

アジア環境再生特別コース

プロジェクト実習成果報告書

平成28年度

Science
For
Asian
Environment

アジアにおける
「環境学」の教育研究拠点

岡山大学大学院環境生命科学研究科

GRADUATE SCHOOL OF ENVIRONMENTAL AND LIFE SCIENCE, OKAYAMA UNIVERSITY

アジア環境再生特別コース
平成28年度 プロジェクト実習 成果報告書

目 次

- (1) ベトナム中部沿岸地域野菜畑における地下水の窒素汚染 1～18
指導教員：前田守弘 履修者：釜瀬諒太, 藤村拓也
- (2) 中心市街地再生プロジェクト 19～42
指導教員：阿部宏史, 氏原岳人 履修者：竹原裕隆、水野彩加、吉松ひかる
- (3) 石炭燃焼・ガス化設備より発生する水銀の除去技術に関する調査 43～60
指導教員：Md. Azhar Uddin 履修者：中西真奈美, 中野剛志
- (4) 持続可能な生活スタイルを目指して 61～98
指導教員：藤原健史 履修者：小笠原 隆文, 福山 智輝

凡 例

実習グループ毎

- ・ 指導教員による実習概要の報告
- ・ 学生（グループ）による実習成果報告及び感想
- ・ 学生による英文での概要報告

ベトナム中部沿岸地域野菜畑における地下水の窒素汚染

岡山大学大学院 環境生命科学研究科

前田守弘

1. 概要

「アジア環境再生特別コース」の一環として、ベトナムフエ省および岡山県内における農地環境をテーマに、学内実習、地域実習、国際実習を行った。詳細は下記の通りである。なお、国際実習は現地研究者と共同で実施し、海外協力研究を学生に体験させた。参加学生は、藤村拓也、釜瀬諒太の2名である。

2. 学内レベル【土壌・水質分析の手法に関する実習および結果のとりまとめ】

- (1) 5月 2時間×2回 : 環境理工学部棟 501 号室
内容：ベトナム実習に関する打合せ
講師：前田守弘
- (2) 6月 3時間×5回 : 環境理工学部棟 527 号室
内容：土壌中無機態窒素分析手法などの研修
講師：前田守弘
- (3) 7月 3時間×5回 : 環境理工学部棟 527 号室
内容：土壌 DNA 抽出手法などの研修
講師：前田守弘
- (4) 8月 3時間×5回 : 環境理工学部棟 527 号室
内容：データ整理
講師：前田守弘
- (5) 9月～1月 2時間×5回 : 環境理工学部棟 501 号室
内容：英語での報告会に向けたとりまとめ、発表練習
講師：前田守弘

3. 地域レベル【岡山県笠岡湾干拓地における農業排水路の水質汚濁に関する実習】

畜産と園芸作物栽培の盛んな笠岡湾干拓地において、農業排水路の水質および底質を調査した。

- (1) 10月13日 5時間：笠岡湾干拓地
内容：農業用排水路における栄養塩濃度および底質の調査
講師：前田守弘

4. 国際レベル【野菜栽培農地周辺における地下水窒素汚染の調査】

野菜栽培が盛んな Quang Thanh 社ではアンモニア態窒素による地下水汚染が生じており、住宅が近接している栽培圃場の地下水で特に汚染が進行している。また、場所や時期によっては硝酸態窒素濃度が高くなることもある。一方、花栽培が盛んな Phu Mau 社では、硝酸態窒素による地下水汚染が継続して認められる。本年度は、両地区における畑地からの窒素負荷の推定を行い、地下水汚染の原因を解明する。

(1) 6月27日～7月2日：ベトナムフエ省

- 6/27 フエ大学資源環境研究所にて、研究打合せ
地下水・土壌調査 (Quang Thanh 社)
- 6/28 フエ大学バイオテクノロジー研究所にて、研究打合せ
地下水・土壌調査 (Phu Mau 社)
- 6/29 Quang Thanh にて土壌・聞き取り調査
- 6/30 Quang Thanh にて土壌・聞き取り調査
- 7/1 Phu Mau にて土壌・聞き取り調査
- 7/2 Quang Thanh にて栽培管理の聞き取り調査

(2) 研究方法

1. 土壌調査 (採土器を用いて、0～180 cm までの土壌を採取し、pH, EC, 無機態窒素, 可給態リンなどを測定)
2. 地下水調査 (栄養塩濃度, 大腸菌群数, pH, EC などを調査)
3. 聞き取り調査 (肥培管理, 灌漑管理などを調査)

講師：岡山大学 前田守弘, 近森秀高
北里大学 井上大介
フエ大学 Le Van Thang, Nguyen Duc Huy

ベトナム中部沿岸地域野菜畑における地下水の窒素汚染

環境生命科学研究科

48428154 釜瀬諒太

48428160 藤村拓也

1. 背景及び目的

ベトナム中部湾岸野菜畑地域では窒素による地下水汚染が問題となっている。また、岡山笠岡干拓地では農業排水の水質悪化がある。地下水や農業排水には窒素などの栄養塩が多く含まれているため、湖沼での富栄養化を引き起こす原因になる。

そこで、本研究では水質汚染の原因を調べるために、農家で聞き取り調査や水・土壌サンプルの分析を行い、水質汚染の原因を調査した。学内ではサンプル分析方法について学び、地域レベルでは笠岡干拓地、国際レベルではベトナムフエ省の農業地域で調査を行った。

2. 土壌、水の分析方法（学内レベル）

地域・国際レベルでの分析に使用する機器の使い方や分析方法を学んだ。

2.1 土壌の分析

無機態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$)、DNA 量について分析を行った。

2.2 水の分析

無機態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$)、大腸菌、大腸菌群数について分析を行った。

3. 笠岡干拓地農業排水路の栄養塩濃度の測定と微生物による汚染源の推定（地域レベル）

3.1 背景及び目的

岡山県笠岡干拓地内の農地では、畜産、園芸を中心とした農業活動が盛んである。笠岡干拓地では、排水の水質汚染が問題となっている。笠岡の排水には窒素、リン酸が多く含まれている。また、COD も高いことがわかっている。われわれは、これまでに農地管理が異なる笠岡干拓地の水質の調査、モニタリングを行ってきた。今回とこれまでの結果を比較し、水質変化を調査した。

3.2 調査概要

笠岡湾干拓地は大きく 3 つのエリアに分けることができる。笠岡干拓地の幹線排水路の最上流に位置する「畜産・園芸エリア」、中流に「畜産エリア」、最下流に「飼料作物エリア」の 3 つのエリアが存在する。また、笠岡干拓地では、畜産施設からパーラー排水が流出している。パーラー排水には洗剤の他に牛乳や家畜の糞や尿なども含まれる。

笠岡干拓地農業排水のモニタリングは 2009 年から行われている。3 本の支線排水路（各 4~5 地点）、幹線排水路（2 地点）でサンプリングを行い、実験室に持ち帰り分析を行った。

3.3 結果

各支線排水路サンプリング地点における最下流、および幹線排水路の水質を図 1、図 2 に示す。2009 年から 2012 年データよりも無機態窒素濃度が低下傾向にあった。また、各サンプル地点の大腸菌、大腸菌群の測定結果を図 3 に示す。大腸菌、大腸菌群の結果から、水質汚染の原因物質の由来が農地であることが示唆される。これは、自然中に存在する大腸菌数は少なく、検出される大腸菌は堆肥由来だと考えられるためである。また、畜産エリアでは大腸菌、大腸菌群の検出数が多い。サンプリング地点 3-3 は堆肥舎に最も近い地点だったため、大腸菌、大腸菌群数が他より多かったと考えられる。

3.4 今後の課題

今回の分析結果だけでは、近年の水質が改善されたと断定できない。少なくとも季節ごとのデータが必要になるであろう。そして、正確な汚染源の推定には今回から調査を始めた大腸菌、大腸菌群を継続して測定する必要がある。また、農家への施肥や灌漑について聞き取り調査も行う必要がある。これは、汚染源と考えられる農地へ流入する栄養塩量を知るうえで重要である。

4. ベトナム中部沿岸地域野菜畑における地下水汚染（国際レベル）

4.1 背景および目的

ベトナムフエ省の沿岸地域野菜畑では地下水の無機態窒素濃度が高い。Quang Thanh 社ではアンモニア態窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$) が、Phu Mau 社では硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) による汚染が特徴的であった。

通常、無機態窒素による地下水汚染は $\text{NO}_3\text{-N}$ が主体である。 $\text{NH}_4\text{-N}$ は、土壌に一旦吸着され、硝化過程を経て $\text{NO}_3\text{-N}$ に変化する。 $\text{NO}_3\text{-N}$ は水に溶けやすいため降水や灌漑水とともに下層へ浸透する。この仕組みで地下水汚染が引き起こされる。このように本地域における $\text{NH}_4\text{-N}$ による地下水汚染は珍しい事例である。

本研究では「農地から $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ の溶脱が起きている」と仮定し、農業と地理的要因が地下水汚染へ及ぼす影響を調査した。

4.2 調査地概要

2016年6月28日～7月2日（乾季）、2016年11月19日～24日（雨季）に Quang Thanh および Phu Mau 社の圃場で施肥管理の聞き取り調査、地下水のサンプリング、地下水位の測定、土壌のサンプリング（2 m まで）、土壌酸化還元電位の測定を行った。

本調査地を以下の3つのグループに分けた。

(i) 安全野菜栽培圃場（Quang Thanh 社）

本圃場は農地と住居が川によって隔たれている。Viet GAP 規範に基づき減農薬・減化学肥料栽培が行われている。

(ii) 慣行野菜栽培圃場（Quang Thanh 社）

本圃場は農地と住居が隣接している。作物栽培に関する規制は無い。

(iii) 慣行野菜栽培圃場（Phu Mau 社）

本圃場は農地と住居が隣接している。作物栽培に関する規制は無い。しかし栽培作物が野菜と花である点で Quang Thanh 社の2圃場と異なる。

4.3 結果と考察

4.3.1 施肥管理

安全野菜栽培圃場では堆肥の投入量が多かった。Phu Mau 社の慣行野菜栽培圃場では無機態窒素投入量が特に高かった。

4.3.2 地下水質

表1に地下水質を示す。Quang Thanh 社の安全野菜栽培圃場と慣行野菜栽培圃場において高濃度の $\text{NH}_4\text{-N}$ が検出された。Quang Thanh, Phu Mau 社の慣行野菜栽培圃場で高濃度の $\text{NO}_3\text{-N}$ が検出された。また、Quang Thanh 社の慣行野菜栽培圃場で大腸菌 (*E. coli*) が検出された。大腸菌はヒトのし尿や家畜排泄物に含まれるため、Quang Thanh 社の慣行野菜栽培圃場では生活排水などの混入が示唆される。

4.3.3 地下水位

表2に地下水位の季節変動を示す。いずれの圃場においても雨季は乾季と比べ地下水位が高かった。また、Quang Thanh 社の安全野菜栽培圃場では地下水位が常時高かった。この理由として圃場の横を河川が流れていることがあげられる。

4.3.4 酸化還元電位

酸化と還元のパテンシャルを表す Eh について図4, 5, 6に示す。乾季では Quang Thanh 社の安全野菜栽培圃場下層の Eh が低かった。一方雨季は圃場間で差はなかった。この理由は降雨により表層から下層まで酸素が供給されたためだと考えられる。

4.3.5 土壌 $\text{NH}_4\text{-N}$

図7, 8, 9に土壌中の $\text{NH}_4\text{-N}$ 含有量を示す。施肥の影響を受けるため表層濃度はいずれもばらついた。Quang Thanh 社の安全野菜栽培圃場下層では $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が高かった。その理由として地下水位が浅く、土壌 Eh も低いため下層は還元的雰囲気にあることがあげられる。

4.3.6 土壌 $\text{NO}_3\text{-N}$

図10, 11, 12に土壌中の $\text{NO}_3\text{-N}$ 含有量を示す。施肥の影響を受けるため表層濃度はいずれも

ばらついた。Quang Thang 社の安全野菜栽培圃場下層では $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が特に低かった。下層は還元的で脱窒が起こり硝酸態窒素は消失したと考えられる。一方、Quang Thanh, Phu Mau 社の慣行野菜栽培圃場では表層から下層に向け徐々に含有量が減少したことから、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の溶脱が起きたと考えられる。

4.3.7 地下水汚染の窒素起源

本地域における地下水中の窒素起源を以下に示す。

(i) 安全野菜栽培圃場 (Quang Thanh 社)

地下水から $\text{NH}_4\text{-N}$ が検出された。農地と住居は離れている。また生活排水の流入を示す大腸菌は検出されなかった。したがって $\text{NH}_4\text{-N}$ は肥料由来であると考えられる。

(ii) 慣行野菜栽培圃場 (Quang Thanh 社)

地下水から $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, 大腸菌 が検出された。住居と農地は近く、生活排水の流入が示唆される。したがって $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ は肥料由来、 $\text{NH}_4\text{-N}$ と大腸菌は生活排水由来であると考えられる。

(iii) 慣行野菜栽培圃場 (Phu Mau 社)

地下水から $\text{NO}_3\text{-N}$ が検出された。住居と農地は近いが大腸菌は少なかった。したがって $\text{NO}_3\text{-N}$ は主に肥料由来であると考え得られる。

4.4 結論

土壌の下層環境が農地からの窒素溶脱と窒素形態を左右する要因であると考えられる。また、農地と住居が近ければ地下水へ生活排水が流入する可能性がある。環境問題の主因は農業か地理的要因であるか特定するためには、更なる研究が必要である。

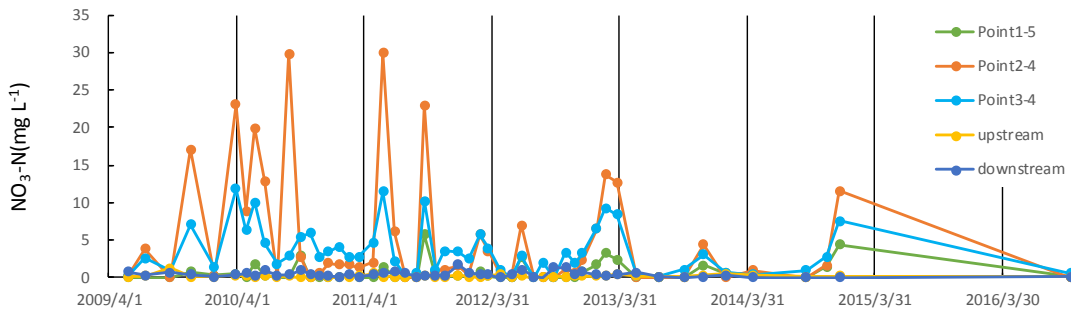


図 1. NO₃-N 分析結果

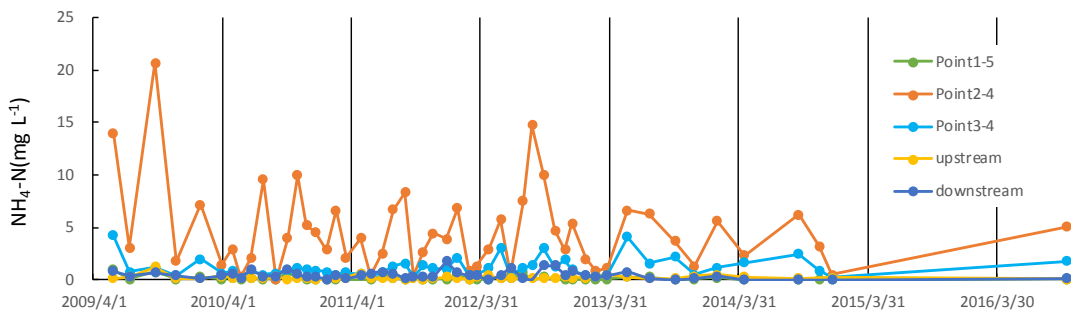


図 2. NH₄-N 分析結果

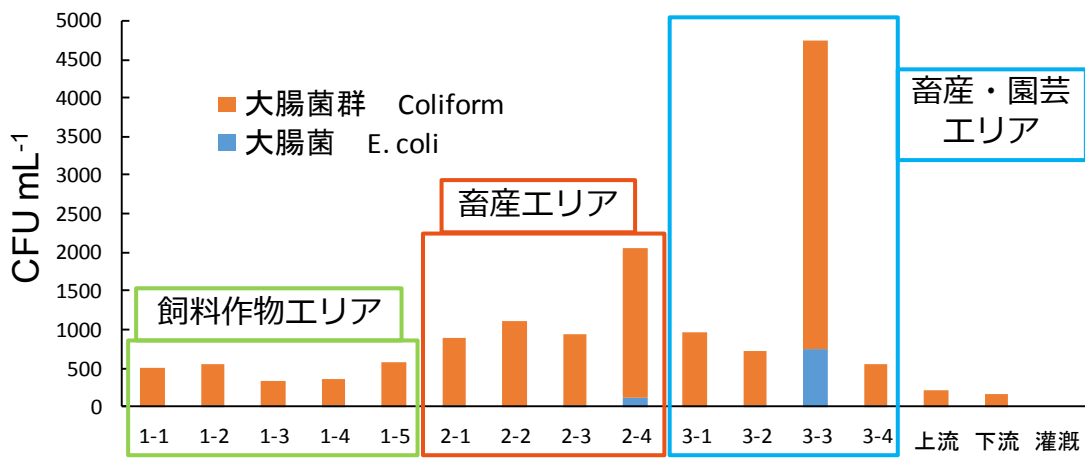


図 3. 大腸菌・大腸菌群測定結果

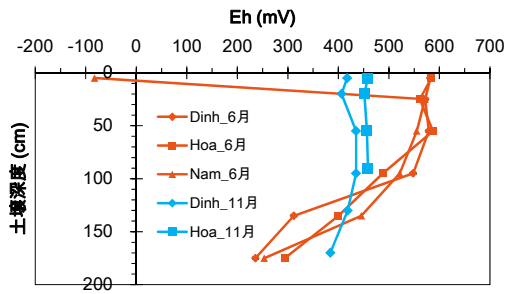


図 4. Quang Thanh 社安全野菜栽培圃場における深度別土壌 Eh

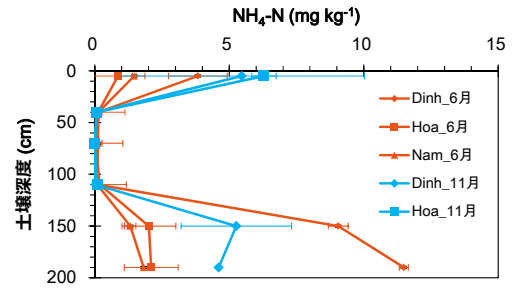


図 7. Quang Thanh 社安全野菜栽培圃場における深度別土壌 NH₄-N

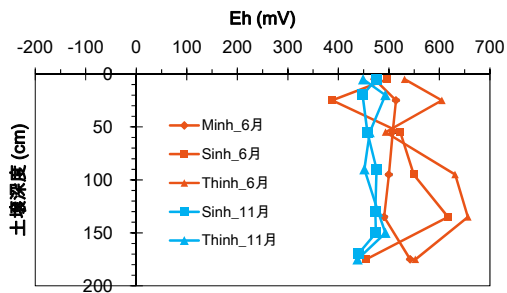


図 5. Quang Thanh 社慣行野菜栽培圃場における深度別土壌 Eh

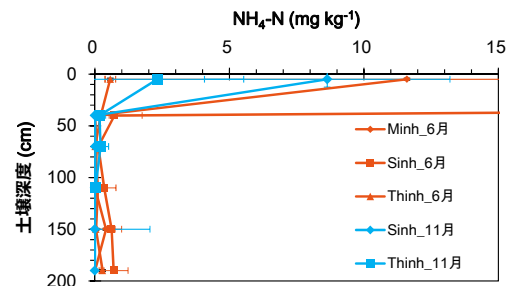


図 8. Quang Thanh 社慣行野菜栽培圃場における深度別土壌 NH₄-N

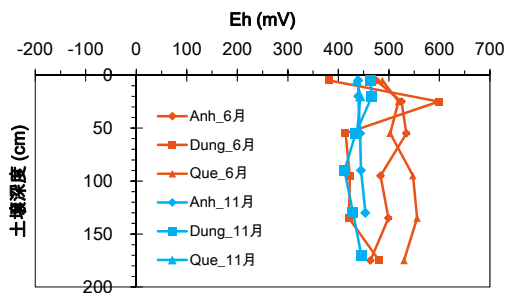


図 6. Phu Mau 社慣行野菜栽培圃場における深度別土壌 Eh

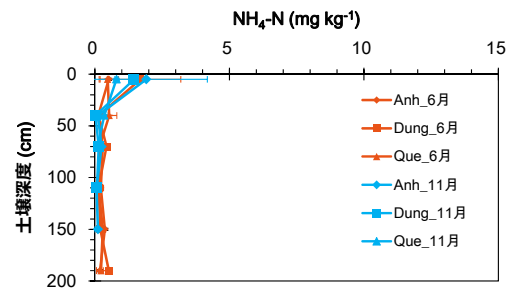


図 9. Phu Mau 社慣行野菜栽培圃場における深度別土壌 NH₄-N

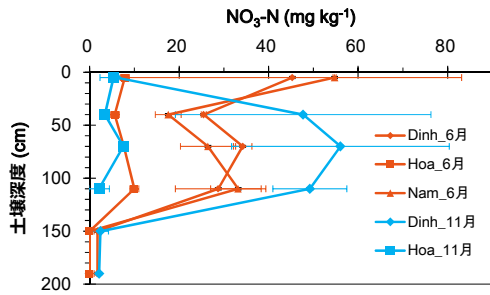


図 10. Quang Thanh 社安全野菜栽培圃場における深度別土壌 NO₃-N

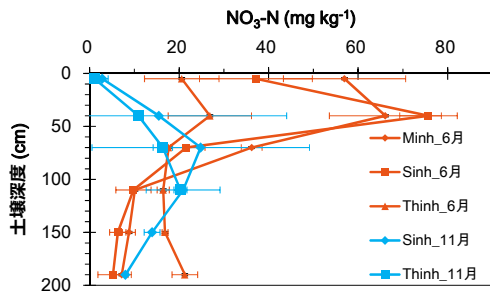


図 11. Quang Thanh 社慣行野菜栽培圃場における深度別土壌 NO₃-N

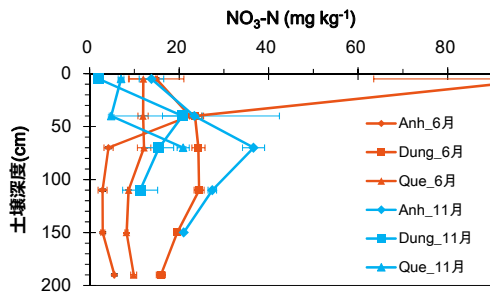


図 12. Phu Mau 社慣行野菜栽培圃場における深度別土壌 NO₃-N

表 1. 地下水質

社	施肥管理	農家	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)		NO ₃ -N (mg L ⁻¹)		E.coli (CFU mL ⁻¹)		Total coli (CFU mL ⁻¹)	
			6月	11月	6月	11月	6月	11月	6月	11月
Quang Thanh	安全野菜栽培	Dinh	2.6	3.0	0.4	0.0	0	0	34	0
		Hoa	1.6	1.0	0.5	0.0	0	0	>5000	0
		Nam	1.4	1.3	0.0	0.0	0	0	1	0
	慣行野菜栽培	Minh	9.5	1.9	0.0	9.3	200	320	>5000	2010
		Sinh	2.3	0.0	0.0	10.5	0	18	130	123
		Thinh	1.6	0.5	34.0	7.3	10	26	1410	118
Phu Mau	慣行野菜栽培	Anh	0.0	0.5	47.9	46.6	0	0	32	56
		Dung	0.0	0.1	4.0	20.0	0	0	410	27
		Que	0.0	0.0	5.4	1.5		3		45

表 2. 地下水位

社	施肥管理	農家	地下水位(cm)	
			6月	11月
Quang Thanh	安全野菜栽培	Dinh	57	33
		Hoa	49	31
		Nam	47	30
	慣行野菜栽培	Minh	-	-
		Sinh	99	87
		Thinh	70	20
Phu Mau	慣行野菜栽培	Anh	98	0
		Anh2	194	4
		Dung	70	27
		Que	130	71

プロジェクト実習 感想

釜瀬 諒太

学内では、実験室で土壌・水サンプルの分析方法や、使用する分析機器の扱い方を学んだ。土壌サンプルからの DNA 抽出は、専用のキットを使用し DNA 抽出を行う方法を学んだ。

地域レベルでは、岡山県笠岡市の干拓地にて、農業排水、底泥のサンプリングを行い、水質、底泥についての分析を行った。笠岡干拓地は畜産、園芸、飼料作物を主とした農業を行っている。作物を育てるだけでなく、畜産業も行っているため、排水には家畜の糞や尿、施設の洗浄水が含まれる。大腸菌・大腸菌群数を測定したときに、大腸菌が多く検出されるサンプリング地点は、畜産を行っているエリアだった。これは、家畜由来の大腸菌が排水に混ざって流れ出していると考えられた。

国際レベルでは、ベトナムフエ省の農村地域の土壌、水質についての調査を行った。Quang Thanh 社では、アンモニア態窒素での地下水汚染が問題となっていた。水質の分析や、今回行った大腸菌の測定から、生活排水が流入していることが示唆された。また、土壌の状態から、Quang Thanh 社の土壌は、深い層では還元的な状態であることが分かり、アンモニア態窒素が安定していることがわかった。

Phu Mau 社では、硝酸態窒素の地下水汚染が問題となっていた。Phu Mau 社の農地は居住地と近い場所に位置しているが、大腸菌の検出量が少なかった。よって Phu Mau 社での汚染の原因は肥料だと考えられる。

今回の調査でベトナムに行くことが、自分の初めての海外だったので、すべてのことが新鮮だった。ベトナムは、発展途上国で田舎の国だと勝手に思い込んでいた。しかし、実際は、開発が進んでおり、日本とあまり差がないように感じた。街中には、バイクだけでなく車も多く走っていた。お金に余裕のある農家では大型の農業機械を導入した農業がおこなわれていた。一方で、農村地域のインフラは完全とは言えないものであり、道路は舗装されていても、修繕が行われていないところが多かった。

大腸菌・大腸菌群の測定を行うために、ベトナムのバイオテクノロジー研究所の施設を貸していただいた。分析機器も様々なものが揃っており、大変素晴らしい研究所だった。研究員の方々と会話をするのに英語でコミュニケーションをとったが、自分の英語でのコミュニケーション能力が低く、満足に会話ができなかったので、コミュニケーション能力は重要だと実感した。

本研究を進めるにあたり、多大な協力をしていただいた岡山大学、北里大学の先生、フエ大学の関係者、バイオテクノロジー研究所、フエ省の農家の方々、調査を共にした土壌圏管理学研究室の方々に感謝します。そして、大変貴重な機会を与えてくださった前田先生に深く感謝します。

プロジェクト実習・感想

藤村 拓也

実習成果報告会

年明けの実習成果報告会で発表をしたが、他の学生の発表はわれわれよりも上手かった。スライドも見やすく質疑応答にも的確に答えていたと思う。何よりも学内実習+国内実習+海外実習の3つがストーリー立てであり、それぞれの研究がどうつながるかが頭にスッと入ってきた。他の発表と比べると私たちの発表は非常にわかりにくく結論も明確に述べておらず反省した。質疑応答も上手く返せなかったがこれはつまり自分のやってきたことを正確に理解できていない証拠であると気づいた。実習報告会では涙を飲む結果となったためこの反省を次に活かそうと決めた。

コロキアム

自分の研究室以外の人まで英語で発表する機会はこれまでほとんどなく、緊張した。スライドの英語はなかなかGOサインが出ず、最終的な形のものでも少し怪しいところがあった。実習成果報告会の時の反省すべきところは改良した。スライドの順番を入れ替え、私たちの実習プロジェクトの大きな目的である「環境汚染源の解明」を最初に示し、学内・地域・海外実習がつながるように示した。実際、日本語の実習成果報告会よりもわかりやすいスライドになったと感じる。ただ自分なりに練習したつもりだったがあまり良い発表にならなかった。一つは私が緊張してしまいかなり早口で発表してしまったこと。もう一つは相手の質問に正確に答えることができなかったことである。

他の学生も英語での質疑応答は苦戦していた。人によって話し方に癖があることも理由の一つだろう。

国際交流

本プロジェクトの受講メリットはやはり英語に触れる機会があることだと思う。また英語に限らずアジア圏の文化に触れることが出来るのは視野を広げるうえで是絶好のチャンスである。確かに日本人はシャイであり、完璧な英語でないと恥ずかしいという風潮すら感じる。そうした観念がベトナム人学生との交流や英語での発表を通して多少は薄まったのではと思う。今後いかなる進路に進もうと英語に触れる機会は必ずある。私に足りないと感じた聞き取り能力やコミュニケーションの仕方を、今後留学生らと関わることで身に付けていきたい。

Nitrogen Pollution of Groundwater in Coastal Vegetable Fields of Central Vietnam

Graduate School of Environmental and Life Science

48428154 Ryota KAMASE

48428160 Takuya FUJIMURA

1. Introduction

Groundwater pollution with nitrogen happens in Hue, Vietnam. Agricultural wastewater N and P concentrations are high in Kasaoka reclaimed land. These high nutrient concentrations cause eutrophication.

We analyzed water and soil samples, and interviewed farmers to determine pollution sources.

2. Laboratory Course

We learned analytical techniques to conduct studies in domestic and international courses.

2.1 Soil analysis

We learned analytical techniques of inorganic N ($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$), Eh and DNA.

2.2 Water analysis

We learned analytical techniques of inorganic N ($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$), *E. coli* and coliform in water.

3. Domestic Course: Observation of Inorganic Nitrogen Concentration and Estimation Source of Pollution by Microbial Activity in Kasaoka Reclaimed Land

3.1 Background and Purpose

Kasaoka reclaimed land is used for agriculture. Livestock farming and horticulture are carried out in Kasaoka reclaimed land. The wastewater of Kasaoka includes high nitrogen, phosphorus and COD. Our laboratory continues monitoring of water quality.

3.2 Study Area and Sampling

Kasaoka reclaimed land is divided into three types (1) forage crop area, (2) livestock area, and

(3) livestock and horticulture area. There are branch drainage channels flowing in each area center.

Kasaoka reclaimed land has a lot of milking parlor wastewater. milking parlor wastewater includes feces, urine, milk and detergent water.

The monitoring of the agriculture drainage has been carried out since 2009. We sampled water in three branch drainages (four spots for each), main drainage (two spots). We analyzed samples in the laboratory.

3.3 Results and Discussion

We show results in Figs.1 and 2. Nitrogen and phosphorus concentration decreased from 2009 to 2012. And we show the result of *E. coli* and coliform in Fig. 3. *E. coli* and coliform suggest that water pollution occurred in farmland. Because there is little number of existing *E. coli* in nature. Sampling point 3-3 was the nearest to a compost building.

3.4 Future Study

We cannot conclude that the recent quality of the water was improved only by this analysis. We need the data every season. We should continue measuring *E. coli*, because it will be useful for the estimate of the pollution source. It is necessary to interview farmers about fertilization and the irrigation to farmhouses.

4. International Course: Coastal Vegetable Fields of Hue in Vietnam

4.1 Background and Purpose

Inorganic nitrogen concentration of groundwater was high in coastal vegetable fields

in Hue. High $\text{NH}_4\text{-N}$ was detected in Quang Thanh commune research the past. On the other hand, high $\text{NO}_3\text{-N}$ was detected in Phu Mau commune.

Generally, groundwater pollution is caused with $\text{NO}_3\text{-N}$. The reason is N leaching from farmland. When fertilizer and manure are applied in farmland, $\text{NH}_4\text{-N}$ included in them would be adsorbed on the top soil. Then some of them would change into $\text{NO}_3\text{-N}$ by nitrification. $\text{NO}_3\text{-N}$ dissolves into water easily, so it would leach into groundwater with rainfall and irrigation water.

Our study is based on a hypothesis that leaching of $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$ happens in farmland. Our study purpose is to identify effects of field management and geographical factors on groundwater pollution in Hue.

4.2 Study Areas

We investigated in dry season (28 June-2 July 2016) and rainy season (19-24 November 2016). Fertilizer management, groundwater quality, groundwater level, redox potential in the soil, and inorganic nitrogen in the soil were collected and analyzed.

We decided 3 areas for the study in Hue.

(i) Safe and clean farms in Quang Thanh

These areas beside a river, but they are far from residences. There is a regulation called "Viet GAP" which is reduction pesticide and reduction chemical fertilizer.

(ii) Conventional farms in Quang Thanh

These areas are near residences and there is no regulation about crop management.

(iii) Conventional farms in Phu Mau

These farms are near residences and there is no regulation about crop management.

Farmers grow vegetables and flowers.

4.3 Results and Discussion

4.3.1 Fertilizer Management

Manure input was high in safe and clean farms in Quang Thanh. Inorganic nitrogen input was high in conventional farms in Phu Mau.

4.3.2 Groundwater Quality

Table 1 shows the groundwater quality. High $\text{NH}_4\text{-N}$ was detected in safe and clean farms and conventional farms in Quang Thanh. High $\text{NO}_3\text{-N}$ was detected in conventional farms in Quang Thanh and Phu Mau. High *E. coli* was detected in conventional farms in Quang Thanh.

4.3.3 Groundwater Level

Table 2 shows the groundwater level. We can know that every groundwater level in rainy season was shallower than dry season. Groundwater level in Safe and clean farms in Quang Thanh's were shallow constantly because the river is near the fields.

4.3.4 Redox Potential in the Soil

This index is called "Eh" that show oxidative and reductive conditions. Figs. 4, 5 and 6 show the soil Eh. In dry season, deeper layer were low Eh in safe and clean farms in Quang Thanh. There is no change among 3 areas because rainfall might provide oxygen with water to surface to deeper layer in rainy season.

4.3.5 $\text{NH}_4\text{-N}$ in the Soil

Figs. 7, 8 and 9 show the soil $\text{NH}_4\text{-N}$. N high in the top layer varied greatly because of fertilizer and manure applications. Deeper layers in safe and clean farms in Quang Thanh contained high $\text{NH}_4\text{-N}$. The reason is a reductive condition in deeper layer caused by shallow groundwater level. $\text{NH}_4\text{-N}$ is stable under this environment.

4.3.6 $\text{NO}_3\text{-N}$ in the Soil

Figs. 10, 11 and 12 show the soil $\text{NO}_3\text{-N}$. $\text{NO}_3\text{-N}$ in the top layer varied greatly because it is

affected by fertilizer and manure. Deeper layer in safe and clean farms in Quang Thanh contained low $\text{NO}_3\text{-N}$ in particular. $\text{NO}_3\text{-N}$ disappeared in deeper layer with denitrification caused by reductive condition. On the other hand, $\text{NO}_3\text{-N}$ content decreased gradually towards deeper layer in conventional farms in Quang Thanh and Phu Mau. Therefore $\text{NO}_3\text{-N}$ leaching happened there.

4.3.7 The Source of Nitrogen in the Groundwater

We estimate nitrogen sources in these areas.

(i) Safe and clean farms in Quang Thanh

$\text{NH}_4\text{-N}$ was detected in groundwater. Farms are far from the residences and *E. coli* was not detected. Therefore $\text{NH}_4\text{-N}$ source should be fertilizer.

(ii) Conventional farms in Quang Thanh

$\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ and *E. coli* were detected in groundwater. Farms are near residences. Therefore $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$ source should be fertilizer. $\text{NH}_4\text{-N}$ and *E. coli* source should be wastewater from residences.

(iii) Conventional farms in Phu Mau

$\text{NO}_3\text{-N}$ was detected in groundwater. Farms are near residences but *E. coli* mostly was not detected. Therefore $\text{NO}_3\text{-N}$ source should be fertilizer.

4.4 Conclusion

The environment in deeper layer affects nitrogen leaching and nitrogen forms. When farmland and house are close to each other, wastewater may have flowed into groundwater. Further studies are necessary to identify the main factor for the environmental problem, agriculture or geographical conditions.

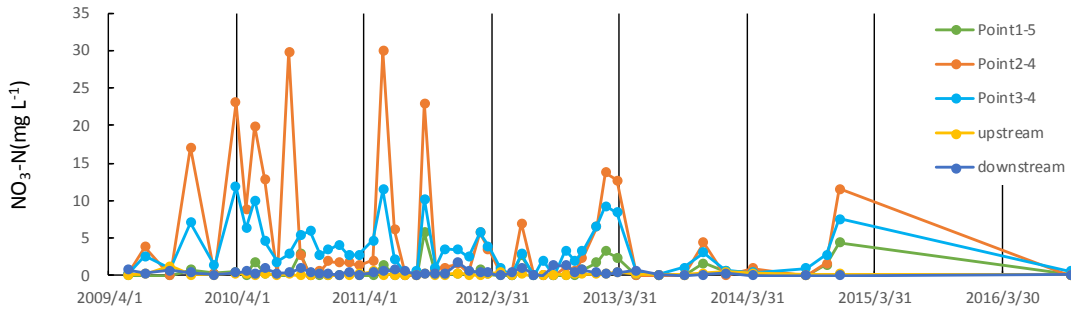


Fig. 1. NO₃-N concentration.

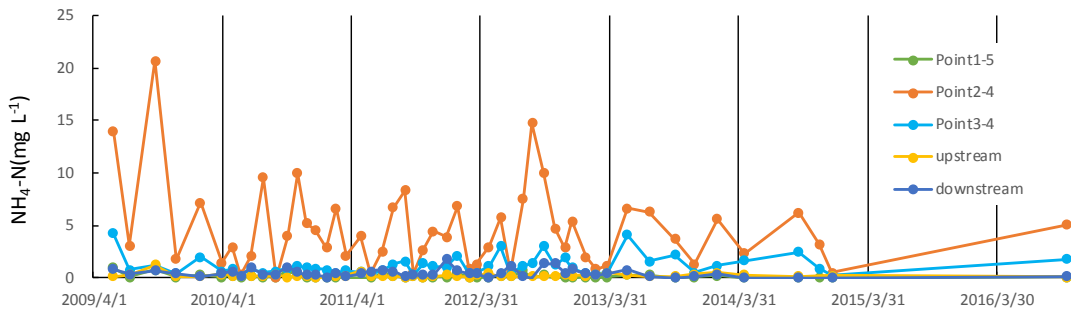


Fig. 2. NH₄-N concentration.

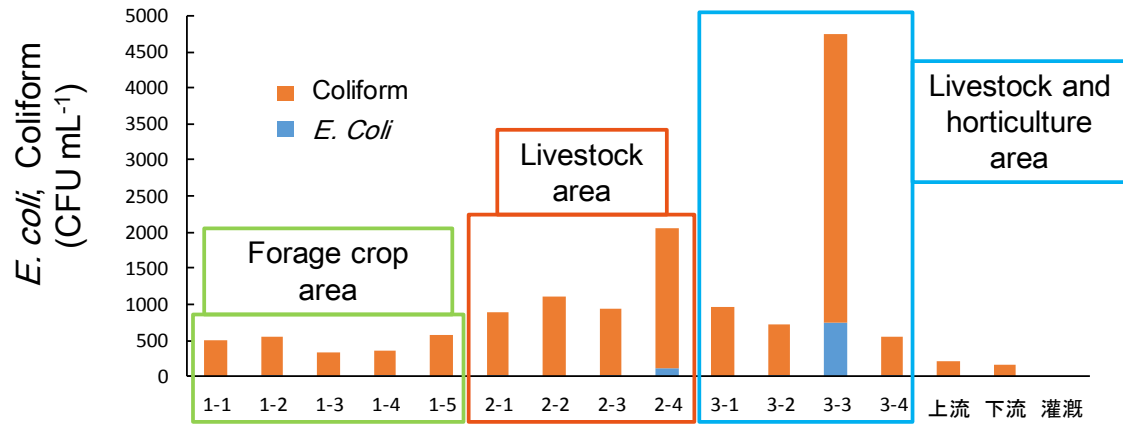


Fig. 3. *E. coli* and coliform.

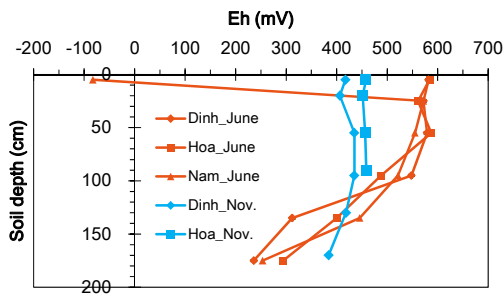


Fig. 4. Eh distribution in safe and clean farms in Quang Thanh.

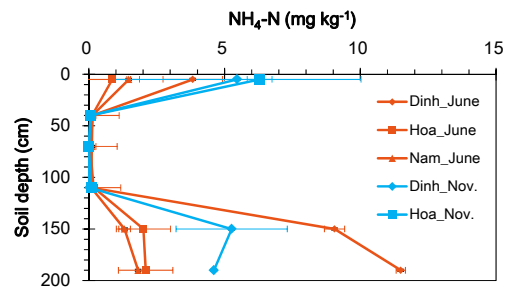


Fig. 7. NH₄-N distribution in safe and clean farms in Quang Thanh.

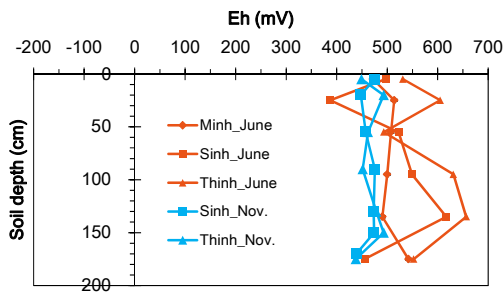


Fig. 5. Eh distribution in conventional farms in Quang Thanh.

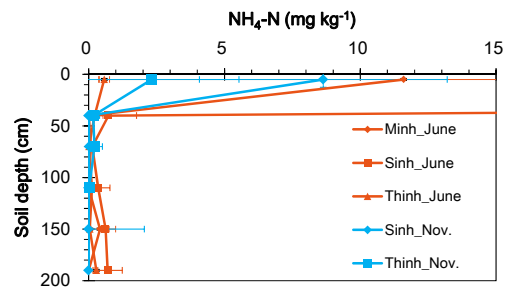


Fig. 8. NH₄-N distribution in conventional farms in Quang Thanh.

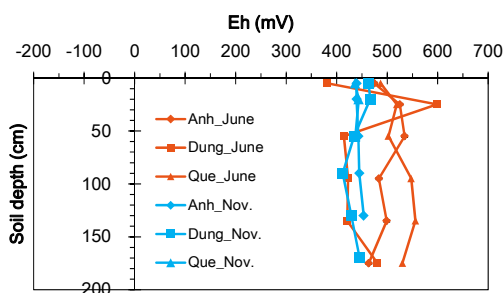


Fig. 6. Eh distribution in conventional farms in Phu Mau.

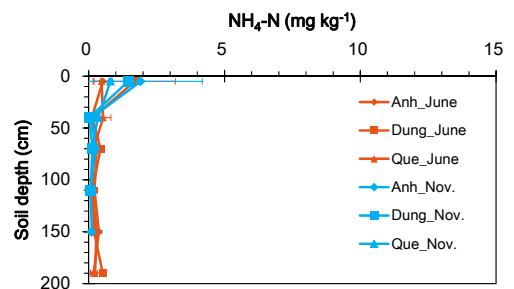


Fig. 9. NH₄-N distribution in conventional farms in Phu Mau.

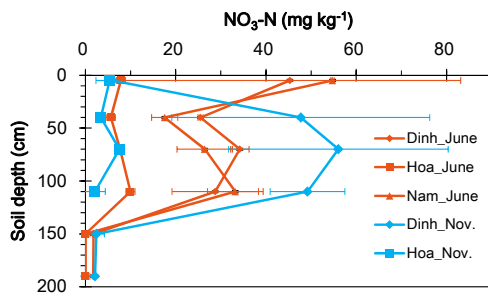


Fig. 10. NO₃-N distribution in safe and clean farms in Quang Thanh.

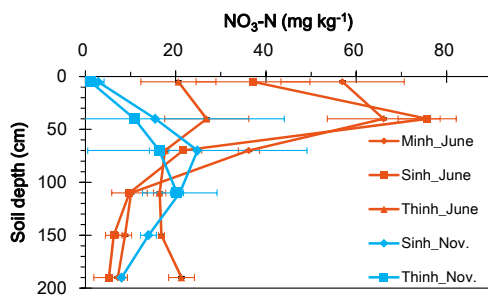


Fig. 11. NO₃-N distribution in conventional farms in Quang Thanh.

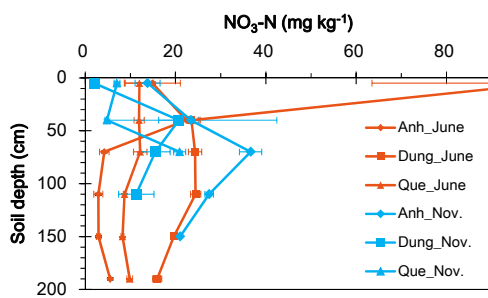


Fig. 12. NO₃-N distribution in conventional farms in Phu Mau.

Table 1 Groundwater quality

Commune	Management	Farmer	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)		NO ₃ -N (mg L ⁻¹)		E.coli (CFU mL ⁻¹)		Total coli (CFU mL ⁻¹)	
			June	November	June	November	June	November	June	November
Quang Thanh	Safe and clean	Dinh	2.6	3.0	0.4	0.0	0	0	34	0
		Hoa	1.6	1.0	0.5	0.0	0	0	>5000	0
		Nam	1.4	1.3	0.0	0.0	0	0	1	0
	Conventional	Minh	9.5	1.9	0.0	9.3	200	320	>5000	2010
		Sinh	2.3	0.0	0.0	10.5	0	18	130	123
		Thinh	1.6	0.5	34.0	7.3	10	26	1410	118
Phu Mau	Conventional	Anh	0.0	0.5	47.9	46.6	0	0	32	56
		Dung	0.0	0.1	4.0	20.0	0	0	410	27
		Que	0.0	0.0	5.4	1.5		3		45

Table 2 Groundwater level

Commune	Management	Farmer	Groundwater table (cm)	
			June	November
Quang Thanh	Safe and clean	Dinh	57	33
		Hoa	49	31
		Nam	47	30
	Conventional	Minh	-	-
		Sinh	99	87
		Thinh	70	20
Phu Mau	Conventional	Anh	98	0
		Anh2	194	4
		Dung	70	27
		Que	130	71

中心市街地再生プロジェクト

岡山大学大学院環境生命科学研究科

准教授 氏原 岳人

教授 阿部 宏史

参加メンバー

竹原裕隆、水野彩加、吉松ひかる

1. 概要

本プロジェクトの目的は、JR 岡山駅の運動公園口（西口）エリアのまちなか再生に焦点をおき、その実態や課題、目指すべき将来像等について検討することである。まず、対象エリアの現状を把握するために、人口動態や土地利用、経済に関する経年的なデータを収集し、GIS 等を用いて分析した。そして、それら現状データに基づいて、中長期的な推計シミュレーションを実施し、運動公園口エリアの将来像を住民の方々にも分かりやすく”見える化”した。それら分析結果をポスターセッションの形式にて、住民の方々等に紹介することで、行政だけでなく住民主体によるまちなか再生の必要性を説明した。また、韓国・ソウルの中心市街地活性化策についても現地視察や担当者に対するヒアリング調査等を実施し、運動公園口エリアのまちなか再生策を検討するための知見とした。

2. 学内実習【データ解析能力の修得】（2016年4月～6月）

- 各種統計解析ソフトや GIS（地理情報システム）ソフトのスキルを修得する。

3. 地域実習【JR 岡山駅運動公園口エリアの現状把握及び課題の検討】

（2016年6月～12月）

- 中心市街地活性化に関する文献調査
- 対象エリアの現状を把握するためのデータ収集
- GIS や統計解析ソフトを用いたデータ解析

以上に基づき、JR 岡山駅運動公園口エリアの現状把握及び課題を検討した。

加えて、2016年12月18日に運動公園口エリアに位置する三木記念ホール及び岡山コンベンションセンターにて、今回のプロジェクトの成果報告として住民等を対象としたポスターセッションを実施した。

4. 国際実習【韓国・ソウルの中心市街地活性化策に関する現地視察及びヒアリング】

(2016年11月～12月)

中心市街地活性化策の知見を得るため、韓国・ソウルの先進事例を現地視察し、行政担当者や研究者へのヒアリングを実施した。

実施時期：2013年11月30日～12月1日

コーディネーター：Prof. Sang Chul Park (韓国産業技術大学)

- ソウル市中心部の清溪川再生プロジェクト
現地視察
場所：ソウル市清溪川及びその周辺
ヒアリング
場所：Seoul Metropolitan Government
講師（対応者）：Mr. Kim, Jae Jin 他4名
内容：清溪川のまちなか再生プロジェクトに関する説明及びディスカッション
- ソウル市中心部の交通政策
現地視察
場所：ソウル中心部のBRT等の交通システム及び交通結節点
ヒアリング
場所：The Seoul Institute
講師（対応者）：Dr. Kim Won-Ho, Dr. Chang Yi
内容：ソウル中心部の交通政策に関する説明及びディスカッション

実習成果報告書

中心市街地再生プロジェクト

資源循環学専攻 48428305 竹原裕隆

資源循環学専攻 48428308 水野彩加

資源循環学専攻 48428309 吉松ひかる

1. はじめに

本グループでは、中心市街地における都市問題の現状を知る・対応事例を学ぶことを目的として、学内・地域・国際プロジェクト実習に取り組んだ。地域実習では、岡山駅運動公園口エリアにおける都市問題の調査・報告として、文献調査や現地調査を行い、それらの調査結果を整理したポスターの作成や展示を行った。学内実習では、地域実習で取り組むポスター作成に向け、人口推計手法の学習や統計解析ソフト GIS の使用方法の学習等に取り組んだ。また、国際実習では、中心市街地における都市問題の代表的な対策事例を学ぶために韓国のソウルへと視察に出向いた。視察時には、清溪川の見学やソウル市役所等へのヒアリング調査を行った。本報告書では、これらのプロジェクト実習を通じて得た実習成果を報告する。

2. 学内実習成果

学内実習では、人口推計手法の学習や統計解析ソフト GIS の使用方法の学習等に取り組んだ。本章では、学内実習で主として取り組んだ人口推計手法の学習成果を報告する。

(1) 将来人口推計手法について

将来推計人口は一般的に、出生・死亡による自然増減と、転出入による社会増減を足し合わせることで算出される。近年では、人口推計手法に関する研究が幅広く行われおり、推計が難しいとされていた町丁目単位での人口推計手法についても徐々に研究が進みつつある。そこで、学内実習で

は既存研究に基づき、町丁目単位での人口推計手法を学習した。そして、学習した人口推計手法を基に、岡山市内に属する町丁目（1995年以降岡山市に合併した町丁目を除く）を対象として実際に2050年までの町丁目単位での人口推計を行った。

(2) 自然増減の人口推計手法について

コウホート（5歳階級）ごとの町丁目人口に対して、(A)～(C)の式から算出される、出生率、生残率、乳児生残率を掛け合わせることで式(D)に示す5年後のコウホートごとの封鎖人口を算出する。なお、(A)～(D)の算出に当たり、総務省統計局や厚生労働省が公表している国勢調査や人口動態調査の結果を使用した。

(A)出生率

$$r_i = \frac{n_i}{w_i} \quad (\text{A})$$

r_i : i 年の男女別出生率

n_i : i 年の15～49歳女性からの出生数

w_i : i 年の15～49歳女性人口

i : 1995、2000、2005、2010

(B)生残率

$$b_i = 1 - \frac{k_i}{n_i} \quad (\text{B})$$

b_i : i 年の乳児生残率

k_i : i 年の乳児死亡数 (男女別)
 n_i : i 年の15~49歳女性からの出生数
 i : 1995、2000、2005、2010

(C)乳児生残率

$$e_i = \left(1 - \frac{d_i}{h_i}\right)^5 \quad (C)$$

e_i : i 年の5歳階級ごとの生残率
 d_i : i 年の5歳階級ごとの死亡数
 h_i : i 年の国勢調査5歳階級別人口
 i : 1995、2000、2005、2010

(D)封鎖人口

$$c_{i+5} = \alpha \cdot r_i \cdot w_i \cdot b_i + 5\beta \cdot j_i \cdot e_i \quad (D)$$

c_{i+5} : i 年の $n \sim n+4$ 歳封鎖人口
 r_i : i 年の出生率
 w_i : i 年の15~49歳女性人口
 b_i : i 年の乳児生残率
 h_i : i 年の $n-5 \sim n-1$ 歳人口
 e_i : i 年の $n-5 \sim n-1$ 歳生残率
 i : 1995、2000、2005、2010
 α, β : 係数 (0~4歳人口の場合 $\alpha=1, \beta=0$
5歳以上人口の場合 $\alpha=0, \beta=1$)

※2015年~2050年の封鎖人口 c_{i+5} は、
2010年度の式(A)~(C)の値を式(D)に使用して
算出

式(D)により算出される封鎖人口は、出生・死亡と
いう自然増減を考慮して算出された人口を表して
いる。

(3) 社会増減の人口推計手法について

2010年以前の町丁目単位での5歳階級別社会増
減数は、総務省統計局が公表している国勢調査結
果や式(D)により算出した封鎖人口を用いること

で、式(E)により算出される。

$$f_i = h_i - c_i \quad (E)$$

f_i : i 年の5歳階級別社会増減数
 h_i : i 年の国勢調査5歳階級別人口
 c_i : i 年の $n \sim n+4$ 歳封鎖人口
 i : 2000、2005、2010

一方で、2015年以降の5歳階級別社会増減数に
ついては、現段階で町丁目単位での予測手法が確
立されていない。その要因として、多数の町丁目
間の社会増減をコウホートごとに考えた場合、デ
ータ量が膨大となるため、社会増減率が不安定に
なることが挙げられる。そこで、奥村¹⁾は、町丁
目のコウホートごとの社会増減変化量を因子分析
により、少ない要素に集約することで、社会増減
率の不安定さを解消する手法を提案している。な
お、因子分析で算出される因子は20代~30代の子
持ちの若者のようなライフステージ、因子負荷量
はライフステージの説明量、因子得点は各町丁目
が各ライフステージに与える魅力度を表している。
この内、魅力度は交通情景や自然環境の影響を受
けた街の魅力度を表している。また、因子分析に
よって算出された因子得点を用いて式(F)される
ベクトル自己回帰モデル (VAR モデル) により、
将来の因子得点を算出する。

$$(s_j)_i = a_1(s_j)_{i-5} + a_2(s_{j+1})_{i-5} + a_3(s_{j+2})_{i-5} \\ + \dots + a_n(s_{j+n})_{i-n} \quad (F)$$

$(s_j)_i$: i 年のライフステージ j の因子得点
 a_n : 係数
 i : 2015~2050年までの5年間隔

このVARモデルでは、将来の魅力度は過去の魅力
度の傾向に起因することや、あるライフステー
ジの人口移動が他のライフステージの人口移動に影
響を与えることが考慮されている。

以上の解析手法を踏まえ、以下の(I)~(IV)の方法により、2015年以降の町丁目単位での5歳階級別社会増減数を算出した。

- (I) VARモデルを適用するエリアを設定し、エリア内に属する各町丁目の2000年、2005年、2010年の社会増減数を式(E)により算出する。
- (II) (I)で算出した社会増減数を用いて因子分析(バリマックス回転)を行い、2000年、2005年、2010年の因子得点と因子負荷量を算出する。
- (III) 統計ソフトEViews9により、2000年、2005年、2010年の因子得点を用いて、2015年から2050年までの5年間隔の因子得点を推計する。
- (IV) (II)で算出した因子得点を使用して、式(G)により、2015年以降の町丁目単位での5歳階級別社会増減数を算出する。

$$f_i = (s_j)_i \cdot (l_j)_{2010} \cdot \overline{s}_{2010} + \mu_{2010} \quad (G)$$

f_i : i 年の5歳階級別社会増減数

$(s_j)_i$: i 年のライフステージ j の因子得点

$(l_j)_{2010}$: 2010年のライフステージ j の5歳

階級別社会増減数の因子負荷量

\overline{s}_{2010} : 2010年の5歳階級ごとの社会増減数の標準偏差

μ_{2010} : i 年の5歳階級ごとの社会増減数の平均値

i : 2015~2050年までの5年間隔

また、VARモデルの性質として、VARモデルを適用したエリア内の町丁目間の社会増減しか考慮できない。そこで、VARモデル適用エリア内外での社会増減を式(H)により算出した。

$$u_{i+5} = j_i \cdot m_i \quad (H)$$

u_{i+5} : 各町丁目の i 年のVARモデル適用エリア内外での社会増減数

h_i : i 年の国勢調査5歳階級別人口

m_i : i 年~ $i+5$ 年にかけての岡山市内外での5歳階級別純移動率

i : 2015~2050年までの5年間隔

なお、本実習においては、人口推計エリアを岡山市内に属する町丁目(1995年以降岡山市に合併した町丁目を除く)としているため、純移動率は国立社会保障・人口問題研究所が公表している岡山市内外での5歳階級別純移動率を使用した。

(4) 人口ピラミッド、GIS図の作成

(2)、(3)の人口推計手法を使用し、岡山市内に属する町丁目(1995年以降岡山市に合併した町丁目を除く)を対象として実際に2050年までの町丁目単位での人口推計を行った。その後、地域実習にて対象エリアとする岡山駅運動公園口エリアや後楽園口エリアにおいて、小学校区単位での人口ピラミッド(図-1)の作成を行った。加えて、町丁目ごとの2050年と2010年時点との人口比率を統計解析ソフトGISによって分かりやすく表現した(図-2)。

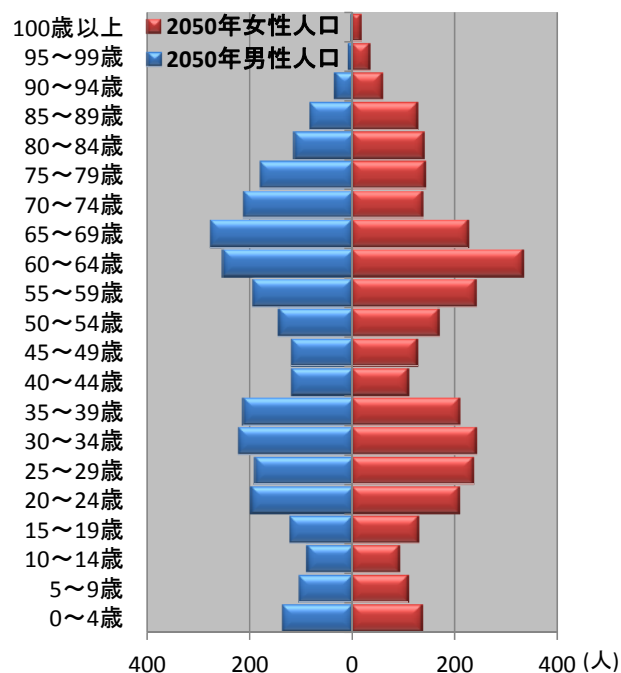


図-1 人口ピラミッド

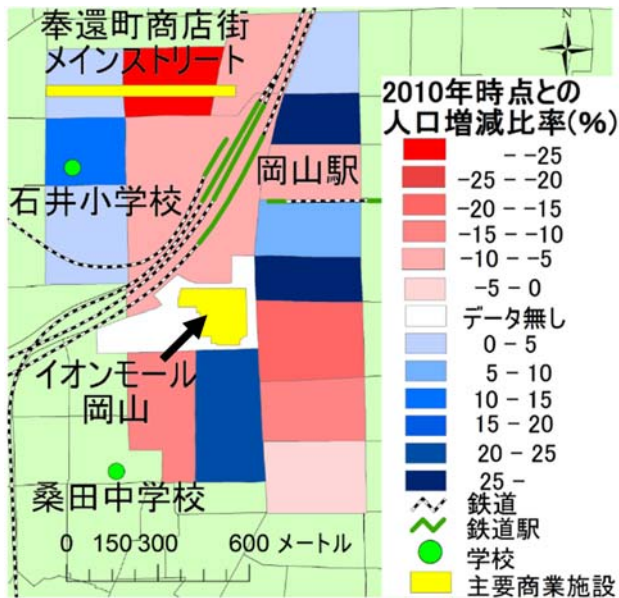


図-2 町丁目ごとの2050年と2010年時点との人口比率 (GIS図)

3. 地域実習成果

地域実習として、私たちは JR 岡山駅周辺エリア、主として、岡山駅西口にあたる運動公園口を対象として、データを用いた解析に加えて文献調査や現地調査を行い実態を明らかにしたのちポスターにまとめて発表を行い、研究成果を地域に還元した。

▶ 導入

2014年12月に開業したイオンモール岡山を核として、岡山駅東口にあたる後楽園口では多くの商業施設が立地し、路線バスや路面電車、循環バス等の公共交通機関も充実し賑わいを見せている。一方で、岡山駅西口にあたる運動公園口では、2010年に交通広場が整備され、高速バスの乗り入れやタクシーのロータリーが建設される等利便性も向上し、以前に比べ改良された部分もみられる。しかしながら、奉還町商店街を中心として商業が栄えていたかつてのイメージは一変し、日中でもシャッターのおりた商店が多くみられ、歩行者も少なく、その大半を高齢者が占めている印象を受ける(図-3)。自治体側も対策として、奉還町商店街でお客様アンケートを実施しニーズの把握を行



図-3 奉還町商店街の様子



図-4 ポスター発表の様子

ったり、空き家や空き店舗に対応した対策、ワークショップを実施することで、運動公園口の活性化に向けた取り組みも導入している。しかしながら、現状として空き家の増加や歩行者通行量減少、商業の衰退、商店の後継者不足等解決できていない問題は数多く存在する。

▶ 実習の目的

今なお解決に至っていない課題が存在する運動公園口エリアにおいて、私たちはまず、実態を定量的なデータを示すことで明らかにし、それを地域住民に提示することで危機感を持ってもらい、地域の未来を考えるきっかけとしてもらうことを目的とした。

▶ プロジェクトの概要

私たちは、「岡山駅運動公園口プロジェクト」として、岡山南ロータリークラブ研究助成事業の一環で本研究を進めた。半年弱に及ぶ研究成果を、2016年12月18日、三木記念ホールで「岡山南

ロータリークラブ創立 60 周年記念事業」として開催されたシンポジウム参加者をターゲットとしてポスター形式で発表した (図-4)。

➤ 分析結果

分析は①人口、②歩行者通行量及び商業、③土地利用についておこなった。それらの情報から、岡山駅後楽園口及び運動公園口、また運動公園口の中でもとくに奉還町エリアに焦点を当てて、過去から現在に至るまでの変遷、さらには現在から将来に至るまでの考察をおこなった。

① 人口

人口については、過去から現在までの人口推移を見るとともに、前述の地域実習で学習した方法を用いて将来人口の推計をおこなった。分析結果としては、運動公園口エリアにおいて 2050 年の総人口は 2010 年を基準として-13.4%となること が明らかとなった。その中でも、60 歳以上人口の占める割合は依然として高い (図-5)。

② 歩行者通行量及び商業

歩行者通行量と商業については、1980 年代から近年までの推移をグラフ化して提示した。その結果、一部、政令市に指定されたことやイオンモール岡山開業の効果とみられる上昇がみられる部分があるものの、20 年前と比べて商業の衰退、歩行者通行量の減少の傾向が定量的に示された。(図-6,7)

③ 土地利用

奉還町エリアを中心とした土地利用の変化については、ゼンリン住宅地図を用いて 1974 年からおおよそ 5 年ごとで現在までの同一範囲の建物開発や滅失、利用用途等の情報を目視により抽出した。その情報を、GIS 詳細地図上に落とすことで、面積、敷地数の情報としても示すことが可能となる (図-8)。土地利用変化を見る時のポイントとして、今回は人口及び高齢者割合の推移の裏付けのための情報を抽出することを目的としたため、「低未利用地 (空き地・駐車場)」「マンション開発」を中心に確認し分析をおこなった。その結果、人

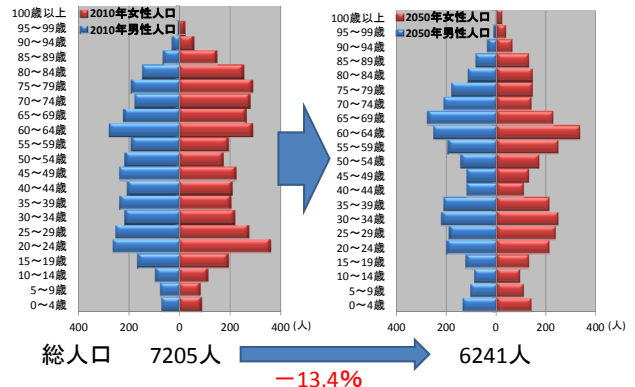


図-5 運動公園口エリアの将来人口の推計

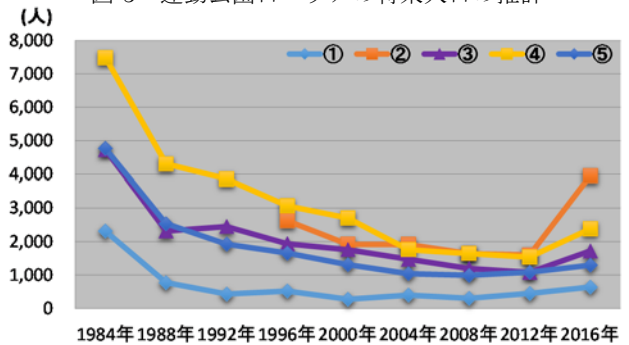


図-6 奉還町地区の歩行者通行量推移

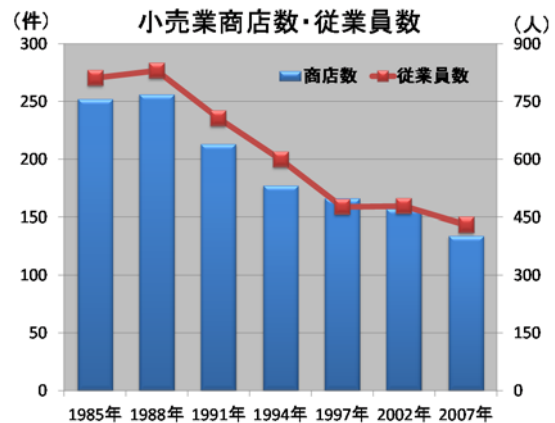


図-7 奉還町地区の小売業商店数と従業員数の推移

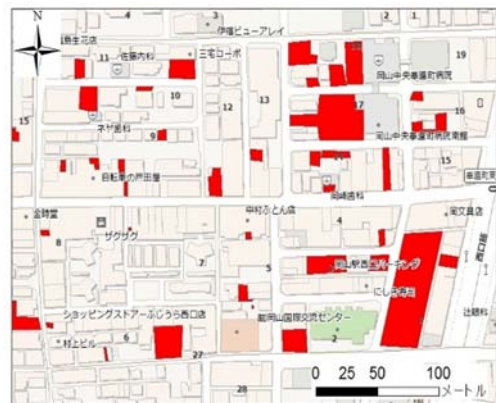


図-8 情報を落とした GIS 詳細地図図例

口の増加がみられるところでは、大規模なマンションの建設が行われており、反対に人口の減少が見られるところでは、低未利用地の増加が見られた。このように、人口の増減や世帯別の人口変動を裏付ける根拠として、住宅地図を用いた分析を行うことができた。

▶ まとめと提案

以上のような分析結果より、大規模商業施設の出店に伴い発展する岡山駅後楽園口エリアに対し、岡山駅運動公園口では人口減少や商業衰退等様々な課題が顕著になることを定量的に示すことができた。これらの結果を地域住民に提示することで、地域の将来について少しでも関心を高めてもらうことができたと考える。まずは、身近な地域について情報を収集し「知る」ということから始め、自分のこととして「考える」、それから地域の活動やまちづくりに積極的にかかわり「行動する」。この3つの段階を経て、行政と共に理想とする町の実現に向けた取り組みを住民が主体となりおこなう、「住民参加型のまちづくり」の推奨を提案した。

4. 国際実習成果

国際分野では、韓国のソウル市に行き実習を行った。視察期間は2016年11月30日(水)～12月2日(金)の3日間であり、清溪川、ソウル駅、公共交通機関の利用の現地見学及びソウル研究所、ソウル市役所にて公共交通(主にBRT)及び清溪川復元工事に関してヒアリング調査を行った。また、事前に清溪川とBRTに関して基本的なことを把握し、実習に臨んだ。

①現地調査

(a)清溪川

実際に清溪川とその周辺を歩き、現状を見た。ソウル中心部を流れる清溪川(図-9)は、衛生面・交通問題解消のため1958年～1984年の間は覆蓋され高速道路が建設されていた。しかし、高速道路の老朽化やソウルの歴史・文化を取り戻すなどの理由により、2003年～2005年の清溪川再生事

業により復元された。今では、市民の憩いの場、観光スポットとして親しまれている。散策路の整備や広場、飛び石、噴水等の設置(図-10)により、水に親しみやすい空間が創出されていたり、デザイン性に富んだ橋梁や壁面アートが施されていることで、様々な年齢層の人が利用しやすくなっている。復元に当たり、水深を掘り下げ、川幅の拡張をすることで洪水対策を行っている。川の両側には整備された道路と商業施設が並んでいる(図-11)。実際に歩いてみたところ、川の方に下りていると、道路が見えず景観は守られているが歩いている場所が分からないという課題も見えた。

(b)公共交通機関

交通結節点であるソウル駅(図-12)の視察を行い、実際に公共交通機関に乗ってみた。市内の公共交通移動の中心は、地下鉄と路線バスであり、共通の交通カード(図-13)により乗り継ぎがしやすくなっている。今回の視察では、公共交通機関



図-9 現在の清溪川



図-10 整備された散策路

の中でも速達性・定時制の確保や輸送能力の増大が可能となる高次の機能を備えたバスシステムである BRT に焦点を当てた。バス（図-14）は市内の車線の中央を走っており、バス乗り場も中央に設置されている（図-15）。これにより、一般通行人と乗車待機客が分離と渋滞の影響を受けない速達性の向上が実現されている。バスは本数も多く、交通結節点であるソウル駅では何台ものバスが連なっている様子が見られた（図-16）。また、車体の色分けにより機能分離が明確化されており、行き先別に乗り分けが可能となっている。

②ヒアリング調査

(a)ソウル研究所

1 箇所目のヒアリング場所であるソウル研究所では、ソウルでの公共交通機関の改正について話を伺った。現在の交通分担率を見ると、公共交通が自動車の分担率を上回っている。しかし、1980年代～1990年代では、複数事業者による質の低い



図-11 川の両側に位置する商業施設



図-12 ソウル駅

バスサービスが行われていた。そこで、ソウル市は公共交通体系の大規模な見直しを行った。前述したバスの種類の色分け、走行レーンの整備を含め、行政と民間の関係の見直しや投資額の変更などの改正が行われた。これにより、利便性が向上することにより、公共交通機関の利用が増加した。

(b)ソウル市役所

2 箇所目のヒアリング場所であるソウル市役所では、ソウルの公共交通や清溪川復元工事に関してヒアリングを行った。ソウルの公共交通の政策では、利用料金を安くすることが一番重要とされている。また、公共交通機関に年間 200 億円の投資が行われており市民の福祉のための政策が行われている。しかし、この投資には公共交通を利用している市民は賛成しているが、自動車のみを利用している人はお金を支払うことに不満を抱いている。また、駅の近くにレンタサイクルのポートが置かれるなど、バス・地下鉄、レンタサイクルの連携が行われている。



図-13 公共交通カード



図-14 ソウル市内を走るバス



図-15 バス専用走行レーン



図-16 ソウル駅前のバス乗り場

清溪川に関しては、復元工事から工事後の様子について聞いた。復元工事中的の問題として商業面と交通面の問題が大きく取り上げられた。工事前には清溪川周辺の商店は約 6 万店舗あり、露店商は約 1500 店舗あった。工事後には、多くの商店は市が計画して作った garden park に移住し、露店商は清溪川の近くにある東大門の後ろに移住した。また、高速道路が撤去されるため事前の交通案内や金銭的投資、駐車場の取り締まりなど交通対策が行われた。現在、清溪川は安全のため、ソウル市が 24 時間監視している。環境管理が最重要とされていて、悪臭防止のため毎年 3 回の掃除や水質のレベル管理がされている。復元工事後は、地価の上昇や来客数・売上げの増加などが起こり、清溪川周辺の活性化につながった。

■ 本実習の成果と感想（48428305 竹原裕隆）

本実習では、中心市街地における都市問題の現状を知る・対応事例を学ぶことを目的として、学内・地域・国際プロジェクト実習に取り組んだ。各実習の成果・感想を以後に整理する。

(1) 学内実習成果・感想

学内実習では、主に人口推計手法の学習に取り組んだ。人口推計手法は现阶段で町丁目単位の推計手法が確立されていない。そのため、様々な既存研究を調査し、学術的にも優れた論文とされている既存研究を参考に人口推計を行った。私自身、人口推計手法について知識がほとんど無かったため、論文内に使用されている専門用語や解析手法への理解が困難であったが、様々な文献を調査することで、徐々に理解できるようになった。人口推計の計算には、因子分析やベクトル自己回帰モデルなど様々な統計解析を行い、解析時に EViews9 という英語版の統計解析ソフトも使用した。また、今回人口推計を行うエリアは岡山市内にある多数の町丁目を対象としたため、解析時のデータ量が非常に多く、エクセルでの集計や計算時に非常に時間を要した。膨大なデータ量を集計・計算する際、エクセルでの計算式やシートの作り方を工夫することで、できるかぎり処理時間を短縮し、かつ正確性を高めることが出来た。最終的に町丁目単位で人口推計を行い、ある程度の計算精度を確保することが出来たが、より正確な人口推計を行うためには交通条件や自然条件など客観的なデータを組み込んだモデル分析を行う必要があるということも理論的に理解することができた。学内実習で取り組んだ人口解析手法の結果をもとに、地域実習で対象とした岡山駅運動公園公園口エリアと後楽園口エリアにおいて、小学校区単位での 2050 年までの人口ピラミッドの作成や、町丁目単位での 2010 年と 2050 年の人口比率を GIS によって分かりやすく表現することが出来た。分析の結果、岡山駅運動公園口エリアに属

する石井小学校区の 2050 年時点の人口は、2010 年時点と比べて約 13.4%減少しており、後楽園口エリアに属する岡山中央小学校区の 2050 年までの人口減少比率と比べても減少幅が大きいことが分かった。また、岡山運動公園口エリアの町丁目ごとの人口減少比率をみると、奉還町 2 丁目では 2050 年にかけて 20%以上減少する一方で、隣接する奉還町 3 丁目では 2050 年にかけて微増するという結果が得られた。

(2) 地域実習成果・感想

地域実習では、岡山駅運動公園口エリアと後楽園口エリアを対象に、商業、歩行量、人口に着目して文献調査を行った。過去から現在にかけての状況をデータに基づいて定量的に整理した結果、運動公園口エリアは後楽園口エリアに比べて商業・歩行量・人口の全ての面で減少幅が大きいことが分かった。これより、運動公園口エリアは後楽園口エリアと比較すると衰退傾向にあることが読み取れる。今後は、後楽園口エリアで近年開業したイオンモールの影響から、商業・歩行量・人口の面で運動公園口エリアでも何かしらの影響が出るのが考えられる。また、学内実習で行った人口推計結果をもとに、運動公園口エリアの奉還町 2,3 丁目エリアに着目して調査を行った。町丁目ごとの人口をみると、奉還町 2 丁目では 1980 年から 2010 年にかけて継続して減少傾向にあるものの、奉還町 3 丁目では、2005 年以降増加傾向にあった。その要因を探るため、株式会社ゼンリンが公表している住宅地図を使用し、目視により両町丁目の土地利用情報を抽出した。そしてその土地利用情報をもとに統計解析ソフト GIS により、面積、建物数、敷地数の観点から分析を行った。結果、奉還町 2 丁目では、低未利用地が増加している傾向がみられた一方で、奉還町 3 丁目では大規模なマンション開発がみられた。これが一因となって人口増減に影響を及ぼしていることが推察される。これより、地域存続に向けて人口の確保という観点だけを考慮すれば、マンション開発も

一つの策であると考えられる。しかし、現状としてマンションの住民間でのコミュニケーション不足やコミュニティの欠如など、マンション開発には地域の存続へ向けてのデメリットも存在する。

このような問題に対して、自らの住む地域の現状を知り、今後どうするべきか考え行動をしてみよう住民へのきっかけづくりとして、以上のような結果をまとめたポスターを作成し、住民の前で展示、発表した。地域実習で行った調査、分析から私自身も今後の地域コミュニティの在り方を考えさせられた。今は何が正解かという答えは出せないが、今後は一層都市計画に対する知識を深め、住民や自治体にとって良い解決策を考え出すことができればと思った。

(3) 国際実習成果・感想

国際実習では、韓国のソウルへの視察に向かう前に、ソウルの公共交通システムや視察で訪れる清溪川に関する事前調査を行った。視察では、清溪川、ソウル駅、ソウル市役所等へ出向き、ヒアリング調査等も行った。ヒアリング調査では、事前調査から疑問を思ったことを担当者の方に英語で質問した。ヒアリング内容から、ソウル市の大規模な公共交通システム整備や清溪川の復元の際には、市職員の熱意と住民との幾度となる対談が重要であることを学んだ。また、ソウル駅ではバス乗り場の状況や駅構内を視察した。BRT にも乗車し、ソウル市内での公共交通の利便性の高さや BRT の特徴を実際に体験することが出来た。

ソウル市が行っている交通政策や都市整備は非常に参考になる部分も多々あり、日本でも参考にできる部分もあるのではないかと感じた。岡山と比較した場合は人口規模や都市規模も大きく異なるため、全てが参考にできるわけではないが、行政と民間会社、住民との連携の大事さについては、非常に参考にできる部分があると思った。国際実習を通じて、英語で話さなければならない機会が多かったが、いざその場面に出くわすと相手の話も十分に理解できず、こちら側からも英語で意思

を伝えることが難しいと感じた。実際、大学までは座学で Reading や Writing の学習を行う機会が多かったが、Listening や Speaking を行う機会は非常に少なかったように思う。そのような英語を通じてのコミュニケーションの経験不足が結果として今回のソウル視察時に表れたのではないかと思う。しかし、英語は世界共通言語であるため、他国の人の考え方等を知るには必ず必要なツールである。今回の国際実習で、自分には英語でのコミュニケーション能力が皆無であるが、今後自分の可能性を広げるためにも英語でのコミュニケーション能力は必要であると気づけただけでも今回の国際実習は有意義であったように思う。

■ 本実習の成果と感想（48428308 水野彩加）

(1) 学内実習について

学内実習では、様々な解析方法について学んだ。報告会やコロキウム、報告書内では主に将来人口の推計方法についてまとめたが、その他にも都市計画を考える上では様々な指標を検討する必要がある、その時々状況に応じた適切な解析手法を用いることの重要性を改めて認識した。今回分析及び資料作りの段階で用いた方法としても一つ、私たちの研究室では頻繁に扱うのだが地理情報システム（GIS）が挙げられる。今回は、地域実習において、住宅地図の情報を落とし込むために用いた。GIS を用いることで、住宅地図紙面上の視覚的な要素のみであった情報が、面積や敷地数といった定量的な情報へと変換することができる。このように情報の示し方を変えることで、聞き手側にとってより説得力を持った具体的な情報を提示することが可能になるということも今回の実習を通して実感することができた。

分析手法にはまだ知らない、使ったことのない手法も含め数多くのもが存在する。どの手法をどのような場面で用いるのか、またその手法を用いることでどのような情報がどの程度の精度で得られるのかといった、状況に応じて自分の持っている知識を活用し、ベストな方法を用いる判断ができるようになるために更なる学習を積み重ねていく必要があると感じた。

(2) 地域実習について

地域実習では、岡山南ロータリークラブの助成事業の一環で「岡山駅運動公園口プロジェクト」に取り組んだ。ここでは岡山駅周辺エリアを対象とし、地域実習で学んだ分析方法等を応用して、地域の実態や将来像、状況に対応していくための提案をおこない、実際に対象エリアに関わっている地域の方へ向けて訴えかけた。普段私たちは、自らが学ぶ分野について、ある程度専門的な知識を持った相手への発表や説明をする機会が多い。

しかし今回は、地域住民を相手としていることもあり、いかにしてわかりやすく、かつより詳細な情報まで伝えるかということに重点を置いて表現方法を考える必要があり、そこがこのプロジェクト実習で最も苦勞した部分である。また、ポスター形式での発表も初めて経験した。限られた大きさの中で、よりたくさんの情報を視覚的に表現することも非常に難しく、図表の配置や色使いの部分までよく考えたうえで作成していった。また、別のセミナーへの参加者を対象とした発表であったことから、わざわざ足を止めて聞いてもらうための工夫も必要だった。そのためにも、レイアウトとしては、図やイラストを中心としたポスターにし、簡略化した地図上に様々な情報を乗せて岡山駅周辺エリアのうちのどの部分のことを示しているのかといったことが一目でわかるようにした。

このように、分析内容としては普段行っているような分析であったが、成果を発表する相手が誰なのかということによって表現の仕方を工夫することの重要性を痛感した。地域住民の方にいかに自分の地域のことについて興味を持ってもらえるか。まちづくりの理想形は、住民が行政と一緒にあって地域の将来を考えていく、住民の意見が反映されたまちになっていくことだと考える。そのためにも、まず自分の住む地域について考えるきっかけを作ることが重要で、今回の実習ではそのための第一歩となったのではないかと考える。

(3) 国際実習について、

国外実習では韓国・ソウル市を訪れ、日本とは異なる都市の発展を目の当たりにした。今回の視察では、主に清溪川と市内の公共交通機関に重点を置いたスケジュールとなっていたが、それらについて出国前に事前に視察者による勉強会を研究室内で開き、ある程度の知識を持ったうえでの訪問となった。例えば清溪川に関しては、過去に過剰な交通需要に対応するため、また産業の発展に伴い汚染された川に蓋をしておこうとする等の

思惑のもとで、川を道路によって覆蓋してしまった。また、道路の老朽化に加え市民からの要望もあって河川が復元された。そのような歴史を頭に入れたうえで視察をおこなったことで、現在の清溪川の存在価値や必要性、担う役割を考えながら、ポイントを絞った視察ができた。また、公共交通機関についても、ソウル市の主要公共交通機関が何なのか、それらの交通機関の利用利便性が高いポイントはどこにあるのか。そのような情報をあらかじめ頭に入れて、自らも実際に利用することで、公共交通の利用しやすさを、より実感することができた。

まちづくりはその土地その土地で大きく異なる。異国から訪れるものにとっては事前に調べておかないとわからないような情報も多く存在する。このように、まちづくりは万国共通ではなく、本当に小さな地域の単位で異なるために、他の都市の真似をただけのまちづくりでは到底無理が生じる。観光客がきて楽しむことを目的としたまちももちろんあるだろう。しかし、一番はそこに住む人がこれからも住み続けたいと思えるまちを作っていくことが必要である。自分の住む国から出て海外に行き、自分の知らない世界を知ること、その必要性を強く感じることもできた。

■ 本実習の成果と感想 (48428309 吉松ひかる)

今回のプロジェクト実習は、学内・地域・国際の3分野を通して、中心市街地における都市問題の現状を知ること、対策事例を学ぶことを目的として行った。

(1)学内実習の成果・感想

学内分野では、解析手法等の学習を行った。具体的には、将来の人口推計手法の学習、住宅地図情報のデータ化、統計解析ソフトの使用方の学習を行った。EViews9 という統計ソフトを用い、岡山市の町丁目ごとに自然増減（出生・死亡）、社会増減（人口移動）を考慮したモデルを作成して将来の人口を推計した。今回は初めて扱う推計手法があった。今後も様々な手法により分析を進める機会があると思うので、行う分析に対してどの手法が適切であるかや正しく分析を行うことが必要であると感じた。

(2)地域学習の成果・感想

地域分野では、岡山駅運動公園口エリアにおける都市問題の調査及び報告を行った。岡山駅の後楽園口（東口）と運動公園口（西口）の現状について文献調査・現地調査で把握した後、人口、歩行量、商業（商店数・従業員数）に着目して過去から現在までの推移を定量的に明らかにした。その結果、後楽園口エリアに比べて運動公園口エリアで高齢化の進展、歩行量の減少、商業の衰退が起きていることが確認できた。続いて、地域分野で行った将来人口推計を利用して、運動公園口エリアで2010年と2050年の人口増減を計算した。それより、運動公園口エリアの中でも奉還町2丁目・3丁目を取り上げ、人口と土地利用変化から両丁目の比較を行った。各丁目で異なる課題が見つかり、今後の奉還町では、住民が主体となり、行政とともに理想とする街の実現に向けて取り組みに参加することが必要となってくることを示した。以上の内容をまとめたものをポスター形式で発表した。この発表は、地域住民の方に地域が置

かれている状況を知ってもらい、危機感を持ってもらうことで行動に移す一つのきっかけになることを目的としている。生活圏内にある地域を対象としていたが、身近な地域であつても知らないことが多く、一部の地域に焦点を当てても様々な課題が出てきた。今回は、課題を抽出しただけであり解決法まで提示できていないことが悔やまれる。抽出した課題は、この地域だけでなく様々な場所で起こっていると思うので、どのようにまちづくりを行っていくか今後大切になってくると思った。

(3)国際学習の成果・感想

国際分野では、韓国のソウル市に視察に行った。今回のソウル市視察は、都市問題の現状と対策の海外事例として、高速道路を撤去し川を再生した清溪川復元工事とソウル首都圏で運行している発達したバスシステムであるBRTについて、現地調査及びヒアリング調査を行うことを目的としている。事前に清溪川復元工事とBRTについて調べ、視察に臨んだ。清溪川復元工事については、現在の清溪川及びその周辺の実態を把握し、ヒアリング調査から詳細な工事内容や工事前後の変化等を知ることが出来た。また、バスを含む公共交通全体の現地調査を行った。交通結節点であるソウル駅を中心に見て、実際に地下鉄やバスに乗りすることで利用しやすさを実感した。ヒアリング調査から、昔のバスシステムや運営していく上での行政と民間の関係等について学ぶことが出来た。

国際分野に関して、事前に調査を行い現状の把握を行っていたが、実際に現地に行くことで文献調査では分からない雰囲気や現地の人々の状況を知ることが出来た。例えば、清溪川の現状に関しては、現在整備がどの程度行われているか等が分かった。交通面では、自動車の利用実態（歩道や車との距離が近い等）や公共交通の利用しやすさについて現地に行くことで驚くことが多かった。バスの整備に重点を置いていたが、利用してみるとバスは乗り場や行き先が分かりにくく、地下鉄の

方が利用しやすかった。事前調査でいい面が多く見えたシステムは、地域住民にとっては利用しやすいかもしれないが、違う国や初めて利用する人からも利用しやすいとは限らないことを実感した。

(4)総合的な感想

地域分野では、その地に住み地域を把握している住民とまちづくりを行える行政が一体となってまちづくりを行うことが大切であると考えた。国際分野からは、BRTに関して行政と民間企業が役割を分担してともに事業を進めていることでバスシステムが上手く運行している。また、清溪川の工事では、復元を行う際に住民や商人と年間約4000回もの話し合いが行われたように、双方が納得するまで話し合うことが大切であると感じた。これより、プロジェクト実習全体を通して、市民（住民）・民間企業・行政が一体となってまちづくりを進めていくことが大切であると考えた。

参考文献

- 1) 奥村誠, 国勢調査メッシュデータに基づく地区の将来人口構成予測手法, 都市計画論文集, Vol.40-3, pp.193-198, 2005.

Report on project practice

1. Introduction

I have been working on project internships within the university, region, and international. The purpose of this project practice is to know the current situation and learn examples of measure of urban problems in central urban area. In region practice, I conducted literature surveys and on-site surveys as surveys and reports on urban problems in the Okayama station exercise park entrance area, and created and exhibited posters organizing the survey results. In university practice, I tackled learning about population estimation method and learning how to use GIS of statistical analysis software, etc. for creating posters to work on region practice. In international practice, I went to Seoul, Korea, to learn representative measures of urban problems in central urban area. At the time of the visit, I took a tour of the Cheonggyecheon and conducted interviews with Seoul City Hall etc. In this report, I report on the results of project practice

2. University practice

In university practice, I worked on learning about population estimation method and learning how to use GIS of statistical analysis software. In this chapter, I report the learning outcomes of the population estimation method mainly engaged in university practice.

(1) Population prediction

The estimated population in the future is

generally calculated by adding the natural change due to birth / death and the social change due to transfers and transfers. In recent years, research on population estimation methods has been extensively conducted, and research on population estimation methods at town, which was supposed to be difficult to estimate, is progressing gradually. Therefore, we learned population estimation method in town based on existing research in university practice. Based on the learned population estimation method, the population estimate is actually calculated for each town by 2050, for town belonging to Okayama city (excluding town merged in Okayama city since 1995).

(2) Natural change

By multiplying the birth rate, the survival rate, and the infant survival rate calculated from the expressions (A) - (C) to the town population for each cohort (5-year-old class), it is shown in the formula (D) Calculate the closed population for each cohort after five years.

(A)Birth rate

$$r_i = \frac{n_i}{w_i} \quad (A)$$

r_i : Birth rate

n_i : Number of births

w_i : Female population
from 15 to 49 years old

i : 1995, 2000, 2005, 2010

(B) Infant survival rate

$$b_i = 1 - \frac{k_i}{n_i} \quad (B)$$

b_i : Infant survival rate
 k_i : Number of infant death
 n_i : Number of births
 i : 1995、2000、2005、2010

(C) Survival rate

$$e_i = \left(1 - \frac{d_i}{h_i}\right)^5 \quad (C)$$

e_i : Birth rate by 5 years old class
 d_i : Number of deaths
 by 5 years old class
 h_i : Population by 5 years old class
 i : 1995、2000、2005、2010

(D) Closed population

$$c_{i+5} = \alpha \cdot r_i \cdot w_i \cdot b_i + 5\beta \cdot j_i \cdot e_i \quad (D)$$

c_{i+5} : Closed population
 r_i : Birth rate
 w_i : Female population
 from 15 to 49 years old
 b_i : Infant survival rate
 h_i : Population by 5 years old class
 e_i : Birth rate by 5 years old class
 i : 1995、2000、2005、2010
 α, β : Coefficient (0~4 years old : $\alpha=1, \beta=0$
 over 5 years old : $\alpha=0, \beta=1$)

※The closed population c_{i+5} from 2015 to 2050 is calculated by using the values of the formulas (A) to (C) in 2010 for the formula (D)

(3) Social change

The number of social change by 5-year class in units of town chome before 2010 is calculated by equation (E).

$$f_i = h_i - c_i \quad (E)$$

f_i : Social change by 5 years old class
 h_i : Population by 5-year-old class
 c_i : Closed population by 5 years old class
 i : 2000,2005,2010

On the other hand, as for the number of social change by 5-year-old class after 2015, prediction method in town unit is not established at this stage. The reason for this is that considering the social change among many urban areas for each cohort, the amount of data becomes enormous and the social change rate becomes unstable. Therefore, the preceding study proposed a method to solve the instability of social change rate by consolidating the change of social change per cohort of town by a factor analysis by factor analysis. Factors calculated by factor analysis are life stages like young people of their 20s to 30s, factor load amounts are the explanation amounts of life stages, factor scores are the attractiveness of each town to each life stage. Among them, attractiveness represents the attractiveness of the city affected by traffic scenes and the natural environment. Also, future factor scores are calculated from the vector autoregressive model (VAR model) which is expressed by equation (F) using the factor score calculated by factor analysis.

$$(s_j)_i = a_1(s_j)_{i-5} + a_2(s_{j+1})_{i-5} + a_3(s_{j+2})_{i-5} + \dots + a_n(s_{j+n})_{i-n} \quad (F)$$

$(s_j)_i$: factor score of life stage j
 a_n : Coefficient
 i : intervals of 5 years from 2015 to 2050

In this VAR model, it is considered that the attractiveness of the future is attributable to the tendency of the attractiveness of the past, and the migration of the population of a certain life stage affects the movement of population of other life stages.

Based on the above analytical method, the number of social change by 5-year-old class in units of town after 2015 was calculated by the following methods (I) - (IV).

- (I) Set the area to which the VAR model is applied, and calculate the social increase / decrease number of each town belonging to the area in 2000, 2005 and 2010 by the formula (E).
- (II) Factor analysis is performed using the social increase / decrease number calculated in (I) to calculate factor scores and factor load amounts for 2000 and 2005, 2010.
- (III) Estimate factor scores at five-year intervals from 2015 to 2050, using factor scores in 2000, 2005 and 2010 with the statistical software EViews 9.
- (IV) Using the factor score calculated in (II), calculate the number of social change by 5-year-old class in units of town after 2015 according to formula (G).

$$f_i = (s_j)_i \cdot (l_j)_{2010} \cdot \overline{s_{2010}} + \mu_{2010} \quad (G)$$

f_i : Social change by 5 years old class

$(s_j)_i$: Factor score for social change by 5-year-old class
 $(l_j)_{2010}$: Factor loading after rotation of social change by 5-year-old class in 2010
 $\overline{s_{2010}}$: Standard deviation of social change by 5-year-old class in 2010
 μ_{2010} : Average value of social change by 5 years old class in 2010
 i : Five year interval from 2015 to 2050

In addition, as a property of the VAR model, only the social increase and decrease among the town churches in the area to which the VAR model is applied can be considered. Therefore, the social change within and outside the VAR model application area was calculated by the formula (H).

$$u_{i+5} = j_i \cdot m_i \quad (H)$$

u_{i+5} : Social change of each town inside and outside VAR model application area
 h_i : population by 5-year-old class
 m_i : Net transfer rate by 5-year class in Okayama city and outside
 i : Five year interval from 2015 to 2050

Using the population estimation method of (2), (3), it is actually targeting town chome belonging to Okayama city (excluding town which merged with Okayama city since 1995) in town unit until 2050 Population estimates were made. After that, we created a population pyramid (Figure 1) in elementary school district in Okayama station exercise park entrance area and Korakuen area which are target areas.

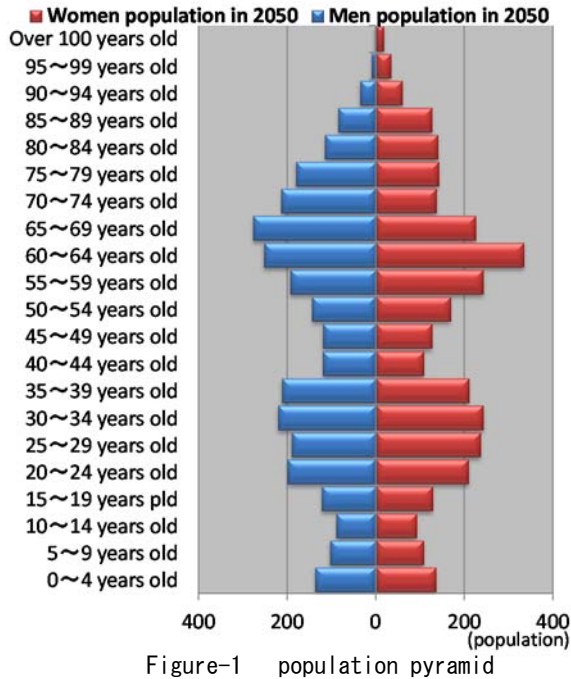


Figure-2 State of Hokantyo shopping street

3. Domestic practical achievement outcome

We conducted a literature survey and on-site survey in addition to analysis using data for target areas around JR Okayama station, we clarified the actual situation, then announced them collectively and posted the research results to the area.

➤ Introduction

Many commercial facilities are located at Okayama station Korakuen entrance, centering on Aeon Mall Okayama which opened in December 2014. Public transportation facilities such as route buses, trams and circulation buses are also full of bustling. On the other hand, in Okayama station exercise park entrance, transportation plaza was developed in 2010, convenience such as high-speed bus ride and taxi's round-trip construction was improved, there are also parts improved compared to the past. However, the image of the past that commercial activity prospered mainly in Hokantyo shopping district has transformed

completely, many shops where shutters were held even during the day, few pedestrians, mostly elderly people occupy it. (Figure-2) Currently, there are many problems that can not be solved, such as an increase in vacant houses, a reduction in pedestrian traffic, a decline in commerce, a shortage of successors at stores and so forth.

➤ Purpose of practical training

We aimed to clarify the actual situation by showing quantitative data, to have it present a sense of crisis by presenting it to the local residents, and to have the opportunity to consider the future of the region.

➤ Project Outline

We carried out this research as part of Okayama South Rotary Club Research Grant Project entitled "Okayama Station Sports Park Entrance Project". Half years of research results were presented in a poster format targeting participants of the symposium held as "Okayama South Rotary Club 60th Anniversary Project" at Miki Memorial Hall on December 18, 2016. (Figure-3)

➤ Result of analysis

Analysis was conducted on population, traffic volume on pedestrians, commercial and land



Figure-3 Poster presentation

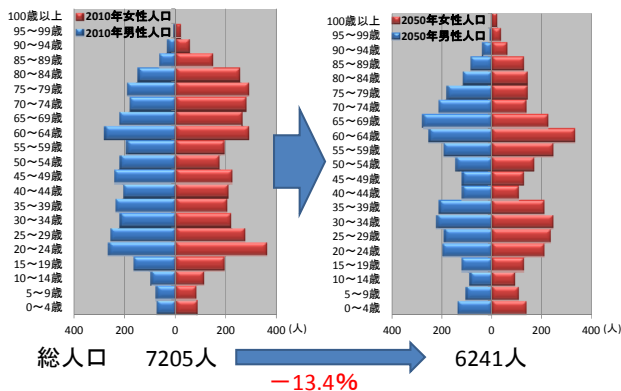


Figure-4 Estimation of the future population of the sports park entrance area

use. From those information, we focused on the area of Hokantyo town, especially among the sports park entrance, and clarified the transition from the past to the present. In addition, I made a consideration from the present to the future.

(1) Population

In addition to seeing the population trends from the past to the present, we estimated the future population. As a result of the analysis, it became clear that the total population in 2050 for the sports park entrance area will be -13.4% based on 2010. Among them, the proportion of the population over the age of 60 is still high. (Figure-4)

(2) Pedestrian traffic volume and commercial Graphical representation of the transition

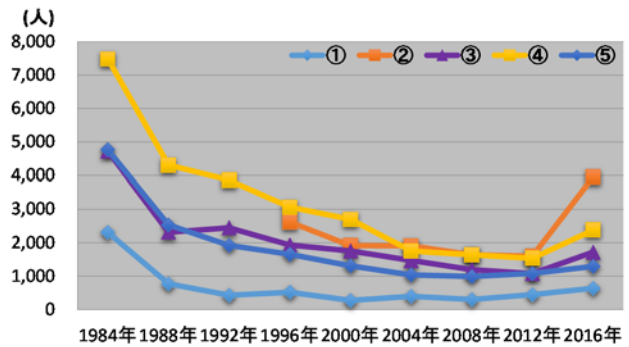


Figure-5 Trends in traffic volume of pedestrians in Hokantyo area

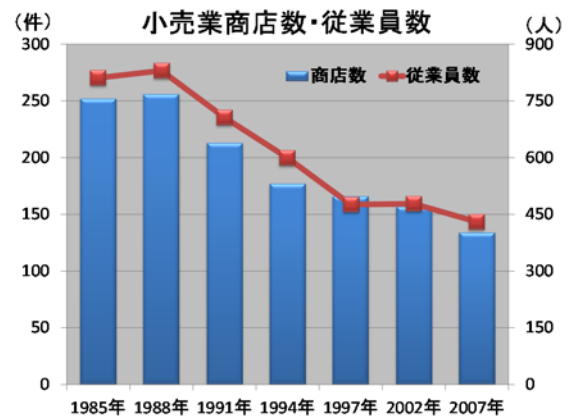


Figure-6 Trends in the number of retail stores and number of employees in Hokantyo area

from the 1980s to the recent years. As a result, there was a rise part due to the opening of AEON MALL Okayama, but compared with 20 years ago, the trend of declining commerce and decreasing traffic volume of pedestrians was shown quantitatively. (Figure-5,6)

(3) Land use

Using the Zenrin residential map, we visually extracted information on building development, destruction and utilization from 1974 to the present centered on the area of Bonin town. By dropping this information on the GIS detailed map, it is also possible to show it as information on area and site number. Since this time was aimed at extracting information for supporting the trend of the population and elderly population, analysis was carried out mainly by

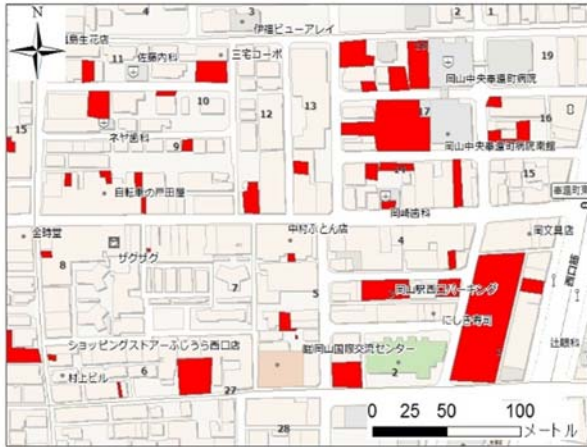


Figure-7 Example of GIS detailed map with information dropped

focusing on low unused areas (vacant lots, parking lots) and condominium development. As a result, where an increase in the population is observed, the construction of large-scale condominiums is underway, whereas, where population declines are observed, an increase in low unused land is observed. (Figure-7)

➤ Summary and suggestions

Based on the results of the analysis, it is possible to quantitatively show that various problems such as population decrease and commercial decline become conspicuous at the Okayama station exercise park entrance to the Okayama station Korakuen mouth area which develops with the opening of large-scale commercial facilities. By presenting these results to local residents, we were able to increase interest in the future of the region even a little. First of all, we start collecting information about familiar areas, "starting to know", "thinking" about ourselves, then actively engage in community activities and community development "act". Through these three stages, we suggested recommendation of "community participation type of community development" where the residents take the initiative to realize

the town idealized with the administration as the subject.

4. International achievement outcome

In the international field, I went to Seoul City in Korea and conducted a practical training. The inspection period is 3 days from November 30 (Wednesday) 2016 to December 2 (Fri). We conducted interview surveys on public transportation (mainly BRT) and Cheonggyecheon restoration work at Seongle River, Seoul Station, on-site tour of the use of public transportation, Seoul Institute and Seoul City Hall. Also, I grasp the fundamental things about Cheonggyecheon and BRT beforehand and I began to practice.

(1) Field survey

(a) Cheonggyecheon

I actually walked around the Cheonggyecheon River and its surroundings and saw the present situation. Cheonggyecheon flowing through the center of Seoul (Fig. 9) was covered and the highway was built between 1958 and 1984 in order to solve the hygiene and traffic problems. However, it was restored by the Cheonggye River regeneration project from 2003 to 2005 due to the aging of highways and regaining the history and culture of Seoul. It is popular now as a place for relaxation and sightseeing spots of citizens. Due to the creation of a space friendly to water by the maintenance of walking paths and the installation of plazas, stepping stones, fountains, etc. (Fig. 10), various designs and bridges and wall arts are provided It is easy for people of the age group to use it. In restoration, we are dealing with floods by digging down the water depth and widening the river width. On both sides of the river, well-maintained roads

and commercial facilities are lined up (Fig. 11). When I actually walked, when I was walking down the river, I could see the problem that the road could not be seen and the landscape was protected but I could not see where I was walking.

(2)Public Transportation

I visited Seoul Station (Fig. 12), which is a



Figure-9 The current Cheonggyecheon River



Figure-10 A well-organized walkway



Figure-11 Commercial facilities located on both sides of the river

transportation node, and actually took a public transportation system. The center of public transportation in the city is the subway and the route bus, which makes it easier to connect by a common traffic card (Fig. 13). In this visit, we focused on the BRT, which is a bus system with high-order functions that can secure express and fixed-time system and increase transportation capacity among public transportation facilities. The bus (Fig. 14) runs in the center of the city lane, and the bus station is also installed at the center (Fig. 15). As a result, improvements in expressability that general passersby and boarding passengers are not affected by separation and congestion are realized. There were many buses, and it seemed that Seoul Station which is the transportation node pointed to several buses (Fig. 16). Moreover, functional separation is clarified by



Figure-12 Seoul station



Figure-13 Common transportation card



Figure-14 Bus running in Seoul city



Figure-15 Bus lane



Figure-16 Bus station in front of Seoul station

the color coding of the car body, and it is possible to divide it by destination.

(2) Discovery survey

(a)Seoul Institute

The Seoul Institute, the first hearing site, talked about the revision of public

transportation in Seoul. Looking at the current traffic share rate, public transportation exceeds the share of cars. However, in the 1980's and 1990's, low-quality bus service was performed by multiple operators. So, Seoul City made a massive review of the public transportation system. Revision of the relationship between the administration and the private sector, change of the investment amount, etc., including color classification of the bus type and maintenance of the driving lane as mentioned above was done. As a result, the convenience is improved, and the use of public transport has increased.

(b)Seoul City Hall

At Seoul City Hall, the second hearing site, we conducted hearings on Seoul's public transportation and Cheonggyecheon restoration work. In Seoul's public transport policy, it is considered to be the most important to lower the usage fee. In addition, public transportation is investing 20 billion yen annually and policies for the welfare of citizens are being carried out. However, citizens who use public transport are agreeing with this investment, but those who use only cars are dissatisfied with paying money. Also, there is a port of a rental cycle near the station, cooperation of bus · subway, rental cycle is being done.

Regarding the Cheonggyecheon river, I heard about the situation after restoration work and construction. Commercial and transport problems were taken up as problems during restoration work. Before construction, there were about 60,000 shops around Cheonggyecheon, and about 1,500 stall vendors. After construction, many shops moved to the garden park which the city planned and made,

and the stall vendors emigrated behind Dongdaemun near the Cheonggyecheon. Also, due to removal of the expressway, traffic measures such as advance traffic guidance, monetary investment, crackdown on parking etc were carried out. Currently, Cheonggyecheon is monitored for 24 hours by Seoul City for safety. Environmental management is considered to be of utmost importance, and three times of cleaning and level management of water quality are done every year to prevent malodor. After the restoration work, the rise in land prices, an increase in the number of visitors and sales, etc. occurred, which led to the revitalization of Cheonggyecheon.

石炭燃焼・ガス化設備より発生する水銀の除去技術に関する調査

Study on mercury removal technology from coal combustion flue gas and coal gasification gas

Md. Azhar Uddin, Professor, Institute of Global Human Resources Development,

Coal-fired power plants have been considered to be the primary anthropogenic source of mercury into the atmosphere. For example, these account for about one-third of all anthropogenic mercury emissions in the USA. In China, mercury emission from nonferrous metals smelting, coal combustion, and miscellaneous activities contributed about 45 %, 38 %, and 17 %, respectively. Mercury contamination is widespread in different ecological compartments such as atmosphere, soil, and water. Mercury is a global pollutant. The research on mercury in America and Europe has been widely conducted. Anthropogenic emissions of mercury still increase in Asia because of increased burning of coal and increased industrialization. Mercury is considered a dangerous heavy metal to both humans and the ecosystem because it is highly toxic to the central nervous system and it tends to bio-accumulate in the human body.

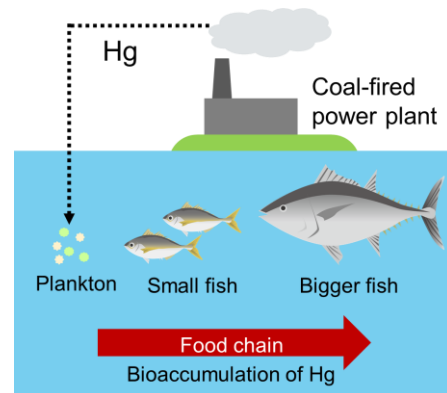


Fig.1 Bio-accumulation of mercury.

Coal-fired power plants are one of the main sources of mercury emission to the environment. As a consequence, legislative bodies both in Europe and the USA are considering the reduction of mercury emissions from coal-fired power plants an important priority. According to a ruling announced in the USA, mercury emissions from utility boilers must be reduced to a final cap of 15 ton/year by 2018, equivalent to nearly 70 % reduction.

Many researches have been done about removing mercury from coal combustion flue gases by adsorbents. Activated carbon (AC) is one of the adsorbents widely studied. It was reported that AC modified by sulfur (S), chlorine (Cl), iodine (I), and bromine (Br) could efficiently improve the removal capability of AC

The main purpose of this course is to nurture talented students in Okayama

University who can exercise leadership internationally towards the environmental regeneration of Asia" and it is planned to achieve through practice/exercise a research topic in two stages: In-campus Course and Domestic Course, and International Course. The main theme of this study is "Study on mercury removal technology from coal combustion flue gas and coal gasification gas". Two master course students from the Department of Material and Energy Science, Graduate School of Environmental and Life Science of Okayama University have participated in this study. Details of the students' activities in this course are described in this report.

- **International Course**

More than 50 percent of emission of elemental mercury into the atmosphere occurs in China. In the International Course, the students visited Hangzhou Dianzi University and Zhejiang University in Hangzhou, China. In Hangzhou Dianzi University, they visited Professor Shengji Wu's laboratory and performed Mercury removal experiment using simulated coal combustion flue gas with the students of Professor Shengji Wu. In Zhejiang University, they visited the facilities for mercury removal experiments in the Department of Energy Engineering. During their visit to Hangzhou Dianzi University and Zhejiang University, the visiting students talked to the faculty members, undergraduate and undergraduate students of both universities about their research as well as about Chinese and Japanese cultures in English.

- **In-campus and Domestic Course**

In in-campus and Domestic Course, the students conducted the mercury removal experiments with coal gasification fuel gas using iron oxide and iron sulfide sorbents experiments at the laboratory of Environmental Reaction Engineering Laboratory at Okayama University. In these experiments the students learned about the method of removal of mercury from coal gasification fuel gas. Here, the students gained experiences in wide range of experimental techniques and analytical procedures (gas and solid analyses) for mercury removal technologies.

Final Remarks

This program provided the students some unique opportunities to gain hand-on experiences in learning some useful techniques for the removal of mercury from coal combustion flue gas in Hangzhou, China and from coal gasification fuel gas in Okayama, Japan in the international and in-campus and domestic courses. Furthermore, the students have improved their ability to communicate in English in an international atmosphere. These experiences will add immeasurable benefits to the students in building their future career and leadership both domestically and internationally.

石炭燃焼・ガス化設備より発生する水銀の除去技術に関する調査

環境生命科学研究科 48428376 中西真奈美

48428377 中野剛志

1. 緒言

石炭は製鉄や火力発電の燃料、化学品の原料として使用されている。2015年現在、中国の石炭生産量と消費量はともに世界第一位で、その割合はどちらも世界全体の石炭生産量、消費量の約半分を占める。中国における主な石炭の用途は石炭火力発電である。2011年現在、中国全体の発電量の約8割が石炭火力発電で賄われており、またその発電量は年々増加傾向にあるのが現状である。一方、日本においては石炭ガス化複合発電（IGCC, Integrated coal Gasification Combined Cycle）が注目されている。これは石炭をガス化したガスを用いてタービンを回し、さらに使用したガスを燃焼することでもう一度タービンを回して発電する技術である。IGCCの利点には発電効率の良さ、CO₂、SO_x、NO_x、煤塵の排出量の削減が挙げられる。また、従来の火力発電では利用が困難である、低灰融点の石炭の利用が可能であることもメリットである。

一方で、火力発電に石炭を使用する場合、石炭中に含まれる水銀が排気ガスとして大気中に排出されるといった問題がある。大気中に排出された水銀は海水中に吸収され、バクテリアの働きにより無機水銀から有機水銀に変えられ、海洋生物の食物連鎖により濃縮される。そのような魚介類の摂取により水銀が人体に取り込まれた場合、神経系障害などの重篤な健康被害を引き起こすことが知られている。

火力発電により排出される水銀の形態には酸化水銀、粒子状水銀、金属水銀がある。このうち前者2つは既存の装置で除去可能であるが、現在の技術では金属水銀の除去は困難である。そこで本プロジェクトでは、金属水銀の除去に適した除去

剤の開発を目的とし、水銀除去に関する調査を行った。除去剤を調製し、石炭燃焼ガスもしくは石炭ガス化ガス雰囲気下において水銀除去実験を行い、性能を評価した。

2. 国際

2.1 杭州電子科技大学訪問

我々は中国、浙江省の杭州市にある杭州電子科技大学を訪問した。杭州電子科技大学では、呉聖姫先生の研究室を訪問し、先生方や学生と交流して意見や情報を交換し合った。また石炭燃焼ガス雰囲気下における水銀除去実験を行った。またアズハ先生の招待講演に参加した。

2.2 水銀燃焼ガスからの水銀除去実験

2.2.1 実験方法

除去剤は中国の呉先生の研究室で調製されたFe担持活性炭を用いた。活性炭はフェノール樹脂を原料として調製されている。また除去剤の評価はX線回折法（XRD）とX線光電子分光法（XPS）を用いて行われた。

水銀除去実験は固定床反応装置を用いて行った（図1）。実験で用いたガスは石炭ガス化ガスと同様の成分の模擬混合ガスであり、全流量を500 cc-STP/minとした。ガスの組成はHg: 5.0ppb、O₂: 5%、CO₂: 10%、SO₂: 500ppm、N₂: balanceとした。除去剤は0.125 cc 用い、空間速度 $2.4 \times 10^5 \text{ h}^{-1}$ 、反応温度 180 °C、反応時間 3 h とした。反応管入口水銀濃度（Hg in）と反応管出口水銀濃度（Hg out）は原子吸光分析装置で測定した。反応管入口水銀濃度は水銀を含む混合ガスをバイパスに流通させることにより測定した。

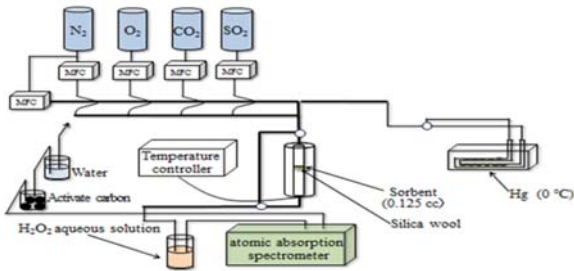


図1 水銀除去実験概要図 (杭州電子科技大学)

2.2.3 実験結果

除去剤は中国の呉先生の研究室において、予め XRD と XPS によりキャラクターゼーションがなされた。その結果、除去剤中の Fe は Fe_2O_3 と FeS_2 の状態で活性炭上に担持されていることが示唆された。

この除去剤を用いて水銀除去実験を行った結果を図2に示す。平均水銀除去率は73.5%と非常に高い値となった。また除去率は反応時間中、非常に安定していた。

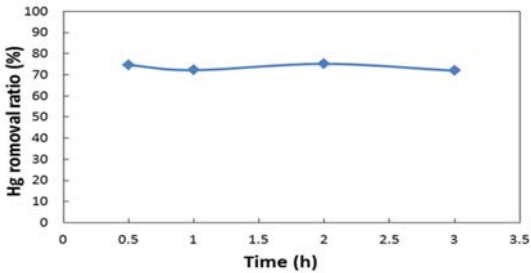


図2 水銀除去率の経時変化 (Fe 担持活性炭)

2.3 浙江大学訪問

杭州市の浙江大学を訪問し、水銀除去設備の見学を行った。またアズハ先生の招待講演に参加した。

3. 学内・地域

我々は岡山大学において、石炭ガス化ガス雰囲気における水銀除去実験を行った。

3.1 実験方法

3.1.1 除去剤の調製

Fe_2O_3 除去剤は共沈法により調製した。初めに沈殿剤である NaOH 水溶液に金属塩 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ の水溶液を加えて攪拌し、 $\text{pH}=7$ となるまでデカンテーションを行った。その後、吸引濾過して 70°C で一晩乾燥させ、 500°C で1h焼成した。その後平均粒径を1mmに調整した。

FeS 除去剤は共沈法で調製した Fe_2O_3 を H_2S 、 H_2 、水蒸気雰囲気下において昇温速度 $10^\circ\text{C}/\text{min}$ 、 800°C で6h加熱し、還元硫化により還元反応と硫化反応を行うことで調製した。

3.1.2 除去剤の特性評価

除去剤の結晶構造は X 線回折法 (XRD) を用いて決定した。比表面積は N_2 吸着装置 (Gemini2375、SHIMAZDU) を用いて BET 法により評価した。また比較のために市販の FeS でも同様の測定を行った。

3.1.3 除去剤の性能評価

実験は固定床流通式反応装置を用いて行った (図3)。実験で用いたガスは石炭ガス化ガスと同様の成分の模擬混合ガスであり、全流量を $500\text{ cc-STP}/\text{min}$ とした。ガスの組成は Hg : 5.0 ppb 、 H_2 : 20% 、 CO : 30% 、 H_2S : 400 ppm 、 H_2O : 7.5% 、 HCl : 50 ppm 、 N_2 : balance とした。除去剤は 0.125 cc 用い、空間速度 $2.4 \times 10^5\text{ h}^{-1}$ 、反応温度 150°C 、反応時間 3 h とした。反応管入口水銀濃度 (Hg in) と反応管出口水銀濃度 (Hg out) は原子吸光分析装置で測定した。反応管入口水銀濃度は水銀を含む混合ガスをバイパスに流通させることにより測定した。

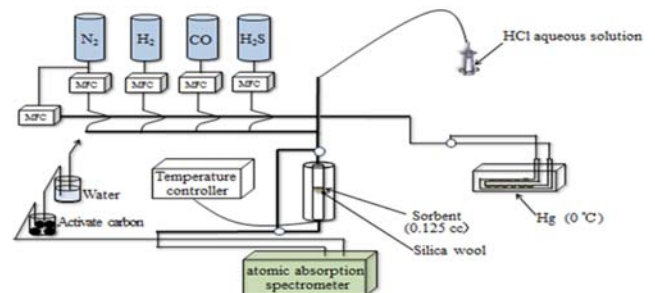


図3 水銀除去実験概要図 (岡山大学)

3.2 実験結果

調整した各除去剤の XRD パターンを示す(図 4)。Fe₂O₃ 除去剤では Fe₂O₃ のピークのみが確認された。これを還元硫化して調製した FeS 除去剤には Fe₂O₃ のピークは全く確認されず、FeS のピークのみが確認された。このことから還元硫化処理により Fe₂O₃ が FeS に変化したと考えられる。

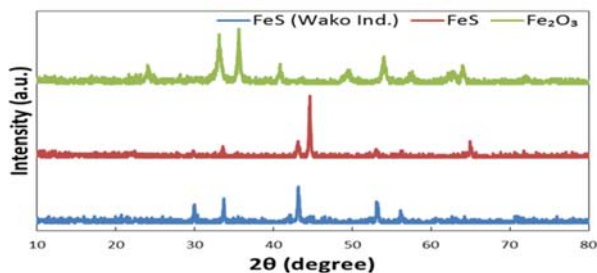


図 4 除去剤の XRD 測定結果 (FeS, Fe₂O₃)

続いて比表面積を比較した(表 1) Fe₂O₃ で 14.4 m²/g あった比表面積が、還元硫化により調製した FeS では 0.7 m²/g まで低下した。この値は市販の FeS と比較すると非常に低かった。

表 1 比表面積測定結果 (Fe₂O₃, FeS)

	Specific surface area (m ² /g)
Fe ₂ O ₃	14.4
FeS	0.7

水銀除去実験の経時変化のグラフを図 5、平均除去率を表 2 に示す。Fe₂O₃ 除去剤を用いて水銀除去に対する H₂S の効果を検討したところ、H₂S の存在下では平均 52.7%であった除去率が、H₂S が存在しない場合には平均 5.1%にまで低下した。この結果から、水銀除去に硫黄が効果的であることが示唆される。そこで Fe₂O₃ 除去剤を事前に還元硫化させることにより除去剤の性能向上を図った。Fe₂O₃ 除去剤と FeS 除去剤の水銀除去性能を比較したところ、FeS 除去剤では除去率が平均 12.6%となり、Fe₂O₃ 除去剤よりも低い値となった。

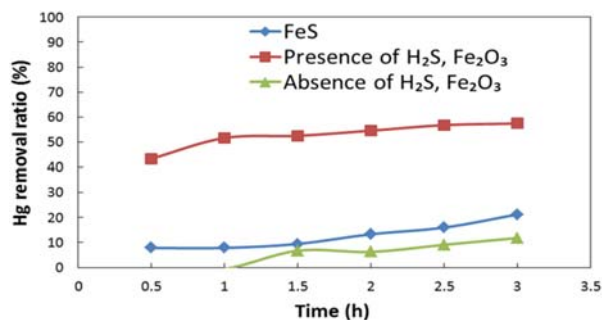


図 5 水銀除去率の経時変化 (Fe₂O₃, FeS)

表 2 平均除去率 (Fe₂O₃, FeS)

	Average Hg removal ratio (%)
Presence of H ₂ S, Fe ₂ O ₃	52.7
Absence of H ₂ S, Fe ₂ O ₃	5.1
FeS	12.6

3.3 考察

実験結果から水銀除去のメカニズムについて考察した。Fe₂O₃ 除去剤の場合、除去剤表面に H₂S 由来の硫黄分が付着し、その後水銀が除去剤上の硫黄と反応して硫化水銀となり、除去剤に付着したと考えられる。一方 FeS の場合、硫黄は除去剤内に含まれているが、比表面積が非常に小さいため水銀と接触しにくく、除去率が低下したと考えられる。

4. まとめ

岡山大学における水銀除去実験から以下のような結果が得られた。

- Fe₂O₃ 除去剤の水銀除去率は 52.7%であったが、H₂S が存在しない系では除去率は 5.1%まで低下した。
- 水銀除去においては硫黄の存在が効果的である。
- FeS での水銀除去率は 12.6%であった。これは FeS の比表面積が非常に小さいことによると考えられる。

プロジェクト実習の成果・感想

中野 剛志

私はこのプロジェクト実習を履修したことでたくさんの経験を得ることができた。

私は国際プロジェクト実習で中国の杭州市を訪れた。私にとっては初めて訪れる外国であった。しかし、中国人は日本人と顔が大きく変わらず、日本にいても会えるため、遠い異国の地に来たという印象を最初は持たなかった。滞在中、いろいろサポートして下さった呉先生は岡山大学に留学していたため流ちょうに日本語を喋ってくださるうえ、日本の漢字とは多少違う漢字が使われているが、ある程度意味が理解できるため不便を感じることはなかった。それでも、滞在中に日本との違いを凶らずとも感じる場面に何度も遭遇した。一つ目は、空港の職員の対応である。日本のような丁寧な対応は無く、不愛想であった。他の場所でも店員の態度は日本の方がいいと感じずにはいられなかった。二つ目は、清潔さである。海外に行ったことがある人が口をそろえて言う「日本はすごくきれい」の意味を今回のプロジェクト実習で初めて本当に理解した。私の中で一番衝撃的だったのが、中国にいる間、宿泊していたホテルである。掃除がされていないわけではなく、フロントや宿泊していた部屋はきれいだった。しかし、レストランが汚いと感じた。前に食事をとった人の食べかすが散乱していたのである。日本であれば、逐一細かいところまで掃除がされる。サービス業であれば、それが当たり前だと勝手に思っている自分がいることに、この時初めて気が付いた。環境という面においても、光化学スモッグが空气中を漂いとてもきれいとはいえる状況ではなかった。三つ目は、偽物の粗悪品の横行である。中国には偽物・海賊版がたくさんあるとは聞いていたが、実物を初めて見た。私は自転車が好きで、意識して見ていたら偽物を発見した。台湾の自転車メーカーで“GIANT”は世界最大の自転車メーカーなのだが、大学に停車していた自転車には“GINT”や“GIANTO”と書かれていた。性能は問題ないのか不安にもなったが、その時は日本では見ることはないものに多少興奮した。

ここまで、日本の方が良いといった意見ばかり並べてきたが、私自身はどうなのか振り返る瞬間があった。私はこれから日本の担い手として、この国の伝統を守っていく義務があるわけだが、その担い手になれる努力をしているのかと考えた。中国の学生は日本にも興味を持ち、世界中のあらゆる面を吸収しているのだと感じることがあった。今の若い世代が世界から学んで国を変えれば、中国のサービス等が日本のクオリティに追いつくのも夢ではない。対する私は世界を見る目の視野が、中国の学生と比べてとても狭い。今の日本のクオリティは先人達が欧米諸国に学び、たゆまぬ努力をしたからこそ実現したクオリティであり、努力を怠れば、錆びついてしまうものである。それなのに私の英語をしゃべる能力はとても低く、英語の発表も散々な出来であり、海外の話題に疎い。

世界中で起こっている問題を、対岸の火事のように見ながら「中国が悪い」とぼやいているだけだった場合、日本は何もできなくなる。今の中国のままではダメだと、中国の若い世代が努力している面があるように思えた。なぜなら、私よりも英語を流ちょうに話し、中には日本語も覚えてコミュニケーションをとってくれた学生もいた。もし、努力が叶って中国が改善されれば、人口や資源の面においても世界最強の国になることも可能であろう。対する日本の若い世代はどうだろう、先人の素晴らしい技術の上にふんぞり返っていたのでは、改善はない。今の日本には急を要する環境問題はないように思う。だからこそ、世界に出て、困難に体を慣れさせなければ、いざ日本に問題が起こったとき体が動かないだろう。実際、今回の英語の発表の時、質問に対して英語が出てこなかった。英語でのコミュニケーション

ョン能力を事前に身につけ、発表の回数をこなしていれば、あんな事態にはならなかつただろう。一人前の大人として社会に出る前に、「もっと世界を見て、努力しろ」と頭を叩かれるような経験をすることができ、世界の問題、自分の問題を直視することができた。

感想

本実習において、私は中国の杭州市の杭州電子科技大学、浙江大学を訪問した。杭州電子科技大学においては、環境反応工学研究室の卒業生である呉聖姫先生の研究室を訪問し、先生や学生と交流したり意見や情報を交換したりした。また石炭燃焼雰囲気下において水銀除去実験を行った。浙江大学では水銀除去設備の見学を行った。日本においては中国で行った水銀除去実験を基に、水銀ガス化ガス雰囲気下において水銀除去実験を行った。私は普段 Fischer-Tropsch 合成用の触媒についての研究を行っているため、石炭からの水銀除去について学ぶのは初めての経験であった。異なるテーマであるが、環境や資源問題の解決に関係しているという部分は同じであるため、専門的な知識も必要であるが、同時に幅広い視点を持つことも大切であることを感じた。

実習中に最も印象に残っていることは、中国の学生との交流である。実験の手順を教えてもらうときや、合間に会話をするときは英語を使わなければならなかった。お互い英語での会話は不慣れだったため、辞書を用いたり、紙に書いたり、ジェスチャーを用いたりしてうまくコミュニケーションを取ろうと努力した。互いにいろいろな方法で意思疎通を図り、実験の合間には中国や日本の文化や互いの研究生活などの話題で会話を楽しんだり、一緒に食事をしたり、構内や学校周辺を案内してもらったりするなど、積極的に交流をすることができた。特に印象に残っていることは、水銀除去の研究を行っている一人の学生が、将来岡山大学を訪問したいと言っていたことである。さらに私たちの帰国後、彼が英語の勉強を始めたと聞いた。それを受けて私はこの実習の後、訪問した側である自分たちだけが成果を得るのではなく、訪問先である中国の学生にも影響を与えたことが嬉しかった。同時に自分も研究や英語の面で負けていられないとモチベーションを向上させることができた。

杭州滞在中は中国の環境や都市、文化と日本の違いを体感することができた。また中国という国に抱いていた印象も訪問前後で変化した。杭州訪問前に私が中国に対して抱いていたイメージは、大気汚染などの環境問題が深刻で、街もあまりきれいでなく、環境負荷を低減する技術があまり浸透していないというものであった。しかし杭州市は異なっていた。私たちが杭州を訪問する数か月前に G20 サミットが開かれたこともあり、街がきれいに整備されていた。それだけでなく、タクシーやバスが電気自動車であること、学生の乗るオートバイも電気で動くものが多いなど、排出ガスの削減のための対策が日本よりも進んでいた。また岡山市の「ももちゃり」のような、レンタサイクルの制度が杭州市でも取り入れられており、環境面に対する配慮がたくさん行われていることに驚いた。日本でももっと電気自動車やレンタサイクルの制度が普及すれば、環境面に対して大きな貢献ができると考えた。

訪問時には日本にいただけではわからなかった中国の良い面に気づくことができたが、同時に悪い面も垣間見た。一つは光化学スモッグや工場からの排煙など、工業に関する問題である。杭州市内にいるときはそのような問題をほとんど実感することはなかった。しかし、上海市から杭州市の間を移動する際に、工場の排煙が多いと感じた。日本の工業地帯においても工場からの排煙は見られるが、中国で目にした煙突は日本のものよりも低く感じられ、排煙が地表近くにも高濃度で拡散しやすいのではないかと考えた。また帰国する日は天気の影響もあり、光化学スモッグで遠くの方が曇っているように感じられた。

環境面以外で目にした中国の問題は、住民の生活に関するものである。中国では食べ物の価格が安い
が、そのためか大学の食堂では大量の残飯が捨てられていた。中国では出された食べ物を少し残すマナ
ーがあると聞いたが、それでも残飯の量が多すぎると感じた。文化の違いと一言で済ませてしまえばそ
れまでなのかもしれないが、世界の貧富の差が拡大している現在、大量の食べ物を捨ててしまうこと
に関して非常に複雑な感情を抱いてしまった。また、ごみの量の削減もゆくゆくは環境問題の解決に繋が
るので、工業的な問題と同時に市民の意識を変えることも必要なのではないかと感じた。

プロジェクト実習全体を通して得られたことは、海外に対する意識の変化である。近年は国際化によ
り、日本だけでなく海外で仕事をする人も増えてきているのが現状である。私はこれまで海外で仕事
をするに関してあまり興味が持てなかった。その理由には言葉や文化の差に不安を感じていたため
である。しかし今回杭州を訪問して、そのような不安が少し軽減され、海外で仕事をするに対して
少し興味を持つことができた。今回の貴重な体験を自分の将来に積極的に役立てたいと思う。

Study on mercury removal technology from coal combustion flue gas and coal gasification gas

Graduate School of Environmental and Life Science

48428376 Manami NAKANISHI

1. Introduction

Coal is used in iron manufacturing, thermal power generation, and as a raw material for chemical industries. At present, China produce and consume most of the world's coal. It is about half of the whole world's coal production and consumption. In China, coal is mainly used in the thermal power generation. In 2011, nearly 80% of public power was produced from coal. Also, the amount of power generation from coal is increasing year-by-year. So, it is considered that coal is very important for daily life and industry in China.

On the other hand, integrated coal gasification combined cycle (IGCC) is focused on in Japan. IGCC is one of the power generation technology that turns the turbines with coal gasification gas and used coal gasification gas is burned and used as turning the turbines. IGCC is superior to efficiency of power generation and it can reduce the emission of CO₂, SO_x, NO_x, and fly ash. In addition, IGCC can use low ash melting point coal that difficult to use in the case of traditional thermal power generations.

However, the mercury included the coal are emitted to the atmosphere by using coal as thermal power generation, and absorbed in the sea water. In the sea, mercury is accumulated in the body of marine organism such as plankton. Inorganic mercury is converted into organic mercury by the action of bacteria. The mercury contaminated plankton eaten by fish and enter our food chain. If humans consume those fish, mercury harm on human body and causes many health hazards.

Several formations of mercury emitted by thermal power generation are known; mercury oxide, particulate mercury, and metallic mercury. Former two kinds of mercury are able to remove using existing equipment, however metallic mercury is difficult to remove using present technologies. In this project execution, we

aimed the development of the sorbent suitable for metallic mercury removal and investigate on mercury removal technologies. We prepared and evaluated the sorbent and performed the mercury removal experiments under coal combustion flue gas or coal gasification gas.

2. International level

2.1 Hangzhou Dianji University

We visited Hangzhou Dianji University in Hangzhou City, China. We visited Professor Shengji Wu's laboratory and communicated with the teachers and students of the laboratory. We also performed mercury removal experiment from coal combustion flue gas and attended the invited lecture of Prof. Azhar Uddin.

2.2 Mercury removal experiment from coal combustion flue gas

2.2.1 Experimental methods

The Fe-loading active carbon sorbent was prepared by Prof. Wu's laboratory. The active carbon was prepared from phenol resin. The characterization of prepared sorbent was used by X-ray diffraction (XRD) and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS).

The mercury removal experiment was performed by using a fixed bed reactor with 0.125 cc of sorbent (Figure. 1). In this experiment, the simulated coal combustion flue gas was used. Total flow rate was controlled at 500 cc-STP/min and gas composition was Hg: 5.0ppb, O₂: 5%, CO₂: 10%, SO₂: 500ppm and total flow rate was balanced with N₂. The experiment was carried out at 180 °C for 3 h, gas space velocity was 2.4×10⁵ h⁻¹. The concentration of inlet and outlet mercury was measured using atomic absorption spectrometer.

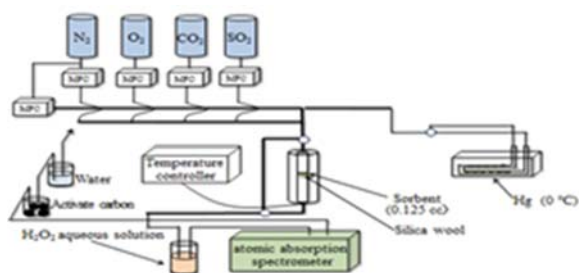


Figure 1 Schematic of mercury removal experimental equipment (Prof. Wu's lab)

2.2.2 Results

Before the mercury removal experiment, sorbent was characterized using XRD and XPS in Prof. Wu's laboratory. According to the results of XRD and XPS, it was suggested that Fe state on active carbon was Fe_2O_3 and FeS_2 .

Figure. 2 shows the results of mercury removal ratio from coal combustion flue gas at 180 °C for 3 h. The sorbent showed good mercury removal performance, its average ratio was 73.5%. Also, the removal ratio was stable during experiment.

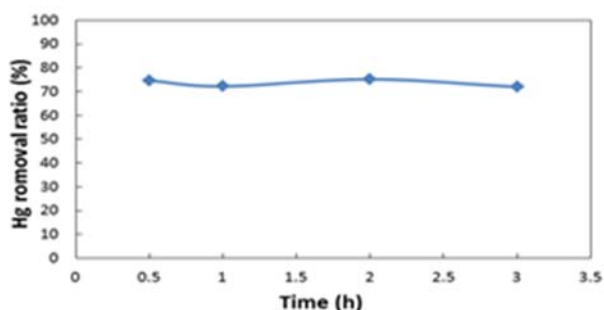


Figure 2 Mercury removal ratio from coal combustion flue gas against time

2.3 Zhejiang University

We visited Zhejiang University in Hangzhou City, China and observed the facilities for mercury removal experiments and attended the invited lecture of Prof. Azhar Uddin.

3. In campus and domestic level

We performed mercury removal experiments with

coal gasification gas at Okayama University.

3.1 Experimental methods

3.1.1 Sorbent Preparation

Two different sorbent, Fe_2O_3 and FeS were prepared.

Fe_2O_3 was prepared using co-precipitation method. $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ and $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ aqueous solution were added to NaOH aqueous solution and stirred. The solution was decanted several times until the pH reached a value of 7. The solid obtained was filtered and washed with deionized water, and then dried at 70 °C, overnight and calcined at 500 °C for 1 h. After that, the solid was sieved with the average granular size of 1 mm.

FeS was prepared from this Fe_2O_3 by reduction and sulfidation under H_2S and water vapor flow, at a ramp rate of 10 °C/min, 800 °C, 6 h.

3.1.2 Characterization

The crystal structure of prepared sorbent was used by X-ray diffraction (XRD) patterns by a RINT2100 (RIGAKU). The specific surface area was measured using a N_2 -adsorption analyzer (Gemini2375, Shimadzu). For comparison, commercially available FeS (Wako chemicals) was measured similarly.

3.1.3 Evaluation of sorbent

The mercury removal experiment was performed by using a fixed bed reactor with 0.125 cc of sorbent (Figure. 3). In this experiment, the simulated coal gasification gas was used. Total flow rate was controlled at 500 cc-STP/min and gas composition was Hg: 5.0ppb, H_2 : 20%, CO: 30%, H_2S : 400ppm, H_2O : 7.5%, HCl: 50ppm and total flow rate was balanced with N_2 . The experiment was carried out at 150 °C for 3 h, gas space velocity was $2.4 \times 10^5 \text{ h}^{-1}$. The concentration of inlet and outlet mercury was measured using atomic absorption spectrometer.

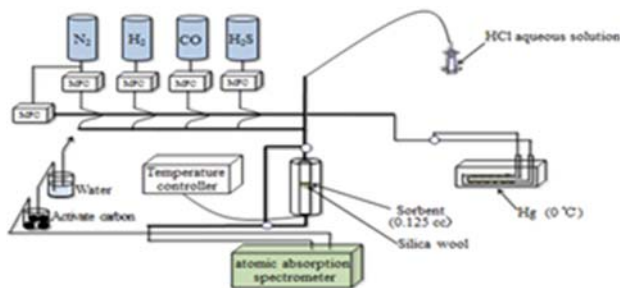


Figure 3 Schematic of mercury removal experimental equipment (Okayama University)

3.2 Results

3.2.1 Characterization of the sorbents

Figure.4 shows the XRD patterns of the fresh sorbent and commercially available FeS. In the case of Fe₂O₃, only Fe₂O₃ diffraction peaks were observed. In FeS, Fe₂O₃ diffraction peaks were absent and FeS diffraction peaks were observed. Thus, Fe₂O₃ was changed to FeS by the reduction and sulfidation.

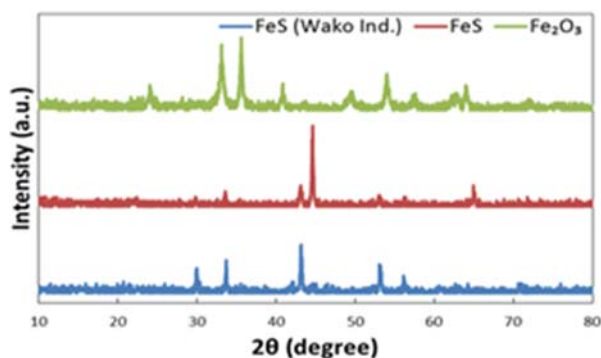


Figure 4 XRD patterns of sorbents

Table 1 Specific surface area of the sorbents

Sorbent	Specific surface area (m ² /g)
Fe ₂ O ₃	14.4
FeS	0.7

The result of specific surface area was summarized in Table 1. Compare to Fe₂O₃ and FeS, it was suggested that the specific surface area was decreased after the reduction and sulfidation.

3.2.2 Mercury removal experiment

The mercury removal performances of the sorbent were measured at 150 °C for 3 h. Figure. 5 showed the change of mercury removal ratio against time and Table 2 showed the average mercury removal ratio of sorbents. Compared to presence and absence of H₂S in the case of Fe₂O₃, the average removal ratio was 52.7% in the presence of H₂S, however it drastically decreased in the absence of H₂S. This result suggested that sulfur is effective to mercury removal. However, in the case of Fe₂O₃ and FeS, FeS showed low removal ratio compared to Fe₂O₃ despite presence of sulfur.

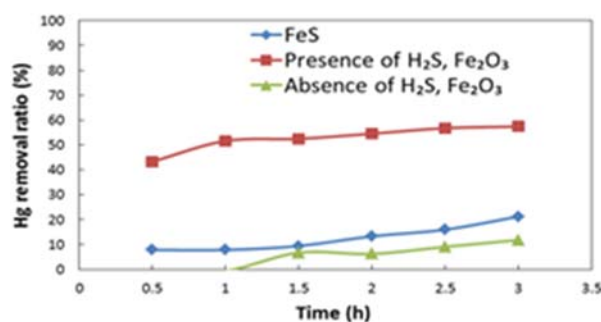


Figure 5 Mercury removal ratio from coal gasification gas against time

Table 2 Average mercury removal ratio

Condition and sorbent	Average Hg removal ratio (%)
Presence of H ₂ S, Fe ₂ O ₃	52.7
Absence of H ₂ S, Fe ₂ O ₃	5.1
FeS	12.6

3.3 Discussion

From the results of experiment, the mechanism of mercury removal was considered. In the case of Fe₂O₃, sulfur is adhered to Fe₂O₃ from H₂S, and then mercury is adsorbed with sulfur on Fe₂O₃ to become HgS and adhered to Fe₂O₃ surface. On the other hand, in the case

of FeS, sulfur is in the sorbent, but because of very low specific surface area of FeS, mercury in contact with the removing agent is small, so the removal rate was considered to be low.

4. Conclusions

The study in Okayama University is mercury removal from coal gasification gas with different sorbent. The followings results were obtained.

- Mercury removal ratio with Fe_2O_3 was 52.7%. However, in non- H_2S condition mercury removal ratio with Fe_2O_3 was 5.1%.
- Sulfur was found to be necessary for mercury removal.
- Mercury removal ratio with FeS was 12.6%. The reason for low mercury removal ratio was considered to be that the specific surface area of FeS was small.

Study on mercury removal technology for coal combustion flue gas and coal gasification gas

Graduate School of Environmental and Life Science

48428377 Takeshi NAKANO

1. Introduction

Coal is used in iron manufacturing, thermal power generation, and as raw materials for chemical industries. At present, China consume most of the world's coal. It is about half of the whole world's coal consumption. The main coal used in China is thermal power generation. In 2011, about 80% of public power was produced from coal. Also, the amount of power generation from coal is increasing year-by-year. So, it is considered that coal is very important for daily life and industry in China. On the other hand, coal gasification combined cycle power generation (IGCC, integrated coal gasification combined cycle) is attracting attention in Japan. This is a technology to generate electricity by turning the turbine once by turning the turbine through gasified gas of coal and burning other used gas. The advantage of the IGCC is that it has good power generation efficiency, CO₂, SO_x, NO_x, Reduction of dust emission amount occurred. Also, it is difficult to use conventional thermal power generation, and it is also advantageous that low ash melting point coal can be used.

Mercury (Hg) is emitted to the atmosphere from coal-fired power plant, and absorbed in the sea water. . Inorganic mercury is converted into organic mercury by the action of bacteria and concentrated by the food chain of marine life. It is known that when mercury is taken into the human body by ingestion of such fish and shellfish, severe health damage such as nervous

system disorder is caused.

There are three forms of mercury in combustion flue gases: elemental mercury, oxidized mercury, and particle-bound mercury. Oxidized mercury and particle-bound mercury can be removed by currently available air pollution control devices. However, it is very difficult to remove elemental mercury using currently devices. Our purpose of this study is to develop sorbents with high mercury removal performance and repeatability and durability. A sorbent was prepared, mercury removal experiments were carried out in coal combustion flue gas or coal gasification gas.

2. International level

2.1. Visit to Hangzhou Dianzi University (HDU)

2.1.1. Exchanged information and opinion with the teachers and students

We visited Hangzhou Dianzi University in Hangzhou City, Zhejiang Province, China. At Hangzhou Dianzi University, we visited Professor Shengji Wu's laboratory and exchanged opinions and information with teachers and students. We performed Hg removal experiment under coal combustion flue gas. We attended the Invited lecture of Prof. Azhar Uddin.

2.1.2. Hg removal experiment

As the sorbent, Fe-supported active carbon prepared in Prof. Shengji Wu's laboratory was used. Activated carbon is prepared from a phenol resin as a raw material. The sorbent was

measured by X-ray diffraction (XRD) and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS).

The Hg removal experiment was carried out in a flow-type reactor (Fig. 1). In this experiment, simulated coal combustion flue gas was used for Hg removal. So, in reactor Hg, O₂, CO₂, SO₂ and N₂ were flowed. Total flow rate was 500 cc-STP/min. The sorbent was 0.125 cc, the space velocity was $2.4 \times 10^5 \text{ h}^{-1}$, The temperature with reactor was 180 °C, and the reaction time was 3 h. Hg concentration was analyzed with atomic absorption photometer. Hg removal ratio was calculated from the difference between the concentrations when passing through the bypass and when passing through the reaction tube containing a sorbent

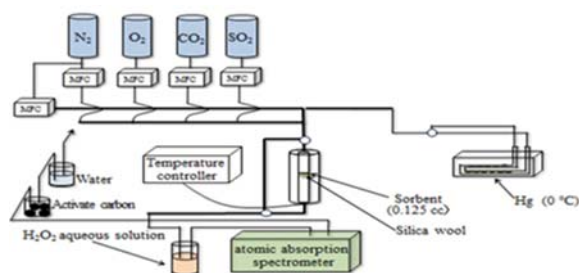


Fig.1. A schematic diagram of the Mercury removal experiment (China)

2.1.3. Result and discussion

In Professor Shengji Wu's laboratory, the sorbent was characterized by XRD and XPS. As a result, it was showed that Fe species were Fe₂O₃ and FeS₂.

Results of Hg removal experiment using this sorbent are shown in Fig.2. The average Hg removal rate was a very high. Average Hg removal ratio was 73.5%. The removal rate was stable during the reaction time.

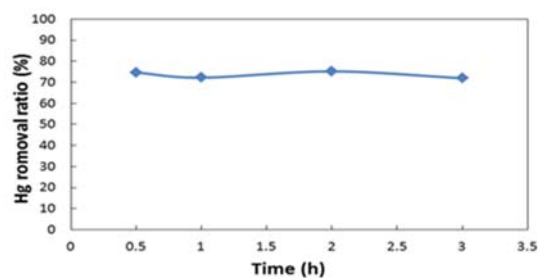


Fig.2. The Hg removal ratio of the Fe supported AC (combustion flue gas)

2.2. Visit to Zhejiang University

We visited Zhejiang University in Hangzhou City and visited the mercury removal facility. We also attended the Invited lecture of Prof. Azhar Uddin.

3. In-campus and domestic level

3.1. Experimental

3.1.1. Sorbent preparation

The Fe₂O₃ sorbent was prepared by coprecipitation method. First, an aqueous solution of the metal salts FeSO₄·7H₂O and FeCl₃·6H₂O was added to the NaOH, and the mixture was stirred and decantation was carried out until pH = 7. Thereafter, it filtered and dried at 70 °C overnight and calcined at 500 °C for 1 h. Thereafter, the average particle diameter was adjusted to 1 mm. The FeS sorbent was prepared from this Fe₂O₃ under H₂S, H₂, steam atmosphere at a heating rate of 10 °C/min and 800 °C for 6 h and subjecting reduction and sulfurization.

The crystal structure of the sorbent was measured by X-ray diffraction (XRD). The specific surface area was measured by N₂ adsorption BET method (Gemini 2375, SHIMAZDU).

3.1.2. Hg removal experiment

Experiments were carried out in a flow-type

reactor (Fig.3). The gas used in the experiment was a simulated mixed gas of the same components as the coal gasification gas, and the total flow rate was 500 cc-STP/min. The composition of the gas was Hg: 5.0 ppb, H₂: 20%, CO: 30%, H₂S: 400 ppm, H₂O: 7.5%, HCl: 50 ppm, N₂: balance. The reaction temperature was 150 °C. The other conditions are the same as experiment done in China.

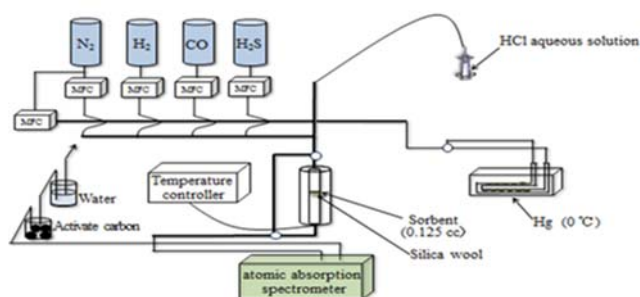


Fig.3. A schematic diagram of the Mercury removal experiment (Okayama)

3.2. Results and discussion

The XRD pattern of sorbent is shown (Fig.4). In the XRD pattern of Fe₂O₃ sorbent, only the peaks of Fe₂O₃ were observed. The peaks of FeS were observed in sulfurized sample. However, no peak of Fe₂O₃ was observed. From this result, Fe₂O₃ was changed to FeS by reduction and sulfurization.

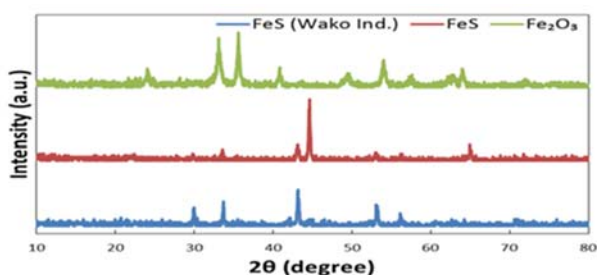


Fig.4. The XRD pattern of sorbent

The specific surface areas were compared (Table 1), the specific surface area in Fe₂O₃ was 14.4 m²/g, and it decreased to 0.7 m²/g in FeS

prepared by reduction and sulfurization.

Table 1 The Specific surface area of sorbent

	Specific surface area (m ² /g)
Fe ₂ O ₃	14.4
FeS	0.7

Fig.5 show results of Hg removal experiment, and an average Hg removal rate is shown in Table 2. Average Hg removal ratio with Fe₂O₃ was 52.7% in the presence of H₂S. However, with absence of H₂S, Hg removal ratio with Fe₂O₃ was 5.1%. This result suggests that sulfur is effective for mercury removal. I thought that Hg removal ratio with FeS would be higher than Hg removal ratio with Fe₂O₃. However, the average Hg removal ratio was 12.6% with FeS. From the results of experiment, the Hg removal mechanism was discussed. In the case of the Fe₂O₃ sorbent, sulfur (S) is adhered to Fe₂O₃ from H₂S, and then Hg is adsorbed with sulfur to become HgS, which is considered to have adhered to the sorbent. In the case of FeS, Because of very low specific surface area of FeS, the amount of Hg in contact with the sorbent is small, so the removal rate was considerably low.

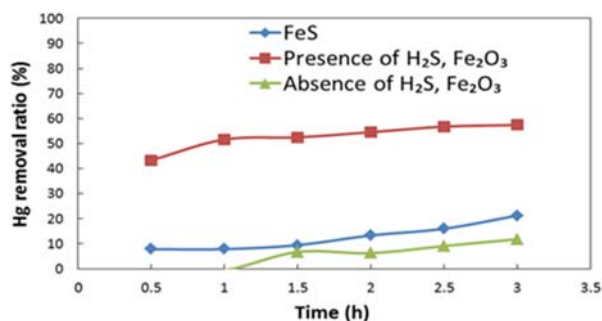


Fig.5. The Hg removal ratio of Fe₂O₃ and FeS (coal gasification gas)

Table 2 Average Hg removal ratio of sorbent

	Average Hg removal ratio (%)
Presence of H ₂ S, Fe ₂ O ₃	52.7
Absence of H ₂ S, Fe ₂ O ₃	5.1
FeS	12.6

4. Conclusions

For In-campus study of mercury removal at Okayama University, the followings results were obtained:

- Mercury removal ratio with Fe₂O₃ was 52.7%. However, in the absence of H₂S mercury removal ratio was 5.1%.
- Therefore, presence of sulfur was found to be effective for mercury removal.
- Mercury removal ratio with FeS was 12.6%. The reason for low mercury removal ratio was considered to be due to the low specific surface area of FeS.

持続可能な生活スタイルを目指して

資源循環学専攻循環型社会形成学講座

教授 藤原健史

プロジェクト実習の目的は、我々の身近なキャンパスで行われているバイオマスの堆肥化に焦点を当てることにした。岡山大学は広いキャンパスを有し、多くの学生や教員を抱えていることから、剪定枝や刈草、食堂からの生ごみ、農場からの野菜くずなど、種々のバイオマス廃棄物が排出されている。それらを有効に活かす1つの方法としてコンポストがある。岡山大学では農場や牧場では実際にコンポストを作っている。しかし、大学で発生するバイオマス廃棄物のすべてが有効に利用されている訳ではない。

アジアの国々では、家庭ごみのほとんどを最終処分場に埋め立てている。家庭ごみの中で生ごみの占める割合は約半分かそれ以上で、それらは処分場で分解し、利用されることはない。一方、農村部ではコンポストは盛んに行われている。国によっては、家庭ごみについても生ごみを分けて集めるかあるいは処分場で選別して、コンポストを製造している。コンポストは特殊な装置を必要とせず、発展途上国では家庭ごみを減量化する有効な手段である。

マレーシア工科大学の Lee 教授は、大学で発生するバイオマスをコンポストやメタン発酵を行い、温室効果ガス削減への貢献について推計を行っている。マレーシア工科大学は広大なキャンパスを有し、管理する亜熱帯の多くの木々から多くのバイオマス廃棄物が発生する。また、岡山大学の2倍の学生・職員数を有するため、食堂ごみが多量に排出されている。Lee 教授は LCA 研究で、それらの廃棄物を処分場へ輸送して処分するよりも、キャンパス内でコンポスト化の方が、温室効果ガス削減やコスト削減の点で有効であることを示した。

そこで、プロジェクト実習（国際）では、UTM やフィールドで行われているバイオマス廃棄物のコンポスト化について研修し、それを岡山大学キャンパスのバイオマス廃棄物や家庭の生ごみに適用できるかどうかを考察することを目標とし、それと関連付けてプロジェクト実習の（学内）と（地域）を設定することにした。

まず、プロジェクト実習（学内）では、現在、研究室で研究が進んでいる大学キャンパスバイオマス廃棄物のコンポスト実験を手伝う形で、コンポスト実験容器を製造したり、試験廃棄物の前処理、仕込みを手伝った。これにより、コンポストが好気性細菌による有機物分解反応で、酸素が必要となるために容器に換気口を設ける必要があること、温度が高いほど分解能力を発揮できるために発砲スチロールで容器を使っていることが理解できたと思う。また、実際に廃棄物を見て、触わることで、およその含水率が把握できることを感じとれたと思う。

次に、プロジェクト実習（地域）では、岡山市東部クリーンセンターで行なうごみ組成調査に参加した。家庭ごみをサンプリングして、開封し、廃棄物組成ごとに細かく分類し、重量をはかる作業を行った。また、ごみ組成の化学分析機器の使い方を習い、自分で分析できるようになった。これにより、一般廃棄物として収集される家庭ごみの中に、厨芥類等がどの程度含まれるかを把握することができた。考察では、それをもとに岡山市全体で厨芥類を集めると、何トンの廃棄物が集まり資源化できるかを計算した。実際には焼却されている厨芥類がどの程度の量なのか、その量の多さを実感できたと思う。そこから、廃棄物を燃やすことのメリットとデメリットについて考えを発展させてもらえるといい。

最後に、プロジェクト実習（国際）では、マレーシア・ジョホールバルにあるマレーシア工科大学に滞在した。大学内のゲストハウス（Scholar's Inn）に宿泊し、キャンパス内のコンポスト場と、コンポストを製造して実際に植物栽培に活かしている農場 FOLO を訪ねた。キャンパス内のコンポスト場では、Dr. Lee の大学院学生 Lim さん、Wong さんから英語で説明を受け、引き続き質疑応答やディスカッションで有意義な屋外研修ができた。また、教室に戻って、大学院学生の LCA 研究のプレゼンテーションを聞かせてもらい、温室効果ガス排出量計算の設定条件や計算式などについても説明を受けた。岡山大学と UTM でコンポストの製造方法に違いがあることを理解できたと思う。

次に、農場 FOLO のコンポスト場および野菜栽培場を見学した。FOLO のオーナーは大変活動的な人で、レストランやホテル食堂からバイオマス廃棄物を自ら収集し、それらをコンポスト処理して作った堆肥と、原料から出てくる液状廃棄物を発酵させて作った液肥を用いて、多種類の野菜を生産していた。50℃以上の高温を長時間維持しながら熟成した安全な堆肥と、嫌気性発酵させた液肥を使えば、質の悪いマレーシアの土壌を肥沃な土壌に改善することができ、それを施肥して育った野菜は、化学肥料や農薬を与えて育った野菜よりも病気や害虫に強く健全な野菜になることを、そのオーナーは強調し、その説明は大変説得力があった。

さて翻って日本の廃棄物処理はどうだろうか？ほとんどすべての有機物はごみ焼却炉で焼却されている。なぜ、日本はごみ焼却の道を選んだのだろうか？もっとコンポストやメタン発酵を取り入れてごみを減量化し、焼却しなければならないものだけを焼却するようにはどうだろうか？・・・このような疑問が湧いてくれば、このプロジェクトの目標到達点に近づいたことになる。

岡山市では現在、桃太郎コンポストを試験的に運用しているように、家庭の生ごみの減量化に世の中は向かっている。岡山大学キャンパスにおいても、廃棄物処理をすべて外部に委託するのではなく、キャンパスで資源化できるものはなるべく資源化して廃棄物排出量を減らすという方向が理想である。履修学生は、プロジェクト実習で得られた知識や体験から、日本の循環型社会の在り方について議論ができたのではないかと考える。

実習成果報告

持続可能な生活スタイルを目指して

環境生命科学研究科 48428301 小笠原 隆文
48428307 福山 智輝

私たちの実習の目的は、「コンポストとは、どのようなものなのかを理解すること、そして実際に体験することを通して、その有用性を学ぶこと」とし、活動を行った。

結論として、私たちは、岡山市でコンポストを行うことの妥当性を検討した。以下に、学内、地域、国際の活動内容について記載する。

【学内（岡山大学 津島キャンパス）】

私たちの研究室には、岡山大学内から発生するバイオマス廃棄物を原料としたコンポスト作成に関する研究を行っているメンバーがいる。その研究では、多くのバイオマス廃棄物が廃棄処分されている現状とコンポストを作成したときを比較し、それに関わる影響を調べるという内容である。今回、私たちは、そのメンバーの研究活動の一部に参加することで、コンポストへの理解を深めていった。そして学内の活動として、私たちは、コンポストの作成およびその原料収集、さらにコンポストを入れておくための BOX 作りを行った。

コンポストの作成のため、岡山大学津島キャンパス内で発生した落ち葉（図 1）、同キャンパス内の食堂から排出された台所ごみ（図 2）、同キャンパス内の農場で発生した農作物ごみ（図 3）、そして同キャンパス内の馬小屋から発生した馬糞（図 4）を収集した。

コンポストを入れておくための BOX は、保温性のある発砲ポリスチレンを用いて、作成した。これは温度が下がると原料の分解が進まず、良いコンポストが出来ないことがあるためである。その BOX の上面には通気口を設け、また底面にも隙間を設けることで空気の出入りができるようにしている（図 5）。

コンポストの作成には、上述した原料のほか、昨年度に作成したコンポスト（種堆肥）も用いた。これらと水を決まった分量入れ、攪拌機を用いて攪拌させることで各原料と水の投入比率が異なる数種類のコンポストを作成した。完成したコンポストの写真を図 6 に示す。



図 1. 原料に用いた津島キャンパス内で発生した落ち葉。



図 2. 原料に用いた津島キャンパス内の食堂から排出された台所ごみ.



図 3. 原料に用いた津島キャンパス内の農場で発生した農作物ごみ.



図 4. 原料に用いた津島キャンパス内の馬小屋で発生した馬糞.

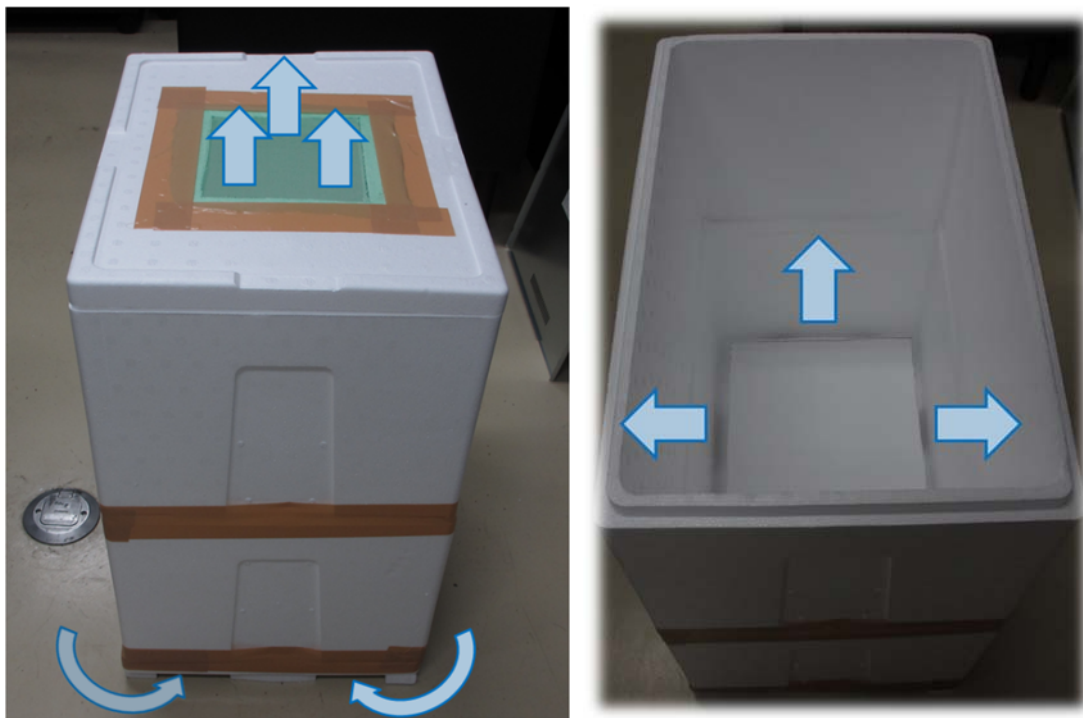


図 5. 発砲ポリスチレン製のコンポスト BOX (左: 外観、右: 内部).



図6. 完成したコンポスト.

【地域（岡山市 東部クリーンセンター）】

私たちの研究室では、毎年2回、岡山市の家庭ごみの組成調査を行っている。今回、私たちは、この調査に参加することで、岡山市の家庭から排出されるごみの傾向および、バイオマス由来の廃棄物の種類やその排出量についての理解を深めていった。そして地域の活動として、私たちは、岡山市の家庭ごみ組成調査およびその集計、また、バイオマス廃棄物量の推計を行った。

ごみ組成調査は、岡山市内の東部クリーンセンターで行った。ごみピット内にあるごみ袋の中から一部をクレーンで掴んでもらい、特定の場所に下してもらった。その大量のごみ袋の中から5L、10L、20L、30L、45Lの各ごみ袋をそれぞれ、取り上げた。最終的に、5L袋3個、10L袋5個、20L袋6個、30L袋6個、45L袋5個、合計25個のごみ袋を組成調査に用いた（図7）。

今回の調査で、家庭ごみのごみ袋の中に含まれていたごみ種類別の重量割合を図8に示す。可燃ごみが大半であったが（88%）、岡山市が資源化物として指定しているごみの中には含まれていた（12%）。

次に、家庭ごみの重量割合を図9に示す。割合の多いものから順に、台所ごみ（37%）、動物糞尿（13%）、プラスチック（12%）、紙（10%）、再生可能な紙（8%）、布（4%）、包装プラスチック（4%）、レジ袋（3%）、庭ごみ（2%）、紙おむつ（2%）、紙袋・紙包装紙（1%）、ペットボトル（1%）、指定ごみ袋（1%）、缶・金属（1%）、ゴム・皮革類（1%）、木類（1%）、その他（1%）となった。各割合は四捨五入しているため、総割合が100%を超えている。プラスチックは、重量で見ると割合は少なかったが、体積で見ると1番大きかった。過去の結果と比較とすると、今回の結果は、動物糞尿の割合が多く、紙おむつの割合が少ないという結果になった。このことについては、サンプリングは決められた方法で行ったが今回は、偶然にも動物糞尿が入ったサンプルを多く選んでしまったのではないかと考えている。

資源化物の重量割合を図10に示す。家庭ごみ中に含まれていた資源化物のうち、そのほとんどが再生可能な紙であった（81%）。そして、ペットボトル（8%）、缶・金属（6%）、段ボール（4%）も家庭ごみ中に含まれていた。ペットボトルについては、資源化物のうち8%が家庭ごみ中に含まれていた。これには色々な要因があると考えられるが、1つの要因として、ペットボトルがプラスチック製品とみなされ、可燃ごみとして出されているのではないかと考える。

得られた結果から、私たちは、「台所ごみ」、「庭ごみ」、「木類」をバイオマス廃棄物と見なし、岡山市の家庭ごみ中に含まれているバイオマス廃棄物の割合は40%であるとした。動物糞尿については、ごみとして排出される際に、それ自体と他物質からなる混合物として排出される場合があるため、バイオマス廃棄物に含めなかった。例えば、ペット用のトイレ砂の場合、動物糞尿とトイレ砂の混合物として回収される場合がある。

岡山市の資料を見ると、2014年の岡山市の家庭ごみの排出量は年間131,066トンであった。この値に、上述した40%を掛けると、その値は、年間52,426トンとなった。私たちは、この値を、岡山市の家庭ごみ中に含まれているバイオマス廃棄物の量であるとした。



図 7. ごみ組成調査の様子
 (左: サンプルング時の様子 右上段および下段: 種別ごとに分類した後の様子).

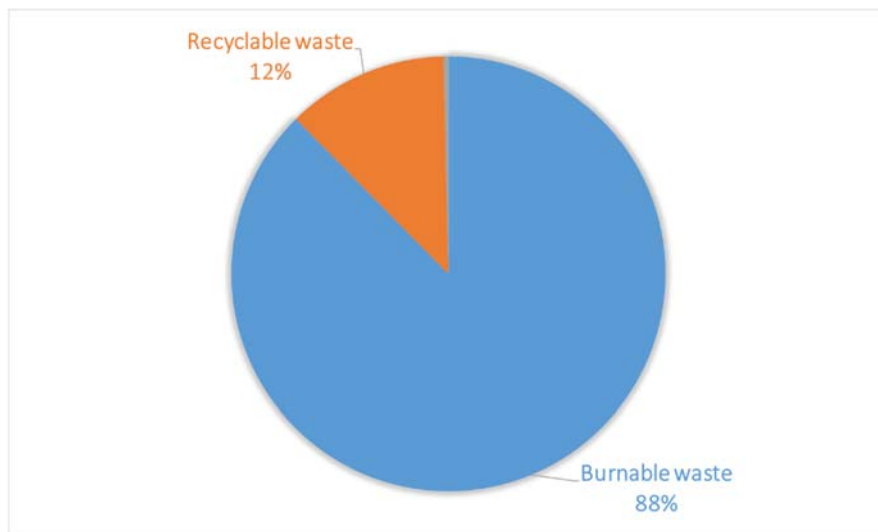


図 8. ごみ種類別の重量割合.

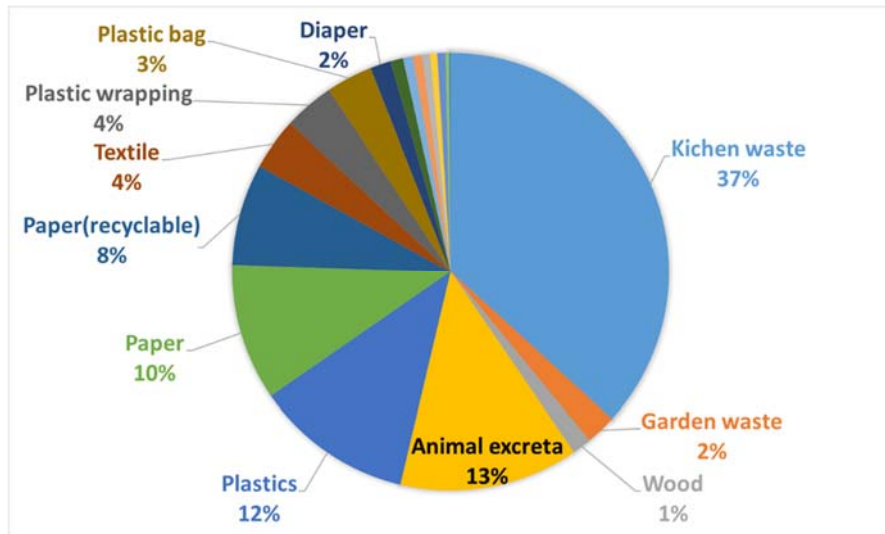


図 9. 家庭ごみの重量割合.

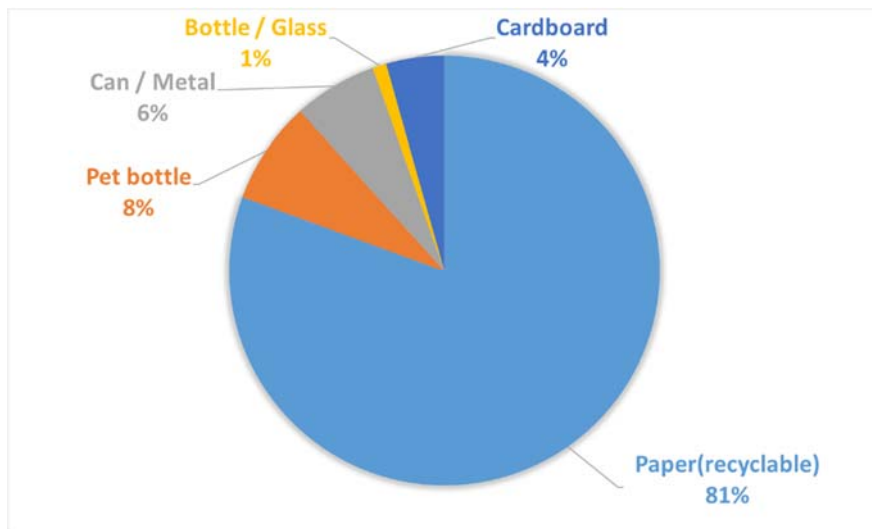


図 10. 家庭ごみの中に含まれていた資源化物の重量割合.

【国際（ジョホールバル，マレーシア）】

UTM（マレーシア工科大学）のコンポスト場の視察

ジョホールバルでは、家庭ごみは分別せずに回収され、直接、埋立場（See long Landfill）まで運搬され、埋め立て処分されている。それによって積み重なった家庭ごみ等の有機物が嫌気性反応を行い、メタン等の温室効果ガスが発生している(図 11)。

UTM における研究では、家庭から発生するバイオマスをコンポスト化することで、直接埋め立て処分するよりも温室効果を削減できるのではないかという視点から、実際に構内にコンポスト場を設け、コンポスト作成による温室効果ガス等の発生量を計測する実験を行っていた（図 12）。

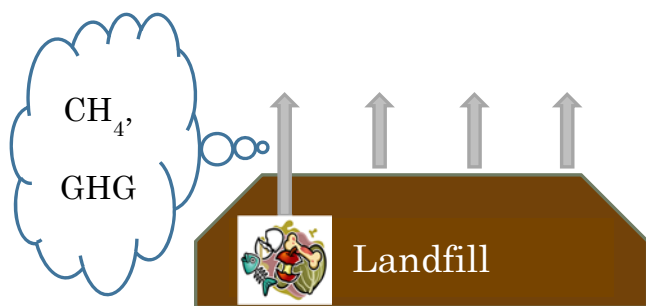


図 11. 埋立場からの温室効果ガス排出イメージ



図 12. UTM 構内のコンポスト場.

UTM のコンポストに使用するバイオマスは、構内にあるカフェテリアから回収する食堂ごみと、構内で発生する剪定枝等の庭ごみが主である。回収された食堂ごみは、有機物とそれ以外のプラスチック、空き缶、ペットボトル等に分別され、有機物を家畜飼料やコンポスト実験に使用している（図 13）。コンポストは 1 塊でおよそ 400kg、基本的に食堂ごみが 30%・庭ごみが 70%であり、C/N 比等を安定させるために馬小屋の敷き藁を混ぜる場合もある。

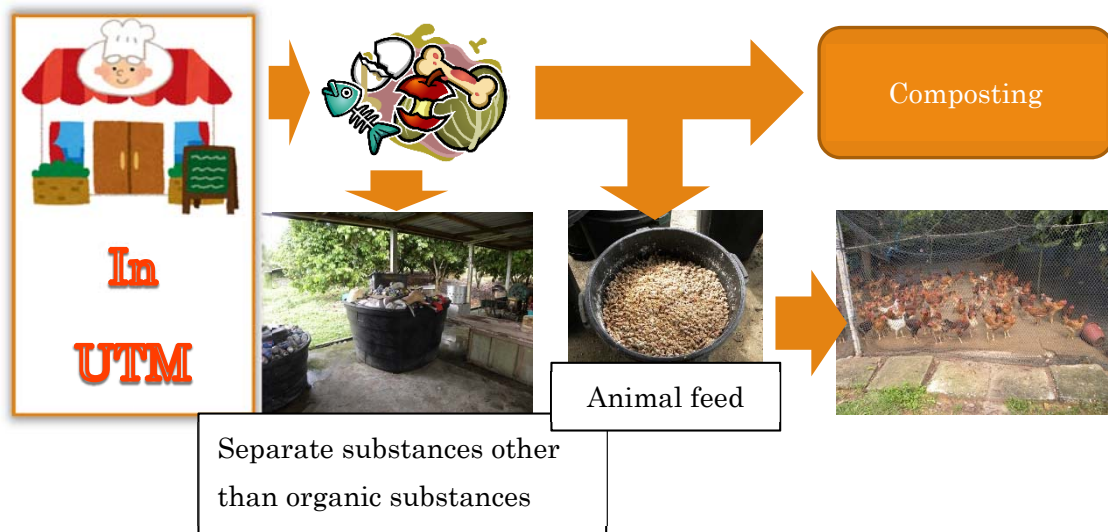


図 13. UTM 内のコンポスト研究における食堂ごみの流れ.

コンポストは1週間に1度、人力で攪拌し、3か月ほどで堆肥化が完了する(図 14)。完成したコンポストは提携先の企業によって商品化され、また UTM の学内にある街路樹などの園芸用堆肥として使用されている。



図 14. 3 か月経過したコンポスト.

FOLO の視察

FOLO (Feed Our Loved Ones) は実験的にコンポストを導入した農場である (図 15)。

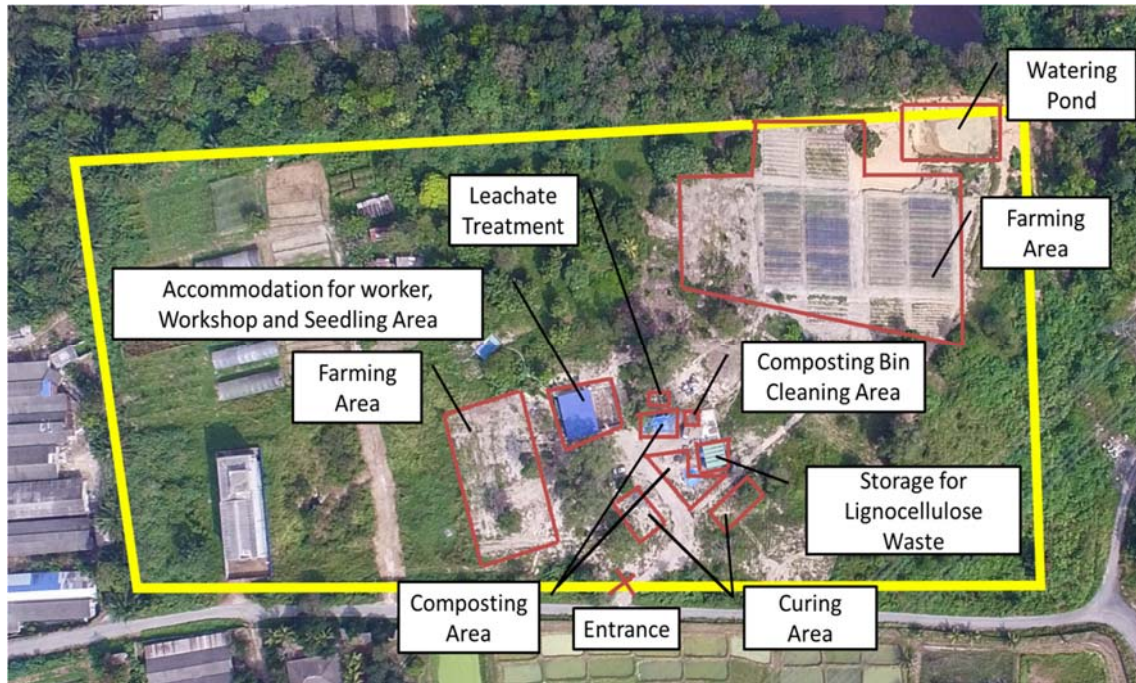


図 15. FOLO 全体図.

出典 : The presentation slide of LIM LI YEE, doctor course student in UTM.

FOLO では 5 つのホテルや、シンガポールの八百屋・魚屋等で発生するごみを回収してコンポストに利用している (1 日 3 トン : 半数が野菜類)。回収されたごみは、有機物とそれ以外 (プラスチック、おむつ等) に分別され、有機物は当日収集分用のコンポスト場に堆積される (図 16)。コンポスト場では 1 週間に一度重機で攪拌され、およそ 3 か月でコンポストとして完成する。

コンポスト場には、当日収集用・1 か月経過用・3 か月経過用があり、期間が経過するごとに重機でコンポスト用の有機物が移動していく。また、当日収集用のコンポスト場の野菜・肉・魚などからは水分が浸出するが、この浸出水も集められ、発酵させた後にタンクに保存されている (図 17)。



図 16. コンポスト場（当日収集分）.



図 17. 回収・発酵後の浸出水.

3 か月経過したコンポストは、空気交換用のパイプが上から挿入され、コンポスト内で自然な空気交換が行われる（図 18）。また、3 か月経過したコンポストは日々、ふるい試験にかけられ（図 19）、ふるいから落ちた小さいコンポストは反応が完了したとされ、使用される。ふるいを通らない大きなコンポストは反応が完了していないとされ、当日収集用のコンポスト場に移動し、反応を続ける。



図 18. コンポスト場（3 か月経過後）.



図 19. ふるい試験機.

FOLO では、作成したコンポストを農場で使用している。前述した浸出水は、コンポストと比べて窒素・リン・カリウムが多く含まれているため、100～200 倍に薄めて液肥として使用している。また、完成したコンポストは農地の土壌改良剤として使用されている。

FOLO の農地は、本来は鉄分の多い土壌であり（図 20）、保水性が低く微生物の数も少なかった。しかし、コンポストを使用することで、コンポストに含まれる微生物が働き、保水性の高い土壌に改良することができた（図 21）。その効果で、それまで生息していなかったミミズ等の栽培に役立つ生物も新たに生息するようになった（図 21）。さらにコンポストを作成するときに出る浸出水を発酵させ、液肥とすることで作物の育成に必要な栄養素も補

給することができ、化学肥料を用いない方法で作物を栽培することに成功した。



図 20. 本来の FOLO 農場の土壌.



図 21. コンポストにより改良された土壌
と生息可能となった生物.

【結論】

FOLO では、生ごみに炭素源として炭やおがくずも加えることでコンポストを、さらに生ごみからの浸出水から液肥を作成し、化学肥料を使用せず、且つ環境汚染も引き起こすことなく、安全な野菜を消費者へ提供することに成功していた。栽培した野菜の食べられない部分は、コンポストの原料として使われる。FOLO では、栄養素の循環が行われているということ私たちは学んだ(図 22)。現在、岡山市においては、多くのごみが焼却されている。バイオマス廃棄物をただ焼却するというのではなく、FOLO のような栄養素の循環を今以上に増やしていくことが持続可能な生活につながるのではないかと私たちは考えた。

また FOLO において、コンポストに使用していたバイオマスは、レストラン、魚屋から提供されたもので、炭素源として和食料理店の炭が使われているなど、日本と比べて特別な材料が多いとは考えにくい。よって岡山市内、大学内でも、コンポストを使用したバイオマスの循環の可能性を見つけられたとも考えた。

現在、岡山市においては、段ボールコンポストの配布(図 23)、電気式生ごみ処理機やコンポスト容器購入補助などの生ごみ削減の取り組みを行っている。段ボールコンポストについては、インセンティブがある。家庭で作成したコンポストを岡山市内ホームセンターへ持って行くと、そのコンポストを引き取ってもらえる。同時、そのホームセンター内で使用できる割引券が貰える。これらの取り組みによって、コンポストや生ごみの削減に興味を持つ人が徐々に増えつつあると感じている。

また同市においては、公民館を中心とした持続可能な開発のための教育(Education for Sustainable Development)の活動が大変盛んで、環境意識の高い人々が多く住んでいる。

このような状況から、私たちは、図 24 に示すような「公民館を中心とした段ボールコンポストの普及」を提案する。

水分率の高い生ごみの量が減ることで、焼却炉の稼働費の削減、化学肥料の使用の減少、栄養素の循環をつくり出せることなどの利点がある。一方で、これを実現するためには乗り越えるべき課題もあり、例えば、インセンティブなしで参加者を増やすこと、コンポストの需要(利用先)を拡大すること、コンポストの回収やコンポスト化施設建設の費用を要することなどが挙げられる。このような課題を乗り越えるためには、多くの時間とお金、そして市民の方の理解が必要となる。しかし、ESD 活動が盛んで環境意識の高い人々が多く住んでいる岡山市において、これらの課題を乗り越えることができるのではないかと私たちは思っている。

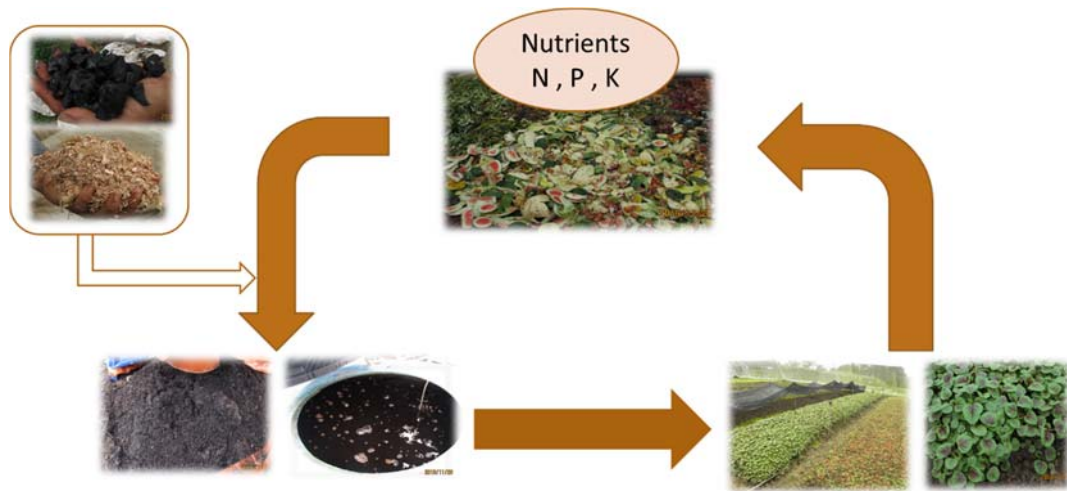


図 22. FOLO における栄養素の循環を表した図.



図 23. 岡山市が行っている段ボールコンポスト
(Ref.: <https://compostokayama.jimdo.com/>) .

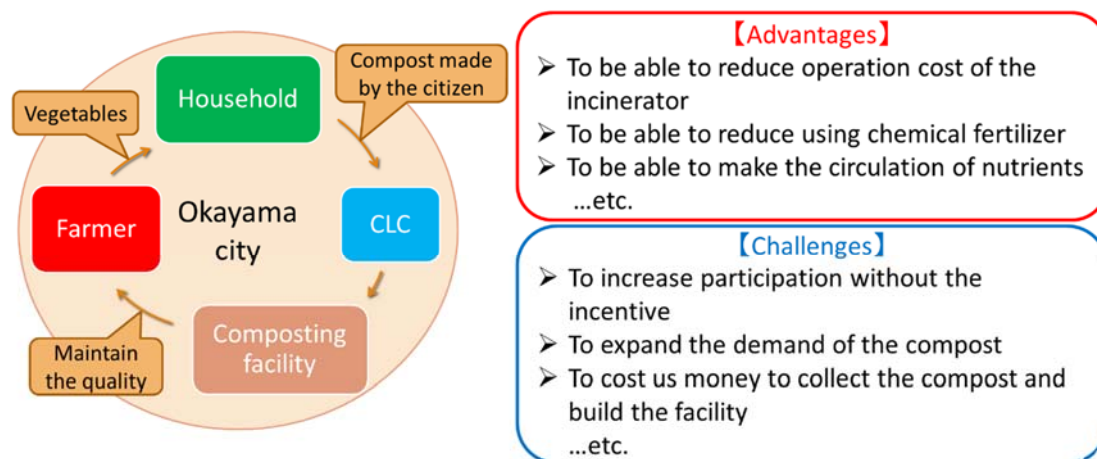


図 24. 公民館を中心とした段ボールコンポストの普及のイメージ図
およびその利点と課題.

プロジェクト実習成果・感想

小笠原 隆文

私たちは、コンポストを理解することと、その有用性を学ぶことを目的とし、プロジェクト実習を行った。この実習を通じて、コンポストとはどのようなものであり、どのように作るか、コンポストを行うことの意義、岡山市の家庭ごみの組成や家庭ごみ中に含まれているバイオマス廃棄物の推計量などについて学んだ。そして、私たちは、「公民館を中心とした段ボールコンポストの普及」を提案した。これを実現するには多くの時間とお金を必要とするかもしれないが、持続可能な開発のための教育 (Education for Sustainable Development) の活動が盛んで、環境意識の高い人々が住んでいる岡山市であれば、それを実現できる可能性があるのではないかと私たちは考えた。

マレーシア ジョホールバルを訪問して、文化・慣習などで日本と異なる点多々あり、戸惑うこともあったが、良い経験が出来たと思う。マレーシアは中華系、マレー系、インド系などの人種で構成されており、多民族国家である。そのような国の中で、それぞれの文化・慣習がともに 1 つの国の中に存在しているということが、自分にとって新鮮だった。グローバル化が進んでいる今日にとっては、この「共存」や「寛容の精神」が必要となってくるのではないかと感じた。

また、経済成長が著しい同地区の現場を目撃することで、「持続可能な開発」について考えさせられた。「Forest city」という経済開発エリアを訪れ、そのエリアに開発しようとしている街のミニチュアやその街の中にあるマンションのモデルルームを見学した (図 25、図 26)。現在、開発は進んでおり、地盤の埋め立て工事の段階である。そこは近未来を思わせるような建造物が立ち並び、その建造物の周りには、多くの樹木が植えられてあった。最初は、「素晴らしい」と思ったが、改めて考えてみて、「これは持続可能な開発なのか」と思うようになった。このエリアは海岸沿いにあり、建設に際して埋め立てが必要となる。大量の土砂が必要となるのだが、それは隣国から持ってくるとのことであった。また、その街の完成形では、森林が多くあるが、それは別のエリアの森林を持ってくるとのことであった。つまり、それは人工的な森林である。この街を造るには、膨大なエネルギーを要するであろう。このような光景を目撃したあとで、「持続可能な開発」について考えさせられた。そのようなこともあり、私たちは「持続可能な生活スタイルを目指して」という発表タイトルにした。今回私たちは、コンポストに焦点を当てたが、いろいろなアプローチから持続可能な開発や生活について、私たちができることを考えることができると思う。さらに多くの人たちが、持続可能な開発や生活について考えることが、それを実現させるための第 1 歩となるのではないかと感じた。



図 25. 完成形の Forest city のミニチュア
(この地区のマンションの販売は、すでに開始されている。
ピンクの札がついたマンションは、完売したものである) .



図 26. 完成形の Forest city のミニチュア.

【謝辞】

この実習の国際の活動で、お世話になりましたマレーシア工科大学の Lee Chew Tin 先生およびその研究室の学生である Lim Li Yee さん、Jin Hong Wong さんに感謝の意を表します。また岡山市における一般廃棄物の組成調査の際に、クレーンによる廃棄物のピックアップと組成調査の場所・道具を提供して下さった岡山市東部クリーンセンターの皆様へ深く感謝いたします。

【参考文献】

- 1) 岡山市の資料「岡山市ごみ量の推移」

<http://www.city.okayama.jp/contents/000241774.pdf> (2017/01/20)

プロジェクト実習成果・感想

福山 智輝

本実習では、学内実習として学内コンポストの見学・BOX作り、国内実習としては岡山市の一般廃棄物の組成調査、国際実習ではマレーシアのジョホールバルにおいて UTM のコンポスト場見学、FOLO のコンポスト場・農場見学を行った。

私自身はコンポストとは関係のない研究を行っており、コンポストに関する全てが初めての経験であった。学内実習においては、コンポストの作成に関する基礎知識の学習とコンポスト化を行う BOX を作成した。その際に、好気性反応によるコンポスト化は空気の供給が重要であるということを知り、そのため、学内コンポストではコンポスト BOX の底部と上部に空気孔を設けていることも学んだ。さらに学内コンポストでは空気の供給に機械での攪拌も採用していた。一方、UTM ではコンポストが一塊当たり 400kg もあるため、空気の供給は人力（シャベル）で行っていた。FOLO では 3 か月までは空気の供給（攪拌）を重機で行い、3 か月以降は空気管をコンポストに挿入していた。

岡山大学の学内コンポスト BOX と FOLO における 3 か月以降のコンポストに共通していることは、空気の供給を自然に行わせようとしている部分であると考えられる。コンポスト化において微生物が好気性反応を行うと、熱が発生する。学内コンポスト BOX、FOLO の空気管はこれを利用して空気の循環を促しており、温まった空気が上に移動すると底部の穴、空気管の下部から外部の空気が侵入してきて空気の交換・供給ができる。この手法ならば、人力で空気の供給を行う必要がないと考えられるが、それには課題もあると感じた。実際に岡山大学の学内コンポストでも週に一度攪拌を行っており、また FOLO でも 3 か月経過するまでは重機を使用していることから、自然的な空気の供給のみではまだ限界があると考えられる。

報告書における結論では、岡山市内でバイオマスを循環させるという結論が考えられたが、そこに書いてある通り課題はある。その一つの例が、上記に書いた初期コンポストの空気供給の問題である。空気の供給のためにバイオマスを回収してから 3 か月間攪拌を行うとなると、場所・人件費等の課題が出てきてしまう。

しかし岡山市では段ボールコンポストがあり、空気の供給を各家庭の段ボールコンポストにおいて行うことになる。市内のバイオマス循環における初期の空気の供給の課題は解決できると考えている。実際にコンポスト化を利用してバイオマスを循環させるには、費用面、利益、インセンティブ等の課題は残っているものの、結論部分の通り、水分を含んだ食物ごみ・庭ごみを焼却施設に送らずにコンポスト化を行うことは、焼却施設の燃料コストの削減や全体のごみ量の削減など、多くの利益ももたらすため、初期費用などの短期的・直接的な利益・課題のみのとらわれず、長期的、さらには間接的な利益・課題の両方を考えたうえで評価していかなければならないと考える。

私の実家も農家であり、堆肥化（コンポスト化）用の土地を持っているが、それは埋め立てに近い形で嫌気性反応を行わせるモノだった。したがってメタンが発生してしまうという

問題もあった。しかし今回の実習では UTM において好気性反応により、埋め立てる場合よりも温室効果ガスの発生量が低いコンポスト化（ライフサイクルを含めて評価していた）が可能であると学んだ。したがって全国の農家に好気性反応でのコンポスト化を普及させることで、温室効果ガスの発生を抑制できるのではないかと感じた。

最後に、今回の実習でジョホールバルを訪れてみて、様々の文化を体験できたことは貴重だと感じた。さらに、UTM の学生の方々と食事中などにお互いの研究について会話することで、文化が違うからこそ新たに発見できる視点で私の研究にアドバイスをもらったこと、相手の研究に日本人である私の視点から質問をするなど、本当に有意義な交流ができたと考えている。交流の際にも UTM の生徒も私自身もお互いに英語が得意ではない中でジェスチャーを交えながら会話することで英語を使用する励みにもなり、本当に良い経験になったと考える。

【謝辞】

この実習の国際的活動で、お世話になりましたマレーシア工科大学の Lee Chew Tin 先生およびその研究室の学生である Lim Li Yee さん、Jin Hong Wong さんに感謝の意を表します。また岡山市における一般廃棄物の組成調査の際に、クレーンによる廃棄物のピックアップと組成調査の場所・道具を提供して下さった岡山市東部クリーンセンターの皆様に深く感謝いたします。

【参考文献】

2) 岡山市の資料「岡山市ごみ量の推移」

<http://www.city.okayama.jp/contents/000241774.pdf> (2017/01/20)

The report of the achievement in our project practice

Takafumi OGASAWARA and Tomoki FUKUYAMA of master course students, belong to FUJIWARA laboratory, carried out a project practice together. Our purpose of the practice was to understand composting and its usefulness through having experience by ourselves and we carried out it. In conclusion, we checked the appropriateness of composting in Okayama city. Contents of the activity in campus, in region and in international are as follows.

【In campus】

In our laboratory, there is a member who research composting using biomass wastes in Okayama university. In his study, he compares the present condition with the time when we made compost from biomass wastes in Okayama university and assesses the results. In this time, we joined his research activity and learned composting. We helped him to collect the raw materials of composting and make it as well as composting boxes as the activity in campus.

We collected fallen leaves(Fig.1), kitchen waste in cafeteria(Fig.2), the wastes of farm products(Fig.3), and house dung in Okayama university(Fig.4) for making the compost.

We made the composting box, too. The boxes were made of polystyrene foam which keeps heat because it is hard for the raw materials to break down and we don't make good compost if the temperature decrease. The box has a vent at the top. And the air goes through every time because there is a gap in the bottom(Fig.5).

We also used the old compost. We put them and water into mixing machine and mixed it. And we made some composts varied the ratio of each raw material and water(Fig.6).



Fig1. Fallen leaves in Tsushima campus, Okayama university.



Fig2. Kitchen wastes in cafeteria, Tsushima campus, Okayama university.



Fig3. The wastes of farm products in Tsushima campus, Okayama university.



Fig4. House dung in Tsushima campus, Okayama university.

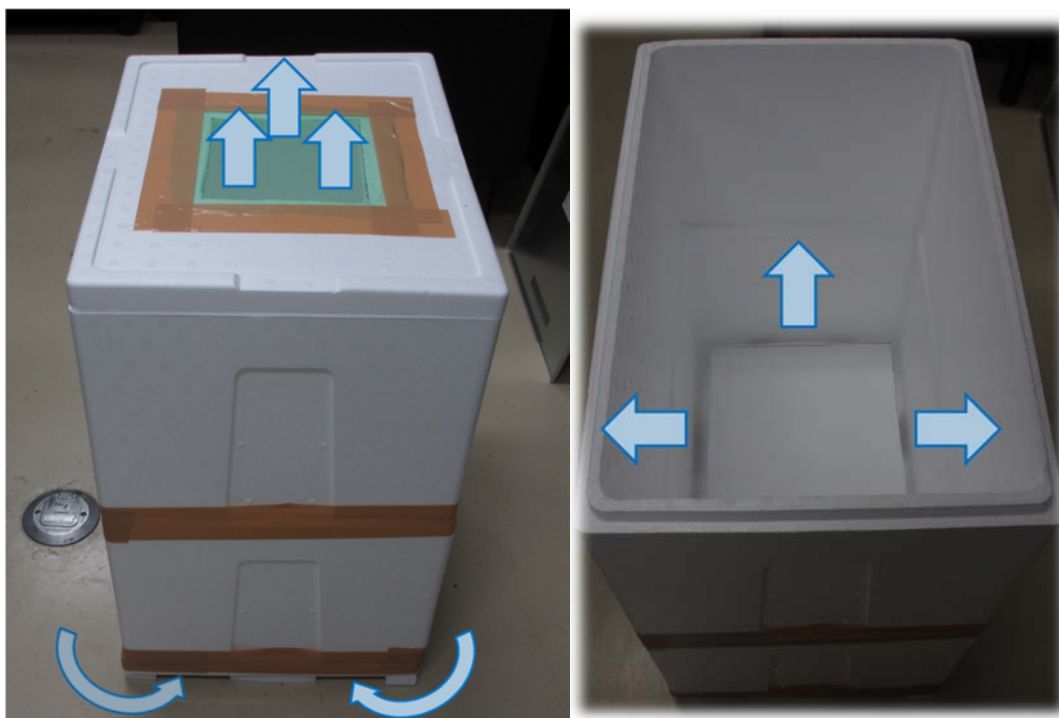


Fig5. Composting box made of polystyrene foam (Left: outside, Right: inside).



Fig6. Finished compost.

In region(Eastern clean center in Okayama city)]

In our laboratory, researches of household waste in Okayama city are carried out two times a year. In this time, we joined the research and learned the trend of household waste in Okayama city, the kind of biomass wastes and the volume of that. We did the research of household waste in Okayama city and collected the data. In addition, we estimated the volume of biomass wastes in household waste in Okayama city as the activity in region.

We did the waste research at Eastern clean center in Okayama city. The staff lifted waste bags in waste pit with a crane and took down them on a place. After that, we chose some samples from a lot of the waste bags. Finally, we used 3 bags of 5 liters, 5 bags of 10 liters, 6 bags of 20 liters, 6bags of 30 liters, 5bags of 45liters for the research(Fig.7).

Fig.8 is the weight percentage of waste classification. Most of the wastes were the combustible wastes(88%), but some wastes were the recyclable wastes(12%).

Fig.9 is the weight percentage of the household waste. Kitchen waste accounted for 37 %, Animal excreta 13%, Plastics 12%, Paper 10%, Recyclable paper 8%, Textile 4%, Plastic wrapping 4%, Plastic bag 3%, Garden waste 2%, Diaper 2%, Paper bag and Paper wrapping 1%, Pet bottle 1%, Specified waste bag 1%, Can and Metal 1%, Rubber and leather 1%, Wood 1%, Others 1%. The total percentage exceed 100% because each percentage was rounded. Plastics were less than kitchen waste and Animal excreta from the point of weight but plastics were bulkiest in the waste from the point of volume.

The result in this time was that the percentage of Animal excreta was larger and the percentage of diaper was less than last research. About this, we consider we might choose samples including much animal excreta unexpectedly, though we did a specified sampling method.

Fig.10 is the weight percentage of the recyclable waste. Most of the recyclable wastes in household waste were Recyclable paper(81%). And Pet bottle(8%), Can and Metal(6%), Cardboard(4%) were included in the household waste. About Pet bottle, 8% of the recyclable waste was included in the household waste. About this, we consider they might regard Pet bottle as Plastics and dump it in the household waste as a factor, though there were various factors.

From the results, we regarded “Kitchen waste”, “Garden waste” and ”Wood” as biomass wastes. So, the percentage of biomass wastes in the household waste in Okayama city was 40%. About Animal excreta, when they dump it, it could be discharged as a compound. So, we didn’t include it to biomass wastes. For example, in case of sand for cat toilet, the sand could be discharged as a compound of Animal excreta and the sand.

In 2014, the volume of household waste in Okayama city was 131,066 tonnes per year¹⁾.

So, we multiplied it by 40%. The answer was 52,426 tonnes per year. We regarded it as the volume of biomass wastes in household waste in Okayama city.



Fig7. The state of the waste research
(Left : The state we were doing sampling
Right : The state after we were doing separation in detail) .

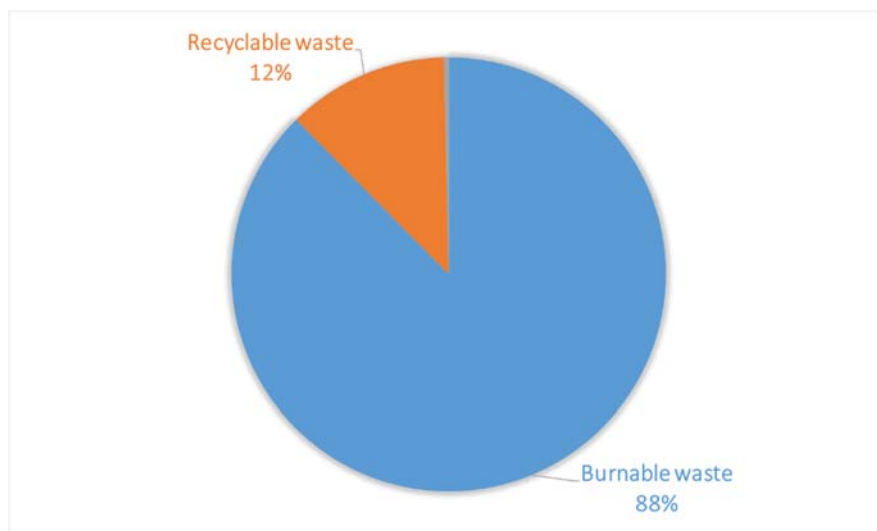


Fig8. The weight percentage of waste classification.

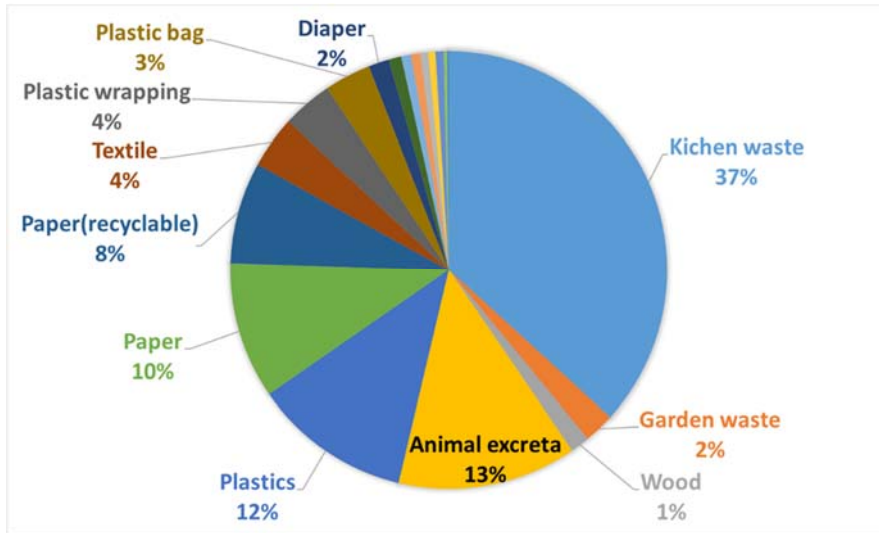


Fig9. The weight percentage of household waste.

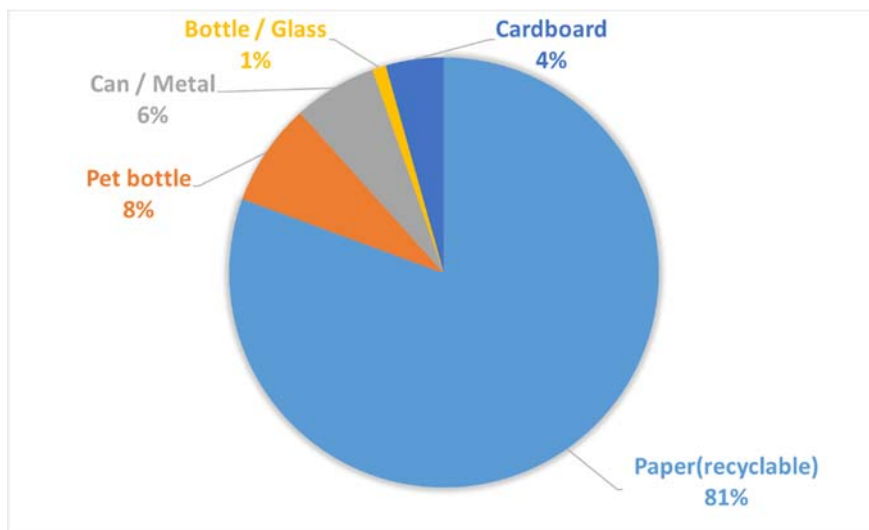


Fig10. The weight percentage of recyclable waste.

【In international (In Johor Johor Bahru, Malaysia)】

Visiting at composting site in UTM (University Technology Malaysia).

In Johor Bahru, household waste is transported directly to the landfill site (See long Landfill) and buried. So, stacked organic matter undergoes anaerobic reaction and gases such as methane are generated (Fig.11).

In UTM, Students think that if organic matter such as kitchen garbage is made into compost, it may be possible to reduce the amount of methane gas emitted from landfill waste. And they are conducting experiments (verification tests) to measure gas emissions by actually composting in UTM (Fig.12).

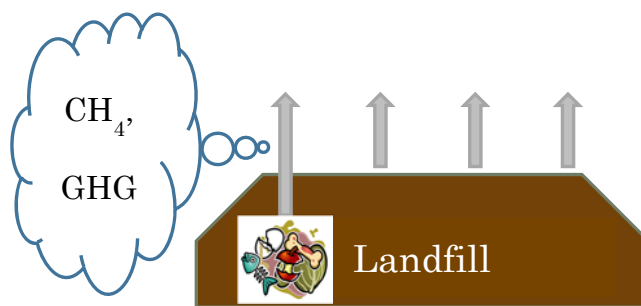


Fig. 11. Image of greenhouse gas emissions from landfill site.



Fig. 12. Composting site in UTM.

Organic wastes used for composting of UTM are mainly kitchen wastes collected from the cafeteria in the campus and garden wastes generated in the campus. Students collect waste from cafeteria, and separate organic wastes and other wastes. Organic matters are used for Animal feed and composting experiments (Fig.13).

Compost is about 400 kg in one chunk. And there are usually 30% kitchen waste and 70% garden waste. Sometime, in order to stabilize the C / N ratio and the like, the straw of the stable may be mixed.

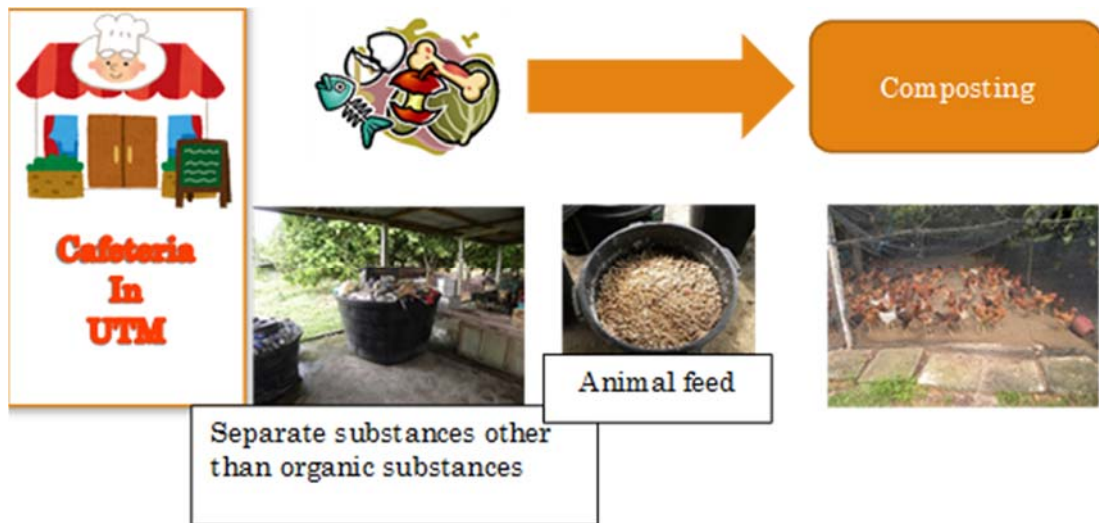


Fig. 13. The flow of kitchen wastes in UTM.

These compost are stirred once a week and completes at 3 months (Fig.14). Completed composts are commercialized by companies or used for landscape in UTM.



Fig. 14. Compost after 3 months.

Visiting at composting site in FOLO.

FOLO (Feed Our Loved Ones) is a farm that introduced the utilization of compost experimentally. (Fig.15).

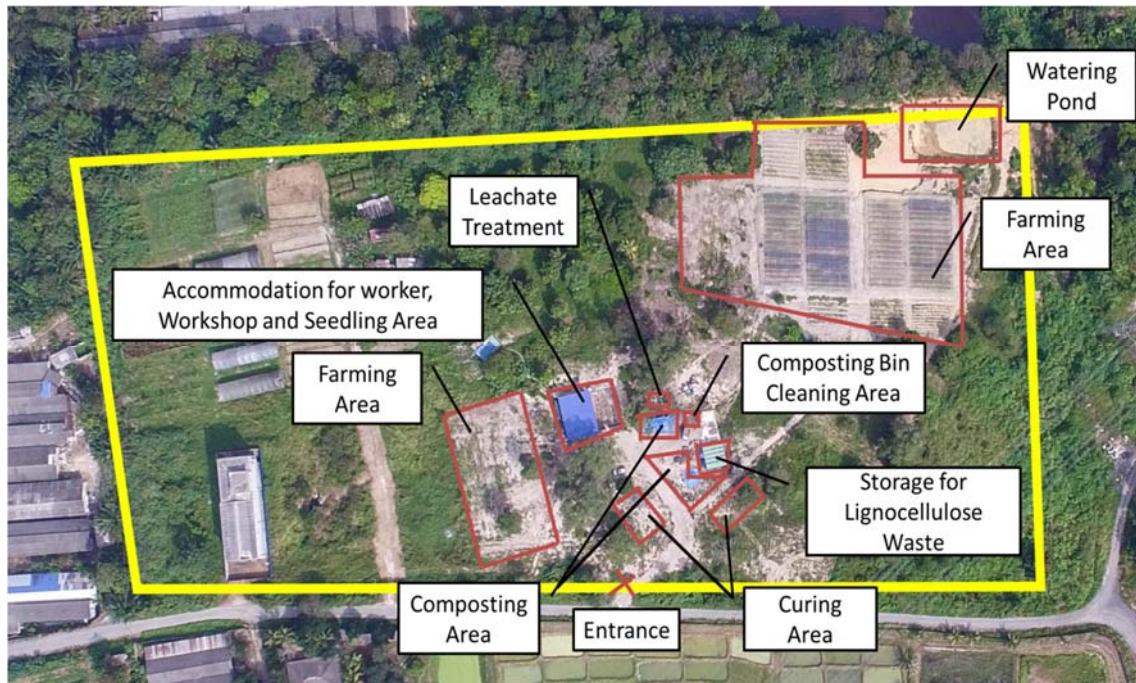


Fig. 15. Overall view of FOLO

Ref : The presentation slide of LIM LI YEE, doctor course student in UTM.

In FOLO, organic wastes are transported from five hotels, Singapore's grocery store, fish shop etc. (3ton/day, 1 - 1.5ton is Vegetables). After transportation, they remove non-organic wastes (plastic, diaper, etc.) from collected wastes and place them on the composting site (Fig.16). Composts are stirred once a week by bulldozer and completed in about 3 months.

At the composting site, there are collection sites for the first day, after one month elapse and after 3 months elapse. Every time the period elapses, the organic matter for composts moves to next sites by bulldozer. Organic wastes contain a lot of water, so the leachate water flows out from composting site. These leachate is collected and ferment in tanks (Fig.17).



Fig. 16. Composting site (On the day).



Fig. 17. Leachate after fermentation.

After 3 months compost, FOLO's worker put air pipe for making natural air exchange (Fig.18) and composts are made a sieve test (Fig.19). The fine composts that fell off the sieve are completed, and the remains are mixed into collected wastes on the day.



Fig. 18. Composting site (After 3 months elapse).



Fig. 19. Sieve machine.

In FOLO, composts are used on the farm. The aforementioned leachate contains much nitrogen, phosphorus and potassium as compared with compost, so the leachate are used for liquid fertilizer after diluting 100 to 200 times with water. Composts are used as a soil conditioner for agricultural land.

The farmland of FOLO was originally a soil with a lot of iron (Fig. 20), the water retention was low and the number of microorganisms was small.

However, by using compost, it became soil with high water retention, and microorganisms also increased (Fig. 21). With that effect, creatures such as earthworms which had not existed before now can also be inhabited (Fig. 21). As a result, FOLO succeeded in cultivating crops that do not use chemical fertilizers by composting creation and use for improving the soil that crops did not grow.



Fig. 20. Soil of conventional FOLO farm.



Fig. 21. Improved soil by compost, and creatures enabled to inhabit.

【In conclusion】

In FOLO, they put sawdust(wood chip) or charcoal as carbon source into kitchen waste and made compost. Furthermore, they made liquid fertilizer from the leachate of kitchen waste. They used them and grew various vegetables, it is good for our health, without using chemical fertilizer and causing pollution. The part of vegetables which we can't eat was used as the raw material for compost. We learned the nutrient circulated in FOLO(Fig.22). Most of the wastes are now incinerated in Okayama city. We don't incinerate biomass waste, but increasing this circulation might enable us to spent the sustainable life style in Okayama city, we considered.

And in FOLO, organic wastes used for compost were restaurants, fish shops, etc. The charcoal of Japanese restaurant was also used as carbon source, there was no special materials compared with Japan. Therefore, we thought that the possibility of circulation of biomass for compost was found even in Okayama city.

In Okayama city, there are the distribution of cardboard composting(Fig.23), subsidy of purchasing treatment machine by electricity or composting container etc. as the measures of reducing kitchen waste. About cardboard composting, there is an incentive. If they take finished compost to a store(home center), the store receive the compost and they can get a discount coupon which can use in the store. We feel those who are interested in the reduce of kitchen waste or composting are increasing now.

In addition, Okayama city is eager to do Education for Sustainable Development(ESD) centering on Community Learning Center(CLC) and those who have high environmental awareness live in the city.

In these situations, we propose the idea, "The popularization of cardboard composting centering on CLC" like Fig.24. Making compost can reduce biomass wastes which go to incineration. By reducing the amount of biomass wastes with high water content, there are advantages. For example, there are to be able to reduce operation cost of the incinerator, to be able to reduce using chemical fertilizer and to be able to make the circulation of nutrient etc. However, there are also some challenges to realize this plan. For example, there are to increase participation without the incentive, to expand the demand of the compost and to cost us money to collect the compost and build the facility etc.

We may need a lot of time, much money, and Citizens understanding to solve these challenges. But, we believe, in Okayama city where many ESD activities are prosperous and many people with high environmental awareness live, we can overcome these challenges.

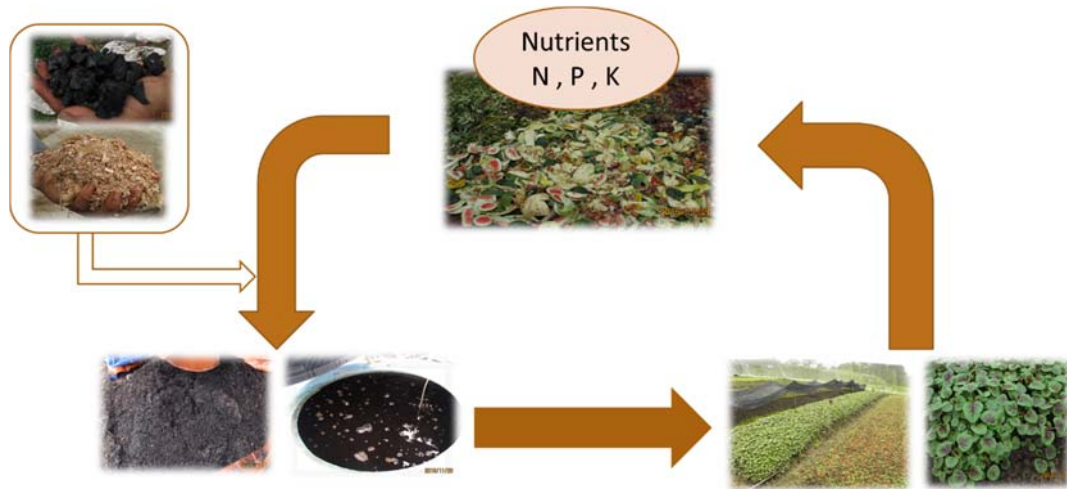


Fig. 22. The figure of the circulation of nutrients in FOLO.



Fig.23. The cardboard composting in Okayama city
(Ref.: <https://compostokayama.jimdo.com/>) .

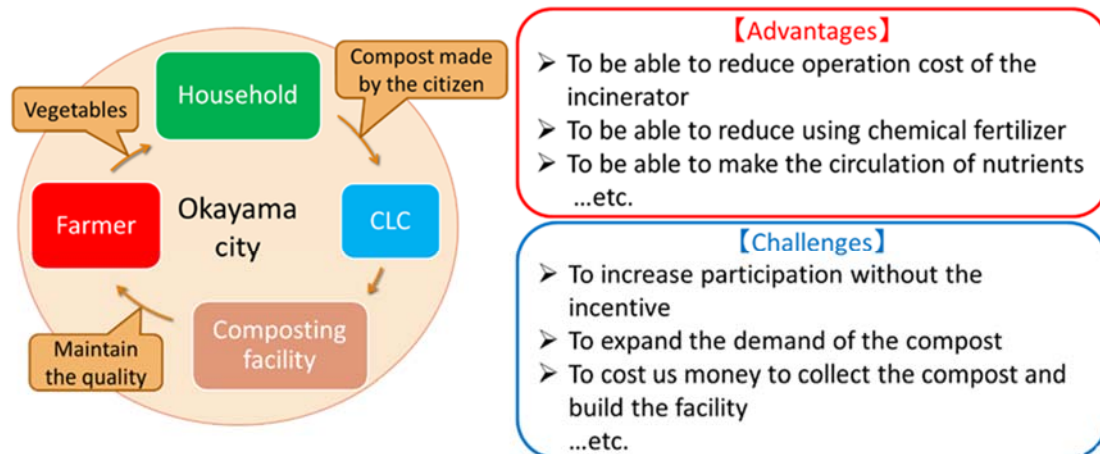


Fig24. The image of the popularization of cardboard composting and the advantages and the challenges.

【Acknowledgments】

We express Ms. Lee Chew Tin, associate professor in University Technology Malaysia(UTM), Ms. Lim Li Yee, doctor course student in UTM and Mr. Jin Hong Wong, master course student in UTM to deeply thanks.

In addition, we also express the staffs of Eastern clean center in Okayama who help us to research when we did waste research to deeply thanks.

【Reference】

- 1) Materials of Okayama city. “The transition of the wastes volume in Okayama city”
<http://www.city.okayama.jp/contents/000241774.pdf> (2017/01/20)

