

地球規模課題対応国際科学技術協力

(環境・エネルギー研究分野「地球規模の環境課題の解決に資する研究」領域)

スリランカ廃棄物処分場における地域特性を活かした汚染防止 と修復技術の構築

(スリランカ)

平成 25 年度実施報告書

代表者: 田中 規夫

埼玉大学レジリエント社会研究センター・教授

<平成 22 年度採択>

1. プロジェクト全体の実施の概要

開発途上国において廃棄物問題は深刻な社会・環境問題となっており、廃棄物処分場およびその周辺域では健康被害の発生や環境劣化が急速に進行している。開発途上国における一般廃棄物の大半は、特定の場所に汚染防止措置を講ずることなく不衛生なオープンダンプ（開放投棄）として処理されている。本プロジェクトで対象とするスリランカ（以下、ス国）においても、商業活動の活発化、生活の多様化等により一般廃棄物の排出量が増加するとともに、廃棄物管理システムの未熟や廃棄物処分場未整備も相まって、廃棄物処分場およびその周辺域を中心における健康被害や環境劣化を招いている。しかし、技術的な問題も含めて、廃棄物処分場の汚染状況は未把握であり、既存処分場の環境改善・汚染修復についても、現地で適用可能な低コスト・低メンテナンス・低環境負荷の技術開発・導入には至っていない。これらを背景に、本プロジェクトではス国において地域特性を活かした廃棄物処分場汚染防止及び修復技術を構築し、適用可能かつ持続可能な廃棄物処分場の計画・管理・汚染防止ガイドを相手国の地方政府・州議会省と環境省と共同で策定することを目的とする。さらに、本国際共同研究を通じた協力相手先機関の研究開発・環境モニタリング能力の強化、若手技術者・研究者の育成も目的の一つである。

本プロジェクト内容は、【社会・経済的分析】【モニタリング】【技術開発】の3つからなる。【社会・経済的分析】には活動1:ス国廃棄物管理政策・実態の把握、地方自治体の廃棄物管理に関する社会的能力評価、活動2:ス国に適した新規廃棄物処分場の適地選定手法の作成が含まれる。【モニタリング】(活動3)には既存廃棄物処分場の長期環境モニタリング(浸出水の水質や埋立ガス)、処分場モニタリング基準やモニタリング実施・管理手法の提案が含まれる。【技術開発】(活動4)には、地域特性・地域材料を活かした廃棄物処分場汚染防止及び修復技術の開発が含まれる。これらの活動成果を統合し、ス国において適用可能かつ持続可能な廃棄物処分場の計画・管理・汚染防止ガイド(2016年版)を作成する(活動5)。

【活動1】に関しては、ス国廃棄物政策をレビューし、中央州・南部州を対象とした地方自治体の排出ゴミ量・ゴミ質調査、地方財政調査、環境ビジネス調査、住民意識調査を実施してス国廃棄物管理事業の実態把握を行った。さらに、環境省中央環境庁及び地方政府・州議会省全国廃棄物管理支援センターと情報交換・予備的協議を行い、ガイドのコンセプト・項目・内容・考慮すべき事項などを協議した。第4年次は、対象地方自治体の廃棄物管理事業に関する社会的能力評価を行うとともに、地方自治体と共同で廃棄物管理事業改善計画を策定する予定となっている。【活動2】に関しては、入手可能な基本的情報(地形地質、土地利用等)の収集・整理を行うとともに、これらを用いた予備的解析を行った。具体には、GIS解析と環境リスク評価を組み合わせ、ス国中央州特定地域を対象として技術的手法に基づいた廃棄物処分場立地に関するハザードマップを作成した。今後は、南部州においても同様なマップを作成するとともに、適地選定のための社会・経済的要因について追加検討する。そして、第4年次9月を目標に、ス国廃棄物処分場選定基準(観点)・手法を明確化し、これらの内容を含めた新規廃棄物処分場の適地選定ガイドを作成する予定である。

【活動3】では、第1-2年次はス国既存廃棄物処分場を対象に、埋設廃棄物および埋立ガスを採取し、ゴミ質及びガス組成の地域的特性を調査した。同時に、湿潤及び乾燥気候帯の既存廃棄物処分場を対象に、地下水・埋立ガス観測井を設置し、第3年次(2013年)5月より初動環境モニタリング(簡易水質・埋立ガス)を開始した。今後、第4年次6月に本格環境モニタリングを開始する予定である。これらのモニタリングを通して得られたデータやノウハウは、処分場汚染レベルや浸出水質の季節変動などを把握するのに利用されると同時に、第5年次にガイドに記載されるス国廃棄物処分場モニタリング計画・手法に活用される。【活動4】として、現在までに「浸出水処理」「遮水ライナー」「キャッピング」に関する地域特性を活かした技術開発を進めている。「浸出水処理」では、ス国で入手が容易なバイオマス資源であるココヤシ繊維パウダーを利用して、汚水処理能力や重金

属吸着能を野外実験及び室内実験で調べ、その有効性を得ている。「遮水ライナー」では、ス国中央州及び南部州で産出する膨潤性粘土の透水性などを評価し、現地クレイライナー材としての高い性能を有していることが得られた。「キャッピング」に関しては、廃棄物層の安定化促進を目的とし、覆土地盤材料のガス交換能などを実験的に調べている。第4年次(2014年)9月を目処にこれらの地域特性・地域材料を活かした開発技術のスペック(暫定版)を提示し、実証のための野外スケール試験の計画・実施に着手する予定である。また、【活動5】に関しては、第4年次にガイド策定委員会を設置し、ガイドの目次・内容の検討を行い、第5年次(2015年)6月を目処に暫定版を作成し、第5年次終了時に最終化する予定である。

一方、第1-3年次のプロジェクト活動を通じたCP機関メンバー・スタッフの能力強化、CP大学機関大学院生をはじめとする若手人材育成、ラボラトリの整備などは予想以上に順調に進んでいる。特に、ラボ整備に関しては、CP機関のペラデニヤ大学構内に、環境分析機器(プロジェクト供与機材)を設置するための新ラボ棟を建設し、今後機材の維持管理を適切かつ計画的に行うための、大学・高等教育省との経費負担についての協議、スタッフ配置計画、ISO認定に向けた作業計画などを進めるなど、ス国初の本格的廃棄物処分場環境モニタリング施設(センター)設立に向けての積極的な取り組みが行われている。

以上の通り、プロジェクト全体としては研究開発やカウンターパートへの技術移転には着実に進捗が見られる。ただし、現地での分析機器導入の遅れ等により、一部の活動は当初予定よりも遅れていたため、今後は日本側・スリランカ側新規メンバー投入、日本側複数メンバーの現地中期・長期滞在による研究推進、日本側・スリランカ側研究メンバーのさらなる連携強化等により、これらの遅れを取り戻す予定である。また、CPメンバー・スタッフの能力強化や若手人材育成も順調であり、持続可能かつ計画性をともなった形での新ラボ棟建設・整備など、その社会的インパクトも期待される。

2. 研究グループ別の実施内容

【活動1】主担当:早稲田大学グループ

研究題目:スリランカ廃棄物管理政策・実態を把握し、地方自治体の廃棄物管理に関する社会的能力を評価する

① 研究のねらい

本グループは埼玉大学と共同で、ス国の廃棄物管理政策の把握、地方自治体における廃棄物管理事業財政調査、排出ごみ量ごみ質調査(WACS)、住民意識調査、廃棄物管理事業改善計画(アクションプラン)を策定などの活動を通して、地方自治体の廃棄物管理能力を把握するとともに、これらの調査結果に基づき、ス国地方自治体の廃棄物管理事業に関する社会的能力評価を行う。本活動成果は、特に、【活動5】持続的かつ適用可能な廃棄物処分場の計画・管理・汚染防止ガイドにおける、廃棄物処分場の計画・管理に関する部分に直接組み込まれる。具体には、新規処分場計画や既存廃棄物の維持管理・閉鎖計画を立案する際に重要となる、処分場搬入ごみ量評価、分別・コンポストによる減量化計画、適正な処分場維持管理のための組織作りや予算規模の決定などに関する手法・提案が、ス国地方自治体での調査事例に基づいた形でガイドに示される。

② 研究実施方法

【活動1】については、下記の5項目の活動が含まれる。1-1から1-5の各項目内の具体的な活動内容の詳細を次頁の表に示した。

1-1 スリランカにおける廃棄物管理事業及び廃棄物政策をレビューし、改善すべき課題を把握する。

1-2 中央州及び南部州の廃棄物管理に関する組織、人員体制、予算規模、技術力に関する調査を実施する。

- 1-3 新規廃棄物処分場候補地選定のためのデータを収集し、社会・経済的条件を見出す。
- 1-4 選定された地方自治体において廃棄物管理事業改善計画(アクションプラン)を策定する。
- 1-5 スリランカ廃棄物関係者を対象としたワークショップを開催し、1-4 に対する意見を聴取し、ガイドの項目に反映させる。

1-1 では、ス国廃棄物政策や環境法・ライセンスの把握、中央州及び南部州の全地方自治体(市・町・村)を対象とした廃棄物管理に関する組織、人員体制、予算規模、技術力などに関する調査(ベースライン調査)、環境ビジネス調査が含まれる。1-2 では、詳細に地方自治体廃棄物管理実態を把握するため、中央州及び南部州の特定の地方自治体において廃棄物管理事業財政調査、排出ごみ量ごみ質調査、住民意識調査を実施する。ここで、排出ごみ量ごみ質調査は、対象とする地方自治体職員、SATREPS メンバー(CP 機関、日本側)などからなるチームを作り、調査を実施する。1-3 は【活動 2】と共同で実施し、廃棄物処分場適地選定の際に考慮すべき社会・経済的条件を整理する。1-4 では、主に1-1と1-2から得られた調査結果を基に、地方自治体における廃棄物管理システムの社会的能力(Social Capacity)の評価を行い、地方自治体の廃棄物管理事業改善計画の立案などを対象となる地方自治体と共同で行う。

③ 当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

全体の活動計画(PO)に対する進捗状況を次頁の表に示した。第1-3年次は、1-1と1-2の活動を中心に実施し、概ね予定通りに進捗している。中央州及び南部州の全地方自治体を対象とした廃棄物管理に関するベースライン調査結果は、Basic Survey Report on Current Solid Waste Management of Local Authorities in Southern Province / Central Provinceとして、現在最終化している。排出ごみ量ごみ質調査(WACS)はこれまで5地方自治体(キャンディー市、ガンボラ町、ウダパラータ村、ゴール市、ハンバントタ市)で実施し、成果をレポートとしてまとめている。第4年次に1-3と1-4の活動を予定している。また、1-5に関連して、多くのワークショップを開催している。例えば、ス国廃棄物関係者(中央政府、中央州、南部州)を対象としたワークショップ、中央州3地方自治体(キャンディー市、ガンボラ町、ウダパラータ村)での地方自治体行政官、住民代表が参加したコミュニティーワークショップ。

④ カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

各自治体の廃棄物管理システムの社会的能力を適切に評価するために必要な調査項目を記載した、調査シートを日本側で作成し、相手国メンバーと共有した(ベースライン調査)。また、排出ごみ量ごみ質調査の調査マニュアル及びシート(Protocol for Waste Amount and Composition Survey)、住民意識調査質問票を作成した。

⑤ 当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況

地方自治体の廃棄物管理事業に関する財政調査・環境ビジネス調査は、当初現地 RA 大学院生(中央州1名、南部州1名)の活動として実施していた。しかし、財政に関する正しいデータ・情報の入手・整理に当初考えていた以上の時間を要した。このため、現地 RA 大学院生及び CP メンバーをサポートする形で、データ収集の一部を外委託で実施した。さらに、活動1の現地での活動を強化するために、2013年4月よりペラデニヤ大学で社会学を専門とする Dr. Mallika Pinnawala (Department of Sociology) を新メンバーとして加入させた。

【活動 2】 主担当：産業技術総合研究所グループ

研究題目：新規廃棄物処分場の適地選定手法が定められる

① 研究のねらい

本グループは埼玉大学と共同で、【活動 5】持続的かつ適用可能な廃棄物処分場の計画・管理・汚染防止ガイドにおける、廃棄物処分場の計画の部分に組み込まれる。各種情報を統合的・客観的に解析・評価可能な GIS ツールを用い、新規廃棄物処分場適地選定の手法を提案・確立し、マニュアルの作成や技術研修などを介して、現地研究者側も活用できるようにする。

② 研究実施方法

【活動 2】については、下記の 4 項目の活動が含まれる。2-1 から 2-4 の各項目内の具体的な活動内容の詳細を下表に示した。

2-1 新規廃棄物処分場候補地選定のためのデータを収集し、技術的条件を見出す。

2-2 2-1 のデータを利用して、技術的手法に基づいて適地選定のためのハザードマップを作成する。

2-3 2-2 をもとに、新規処分場の適地選定ガイドを作成する。

2-4 調査・研究結果を共有するためのセミナーを開催し、ニュースレター、紙面、Web、学会での発表を通じて広報活動を行い、研究者だけでなく、廃棄物管理にかかわる関係者に対して 2-1 から 2-3 から得られた調査・研究結果を広める。

2-1 では、主に、ス国中央州及び南部州を対象として、GIS 解析に利用可能な情報(地形水文、土地利用、主要道路など)の収集・整理を行う。2-2 では、GIS 解析と環境影響評価を組み合わせ、適地選定の判断材料となるハザードマップを作成する。この時、【活動 1】1-3 より得られる社会的リスク因子も環境影響評価項目に加えられる。2-3 では、2-2 の成果に基づき、ス国における合理的・統合的な新規廃棄物処分場適地選定の手法を提案・確立する。

③ 当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

全体の活動計画(PO)に対する進捗状況を下表に示した。第 1-3 年次は、2-1、2-2 に関して、中央州及び南部州を対象として GIS 解析に必要な基本的情報を入手した。そして、中央州のキャンディー地区(多雨山岳地帯)を対象として、適地選定に関するハザードマップを作成するなど、概ね計画通り進捗している。今後は、南部州ハンバントタ地区(乾燥平原地帯)を対象としたハザードマップを作成するとともに、第 4 年次 9 月を目処に適地選定ガイドを作成する予定である。

④ カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

2012 年 11 月にカウンターパート 7 名を招へいし、GIS 解析ソフト(Arc GIS)及び産業技術総合研究所(AIST)が開発した地圏環境リスク評価システム(GERAS)の操作法に関する基礎的トレーニングを実施した。さらに、2014 年 1 月にも招へいトレーニング(中級レベル)を実施した。

⑤ 当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況

GIS 解析や環境リスク評価の精度を高めるために必要な、水文学的情報の地表透水性データがス国では存在しなかった。このため、日本側研究機関より原位置透水試験装置(ゲルフパーミアミータ)を持ち込み、中央州を中心に複数の地点での原位置透水試験を実施した。

【活動3】 主担当: 埼玉県環境科学国際センターグループ

研究題目: 既存廃棄物処分場現状を把握するために、処分場及び周辺域の汚染状況モニタリングが行われる

① 研究のねらい

本グループは埼玉大学と共同で、既存廃棄物処分場及び周辺域の汚染状況の環境モニタリングを実施することを目的としている。環境モニタリングの計画・実施の共同作業を通じたCP機関のラボ整備、CPメンバー・スタッフの能力強化、現地計測システムの構築も活動に含まれる。環境モニタリング結果はより、これまでにあまり報告例のない開発途上国廃棄物処分場における水質・埋立ガス組成の季節変動の把握、汚染物質の移動予測も本活動に含まれる。本活動から得られる現地計測システムや環境モニタリング計画・手法は、既存廃棄物処分場及び周辺域の環境モニタリング事例とともに、【活動5】持続的かつ適用可能な廃棄物処分場の計画・管理・汚染防止ガイドにおいて示される。

② 研究実施方法

【活動3】については、下記の8項目の活動が含まれ、二つの異なる気候帯に位置する廃棄物処分場:ウダパラータ/ガンポラ処分場(湿潤気候帯)とハンバントタ処分場(乾燥気候帯)で汚染状況モニタリングを実施する。3-1 から 3-8 の各項目内の具体的な活動内容の詳細を次頁の表に示した。

- 3-1 モニタリング計画作成に必要な基本情報を収集、整理する。
- 3-2 予備的な試料分析や解析を行い、モニタリングに必要な活動(試料採取・分析等)を選定する。
- 3-3 3-2 に基づき、モニタリング計画(調査地点、調査頻度、調査項目、機材、人員体制等)を作成する。
- 3-4 QAQC が実施される。(Quality Assurance: 品質保証、Quality Control 品質管理)
- 3-5 3-3 の計画に沿って、現地計測システムの構築、ラボラトリの整備、スタッフの能力強化を行い、モニタリング実施手順をマニュアル化する。
- 3-6 3-5 でマニュアル化された実施手順に基づき、廃棄物処分場及び周辺域の汚染状況のモニタリングを行う。
- 3-7 モニタリング結果を整理・分析し、廃棄物処分場からの汚染物質の移動予測及び暴露評価を行う。
- 3-8 調査・研究結果を共有するためのセミナーを開催し、ニューズレター、紙面、Web、学会での発表を通じて広報活動を行い、研究者だけでなく、廃棄物管理にかかわる関係者に対して 3-1 から 3-7 から得られた調査・研究結果を広める。

第1-2年次は3-1と3-2を中心に進め、ス国処分場のゴミ質などの基本的情報を得ることを目的として、ス国内の異なる条件(気候・土地利用・人口密度など)にある処分場を20箇所程度選定し、ゴミ試料・ガス試料の採取・分析を行う。第3-4年次は、3-3や3-5に関して、①環境モニタリング項目の選定(水質項目としてBOD、COD、浮遊物質(SS)、全窒素、鉛、カドミウムなど36項目、ガス項目としてメタン、二酸化炭素、全揮発性有機化合物など6項目)、②環境モニタリング計画の作成、③相手側研究機関での品質保証・品質管理(QAQC)体制の確立、④モニタリングマニュアル作成、⑤地下水観測井・埋立ガス観測井の設置工事を行う。第3年次より、初動環境モニタリング(モニタリング観測井設置後の簡易水質・埋立ガスモニタリング)を開始し、第4年次から本格(詳細)環境モニタリングを開始する。そして、これらのモニタリング結果を通して既存処分場の汚染レベルや浸出水質の季節変動などを把握するとともに、地下水流動・物質移動解析を適用することで、廃棄物処分場からの汚染物質の移動予測及び暴露評価を実施する。

③ 当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

全体の活動計画(PO)に対する進捗状況を次頁の表に示した。第 1-2 年次は当初の予定通り、モニタリング計画作成に必要なス国廃棄物処分場埋設ゴミ質・埋立ガス測定などを実施し、湿潤気候及び乾燥気候帯 2 箇所の廃棄物処分場にモニタリング観測井を設置した。そして、第 3 年次(2013 年)5 月より初動環境モニタリングを実施し、定期観測データを取得している。しかし、現地ラボ整備の遅れとそれにとまなう環境分析機材の現地本格運用の遅れのため、本格(詳細)環境モニタリング開始に遅れが生じた。2013 年 12 月中間レビュー時の協議を経て、現地モニタリング計画作成やラボ入り整備、機器の QAQC 活動等の活動を第 4 年次終了時(2015 年 3 月)まで延長し、日本側・スリランカ側新規メンバー投入、日本側複数メンバーの現地中期・長期滞在による研究推進、日本側・スリランカ側研究メンバーのさらなる連携強化等の方策により、これらの遅れを取り戻す予定である。

④ カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

埋設廃棄物試料分析法を作成し、相手国メンバーと共有した(SATREPS Annual Report FY2011)。廃棄物処分場における埋立ガス採取法及び電磁探査法をカウンターパートに教授した。初動環境モニタリング実施にあたり、モニタリング実施方法マニュアルを作成した。本格(詳細)環境モニタリング開始に向けて、カウンターパートとモニタリング実施方法マニュアルを作成している。

⑤ 当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況

ス国大学ストライキ・ペラデニヤ大学新実験棟(ラボ)建設工事の遅れの影響があり、現地においてモニタリング観測井設置工事が当初より遅れるとともに、環境分析用供与機材の現地本格運用が遅れた(機材は 2013 年 6 月現地到着第 1 次据付技術者派遣済み、2013 年 12 月第 2 次技術者派遣:機器分析調整・校正、操作法講習)。環境分析用供与機材の本格運用を進めるため、第 4 年次から日本側・スリランカ側新規メンバー投入、日本側複数メンバーの現地中期・長期滞在を計画している。

【活動 4】 主担当: 埼玉大学グループ

研究題目: 地域特性を活かした廃棄物処分場汚染防止・修復技術が構築される

① 研究のねらい

本グループは、廃棄物処分場汚染防止・修復技術として、地域材料を活用した「浸出水処理」「遮水ライナー」「キャッピング」「廃棄物地盤強度特性」、「反応性浸透壁」に関する技術開発を実施している。これらの開発技術は、ラボ試験によりその有効性を検証した後、野外スケール試験にて技術スペックを検証する。これらの開発技術は、【活動 5】持続的かつ適用可能な廃棄物処分場の計画・管理・汚染防止ガイドの、汚染防止に直接組み込まれ、新規処分場のみならず既存処分場への適用も可能とする。

② 研究実施方法

【活動 4】には下記の 10 項目の活動が含まれる。4-1 から 4-10 の各項目内の具体的な活動内容の詳細を次頁の表に示した。

4-1 1-4 のガイドのコンセプトと 3-7 の結果に基づき、研究開発能力の向上を行いつつ、浸出水処理材料等の検討を行い、適用・導入可能な浸出水処理技術を構築する。

4-2 1-4 のガイドのコンセプトと 3-7 の結果に基づき、研究開発能力の向上を行いつつ、遮水ライナー材料等の検討を行い、適用・導入可能なライナー技術を構築する。

4-3 1-4 のガイドのコンセプトと 3-7 の結果に基づき、研究開発能力の向上を行いつつ、廃棄物地盤の強度・変形特性の検討を行い、安全な廃棄物積み上げ層厚及びその傾斜角を決定する。

4-4 1-4 のガイドのコンセプトと 3-7 の結果に基づき、研究開発能力の向上を行いつつ、処分場キャッピング材料の検討を行い、適用・導入可能な処分場キャッピング技術を構築する。

4-5 1-4 のガイドのコンセプトと 3-7 の結果に基づき、研究開発能力の向上を行いつつ、新規処分場汚染防止及び既設処分場修復のための反応性浸透壁材料の検討を行い、適用・導入可能な反応性浸透壁技術を構築する。

4-6 4-1 から 4-5 で開発された技術や知見を基に、野外スケール研究(実証試験)の計画(方法、サイト、技術の評価方法等)を作成し、野外スケール研究を実施する。

4-7 4-6 に基づき野外スケール研究を実施する。

4-8 4-7 の結果を 4-1 から 4-5 で開発された技術に反映させる。

4-9 4-1 から 4-8 で得られた調査・研究結果を報告書に取りまとめる。

4-10 調査・研究結果を共有するためのセミナーを開催し、ニューズレター、紙面、Web、学会での発表を通じて広報活動を行い、研究者だけでなく、廃棄物管理にかかわる関係者に対して 4-1 から 4-9 から得られた調査・研究結果を広める。

第 1-3 年次はラボ試験を中心として 4-1 から 4-5 の研究を進め、野外スケール試験にて検証する技術スペックを提案する。ここで、4-1 浸出水処理技術と 4-5 反応性浸透壁技術における排水処理能力としては、スリランカ基準院(Sri Lankan Standards Institution; SLSI)の定める放流基準 Tolerance Limits for Industrial Effluents Discharge into Inland Surface Waters (Sri Lanka Standard 652: 1984)を下回るような仕様・設計条件を提案することを目標としている。4-2 遮水ライナー技術と 4-4 キャッピング技術は、中央環境庁(Central Environmental Authority; CEA)が Technical Guidelines on Solid Waste Management in Sri Lanka (2005, 2007)で定める仕様基準(例えば、遮水ライナーの透水性 10^{-9} m/s 以下、放出メタン濃度 1.25%未満)を満たすような仕様・設計条件を提案することを目標としている。4-3 廃棄物地盤安定に関しては、室内ラボ試験で得られた地盤

強度定数を用いて、数値解析的手法で地盤安定性評価を実施する。4-1から4-5のいずれの項目においても、材料選定の際に地域で入手が容易な土壌材料、バイオマス資源を最大限活用し、低コスト・低メンテナンス・低環境負荷の技術開発を目指している。

第3年後半より野外スケールの計画を進め、第4-5年次で試験の設置およびモニタリングを開始し、その有効性を検証する。野外スケール試験のスケジュールを下記に示した。

1. 事前協議:2013年9月、12月、2014年1月
2. 概要(ひな型)の作成:2014年4月
3. 試験サイトの決定・許可:2014年5月
4. 検証スペック(暫定版)・試験デザインの決定:2014年9月
5. 試験の設置・建設工事(段階的):2014年9月-2015年3月
6. モニタリング開始:2015年4月-
7. 開発スペックの(短期的)有効性検証:2015年4月-2015年12月
8. 野外スケール試験の継続(中長期的有効性の検証):2016年1月-

本プロジェクトの野外スケール試験は、実規模の処分場スケールではなく、廃棄物埋設管として直径2m、高さ4m(ライナー、覆土層含め)程度のヒューム管を改良した小規模ライシメータスケールでの実施を現在検討している。このようなライシメータを埋設・設計条件を変えて複数基設置し、浸出水処理タンクなどと接続する(浸出水処理タンクも設計条件に応じて複数基設置する)。

このような比較的小規模のライシメータを複数基設置するメリットは、1)施工・管理が容易、2)異なる設計・施工条件の検証・比較が可能(複数の条件の組み合わせ)、3)高頻度でのデータ採取が可能、4)トラブル時の対処が容易、5)予算状況に応じて基数を調整できる、などが挙げられる。小規模試験のデメリットとしては、1)実規模を完全に反映しているか判断が難しい、2)実規模に比べて気温の影響を受けやすい、3)デモサイトとしてインパクトに欠ける、などが挙げられる。ただし、2)について、温暖な気候であるスリランカでは外気温による影響は小さいと想定される。

逆に、大規模試験ではデモサイトとして利用しやすく、インパクトはあるものの、1)用地取得や環境ライセンス取得が困難、2)施工・管理に多大な労力・費用を有する、3)単基設置では個々の技術性能の比較・検討が困難、4)廃棄物層内の不均一性に起因する問題(例えば、局所的な宙水、水みちの出現や不等沈下)、5)苦情などの予期せぬトラブル、などが挙げられる。

これらを総合的に判断し、本プロジェクトでは、小規模スケールで可能となる個々の開発技術の性能評価が何よりも重要と判断し、比較的小規模のライシメータを複数基設置する方向で野外スケール試験を計画することを予定している。

③ 当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

全体の活動計画(PO)に対する進捗状況を次頁の表に示した。第1-3年次は、ラボ試験を中心に、「浸出水処理」「遮水ライナー」「キャッピング」などに関する地域特性を活かした技術開発を進めている。「浸出水処理」では、ス国で入手が容易なバイオマス資源であるココヤシ繊維パウダーを利用して、汚水処理能力や重金属吸着能を野外実験及び室内実験で調べ、その有効性を得ている。「遮水ライナー」では、ス国中央州及び南部州で産出する膨潤性粘土の透水性などを評価し、現地クレイライナー材としての高い性能を有していることを示した。「キャッピング」に関しては、廃棄物層の安定化促進を目的とし、覆土地盤材料のガス交換能などを実験的

に調べている。このように、個々の研究に関する成果は着実に出ている。第4年次(2014年)9月を目処にこれらの地域特性・地域材料を活かした開発技術のスペック(暫定版)を提示し、実証のための野外スケール試験の計画・実施に着手する予定である。また、現地ラボ整備の遅れにとそれにとまらぬ機材の現地本格運用の遅れのため、本活動のラボ試験にも一部遅れが出ている。これを挽回するために、日本側新規メンバー投入と日本側複数メンバーの現地中期・長期滞在を進める予定である。

④ カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

日本側で先行研究として行っていたベントナイト(Na型モンモリロナイト)の基本的膨潤特性や透水性、ス国代表的土壌(7種類)のXRD・XRF結果(粘土鉱物組成、含有成分情報など)をCPメンバーに提供した。また、現地で用いているバイオマス資材の物性についても、日本側で分析し、CPメンバーへ提供を予定している。2013年7月にカウンターパート3名を招へいし、地盤解析ソフト(PLAXIS)の操作法に関する基礎的トレーニング講習を受講させた。

⑤ 当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

ス国大学ストライキ・ペラデニヤ大学新実験棟(ラボ)建設工事の遅れの影響があり、現地において供与機材の現地運用が遅れているが、CP機関や日本側の既存設備を活用した研究を進め、その成果が国際学術雑誌やプロシーディングス論文に掲載されるなど着々と成果は上がっている。今後は、第4年次(2014年)9月を目処に、野外スケール試験の検証スペック・試験デザインを決定するために、日本側・スリランカ側新規メンバー投入、日本側複数メンバーの現地中期・長期滞在を計画し、研究を進めていく。

【活動 5】主担当: 埼玉大学グループ

研究題目: 持続的かつ適用可能な廃棄物処分場の計画・管理・汚染防止ガイドが最終化される

① 研究のねらい

本活動は、【活動 1】から【活動 4】の成果を集約し、プロジェクト目標であるスリランカ廃棄物処分場の計画・管理・汚染防止ガイドを地方政府・州議会省、環境省と共同で策定し、2016 年版を最終化することにある。

② 研究実施方法

【活動 5】には下記の 4 項目の活動が含まれる。

5-1 下記の成果1から4までを集約し、廃棄物処分場の計画・管理・汚染防止ガイド(2016 年版)の目次と内容を決める。

成果1: 地方自治体の廃棄物管理事業に関する社会的能力評価事例と改善計画(アクションプラン)事例

成果2: 中央州及び南部州における技術的手法に基づいた処分場適地選定のためのハザードマップ事例と新規処分場の適地選定ガイド

成果3: 既存廃棄物処分場及び周辺域の環境モニタリング計画・手法の提示とモニタリング事例

成果4: 地域特性を活かした低コスト、低メンテナンス、低環境負荷な廃棄物処分場の汚染防止・修復技術の事例紹介及び組み合わせ案

5-2 廃棄物処分場の計画・管理・汚染防止ガイド(2016 年版)を地方政府・州議会省、環境省と共同で策定する。

5-3 5-2 のガイドに対する意見を聴取するためのワークショップを開催する。

5-4 5-3 におけるコメントを反映させ、廃棄物処分場の計画・管理・汚染防止ガイド(2016 年版)を最終化する。

ガイド策定に向けてのスケジュールを下記に示す。CP 及び日本側メンバー、相手国廃棄物管理関係者からなるガイド策定委員会を設置し、ガイドの目次・内容を検討し、ドラフトの作成・ワークショップの開催を通して、ガイドを最終化する。

1. 事前協議: 2013 年 9 月、12 月
2. ガイド策定委員会の設置(第 1 回会議): 2014 年 4 月
3. ガイドの目次・内容の検討(一次草案): 2014 年 6 月
4. ガイドの目次・内容の確定、執筆分担確定(二次草案): 2014 年 12 月
5. ガイドのドラフト作成(一次締め切り): 2015 年 6 月
6. ワークショップ開催: 2016 年 1 月
7. ガイドの最終化(最終締め切り): 2016 年 3 月

③ 当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

第 3 年次 9 月と 12 月に現地にて、ガイド策定に向けてのスケジュールやガイド策定メンバーについての打ち合わせを実施した。2014 年 3 月にガイド策定メンバーについては確定し、4 月にガイド策定委員会の設置及び第 1 回合同会議を実施する予定となっている。

3. 成果発表等

(1) 原著論文発表

- ① 本年度発表総数(国内 0 件、国際 12 件)
- ② 本プロジェクト期間累積件数(国内 0 件、海外 21 件)
- ③ 論文詳細情報

【査読付国際学術論文】

1. Wickramarachchi, P., K. Kawamoto, S. Hamamoto, M. Nagamori, P. Moldrup, and T. Komatsu. 2011. Effects of dry bulk density and particle size fraction on gas transport parameters in variably saturated landfill cover soil. *Waste Management* 31, 2462–2472, DOI: 10.1016/j.wasman.2011.07.008.
2. Wickramarachchi, P., K. Ranasinghe, S. Hamamoto, K. Kawamoto, U.P. Nawagamuwa, P. Moldrup, and T. Komatsu. 2011. Gas transport parameters for compacted reddish brown soil in Sri Lankan landfill final cover. *J. Hazardous, Toxic and Radioactive Waste* 15: 285–295, DOI: 10.1061/(ASCE)HZ.1944-8376.0000078.
3. Rouf, M. A., S. Hamamoto, K. Kawamoto, T. Sakaki, T. Komatsu, and P. Moldrup. 2012. Unified measurement system with suction control for measuring hysteresis in soil-gas transport parameters under variable saturation. *Water Resour. Res.* 48, W02506, doi:10.1029/2011WR010615.
4. Subedi, S., K. Kawamoto, T. Komatsu, L. Jayarathna, and M. Vithanage, P. Moldrup, and L.W. de Jonge. 2012. Characterizing time-dependent contact angles for sands hydrophobized with oleic and stearic acids. *Vadose Zone J.*, doi:10.2136/vzj2011.0055.
5. Subedi, S., K. Kawamoto, A.K. Karunarathna, P. Moldrup, L.W. de Jonge, and T. Komatsu. 2013. Mini tensiometer-time domain reflectometry coil probe for measuring soil water retention properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, doi:10.2136/sssaj2012.0106.
6. Subedi, S., K. Kawamoto, P. Moldrup, L.W. de Jonge, K. Müller, B.E. Clothier, and T. Komatsu. 2013. Contact angles of water-repellent porous media inferred by Tensiometer-TDR probe measurement under controlled wetting and drying cycles. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, doi:10.2136/sssaj2013.05.0203.
7. Sewwandi, B.G.N., M. Vithanage, S.S.R.M.D.H.R. Wijesekara, M.I.M. Mowjood, S. Hamamoto, and K. Kawamoto. 2014. Adsorption of Cd(II) and Pb(II) humic acid treated coconut (*Cocos nucifera*) husk. *J. Hazardous, Toxic and Radioactive Waste*, ASCE, DOI: 10.1061/(ASCE)HZ.2153-5515.0000196.
8. Wijesekara, S.S.R.M.D.H.R., S.S. Mayakaduwa, A.R. Siriwardana, N. de Silva, B.F.A. Basnayake, K. Kawamoto, and M. Vithanage. 2014. Fate and transport of pollutants through a municipal solid waste landfill leachate in Sri Lanka. *Environmental Earth Sciences*, DOI 10.1007/s12665-014-3075-2.

【査読付プロシーディングス論文】

1. Wijerathna, D.M.C.B., K.B.S.N. Jinadasa, G.B.B. Herath, S. Iijima, K. Kawamoto, C.S. Kalpage, and L. Mangalika. 2012. Solid waste management issues in the developing world - A case study from Sri Lanka. *Proceedings of the 7th Asian-Pacific Landfill Symposium (APLAS 2012)*, OMS 1-28-OMS 1-35, ISBN 978-602-18925-0-3.
2. Herath, G.B.B., R. Jayathilake, K.H.P. Madusanka, D.D.S.S. Weerasooriya, N.K. Wijewardena, K. Kawamoto, N. Tanaka. 2012. Characterizing solid waste at dumps in different geographical settings of Sri Lanka for potential energy generation. *Proceedings of the 7th Asian-Pacific Landfill Symposium (APLAS 2012)*, OSL 3-347-OSL 3-352, ISBN 978-602-18925-0-3.
3. Sato, N., K. Kawamoto, and L. Mangalika. 2012. Current condition and issues of municipal solid waste

- management in Sri Lanka. Proceedings of the 7th Asian-Pacific Landfill Symposium (APLAS 2012), OMS 6-58-OMS 6-66, ISBN 978-602-18925-0-3.
4. Nagamori, M., Y. Isobe, Y. Watanabe, N.K. Wijewardane, M.I.M. Mowjood, T. Koide, and K. Kawamoto. 2012. Comparison of several landfill gas compositions between Japan and Sri Lanka. Proceedings of the 7th Asian-Pacific Landfill Symposium (APLAS 2012), P 19-558-P19-564, ISBN 978-602-18925-0-3.
 5. Koide, T., M. Nagamori, N.K. Wijewardane, Y. Watanabe, Y. Isobe, G.B.B. Herath, M.I.M. Mowjood, and K. Kawamoto. 2013. Spatial variation in landfill gas composition in Sri Lankan landfills. Proceedings of Fourteenth International Waste Management and Landfill Symposium (Sardinia 2013), 129.
 6. Wijewardane, N.K., T. Koide, M.I.M. Mowjood, M. Nagamori, K. Kawamoto, and G.B.B. Herath. 2013. Clustering open dumpsites in Sri Lanka based on waste characteristics. Proceedings of Fourteenth International Waste Management and Landfill Symposium (Sardinia 2013), 150.
 7. Nagamori, M., Y. Isobe, Y. Watanabe, N.K. Wijewardane, M.I.M. Mowjood, T. Koide, and K. Kawamoto. 2013. Characterization of major and trace components in gases generated from municipal solid waste landfills in Sri Lanka. Proceedings of Fourteenth International Waste Management and Landfill Symposium (Sardinia 2013), 162.
 8. Sato, N., K. Kawamoto, H. Sato, M. Lokuliyana, T. Koide, and N. Tanaka. 2013. Utilization of a local-available biomass resource for wastewater treatment in Sri Lanka: Comparison between initial and current performance of coconut-fibre biofilm treatment system (COTS). Proceedings of Fourteenth International Waste Management and Landfill Symposium (Sardinia 2013), 181.
 9. Sewwandi, B.G.N., T. Koide, K. Kawamoto, S. Hamamoto, S. Asamoto, and H. Sato. 2013. Evaluation of leachate contamination potential of municipal solid waste dumpsites in Sri Lanka using leachate pollution index. Proceedings of Fourteenth International Waste Management and Landfill Symposium (Sardinia 2013), 233.
 10. Priyankara, N.H., W.K.A.P. Abeyrathne, A.M.N. Alagiyawanna, and K. Kawamoto. 2013. Investigation of suitability of expansive soil to use as clay liners. Proceedings of Fourteenth International Waste Management and Landfill Symposium (Sardinia 2013), 275.
 11. Kurukulasuriya, L.C., D. Wanigaratne, and K. Kawamoto. 2013. Sustainability of liner materials in a municipal landfill constructed using locally available expansive soils. Proceedings of Fourteenth International Waste Management and Landfill Symposium (Sardinia 2013), 375.
 12. Lee, K. And S. Matsuoka. 2013. Cooperative governance of integrated solid waste management from a complex system perspective. Proceedings of Fourteenth International Waste Management and Landfill Symposium (Sardinia 2013), 576.
 13. Dharmarathne, N.K., N. Sato, K. Kawamoto, T. Koide, H. Sato, and N. Tanaka. 2013. Evaluation of wastewater treatment efficiency using coconut fiber biofilm reactor system with synthetic leachate. Proceedings of International Conference on Engineering and Applied Science (ICEAS), 629-636, ISSN 2227-0299, ISBN 978-986-87417-1-3.

(2) 特許出願

- ① 本年度特許出願内訳 (国内 0 件、海外 0 件、特許出願した発明数 0 件)
- ② 本プロジェクト期間累積件数 (国内 0 件、海外 0 件)

4. プロジェクト実施体制

(1) 【活動 1】ス国廃棄物管理政策・実態の把握、地方自治体の廃棄物管理に関する社会的能力評価

① 研究者グループリーダー名：松岡 俊二（早稲田大学・教授）

② 研究項目

- 1-1 スリランカにおける廃棄物管理事業及び廃棄物政策をレビューし、改善すべき課題を把握する。
- 1-2 中央州及び南部州の廃棄物管理に関する組織、人員体制、予算規模、技術力に関する調査を実施する。
- 1-3 新規廃棄物処分場候補地選定のためのデータを収集し、社会・経済的条件を見出す。
- 1-4 選定された地方自治体において廃棄物管理事業改善計画(アクションプラン)を策定する。
- 1-5 スリランカ廃棄物関係者を対象としたワークショップを開催し、1-4 に対する意見を聴取し、ガイドの項目に反映させる。

(2) 【活動 2】新規廃棄物処分場の適地選定手法の構築

① 研究者グループリーダー名：張 銘（産業技術総合研究所・研究グループ長）

② 研究項目

- 2-1 新規廃棄物処分場候補地選定のためのデータを収集し、技術的条件を見出す。
- 2-2 2-1 のデータを利用して、技術的手法に基づいて適地選定のためのハザードマップを作成する。
- 2-3 2-2 をもとに、新規処分場の適地選定ガイドを作成する。
- 2-4 調査・研究結果を共有するためのセミナーを開催し、ニュースレター、紙面、Web、学会での発表を通じて広報活動を行い、研究者だけでなく、廃棄物管理にかかわる関係者に対して 2-1 から 2-3 から得られた調査・研究結果を広める。

(3) 【活動 3】廃棄物処分場及びその周辺域の汚染状況モニタリング

① 研究者グループリーダー名：長森 正尚（埼玉県環境科学国際センター・主任研究員）

② 研究項目

- 3-1 モニタリング計画作成に必要な基本情報を収集、整理する。
- 3-2 予備的な試料分析や解析を行い、モニタリングに必要な活動(試料採取・分析等)を選定する。
- 3-3 3-2 に基づき、モニタリング計画(調査地点、調査頻度、調査項目、機材、人員体制等)を作成する。
- 3-4 QAQC が実施される。(Quality Assurance: 品質保証、Quality Control 品質管理)
- 3-5 3-3 の計画に沿って、現地計測システムの構築、ラボラトリの整備、スタッフの能力強化を行い、モニタリング実施手順をマニュアル化する。
- 3-6 3-5 でマニュアル化された実施手順に基づき、廃棄物処分場及び周辺域の汚染状況のモニタリングを行う。
- 3-7 モニタリング結果を整理・分析し、廃棄物処分場からの汚染物質の移動予測及び暴露評価を行う。
- 3-8 調査・研究結果を共有するためのセミナーを開催し、ニュースレター、紙面、Web、学会での発表を通じ

て広報活動を行い、研究者だけでなく、廃棄物管理にかかわる関係者に対して 3-1 から 3-7 から得られた調査・研究結果を広める。

(4)【活動 4】廃棄物処分場の汚染防止・修復技術の構築

①研究者グループリーダー名：川本 健（埼玉大学・教授）

②研究項目

- 4-1 1-4 のガイドのコンセプトと 3-7 の結果に基づき、研究開発能力の向上を行いつつ、浸出水処理材料等の検討を行い、適用・導入可能な浸出水処理技術を構築する。
- 4-2 1-4 のガイドのコンセプトと 3-7 の結果に基づき、研究開発能力の向上を行いつつ、遮水ライナー材料等の検討を行い、適用・導入可能なライナー技術を構築する。
- 4-3 1-4 のガイドのコンセプトと 3-7 の結果に基づき、研究開発能力の向上を行いつつ、廃棄物地盤の強度・変形特性の検討を行い、安全な廃棄物積み上げ層厚及びその傾斜角を決定する。
- 4-4 1-4 のガイドのコンセプトと 3-7 の結果に基づき、研究開発能力の向上を行いつつ、処分場キャッピング材料の検討を行い、適用・導入可能な処分場キャッピング技術を構築する。
- 4-5 1-4 のガイドのコンセプトと 3-7 の結果に基づき、研究開発能力の向上を行いつつ、新規処分場汚染防止及び既設処分場修復のための反応性浸透壁材料の検討を行い、適用・導入可能な反応性浸透壁技術を構築する。
- 4-6 4-1 から 4-5 で開発された技術や知見を基に、野外スケール研究(実証試験)の計画(方法、サイト、技術の評価方法等)を作成し、野外スケール研究を実施する。
- 4-7 4-6 に基づき野外スケール研究を実施する。
- 4-8 4-7 の結果を 4-1 から 4-5 で開発された技術に反映させる。
- 4-9 4-1 から 4-8 で得られた調査・研究結果を報告書に取りまとめる。
- 4-10 調査・研究結果を共有するためのセミナーを開催し、ニュースレター、紙面、Web、学会での発表を通じて広報活動を行い、研究者だけでなく、廃棄物管理にかかわる関係者に対して 4-1 から 4-9 から得られた調査・研究結果を広める。

(5)【活動 5】持続的かつ適用可能な廃棄物処分場の計画・管理・汚染防止ガイドの最終化

①研究者グループリーダー名：田中 規夫（埼玉大学・教授）

②研究項目

- 5-1 下記の成果1から4までを集約し、廃棄物処分場の計画・管理・汚染防止ガイド(2016 年版)の目次と内容を決める。
- 成果1: 地方自治体の廃棄物管理事業に関する社会的能力評価事例と改善計画(アクションプラン)事例
- 成果2: 中央州及び南部州における技術的手法に基づいた処分場適地選定のためのハザードマップ事例と新規処分場の適地選定ガイド
- 成果3: 既存廃棄物処分場及び周辺域の環境モニタリング計画・手法の提示とモニタリング事例
- 成果4: 地域特性を活かした低コスト、低メンテナンス、低環境負荷な廃棄物処分場の汚染防止・修復技術の事例紹介及び組み合わせ案
- 5-2 廃棄物処分場の計画・管理・汚染防止ガイド(2016 年版)を地方政府・州議会省、環境省と共同で策定

する。

5-3 5-2 のガイドに対する意見を聴取するためのワークショップを開催する。

5-4 5-3 におけるコメントを反映させ、廃棄物処分場の計画・管理・汚染防止ガイド(2016 年版)を最終化する。

以上