

42. 中進国～先進国都市部に求められる持続可能な 廃棄物インフラに対する考究 ～学生プロジェクトの活動を踏まえて(その2)～

山下 尚人^{1*}・関本 稀美²・永平 晃造³・松下 潤⁴

¹芝浦工業大学大学院理工学研究科システム工学専攻（〒337-8570埼玉県さいたま市見沼区深作307）

²芝浦工業大学工学部土木工学科（〒135-8548東京都江東区豊洲3-7-5）

³芝浦工業大学システム理工学部環境システム学科（〒337-8570埼玉県さいたま市見沼区深作307）

⁴芝浦工業大学システム理工学部（〒337-8570埼玉県さいたま市見沼区深作307）

* E-mail: n08244@shibaura-it.ac.jp

芝浦工業大学で実施されている学生プロジェクト制度2012に採択された「アジア学生とのサステナブル都市協働提案6」の成果を報告する。現在東南アジア諸国では急速な経済成長に対して都市インフラ開発が遅れている。そこで、日本の都市基盤技術を他の東南アジア諸国にも適用できないかと考え、Asian Institute of Technologyの有志の学生と共に活動を開始した。本年は、中進国～先進国（日泰間）の都市部における分散型廃棄物処理の適用可能性を産官学の視点で議論することを目的とした。また、活動内容をサステナビリティレポートとしてまとめ、廃棄物処理の視点を基本に、システム、地域文化、官民協働等の視点を盛り込み多面的な考究を行った。学生主体で組織運営を行った国際的学習活動の成果を報告する。

Key Words : Solid waste management, Recycling society, On-sight Solid waste treatment

1. はじめに

(1) 学生プロジェクトとは

学生プロジェクトとは2003年から開始された芝浦工業大学の課外活動支援制度である。大学チャレンジ部門、社会貢献部門、自由部門、グローバル部門の4つの部門に分かれており、本学の学生自身が企画・運営を行い特定の問題に対してプロジェクトを立ち上げ、問題解決に取り組む。プロジェクトが採択されると、活動援助金が支援される。本制度の支援のもと「アジア学生とのサステナブル都市協働提案6」を通じて得た成果を本論文では報告する。

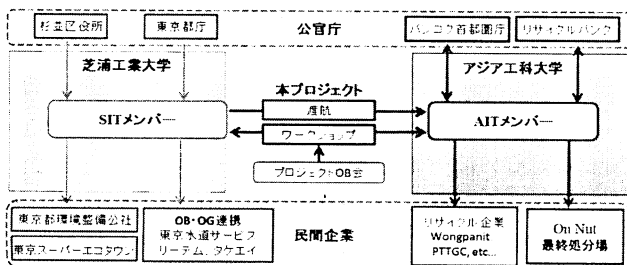


図-1 2012年度活動の組織関係図

(2) 本プロジェクトのねらい

現在、東南アジアは急速な経済発展が進んでいる。しかしその反面、経済発展優先の政策により、都市基盤整備が遅れ、人々に生活に負担を強いる、都市環境の悪化が顕在化している。それらの問題を解決するため、東南アジア各国の過去の事例の調査、及び比較研究を行い、各国間で情報交換をしながら、都市基盤整備を進める必要がある。

以上の目的よりアジア工科大学（以下AIT）の有志の学生と協働で、日本の東京都とタイのバンコク都の二都市の都市基盤整備について、学生のうちからワークショップ形式で意見交換することにより将来に渡るサステナブルな都市形成についての見識を形成・共有することが目的である。本プロジェクトは2006年から開始され、水系、廃棄物系、交通系、エネルギー系インフラの4つのテーマを協働調査を行う形式をとっている。本論文では、2012年4月から2013年3月の期間に行われた、廃棄物系インフラの調査及びワークショップを踏まえた成果を報告する。

(3) 他事例との比較

学生が途上国の都市環境等に対する学術的交流及び研究活動を行う例として、土木学会の主催する「途上国の環境問題を見て考える全国学生ツアー」を例にあげ、本学生プロジェクトとの違いについて述べる。

「途上国の環境を見て考える会」は、24年度の実施を持って14回の開催となる。土木学会の環境工学委員会、及び海外環境教育に関する小委員会が主催するもので、土木学会に所属する教員等が引率し、海外(途上国)の環境問題の現場を視察し、現地の大学の研究者や学生および国際協力に係る国連・政府機関と企業の行政官や技術者との学術研究交流や意見交換および国際交流を行うことを主目的としている。これまでにインドネシア、中国、シンガポール等にて実施された。全国の大学生（高専を含む）、大学院生、教職員、研究所員、他を対象としており、15～20名の参加者を募っている¹⁾。

上記を踏まえ、本プロジェクトとの比較を行う。

第一に、企画及び運営体制が挙げられる。本プロジェクトは企画・立案・プロジェクト運営を学生自身が行い、PDCAサイクルに基づくプロジェクト進行を行う。年度初めに大学に対して活動企画提案をプレゼンテーションし、発表内容に基づいた予算が与えられる。

第二に、運営主体の形態が異なる。途上国の環境を見て考える会では、土木学会に所属する教員等が主催し、学生らが参加する形態をとっている。一方本プロジェクトは、本学及びAITの学生による協働で各国のインフラ開発に関して、官庁、民間企業、及び地域社会やNGO、NPOに対する調査を行う。さらに、情報交換と国際交流にとどまらず、AITでのワークショップの議論を基に、日本の技術、システム、及びマネジメントを踏まえた、バンコク都の都市開発に対するシステム提案を行う。

第三に成果の集約性が挙げられる。途上国の環境を見て考える会では、単年度ごとの限定的期間であり、参加者は年度ごとに異なる。そして、その報告は参加者らによる数項の英語版報告書によって行われる。一方、本プロジェクトは、これまで6年間継続的に行われ、組織運営及び機能はプロジェクトメンバーらによって継承されている。成果はサステナビリティレポートが発行され、成果は集約・集積化される。

第四に、OB・OG連携が挙げられる。本プロジェクトはOB・OG会を結成し、東京都の都市基盤分野に関する業務を行う私企業等に属しているOB・OGと現役プロジェクトメンバーである学生の間で情報交換を行っている。

主に上記4点に関して、本プロジェクトの特異性が挙げられ、学生主体・学生視点で継続されてきた活動であるといえる。

2. 学生プロジェクトの活動変遷と到達点

以下にアジア工科大学院大学にて毎年行っている廃棄物系インフラに関するワークショップ（以下 WS）における情報交換内容の変遷を示す。

2010年に行った第一回 WS では、東京都とバンコク都の廃棄物問題の現状確認を行い、芝浦工業大学側からは、東京都の抱える問題とそれに対する廃棄物処理技術などを紹介した。一方 AIT 側からは、バンコク首都圏庁（以下 BMA）と共同で作成している廃棄物の排出量や組成分析について情報提供を頂いた。また、施設見学では実際にバンコク都周辺に位置する医療系廃棄物の中間処理、最終処分場、民間リサイクル会社、そして学校を中心に資源収集と環境教育を行っているリサイクルバンクを見学し、現状調査を行った。

また、共通の議論テーマとして、各都市の廃棄物処理、及び経済と都市の発展の歴史を紹介しあった。また、自分達も含めた一般市民の廃棄物に対する意識についても交流し、文化的・慣習的な意識交流を行った。

以上の一年目の活動から、集中的な中間処理を行えないバンコクにおいては、廃棄物排出側の取り組みに重きをおいた分散型廃棄物処理を展開することが重要であると考えた。

2011年に行われた第二回 WS では、芝浦工業大学側からは日本の集団回収を始めとする各国の分散型廃棄物処理についてケーススタディを行い、バンコク都での展開・普及可能性について議論した。日本における事例として、東京都 23 区で実施された集団回収、山形県長井市のレインボープランを紹介した。一方 AIT 側からは、現在バンコク都で最も普及している分散型廃棄物処理の事例として、学校を中心に資源回収及び環境教育を行っているリサイクルバンクを紹介して頂いた。以上の内容に関する情報交換により、バンコク都において分散型廃棄物処理の重要性について共通理解が得られ、一定の成果を感じている。

上記二年間の内容に関しては、昨年開催された第 20 回地球環境シンポジウムにて「東京とバンコクにおける分散型廃棄物処理の比較と提案 ～学生プロジェクトの活動を踏まえて～」と題して報告を行った。

そして 2012 年度に行われた第三回 WS では、分散型廃棄物処理に関してさらに考究を深めるべく、産官学各セクターからの視点を追加しこれまでの分散型廃棄物処理のケーススタディをブラッシュアップし、AIT 側からはタイ北部に位置する Udon thani 県における例を挙げ、WS にて議論を行った。施設見学では、新たにタイ石油公社 PTT 系列の PTT Global Chemical を訪れインタビューを行った。本論文では上記の内容を報告する。

3. 東京都とバンコク都の廃棄物問題の比較

(1) 経済成長に伴う廃棄物排出量の増加

図2に1965年から2006年までの東京都23区の一般廃棄物排出量の変遷を、図3に1985年から2007年までのバンコク都の一般廃棄物排出量の変遷を示す。23区の廃棄物排出量の変遷を選んだ理由として、多摩地区を除く23区の廃棄物排出量のデータを扱うことにより、経済成長等による影響と廃棄物排出量の相関をより明確に考察するためである。

まず23区の廃棄物排出量のグラフを、4つの区分として分類し、第一期が高度経済成長に伴う排出量増加期（1965～73年）、第二期が経済停滞に伴う排出量抑制期（1974～83年）、第三期がバブル経済に伴う排出量急増期（1975～89年）、第四期が資源循環政策普及期（1990～2007年）とした。一方、バンコク都においては、1997年にアジア通貨危機を経験しておりその前後で第一期と第二期とに分類した。アジア通貨危機により、パーツの市場価値下落が起こり、経済的な被害を被った。これの影響により、廃棄物排出量の増加は一時停滞したと考えられる。第二期については、明確に年代を特定しての分類は困難であるが、サレーンやBMAバンコク首都圏庁の廃棄物収集クルー、そしてリサイクルバンクによる資源ごみの分別と回収による一定の効果により、収集量は一定水準へ落ち着いたと考えられる。しかし、このグラフにかんしては、一般廃棄物への建設系廃棄物（産業廃棄物）の混入があること、収集量計量時の誤差等が指

摘されているため、目安として参照することとする。双方とも、経済的要因により、排出量の変化がみられる点は類似していると考えられる。特に東京都における第一期とバンコクにおける第一期において、その傾向が見て取れる。そして、その後東京都とバンコク双方に経済的危機（バブル経済の崩壊とアジア通貨危機）に見舞われた。二者の違いとして、東京都では、経済危機の後に東京ルールや集団回収、有料化政策、そしてエコタウン事業の導入（3R技術の高度化）で排出量を減少させたことである（第四期）。今後バンコク都にも政策的技術的取り組みにより、廃棄物の適正処理及び減量化、そして再資源化を行い、資源循環型社会を目指すことが望まれる。

(2) 二都市間の廃棄物処理フローと分別意識の比較

図4に東京都とバンコク都の廃棄物処理フローの比較を示す。東京都（日本）では、住民によるごみの分別意識が普及しており、区ごとに細かな違いはあるが、大別すると可燃物、不燃物、資源ゴミに分別する。それぞれ可燃物は焼却処理、不燃物は破碎処理、資源ゴミはリサイクルの後に再資源化という中間処理工程を経て、廃棄物減量化を行い最終処分場である中央防波堤に衛生埋め立てされる。また、東京都には東京スーパーエコタウンに代表される高度な集中処理施設があり、近年廃棄物の埋立量は減少している。

一方、バンコク都では廃棄物の分別意識は普及していない。“分別は回収者がすること”という意識が一般市民のもつ認識であり、電池や蛍光灯に代表される有害廃棄物の分別が制度としてあるものの、実際に分別したのち排出するよう市民に徹底されないことが、現地でのヒアリングにより示唆された。回収は渋滞を考慮し、夜間に行われる。また、中間処理技術及びインフラが十分に整備されていない。よって、街角における行政回収の後、基本的には中間処理を経ずに最終処分場に廃棄される。ただ行政回収の際、回収クルーがプラスチックや飲料缶などの有価物の抜き取りを行っている。また、民間企業及びインフォーマルな回収者によって、戸口へ赴いて有価物を回収したり、街角の廃棄物集積所から有価物を抜き取るなどして、リサイクルが行われている。いずれに

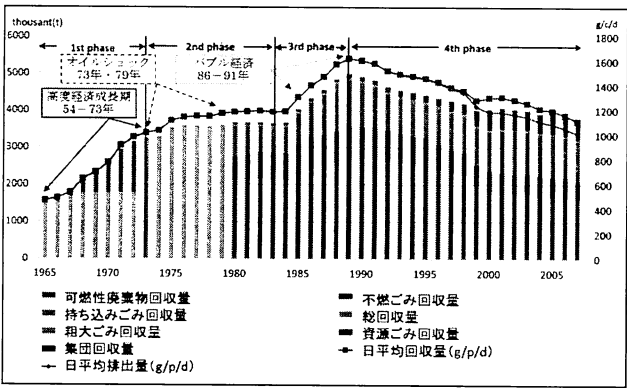


図2 東京都23区の一般廃棄物排出量の変遷(1965-07年)

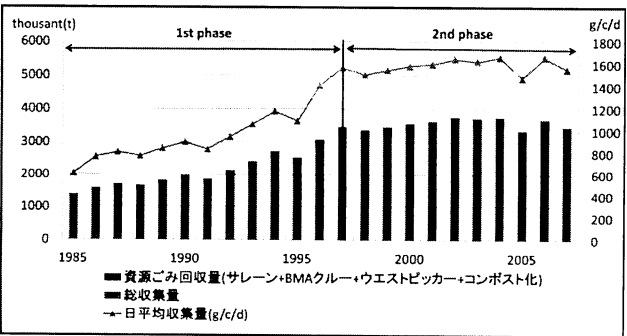


図3 バンコクの廃棄物排出量の変遷(1985-2007年)

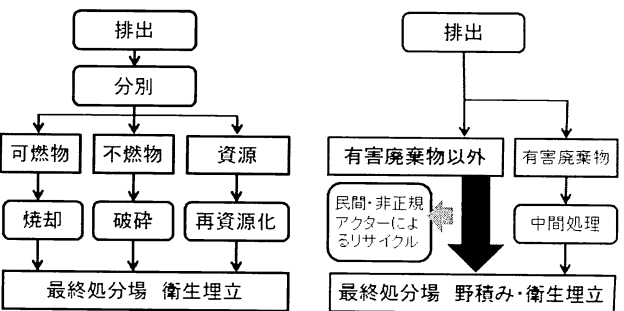


図4 東京都とバンコク都の廃棄物処理フローの比較

しても系統立てた処理ではない。それに対して学校や地域を中心として行われるリサイクルバンクでは、学校等を拠点として資源回収が行われているが、未だタイ全土に普及していないのが現状である。

(3) バンコク都における廃棄物問題の問題構造

バンコク都では経済成長を優先し、廃棄物問題への対応が十分になされていない。先述した通りタイを初めとする発展途上国においてはコスト及び技術的観点から、廃棄物を焼却・破碎処理し、集中型処理する施設は、表1に示す通り一部に留まっている。これらは建設済みないしは建設中である。また、感染性廃棄物は焼却処理が行われている。そのため、廃棄物の減量化ができず、最終処分場は次々に飽和している。また、廃棄物問題に付随して環境問題、労働問題、公害問題が起こり、地価の下落や住民の生活環境の悪化を招いている。これらの問題解決のため、集中型処理以外で廃棄物を処理し、減量化できるシステムが必要であると考えた。

そこで分散型廃棄物処理が有効であると方針立てをした。ごみの減量化を促進するためには排出者(住民)が資源(有機物)を分別し、排出量を減らすこと、廃棄物そのものを作りださない(不必要な商品の購入等)意識を啓蒙すること、個人や自治体で一次的な処理を行うことが必要であると考えた。

表-1 タイでの焼却処理施設および発電プラント

種類	サイト	処理量	発電量	備考
都市ごみ	ブーケット島	250[t/d]	2.5[MW]	ストーカー式
	サムイ島	70[t/d]×2	なし	ストーカー式
産業廃棄物	バンパー工業地帯	100[t/d]	なし	流動床方式

注：感染性廃棄物焼却炉は除く。その他、数トン規模の固定式バッチ炉は各地（工業団地など）に有るが、ここでは除く。

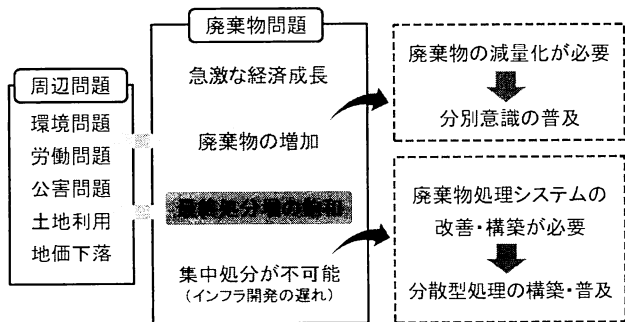


図-5 バンコク都における廃棄物問題の問題構造と付随問題

4. 日本の分散型廃棄物処理の事例

バンコク都は、廃棄物の組成上、集中型の焼却処理施設、及び破碎処理施設の建設が求められるが、今後早急に実現することは困難であると考えられる。そこで分散型の廃棄物処理形態をとることが有効であると考えた。本論文では、日本の廃棄物区分でいう一般廃棄物に対象を絞って考察する。分散型廃棄物処理とは、各地域での処理やオンサイトでの処理と言い換えてもいい。つまり、廃棄物を、より発生源に近いポイントで適正処理、再資源化、減量化することを指す。そこでまず、日本の分散型廃棄物処理の一例を挙げる。

(1) 山形県長井市における農業を基盤とした町おこし
レインボープランの発足

長井市は人口約3万人、面積214.7km²に約9千世帯が暮らしている。また、農業と商業が一带となって発達してきた特色がある。長井市の農業の実態は、全国的な傾向と類似し、兼業化、高齢化、就業人口減少などが進んでおり衰退傾向にあった。更に、作物の単一化、米農業に依存という問題が顕在化していた。

それをうけて1988年、当時の市長が長井市の衰退の危機を感じ、有志を募って市民に復興・活性化のアイデアを求めた。長井市は高度経済成長期に大量生産大量消費の経済構造により、生産効率を上げるため化学肥料の多用し、土の疲弊を招いた。また、長井市の農産物は大都会の大量消費地へと流出し農産物の地域自給率の低下が起こった。そのような背景から「農業を基盤としたまちづくり」を目指すことに決定した。

(2) 理と利の調和した分散型廃棄物処理システム

レインボープランとは市民と農家を生ごみのコンポスト化によりつなぎ、市民と農家と行政が関わり合い、共同で農業を基盤としたまちづくりをめざすシステムである。図6にレインボープランの運用システムを示す。



図-6 レインボープランの運用システム

農家は有機堆肥を使用し、レインボープラン認証制度に基づいた農産物を生産することで各自の農産物をブランド化する。

レイボープランは生産した作物を大量消費地へ送り出す経済追求型農業から、域内循環型農業への転換を試みるシステムである。理念がシステムを作り、利益がシステムの循環を促進することで「理と利の調和」が図られたシステムであるといえる。廃棄物処理に加えて町おこしや、地産地消など多くの副次的効果がみこめる先進国型の優れた分散型廃棄物処理の事例であると考えた。

図-7 各アクターにおける理と利の調和の循環

労働環境が挙げられる。

そこで、本県ではごみ銀行プログラム、及び処分場でのし尿の堆肥化が実施されている。ごみ銀行プログラムでは、資源ごみと金銭または卵との交換プログラム、卵を対価として用いるのは犯罪利用を防ぐためである。101の家庭118名によって実施されている。

また、Udon thani県自治体では、金の4箇所に共有のごみ中継基地建設計画があり、ここではごみの一時貯留、分別を行い、処分場へ輸送される。Udon thani県はGMSの東西経済回廊に位置し、環境問題も顕在化しつつある背景を加味し、自治体や中央政府の支援・介入が行われている特徴がある。

6. 分散型廃棄物処理のタイにおける適応性

(1) 中進国型から先進国型分散型廃棄物処理への移行

図9に昨年度「東京とバンコクにおける分散型廃棄物処理の比較と提案 ～学生プロジェクトの活動を踏まえて～」で報告した5事例とUdon thani県を合わせて、分散型廃棄物処理モデルの分類を示す。途上国～中進国型の分散型廃棄物処理では、資源回収の対価に卵や野菜（ブラジル・クリチバ市の例）が用いられ、それは住民の生活の糧となる。一方、先進国型の例として、山形県長井市のレインボープランを挙げると、生ごみ分別回収の対価は、住民にとっては有機野菜の地産地消による食の安全の確保であり、農家にとってはレインボープランで認証された野菜に対する付加価値として還元される。つまり住民の生活の質の向上に繋がるものである。生活の糧になる卵や野菜の交換は、直接的な効果であり、住民の理解は得やすい。しかし、今回先進国型の分散型廃棄物処理として位置付けた、生活の質に寄与する対価や、副次的効果（レインボープランの例では町おこしや、域内循環農業への転換）を見込める形態への移行には、官民協働と、各アクターの理と利の調和をはかるシステム的な循環の構築が必要であると考えます。

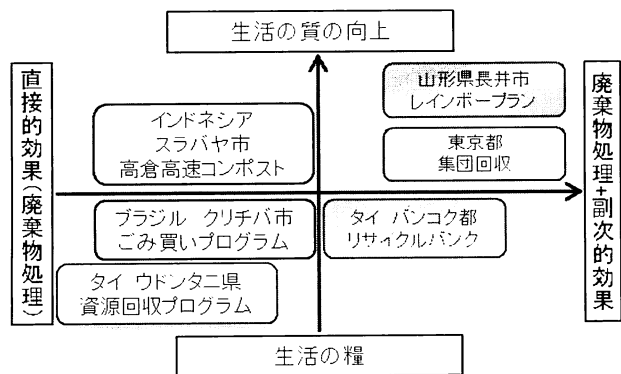


図-9 分散型廃棄物処理モデルの分類

(2) タイにおける分散型廃棄物処理普及のシナリオ

図10に日本とタイの分散型廃棄物処理普及のシナリオを示す。分散型廃棄物処理の構築には以下の三点が重要であると考えた。

- ①DPSIRに代表される現象的な視点、つまり何がその地域における環境的、経済的、政治的要因かの分析
- ②理と利の調和に代表されるシステムの視点、つまり現象的な視点を踏まえて、如何に効果と役割を官民の各セクターに振り分ける（責任分担と推進の担い手の決定）かを決定すること
- ③最後にその国や地域における精神的・文化的背景に即したシナリオの始点を見極めること、つまり図10に示すように、日本ならばもったいない精神、タイでは足るを知る経済（もとは仏教思想であるが、タイの現プミポン国王が提唱し、アジア通貨危機の際に再度注目された哲学的思想であり、多くのタイ人の善き生き方の指針として認知されている）がシナリオメイキングの発露となると考えた。

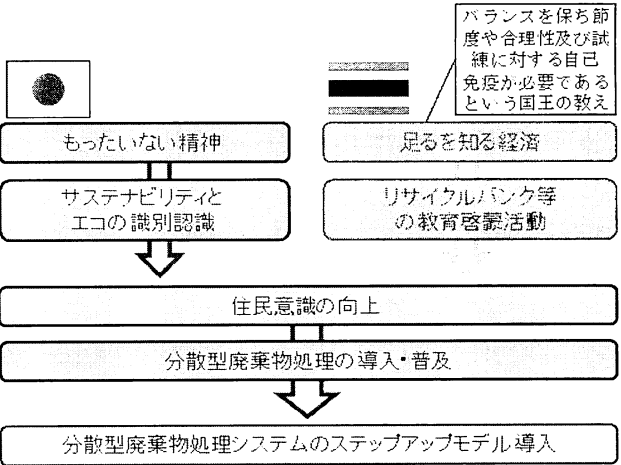


図-10 日本とタイの分散型廃棄物処理普及のシナリオ

6. まとめと今後の展望

本活動内容と分散型廃棄物処理のケーススタディをまとめた「サステナビリティレポートVer.2」²⁾を作成した。本プロジェクトの特徴の要ともいえる活動の連続性からなるOB・OG連携と、成果の集約性を本レポートでもって具現化し、本学ホームページを通じて発信する。

謝辞：活動を進めるにあたり、ご指導頂いた芝浦工業大学教授松下潤教授、AITのDr.Viras Nitivattananon、他皆様のご協力に格別の御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 土木学会HP 第14回途上国の環境問題を見て考える 全国学生ツアー
- 2) 芝浦工業大学 HP http://www.shibaurait.ac.jp/campuslife/activity/project/documents/2012_03_12_asian.pdf