

3-10 インドネシア バンドン市における学官パートナーシップ活動について

岡山大学廃棄物マネジメント研究センター 藤原健史

岡山大学大学院環境学研究科 濱田智史

岡山大学環境理工学部 川口晃司

岡山大学環境理工学部 大林裕明

バンドン工科大学環境工学研究科 Enri Damanhuri

バンドン工科大学環境工学研究科 Mochammad Chaerul

1. 研究概要

バンドン市では人口の増大とともに廃棄物排出量が増え、現在はトラックにて多量のごみを 40km 以上も離れた最終処分場に輸送している。最終処分場の管理は州の管轄であり、西ジャワ州は数年後に満杯になるサリムテ最終処分場にかわる新しい処分場を建設中である。家庭から排出されるごみの減量化は、ごみ輸送量の削減と処分場の容量節約につながり、市のごみ処理コストを低減させるだけでなく、処分場の寿命が延びることによる建設コストの低減、ごみ輸送回数の減少により沿道でのごみ飛散や泥・粉塵巻き上げの低減、そして騒音、交通渋滞の緩和などに役に立つ。日本の JICA や IGES といった海外援助や海外協力の組織は多くの資金を投入し、ごみ減量化を含む 3 R を東南アジア諸国に普及させてきた。その結果、スラバヤ市などのように家庭用コンポストが広く普及した都市がある。しかし、多くの都市では普及しておらず、バンドン市もその 1 つである。

家庭での減量化が十分進んでいない状況で、行政は処理やリサイクルによる減量化を積極的に考えてきている。西ジャワ州では、家庭から排出された生物分解性の有機ごみを集めてメタン発酵を行うために、現在、処分場に隣接した場所にメタン発酵施設を建設中である。一方、バンドン市は、処分場へ運ぶごみ量を減らすために独自にごみ焼却施設の導入を検討している。このように、西ジャワ州とバンドン市はそれぞれ別々の処理方針を掲げながら計画を進めている。

バンドン市に 3 R を導入しにくい大きな要因は、現在の廃棄物マネジメントの体制にある。バンドン市はかつてインドネシアで廃棄物行政の最も進んだモデル都市であった。その先進的取り組みの 1 つに、市の廃棄物担当局を市から切り離して事業所化することがあった。その清掃事業所はエンタープライズと呼ばれ、バンドン市から委託を受けて、複数ある中継所の管理とその場所から最終処分場までの埋立ごみの輸送を行っている。この事業所はこれまでの定められた業務を遂行することに専念するため、現在は、バンドン市が新たに 3 R に関する取り組みを始めようとしたときの障害になっている。住宅地から中継所へのごみの収集と輸送に関しては、これまでの歴史的背景から、住民がごみ収集人（コレクター）を雇用して戸別にごみ収集にあたらせ、それを中継所に運ばせるというコミュニティベースの収集輸送システムをとっている。また、中継所では清掃事業所が、資源ごみを漁るインフォーマルなスカベンジャーを中に入れて、ごみを仕分けさせ、埋立ごみをコンテナに集めさせている。すなわち、事業所はスカベンジャーに対して資源ごみ収集の便益を与えるかわりに、ごみの減量化や埋立ごみの仕分けを行わせる仕組みになっている。

さらに最終処分場では多くのインフォーマルなスカベンジャーが不法に入り込んで、資源回収を行っている。管理する州は法的には禁止しているが、実際には取り締まりはせず、スカベンジャーの活動を暗黙に許している。資源化促進のためではなく、インドネシアの貧困層の問題が含まれているからである。このようにバンドン市の廃棄物マネジメントは、日本のように市町村が収集から処理・処分を一括して管理するシステムではなく、コミュニティ、清掃事業所、スカベンジャーの緩い連携によって管理されているシステムである。従って、バンドン市がごみ減量化やリサイクル・処理といった新たな3R政策を決定しても、その改革を現場にスムーズに導入することは容易ではない。研究においては、対象地域の廃棄物マネジメントの仕組みや、現地のリサイクル社会の仕組みやその歴史的背景を十分知っておくことが必要となる。

本研究では、バンドン市の廃棄物マネジメントの現状の問題について考え、3Rの推進について検討するためには、大学だけでなく行政との情報交換が不可欠と考えた。そこで交流面では、バンドン工科大学と話し合った結果、市の行政官を集めて日本の3R導入や、近隣の都市の3R普及の成功例を集めたセミナーを6月末から7月に開催し学習することにした。また、バンドン市では初めての焼却炉の導入を検討していることから、バンドン市と清掃事業所の関係者を呼んで、焼却炉導入に際して知っておかなければならない焼却炉システムの知識、建設・維持コスト、灰の処理、ダイオキシン類などの二次公害物質、などについて日本側(岡山市)専門家による講演と討論を行う専門家会議の計画を立てた。これらの企画に対して岡山市は積極的に協力してくれ職員3名をバンドン市に派遣してくれた。そして、岡山市職員によって提供された情報は、これから廃棄物マネジメントを改善してゆこうとする同市の関係者にとって、大変価値のある情報であることがわかった。さらに、より深い連携を図るために、今度は11月末から12月にかけてバンドン市職員とバンドン工科大学講師を岡山大学、岡山市に招聘し、岡山市の分別収集の現場や、ごみ焼却炉施設、リサイクルセンター、そして焼却灰の処分場埋立について視察し議論する機会を作った。これらの交流を通して、岡山大学と岡山市はバンドン工科大学とバンドン市との間で強いパートナーシップを形成することができたと考える。教育面では、岡山大学学生が3名、バンドン工科大学やバンドン市を視察し、日本とは全く違う廃棄物マネジメントを知るとともに、中継施設や最終処分場で資源ごみを漁るスカベンジャーを観察して衝撃を受けたと思われる。研究面では、このようなバンドン市と日本の廃棄物マネジメントの違いを踏まえた上で、廃棄物処理の現状システムのモデル化とコンポストや焼却炉導入によるごみ処分量の変化を明らかにする研究を行った。また、コレクターやスカベンジャーが支えるごみのリサイクル社会をシミュレートするための社会経済のモデル化についても考察を行った。

2. 交流報告

2.1 交流(1)

バンドン工科大学におけるセミナー開催とその参加

1) 派遣者

岡山大学廃棄物マネジメント研究センター 藤原 健史

岡山市環境局岡南環境センター 所長 山田 耕市氏

岡山市環境局環境企画総務課 主査 小玉 利昭氏
岡山市環境局環境保全課 主事 流尾 正亮氏
岡山大学大学院環境学研究科 M1 濱田 智史

2) 派遣スケジュール

期間 2011年6月25日～7月2日

6月26日中継所等視察
6月27日専門家会議
6月28日セミナー
6月29日最終処分場見学
6月30日ボゴール RCE 事務所
7月1日ジャカルタユネスコ事務所

3) 派遣内容

ごみ中継所及びメタン発酵施設の視察

- ・日時：2011.6.26
- ・場所：バンドン中継所など

① 中継所(Imdrayu)

バンドン市の街中の Imdrayu の小さな中継所を訪ねた。収集人がごみを積んだ大型の CART の前と後ろについて CART を運んでいた。場内では家族とも思えるスカベンジャーがごみの仕分けを行っていた。このような中継所は、市内の大きなコミュニティ単位で置かれている。仕分けられたペットボトルは、これらはきれいに洗浄されてバイヤーに売られることになる。



写真1 中継所に運び込まれる CART



写真2 中継所では分けられた資源ごみ

② コンポスト&選別所(Gede Bage) (マーケット用)

Gede Bage では、隣の市場から発生したごみを中心に集めており、ココナッツの殻が多く山積みになっていた。ココナッツの他にプラスチックを選別しており、それらは洗浄して売られる。この中継所には焼却施設の建設が予定されており、市場以外の中継所からのごみも受け入れる予定である。併設されているコンポストプラントでは、まず有機ごみを機械で粉碎し、細かくした後で屋外にてコンポストの生成を行う。その後、乾燥し、最後に混入している不適合物を除去してコンポストを完成させる。周辺環境については、コンポ

スト施設内は特に臭いがきつい他、大雨によって市場からのごみが近くの通路に流れ込み、近くの水路も大量のごみで汚染されていた。



写真3 ココナッツの殻の山



写真4 ごみで汚染された川

③ 生物消化によるごみのメタン発酵・メタンガス化施設(Sekelimus)

Sekelimus のメタンガス化施設では、有機物(主にレストランや花屋からの生ごみやバナナの木など)を粉砕し小さくした後に、発酵槽で生物消化を行うことでメタンガスを発生させ、そのガスをコンロ用ガスとして使ったり、発電機用のガスとして使うなどのデモンストラーションを行っていた。

メタンガスの生成プロセスは単純であり、まず前処理で有機物を1日1トンのペースで選別し粉砕する。次に有機物(主に生ごみ)と適量の水が人力によって混ぜられ混合槽に仕込まれると、槽内部で有機物が嫌気性菌により40日をかけて消化される。この発酵槽の大きさは、深さ約1.5m、流れ方向の長さ約15mである。発生したメタンガスはパイプを通して、天井につるされた大型のビニール袋に集められる。バンドン市ではこのような施設を増やしてゆこうと考えている。



写真5 生ごみと菌と水を混合する様子

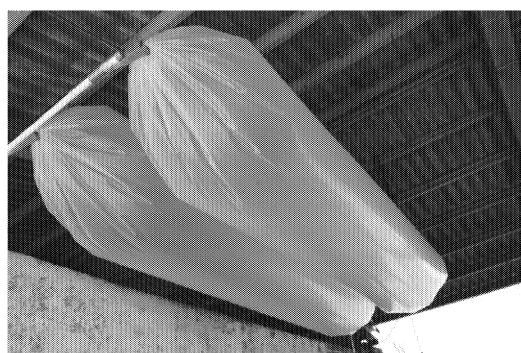


写真6 メタンガスの貯蔵用ポリ袋

④ バンドン市内最大の中継所(Tegallega)

Tegallega では37のDistrictからごみが運ばれてくる、バンドン市内最大の中継所であり、ここでも他の中継所と同様、有機物(ココナッツ等)と無機物(ペットボトル、プラスチック等)が選別されている。運び込まれてくるごみの総量は一日70m³に及ぶ。また、コンポスト化は別の場所で行っており、ここでは選別と破碎のみ行っている。

コンポスト化や売買できないものはトラックコンテナに積み、プラスチックのシートでゴミが落ちないようにカバーされて、最終処分場に運ばれる。



写真7 ココナッツの殻の粉碎



写真8 埋立ゴミ運搬用トラック

3R とごみ焼却の専門家会議

・日時：2011.6.27 9：00～12：00

・場所：バンドン工科大学会議室

・参加者：25名

(西ジャワ州環境衛生局3名、バンドン市環境局2名、バンドン工科大学教授・学生12名、バンドン環境公社3名、岡山市3名、岡山大学2名)

・内容

まず岡山大学藤原教授から、日本の廃棄物処理システムの概要について講演した後に、岡山市岡南クリーンセンター長の山田課長が、焼却施設について詳しい資料をもとに講演した。バンドン側は、焼却施設の運転および維持管理コストと、焼却によるダイオキシン類の発生について関心が高かった。約1時間の発表後、2時間の質疑応答を行った。



写真9 専門家会議の様子



写真10 質疑応答の様子



写真 1 1 左から藤原教授、ダマンフリ教授、岡山市山田氏



写真 1 2 スプリハント教授（土木環境工学部長）を中心に訪問メンバー

3R の実践を通じた廃棄物処理マネジメントに関するセミナー

- ・日時：2011.6.28 9：50～18：00
- ・場所：バンドン工科大学ホール
- ・参加者：約 110 名（西ジャワ州、バンドン市、スラバヤ市等の自治体、企業、バンドン工科大学教授、学生、その他、岡山市、岡山大学）
- ・セミナープログラム

Title: "Improving municipal solid waste management practices through 3R implementation"
Tuesday, 28 June 2011 in ITB

Time schedule of presentation

08.00-08.30 Registration

08.30-08.40 Welcome Speech from Head of Air & Waste Management Research Group
ITB (Dr. Ir. Tri Padmi)

08.40-08.50 Welcome Speech from Mayor of Bandung City or Director of Bandung City
Cleansing Enterprise

08.50-09.00 Welcome Speech from Dean of Civil and Environmental Engineering ITB (Prof.
Dr. Ir. Suprihanto N.)

09.00-09.30 BREAK

09.30-10.30 Panel Session 1 (Moderator: Dr. Benno Rahardyan)

1. Research related to MSW management in Indonesia (Prof. Ir. Enri Damanhuri, ITB)
2. History and remarkable activities on 3R in Japan (Prof. Takeshi FUJIWARA,
Okayama University, Japan)
3. Policy related MSW management in Indonesia (Ir. M. Sjukrul Amien, MM, Director of
Sanitation Development, Ministry of Public Work)

10.30-12.30 Panel Session 2 (Moderator: Dr. Ir. Tri Padmi)

1. Concept and implementation of 3R in Bandung City (Cece Husen Iskandar,
Bandung City Cleansing Enterprise)
2. Concept and implementation of 3R in Surabaya City (Hidayat Syah, Surabaya City

Cleansing Department)

3. Actual projects on 3R in Okayama City, Japan (Mr. Toshiaki KODAMA, General Manager of Project and General Coordination Division, Environmental Conservation Division, Okayama City, Japan)

4. Current situation of waste treatment in Okayama City (Koichi Yamada, Division of Environment, Okayama City, Japan)

12.30-13.30 LUNCH

13.30-16:00 Panel Session 3 (Moderator: Dr. Sukandar)

1. Community empowerment related to 3R activities in Bandung City (Ria Ismaria, ST, MT)

2. Community experience on Composting activity (Bpk Suarjiman)

3. Community empowerment related to 3R activities in Surabaya City (Nunuk Maghfiroh, NGO of Mandiri)

4. Sharing experience based on community green and clean competition in cities in Indonesia (Astri Wahyuni, Private company of Unilever)

5. Experience in education and enlightenment for 3R (Mr. Masaaki NAGAREO, Okayama ESD Project Coordinator, RCE Okayama)

16.00-16.15 BREAK

16.15-16.50 Panel Session 4: Report on questionnaire (Moderator: Dr. M. Chaerul)

16.50-17.00 Concluding Remarks and Closing (Dr. M. Chaerul)

【セッション1】

① インドネシアにおけるごみ処理に関する研究 (ITB・ダマンフリー教授)

② 日本における3Rの歴史と取組み活動 (岡山大学・藤原教授)

③ インドネシアにおけるごみ処理関連政策 (ITB・スプリハント教授)

【セッション2】

① バンドン市における3Rの概念と導入 (バンドン環境公社)

② スラバヤ市における3Rの概念と導入 (スラバヤ市清掃局)

③ 岡山市における3Rの実践 (岡山市環境企画総務課 主査 小玉利昭)

④ 岡山市における廃棄物処理について (環境局 次長 山田耕市)

【セッション3】

① バンドン市における3R活動に関するコミュニティの啓発 (リア・イスマリア氏)

② コンポスト活動についてのコミュニティの経験 (スアルジマン氏)

③ スラバヤ市における3R活動に関するコミュニティの啓発 (NGO マンディリ)

④ インドネシアの都市におけるコミュニティの「グリーン&グリーン」コンペにおける経験の共有 (アストリ・ワンフリ/ユニリーバ社)

⑤ 3Rの教育・啓発における経験と取組み (岡山市環境保全課 主事 流尾正亮)

【セッション4】

ディスカッション: バンドンにおける3Rの意識アンケートとその考察について。

ディスカッションでは、インドネシア側、日本側、産学官さまざまな立場から、活発な意見交換が行われた。



写真 13 セミナーでの発表の様子

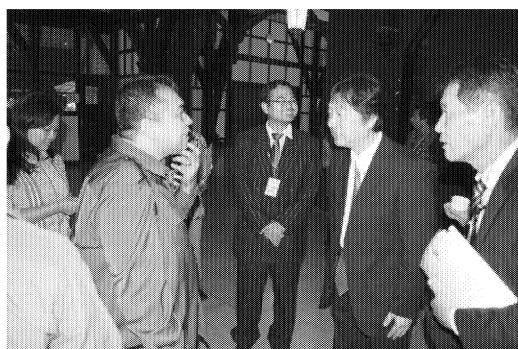


写真 14 セミナーの休憩時の質問



写真 15 ディスカッションの様子



写真 16 参加者全員による集合写真

最終処分場の視察

日時：2011.6.29

場所：サリムテ処分場

サリムテ処分場を視察した。同処分場はバンドン市およびその周辺都市の地域から発生する廃棄物を日量 3,900m³ のペースで受け入れている。処分場には有機物からコンポストを作るための工場が併設されている。休日でありながら、多くのスカベンジャーがごみ拾いをしていた。

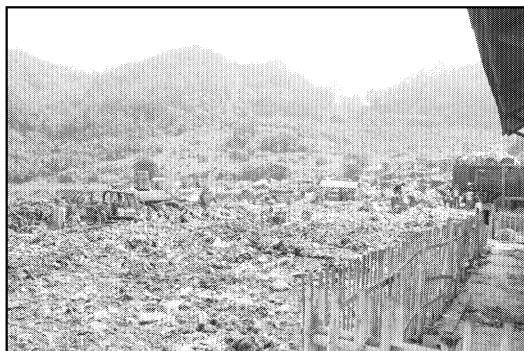


写真 17 処分場の様子

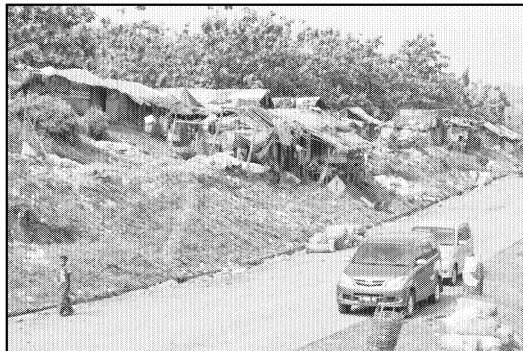


写真 18 処分場周辺のスカベンジャーの家

バンドン市表敬訪問・RCE Bogor 訪問

日時：2011.6.30

場所：バンドン市役所、RCE Bogor 事務所

① バンドン市表敬訪問

当日は市長、副市長が不在であったため、第一秘書の方に対応いただいた。われわれは今回のセミナーや専門家会議の趣旨を説明し、岡山大学とバンドン工科大学の MOU 締結の準備にも触れた。学と官が融合した国際的な学官のパートナーシップについて話し合うことができたという点で有意義であった。(会議室には各大学と各市の関係者が一堂に会した。)



写真 19 話し合いの様子



写真 20 バンドン市の方との集合写真

② RCE Bogor 事務所の訪問

RCE とは **Regional Centre of Expertise** の略で、**Bogor** はインドネシアにおける生物や農業等のライフリサーチの中心地の都市である。この RCE Bogor では、貧困の解決策を探るという大きな目標に向けて、研究機関、民間企業、大学、政府、地域が相互に交流し一体となって活動をしている。具体的には、市民に対しての有機農業や専門技術に関する知識の教育、市民への環境教育、さらには廃棄物マネジメント等の市民サービスの向上への働きかけや研究などの取り組みが行われている。

このうち RCE Bogor が特に力を入れているのが有機栽培 (**Organic Farming**) と廃棄物マネジメントに関する取り組みである。まず有機栽培について、インドネシアでは農作物を育てる際に大量の農薬を使い、それによって作られた農作物が広く流通している。そのため、無農薬の有機栽培について研究し、その成果を多くの人に教育することで状況を変えようとする活動が行われている。特に教育の対象には、農家だけでなくノウハウを持たない貧しい人々も含まれており、彼らに農業のノウハウを提供することでより豊かな生活をしてもらうという意図も含まれている。

次に廃棄物マネジメントについては、3R 教育や廃棄物収集運搬計画に関する研究開発が行われている。このうち 3R 教育については、テレビゲームを通して楽しみながらごみに関する知識を学べる教材を開発したり、学校の先生を施設に招いて環境教育を行い、学

校で先生たちが環境教育をするお手伝いをしたりしている。ただし、学校のカリキュラムは国が一貫して定めているため、現在のところ環境教育をカリキュラムの中に入れることは簡単ではないとのことである。収集運搬計画に関する研究については、廃棄物が発生源から処分場に運ばれるまでの過程で量がどのように変化するか、コストがいくらかかるかをシミュレーションするモデルの研究開発を行っている。



写真 2 1 3R 教育ゲームの説明



写真 2 2 RCE Bogor で集合写真

UNESCO ジャカルタ訪問・現地日本企業とのミーティング

日時：2011.7.1

場所：UNESCO ジャカルタ

① UNESCO ジャカルタ訪問

ここでは藤原教授が学官パートナーシップに関する説明をし後で、岡山市より 2014 年の「国連 ESD の 10 年最終会合」会議の誘致について、現在岡山市が取り組んでいることの紹介・アピールがなされ、会議誘致に向けた UNESCO ジャカルタからの支援依頼について話し合いがなされた。

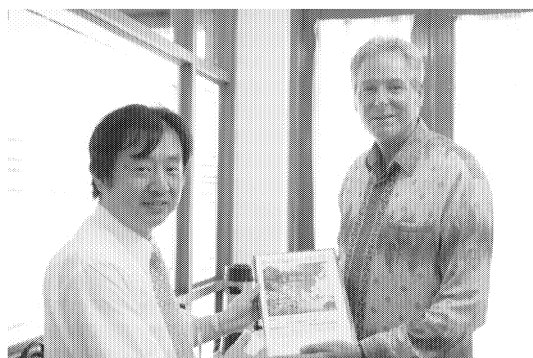


写真 2 3 ヘイゼン所長との写真



写真 2 4 UNESCO Jakarta メンバーと集合写真

2. 2 交流 (2)

バンドン市職員およびバンドン工科大学の岡山大学招聘

1) 被招聘者

バンドン市清掃事業所 Ir. Cece H. Iskandar 所長

バンドン市環境局 Ir. H. Ahmad Rekotomo, MBA 境局長

バンドン市都市計画局 Dr. H Gunadi Sukma Bhinekas, MKes 局長

バンドン工科大学 Dr. Mochammad Chaerul 講師

2) 招聘スケジュール

平成 23 年 11 月 29 日出発～12 月 6 日帰国

11 月 30 日 岡山市到着、最終処分場の視察

12 月 1 日 岡山市表敬訪問、及び BDF プラントと岡山市岡南環境センターの視察

12 月 2 日 岡山市東部クリーンセンターおよびリサイクルプラザの視察
岡山市エコ技術研究会とイサイクルに関するディスカッション
岡山大学山本理事への表敬訪問

12 月 3 日 休み

12 月 4 日 岡山大学にて廃棄物処理技術に関するディスカッション

12 月 5 日 岡山県農林水産総合センター畜産研究所、倉敷市玉島下水処理場の視察

3) 招聘内容

学官パートナーシッププロジェクトでは、インドネシア バンドン市のごみ分別や有機ごみのリサイクル及び焼却炉の導入による新たな廃棄物マネジメントシステムの構築について研究を行っている。本プロジェクトには、岡山市が実践的な廃棄物マネジメントについて協力しており、大学では廃棄物量・リサイクル量などの情報収集と、廃棄物マネジメントのモデリングを進めている。6 月にはバンドン工科大学において岡山市メンバーとともに 3R のセミナーを開催した。今回は、バンドン市で新たなリサイクルシステムの構築や焼却炉の導入計画が進んでいることから、日本の技術を視察してもらい、その知見に基づいて具体化計画を研究におけるモデル構築に反映させることを目的とする。

①最終処分場の視察（11 月 30 日（水））

バンドン市一行は 30 日の昼に岡山駅に着き、すこし休憩した後で岡山市の山上最終処分場を視察した。バンドン市ではごみの全量埋立のため、最終処分場は灰と不燃物だけを埋め立てている岡山市とは異なる。バンドン市にはごみ焼却施設の建設予定があることから、灰を埋め立てる処分施設には関心が高く、多くの質問があった。



写真 2 5 処分場で山田課長による説明



写真 2 6 処分場の現場視察



写真27 ライニングの説明



写真28 集合写真

②岡山市表敬訪問および処理施設の視察（12月1日（木））

岡山市への表敬訪問では、岡山市環境局の松田局長が挨拶をした。その後、山田課長より岡山市の廃棄物処理事業についての説明があった。一行は拠点回収場を視察した。



写真29 岡山市表敬訪問（山田氏）



写真30 資源ごみ拠点収集の視察





写真31 バイオディーゼル製造工場の視察（DOWA バイオディーゼル岡山）



写真32 岡南クリーンセンターの視察。

③ 焼却施設およびリサイクル施設の視察（12月2日（金））

バスで東部クリーンセンター及び東部リサイクルプラザを視察した。午前の視察の後、午後にはエコ技術研究会事務所にて食品廃棄物のリサイクルを中心に研究会にアクティビティについて説明した。



写真 3 3 岡山市エコ技術研究会とのディスカッション

④ 岡山大学での廃棄物処理のディスカッション（12月4日（日））

午前中はバンドン市の廃棄物研究打ち合わせを総合研究棟にて実施した。バンドンにおけるごみ収集と資源化に関わるスカベンジャー、バイヤー、清掃事業所の関係や組織構造、及び平均収入などについて質問した。また、バンドン市で現在取り組んでいる資源化物の買い取りシステム、ごみ焼却炉の計画などについて、説明を受けた。さらに、午後からは岡山市の岡南清掃局長の山田耕市氏から、岡山市のごみ焼却施設と関連の規定について追加説明を受けた。



写真34 岡山大学におけるディスカッション

⑤ 岡山県畜産研究センターの視察（12月5日（月））

岡山県久米郡美咲町にある岡山県畜産研究センターを視察した。環境研究 Gr において実施されている「メタン発酵技術を活用したバイオガス及びエネルギー抽出技術の検討」及び「生ゴミ等有機資源混合堆肥化における良質堆肥生産体制の確立とリサイクルシステムの構築」について講義を受け、メタン発酵施設を見学した。前者は豚ふんを嫌気発酵して得られるバイオガスの採取するか、エネルギー利用として回収している。後者は、家畜ふんと地域から排出される生ごみを混合した堆肥生産実証試験を実施しているもので、多様な構成要素の生ごみの投入にも対応し、耕種農家等が求める安全で品質の安定した良質な堆肥を供給することにより、有機資源リサイクルシステムを構築することを目的としている。講演の後、メタンガス発酵施設の視察を行った。発電施設も備えたコンパクトな施設への関心が高かった。なお、この視察には岡山大学の学生も多く参加した。





写真 3 5 岡山県畜産研究センターの視察

3. 廃棄物処理処分のシナリオ評価に関する研究報告

3. 1 目的

インドネシアでは急速な人口増加により廃棄物発生量や最終処分量の増加が問題となっている。バンドン市では、発生源における有価物回収や中継地と処分場でスカベンジャーによる資源ごみ回収などのリサイクル活動が行われているが、リサイクル品回収やコンポスト化では廃棄物発生量を抑制することができない。そのため、バンドン市とジャワ州政府は、それぞれの計画において焼却炉とメタン発酵施設を建設し、廃棄物量の削減を図ろうとしているが、焼却炉用のごみ組成としては水分が多く燃料を消費することが予想され、また、メタン発酵施設用のごみ組成としては分別を徹底して夾雑物が入らないことが必要である。そこで、バンドン市には分別収集と廃棄物リサイクルや処理施設を組み合わせれば、適正な廃棄物マネジメントが達成できると考えられる。本研究では、家庭におけるごみの分別、焼却処理、メタン発酵施設、さらに、中継地におけるコンポストの拡充、インドネシアでの 3R 活動の成功例である高倉式コンポストも政策として実施し、これらを組み合わせ、シナリオごとに廃棄物削減量を現状と比較した。

3. 2 方法

ごみの発生から収集・処理・処分についての廃棄物の流れを明らかにし、その中で組み込む

ことができる分別やリサイクルのプロセスを検討し、処理システム全体について複数のシナリオを作り、それによる埋立処分量の削減量を比較検討する。

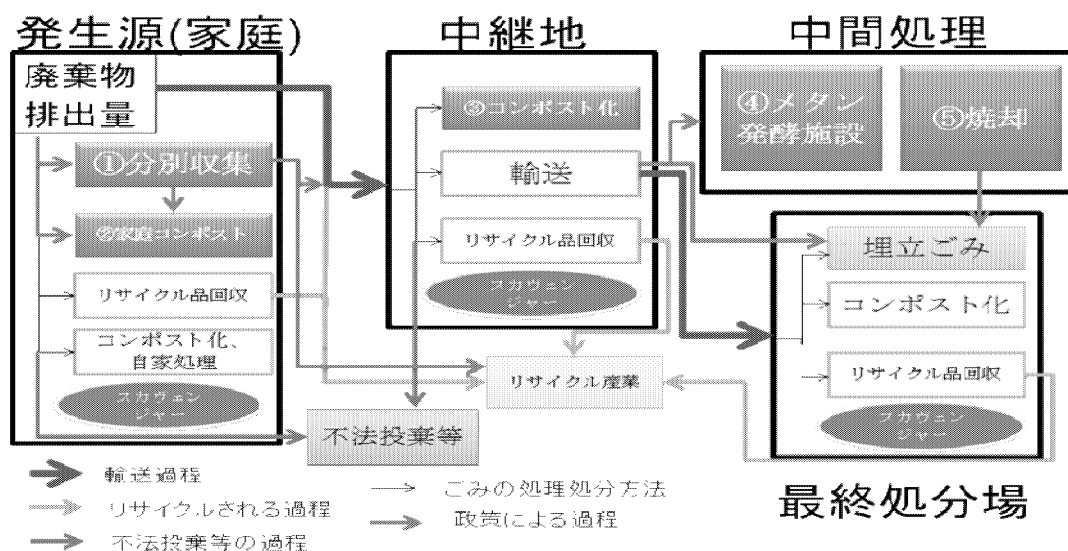


図1 バンドン市について考えられる廃棄物処理のフロー

本研究では、以下のシナリオを設定した。

シナリオ0 現状(BAU)

発生源→中継地→最終処分場

・シナリオ1 中継地コンポストの拡充

発生源→中継地(コンポスト)→最終処分場

・シナリオ2 分別収集の実施

発生源(分別収集)→中継地(コンポスト)→最終処分場

・シナリオ3 家庭コンポストの導入

発生源(分別収集、コンポスト)→中継地(コンポスト)→最終処分場

・シナリオ4 コンポスト施設の設置

発生源(分別収集、コンポスト)→中継地(コンポスト)→コンポスト施設→最終処分場

・シナリオ5 焼却処理の導入

発生源(分別収集、コンポスト)→中継地(コンポスト)→焼却→最終処分場

・シナリオ6 焼却処理の導入

発生源→中継地→焼却→最終処分場

シナリオ7 総合

発生源(分別収集、コンポスト)→中継地(コンポスト)→焼却、メタン発酵→最終処分場

3.3 結果と考察

図2に各シナリオで計算したごみの処理処分の内訳を比較して示す。まず、中継地コンポストを拡充したシナリオ1、分別収集を実施したシナリオ2では、人口増加による排出量増加を

抑制するまでには至らなかった。また、家庭コンポストを導入したシナリオ 3 とメタン発酵施設を設置したシナリオ 4 は、それぞれ 394 トン、494 トンとリサイクル量が多いが、処分量を見ると人口増加による排出量の増加分を抑制したにすぎない。これに対して、焼却炉を設置したシナリオ 5、シナリオ 6、シナリオ 7 では、最終処分量を現状の約半分に削減することができ、シナリオ 5 とシナリオ 7 では、リサイクル量でも現状のそれぞれ 2 倍、3 倍となった。シナリオ 5 とシナリオ 7 を比較すると、メタン発酵による処理量分だけ、処分量が少なく、リサイクル量が多くなっている。従って、シナリオ間の検討の結果、提案する政策すべてを実施したシナリオ 7 が、最も廃棄物削減に貢献すると考えられる。

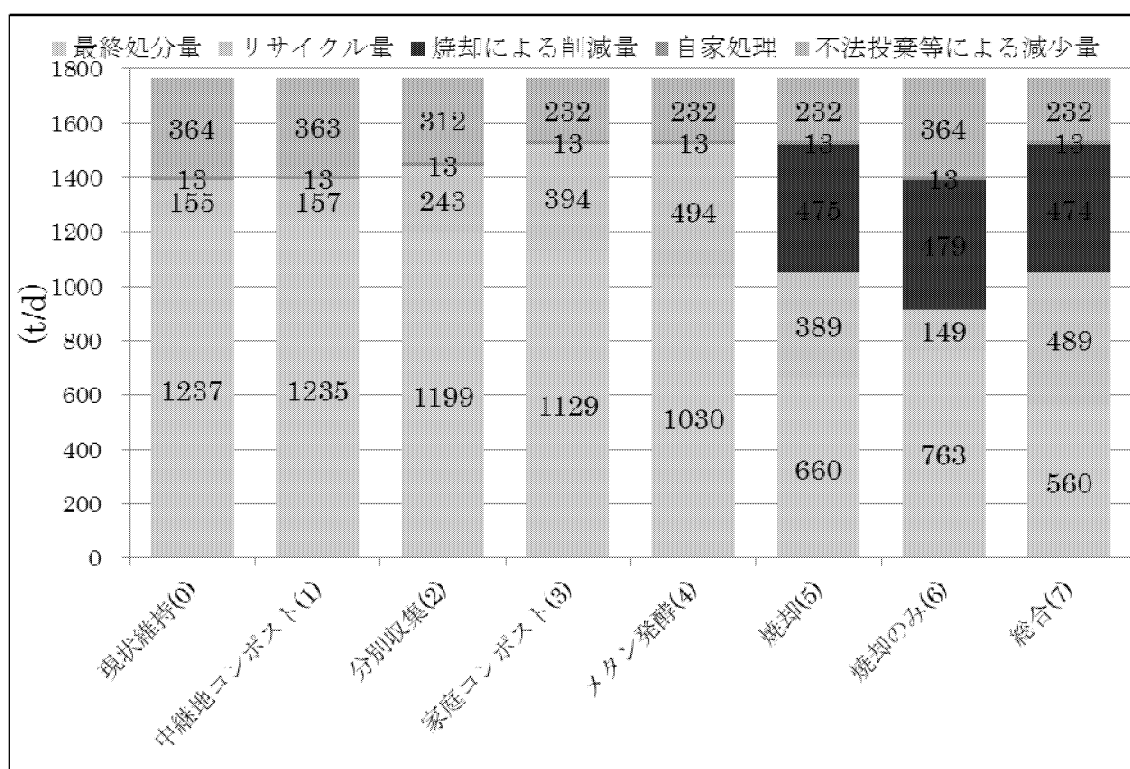


図 2 シナリオ別のごみ処理処分の内訳

4. 分別回収導入による現状のリサイクル社会へのインパクトに関する研究報告

4. 1 目的

インドネシアは急激な人口増加や急速な経済発展に伴い、必然的に廃棄物発生量が増えることが予想される。しかし、多くの都市では集められたごみをそのまま処分場に投棄し、中継所や処分場ではスカベンジャーによる資源ごみの採取が行われているという状況で、ごみ減量化の対策は行われていない。本研究はインドネシア・バンドン市を対象とし、分別収集やコンポストなどの 3 R 政策を導入して最終処分量を削減し、最終処分場を延命化することを考えるが、その際に、廃棄物処理への効果だけに目を向けるのではなく、新しく分別収集を導入することによって、現在行われているコレクターによるごみ収集、スカベンジャーによる資源ごみの回収、そしてバイヤーによる資源ごみ買い取りによる集約と企業への売却などのリサイクルの構造がどのような影響を受けるかを知っておく必要がある。

と考える。そこで、本研究では、新しい処理システムの導入が、リサイクルを支えるシステムに対してどのような影響を与えるかを検討するために、経済社会と廃棄物処理をつなぐモデルを構築する。方法として、家計活動、企業活動などの要素を表すことができる応用一般均衡モデルを用いて経済社会全体とリサイクル社会の関係を表現し、また家計消費と廃棄物発生量との関係について表現する。

4. 2 手法

図3のように、現状における廃棄物のフローと廃棄物処理に係る経済主体の行動や関係をモデル化する。ここでの廃棄物処理に関与する主体は、最終消費者としての家庭と政府を考え、廃棄物処理の関連主体にはコレクター、中継所のスカベンジャー、最終処分場のスカベンジャー、及びごみを輸送するトラック運転手とした。資源化物はスカベンジャーの手で集められ、ディーラーやバイヤーを介して、産業にリサイクル財として供給される構造になっている。

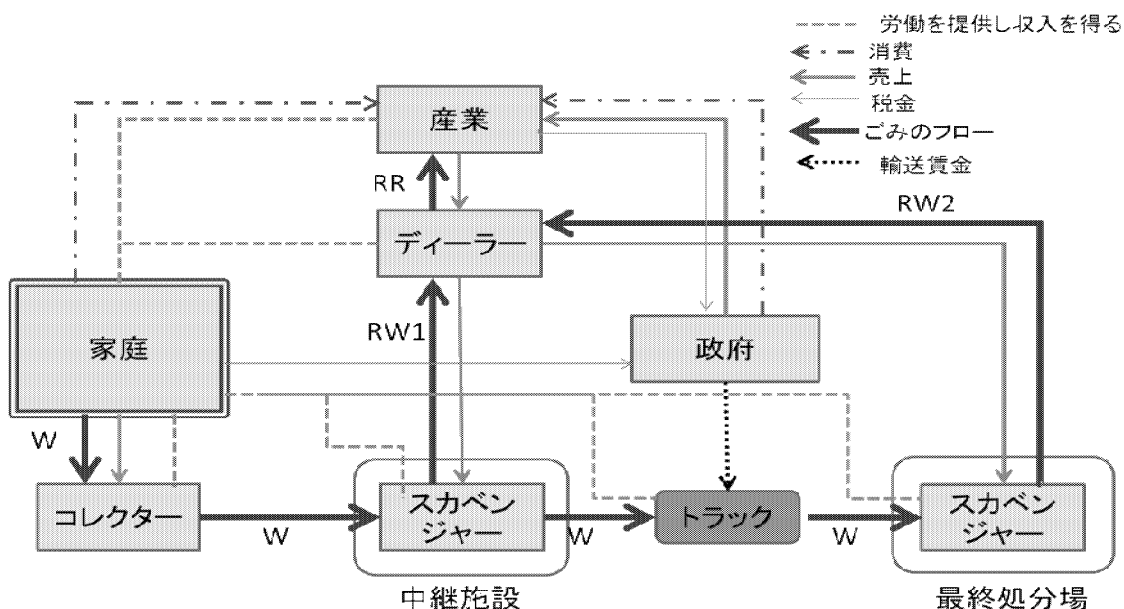


図3 資源ごみのリサイクル活動を含む社会全体の活動を表すモデル

次に社会会計表を作成した。社会会計表とは産業連関表をさらに拡張したものであり、ある地域における経済フローを示したものである。縦横に同じ項目が並び、対応する項目の行和と列和が等しくなるように作成されている。本研究では2005年のインドネシア全体の社会会計表をベースとして、まず人口を基準にバンドン市の規模に社会会計表を調整した上で、表の行列のセクターの縮小と経済主体の追加のための拡張を行うことによって、問題に合わせた社会会計表を作成した。

応用一般均衡モデルとは、家計の消費行動や産業の生産行動などの経済主体の行動を典型的な生産関数等の数式で記述し、それらを連立させてできる経済社会の数理モデルである。家計や産業の効用を最大になるように連立方程式系の解を求める。連立方程式系には数々の係数（効用関数の支出割合係数、生産関数の規模係数・投入割合係数、生産税率、貯蓄性向など）が含まれており、過去あるいは現在の経済データを用いて実現値を同定し

ておく。そして、シナリオに基づいて外生変数に条件（値）を与えて、内生変数をモデルから計算することにより、シナリオに従った経済社会を明らかにすることができる。

廃棄物処理と経済社会との関係については図4のように考える。経済モデルからは家計消費（最終消費額）を求めることができるため、それに廃棄物発生係数を掛けてごみ発生量を求める。その結果のごみ発生量を廃棄物処理モデルに導入して廃棄物処理が計算され、資源ごみのリサイクル量が確定し、経済モデルに戻される。

以上のモデル構築基本コンセプトに基づいてモデル式を作成し、日本の廃棄物データを使って廃棄物発生係数の計算も行った。

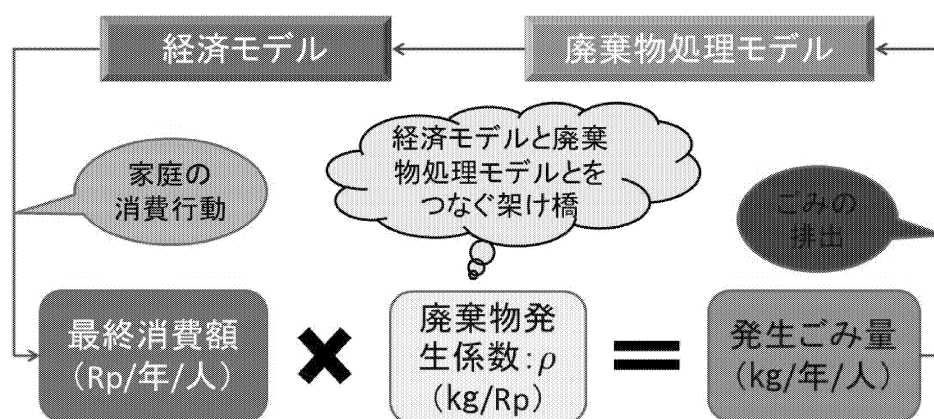


図4 経済モデル、廃棄物発生モデル、及び廃棄物処理モデルの関係

5. 今後の計画

本年度はインドネシアバンドン市およびバンドン工科大学との交流を行い、バンドン市の廃棄物処理の現状を把握するとともに、市や州の現在の処理計画について知ることができた。また、研究面においては、バンドン工科大学の協力で廃棄物フローに関するデータを提供していただくことで、分別収集やメタン発酵プロセス、焼却プロセスなどの新たな施設、そして家庭におけるコンポストなどを導入した時の最終処分量の変化を計算したり、それらの新しい処理方式を導入したときの既存のリサイクル社会に与える影響を評価する方法について検討することができた。しかし、まだ計算の正確さに欠けることと、応用一般均衡モデルについては定式化だけで評価計算には至らなかったため、来年度は、今年度に達成できなかった部分を完成させてゆく。

6. 活動資料

バンドン市でのセミナーに関する新聞記事

バンドン市、バンドン工科大学の岡山市訪問に関する新聞記事

バンドン工科大学で開催された IESL-SSMS Joint International Symposium on Social Management Systems 2011 のキーノートレクチャー