

平成26年度

# 博士學位論文

内容の要旨および

審査結果の要旨

第17号

(平成26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 71 号 | 宗 マグヌス            | 1  |
| 博士(工学) | 甲第 72 号 | トウ センウ            | 4  |
| 博士(学術) | 甲第 3 号  | パン シュアンイエ         | 8  |
| 博士(工学) | 甲第 73 号 | リュウ ヘイ            | 12 |
| 博士(工学) | 甲第 74 号 | スッポン<br>クリッサナワンホン | 15 |
| 博士(工学) | 甲第 75 号 | ベター パラミタ          | 18 |
| 博士(工学) | 甲第 76 号 | チョウ ウ             | 21 |
| 博士(工学) | 甲第 77 号 | リ シン              | 24 |

|                |  |
|----------------|--|
| フリガナ<br>氏名（本籍） | ソウ<br>宗 マグヌス（スウェーデン）   |
| 学位の種類          | 博士（工学）   |
| 学位番号           | 甲 第71号   |
| 学位授与年月日        | 平成26年9月26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         | <b>Multi-scale Modelling of Biofilm in Sponge Carrier Media</b><br>（スポンジ担体におけるバイオフィルムのマルチスケールモデル）  |
| 論文審査委員         | 主 査 安井 英斉<br>（北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学））<br>審査委員 寺嶋 光春<br>（北九州市立大学国際環境工学部講師 博士（学術））<br>審査委員 門上 希和夫<br>（北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（水産学））<br>審査委員 城戸 將江<br>（北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士（工学）） |

## 論文内容の要旨

This thesis describes a multiscale model of the reaction and mass transport processes in a sponge carrier media applied for waste water treatment. This was performed by dividing the sponge carrier media process into four spatial scales: reactor, sponge, biofilm and individual organisms. In this way the individual scales were modelled separately and the connection between different scales were solved by a proper set of boundary conditions. Firstly, an aerated sponge Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) was modelled by conducting a fluid dynamic and particle dynamic simulation, where sponge and air bubbles were simulated as particles. From the results, a pressure gradient boundary condition for the internal flow was developed. Secondly, a model of bio-clogging was performed by investigating the interaction of the biofilm growth and detachment with the porous structure of the sponge carrier media. The interaction was solved by the Lattice Boltzmann Methods (LBM) of hydraulic and mass transfer coupled with Individual-based Modelling (IbM) of the biofilm, where individual cells were modelled as particles. Finally, from analysis and generalizations of the results, a simple model for engineering purposes was developed with empirical relations of internal bio-clogging. By a new definition of a critical porosity for bio-clogging, the model could be calibrated with experimental results.

## 論文審査の結果の要旨

本研究は、生物学的排水処理プロセスで多用される生物膜法について、生物膜内外の物質移動と生物反応を数学的に記述することを目的としたものである。一般には、リアクター内に微生物を高濃度に保持させれば高速の処理が可能になると理解されている。しかしながら、微生物を担体に生物膜として付着させて高濃度化させる場合、対象物質は移動や拡散の影響を受けるため、生物膜の内外で反応の速度や種類は大きく異なる。加えて、近年で多く採用されている多孔質のスポンジ担体では、スポンジの孔を通してリアクターの液と生物膜が接する。このため、担体形状や外部の液流動も生物膜の反応に影響を与える。この複雑性に対処するため、リアクタースケール、担体スケール、生物膜スケール及び微生物細胞スケールと、マルチスケールの事象を考慮し、それぞれの数学モデルを作成したことが本研究の新規性である。

第1章でスポンジ担体における数学的表現を各スケールで考察するための手順を述べ、続く第2章で既往の数学モデルにおける特徴と課題を概括し、本研究で検討すべき項目を整理した。リアクタースケールの表現に関する第3章において、担体外部における液の流動が内部への物質移動に及ぼす効果を担体のスリップ速度(担体と液相の速度差)を用いて表現できるようにした。そして担体スケールの表現に関する第4章において、担体内部に流れ込む液による剪断力とそのタイミングが生物膜の剥離に影響することを説明した。そして、生物膜スケールの表現に関する第5章において、担体の外から内に流れる物質の流束によって担体内部で生物膜の反応速度や基質濃度分布が変化しうることを示した。第6章は、生物膜を微生物細胞スケールで表現したもので、好気的な条件においても担体の奥で無酸素呼吸(脱窒)が起こりうることを示した。第7章は研究の新規性と各モデルの連関を整理し、今後の展望と課題をまとめた。これらの数学モデルを組み合わすことでリアクターの運転条件とスポンジ担体における生物膜の様々な反応を関連付けることができる。これは、リアクターの設計や運転操作の最適化検討に直接的に資するものである。

公聴会では多くの質問に適切に回答し、これらの研究に基づく論文は国内外で評価される学術誌に掲載済みであって本研究の学術性は十分に高いと判断される。

よって本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。

|                |  |
|----------------|--|
| フリガナ<br>氏名（本籍） | トウ センウ（中国）   |
| 学位の種類          | 博士（工学）   |
| 学位番号           | 甲第72号  |
| 学位授与年月日        | 平成26年9月26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><b>A Study on Renewable Energy Generation in China – Focus on Distributed PV Power Generation</b></p> <p>（中国における再生可能エネルギーに関する研究 -太陽光発電システムの普及について）</p>                                |
| 論文審査委員         | <p>主 査 二渡 了<br/>（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 乙間 末廣<br/>（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 松本 亨<br/>（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 松永 良一<br/>（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

Global warming and energy crisis have shifted the focus of industrial development towards low-carbon renewable energy. China as the biggest energy consumer, the most populous and one of the fastest growing countries in the world. It urgently needs to find a solution to balance the environmental protection, economic growth and fossil fuel energy saving. Under this circumstance, a systematic analysis towards renewable energy generation is important for China. In addition, compared with other renewables, Photovoltaic (PV) energy has advantages in resources and flexibility, especially since the October in 2012; the Residential Grid-connected Photovoltaic Power Systems is officially allowed in China. And this development has brought with great opportunities and challenges, not only for the PV industry or renewable energy generation industry, but also for the whole China's electricity system. Therefore, this paper aims at renewable energy generation industry and its related policy framework in China, particularly focus on Residential Grid-connected Photovoltaic Power Systems.

The research is divided into 6 chapters. In Chapter 1, the severe energy-related challenges China faces are examined. Then the research outline and framework (includes the research objectives and originality) was proposed.

In Chapter 2, the status of renewable energy resources and reform history of China's electricity industry was systematically reviewed, and China's Renewable Energy Generation system and management mechanism is analyzed.

In Chapter 3, the current status and trends of renewable energy generation in China was elaborated both from the installed capacity and generation by sources. Then, based on a correlation analysis, I found the development of renewable energy generation has a greater correlation with GDP growth while less related with fossil fuel electricity consumption decrease and CO<sub>2</sub> emissions reduction. Accordingly, I considered that to improve energy efficacy of fossil fuel power will be more helpful for China's sustainable development rather than promoting renewable energy

generation in the short term. At last, some suggestions for China's renewable energy generation and sustainable development were presented.

In Chapter 4 and 5, a SWOT matrix for the factors I assumed to be the strengths, weaknesses, opportunities and threats to the development of Residential Grid-connected Photovoltaic Power Systems (RGCPVS) in China was built. Next, I collected data from a survey towards Japanese and Chinese experts, and confirmed that the most significant S,W,O and T factors are 'Economic benefit', 'Economic barriers', 'Government is getting values' and 'Lack of funds', respectively. Then, through statistical analysis, I verified Japanese and Chinese experts share analogous views on 14 factors, while one of their most significant divergence is the evaluation for 'Government is getting values', I explained the reasons and built a policy intervention and green product lifecycle model to clarify it. Then, evaluations from the experts with different backgrounds towards these SWOT factors were revealed by using ANOVA method. Finally, the recommendations were presented.

In Chapter 6, the barriers of renewable energy development, disadvantage of renewable energy policy and advice policy for renewable energy development in China were proposed.



## 論文審査の結果の要旨

本研究では、中国における再生可能エネルギーの開発・整備状況を把握し、とくに太陽光発電システムの導入可能性について、SWOT 解析等による検討を行った。

まず、第1章では、研究の背景を述べるとともに、研究の概要と構成を示した。

第2章では、中国における各種の再生可能エネルギーの開発ポテンシャルを整理し、エネルギー政策の経緯をまとめた。その中で、消費者のエネルギー効率機器の購買行動に関係する項目と政策との関係を定性的に考察した。

第3章では、再生可能エネルギーの開発・整備状況を整理し、そのエネルギー生産量と GDP、CO<sub>2</sub> 排出量との関係について統計学的な解析を行った。その結果、再生可能エネルギーに関連する施設整備によって中国の GDP を向上させる要因となったこと、2005 年以降、年間 14~20%の CO<sub>2</sub> 排出量の削減に寄与したことを明らかにした。

第4章では、家庭用太陽光発電システムに関する SWOT 分析を行った。SWOT マトリックスとして関連する因子をあげ、それらの基本的な特性を整理した。

第5章では、第4章での SWOT 分析の基本的資料をもとに、日本と中国の専門家を対象にした、SWOT 因子についての定量的な重要度に関するアンケート調査を行い、その結果を分散分析した。日中の専門家の評価が異なる点は、工業化や購買者の意思決定、グリーン生産といった環境に配慮した生産であった。さらに、これからの中国における太陽光発電システムの普及に関する SWOT 戦略的な項目を示した。

そして、第6章では、本研究の成果をまとめ、中国における再生可能エネルギー政策への提言とした。

本研究は、中国における再生可能エネルギー、とくに太陽光発電システムの導入可能性に関する定性・定量的な解析を行い、これからの再生可能エネルギーの開発整備の方向性の検討に必要な情報を提供した。今後の新規エネルギー利用に関する評価手法を示したものであり、環境工学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<br>氏名（本籍） | パン シュアンイエ（中国）   |
| 学位の種類          | 博士（学術）  |
| 学位番号           | 甲第3号  |
| 学位授与年月日        | 平成26年9月26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>Development and Application of a Comprehensive Analytical Method for Semi-Volatile Organic Compounds in Sediment Samples Using a Gas Chromatography-Mass Spectrometry Database System</p> <p>（GC/MS データベースシステムを用いた底質中の半揮発性化学物質の網羅分析法開発と環境試料への適用）</p> |
| 論文審査委員         | <p>主 査 門上 希和夫<br/>（北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（水産学））</p> <p>審査委員 石川 精一<br/>（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 安井 英斉<br/>（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 佐藤 敬<br/>（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

A novel gas chromatography-mass spectrometry (GC/MS) database (AIQS-DB) for identification and quantification of micro-pollutants is described. Their basic principle, basic structure, basic features, advantages and its application status are explained. Samples are screened and determined for organic pollutants using AIQS-DB without the use of standards. Therefore, this method is simple and easy to perform. The database is applicable for various uses, especially investigation of the causes of environmental pollution incidents, and finding a special feature of environmental pollution by chemicals at sampling sites.

A comprehensive analytical method for semi-volatile organic compounds (SVOCs) in sediment samples with the combination of the AIQS-DB and a pre-treatment method comprising of extraction and column clean-up has been developed. In the development of the comprehensive method, 119 model compounds (MCs) that are representative SVOCs registered in the AIQS-DB are used. Recoveries of them by liquid-liquid extraction with dichloromethane which are one of the pre-treatment steps for sediment samples showed that most SVOC, except for polar substances, can be extracted quantitatively. For the clean-up of extracts, silica-gel column chromatography using acetone-hexane solution as an eluent was the most suitable clean-up method for sediments. From the overall recovery tests, it was confirmed that the developed comprehensive method can quantitatively analyze most SVOCs in sediments except for polar substances. In addition, the results of the overall recovery tests provided useful information for predicting the recoveries of substances registered in the database. The information was as follows: (1) generally, the overall recovery decreases with decreasing Log Kow, (2) substances whose Log Kow are below 1 cannot be analyzed quantitatively by the developed method, (3) if substances dissociate in water, even though their Log Kow values are larger than 1 (e.g. pentachlorophenol), their recoveries are below 60%, (4) substances that have hydroxyl functional groups and/or amino functional groups show low recoveries, and substances that have a Log Kow below 3 and also have functional groups that contain active hydrogen cannot be recovered more than 60%, (5) the recovery rates decrease with the increase in the number of active hydrogen functional groups. The method detection limits of the developed method were 4 µg/kg when measuring by TIM and 0.4 µg/kg by SIM. From the analysis of certified reference materials, it was confirmed

that although the accuracy and precision of the developed method were slightly lower than those of conventional methods that are used for targeted analysis, its performance is sufficient for environmental surveys.

Finally the developed comprehensive method was applied to real sediment samples in Tokyo Bay. As a result, we detected 195 SVOCs in the sediments; the sum of concentrations of compounds detected varied from 6095 to 39 140  $\mu\text{g}/\text{kg}$  dry wt. From the kinds of the detected chemicals as well as their concentration patterns, we were able to obtain a more holistic pollution picture in Tokyo Bay. Since their concentrations increased with proximity to the innermost part of the bay, their sources seem to be mainly sewage treatment plants (STPs) and rivers flowing to this area. Additional confirmation comes from the nature of the identified pollutants, which are characteristic of chemicals used in households as well as fecal matter, business activities and urban run-off. From these results, it was confirmed that sediments in Tokyo Bay are still polluted with a wide range of chemicals, particularly domestic chemicals, despite nearly 100% of wastewater from household and business activities being treated by STPs, indicating that the developed method using the AIQS-DB is a useful tool for grasping a whole pollution picture of the environment.

In addition, it seems to be the most suitable method for confirming the safety of the environment after environmental accidents and natural disasters because a large number of chemical substances can be measured rapidly at relatively low cost. Moreover, the whole pollution picture, which is difficult to obtain by conventional methods, is also useful to find emission sources in survey areas.

## 論文審査の結果の要旨

第一章の序論では、化学物質の種類や生産量の増大などから化学物質分析、特に化学物質の最終到着場所である底質の分析が環境汚染を調べる上で重要であること、および化学物質分析に最も使用されているガスクロマトグラフィー/質量分析法(GC/MS)を説明し、GC/MSを用いて底質中の半揮発性化学物質(SVOC)を網羅分析する手法開発を研究目的とすることを述べている。

第二章では、網羅分析に用いる 1000 種の SVOC を GC/MS で一斉に測定可能な全自動同定定量データベースシステム(AIQS-DB)の原理、性能、特徴などを説明している。

第三章では、底質網羅分析法の開発について、各単位操作の最適化および完成した分析法の性能(精確さ、検出限界など)を 119 種のモデル物質を用いて検討した結果を示している。開発法は、高速溶媒抽出、ジクロロメタンを用いた液々抽出およびシリカゲルカラムクロマトグラフィーから構成され、高極性物質などを除く 80%のモデル物質を回収率 60~120%、相対標準偏差 20%で分析できた。また、検出限界は、0.4  $\mu\text{g}/\text{kg dry}$  以下であった。

第四章では、開発した網羅分析法の実試料への適用性と有用性を評価するために、世界で最も人間活動の影響を受けている内湾の一つである東京湾の底質分析結果を紹介している。具体的には、195 種の SVOC を検出し、検出濃度は 6095~39140  $\mu\text{g}/\text{kg dry}$  であった。また、検出物質の種類と組成、湾内での濃度分布などから、SVOC の起源や発生源を考察している。

第五章の結論では、開発した SVOC 前処理法と AIQS-DB を組み合わせた底質の網羅分析法の性能および有用性を汚染の全体同把握、精確さ、分析費用、分析時間など複数の視点から示している。

以上を審査した結果、学術的に優れた研究であり、環境保全上でも有用性が高い研究であると評価した。

よって、本論文の著者は博士(学術)の学位を受ける資格があるものと認める。

|                |  |
|----------------|--|
| フリガナ<br>氏名（本籍） | リュウ ヘイ（中国）   |
| 学位の種類          | 博士（工学）   |
| 学位番号           | 甲第73号  |
| 学位授与年月日        | 平成26年9月26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 style="text-align: center;"><b>Kinetic Models for Reversible and Irreversible Inhibitions of Biological Nitrite Oxidation</b></p> <p style="text-align: center;">（生物学的亜硝酸酸化における可逆的および非可逆的阻害の動力学モデルに関する研究）</p> |
| 論文審査委員         | <p>主 査 安井 英斉<br/>（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<br/>（北九州市立大学国際環境工学部講師 博士（学術））</p> <p>審査委員 門上 希和夫<br/>（北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（水産学））</p> <p>審査委員 長 弘基<br/>（北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士（工学））</p>                 |

## 論文内容の要旨

Biological reactions often experience inhibition conditions from high concentration of substrate, reaction products or other external inhibitory compounds. The inhibitory compounds may affect the enzymatic system leading to different forms of reversible enzyme inhibition. In other situations, the concentration of inhibitory compound could result in enzyme poisoning leading to irreversible inhibition. There are several mathematical models to express reversible inhibition, however recovery/adaptation phenomenon is not well described by these models. Furthermore, the modelling approaches for irreversible inhibitions are not well developed.

In this study, irreversible inhibition was verified and evaluated using nitrite oxidising organism (NOO) as a research target under different nitrite concentrations. For the reversible inhibition a time-dependent switching function was defined to express the degree of the adaptation. The irreversible poisoning phenomenon was defined as an additional first-order type decay/death process that was initiated when the inhibitory concentration exceeded the threshold level. The modified model developed from the batch experimental data was able to reasonably reproduce the effluent nitrogenous concentrations of the WERF benchmark dataset of over 250 days. Finally, according to the model and parameters, partial nitrification was achieved in continuous operation.

## 論文審査の結果の要旨

本研究は、生物学的排水処理プロセスにおける微生物の増殖阻害について、その応答を阻害物質の濃度や曝露時間と関連付けて数学的に表現することを目的としたものである。微生物の増殖を阻害する要因は多岐に亘るため、従来は酵素反応の阻害と類似するいくつかの経験式によって大雑把に表現されてきた。これらの式は、高濃度の阻害物で微生物の増殖が抑制されることを示すことに役立つものの、毒物のように不可逆的に微生物を阻害する物質については原理的に適用することはできない。排水の汚濁成分には、亜硝酸やアンモニアのように低濃度で微生物の基質となる一方で、高濃度で毒物として働く物質も存在する。この生物分解を適切に考察するためには、対象物質の可逆的阻害・不可逆的阻害を区分する理論化が欠かせない。この点に着目し、本研究は亜硝酸を基質とする亜硝酸酸化細菌を題材とし、阻害物質による微生物の増殖と不可逆的な失活を動力的に表現することで、これらの複雑な反応を統合的に説明できる数学モデルの構築を図った。

第1章では、窒素成分の生物学的代謝反応や生物学的排水処理の数学モデルを既往の文献をもとに整理し、続く第2章で現在までに報告されている様々な阻害反応式をまとめた。第3章では、高濃度の亜硝酸によって亜硝酸酸化細菌が徐々に死滅する現象を生細菌の染色観察によって明らかにした。第4章では、亜硝酸に曝露された直後の亜硝酸酸化細菌は一時的に失活し、この時の応答が従来の経験式の表現に合致すること、亜硝酸濃度が低い場合は亜硝酸酸化細菌の活性は次第に回復すること、という今まで全く知られていない2つの現象を実験的に示した。第5章では、これらの応答を整理した数学的モデルを用いて連続運転による亜硝酸酸化細菌の動的な消長を計算した。第6章では、既往文献のデータを再解析することで、増殖や阻害の速度パラメータは亜硝酸酸化細菌を集積した汚泥の種類で異なる可能性があることを示した。第7章では、微生物の増殖、阻害、死滅を理論化した一連の数学モデルを整理することで今後の展望と課題をまとめた。

公聴会では多くの質問に適切に回答し、これらの研究に基づく論文は国内外で評価される学術誌に掲載済みであって本研究の学術性は十分に高いと判断される。

よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。



|                |   |
|----------------|---|
| フリガナ<br>氏名（本籍） | スッポン クリッサナワンホン（タイ）  |
| 学位の種類          | 博士（工学）  |
| 学位番号           | 甲第74号   |
| 学位授与年月日        | 平成26年9月26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 Evaluation of Energy Use by Introducing the Distributed Energy Resources in Thailand's Commercial Buildings</p> <p>（タイの非住宅建築物における分散型エネルギーシステムの総合評価に関する研究）</p>             |
| 論文審査委員         | <p>主 査 高 偉俊<br/>（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 黒木 荘一郎<br/>（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<br/>（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 黎 暁紅<br/>（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

Electrical energy consumption for Thailand's commercial sector is accounted for 34.3% of total electrical energy consumption for whole country. Several development plan and regulations of energy efficiency for commercial buildings were implemented but the results of energy performance in each building type still not well developed effectively. This research is focused for another facet of the development of energy security at Thailand's commercial buildings from the saving of the primary energy supply of the electricity generation which mostly relies on Centralized Generation only at the present.

In this research, the characteristics of energy consumption and the utilization of primary energy of Thailand's commercial buildings in 2010 and 2011 were analyzed from the database of Thailand's Department of Alternative Energy Development and Efficiency in order to determine priority and potential of energy improvement from the proposed method of the implementation of Distributed Energy Resources (DERs). Office buildings, Hotels, and Convenience stores are selected as the target for feasibility study of the implementation of DERs by using evaluation models from 3 considering aspects – energy performance, environmental assessment, and economic assessment, in order to find optimal solution of the implementation of DERs for each building type.

The improvement of energy performance of commercial buildings from case study are determined by the selection of the optimal capacity of cogeneration system combined with other DERs system under the characteristics of end-use energy data, investment strategies, economic and technical constraints. The analysis results found that the saving of primary energy after implementation of DERs for Thailand's commercial buildings can be increased more than 15 percent.

## 論文審査の結果の要旨

本論文ではタイにおける分散型エネルギーシステムの導入可能性を総合的・定量的に評価する研究手法を提案した。さらに提案した手法を用いて、タイにおける個別建物を対象に、分散型エネルギーシステムの導入のケーススタディを行った。

第1章では、タイにおけるこれまでの分散型エネルギーの導入状況や背景を検討した。従来研究との比較研究を行い、本研究の目的及び必要性を明らかにした。

第2章では、タイにおける分散型エネルギーの現状と将来展望を調査・分析した。

第3章では、タイにおけるエネルギー政策の調査を行い、分析を行った。

第4章では、実態調査として、タイにおける1280以上の非住宅建物のエネルギー消費の現状を調査・分析した。貴重なデータを得られ、タイ非住宅建物のエネルギー消費の状況を明らかにした。

第5章では、分散型エネルギー導入効果の評価に関する理論研究を行い、分散型エネルギーシステムの計画及び評価手法を提案した。

第6章では、具体的に非住宅建物を研究対象とし、調査データを用い、それらの建物のエネルギー消費の特性を解析し、分散型エネルギーシステムの導入による省エネルギー性・経済性・環境性を明らかにした。

第7章では、各章における結論を総括するとともに、今後タイにおける分散型エネルギーシステムの推進、普及のあり方を展望した。

以上のように、本論文は分散型エネルギーシステムの導入可能性を総合的・定量的に評価する研究手法を確立することにより、その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、分散型エネルギーシステムの評価を可能にし、今後タイにおける建築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<br>氏名 (本籍) | ベター パラミタ (インドネシア)  |
| 学位の種類           | 博士 (工学)  |
| 学位番号            | 甲 第75号   |
| 学位授与年月日         | 平成26年9月26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 style="text-align: center;"><b>Urban Microclimate of Building Form and Massing in Bandung, Indonesia</b></p> <p style="text-align: center;">(インドネシア・バンドンにおける建物の形体とマッシングによる都市の微気候への影響に関する研究)</p> |
| 論文審査委員          | <p>主 査 福田 展淳<br/>(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 黒木 荘一郎<br/>(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 高 偉俊<br/>(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 松本 亨<br/>(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

Tropical cities which lay near the equator line within +23 degrees and -23 degrees latitude are having abundant natural resource of the sun, and it is 6 months facing the North and 6 months facing the South. The temperature remains relatively constant throughout the year, which means solar availability and precipitation become the most influence seasonal variation. Thus, the absence of extreme temperature in this region becomes a benefit to optimize the outdoor microclimate.

The urban microclimate itself has a special local atmospheric condition that its climate differs with the surrounding area. The urban morphology and its configuration which including building form and massing also its density, then becomes the matter of gaining urban thermal by keeping the heat on their surroundings. Specific discussion about urban physics is urban fabrics meet with meteorological aspects then bring into specific urban microclimate. Urban built environment, particularly in relation to the form and mass of buildings. Their size, shape, scale, orientation and distribution of green spaces is well positioned to gain outdoor thermal comfort, but when its planning and design does not adapt the local climate, then the opposite will happen naturally. Its heat from solar radiation during the daytime is trapped on to surface area, such as wall, roof and ground area, which potentially gain the meant radiant temperature ( $T_{mrt}$ ). During sunny weather in the hot season, this  $T_{mrt}$  is the most important meteorological input parameter for the human energy balance. Therefore, outdoor thermal comfort significantly influenced by the  $T_{mrt}$  value.

Bandung, Indonesia then becomes the object study to observe its potential and urban environment problem, to seek the solving contribution. Bandung is the 2<sup>nd</sup> largest metropolitan as well as an urban slum in Indonesia, which is after Jakarta. The problematic description caused by rapid urbanization affected into the urban built environment, its building density, the change of land-use, and also the quality of urban living. This study presents a thorough discussion that divided into: (1) The trend of heat intensity in a city which correlated with land use changes and differences; (2) Urban form that contribute to the alteration of microclimate by describe its urban physics meet meteorological aspects. In this part will present an example of assessment of building form and massing which influence of outdoor thermal comfort; (3) Passive design strategy of building form and massing takes into consideration of population density and its microclimate effects.

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、インドネシア・バンドンを対象地とし、建物の形体とマッシング(形体を変えることによる塊としての建物の変更)が都市の微気候にどのような効果をもたらすかを解析し、都市の微気候の向上を図るための建物形体や配置を検討した研究である。

第1章では、研究の背景や目的、論文の構成が述べられている。

第2章では、都市の微気候に関連する既往研究を示し、本論文の位置づけが示されている。

第3章では、対象となる熱帯地域に属するインドネシア・バンドンにおける急速な都市化に伴う建物密度及び土地利用の変化とそれによってもたらされる都市環境問題について述べられている。

第4章では、研究の具体的方法が示され、現地実測調査、都市形体及び建物の集合状態とそれらが都市の微気候に与える影響、都市の微気候と快適性の予測モデルを示し、それらの関連性及び建物群によるパッシブデザインの可能性を述べている。

第5章では、実測結果に基づき都市の形体とマッシングが都市の微気候にどのように影響を及ぼしているかを解析し、高密度居住地域、教育地域、工業地域の3つの異なる土地利用形態において、建物による土地被覆率、容積率、都市キャニオンと放射温度との関係を示した。さらに、バンドンでの過去25年間の平均気温の増加傾向と4つの地域での近年の日別気温の関係、5つの公共住宅に関し、建物配置と都市気候の関連性を示した。

第6章では、5章の解析に基づき、都市形態に影響を及ぼす気象変数を導きだす指標としてPET,PMV,YJSを用いた都市気候予測モデルを示し、高温多湿地域において屋外の熱快適性を向上させるための建物群の計画策定方法を提案した。

第7章では、インドネシアの住宅計画に関する法的側面から、都市の微気候への影響を踏まえた住宅供給の必要性を述べている。第8章では、各章で得られた知見をまとめ、総括としている。

以上、本論文は、インドネシア・バンドンでの建物の形体とマッシングによる都市の微気候への影響を解析し、その関連性を見いだしており、都市気候分野での新たな知見を与えるものである。急速な都市化が進みつつあるインドネシアでの都市気候の変化を踏まえた住宅計画を行う際の技術的手法を提案しており、高温多湿の熱帯地域での今後の都市づくり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<br>氏名（本籍） | チョウ ウ（中国）  |
| 学位の種類          | 博士（工学）   |
| 学位番号           | 甲第76号  |
| 学位授与年月日        | 平成26年9月26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 style="text-align: center;"><b>Portability-Aware CMOS Mixed Signal VLSI Circuit Design Methodology</b></p> <p style="text-align: center;">（ポータビリティを意識した CMOS ミックスドシグナル VLSI 回路設計手法に関する研究）</p> |
| 論文審査委員         | <p>主 査 中武 繁寿<br/>（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 宮下 弘<br/>（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 孫 連明<br/>（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 吉塚 和治<br/>（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

As semiconductor moving to smaller process nodes especially under nanometers, the cost has become expensive when we redesign a circuit in a new and smaller process. One of the reasons is that the layout-dependent effects (LDE) such as shallow trench isolation (STI) stress and well proximity effect (WPE) become dominant to achieve circuit performances.

Compared with digital integrated circuit, the effect to the analog circuit is even severe. In this work, we propose an automatic porting methodology considering the LDE to migrate the VLSI system to a new manufacturing process. Furthermore, we evaluate our methodology applying to several practical circuits. We introduce efficient porting methodologies for three kinds of circuit, analog, digital and memory circuit in this work. First, we propose a design methodology via geometric programming (GP) for analog circuits. We model the LDE as posynomial function of GP and then formulate an optimization problem of analog device sizing. Second, we propose a timing closure design scheme with standard cells for digital circuits. Based on this scheme the digital circuit can be easily migrated to other process. Focusing on design of delay locked loop circuit (DLL), we demonstrate to design the standard cell along with behavior model of the circuit.

Finally, we propose an automatic design tool aware scheme for memory circuits with a parameterized cell. Considering LDE, we introduce a memory cell with variable width and height. Furthermore, we show a novel structure memory array with a better trade-off between the cell size and the circuit performance such power and delay.



## 論文審査の結果の要旨

本研究は、半導体上に集積されたアナログ・デジタル・メモリ回路から構成されるミクストシグナルシステムを別の製造プロセスへ移行することをポーティングとして定義し、効率的なポーティングを行うための設計方式と自動回路合成アルゴリズムを提案し、いくつかの典型的な回路に対する設計事例を示し、提案手法の妥当性を立証している。

第 1 章では、半導体の微細化に起因するポーティング時の設計コストに関する課題を整理し、最新の設計自動化技術を採用することにより、効率の良い設計方式の提案ができることをについて述べている。

第 2 章では、アナログ回路のポーティング技術として、製造プロセスに密接に係るレイアウト依存効果を考慮してデバイスサイズを自動調整する方式を提案している。具体的には、オペアンプを題材として、レイアウト依存効果を幾何学的計画法に基づきモデル化し、回路仕様に対する最適な回路合成を行い、シミュレーションにより合成回路の性能検証を行い、提案方式の妥当性を確認している。

第 3 章では、デジタル回路では、自動合成システム向けのライブラリ開発とタイミング収束性がポーティングにおいて重要とし、DLL (Delay Locked Loop) 回路を題材にして、Verilog による高位記述とスタンダードセルライブラリ化を紹介し、シミュレーションによるタイミング検証によりポーティングの有効性を実証している。

第 4 章では、メモリ回路のポーティング技術として、自動設計技術の恩恵を活かし、メモリセルごとに性能を調整できるパラメトリックセルを提案し、実際にパラメトリックセルを導入したシミュレーションにより、レイアウト依存性リーク電流の抑制や読み出し、書き込み遅延の改善ができることを実証している。

第 5 章では、全体を要約し今後の課題に触れている。

以上を要するに、本研究は、ミクストシグナルシステムのポーティングの設計効率化に資する設計方式を提案し、計算機シミュレーションによりその妥当性を実証したものである。

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<br>氏名（本籍） | リ シン（中国）  |
| 学位の種類          | 博士（工学）  |
| 学位番号           | 甲第77号   |
| 学位授与年月日        | 平成26年9月26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         | Verification of high-density hydroxyl radical generating technology and relevant application technology of free radical<br>(高濃度ヒドロキシルラジカルの製造技術及び生成したフリーラジカルの応用)         |
| 論文審査委員         | 主 査 石川 精一<br>(北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士)<br>審査委員 門上 希和夫<br>(北九州市立大学国際環境工学部教授 博士 (水産学))<br>審査委員 大矢 仁史<br>(北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士)<br>審査委員 福田 展淳<br>(北九州市立大学国際環境工学部教授 博士 (工学)) |

## 論文内容の要旨

In recent years demand has been increasing for effectively disinfect, deodorize, air purification, water treatment, wafer rinse containing metal impurities such as Ag, Ni or Al, and recalcitrant organic matter such as dioxins or agricultural chemicals, which has not been able to be treated by traditional treatment techniques using chlorine or ozone. The hydroxyl radical is conventionally generated by the reaction of dissolved ozone. Hydrogen peroxide or ultraviolet light is used for decomposition of the dissolved ozone. However, the hydroxyl radical production efficiency of the conventional method is not high, as one hydroxyl radical is produced from three molecules of ozone. And as it is short live, it is difficult to capture and determination. Detection methods require high sensitivity and high selectivity. Although most techniques are suitable for certain experimental objectives, they all have limitations, and need high cost and complicated operation. For these reasons, a high-efficiency hydroxyl radical generation technique and a highly efficient and convenient semi-quantitative and qualitative system of hydroxyl radical are desired.

In this paper, chapter 1 has introduced about the overview. Chapter 2 analyse photodecomposition behaviours of pesticides in the source for water supply using an alumina carrier-titanium dioxide photocatalyst. Chapter 3 will introduce novel hydroxyl radical generation technology. In order to largely promote hydroxyl radical generating efficiency, the technology is developed which comprehensively uses ozone, ultraviolet, ultrasonic and titania nanotube photocatalyst, meanwhile adopts the method of high velocity impact of forging thermal spraying. Chapter 4 analyse photo-decomposition of volatile organic compound using nano-reaction field separation  $\text{TiO}_2$  photocatalyst. Chapter 5 discusses production of active intermediates and decomposition behaviours and effects of organic compounds using hydroxyl radical in the ultraviolet ray/supersonic wave multiple reactions with  $\text{TiO}_2$  photocatalyst. Chapter 6 discusses the generation of hydroxyl radical in the process of ozone/ultraviolet ray/supersonic wave multiple reactions with  $\text{TiO}_2$  photocatalyst, and quantitative and qualitative analysis of generated hydroxyl radical with chemiluminescence and other methods. Chapter 7 discusses contaminants cleaning and decomposition Effects by hydroxyl radical. Chapter 8 discusses heavy metals from wastewater by the polysulfide complex process after wafer cleaning with hydroxyl radical water. At last the study was summarized in Chapter 9.

## 論文審査の結果の要旨

ヒドロキシルラジカルは、その強い酸化力や殺菌力、ヒドロキシル基導入による材質の変化、マイクロ・ナノバブル効果によるラジカルの延命等の性質により、難分解性物質の分解・除去、IC ウェハの洗浄・表面処理、食品・医療関係での殺菌・洗浄、繊維・樹脂製品の改善等幅広い分野での応用が期待される。本論文では、これらの根拠となる基礎的研究成果について述べたものである。

第 1 章では、概要を述べた。第 2 章では、TiO<sub>2</sub> 光触媒の担体として、シリカゲルよりも耐久性の強いアルミナを用いて、水道原水中に含まれる農薬の紫外線分解挙動について調べ、シリカゲル担体に劣らない高い分解・除去効果が得られた。第 3 章では、金属イオンを位置選択的に担持したナノ反応場分離型 TiO<sub>2</sub> 光触媒をナノチューブに超高速コールドスプレー溶射成膜し、紫外線/超音波照射によって、オゾン水から高密度で比較的寿命の長いラジカル水が得られることを明らかにした。第 4 章では、低沸点有機化合物の光分解挙動について、化学構造との関係を明らかにした。第 5 章では、第 2 章で述べた光触媒を用いて、水中における紫外線/超音波照射の複合反応による活性種の挙動及び有機物との反応挙動について調べた。酸化剤としてラジカル種が考えられ、その生成量は光触媒の存在で増加し、反応系外でも超音波照射効果により数分間持続した。第 6 章では、第 2 章で述べた光触媒を石英ガラスに溶射し、紫外線/超音波照射によって、オゾン水から高密度で比較的寿命の長いラジカル水が得られる装置を開発した。また、活性種の挙動や金属のイオン化、化学発光等からラジカルはヒドロキシルラジカルと考えられた。第 7 章では、ヒドロキシルラジカルによる金属や有機物の洗浄効果を調べた。現在、IC ウェハ等の洗浄・表面処理にオゾン水や過酸化水素水、酸等の薬剤が使用されているが、ヒドロキシルラジカル水の洗浄力はこれらよりも強く、環境にも優しい。第 8 章では、ヒドロキシルラジカル水による金属洗浄廃液について、多硫化物を用いた処理方法によって、数種類の重金属を広い pH 範囲で、硫化物として沈殿分離することができた。第 9 章では、総括を述べた。

本研究は、酸化力・殺菌力が強く、数分間持続する高濃度のヒドロキシルラジカル水の製造方法を開発したもので、今後、広い分野での利用が期待できる。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17号（平成26年9月授与）

発行日 平成26年11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