

1-2 今年度の成果概要

廃棄物マネジメント研究センター 藤原健史

1. プロジェクトの概要

学官パートナーシッププロジェクトは、海外連携大学及び自治体と協力して、行政ニーズを反映した研究を行い、また、学生が研究に加わることで学生の海外経験やコミュニケーション能力を養い、国際人材を育てるという目的を持つ。プロジェクト推進分担者を、研究のタイプから大学における実験研究センターの技術開発グループ、海外フィールドを研究対象とする国際実践グループに分けて、それぞれが実用化を目指した研究に取り組んでいる。技術開発グループは短期応用を目指した研究を行い、学生を伴っての海外派遣、視察、研究打ち合わせも行うこととしている。国際実践グループは現地でのニーズを探し、技術開発グループへつなぐことも考慮する。そのため、両グループが互いに情報を共有し合えるように、プロジェクト推進分担者は、毎月開催される学官プロジェクト委員会において、進捗状況を報告したり、現地の様子や活動を報告したりしている。また、活動成果は年度中間の報告会にて発表し、メンバー全体がプロジェクトの進捗状況を把握できるようにしている。

現在進んでいる研究の柱は、①バイオチャーの利用（アズハ、前田）、②有機物の抽出技術（木村、永禮）、③食品廃棄物のコンポスト化（木村、Marutani）、④最終処分場の水管理（竹下、小松）、⑤廃棄物の組成調査・将来予測（藤原、松井）、⑥循環型社会の評価技術システム開発（阿部、氏原）である。

現在、途上国に日本のごみ焼却炉のような高い初期コスト・維持コストのかかる施設を導入することは、よほどの大都市を除いて困難である。それならば、多面的な利点ができ、コストも抑えられる炭化処理を導入してはどうかと考えている。この多面的な利点とは、廃棄物処理の観点からは有機ごみの減量化、エネルギーの観点からは将来のための燃料貯蔵、温暖化防止の観点からは酸化反応を炭化で止めることによる二酸化炭素排出量の低減、さらに、製造したバイオチャーの吸着剤や土壌改良剤として利用のことである。種々の可能性の中で、まずは土壌改良剤の効果を確かめるために、アジアの有機廃棄物のサンプルからバイオチャーを製造し、実際に土と混ぜ合わせて植物の生育がどの程度改善されるかを検討している。有機物の抽出技術は、貴重な成分を抽出するには向いているが、コストの問題をどのように改善してゆくかがカギとなる。最終処分場は寿命の長い施設であるため、環境汚染リスクの低い場所に建設され、リスク低減のための施工が施されることが重要である。特に浸出水は地下水を汚染するため、安全な施設設計と管理が必要であり、最新の地下水計測技術の適用可能性が興味深いテーマとなっている。

次に廃棄物を排出する側に目を転じると、アジア・太平洋諸国において、排出される廃

棄物の量や組成のデータが乏しいことに驚かされる。日本は焼却を処理の基本と考えているため、燃えやすいか、燃えにくいかがごみ処理の重要なファクターとなり、そのためにごみ組成を定期的に分析する必要があるが生じる。しかし、埋立処分が基本であるアジア・太平洋諸国では、ごみを分析する必要があるが生じない。そのため、ごみに関する情報が不足している。本プロジェクトは、その廃棄物の基本的情報を得るための手段として、ごみを直接分類して量を計ったり、アンケート調査から推計したりする方法を試みている。また、経済データも利用することで、将来の排出量の推計を行い、3Rをベースとする廃棄物マネジメントの方向性を定めようと検討を進めている。さらに、資源循環という観点に立って、地域ごと及び地域間の物質の移動も評価するレベルになると新たな指標の投入が必要となる。そのよく使われている指標の1つがエコロジカルフットプリントであり、これは人間活動が関係する生産要素や環境要素をすべて土地という1つの共通指標で表す方法である。

以上述べたように、プロジェクトの研究領域は少しずつ重なりながら広い領域をカバーしている。以下に技術開発グループと国際実践グループの具体的な取り組み内容について述べる。

2. 技術開発グループ

技術開発グループは、アジア・太平洋諸国における廃棄物マネジメントへの適用を意識した応用研究を行っている。本プロジェクトも2年目に入り、現地での利用を模索するために、現地の有機廃棄物に含まれる素材を試料として実験を行った。亜臨界水を利用した成分抽出技術では中国産山核桃（クルミ）の殻を対象として成分抽出を行った。バイオチャーは製造技術と利用技術の連携で研究が進んでおり、来年度はベトナムでの実地実験を計画している。食品廃棄物のコンポスト化（グアム）は、グアム市長やグアム大学教員・職員が日本のコンポスト技術を視察し、それをもとにして廃油の収集とリサイクルを始めた。また、岡山大学教員がグアム大学に長期滞在して、コンポスト製造実験を行っており、本格的な共同研究へと進展している。また抽出技術の1として、畜産系排水から有用な成分を抽出する実験が試みられた。

アジア・太平洋諸国では埋立処分が一般的な方法であり、埋立技術は単純なオープンダンプ（野積み）から浸出水をパイプで取り出す衛生理立方式へと代わり、埋立地内のガスの自然循環を生かした准好気性埋立（福岡方式）なども取り入れられるようになった。アジアでも雨の多い熱帯雨林地方では、雨水の地下浸透により浸出水の量が多く、埋立処分場は地下水流の少ない場所を選ぶべきである。そのような観点から、地下水監視の技術開発を行っている。それぞれの研究内容の概要は以下のとおりである。

1) 廃棄物からの成分抽出技術

「バイオマス成分分離技術としての亜臨界水の利用」の研究

木村幸敬は、利用されずにかなりの量が廃棄されている木質バイオマスの処理および有効利用を目的として、水のみを用いた環境低負荷な処理システムの構築を検討した。高温高圧の水である亜臨界水は、高い圧力をかけることで100℃以上の温度でも液体状態に保たれた水であり、優れた抽出能と分解能を有する。この亜臨界水を用いて、中国産山核桃（クルミ科ペカン属）の殻の処理を行った。昨年度の検討よりも高温の処理で、還元糖とラジカル捕捉成分の抽出を試みた。また、通常は処理後に廃棄される処理残渣についても、木質バイオマス全ての有効利用のため、デンプン発泡体の強度増強剤としての利用の可能性を検討した。還元糖およびラジカル捕捉成分については、200℃および220℃で最も高い収量が得られた。亜臨界水処理残渣は、デンプン発泡体に混ぜることでその発泡体の強度を高め、20%(w/w)の添加で1.7倍の曲げ弾性率を示した。これらの結果により、水だけで処理することで、木質バイオマスの抽出液とその残渣の完全利用の可能性が示された。

2) バイオチャー（炭化物）の製造

「農業・林業系廃棄物の有効利用技術の開発：ヤシ殻繊維およびもみ殻からのバイオチャーの調製」の研究

アズハウディンは、農業および林業系廃棄物の有効利用技術の1つとしてバイオチャー調製法を開発することを目的とし、平成23年度は特に土壌改良剤として適した性質を持つ高品質バイオチャーの調製方法を試みた。異なる炭化温度、昇温速度でヤシガラ繊維およびもみ殻を原料としたバイオチャーを調製し、その諸特性を評価したところ、原料からのチャー収率は、炭化温度、昇温速度に依存しており、高温、高速において調整したものほど低くなることが分かった。ヤシ殻繊維ともみ殻で作ったバイオチャーではもみ殻の方が比表面積が大きいですが、ヤシ殻繊維の方が高い保水性を示しアルカリ成分の溶出も多いことから土壌改良材としてとらの効果が期待された。ヤシ殻繊維バイオチャーは炭化温度が高いほど経時的に見たCO2排出量が少なく、安定していることが分かった。

3) バイオチャーの土壌利用

「ヤシガラおよびモミガラを原材料とした土壌還元のためのバイオ炭の特性」の研究

前田守弘らは、アジア太平洋諸国で農業系廃棄物を原材料としたバイオ炭の農業利用効果を検証した。具体的には、現地で廃棄物とされる作物残渣等を炭化したものを土壌に施用し、土壌や作物生育の改善効果を調査した。バイオ炭を土壌施用することで、①土壌炭素含有量の増加、②土壌物理性の向上（水分保持、排水性）、③栄養塩の吸着保持による溶脱減少、④土壌肥沃土の向上、⑤温室効果ガス発生抑制などの利点が挙げられるが、平成23年度は、現地で原材料として利用可能な農業系廃棄物としてヤシガラとモミガラを異なる温度条件で炭化処理し、その特性を調査した。その結果、原材料や焼成温度の違いはバイオ炭の特性に影響し、モミガラ炭はケイ酸含有量に富んでいた。また、アンモニア態窒素やリン酸態リンは低pHで溶出する傾向にあった。しかしながら、肥料効果を期待するほ

ど含有量は高くないことが分かった。今後は、バイオ炭の分解が非常に遅いことを利用して、持続的な土壌物理性改善効果を検証し、また、作物栽培試験を実施し、バイオ炭が作物生長、環境負荷改善に及ぼす影響を明らかにしてゆく。具体的には来年度に、岡山およびベトナム国フエ市においてバイオ炭を施用した作物栽培試験を実施し、バイオ炭が作物生長、栄養塩溶脱、亜酸化窒素発生に及ぼす影響を明らかにする。

4) 畜産系排水のリサイクル

「畜産廃棄物：パーラー排水の資源回収型処理技術」の研究

永禮英明は、畜産過程で排出される出荷不可能な牛乳（廃棄乳）の処理プロセスについて検討した。新たに検討したプロセスは、排水を資源としてとらえ、処理過程で牛乳中の成分を回収し資源化することで経済的価値を生みながら、排水処理を持続的に実施できることを目指している。平成23年度はその基本技術の確立を行い、タンパク質（カゼイン）の75%を沈殿物として回収し、糖質（ラクトース）の97%を分解する一方、そのうちの26%を乳酸に変換できた。

5) 最終処分場の地下水監視

「最終処分場の性能評価に関する誘電法を用いた計測技術の高度化」の研究

アジア・太平洋の熱帯雨林地域は降雨が多く、降雨浸透に伴う浸出水量を低減できれば埋立終了後の管理費削減につながるため、廃棄物最終処分場建設時の性能評価で地下水の浸透挙動を把握することは重要である。竹下祐二・小松 満は、地盤中の水分量を計測する誘電法に注目し、処分場周辺の地下水や処分場内の降雨浸透、浸出水の移動現象を計測する手法についての適用性を検討した。期待される効果としては、アジア地域特有の適用技術として、実測データに基づいた評価手法を確立することが可能となることである。誘電率計測法を用いた地盤の有効間隙率の測定方法および誘電率計測法を用いたトレーサー試験による地盤の分散係数（分散長）の測定方法が提案されその有用性が確認された。

3. 国際実践グループ

海外において、廃棄物マネジメント戦略に役立つ研究を、現地の連携大学の教員と協力して実施する。今年度は、バンドン市とグアムとの間で訪問と招聘についてのパートナーシップ交流が実施された。バンドン市では、バンドン工科大学における3Rセミナーおよび専門家会議の開催、そしてバンドン市職員とバンドン工科大学教員の岡山大学招聘である。また、グアムについては、グアムのデデド市市長とグアム大学職員・教員の招聘である。いずれも、岡山大学と岡山市が協力して対応することによって学官パートナーシップが形成された。今後、良好な協力関係を保ちつつ、実践的研究活動を進めてゆく予定である。今年度は、岡山大学の研究者がグアム大学で研究者と協力して食品廃棄物のコンポスト

ト実験を行うことにより、研究が着実に進んだ。また並行して、これまでグアムで行ってきた家庭ごみのアンケート調査結果がまとめられ、経済データと統合利用することで、人口と観光業の伸びに対する廃棄物発生量の将来推計を行った。ベトナムにおいては、フエ大学との連携により、家庭ごみ及び事業系ごみの大規模な組成分析調査が行われた。これまでに本プロジェクトで行われた規模以上の調査は無いと考えられる。中国については、昨年より進めている循環型社会形成のための評価指標の構築の研究が進み、新たに地域を対象としたデカップリング概念に基づく持続可能性評価が試みられた。それぞれの研究内容の概要は以下のとおりである。

1) 有機食品廃棄物のリサイクル

“ Potential food waste management system for agriculture in Guam” の研究

Mari Marutaniらは、2011-2012の2年間のプロジェクト期間で2つの活動を行った。1つは日本で食品廃棄物管理を視察すること、もう1つはグアムの利用可能な自然資源と食品廃棄物を使ってコンポストを製造する研究である。日本視察は大変成功裡に終わり、グアムに戻ってから、島のコミュニティへの教育活動を行うために視察参加者による廃油収集が行われた。コンポスト研究は、コンポスト製造システムをどのように管理するかof データを集めているところである。最近、black soldier fly (アメリカミズアブ) が食品廃棄物用コンポスト容器に見つかった。これはコンポストシステムの改良という新たな研究に結びつく可能性が示唆された。

2) IOモデルによるグアムの廃棄物発生量の将来推計

「グアムにおける学官パートナーシップ活動について」の研究

藤原健史らは、家庭ごみ排出の実態と市民の3Rに対する意識を把握するために、グアム大学とともに家庭ごみについてアンケート調査を行ない、その結果からグアムの将来における家庭ごみ排出量を推計し、最後に最終処分量削減のための適切な廃棄物マネジメントについて考察した。昨年度は、岡山大学の学生をグアム大学に派遣して現地でのアンケート調査を主導的に実施させ、調査結果から家庭ごみ排出の統計データをまとめた。本研究では、グアムの社会・経済の統計データをもとにIOデータを作成し、人口増加や観光客増加に伴うごみの排出量の増加について推計を行ない、今後の廃棄物マネジメントについて考察した。

3) インドネシアバンドン市への新しい廃棄物マネジメント導入のシナリオ評価

「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」の研究

藤原健史らは、交流面で、日本の3R導入事例やバンドン市の近隣市における3R普及の成功例を集めたセミナーを6月末～7月に開催した。同時に、ごみ焼却に関する専門家会議を開いた。この企画に対し岡山市は職員3名をバンドン市に派遣した。次に、11月～12

月に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、分別収集の現場や施設の視察を行った。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。それを背景にバンドン市の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減量を明らかにするための研究を行った。また、コレクターやスカベンジャーという人々が支えるごみリサイクル社会をシミュレートし、新しい廃棄物マネジメントがその社会に与える影響を分析するためのモデル化に向けて検討した。

4) ベトナムフエ市における家庭および事業所からの廃棄物の組成分析調査

「ベトナムにおける廃棄物マネジメント・3R推進事業のシナリオ評価」の研究

松井康弘らは、ベトナムにおける廃棄物マネジメント・3R推進事業に係る技術・政策の費用・環境負荷を定量的に評価するための基礎情報を収集するとともに、各種技術・政策シナリオの費用対効果等を定量的に評価することを通じ、同国における循環型社会形成に資する情報基盤・評価手法を整備・確立することを目的とした。平成23年度は、事業系一般廃棄物の発生・特性を評価することを目的とし、フエ市にて2011年9月～11月の雨期の期間において、調査対象に対して、廃棄物の発生量調査、組成調査、アンケート調査の3種類の調査を同時に実施した。調査は、29区分・446事業所を対象とした。調査対象から発生する廃棄物は、「General waste」、「Recyclables」、「Food residues」、「Garden waste」の4種類に分けて毎日湿重量を実測し、様々な事業規模変数を分母として発生原単位を計算するとともに、「General waste」について10種類の物理組成、用途形状に基づいて54種類の細組成を明らかにした。また、各種廃棄物の発生原単位と事業規模を表す諸変数との相関を検討した。

5) 循環型社会形成のための評価指標の構築

「循環型社会形成のための新たな評価指標の開発とその適用—エコロジカル・フットプリント指標を用いたデカップリング指標に基づく中国の持続可能性評価—」の研究

阿部宏史、氏原岳人は、循環型社会形成のための評価指標を開発するとともに、アジア・太平洋地域においてその適用を試みることで、具体的な政策提案を行うことを目標としている。平成23年度は、近年着目されているエコロジカル・フットプリント (EF) を用いて、中国全体及び特性の異なる複数の地域を対象にデカップリング概念に基づく持続可能性評価を試みた。分析の結果、1) 1995年から2010年の間、中国のEF指標値は一貫して増加傾向にあり、特に2000年以降の伸びが顕著である。2) 上海市（都市的性格）の一人あたりのEF指標値は河南省（農村的性格）の2.5倍であるが、3) 青海省（中間的性格）や河南省のEF指標値の増加率は高く、それら要因には産業構造の変化のみならず、食生活の変化等も関係している。EF指標値とGDPに基づき、デカップリング評価を行った結果、4) 中国全体においては、“Relative good decoupling”状態にあるものの、EF指標値とGDPの変化率は比例

関係にあり、5) それらの傾向は地域特性によって大きく異なることが明らかとなった。