

平成 28 年度

# 博士學位論文

内容の要旨および

審査結果の要旨

第 2 1 号

(平成 28 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 96 号	ネットウオン パウァースダ	1
博士(工学)	甲第 97 号	ゴ ヴァン アン	4
博士(工学)	甲第 98 号	ソウ ニチチョウ	7
博士(工学)	甲第 99 号	チョウ トウ	10
博士(学術)	甲第 5 号	ワンバンル タナプーム	15
博士(工学)	甲第 100 号	飯田 玲香	19
博士(工学)	甲第 101 号	コウ シン	22

フリガナ 氏名 (本籍)	ネットウォン パウイースダ (タイ)
学位の種類	博士 (工学)
学位番号	甲 第96号
学位授与年月日	平成28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	Synthesis of New Hydrocarbon Biodiesel (HiBD) from Waste Cooking Oil over MgO-Based Catalyst (酸化マグネシウム系触媒による廃食油からの新炭化水素バイオディーゼル (HiBD) の合成)
論文審査委員	主 査 朝見 賢二 (北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士) 審査委員 黎 暁紅 (北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士) 審査委員 山本 勝俊 (北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士 (工学)) 審査委員 清田 高德 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士 (工学))

## 論文内容の要旨

The purpose of this thesis is to develop an MgO-based catalyst with high activity and stability for the production of new hydrocarbon biodiesel by catalytic decarboxylation of triglycerides and their derivatives in waste cooking oil. This thesis is composed of 5 chapters as below.

Chapter 1, general introduction and literature review related in this field are described. Decarboxylation is usually conducted over noble metal-based catalysts (Pd and Pt). However, considering the high cost of above noble metals, it is more practical in industrial standpoint to develop cheaper catalysts showing similar performance and stability. It has been reported that MgO displayed catalytic performance comparable with that of a metal catalyst. Nevertheless, MgO exhibits a poor CO<sub>2</sub> adsorption capacity due to its low surface area and pore volume.

In chapter 2, effect of support material of MgO is examined. The MgO-based catalysts supported on  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub> and active carbon were prepared by incipient wetness impregnation method and tested in an agitated reactor at 430 °C under helium at a flow rate 50 mL/min. All catalysts can convert triglycerides into hydrocarbons in diesel specification range (C<sub>10</sub>-C<sub>20</sub>) via two parallel pathway: decarboxylation or subsequent cracking reaction. The 10M/SiO<sub>2</sub> catalyst was selective toward cracking reaction, whereas 10M/AC catalyst showed the highest selectivity to decarboxylation. The addition of 10wt% ZrO<sub>2</sub> to MgO/AC catalyst increased the yield of hydrocarbon in diesel range and also resistant to coke formation on the surface catalyst.

In chapter 3, the development of MgO catalysts supported on silica with the best CO<sub>2</sub> capture capacities (CaO and ZrO<sub>2</sub>) is reported. The addition of CaO and/or ZrO<sub>2</sub> exhibited a good catalytic activities, which gave higher CO<sub>2</sub> yields and lower total acid values than MgO/SiO<sub>2</sub> catalyst, due to their higher surface area and pore volume in comparison to the monometallic 10M/SiO<sub>2</sub> catalyst.

In chapter 4, the effect of the addition of CaO and ZrO<sub>2</sub> on the performance and stability of MgO supported on active carbon is studied. The addition of CaO and ZrO<sub>2</sub> significantly improved the catalyst activity and stability. The addition of CaO lead to the formation of increased lighter hydrocarbons (C<sub>1</sub>-C<sub>9</sub>), whereas the addition of ZrO<sub>2</sub> was found to increase the yield in diesel fraction for the catalytic decarboxylation of waste cooking oil.

Finally, conclusions of this work and prospects for the future of HiBD and the design of its production catalysts are described in Chapter 5.

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、廃食油（脂肪酸トリグリセリド）から高品質の炭化水素系新バイオディーゼル燃料 HiBD（High Quality Biodiesel）を製造するための酸化マグネシウム系触媒の開発を行った研究に関するもので、全 5 章よりなる。以下にその概要を示す。

第 1 章では、本技術分野における既往の研究をレビューしており、従来脱炭酸反応に有効とされる白金等の貴金属に代わる、酸化マグネシウム系触媒の開発の重要性を指摘し、高活性、高選択性、さらに長寿命を有する触媒開発を目標とした、本研究の目的を設定している。第 2 章では、酸化マグネシウム触媒の担体の効果について検討している。酸化アルミニウム、酸化ケイ素（シリカ）、酸化ジルコニウム、活性炭の 4 種の担体を用いて触媒を調製して反応に用いた結果、いずれの担体でも油脂の転化反応では、脱炭酸反応と炭素鎖解裂反応が同時に進行すること、シリカと活性炭が担体として有効であること、および活性炭担持触媒では前者が、シリカ担持触媒では後者が優先的に進行することを見出している。また酸化ジルコニウムにはコーキング耐性があることも発見している。第 3 章では、シリカ担持酸化マグネシウム触媒の性能改善について取り組んでいる。酸化カルシウムや酸化ジルコニウムを添加することにより、脱炭酸特性が向上し、CO<sub>2</sub> 収率の増加と、製品油の酸価の低減をもたらすことを述べており、これは主に比表面積と細孔容積の増加に起因するものと結論している。第 4 章では、活性炭担持触媒における酸化カルシウムや酸化ジルコニウムの添加効果、特に触媒の安定性について検討している。この系では、これらの酸化物を添加すると、著しい活性安定化効果を与えることを見出している。さらに酸化ジルコニウムを添加することにより、ディーゼル留分の収率が向上することも明らかにしている。第 5 章では、本論文のまとめと、今後の技術展開についての展望が述べられている。

以上の研究成果は、新しいバイオディーゼル燃料の製造技術開発において、新たな触媒開発の指針を示すものであり、工学的に大きな価値を有する。また触媒作用や反応機構の解明は、触媒化学の学術的発展に貢献するものである。

よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	ゴ ヴァン アン（ベトナム）
学位の種類	博士（工学）
学位番号	甲第97号
学位授与年月日	平成28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>The Treatment of Steam Explosion Wastewater Generated from Bioethanol Processing using Sugar Cane Bagasse  （バイオエタノール製造工程から排出されるサトウキビバガス水蒸気爆砕排水の処理に関する研究）</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 伊藤 洋  （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> <p>審査委員 宮里 義昭  （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

In bioethanol processing factories, new technologies using steam explosion pretreatments are developed to improve ethanol production from cellulose (*e.g.* sugar cane bagasse). However, the wastewater from this step with high chemical oxygen demand, high soluble total organic carbon, low pH, strong odor and dark brown color causes serious environmental problems. In this regard, anaerobic biological treatments are also paid attention as the potential processes. However, the accumulation of volatile fatty acids (VFAs) in the high-rate methane fermentation processes often causes an operational failure. In many researches the inhibition is assumed on the microbial growth stages whilst acceleration of the decay by inhibitory materials is not considered. In this study, irreversible inhibition under very high VFAs in decay stage was examined. In addition, to evaluate the anaerobic biological degradability of organics in steam explosion wastewater generated from bioethanol processing a batch test was conducted to elaborate a reaction map. Along with that, the high-rate anaerobic reactors (fixed-bed reactor and upward anaerobic sludge blanket reactor) were applied to treat steam explosion wastewater in continuous operation. To express the reactor performances and biological degradability of the wastewater organics in mathematical manner, a kinetic model was developed based on a modification of Anaerobic Digestion Model No. 1 (ADM1) and Activated Sludge Models (ASMs). On the other hand, due to the recalcitrant properties, colored compounds (lignin) can also contribute to the failure of biological processes in wastewater treatment plants. Therefore, additional treatments with physico-chemical methods (coagulation/flocculation and adsorption) after anaerobic digestion to remove color as well as lignin were studied.

## 論文審査の結果の要旨

本学位論文は、バイオエタノール製造工程から排出されるサトウキビバガス水蒸気爆砕排水の処理に関するもので、再生可能資源である植物バイオマスの積極的な工業利用に資することを目的とした研究である。

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、バイオエタノール製造の世界市場ならびに当該排水の基本的な特性（高濃度の有機物を含有し、生物学的に難分解性の成分と易分解性の成分が混在）することを概括し、高度な排水処理技術を開発するための研究課題を整理した。第2章では、これらに関する現状の研究開発動向をレビューし、特に嫌気性生物処理プロセスを数学的に表現するためのモデル構造に着目して研究課題の独自性・新規性を示した。第3章では、嫌気性生物処理プロセス内のアンバランスな反応に起因する酸敗現象を実験的・数学的に整理し、強い酸敗条件下では関連の微生物が不可逆的に失活してプロセスが回復しないことを新規の数学モデルで説明した。第4章では、当該排水の各種有機物成分に対応する生物分解反応を実験的に解析し、回分条件における水蒸気爆砕排水の嫌気性生物分解反応を表す新たな数学モデルを作成した。続く第5章では、固定床リアクタを用いた連続実験によって当該排水の処理性能を評価するとともに、開発した数学モデルを用いて連続運転のシミュレーションをおこなった。これにより、溶解性基質の生物膜内への拡散がプロセス性能の律速になること、生物学的に難分解性の成分（リグニン）が処理水に残存することを示した。第6章では、生物学的に難分解性の成分を除去するための各種物理化学的プロセスの基礎検討をおこない、次亜塩素酸によって部分酸化をおこなった後にポリ塩化アルミニウムを添加すると難分解成分の除去が高まることを述べた。最終の第7章では、これらの研究結果をもとに生物処理と物理化学処理を組み合わせた新規な排水処理のプロセスを提示するとともに、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酸敗現象ならびに嫌気性生物処理プロセスのそれぞれの数学モデルは、査読付国際学術誌（2報）に掲載された。また、回分実験と連続実験による当該排水の嫌気性生物処理についてもそれぞれ本人が国際学会（2件）で発表した。これらは十分な学術成果と判断される。

よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	ソウ ニチチョウ（中国）
学位の種類	博士（工学）
学位番号	甲第98号
学位授与年月日	平成28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	中国大都市を対象とした廃プラスチック回収・再資源化システムの最適化に関する研究 (Study on the Optimization of the Plastic Waste Recycling System in Mega-city of China)
論文審査委員	主 査 松本 亨 (北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士) 審査委員 二渡 了 (北九州市立大学国際環境工学部教授 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 津田 恵吾 (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

中国天津市では、2002年から子牙循環経済産業園区が整備されているが、市内の効率的な回収・運搬システムが整備されておらず、その多くは零細事業者の手に委ねられている。また、市内で回収された廃プラスチックの多くは主に河北省の文安県の再生事業者に転売されている。文安県には小規模な再生事業者が集積しており、排水の未処理放出等、環境への影響が問題視されている。このような問題点の解決のためには、廃プラスチックの効率的な回収・再資源化システムの構築が必要であると考えられる。

本研究では、現地調査により天津市の回収・運搬システムの現状を把握した後、廃プラスチックのフローを推計した。次に、これらの情報をもとに、GIS解析による最適な輸送計画を取得し、再資源化過程を含めLCAを行うことによりシステム全体の環境負荷削減効果を求めた。本論文は上記にかかる研究成果を取りまとめたものであり、全6章で構成されている。

第1章では、研究の背景について論じ、本研究の目的と構成を述べた。

第2章では、廃棄物の輸送システムの最適化に関する既往研究、GIS解析に関する既往研究をレビューしたうえで、本研究の位置づけを明確にした。

第3章では、天津市にて3回現地調査によるリサイクルシステムにおいて各セクターの現状を明らかにした。現状システムの問題点を把握した上で、それに対する改善策を検討し、仮説として提示した。現地拠点で実施した廃プラスチックの組成調査の結果から廃プラスチックの発生量を推計した。さらに、現地調査と文献調査によるデータ・情報に基づいて天津市の廃プラスチックフローを推計した。

第4章では、第3章で推計した廃プラの発生量を機能単位で、GISを用いて空間シミュレーションを実施し、さらに、提案したシステムの環境負荷削減効果をLCAにより現状ケースと比較した改善ケースのGHG削減効果を評価した。

第5章では、第3章で推計した廃プラの発生量を機能単位で、収集・運搬システムの最適化問題を検討した。政策パラメータの中でも感度が大きい中継場数と輸送用車の配分に着目し、それらの最適な決定方法について検討した。多目的最適化問題として、CO<sub>2</sub>排出量を環境コストに換算し、重み係数法で経済コストと環境コストの和を最小にするときのパレート最適解集合を見出し、重み係数の値における最適な中継場数や輸送車両数等を決定した。さらにGIS解析手法を活かし、第4章と異なるパラメータで空間解析を行い、現状ケースと改善ケースを比較することで環境面の改善効果を求める手法を提示した。

第6章では、本研究の結論と今後の課題について述べた。

## 論文審査の結果の要旨

中国の大都市では、廃棄物の増大にともない、ハード・ソフト両面のリサイクル体制の整備が急ピッチで進められているが、一方で、インフォーマルな市場、非効率な収集・運搬システム、環境未対応の再資源化工場等の問題が存在している。本研究は、中国大都市を対象とした廃プラスチックの回収・再資源化システムの最適化を指向し、必要なデータ・情報収集と解析手順を提案し、天津市に適用した。

本論文は、全6章で構成される。第1章では、本論文の背景及び目的、第2章では、既往研究のレビューと本研究の特徴について述べている。第3章では、3回にわたる現地調査により廃プラスチック回収・再資源化システムにおける各セクターの現状を明らかにし、改善策を仮説として提示している。さらに、組成調査と文献調査によるデータ・情報に基づいて天津市の廃プラスチックフローを推計した上で、再資源化可能なプラスチック発生量を明らかにしている。第4章では、第3章で推計したPETボトル以外の家庭系廃プラスチックの処理を機能単位として、回収のための輸送ルートの改善、2次輸送の積載率向上等の改善策を想定したシナリオ分析を行っている。GISを用いて発生分布と輸送ルートを解析し、その結果に基づきLCAにより環境負荷削減効果を算出している。第5章では、同じく家庭系廃プラスチックの発生量に基づいて、政策パラメータの中でも感度の大きい中継場の配分に着目し、その最適値の決定方法について検討している。GCM (grid city model) を用いて輸送コストとCO<sub>2</sub>排出量を算出し、多目的最適化手法により中継場数の最適値を決定した後、GIS解析により輸送負荷を精緻に推計している。これをベースに現状と比較した最適ケースのCO<sub>2</sub>削減率を算出している。第6章は、本研究の総括である。

以上要するに、本論文は、廃プラスチック発生量推計、多目的最適化手法を用いた中継場数の決定とGISを用いた発生分布と輸送ルートの最適解導出、LCAを用いた環境負荷削減効果推計という一連の手法を提示したものである。本研究の成果は、中国大都市のリサイクル体制整備に向けた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大きい。

よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	チョウ トウ（中国）
学位の種類	博士（工学）
学位番号	甲第99号
学位授与年月日	平成28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>STUDY ON ECO-DEVELOPMENT METHODOLOGY OF "TABLELAND" RURAL HABITAT IN GULLY REGION OF LOESS PLATEAU IN CHINA</p> <p>（中国の黄土高原溝壑地区における「台地型」地域居住の持続可能な発展方法に関する研究）</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 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 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 大矢 仁史 （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

Gully region of Loess Plateau is one of the subtype regions and natural geographical units in Loess Plateau. Comparing to other regions in Loess Plateau, although it is full of gullies and with serious soil erosion, the broad tableland area is very suitable for farming, that also the reason why lots of towns and cities are located there and comes to a population dense area. Due to the backward economy and fragile ecology, the development of rural area is restrained and even contracted for a long time. As the Chinese reforming and opening in 1980s, specially, as the implementation of west development strategy, this region experience an unprecedented development with the improvement of social productivity, ecological environmental construction and soil and water conservation, the long time stagnant situation was changed and come to a rapid developing period.

Since the implementation of construction of new socialist countryside in 2005, this region has developed amazingly. However, lack of ecological and sustainable development theory as the guideline, lots of areas just pursuit construction speed and the convenience of operation, just simply copy the urban construction model, and use "modern" high energy consumption high pollution materials, all of these cause the separation of rural habitats construction with regional characteristics. Furthermore, the environmental and climate suitability of these new residences are low, which cause several social problems, such as the further destroy on ecological system, ecological service function degradation and a series of ecological and geological disasters.

"Tableland" village, as the smallest social unit in Loess Plateau, own large amount of agricultural population. During the new socialist countryside construction, large numbers of residents live in gullies move to tableland under the influence of governmental policy and residents' subjective wishes. The phenomenon of population movement to tableland, on the one hand, it caused the disappearance of the slope villages and gully villages; on the other hand, it increased ecological pressure of tableland where was densely populated originally. Until now, the number of "Tableland" villages is over 75% of total village numbers in this region, the ratio of population there is over 85% of total. Therefore, during the new socialist countryside construction, how to do the ecological and sustainable planning, how to efficiently use and save energy and protection environment, and how to improve residents' productivity conditions and living environment, the solutions of these questions is very important to both the development of "Tableland" rural habitats and also the ecological development of whole gully regions.

Based on the analysis of fragile ecological environment and the aim of achievement of the rural habitats' sustainable development, "Tableland" rural habitats in gully regions of Loess Plateau is the research object. With the adoption of ecological and sustainable development theory, this research focuses on the methods how to realize the ecological and sustainable development, establish the ecological development format, method system and optimizing model for the future construction.

Lots of field investigation and interviews are done in "Tableland" rural habitats in different areas of gully regions of Loess Plateau, qualitative research is the mainly used and combined with quantitative research. Based on the investigation documents, the statistical data, and data from field investigation and interviews, this research analyzes the human settlement planning method in "Tableland" rural habitats in a macro level, and base on the climate analyses and software simulation, the importance of space layout types and characteristics of current new countryside construction is analyzed. Combing with the traditional courtyard layout of gully regions in Loess Plateau, the new ecological layout method of vernacular dwelling is put forward. Using the theory of full life cycle, the energy consumption of different residential buildings in life cycle are analyzed in micro level, and the results can be used as bases for further research residential buildings Ecological design method of "Tableland" rural habitats.

The aim of this research is realizing the ecological and sustainable development of "Tableland" rural habitats in Loess Plateau. Systematic research is adapting to local conditions, and the ecological and sustainable development methods are explored in this research. All the results of this research can make up shortages and fill the gap of ecological planning in the new countryside construction. This paper hopes to be used as the reference for the construction technology and methods in the future ecological and sustainable development for rural habitats in Loess Plateau.

## 論文審査の結果の要旨

黄土高原の溝壑（ガリ）地区は、溪谷と台地で構成された特色ある自然地形によって形成された農村居住地域である。本研究は、この特徴的な地域を対象に、地域スケール、街区スケール、住宅スケールの3スケールに分けて分析を行い、生態系に配慮した持続可能な開発手法の提案を行っている。

第1章では、研究の目的および背景、調査方法をまとめた。

第2章では、「台地型」地域居住の特徴および現在の開発状況を示し、この開発の問題点および開発手法の分類を行っている。

第3章では、耕作可能な土地、水資源、居住のために必要なインフラストラクチャーといった生態的な受容能力を踏まえ、台地型地域全体の農村のあり方を示すとともに俯瞰的に持続可能な居住が可能となる開発手法のガイドラインを地域、街区、住宅の3つのスケールで示した。

第4章では、第3章のガイドラインに基づき、典型的な農村地域である **Qin He** 地域を取り上げ、生態的な受容力の分析に基づき、地域全体の居住人口の再配置の必要性を示すとともに、その中の代表的な村である **Tao Qu Yuan** 村に焦点を当て、地域スケールのモデル案を示した。

第5章では、台地型居住の土着の居住形態である地下居住を取り上げ、現在の開発状況を示し、現代の居住形態としての地下居住の問題点を示すとともに、地下居住の形態が急速に失われた状況を示し、新たな地域開発計画と伝統的な居住形態とで整合性が取れていない実態を明らかにした。

第6章では、台地型農村居住の伝統的な居住形態であるコートヤードを持つ住宅のレイアウトを分析し、類型化を行い、採光環境、通風環境、熱環境の観点から、コートヤードを活かした合理的な街区スケールのモデル案を提示している。

第7章では、台地型居住のライフサイクルアセスメントを行い、建設、使用、解体に至るまでの環境負荷を分析し、ライフサイクルエネルギー分析に基づき、この地域の3つの典型的な居住形態の比較を行い、伝統的建築手法がエネルギー面で優位性があることを明らかにした。

第8章では、台地型居住の伝統的居住形態を活かし、生態系に配慮した住宅の設計手法を示し、住宅スケールでの生態系を配慮したモデル案を提示している。

第9章では、各章で得られた知見をまとめ、総括としている。

以上、本論文では、1980年代以降急速に開発が進み、伝統的な地下居住が失われた実態を明らかにするとともに、一般的な開発手法が「台地型」という特徴的な自然環境と土着の居住形態を持つ溝壑地区では、整合性を有していない状況を提示して、自然環境や地域状況に根ざした合理性のある開発が持続可能な発展の

ために必要であることを示し、生態系に配慮した地域、街区、住宅レベルでの計画手法を示した。

急速な発展をとげる中国において、一辺倒な開発行為により伝統的な地域居住が失われている実態を定量的に示した意義は大きく、それまで地域にあった居住形態に学び、地域の生態系に基づく開発が必要であることを強く示しており、本論文は、現代の中国や、今後急速な開発が進むアジア地域の国々の地域計画を考える上で非常に大きな役割を果たすと考えられる。

よって本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名 (本籍)	ワンバンル タナプーム (タイ)
学位の種類	博士 (学術)
学位番号	甲 第5号
学位授与年月日	平成28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>Analysis of Old Public Housing Improvement based on Post-Occupancy Evaluation in Bangkok (POE (Post-Occupancy Evaluation) 手法に基づくバンコクの老朽 化した公営住宅の改善に関する研究)</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 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 天野 史章 (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

Public housing has been providing in Thailand for low and middle-income people which implemented by the National Housing Authority more than 40 years especially in the urban area such as Bangkok. However, the quality of living is still being a skepticism condition on how dwellers are satisfied their living based on a physical housing characteristic. Therefore, the existing affordable housing program in term of old and new development schemes which are operated by the government agency has been addressed to investigate and review. The old public housing, Klong Chan Flat Project, in Bangkok was analyzed based on Post-Occupancy Evaluation as well as residents' feedback and compared to the new public housing scheme, Buengkum Baan Eur Arthron.

Gathering information on both projects by questionnaire and field survey was analyzed with statistical method approach. 30 variables associated with a dwelling, building and community feature, revealed that a residents satisfaction of Klong Chan Flat Project could be increased through a size of living area, a cost of management, and security of neighborhood as high beta coefficient value. These influenced factors were synthesis on specific features; dwelling unit performance analysis with spatial and thermal comfort aspects, building management and cost situation in order to create a predictive model of building expenditure cost, then the community safety has been analyzed to identify a safety system and a risk area with relationship of safety perception that can be useful for safety management.

The results of research provide unique information from which improvements in future housing projects could be made. The results of research into the influenced factors of case study may assist the project owners and relevant public housing stakeholders to prioritize specific actions. This result enables analytical platform of in-depth public housing study to identify the ways in improving the quality of life for low-income people through living and cultural context approach to sustainable public housing development vision.

## 論文審査の結果の要旨

タイでは、これまで低所得者のための公営住宅の生活環境が劣悪であると指摘されてきた。本論文は、Post-Occupancy Evaluation(POE)を用いて、バンコクに現存する公営住宅の調査を行い、本手法の有効性を検証するとともに、今後の開発計画の改善に役立てることを目的としている。

第1章では、研究の背景、目的および論文の構成が述べられている。

第2章では、研究方法について述べている。本論文ではPOEの概念と理論を拡張・適用し、健康状態や環境に関する入手可能な情報の範囲で、居住者の満足度に基づき住居規模、建物そしてコミュニティに焦点を当てて研究を進めている。

第3章では、クロンチャン団地(Klong Chan Flat)及びブンクムバーン Eur Arthron (Buengkum Baan Eur Arthron)にてアンケート調査並びに現地調査を実施し、得られたデータを統計的に処理した。全回答者数は740人であった。住居、建物、コミュニティの特徴に応じて30の変数を設定した。

第4章では、設定した30変数によるロジスティック回帰を用いて、Klong Chan Flat Project 及び Buengkum Baan Eur Arthron に住む住民の満足度を向上するための影響因子を明らか

にした。Klong Chan Flat Project は老朽化しており、居住スペースの大きさ、管理費用、近隣の安全性が影響因子として挙げられ、それらについて詳細な分析を行った。

第5章では、Klong Chan Flat Project の住戸を対象に基本的な快適性評価と風洞装置を用いて現状を調査し、夏期の住戸が不快な状態であることを示した。風洞装置による気流試験でも居住者にとって快適でないとわかった。よって、住戸設計を再考すべきである。

第6章では、Klong Chan Flat Project の30棟を対象に相関関係と回帰モデルを用いて保守費用分析を行い、利用住戸数を明らかにするとともに、共有財の面積でひと月当たりの保守費用が変動することを示した。古い公営住宅の年間支出額の算出には、協同組合費、他の活動費、電気料金、保険料が強く関係しており、メンテナンスプログラムでは、これらの変数を考慮する必要がある。

第7章では Klong Chan Flat Project のセキュリティーシステムについて検討しているが、鉄柵、監視カメラ、照明、バイク駐車場、警察等のうち、バイク駐車場と照明は居住者の安全性に関する満足度に寄与する大きな要因である。健康状態と建物周辺地域は共同社会における刑事事件との関係性がある。長期的な発展において、コミュニティの危険区域は監視と犯罪対策を強化する必要がある。

第8章では、NHAのエコヴィレッジが公営住宅開発推進の際に新規プロジェ

クトのみ注力してきたことを述べた。また、新旧の公営住宅改善のため、持続可能な低所得者向け住宅の開発において、利害関係者と初期計画を影響因子として処理した。

第9章では、各章で得られた知見をまとめ、総括としている。

以上、本論文は、公営住宅の改善計画において、主要3要素に対して高い満足度に寄与する影響因子変数を定めた。これは、将来の住宅計画改善について具体的にどのような方法を取れば有効か独自の情報を与え、その結果、公営住宅における生活の質向上の手段を特定し、より詳細な研究分析のプラットフォームを提供することができる。以上の成果は、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(学術)の学位を受ける資格があるものと認める。

フリガナ 氏名（本籍）	飯田 玲香（佐賀県）
学位の種類	博士（工学）
学位番号	甲第100号
学位授与年月日	平成28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	建築物 ES ツールと CFD の連成解析による空調設計支援・性能 検証に関する研究 (Study on HVAC Design Support and Commissioning by Means of Coupled Simulation of Building Energy Simulation Tool and CFD)
論文審査委員	主 査 白石 靖幸 (北九州市立大学国際環境工学部教授 博士（工学）) 審査委員 龍 有二 (北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士) 審査委員 高 偉俊 (北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士) 審査委員 礪田 隆聡 (北九州市立大学国際環境工学部准教授 工学博士)

## 論文内容の要旨

空調用のエネルギーシミュレーション（以下、ES）ツールとしては、これまでに HVACSIM+(J)、TRANSYS や Energy Plus、HASP 等が国内外で開発されており、近年では国内において空調だけでなく照明・換気・衛生など建物全体のエネルギー消費量を把握するための総合 ES ツール BEST が開発されるに至っている。BEST は建物全体の年間のエネルギー消費量を把握することができるため、建物に関わる様々な省エネ効果の検討を行うことが可能である。しかし、これらのシミュレーションツールの殆どは、室内の温熱・空気環境は代表点（室内平均）1点でモデル化されており、室内物理環境の3次元分布については考慮されていない。このため、近年では国内外において ES ツール（空調）と CFD（Computational Fluid Dynamics）の連成解析に関する研究が多数行われている。

本研究では、第1章として研究の背景と構成を示し、第2章では既往の研究の概要を示す。第3章では CFD 解析、第4章では本研究で採用する建築物 ES ツール（HVACSIM+(J)と BEST）の概要を示す。第5章では、秒単位の詳細な計算が可能な空調システムシミュレーションツール HVACSIM+(J)と CFD、分単位の計算が可能な建物全体の総合 ES ツール BEST（空調モジュール）と CFD の連成解析手法を提案し、既往研究との比較により本手法の特徴を明らかにする。更に、実務での利用を考慮に入れたデータ連携手法の提案も行う。

第6章では、事務所ビルを模擬した空調性能試験室を対象として、HVACSIM+(J)と CFD との連成解析を行っており、実験結果との比較による予測精度の検証や熱的混合損失と利得量の精緻な評価を行うことで性能検証ツールとしての可能性を示す。

第7章、第8章では、2つの実物件を対象とした BEST と CFD の連成解析を行い、空調設計支援ツールとしての可能性を示す。具体的には、第7章では自然換気を併用した個別分散空調システムを導入したオフィスを対象とし、実測結果との比較を踏まえた性能検証を行う。第8章では、セントラル空調システムを導入したオフィスを対象とし、内部発熱を平面的に偏在化させたケーススタディを行う。

第9章では、以上の内容の総括として、提案する連成解析手法の空調設計支援・性能検証ツールとしての有用性を示すと共に、今後の展望についても示す。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、①空調システムシミュレーションツールである HVACSIM+(J)及び②建物全体の総合エネルギーシミュレーションツールである BEST と③建物内の熱・空気・物質移動を予測する CFD の連成解析手法を提案し、3種類の実物件を対象とした一連の連成解析を通じて、提案手法の空調設計支援・性能検証ツールとしての有効性を示す研究である。

第1章では、研究背景と目的、概要及び論文の構成を示した。

第2章では、既往研究を整理した上で、本研究の特徴及び新規性を示した。

第3章では、CFD 解析、対流・放射連成解析の概要を示した。

第4章では、既存の ES ツールを類型化して示すと共に、本論文にて取り扱う HVACSIM+(J)及び BEST の概要を示した。

第5章では、ES ツールと CFD のデータの受け渡しや解析の役割分担を明らかにした上で、本研究にて採用する CFD をメインとした連成解析の概要、CFD のユーザー関数や中間ファイルを活用した連成解析手法を示した。更に BIM の一元管理の思想に倣い、BEST と CFD の双方でデータを共有するデータ連携手法を示した。

第6章では、HVACSIM+(J)と CFD の連成解析を用いて、事務所ビルを模擬した空調性能シミュレータ（本学の空調性能試験室を対象）を構築し、実験結果との比較により予測精度の高さを示すと共に、実験では測定・推定することが困難となる熱的混合損失・利得量を解析により明らかにした。

第7章、第8章では、自然換気併用ハイブリッド空調及びセントラル空調が導入された2棟の实在オフィスビルを対象に、BEST と CFD の連成解析を実施し、実運用（第7章はセンサーの設置位置、第8章は内部負荷の平面的な偏在等）を再現した解析を行うことによって、空調設計支援・性能検証ツールとしての有効性を示した。

第9章では、各章で得られた知見及び今後の課題をまとめ、総括とした。

以上、本論文は建築物 ES ツールと CFD の連成解析手法を確立することにより、当該分野における新しい知見を与えるものである。一連の研究成果により、空調設計の可能性を広げ、今後の建築環境・設備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 氏名（本籍）	コウ シン（中国）
学位の種類	博士（工学）
学位番号	甲第101号
学位授与年月日	平成28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	アジア諸都市の水質改善と関連する水処理方法の検討 (Improvement of Water Quality in Asian Cities and Examination of the Related Water Treatment)
論文審査委員	主 査 伊藤 洋 (北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士) 審査委員 大矢 仁史 (北九州市立大学国際環境工学部教授 工学博士) 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)) 審査委員 仲尾 晋一郎 (北九州市立大学国際環境工学部准教授 博士(工学))

## 論文内容の要旨

アジア諸都市の水質改善を行うため、そのモデル都市として中華人民共和国・慈溪市とインドネシア共和国・スラバヤ市において、水質等調査と水質改善策を提案した。

慈溪市の新園川はゴミや油脂類等が多く浮遊し、冬季に比べ夏季は色度が 23.0→30.0 度、TOC が 7.0→19.9 mg/L と悪化した。また、Ni が日本の要監視項目の基準値を超えていた。しかし、凝集沈殿処理で濁度、色度、COD および PO<sub>4</sub>-P を 74.5%以上除去することができた。水道水の TOC は日本の水道水より高く、Ni が日本の要監視項目の基準値を超えていた。当面の新園川の清掃および浄化について、ゴミ等の回収、強制排水、安全な凝集剤の散布、人工流入システムの導入等の提案を行った。

スラバヤ市の河川水質は有機汚濁が著しく金属類による汚染も見られる。家庭の井戸水も日本の中小都市の河川程度で、Cd や Fe、Mn、Ni 等の金属汚染も著しく飲用には適さない。そこで、下水道整備の事前対策として、水質調査を行い有機物処理を対象とした分散型水処理施設の設計を行った。Jambangan のし尿を含めた住宅下水は、20 世帯について、16 m<sup>3</sup>/日程度、BOD 50 mg/L、SS 50 mg/L の処理水が得られるような親水施設を備えた合併浄化槽を公園に設置する。Pabean 魚市場排水は、スクリーンあるいは沈殿槽および流量調整槽を備えた 150 m<sup>3</sup>/日程度の接触酸化処理装置を設置する。Tenggilis の河川は、BOD 25~28 mg/L、SS 8~10 mg/L 程度にするため、約 50%の水量について、親水施設を備えた曝気付礫間接触酸化処理装置を設置する。

その他の汚染源対策として、廃棄物浸出水中の COD 等の処理方法と難分解性有害化学物質の処理方法を検討した。

廃棄物処分場場内水の COD 処理を効果的に行うため、COD 成分と既存の排水処理施設で行われている凝集沈殿処理や活性炭吸着処理等との関係を調べた。廃棄物および場内水中には有機物以外の COD も含まれているので、バブリングでも COD を減らすこともできる。また、廃棄物によっては、有機 COD のイオン性を調べ、適正な凝集剤を選定することも効果的ではあるが、必ずしもイオン性と除去率が一致するとは限らない。活性炭吸着処理ではバッチ式が非常に効果的であるが、処理後の固液分離を工夫する必要がある。

紫外線 (UVR) 照射-光触媒-超音波 (SSW) 照射の反応系でメチルアルコールおよびジメチルスルホキシド (DMSO) の分解挙動を調べ、分解装置としての機能を評価した。メチルアルコールは、4 時間反応後、最大 8.0%が CO<sub>2</sub>まで分解し、ギ酸を始め 5 種類の間生成物を生じた。DMSO は、最大 18.7%が分解し、

2種類の間生成物を確認した。これらの分解において、UVR照射とSSW照射の併用および光触媒の効果が認められた。

O<sub>3</sub>水を用いたUVR/光触媒/SSW複合反応により生成したラジカル活性水は、反応系外においても元のO<sub>3</sub>水よりも強い金属類のイオン化を示し、酸化被膜も生成しなかった。しかし、ラジカルの分子量が小さく、ピンポイントで反応するため、生体の主要成分である高分子量の溶性でんぷんは大きく分解することはなかった。反応系外に出ても強力な金属類のイオン化が認められたので、反応系内では難分解性物質の酸化分解が期待できる。

本研究成果は、水質汚濁が著しいアジア都市の水質状況を明らかにし、下水道普及前の対策を示すと共に、今後、問題となる廃棄物による汚濁対策や難分解性有害物質汚染対策の基礎となり得る。

## 論文審査の結果の要旨

わが国ではかつての公害問題を克服しているが、途上国をはじめアジアの諸都市では依然として課題を抱えている。特に、水質汚濁対策については、下水道や事業場の除害施設の普及は遅れている。

そこで、本論文では、下水道普及の前に、低コストで効果的に対応できるよう、モデル都市として中華人民共和国・慈溪市とインドネシア共和国・スラバヤ市において、水質等調査と水質改善策を提案した。また、その他の汚染源対策として、日本においてもまだ問題となっている廃棄物浸出水中の COD 等の処理方法と将来問題となる難分解性有害化学物質の処理方法を検討した。

第 1 章では、概要を述べた。第 2 章では、慈溪市における下水道事業の現状を調べると共に、中国沿海地方の村落にある河川に焦点を当てて水環境調査を行い、河川浄化方法と村落における行政管理組織や住民、関連企業等のあり方について提言した。第 3 章では、スラバヤ市における住宅地の下水対策や事業場排水対策、河川の浄化対策について、汚染源対策と環境意識の啓発・啓蒙のモデル地域を選定し、水質や水量調査を行い、生物処理を主体とした適切な処理施設を提案した。第 4 章では、廃棄物中の COD 等の処理方法として、COD 成分の性状と凝集沈殿処理および活性炭吸着処理特性を調べ、適切な凝集剤や活性炭の選定や設計、並びに将来的な廃棄物の受け入れ体制について検討した。第 5 章では、難分解性有害化学物質の処理方法として、金属イオンを位置選択的に担持したナノ反応場分離型酸化チタンナノチューブ光触媒を用いた紫外線 (UVR) 照射と MHz の超音波 (SSW) 照射との複合反応により、分解力の高い処理方法を開発するための基礎研究を行った。さらに、第 6 章では、ラジカル濃度を上げるため、O<sub>3</sub> 水を用いて UVR/光触媒/SSW 反応を行い、反応系外における金属や有機物との挙動について検討した。第 7 章では、本研究を総括し、展望を述べた。

本研究成果は、水質汚濁が著しいアジア都市の水質状況を明らかにし、下水道普及前の対策を示すと共に、今後、問題となる廃棄物による汚濁対策や難分解性有害物質汚染対策の基礎となり得る。

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 21 号 (平成 28 年 9 月授与)

発行日 平成 28 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