

26. 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～

山下 尚人^{1*}・相原 崇²・関本 稀美³・松下 潤²

¹芝浦工業大学 システム理工学専攻 (〒337-8570埼玉県さいたま市見沼区深作307)

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)

芝浦工業大学 工学部土木工学科 (〒337-8570埼玉県さいたま市見沼区深作307)

²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)

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

本活動は、芝浦工業大学で実施されている「学生プロジェクト」により支援されたアジア学生とのサステナブル都市協働提案5の成果を報告したものである。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、かつて日本が経験したような公害問題を引き起こしかねない現状である。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、活動を開始した。2011年度及び2012年度の2年間の活動では、廃棄物インフラをテーマとし、タイ・バンコクに位置するアジア工科大学院大学（以下AIT）の学生の協力の基、AIT及びバンコクにてワークショップと施設見学を行った。そこで分散型廃棄物処理が現在バンコクにおいて必要な処理形態であると考え、AITに対して提案を行った。

Key Words : Solid waste managements, Recycling society, On-sight Solid wast 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、自由部門の3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。プロジェクトメンバーは学部学科横断で構成される。

芝浦工業大学の「社会に学び社会に貢献する技術者の育成」という建学の精神の基、実社会に目を当てた問題発掘能力、問題解決能力、企画運営能力、プロジェクトマネジメントスキル等の向上を目的とした制度である。

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5」というプロジェクトを通じて得た成果を本論文では報告する。

(2) 本プロジェクトのねらい

現在、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、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院大学（以下AIT）の学生と協働で、日本の東京とタイのバンコクの二都市の都市基盤整備について、ワークショップ形式で意見交換することによって、サステナブルな都市形成を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つのテーマを各2年間協働調査を行うこととなっており、本論文では、2010年から2011年に行われた、廃棄物系インフラにおける活動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、23年度の実施を持って13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⁾。

では、本プロジェクトとの比較を行う。第一に、企画及び運営体制に違いがあるといえる。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、本プロジェクトでは本学及びAITの学生が、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。加えて、2011年3月11日に発生した東日本大震災においては、本学のメンバーが現地に赴き災害廃棄物の調査も行い、このような国内調査を踏まえて、情報交換を行っている。そして、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、バンコクの都市開発に対するシステム提案を行っている。また、本プロジェクトを通じた協力頂いた公官庁、及び民間企業に就職し、実際に都市開発に関与している人材も輩出している。

主に上記二点に関して、本プロジェクトの特異性が挙げられ、学生主体・学生視点でこれまで継続されてきた活動であるといえる。

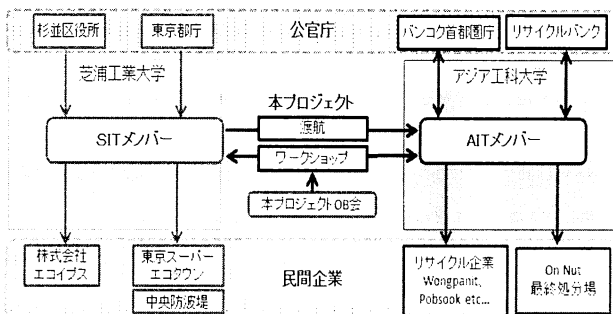


図-1 組織関係図

2. 学生プロジェクトの活動変遷と到達点

廃棄物系インフラに関する交流会の変遷を以下に示す。プロジェクト全体の変遷に関しては、付録に別記する。

2010 年に行った第一回交流会では、東京とバンコク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。

そして 2011 年に行われた第二回の交流会では、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、バンコクに展開・普及することを考えた。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。

以上のような情報交換より、バンコク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。

3. 東京とバンコク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

左図に1956年から2006年までの東京都23区の廃棄物排出量の変遷を、右図に1985年から2007年までのバンコクの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できるためである。

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、1st:焼却推進期、2nd:経済停滞に伴う排出量抑制期、3rd経済成長に伴う排出量急増期本格期、4th資源循環政策普及期とした。一方、バンコクにおい

ては、1997年にアジア通貨危機を経験しており、パーツの市場価値下落により、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。以上のように考察すると、両都市の廃棄物排出量の変遷、及び経緯は類似しているといえる。

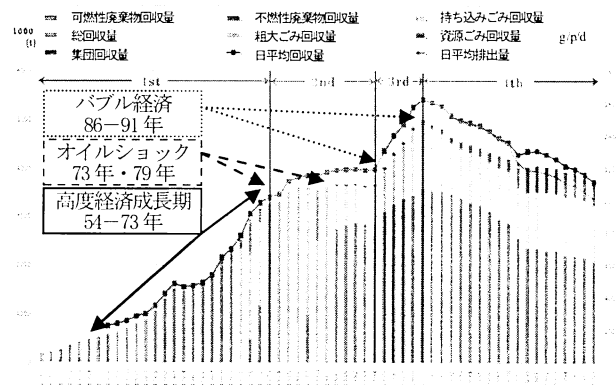


図-2 東京都23区の廃棄物排出量の変遷(1956-2006年)

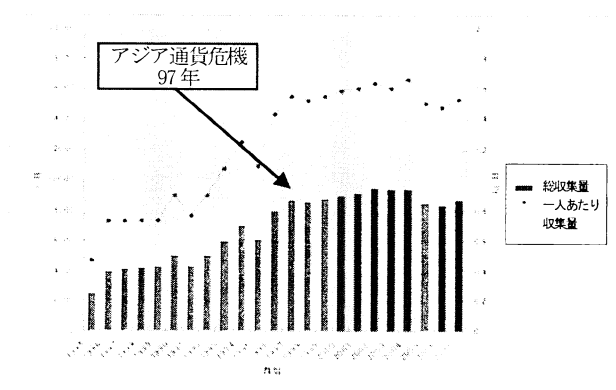


図-3 バンコクの廃棄物排出量の変遷(1985-2007年)

(2) 二都市間の廃棄物処理フローの比較

東京（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いないことが、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のち、基本的には中間処理を経ずに最終処分場に廃棄され

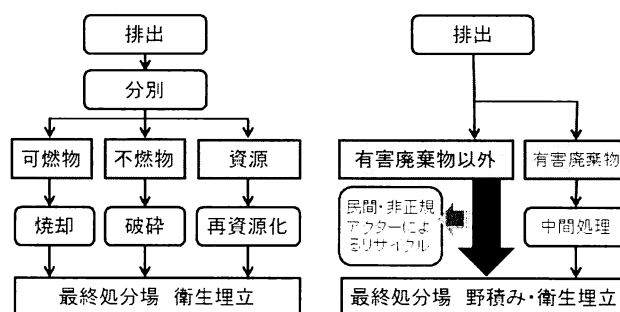


図-4 東京都とバンコクの廃棄物処理フローの比較

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、未だ普及していない現状である。

(3) バンコクにおける廃棄物問題の問題構造

バンコクでは急激な経済成長によりごみの排出量が増加している。しかし、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を造ることができない。そのため、ゴミの減量化ができず、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。

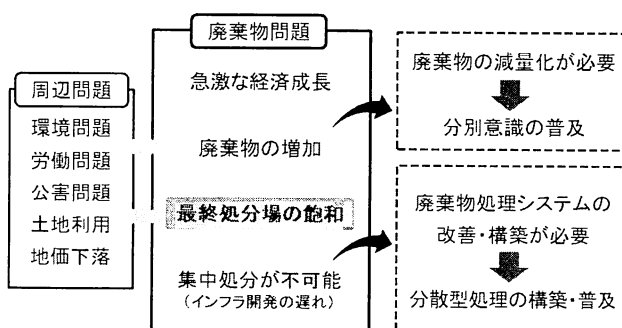


図-5 バンコクにおける廃棄物問題の問題構造と付随する問題

4. 分散型廃棄物処理のケーススタディー

(1) ブラジル クリチバ市 人間を中心とした廃棄物政策ごみ買いプログラム

a) 世界の環境首都クリチバ

クリチバ市は、ブラジル南部にあるパラナ州の州都である。現在、人口は約170万人で市民の大部分が移民で、他国に文化的なルーツを有している。クリチバ市は1996年にマスタープランを策定して以来、ジャイメ・レルネル市長を中心に多くの問題に取り組み創造的なアイデアで克服していった。

b) ごみ買いプログラム

クリチバでは90年代、スラム街の貧困・衛生・交通問題があった。ファベラ（スラム街）の妊婦が陣痛になり、タクシーを呼んだが治安上の理由から拒否され、母子ともに死亡する事件が起こった。この問題を背景にクリチバ市では、スラム街の住民に対して「ごみ買いプログラム」という取組みを開始した。当初、行政はファベラに住む人々に対して、廃棄物をトラックの入れる回収所まで持参すれば、バスチケットと交換するシステムを実施した。すると廃棄物に価値があると理解した住民は廃棄物を集めはじめ、路上に散乱していた廃棄物は急激に減少した。しかし、バスチケットは容易に換金できるため酒類や麻薬の購入に使われ、犯罪が増加した。一方で、クリチバ市周辺では当時豊作不況が原因で困窮する農家が多く、それが犯罪の増加要因であった。それらの問題を解決するために、市が農地の余剰生産物を買取りファベラの住民のごみと交換するというシステムに変更した。

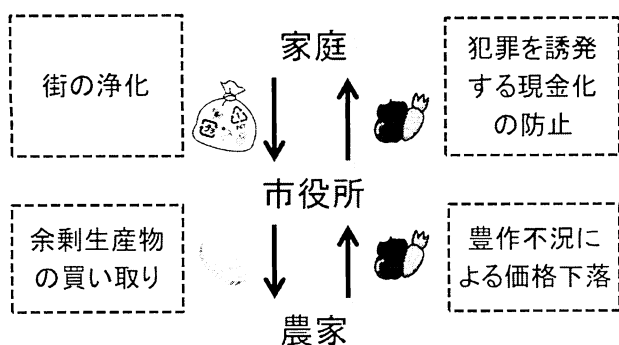


図-6 ごみ買いプログラムのシステム

(2) インドネシア スラバヤ市 北九州市との連携と高速コンポスト

a) 深刻な廃棄物問題を抱える街スラバヤ

スラバヤ市は人口約300万人のインドネシア第2の都市である。経済成長に伴い廃棄物排出量が急増し、2005年、市内唯一の廃棄物処分場がひっ迫した。それによって市

のごみ回収が滞ると、街はごみがあふれ市民の生活環境が悪化した。

b) 北九州市の協力による堆肥化技術の改善

処分場の延命を目指し、現地NGOのPUSDAKOTAは廃棄物の2分の1を占める生ごみの減量化を目指して、生ごみを回収しコンポスト化を開始した。しかし、堆肥化に3カ月間という長い期間がかかり、市民に定着しなかった。

そこでPUSDAKOTAはKITA（北九州国際技術協会）と協力し、事業の改善を行った。まず、生ごみの腐敗を防ぐため、TAKAKURA HOME METHOD (THM) を利用した家庭用堆肥化容器を市民に7000個を無料配布した。また、THMの設置不可能な家庭のために生ごみの回収は継続した。腐敗が始まっている生ごみを堆肥化に適した形にするため、TAKAKURA SUSUN METHOD (TSM) とNEW WINDROW方式により害虫と細菌の死滅・不活性化し堆肥化した。

これらによって、堆肥化期間は3カ月から2週間に短縮され、市民の生活環境は改善した。よって、廃棄物排出量は2004年の1500[t]から、2009年の1000[t]に減少した。

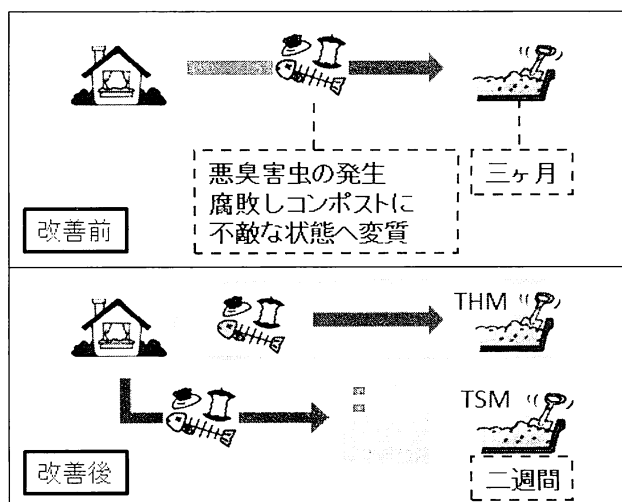


図-7 スラバヤ市とKITAの協力による高速コンポストの利用とシステム改善

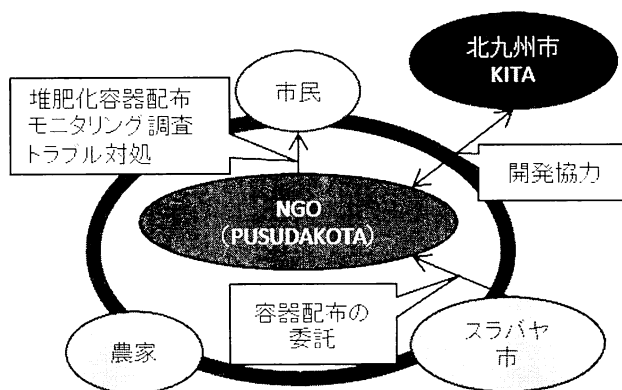


図-8 スラバヤ市の高速コンポスト利用システムのアクター

(3) タイ バンコク 学校を拠点とした資源回収である リサイクルバンク

リサイクルバンクは、バンコクで最も普及した分散型廃棄物処理である。タイでは分別意識の普及が困難であることを背景に、リサイクルバンクでは小中学校を中心に生徒に対して環境教育や3Rに関する教育を行っている。生徒は家庭から排出されるごみを分別し、品目ごとに資源を学校に持ち寄る。資源を学校で取りまとめ、決められた曜日毎にリサイクル業者に売り渡す。資源品目ごとに定められた換金レートに基づいて学校は売却益を得て、売却益は学校で管理され、学校施設や生徒の教材に充てられる。

これが生徒のモチベーション向上につながるという循環型のリサイクルシステムとなっている。また、学校で学んだことを生徒が各家庭で実践することにより分別意識が家庭へ広まり、更に地域へ普及していくことがリサイクルバンクの特徴である。

二年間の活動で、毎年リサイクルバンクのパイロットプラン的位置づけであるワットカインスクール（Wat Khian School）を見学したが、生徒が自治的に3R活動に取り組み姿が印象的であった。ペットボトルや包装紙を用いて、写真のような玩具や装飾品を作ったり、ドレスを制作したりして、町で環境に関するパレードを行うなっていた。また、取り組みは生徒の中で役割分担がされており、毎年PDCAサイクルに則って運営管理されている。

分別意識は成人以上の市民にとって、なじみのないものである。今後焼却及び破碎処理が実施されることが将来的に予想できるが、その際にも分別は大きな問題となる。リサイクルバンクは、先進的な分別及び資源回収と、環境教育及び意識啓蒙が実施されている先進的な好事例であるといえる。

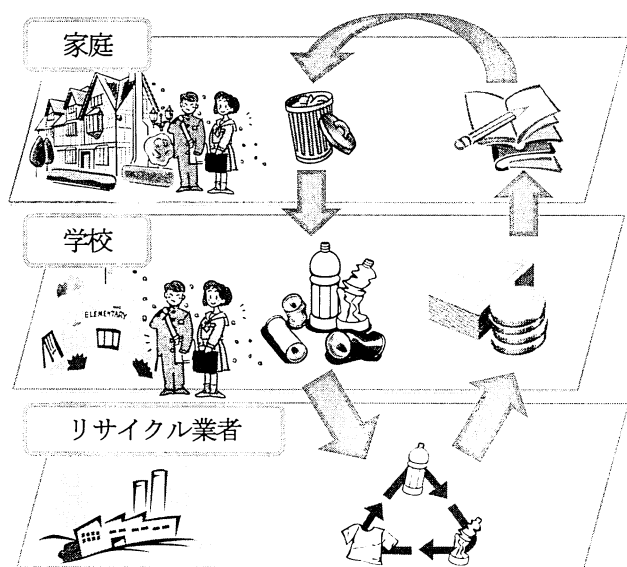


図-9 リサイクルバンクのシステム

(4) 山形県長井市 農業を基盤とした町おこし

a) 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。

b) 理と利の調和した分散型廃棄物処理

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。

市民は消費した生ゴミを家庭の水切りバケツに保管し、週に2度指定された約230ヶ所の収集所に生ゴミを持参する。それを行政が委託した回収業者が回収し、コンポストセンターに輸送し、約80日間かけてコンポスト化する。醸成した堆肥を農家に2,625[円/t]で販売する。

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自分の農産物をブランド化する。レイン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。この点が他の事例と異なる点であると考え、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優れた分散型廃棄物処理の事例であると考えられる。

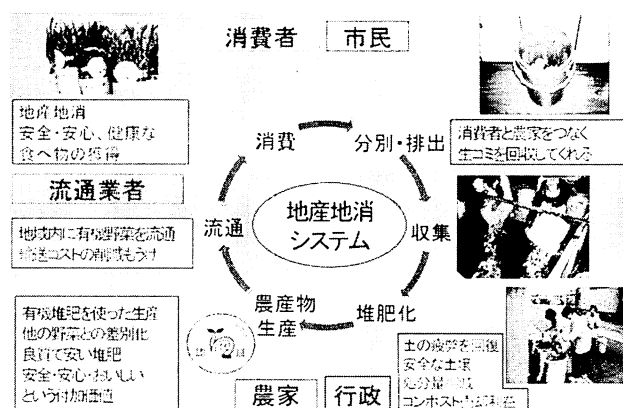


図-10 レインボープランの理と利の調和

5. 分散型廃棄物処理のバンコクに対する適応

(1) 分散型廃棄物処理ケーススタディの分析

ケーススタディで扱った5つの分散型廃棄物モデルを図で示すように住民の生活の質向上に貢献するモデル、生活の糧となるモデル、廃棄物処理のみに効果を発揮するモデル、廃棄物処理と共に“町おこし”などの副次的効果が期待できるモデルと軸をとり分類した。ブラジル・クリチバ市における、野菜と資源ごみを交換するごみ買いプログラムは、ファベラ（スラム街）の住民を対象とし、このプログラムの成功で、街角に溢れていたごみは消え、ごみと交換した野菜は住民の生活の糧となった。一方、山形県のレインボープランでは、コンポストイングによる有機野菜生産・ブランディング化・地産地消により町おこしを成功させ、住民の生活の質の向上と共に、農家及び自治体に利益をもたらしました。このように、廃棄物処理と副次的な効果を組み合わせることは、廃棄物の定義である“価値の無いもの”に、付加価値を付けることに繋がる。

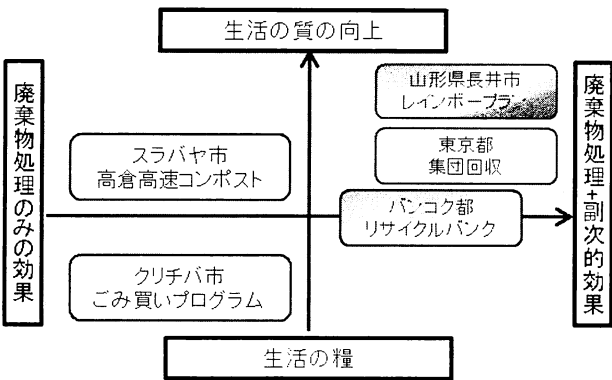


図-11 分散型廃棄物処理ケーススタディの分類

(2) 分散型廃棄物処理普及のシナリオ

これまでの取り組みから、以下の図に示すシナリオのように両国が分散型廃棄物処理の導入をすることが、サステナビリティの向上に貢献すると考えた。

分散型廃棄物処理においては、排出時分別が必要なことから住民意識の向上が重要である。もったいない精神と足るを知る経済に関する教養を3Rに関しても適用し、一人ひとりがサステナビリティについて考え続け“理”を得て、分散型ステップアップシステムの構築により、住民一人ひとりが廃棄物処理の負担と副次的効果による“利”を得られる理と利の調和を図ることが重要だと考えた。足るを知る経済とは、現タイ国王が提唱した、バランスを保ち節度や合理性及び試練に対する自己免疫が必要であるという教養である。

今後具体的なシステム作りについてはAITとの議論、及びフィールドワークを基に考究していく。

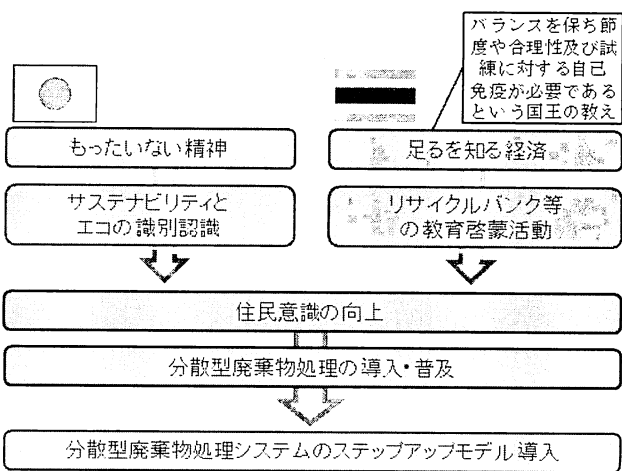


図-12 日本とタイの分散型廃棄物処理普及のシナリオ

6. まとめと今後の展望

AITとの協働のもと進めてきた分散型廃棄物処理に対する調査を紹介した。今後はリサイクルバンクの普及促進を進め、都市としてのサステナビリティ向上のために分散型廃棄物処理の展開を両都市をモデルに考えていきたい。また、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」²⁾を作成した。今後英語版レポートを作成し、インターネットを通じて世界中の学生が閲覧可能とし、将来的な都市開発に対する情報共有と、意識向上を目指していきたい。そして、サステナブルな都市形成の一助となることを目標として、今後も活動を継続していく。

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博士に心より深く御礼申し上げます。これまでご支援頂いた芝浦工業大学学生プロジェクト委員会、企画課、国際交流課の皆様のご協力に御礼申し上げます。また、東京の廃棄物インフラに関する情報を提供して頂いた、東京都庁、東京都杉並区役所、東京環境公社、株式会社エコイップス、東京スーパーエコタウン、株式会社リサイクルピア、株式会社リーテムの皆様のご協力に厚く御礼申し上げます。また、東日本大震災における災害廃棄物に関する情報提供を頂いた石巻ボランティアセンターの皆様のご協力に、厚く御礼申し上げます。最後にバンコクにおける廃棄物問題に関して情報提供を頂いた、AITのDr.Viras Nitivattananon, Wat khin school, Chulalongkon University Prof.Pongsak 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
- 2) 芝浦工業大学 HP
http://www.shibaura-it.ac.jp/campuslife/activity/project/documents/2012_03_12_asian.pdf