

平成 29 年度

博士學位論文

内容の要旨および

審査結果の要旨

第 23 号

(平成 29 年 9 月授与)

北九州市立大学大学院

国際環境工学研究科

目 次

学位の種類	学位番号	氏 名	頁
博士(工学)	甲第 107 号	コー エンダ	1
博士(工学)	甲第 108 号	チョウ ヨウ	4
博士(工学)	甲第 109 号	ハリヤディ アース	7
博士(工学)	甲第 110 号	ウー チェン	10
博士(工学)	甲第 111 号	グエン ズン クアン チャン	13

フリガナ 氏名（本籍）	コー エンダ（中国）
学位の種類	博士（工学）
学位番号	甲第107号
学位授与年月日	平成29年9月25日
学位授与の要件	学位規則 第4条 第1項 該当
学位論文題目	<p>Research on Optimization of Multi-layer Wall Thermal Performance with Phase Change Materials (PCMs)</p> <p>（相変化材料（PCMs）を用いた多層壁熱特性の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 福田 展淳 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学））</p> <p>審査委員 高巢 幸二 （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 永原 正章 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（情報学））</p>

論文内容の要旨

Phase change material (PCM) becomes more and more popular due to its higher energy storage density and the smaller masses and volumes of material. One of the potential applications of PCM in buildings is energy conservation by incorporating them in walls. So this paper made research on optimization research on multi-layer wall thermal performance with PCMs. Main content is presented as follows:

In Chapter one, current worldwide energy consumption and building energy consumption situations are introduced. Then the basic information about thermal storage technologies and the present research situation of PCM in buildings walls envelope are reviewed and then proposed the purpose of this research.

In chapter two, the classification, selection criteria , incorporation methods of PCM in building walls are introduced. The research statue of PCM in buildings in Japan and China is reviewed.

In chapter three, determination methods on the PCM phase-change temperature range based on the wall heat transfer theories is proposed. Factor including outdoor temperature and wall structure influencing phase change range have been analyzed.

In chapter four, the heat transfer model of the multilayer walls integrated with the PCM layer is established and verified by the experimental data and the published data. The optimum verification is carried on under the different PCM phase-change occurrence design period, the different locations of the PCM layer and the different wall structures.

In chapter five, as a case study, when air conditioning is continues running and intermittent running, energy conservation of walls integrated with PCMs layer for different phase change occurrence period, different PCM layer location and different wall structure in Chengdu, China is studied.

In chapter six, as a case study, energy conservation of walls integrated with PCMs layer for a wooden wall in residential house in Japan is studied.

In chapter seven, a conclusion of whole thesis is deduced.

論文審査の結果の要旨

本研究は、相変化材料（PCM）の高いエネルギー貯蔵密度及び軽量の特性を利用し、建物の壁内に相変化材料（PCM）を壁に組み込むことによる省エネルギー効果を分析し、相変化材料（PCM）を用いた多層壁の熱性能に関する最適化研究を行ったものである。論文は7章で構成されている。

第1章では、蓄熱技術に関する基礎的な情報と建物の壁面における相変化材料（PCM）の従来研究を調査し、研究の背景や目的、論文の構成を述べた。

第2章では、建物の壁における相変化材料（PCM）の分類、選択基準、組み込み方法を検討し、日本と中国における建築物の相変化材料（PCM）の研究を比較し、その相違を指摘した。

第3章では、相変化温度の範囲に影響を与える室外温度及び壁構造を含む影響因子を分析し、壁伝熱理論に基づく相変化材料（PCM）の温度範囲の決定法を提案した。

第4章では、実験データ等によって、異なる相変化材料（PCM）の相変化の発生期間、壁における異なる相変化材料（PCM）の位置および異なる壁構造の下で検証を行い、相変化材料（PCM）と一体化した多層壁の熱伝達モデルを確立した。

第5章では、中国成都をケーススタディとして、空調が継続運転或は間欠運転をした場合、異なる相変化の発生期間、異なる相変化材料（PCM）の位置および異なる壁構の省エネルギー性への影響を明らかにした。

第6章では、日本の住宅における相変化材料（PCM）と一体化した木造壁の省エネルギーについて検討し、その効果を評価した。

第7章では、各章で得られた知見をまとめ、総括とした。

以上、本論文は建物の壁内に相変化材料（PCM）を壁に組み込むことによる省エネルギー効果を総合的・定量的に評価する研究手法を確立することにより、当該分野に新しい知見を与えるものである。一連の研究成果により、相変化材料（PCM）を用いた多層壁の熱性能に関する最適化を可能にし、今後の建築分野の省エネルギーに寄与するものである。

よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	チョウ ヨウ（中国）
学位の種類	博士（工学）
学位番号	甲第108号
学位授与年月日	平成29年9月25日
学位授与の要件	学位規則 第4条 第1項 該当
学位論文題目	<p>Integrated Assessment of Electricity Dynamic Pricing in Buildings （建物におけるダイナミックプライシング導入の総合評価に関する研究）</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 白石 靖幸 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学））</p> <p>審査委員 朝見 賢二 （北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士）</p>

論文内容の要旨

Electricity dynamic pricing represents one of the most significant evolutionary developments in pricing systems as they enable the participation of both consumers and the power supply enterprises. The main content of this paper is presented as follows.

In chapter one, current energy and environmental situations, as well as the electricity market and main electricity pricing system in different countries are presented.

In chapter two, the development status and challenges of smart grids and dynamic pricing in main driver countries have been surveyed. It compares the development backgrounds and infrastructure status of various countries and summarizes their barriers and development tendency.

In chapter three, it investigates the situation of Japanese dynamic pricing model in residential house, meanwhile, summarizes the results from an exploratory analysis of about 200 households that took part in dynamic price experiment in Kitakyushu, Japan.

In chapter four, it investigates the situation of Japanese dynamic pricing model in office building. Moreover, it explores the energy consumption of each target building. Meanwhile, using hourly load data collected from smart meter and baseline calculating method, it estimates the effect of dynamic pricing system on the energy saving of office, concludes the load reduction for participants during the DP time block.

In chapter five, the overview of evaluation method for electricity dynamic pricing and energy saving technology are introduced which provide a reference for government and power companies to successfully process the following development of electricity dynamic pricing.

In chapter six, the effects of dynamic pricing on the cost performance of buildings in present scenario and demand response scenario have been presented through the calculation of total year electricity cost.

In chapter seven, it introduced some related energy saving technologies. Meanwhile, it gives an analysis and evaluation of electricity dynamic pricing in different buildings which equipped with different energy saving technologies under the condition that if consumers do not well respond to DP as anticipated.

In chapter eight, a conclusion of whole thesis is deduced.

論文審査の結果の要旨

本論文は、北九州市八幡東区の東田で行った次世代エネルギー・社会システム実証において、ダイナミックプライシング手法に焦点を当て、実測データの解析より建築への適応状況を明らかにし、さらにその導入可否の理論的評価手法を提案、確立した研究をまとめたものであり、全8章で構成されている。

第1章では、現在のエネルギーと環境の状況だけでなく、各国の電力市場と主要な電力価格システムについても紹介し、研究の背景や目的、論文の構成を述べた。

第2章では、主要国でのスマートグリッドの開発状況及びダイナミックプライシング価格設定について調査し、その課題及び導入の可能性について比較を行った。

第3章では、北九州市におけるダイナミックプライシング実験に参加した約200世帯の調査結果を分析し、住宅での実施状況及びピークカットの効果を明らかにした。

第4章では、非住宅における各対象建物のエネルギー消費量を調査し、省エネルギー効果を確定するために、ベースライン計算手法を提案し、非住宅におけるダイナミックプライシングの実施状況及びピークカットの効果を明らかにした。

第5章では、政府および電力会社がダイナミックプライシングを実施するための電力価格と省エネ技術の評価方法を提案した。

第6章では、現在のシナリオと需要対応シナリオにおける建物のコストパフォーマンスに対するダイナミックプライシング価格設定の影響を年間電力コストの計算により明らかにした。

第7章では、建物別における省エネルギー技術のダイナミックプライシング価格への影響を分析し、ダイナミックプライシングと省エネルギー技術の組み合わせにより、経済性及び省エネルギー性の評価を同時に実現することができ、良い評価方法を明示することができた。

第8章では、各章で得られた知見をまとめ、総括とした。

以上、本論文は地域エネルギー管理システムにおけるダイナミックプライシング手法を総合的・定量的に評価する研究手法を確立することにより、当該分野に新しい知見を与えるものである。一連の研究成果により、ダイナミックプライシングのピークカット及び省エネルギーの評価を可能にし、今後のスマートシティの推進や省エネルギー事業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）	ハリヤディ アーグス（インドネシア）
学位の種類	博士（工学）
学位番号	甲第109号
学位授与年月日	平成29年9月25日
学位授与の要件	学位規則 第4条 第1項 該当
学位論文題目	<p>Study of Optimization of Visibility and Energy Efficiency of New “Sudare” for Building Façade （建物ファサードに設置される新型「簾」の視認性と省エネルギー効率の最適化に関する研究）</p>
論文審査委員	<p>主 査 福田 展淳 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学））</p> <p>審査委員 高 偉俊 （北九州市立大学国際環境工学部教授 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 杉原 真 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学））</p>

論文内容の要旨

Sudare is a type of traditional Japanese blind made from bamboo. It has long been used in Japanese houses, especially during the summer. Its original function was to prevent direct solar radiation and to introduce natural ventilation. The characteristic form of Sudare allows one to look through it to see objects outside the house. As a shading device, Sudare can be implemented in hot areas where high energy demand for cooling is a problem.

Recently, Jakarta has implemented a new standard for new building construction intended to reduce the energy consumption of office buildings. This must meet the minimum Overall Thermal Transfer Value (OTTV) of 35 watt/m². In tropical countries, the most effective passive design strategy method is the use of shading devices. Dense shading can effectively reduce energy consumption, but it reduces visibility through openings.

The aim of this research is to identify an alternate mode of façade configuration using external horizontal blinds based on the Sudare form to meet the minimum requirements of the Indonesian National Standard (SNI), with greater efficiency in terms of cooling load to minimize energy consumption and maintain visual comfort. It will change architects' mindset, influence the way they design new buildings and retrofit existing buildings, and encourage them to use shading devices as part of their designs. Ladybug and Honeybee inside the Grasshopper plugin of Rhinoceros 3D with the Energy plus engine will be used to simulate a standard building as baseline performance, and buildings that use different Sudare dimensions and spacers as shading devices parametrically.

Based on this study, the optimum form of Sudare blind, with a diameter of 10.01 mm and 5-mm spacers, has achieved a 5% reduction in OTTV and a 6% reduction in cooling load, as compared to the baseline building. The performance is close to that of tinted glass, with a solar heat gain coefficient of 0.2 and Tvis of 0.2. The visibility value of this configuration is 2.65, which is also close to the visibility of tinted glass, which has Tvis of 0.2 (2.92); privacy is 4.27, which is much better than that of tinted glass (3.38). It also gives better uniformity of daylight distribution, which improves visual performance and comfort.

論文審査の結果の要旨

本研究では、古くから日本で使われてきた簾のもつ高い視認性と日射遮蔽効果に着目し、独自の解析手法でその効果を分析し、簾の特性が現代の建築の日射遮蔽手法として有効であることを立証している。

第一章では、研究背景を述べ、インドネシア等の熱帯地域で、建築物に対する日射熱取得率の規制が強化され日射遮蔽が重要な課題であることを指摘している。第二章では、日本の簾の特徴と日射遮蔽効果をシミュレーションで解析し、現代建築に応用可能な日射遮蔽効果があることを示している。第三章では、インドネシア・ジャカルタでガラスを主体とした高層建築が多数建設され、その理由の一つが視認性で有ることを述べるとともに、冷房負荷が高いことが問題となっている現状を指摘している。第四章では、庇、ルーバー等の一般的な日射遮蔽手法を総合的に分析し簾の特徴を示すとともに、日射遮蔽の評価手法として、国際的に用いられている OTTV(Overall Thermal Transfer Value)の有効性を示した。第五章では、視認性を評価する手法として7段階の被験者申告による視認性レベルを用いた視認性インデックスを提案し、簾の色、スケール、対象空間の明るさと視認性の関係を解析するための実験方法を示した。また、簾の断面形態と OTTV を比較し、円形の断面形態の有効性を示した。第六章では、簾の形態、スケール、照度レベルと視認性の関係を示し、簾を現代の建築のファサードに利用する際に必要となる重要な知見を提示した。第七章では、簾のタイプ別に OTTV に基づく日射遮蔽効果と空調負荷低減効果を比較しエネルギー面での解析をおこなった。また、レンダリングによるモニタ上でもタイプ別に簾の視認性の再現を行い、実際の簾による実験とモニタでのシミュレーションとを比較し、シミュレーションにおいても視認性インデックスが有効であること、及び、実験との相違点を明らかにした。また、シミュレーションによりグレアによる解析を行い、タイプ別のグレアの特徴を示した。第八章では、現代建築への簾の応用例としてスライドさせることによって、外部及び室内の照度に応じて、自動で視認性と日射遮蔽効果を調整可能なスライディング簾を提案した。第九章では、各章で得られた知見をまとめ、総括としている。

以上、本論文は、簾が持つ視認性と日射遮蔽による省エネルギー性に着目し、その効果を定量的に評価する研究手法を示し、建築のファサードデザインの分野で視認性とエネルギー性という新たな観点での評価手法を提示した。また、建物のガラス面に新型簾を設置することで、ガラス建築が必要としている視認性を確保しながら、高い日射遮蔽効果を得られることを示し、これまでにない日射遮蔽手法を示した点で高く評価できる。一連の研究成果により、特に、伝統的簾の特徴を活かした新たな手法が現代建築にも有効であることを示し、今後の建築分野の省エネルギー研究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）	ウー チェン（中国）
学位の種類	博士（工学）
学位番号	甲第110号
学位授与年月日	平成29年9月25日
学位授与の要件	学位規則 第4条 第1項 該当
学位論文題目	<p>Evaluation and Simulation of Passive Energy Efficiency Technology with an Experimental House in Hangzhou Rural Area, China</p> <p>（中国杭州市農村部における実験住宅を用いたパッシブ省エネルギー技術の評価とシミュレーションに関する研究）</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 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>

論文内容の要旨

Energy situation and ecological environment has been a crucial issue in China's rural areas. In this thesis, taking Hangzhou rural area as a case study, an experimental house integrated with passive energy-efficient technologies was designed and constructed. Through experiment and simulation methods, the passive energy efficient technologies were evaluated and proved to be effective to defend the extra-low and extra-high temperatures in Hangzhou climate conditions. By this study, such a designed house can be promoted as a demonstration in rural area of Hangzhou, and the study methods can be used for reference in passive design.

Chapter1: the energy situation and environment problems in China's rural area were introduced. As a solution, passive energy efficient technology was illustrated. In addition, the purpose of this study was explained, and the study methods were proposed and illustrated.

Chapter2: the external environment and resources in hot/summer & cold/winter zone were described, and the feasibility of the application of solar energy was evaluated. In addition, the methods and design strategies about passive solar energy heating and nature ventilation were summarized.

Chapter3: a field survey and measurement on the construction and thermal environment were carried out in the villages of Hangzhou rural area. It was found that most of rural houses had no insulation materials and the thermal environment in winter time was no good without using air conditioners.

Chapter4: an experimental building with passive design strategies was put forward and explained based on Hangzhou Climate. By simulation, the annual total energy demand of the design building had a 18.8% reduction compared with the regulated building.

Chapter5: the field measurements in winter time of Hangzhou were carried out. It was proved that when outdoor temperature reached the minimum value, indoor temperatures were at a higher level with maximum difference of 13.5°C. For the Trombe wall, a maximum air temperature difference between the inlet and outlet was obtained by 5°C.

Chapter6: the field measurements in summer time of Hangzhou were carried out. It was proved that the maximum temperature difference between indoor and outdoor can be obtained by 7.6°C on the hottest day, and the indoor temperature had a smaller fluctuation of 3.3°C.

Chapter7: a CFD model of Trombe wall was validated against the experimental data. By this model, the dynamic thermal behavior of the room with Trombe wall was numerically investigate and assess. It could be concluded that when the air duct width is at the range of 0.3~0.4m, and the wall height at 4.0~ 5.0m, the better thermal performance of Trombe wall can be obtained.

Chapter8: the results of this paper were summarized.

論文審査の結果の要旨

本論文は、中国杭州市農村部を事例として取り上げ、パッシブな省エネルギー技術に統合された実験的な住宅を設計建設し、実験およびシミュレーション的な方法を通じて、パッシブな省エネルギー技術を評価し、その有効性を証明するとともに、その改善策を探る研究である。論文は8章で構成されている。

第1章では、中国の農村における住宅のエネルギー状況と環境問題を調べ、その解決策として、パッシブな省エネルギー技術の導入が必要であることを指摘し、研究の背景や目的、論文の構成を述べた。

第2章では、「夏が暑い、冬が寒い」地域の気候特徴を述べ、太陽エネルギーの利用可能性を評価した。またパッシブな太陽エネルギー暖房及び自然換気に関する計画方法を提案した。

第3章では、農村部の村では、建物及びその熱環境調査を実施し、農村住宅の問題点を明らかにし、改善すべき点を指摘した。

第4章では、パッシブな省エネルギー技術を備えた実験的な住宅を計画し、建設前に様々な検討を行い、導入した技術の評価を行った。その評価手法は今後同様な設計に役立つと考える。

第5章では、建設された建物を対象に、冬の実測を行った。室外温度が最小値に達したときでも、室内温度は室外気温より最大 13.5°C の差もあることを明らかにし、パッシブな省エネルギー技術の有効性を証明した。

第6章では、建設された建物を対象に、夏の実測を行った。屋内と屋外の最大温度差は最も暑い日に 7.6°C であり、室内温度の変動も 3.3°C で小さいことを明らかにした。パッシブな省エネルギー技術は夏でも有効であることを証明した。

第7章では、CFDモデルを用いて、実験データに対して検証を行った。シミュレーションにより、パッシブな省エネルギー技術を有する部屋の動的熱挙動を数値的に評価した。熱環境を改善する方法を提案し、パッシブな省エネルギー技術の評価を可能にした。

第8章では、各章で得られた知見をまとめ、総括とした。

以上、本論文は中国杭州市農村部における住宅のパッシブな省エネルギー技術を総合的・定量的に評価する研究手法を確立することにより、当該分野に新しい知見を与えるものである。一連の研究成果により、中国の農村住宅のパッシブな省エネルギー技術の評価を可能にし、今後のアジア住宅分野の省エネルギー事業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）	グエン ズン クアン チャン（ベトナム）
学位の種類	博士（工学）
学位番号	甲第111号
学位授与年月日	平成29年9月25日
学位授与の要件	学位規則 第4条 第1項 該当
学位論文題目	<p>Designing biological wastewater treatment processes based on activated sludge model concept （活性汚泥モデルを骨格とした生物学的排水処理プロセスの設計に関する研究）</p>
論文審査委員	<p>主 査 安井 英斉 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学））</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> <p>審査委員 藍川 昌秀 （北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学） 博士（農学））</p> <p>審査委員 泉 政明 （北九州市立大学国際環境工学部教授 学術博士）</p>

論文内容の要旨

In developing countries like Vietnam, the combined drainage system with septic tank placed prior to the sewer leads to the wide variation composition of domestic wastewater. In order to catch the influent concentration besides wastewater flow, on-site water sampling is widely used and analyzed in laboratories. On the other hand, since the composition of the municipal wastewater is highly fluctuated and inconsistent along with time, a considerable number of water samples must be analyzed. This fact leads a challenge for planning and designing wastewater treatment plants (WWTPs) since default influent concentrations could not be applied unlike other countries having no septic tank process. In Vietnam, most WWTPs use aeration process and they have big challenges to ensure the effluent quality standard despite the wide range input composition.

Activated Sludge Models (ASMs) developed by IWA Task groups have been widely used for simulating various kind of biological reaction. They include mathematic equations of process rates and inner reaction of reactor. The mathematical approach was evaluated based on sensitivities of the WWTP model to kinetics and stoichiometry in relation to the influent composition and control parameters (flow rates, etc.).

In that way, a back-calculation method could be developed to identify the unrealistically influent concentrations. As the composition of activated sludge is a consequence of the influent and the operating condition, a lab-scale activated sludge reactor was set up in Vietnam and operated for a year. From the field experiment, the municipal wastewater constituents and concentrations were calculated to demonstrate the back-calculation approach. Also, the labor intensity of the analysis was also comparatively discussed to that of the conventional wastewater sampling/ analysis method.

On the other hand, ASM-based models can simulate and calculate biological reactors well. Low-cost biological treatment like bio-filter/ trickling filter reactor can be modelled and optimized with a novel design. Hence, to use the model for designing trickling filter process, mechanistic correlations must be developed between the operational conditions and the physical/ kinetic parameters of the model. The process responses of a pilot-scale trickling filter reactor were investigated by changing the hydraulic loadings and analyzed in laboratory. In this research, the liquid hold-up in the reactor, which was thought to be correlated with the wetted surface area was especially focused on. A dynamic simulation was also performed to discuss influential kinetic parameters on the calculation.

Through these application of ASM, an alternative energy-saving approach for combined sewerage wastewater in comparison to conventional systems has illustrated.

論文審査の結果の要旨

本学位論文は、下水処理システムの導入が活発化しているベトナムを主たる対象とし、数学モデルで解析した当該国の下水組成をもとに生物学的排水処理プロセスを設計することを目的とした一連の研究をまとめたものである。

本学位論文の構成は以下の7章で成り立っている。

第1章では、ベトナムにおける下水道の発達経緯を概括し、セプティックタンクを始めとする既存の小規模・分散型簡易污水处理システムの存在が高度な生物処理プロセスを具備する大規模・集約型の污水处理システム（下水処理場）の導入を妨げていることを指摘した。第2章では、下水処理システムの設計計算に必須となる汚水原単位の把握について、水質分析精度が低い通常の現場採取・経験的解析手法に対して、数学モデル等の先進的新技术を適用することで精度が向上する可能性を述べた。第3章では、このことを実証するためにベトナムのダナン市に下水処理の連続実験装置を設置し、「汚水をサンプリングすることなく、実験装置の応答から汚水原単位を逆算する」新たな手法を提示した。続く第4章では、動的パラメータ推定によって新手法における汚水原単位の算出誤差を評価し、比較的精度が高く、簡素な構造の計算手順を求めた。第5章では、先進国で多く採用されている活性汚泥処理プロセスの代替となりうる改良型散水濾床プロセスに着目し、その処理性能をベトナムのダナン市下水処理場に設置したパイロット規模の連続実験装置によって検証するとともに、散水濾床プロセスの反応を数学モデルで表して関連の動力学パラメータを整理した。第6章では、ベトナム中規模都市の下水処理場導入を想定し、フエ市の住宅地で発生する汚水を試算対象として改良型散水濾床プロセスと従来の活性汚泥処理プロセスそれぞれの処理性能を定常状態計算で比較した。これらの研究結果をもとに、最終の第7章では、従来よりも高精度で汚水原単位を把握可能な本手法を用いた生物学的排水処理プロセス設計計算の特徴を整理し、この新規な手法を用いたベトナム等のアジア市場への展開可能性を言及した。

本学位論文で述べた汚水原単位の逆算手法(第3章)と散水濾床の数学モデル(第5章)は、それぞれ査読付国際学術誌に掲載された。また、これらのパイロット実験結果について、査読付き論文として本人が国際学会(2件)で発表した。更に、本人は、散水濾床における硝化反応解析に関して別の学術誌論文に第3著者として加わっている。これらは十分な学術成果と判断される。

よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

博士學位論文 内容の要旨および審査結果の要旨
第 23 号 (平成 29 年 9 月授与)

発行日 平成 29 年 10 月
編集・発行 北九州市立大学 学務第二課
〒808-0135
北九州市若松区ひびきの 1-1
TEL 093-695-3330