment or system failures and losses. The choice of installed capacity and operating strategy affects the economy, energy efficiency and environmental protection of DER. If the installed capacity is too large, it will lead to higher investment costs and energy consumption. If the equipment capacity is too small, it will lead to high system operation cost. Therefore, it is necessary to select the appropriate equipment capacity according to the energy demand of the user. Therefore, the focus of this research is on the equipment maintenance and system optimization of DER. In the maintenance optimization stage, a maintenance priority assessment method is used to allocate maintenance management resources based on the assessment results to help managers develop reasonable maintenance strategies and reduce maintenance costs. In the system design optimization stage, the capacity and operation strategy of the system is optimized for the energy demand of users to achieve the purpose of improving economic benefits and promoting energy saving and emission reduction.

In Chapter 1, RESEARCH BACKGROUND AND PURPOSE OF THE STUDY. The present situation of DES is investigated and the technologies that can be applied to DES are introduced. And the purpose of this study is proposed.

In Chapter 2, LITERATURE REVIEW OF THE DISTRIBUTED ENERGY RESOURCE SYSTEM. Research advances in the evaluation performance and maintenance management of DER systems are reviewed. DER is a complex

system consisting of multiple devices that can provide multiple energy sources, and its configuration design and maintenance management determine the performance of the system and are the main research focus of DER. Therefore, the previous literature is reviewed.

In Chapter 3, THEORIES AND METHODOLOGY OF THE STUDY. In this section, the methodological study and the mathematical model were presented. And the system models are established. Also, the economy benefit, energy consumption, carbon emission reduction and maintenance management of the equipment of DER are analyzed. In addition, the simulation models and algorithms used in the follow-up study are provided.

In Chapter 4, INVESTIGATION ON REAL OPERATION DATA OF DISTRIBUTED ENERGY RESOURCE SYSTEM. The management of DER system in Kitakyushu Science and Research Park (KSRP) were investigated and analyzed in terms of operation status and maintenance management strategy.

In Chapter 5, LIFE CYCLE ASSESSMENT ANALYSIS OF DISTRIBUTED ENERGY RESOURCE SYSTEM. Based on the analysis of the operation status of the DER system in chapter 4, this section proposed a life cycle assessment method to evaluated the DER system performance. The comprehensive benefits of DERs were analyzed in terms of economic benefit, energy consumption and environmental performance compared with conventional energy systems (CES), respectively.

In Chapter 6, STUDY ON MAINTENANCE OPTIMIZATION OF DISTRIBUTED ENERGY RESOURCE SYSTEM. The maintenance strategy of the DES system in KSRP is analyzed and optimized. The main power generation units of the DER system in KSRP includes fuel cell and gas engine. Each generator has associated equipment, absorption chiller, heat exchanger, cooling tower, cooling pump, etc. The failure modes, failure causes, and failure effects of the components were investigated; and severity (S), occurrence (O), and detection (D) factors were evaluated. The maintenance strategy was optimized to improve maintenance and reduce the risk priority number (RPN). The results can be used as a reference for component maintenance optimization.

In Chapter 7, COMPREHENSIVE PERFORMANCE ASSESSMENT AND OPTIMIZATION OF DISTRIBUTED ENERGY RESOURCE SYSTEM. Different configurations of equipment will affect the performance of DER. In

this section, a comprehensive performance assessment based on the economy, energy and environmental performance was proposed to optimize the system to find the optimal capacity. And discussed the impact of different electricity price mechanisms on the development of DER. The comprehensive evaluation index (CPI) was established based on economy, energy and environment performance, and a configuration optimization model of the DER with the maximum CPI as the goal was established by genetic algorithm (GA). Then, the development potential of the DER was evaluated by analyzing the economic saving, energy saving and carbon reduction performances.

In Chapter 8, CONCLUSION. The whole thesis of each chapter has been presented.

## 論文審査の結果の要旨

本研究は、分散型エネルギーシステムの導入を促進するために、既存の分散型エネルギーシステムの運行を分析し、設備やシステムの最適化を行うものである。

第一章では、論文の研究背景と目的を述べた。

第二章では、従来研究を調査し、分散型エネルギーシステムの問題点と課題を明らかにした。

第三章では、経済、環境、二酸化炭素削減、保守管理の多面から、分散型エネルギーシステムの解析モデルを構築し、最適化のためのアルゴリズムを開発した。

第四章では、実際の運転データにより、北九州学術研究都市における分散型エネルギーシステムの運用状況と保守管理戦略を調査・分析し、その有効性と効率性を明らかにした。

第五章では、分散型エネルギーシステムの包括的な利益を、従来のエネルギーシステムに比較し、経済性、省エネ性、環境性の観点から分析を行い、分散型エネルギーシステムの性能を評価するためにライフサイクル・アセスメントの手法を提案した。

第六章では、機器の故障モード、故障原因、故障影響を調査し、重大度（S）、発生頻度（O）、検出度合（D）の要因を評価し、リスクを下げるために、メンテナンス戦略の最適化を提案した。

第七章では、経済性、省エネ性、環境性に基づく総合的な性能評価を提案し、異なる電気料金体系の下で、アルゴリズム（GA）を用いて、分散型エネルギーシステムの最適な容量を見出す最適化手法を構築し、システムの最適化を可能にした。

第八章では、各章で得られた知見をまとめた。

以上の内容により、本研究では分散型エネルギーシステムの普及可能性に着目し、設備やシステムの最適化分析を行ったものである。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、分散型エネルギーシステムの普及に寄与している。

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。

博士學位論文 内容の要旨および審査結果の要旨  
第 32 号（2022 年 3 月授与）

発行日           2022 年 4 月  
編集・発行   北九州市立大学 学務課  
〒808-0135  
北九州市若松区ひびきの 1-1  
TEL 093-695-3330