

# 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)

## アフリカサヘル地域の持続可能な水・衛生システム開発

(ブルキナファソ)

平成 23 年度実施報告書

代表者：船水 尚行

北海道大学 大学院工学研究科・教授

<平成 21 年度採択>

## 1. プロジェクト全体の実施の概要

### プロジェクトの概要:

地球規模気候変動の影響を受け、貧困指数が最も高いサブサハラ・アフリカ地域のブルキナファソにおいて、「集めない」「混ぜない」を基本コンセプトとした水と衛生の新システム開発と実証を 2iE と共同して実施する。共同研究を通じた人材の育成と西アフリカ地域における共同研究拠点の形成を目的とし、最終的には、ミレニアム開発目標達成に貢献する。具体的には、農村モデルと都市モデルを提案し、技術のイノベーションサイクルを意識して、(1)要素技術開発(資源回収型低コストトイレ、太陽熱加温・ろ過用水供給装置、雑排水処理/再生システム)、(2)農村、都市モデルのシステム化と実証実験、(3)システムを支える社会システムの必要機能と地域適合方策と要素技術へのフィードバックを研究する。

### プロジェクトの進捗状況と成果:

平成 23 年度には、(1)ブルキナファソにおいて 4th Ameli-Eaur workshop を開催、(2)札幌、バンドンにおいて国際シンポジウム開催、(3)パイロットプロジェクトサイトで住民向けのワークショップ開催、(4)第 6 回世界水フォーラムにてサイドイベントの開催、(5)理解者・協力者連携促進のためのワークショップ開催、(6)ブルキナファソにおける共同研究活動、(7)国内における要素技術に関する研究活動を実施した。

#### (1) 4th Ameli-Eaur workshop 開催(2012 年 3 月 22 日)

各研究グループ(コンポストトイレ、雑排水、農業利用、用水供給、社会システム)から、2012 年度の研究計画について発表があり、討論を行った。また、2011 年度に北海道大学において研修を実施した 2 名から北海道大学における研究成果についての報告があった。

#### (2) 国際シンポジウム開催

札幌、バンドンにおいて国際シンポジウム開催(2nd Ameli-Eaur International symposium on sustainable water and sanitation system, 2011 年 10 月 28 日(札幌)、2011 年 11 月 2 日(インドネシア、バンドン)を開催した。

札幌のシンポジウムにはブルキナファソ農業水利省大臣 Minister Laurent SEDOGO にも出席いただいた。開会では北海道大学大学院工学研究院 馬場院長の Welcome Address から始まり、ブルキナファソ政府農業水利省 Minister Laurent SEDOGO, JST 岡谷氏, JICA 須藤氏の Opening Address の後、6 セッション 21 件の研究発表が行われた。本シンポジウムは北海道大学サステイナビリティウィークの行事の一環としても開催され、多くの北海道大学の学生、一般市民も参加した。参加者の国籍は多様であり、ブルキナファソ、日本の他パキスタン、セネガル、フランス、トーゴ、中央アフリカ、グアテマラ、チュニジアの研究者・学生の合計 123 名が参加した。

バンドンでのシンポジウムは、これまでコンポスト型トイレの共同研究活動を北大と実施してきたインドネシア科学技術院(LIPI)との共催により、日本、インドネシア、アフリカの研究者による研究の相互交流を目的として開催された。シンポジウムでは、3つの keynote のあと、3セッション 18 件の研究発表が行われた。

#### (3) パイロットプロジェクトサイトで住民向けのワークショップ開催

実証実験を行う3つの村にて2011年12月19日から21日にかけて3回の information workshop を開催した。

#### (4) 第 6 回世界水フォーラム

フランスのマルセイユで開催された第 6 回世界水フォーラムにおいて、次の3つの活動を実施した。

- ① サイドイベントの実施:本プロジェクト主催で2012年3月13日に Sustainable sanitation for rural and urban areas in sahelian countries と題するシンポジウムを開催した。本イベントでは、プロジェクトの紹介のあと、プロジェクト関係者に加え、Dr.Isabel Martín García from CENTA (Spain), Prof. Bellefleur from ENGEES (France)も加えて、perspectives after 2015 (end of MDG)?と題するパネルディスカッションを実施し、極めて熱心な議論が行われた。なお、参加者は約 40 名であった。
- ② 展示:ブルキナファソ政府の展示ブースに開発中のコンポストトイレの実物大模型ならびにプロジェクト説明のポスターを展示した。また、2iE の展示ブースでは 2iE の水に関わる研究のビデオが放映された。その中に Prof.Maiga のプロジェクト紹介、伊藤によるコンポストトイレ研究紹介、Ynousa による雑排水処理研究紹介、Mariam による尿・コンポスト・雑排水処理水の農業利用研究紹介が行われた。
- ③ JICA のイベントへの参加:JICA 地球環境部主催の「水衛生分野における JICA の取り組み」において、船水がプロジェクトに関する講演を行い、Mariam と伊藤とともにパネルディスカッションに参加。

- (5) 理解者・協力者連携促進：2011年10月29日北海道大学にて **Workshop on Application and diffusion strategy of Sustainable Sanitation** (理解者・協力者連携促進) を開催。本プロジェクトで検討している衛生施設導入のためのビジネスモデルの説明とこれに対する討論を実施。
- (6) **ブルキナファソにおける共同研究活動**：共同研究の実施組織として次のグループを組織している((G1: Composting toilet, G2: Gray water treatment in rural area, G3: Gray water treatment in urban area, G4: Valorization / reuse of compost and wastewater, G5: Ceramic filter and Solar disinfection, G6: Social aspects)。農村モデル実証研究について①実施場所として3つの集落を選定し、それぞれ2つの家族を実証実験場所として依頼、②これらの集落、家族について、その人員、家族構成、宗教等の基礎情報、水使用状況ならびに周辺地下水質、雑排水発生量、農業活動の状況調査実施、③水浴びと小使用スペースの設計、雑排水処理ユニットの設計、コンポストトイレの設計、④水浴びと小使用スペースならびにトイレの建設を行った。都市モデル実証実験について、実証実験プラントの設計ならびに工事契約を締結した。また、運営のための会議として第2回 JCC (2011年4月4日)、Scientific Committee Meeting を2回 (2011年4月1日、2012年3月21日) 開催した。
- (7) **国内における要素技術に関する研究活動**  
今年度は国内研究チーム会合を2回(第8回会合7月6日、第9回会合2月28日)実施した。国内研究チーム会合では、研究成果の発表を実施し、研究討論を行った。
- (8) **主要な成果**  
**プロジェクトの研究方針の明確化**:2011 年度では、水と衛生の施設を如何にサヘル地域に導入するか、その導入戦略を明確化し、その概略の姿を描いた。すなわち、導入のための新たなビジネスモデルの構築→お金の流れの設計→装置等のハード+その維持管理のための体制の構築という方向で研究開発を進めることを確認した。以下に各研究グループの主要な成果を記す：
- ① サニテーション要素技術開発：要素技術に関する研究：低コストトイレ設計法確立のための、1)気候条件と水分蒸発速度の関係の定式化、2)低コストトイレ(日本での資材費:約10,000 円)の試作と運転に成功、3)おが屑にかわるマトリックスとして、稲藁、もみ殻、もみ殻くん炭が利用できることを確認(これらは現地のソルガムに対応)。4)病原微生物に対するマルチバリアーの観点からコンポスト取り出し時の石灰(または灰)添加量を健康リスク評価により決定。5)実証実験用コンポストトイレを設計・制作
  - ② 農村モデル用雑排水要素技術: 1) Ziniaré commune の Kologondiessé 村の世帯について詳細調査を実施。水使用量と入手および排水経路、水利用形態、水系に混ざる可能性のある物質(洗剤、医薬品等)を把握、2)雑排水処理水再利用におけるリスクファクターを同定、3)実験室規模の傾斜土層システムによる処理実験により、有機物、界面活性物質、病原微生物(バクテリアとファージ)の除去のモデル化終了。4)農村モデル用雑排水処理装置の設計と制作。4)バイオアッセイにより、処理水が植物成長阻害を引き起こさないことを確認。
  - ③ 都市モデル用雑排水要素技術: 1)高速沈降性藻類池(HRSAP) ベンチスケール実験装置を運転し、沈降性藻類への選択圧により処理水質の向上と固形物回収率の効率化を確認。2)藻類の沈降特性・処理水性状と SRT の関係を得、装置の設計条件を設定。3)都市モデル用パイロット試験装置を設計。
  - ④ 用水要素技術：太陽光消毒無電力セラミック膜処理のウィルス消毒効果を確認するために、コリファージ Q $\beta$  を用いた加熱・滅菌実験を行い、膜処理と加熱による消毒性能を評価し、それらの有効性を確認した。掘り抜き井戸(浅層地下水)、ハンドポンプ井戸(深層地下水)、貯水池水、家庭の水瓶の水質調査を行い、以下の知見を得た：1)多くの家庭で飲料水として利用している浅層地下水は濁度が高く、大腸菌、大腸菌群数が多く検出される、2)深層地下水は濁度が低く、清澄で、大腸菌や大腸菌群が検出される事例は見られない、3)家庭用の水瓶では、水源に比べて大腸菌群濃度が上昇しており、微生物による汚染が起きている。
  - ⑤ 農業要素技術開発:雑排水の植物毒性が発芽試験により評価された。現地で使用されている洗剤の界面活性剤、リン含有量を評価した。また、ブルキナファソにおける降雨量変動と主要作物の一つであるソルガム収穫量変動の現状が整理された。また、土壌への塩蓄積を考慮した水管理と適切な作物選択についてはオクラとソルガムに着目し、輪作体系に組み込むことでその除塩効果を期待する輪作体系モデルを作った。農業側のリスク評価方法として、ペトリ皿を用いた簡易発芽試験によるバイオアッセイを灌漑水質の評価方法として新たに応用し、発芽・根長阻害の観点から雑排水中の界面活性剤は9 mg/L以下に処理することが望ましいことが分かった。
  - ⑥ 社会化要素技術開発:新システム導入のために必要なビジネスモデルの概念をほぼ確立した。また、家庭単位でのマテリアルフローならびにバリューチェーンの実態を明らかにした。

- ⑦ 農村モデル実証実験:パイロットファミリーの選定と,世帯別の詳細調査を完了した.パイロットテスト用のコンポストトイレ,尿収集設備および雑排水収集・処理施設の基本設計が完了し,設置に着手した.2012年度前半にはパイロットテストを開始できる見込みとなった.
- ⑧ 都市モデル実証実験:アンケート調査により,実証実験プラントの設計のための基礎数値を得た.実証実験プラントとして,Kamboince キャンパス内の学生寮の一区画(定員40名)から発生する雑排水を収集,処理する処理水量は3m<sup>3</sup>/日のHRSAPの躯体ならびに周辺設備の設計は終了し,施工監理,土木工事部分の工事契約も終了した.
- ⑨ キャンパシティ開発:ワークショップ(4回),国際会議(3回),ジョイントセミナー(1回),日本での研修(4名),国費留学生受け入れ(2名),住民向けワークショップ開催(3回),理解者・協力者連携促進ワークショップ(1回)開催.講義共有の実施.

## (9)アウトリーチ活動:

- 日本国内
  1. 2009年11月北海道大学サステナビリティウィーク オープニングシンポジウム を開催
  2. 2009年12月北海道大学—JICA 共同シンポジウムと提言書作成:Hokkaido University NEWS LETTER に掲載
  3. 2010年10月北海道大学サステナビリティウィーク オープニングシンポジウム Water and Well-being を開催
  4. 2011年10月北海道大学サステナビリティウィークにて 2nd Ameli-Eaur International symposium on sustainable water and sanitation system
  5. 2011年10月北海道大学にて **Workshop on Application and diffusion strategy of Sustainable Sanitation**(理解者・協力者連携促進)を開催
- 海外,ブルキナファソ国内
  1. 2010年3月 1st Ameli-Eaur workshop の開催(関連機関,日本大使を招待)
  2. 2010年 フィンランド TAMK における招待講義
  3. 2010年9月 2<sup>nd</sup> Ameli-Eaur workshop の開催
  4. 2010年9月 1st Ameli-Eaur International symposium on sustainable water and sanitation system の開催(パリ)
  5. 2011年10月 ブルキナファソ農業大臣を北海道大学に招聘.
  6. 2011年11月 **The 8th International symposium on sustainable water and sanitation system** を LIPI と共同でインドネシア・バンドンにて開催
  7. 2011年12月 パイロットプロジェクトサイトにて Information Workshop を3回実施.
  8. 2011年12月 **6<sup>ème</sup> Forum mondial de l'eau** (ワガドグ) でプロジェクトの紹介
  9. 2012年3月 第6回世界水フォーラムにて **Sustainable sanitation for rural and urban areas in sahelian countries** を開催
- 研究プロジェクトのHPにブルキナファソ通信欄を設置(長期滞在研究者からの情報,業務調整員からの月例報告).
- 「現場で作れる災害時用簡易「うんち」専用コンポスト型トイレの作り方」を研究室HPにアップ.これは,アフリカ向けトイレ開発の知見を被災地用トイレに応用したもの.

## 2. 研究グループ別の実施内容

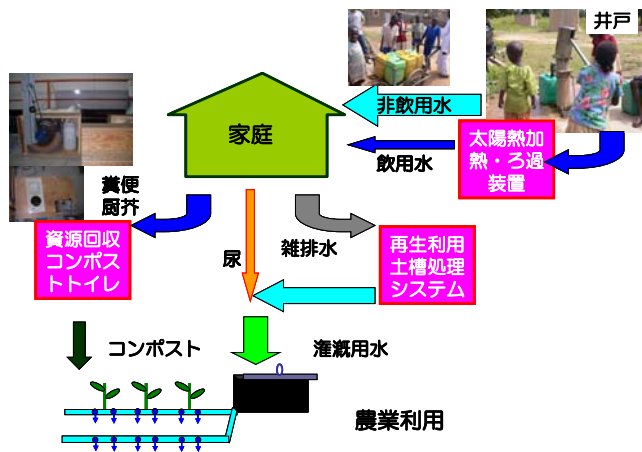
### (1) 全体の研究計画, 内容

#### (1-1) 基本コンセプト: 分散型用水技術+「集めない」、「混ぜない」排水処理+農村モデル, 都市モデル

新しい技術開発のコンセプトはパイプネットワークへの依存を少なくし、質に応じた水の分別である。用水側では、井戸のような分散型の水源の利用と現地浄水処理、飲用用途と非飲用用途の質的分別を行い、低コスト化と健康リスク管理を両立させることを目指す。一方、排水処理側では、分散型による現地での処理と排水の分別により、栄養塩の資源回収、水再利用、病原微生物による健康リスク管理を可能とすることを旨とする。また、農村域と都市域では、人口密度に大きな差があることに加え、インフラ整備のレベルにも差があることから、農村向けと都市向けのモデルを別々に用意する。

#### (1-2) 農村モデルと都市モデル

**農村モデル:** 図—2. 1のような、分散型の用水供給(井戸)+衛生システムを提案する。本システムを支える要素技術は(1-1)し尿を分離処理/資源回収する低コストコンポスト型トイレ、(1-2)雑排水を分離処理/処理水再利用する自然を用いた処理システム、(1-3)井戸水を水源とし、飲用用途のみの水量を処理する低コスト太陽光消毒・膜ろ過ユニット)並びに、このように改良されたトイレ、地下水帯水層によるろ過、及び飲料水処理システムの組み合わせによる Multiple Barrier での感染微生物の低減効果を評価するための(1-4)リスク評価手法である。ここで、雑排水処理水は分離回収された尿を希釈して畑に施用するために用いる。また、トイレと井戸との間の地下水を經由した汚染に対するリスクを小さくするために、井戸とトイレの配置法も重要な課題である。本農村モデルの研究開発課題はこれら4つの技術的課題とこのシステムを支える社会システムの提案である。実証実験によりシステムとしての実証と、要素技術へのフィードバックを行う。



図—2. 1 農村モデル

**都市モデル:** ブルキナファソの都市を想定し、(1)し尿は収集車で収集後、し尿処理場で資源回収する(肥料生産、汚泥のコンポスト化)、(2)雑排水はコミュニティスケールで集水し、自然処理後、農業用灌漑に用いる、(3)パイプネットワークで配水される水道水については、飲用用途のみを給水栓で処理する、都市モデルを提案する。本システムの技術開発課題は、雑排水を集水する小口径低コスト集水システムである。従来の下水道施設建設においては、初期費用の約70%が管路施設の費用である。集水システムの低コスト化が達成されなければ、都市域の雑排水収集は難しい。なお、低コストの集水システム構築の検討に加え、し尿収集車で定期的に雑排水を収集する方式を暫定的な方法として導入する可能性の検討も実施する。し尿収集、処理に関しては日本の技術が存在するが、これらの西アフリカ諸国への適用の可能性の検討が必要である。

ブルキナファソに代表されるサヘル地域では、イスラム教に代表される宗教的な理由により、し尿を含んだ排水の再利用は社会的に受容されにくい特徴を有している。そのため、本都市モデルにおいては、雑排水の農業灌漑利用を進めるため、し尿と雑排水を分離し、雑排水を処理・再利用するシステムを提案する。



## 図—2. 2 都市モデル

プロジェクトの目標として「集めない」、「混ぜない」を基本コンセプトとしたサヘル地域に適合した水・衛生システムの開発と実証ならびにその導入準備を促進することを目的とする。この目標の達成度は

- ① 開発されたシステムの、従来の給排水システムに対する性能比較表及び適用のための手引き(特長、環境条件、維持管理方法、必要コスト等の情報をまとめたもの)
- ② ブルキナファソ政府に対して提出される開発されたシステムの導入の為の提案書
- ③ 2iE の研究スタッフがインパクトファクター付雑誌への論文発表状況
- ④ 農村レベルでのパイロットプラント運転実施管理状況

を指標として評価する。

そして、これらの目標のもと、次の4つのアウトプットを達成する。すなわち、成果と指標・目標値を下記のように設定する。

- (1) サヘル地域の農村地域に適合した水・衛生システム(農村モデル)が開発される

指標：(1-1) 設計書(マニュアルを含む)付きの 100ドルのトイレが完成する。

(1-2) 農村モデルの実証実験場所に設計書及び維持管理マニュアル付実証プラントができる。

(1-3) 国際学会において、開発された水・衛生システムが発表され、必要に応じ、議論結果が農村モデルに反映される。

- (2) サヘル地域の都市地域に適合した水・衛生システム(都市モデル)のうち、雑排水関連モデルが開発される

指標：(2-1) 2iE のキャンパス内に設計書及び維持管理マニュアル付実証プラントができる

(2-2) 国際学会において、雑排水関連の都市モデルが発表され、必要に応じ、議論結果が都市モデルに反映される

- (3) 水・衛生システムの研究開発及び維持管理に携わる関係者の能力・技術が向上する

指標：(3-1) 開発された農村モデル及び都市モデルを維持管理に関連するカウンターパートスタッフが自ら運転できる

(3-2) 農村モデルについて、各家庭に設置した設備の巡回管理と利用のアドバイスを行える人材が育成される

(3-3) 維持管理マニュアルのフランス語版が完成する

- (4) 新たな水・衛生システムを導入するために研究・協力プログラムを含めた社会システムが提案される。

指標：(4-1) 住民ワークショップを年 2 回開催する

(4-2) サヘル地域において新システムがメディア(新聞、ラジオ、テレビ等)で紹介される

### 3. JST の目標

JST と協議した本プロジェクトの目標、達成目標を図—2. 3に示す。国際共同プロジェクトの目標に記したように、本プロジェクトの JST 達成目標は「サヘル地域に適合した水・衛生システムを開発する」ことにある。また、上位の目標として、「日本発の水の安全保障を確保するシステムの開発と人材育成により西アフリカ地域の水・衛生設備計画に寄与し日本発の持続可能なサニテーションモデルが構築される。」ことを設定している。

図では100%の到達度として、(1)サヘル地域の農村地域に適合した水・衛生システム(農村モデル)が開発される、(2) サヘル地域の都市地域に適合した水・衛生システム(都市モデル)のうち、雑排水関連モデルが開発される、(3) 新たな水・衛生システムを導入するために研究・協力プログラムを含めた社会システムを提案する、の3項目をあげている。これは上記の4つのアウトプットに対応し、上記アウトプット(3)と(4)が 100%達成度の社会システムの提案に対応したものである。

それぞれの項目について、100%達成のための道筋として、上記の各アウトプットに対応した指標が図—1には構造的に示されている。

以上の目的を達成するため、本プロジェクトでは、10 の研究グループを組織している。以下に各研究グループの実施内容を以下に示す。

研究課題名	アフリカサヘル地域の持続可能な水・衛生システム開発
研究代表者名 (所属機関)	船水尚行(北海道大学大学院教授)
研究期間	H21年度採択課題(5年間)
相手国名	ブルキナファソ
主要相手国研究機関	国際水環境学院(2IE)

### 上位目標

日本発の水の安全保障を確保するシステムの開発と人材育成により西アフリカ地域の水・衛生設備計画に寄与し日本発の持続可能なサニテーションモデルが構築される。

サヘル地域に適合したモデルの思想を發展させ、世界共通の課題である持続可能な水システムの基本コンセプトとその地域性に適合したモデルを提案する(サヘルモデル、日本モデル等)。

### プロジェクト目標

「集めない」「混ぜない」を基本コンセプトとしたサヘル地域に適合した水・衛生システムを開発する。

### その他の重要成果

日本の科学技術への貢献	西アフリカ全域の水・衛生システムに関する施設整備計画への日本の科学技術の寄与 ・日本の将来の社会・経済状況の変化と世界的課題である循環型社会の形成に寄与する水システム構築に貢献	・用水側支援(深井戸掘削)から廃水側、衛生側支援への質的転換寄与 ・日本発の知見・技術によるミレニアム開発目標への寄与 ・西アフリカでの日本の研究拠点設立への布石
特許出願/民間企業への成果移転	現地生産された水・衛生設備の西アフリカ地域への普及	・事業化(低コストコンポストトイレ製造) ・日・西アフリカ水関連企業との人脈拡大への橋頭堡
レビュー付雑誌への掲載	6チーム×年1件以上	
人材育成(日本人研究者)	・途上国のサニテーション研究に精通した国際的研究者の輩出	
科学技術の対話/情報発信	アウトリーチ活動 国内1回/年 国外1回/年	メディア掲載

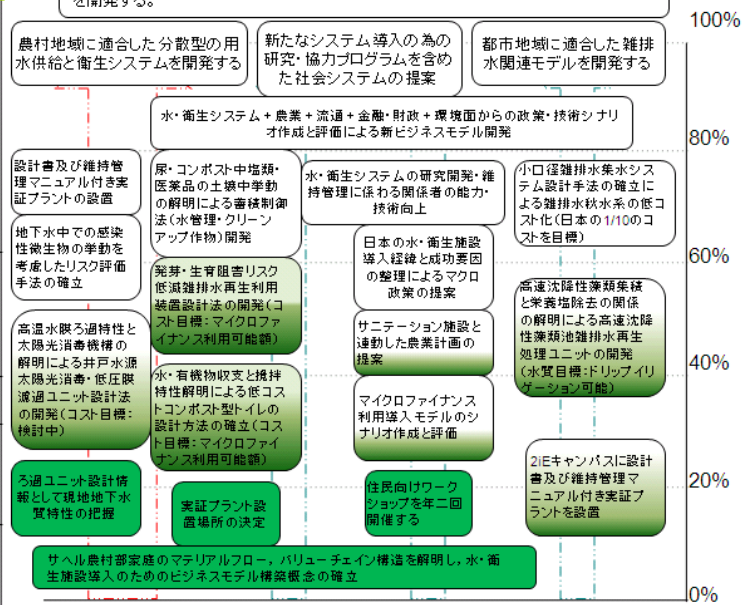


図-2.3 プロジェクトの目標、達成度

## (1)サニテーション要素技術開発チーム

### ①研究のねらい

本研究チームは農村モデルに用いる

(1)低コストコンポスト型トイレの設計法の確立, 現地調達資材利用可能性の検討を実施する. また, 日本国内において分離回収した尿を対象に

(2)尿の処理, 栄養塩の回収法の検討も行う.

### ②研究実施方法

#### (1) 低コストコンポスト型トイレの設計法の確立, 現地調達資材利用可能性の検討

従来型コンポストトイレ(し尿とおが屑を混合し, 水分を蒸発させ, し尿を安定化して肥料(コンポスト)を作成するトイレ)を開発途上国で使用するには次のような欠点が存在している:(1)電気エネルギーを必要し, 運転経費が高いこと, (2)トイレそのものの価格が高価であること. これらの欠点を克服する方法として, 糞便と尿とわけて処理することが有用であることがこれまでのCREST研究で明らかとなっている. また, 低コスト化のためには人力による攪拌が必要となることから, 累積糞便処理量と必要攪拌力の関係の実測を室内実験により行い, 使用期間, 糞便負荷と必要攪拌力の関係を定め, トイレ容量の設計方針を定める. また, 現地取得可能な材料の選定が低コスト化に必須なことから, 攪拌装置, 反応装置材料の必要強度を攪拌力との関係で定める.

低コスト化のもう一つの要因に, 使用するマトリックスがあげられる. 従来はおが屑を用いてきたが, 現地入手が容易なマトリックス(稲藁, とうもろこしの茎, 小麦の茎, ココナツの殻, 綿花の茎等)の利用可能性を, コンポスト化反応装置による反応速度の測定により検討する. また, 実証実験結果をもとに, 水分管理, 病原微生物管理の観点から, 装置容量設計法の見直しを行う.

また, 使用者がトイレから受ける病原リスクを許容範囲内に留めておくための管理手法の確立を目指す. そのための基礎的知見として, トイレ内での病原微生物の不活化メカニズムに関する知見を集積し, かつ病原微生物の不活化を促進するための手法を確立することが必要となる. 具体的には, 既に大腸菌で実証済みの石灰投入法を検討し, 石灰投入による促進のメカニズムを解明する.

#### (2)尿の処理, 栄養塩の回収法の検討

尿の処理に関する検討では, 1.体積の減少(濃縮), 2.窒素・リンの回収, 3.医薬品等の処理の3項目が必要である. これら3項目について, 日本国内において実験室規模の実験を行う. 体積の減少法については, 布等の媒体を用いた水分蒸発法と電気透析法について検討する. 窒素・リンの回収法では尿から直接回収の方法を検討する. 医薬品等の処理では電解法を検討する.

### ③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

- 手動攪拌, 低コスト, 現地制作可能な反応槽の試作機が完成し, 代替マトリックスを含めたコンポスト化反応実験により, 従前の装置と同等の処理性能は確認された.
- インターフェイスのデザイン検討に着手した. その結果を反映したプロトタイプ of 作製, パイロットテスト用1号機の作製がそれぞれ行われた.
- 病原菌の不活化は担体による違いはなく, いずれの担体においても石灰添加により病原細菌の不活化が促進され, 特定酵素や細胞外膜への損傷が顕著になることが分かった. コンポスト反応後は, トイレ一台あたり石灰 850g を添加することが病原リスクの観点から望ましいことが分かった.
- 今後は, 2011 年度末から開始予定の3村でのパイロットテストの結果をフィードバックし, インターフェイスデザインの改良, 反応槽サイズの再評価, O&M のスキーム検討を行う.

### 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)

これまでの workshop においてこれまで日本側で実施してきた, コンポストトイレの機能(有機物分解特性, 水分移動特性, 窒素挙動, 病原微生物不活化機構, 医薬品分解機構)に関する研究成果を共有した. また, コンポスト化反応速度測定装置, コンポストトイレ攪拌力測定装置を日本より移送した. また, 2iE の技術員を日本国内に2名招き, 大腸菌不活化速度測定法(寒天培地), コンポスト分析法(pH, EC, Total C, Total N)の技術移転を行った.

### 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)

特になし.



## (2)農村モデル用雑排水要素技術開発チーム

### ①研究のねらい

本研究チームは農村モデルに用いる

(1) し尿以外の雑排水を処理, 再生利用するための, 自然処理システムの合理的設計法の開発を実施する.

### ②研究実施方法

開発途上国における雑排水の発生量や汚濁負荷についてはほとんど知見がない. 有機物, 栄養塩類などのデータも必要であるが, 特に病原体がどの程度含まれているかは, 雑排水の処理システムや再利用方法に大きな影響を与える. 例えば, 乳幼児や家畜の排せつ物の取り扱い如何によっては, 雑排水中にも多量の病原体が存在する可能性があり, 雑排水処理水を農地に散水すると地下水の汚染を引き起こす恐れがある. 開発途上国の農村部において, ある程度給水が確保されている場合, どのような水量, 水質の雑排水が発生しているかを確認するとともに, 生活習慣や水使用量の違いによる特性を抽出する. また, 雑排水中の感染性微生物の存在について調査を行う.

雑排水は処理後農業用灌漑用水として利用するため, 従来の処理において処理対象であったBOD, 窒素, リン成分よりは, 農作物に影響を及ぼすことが知られている界面活性物質除去, 灌漑施設の閉塞防止, 病原リスク低減が処理の目的となるのが, 従来の処理法開発とは異なる点である. このため, 農村モデルでは礫等を用いた維持管理の労力の少ない簡単な処理システム(雑排水マイクロ処理・再利用システム)を開発する. 特に農村モデルでは水使用量が一人一日約30~50Lと極めて少ないことから, 戸別の従来型と比較して極めて小型のシステムとなる. 利用可能な資材, コスト, ならびに社会経済条件を考慮し, 実験により得られる反応速度式をもとに合理的な設計法を提案する.

雑排水処理に関する検討は, 日本国内における実験室規模実験, パイロットスケール実験, ならびに 2iE におけるパイロットスケール実験により実施する.

### ③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

- Ziniaré commune の Kologondiessé 村をはじめ, パイロットファミリーの水使用量と入手および排水経路, 水利用形態, 水系に混ざる可能性のある物質(洗剤, 医薬品等)の把握.
- 雑排水処理ユニットの設計法確立.
- 日本国内の実験室規模実験により, 雑排水の作物生育阻害毒性が本処理により低減されることを確認.
- 今後は, 2011 年度末から開始予定の 3 村でのパイロットテストの結果をフィードバックし, 反応槽サイズの再評価を行う.

### 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)

workshop においてこれまで日本側で実施してきた, 土壌処理に関する研究成果を共有した. また, 2iE の技術員を日本国に2名招き, 植物毒性評価(発芽試験), 水質分析(COD, TP)の技術移転を行った.

また, 2011 年 10 月から約 2 ヶ月間, 2iE の David Monienga が来日し, 北大で研修を行った. 彼は, ブルキナファソで入手した石鹼および洗剤を用い, CN コーダーを用いた炭素, ICP-AES を用いた陽イオン分析, HACH システムを用いたリン分析, および発芽試験による植物生長阻害試験を行い, その技術を習得した.

### 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(あれば)

特になし.

### (3)都市モデル用雑排水要素技術開発チーム

#### ①研究のねらい

本研究チームは都市モデルに用いる

- (1) 地域素材を用いたコミュニティスケールのオキシデーションディッチ, 安定化池, 仕上げ池雑排水処理／再生利用(灌漑利用)ユニットの開発
- (2) 小口径雑排水集水システム設計手法の確立

を実施する。

特に、サブサハラの都市部における水と衛生の改善のためには、し尿の適正な処理・再利用とともに、今後の水道の普及とともに増大する雑排水対策が必要である。高速酸化池はサブサハラの気候に適した簡易な処理法であるが、処理水中に高濃度の藻類が含まれるため、都市内で処理水を再利用する場合さまざまな障害を起こす可能性が高い。処理水中の藻類を除去することによって、再生水の用途が広がるとともに、除去した藻類からメタンガス、栄養塩類といった資源を回収することが可能となる。本研究では、高速酸化池処理水から簡易な方法で藻類を高効率に回収する技術を開発するとともに、除去した藻類から有価資源を回収する技術を開発する。

#### ②研究実施方法

通常、酸化池処理水からの藻類除去には凝集剤を添加した微細気泡浮上分離法が用いられるが、コストや適正技術の面からサブサハラにおいての適用性は低い。本研究では活性汚泥法のように、沈殿池にて沈殿した藻類を酸化池に返送する方法で凝集性の高い藻類を選択的に酸化池内で増殖させる「活性藻類法」を開発する。ベンチスケール実験装置を製作し、運転を行うとともに、Ouagadougou の 2iE 内にてパイロットプラントを建設するための設計条件の検討を行っている。

#### ③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

- 高速沈降性藻類池(HRSAP) ベンチスケール実験装置を運転し、沈降性藻類への選択圧により処理水質の向上と固形物回収率の効率化を確認。
- 藻類の沈降特性・処理水性状と SRT の関係を得、装置の設計条件を設定。
- 都市モデル用パイロット試験装置を設計。

#### 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)

HRSAP ベンチスケール実験装置の運転、解析にあたっては 2iE の学生を北海道大学工学院の博士課程に在学してもらい、共同で実施している。

#### 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(あれば)

特になし。

#### (4) 用水要素技術開発チーム

##### ① 研究のねらい

本研究チームは農村モデルに用いる

- (1) 井戸水を水源とする太陽光消毒・低圧膜ろ過ユニットの開発と合理的設計法の確立
- (2) 地下水中での感染性微生物の挙動を考慮したリスク評価手法の確立

を実施する。

##### ② 研究実施方法

東京大学において、プロセス開発の基礎的な実験を行い、現地での実験を 2iE が行う。

##### (1) 井戸水を水源とする太陽光消毒・低圧膜ろ過ユニットの開発と合理的設計法の確立

無電力で飲料用途のみの水を処理する太陽光消毒・小型膜ろ過装置を開発する。そのために、事前調査、装置開発を実施する。

事前調査では、地下水を主要な水源として想定していることから、地下水の現状について文献調査を含め、汚染状況や利用可能水量、必要となる処理の程度などを考えるために地下水調査を行う。深井戸については、花崗岩の分布をもとにフッ素濃度の調査を行い、深井戸水飲用による健康リスク評価を行う。

装置開発では、現地の予備調査に基づき、飲料水は深井戸または浅井戸の井戸水とし、ブルキナファソ政府の飲料水供給計画に従い、半径 300m 以内に住む 300 人に飲料水を供給するためのシステムを考える。飲料以外の水は各戸にある井戸水などを用いることとし、飲料水は各戸に持ち帰ることとするため、給水施設は建設しない。太陽光消毒システム(SODIS)は 1980 年ごろから提唱され、PET ボトルに詰めた水を屋根に乗せる方法が採用されているが、必ずしも住民に広く受け入れられていない。これは、消毒に 2～6 時間かかるために、飲みたい時に消毒された水が得られないことも理由とされている。そこで、本研究は SODIS を大型化し、給水拠点となる井戸付近には常に飲料水が得られるようにする。さらに、セラミックろ過と組み合わせることで、感染性微生物の低減を図る。ここでは太陽光により加温された 60℃～70℃に加温された水をろかするため、低い圧力での操作が可能であり、ハンドポンプなど人力によって供給される圧力により、膜ろ過および逆洗工程を一日の限られた時間のみ行う装置を考えている。このような装置では、膜ろ過を連続使用する場合において発生する深刻な膜ファウリングは発生しないことが予想され、適正な膜透過フラックスの設定法が主要な検討課題となる。本方式では、太陽光による消毒と膜によるろ過を組み合わせることで、より高い微生物の除去率を達成することを目指す。膜ろ過は装置の小型化が容易であり、井戸ごとの分散型処理が可能になることも大きな利点となる。本研究では、物理的な強度が非常に高いセラミック膜を用いて上記のような運転が可能となる小型膜ろ過装置を作成する。無電力型小型セラミック膜ろ過装置を作成し、事前調査結果をもとに試料水を作成(バクテリオファージの添加も含める)し、間欠ろ過実験に基づく基礎的検討を行う。上記のハンドポンプ使用低圧膜分離ユニットでは薬品の使用や電力供給を前提としていない。そのため、従来の薬剤等を用いた消毒とは病原微生物の不活化機構や用水運搬・貯留時の挙動が異なることとなり、どのような形で安全性が担保できるかについての評価手法を新たに確立する必要がある。

##### (2) 地下水中での感染性微生物の挙動を考慮したリスク評価手法の確立

西アフリカ地域では、トイレの使用後水で体を洗う習慣がある。このことは、トイレが水供給点をかねる場合があり、トイレが井戸の近くに設置される傾向がある。このため、地下水を媒介する井戸汚染を防ぐための方策、たとえば飲料水の給水拠点を選んで、飲料水はそこで処理して、各戸に持ち帰る方法を提案する。この場合も、各戸の畑に散布した雑用水から、地下水の汚染が起こらないよう、地下水の流動を考慮したリスクの評価手法について検討する。

##### ③ 当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

今年度は、昨年度にくらべてサンプリング箇所を拡大する方向で、深井戸水、浅井戸水、地表水(ため池)、家庭内の水タンクなど複数の水源から採水し、現地の住民が使用している水の水質を評価した。これにより、現地の乾季における水質状況は凡そ把握することができた。今後は、雨季の水質状況を把握する必要があるが、現地の水質評価は、およそ当初の計画通り進んでいる。セラミック膜によるろ過は、これまでのところ基礎的な研究を進めている段階であり、今後は、現地への適用も考慮した実験を進める必要がある。

##### 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)

日本側からは、日本のセラミック膜を用いた基礎実験の結果、並びに太陽熱を利用した膜ろ過システムの基本概念について説明を行った。また、2iE 側からは、セラミックポットを用いたろ過について、ブルキナファソでの生産施設が稼働を始めたことの説明があった。

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)

乾季と雨季とでは、地下水の水位が大きく異なっており、乾季には地表水がほとんどなくなるため、涵養源が喪失する。一方、比較的深い帯水層は、乾季でも水を蓄えており、それらの帯水層に関する詳しい情報を入手する必要がある。

## (5)農業要素技術開発チーム

### ①研究のねらい

本研究チームは農村モデルで必要となる

(1) 土壌への塩蓄積を考慮した水管理と適切な作物選択を実施する。また、

(2) 尿・コンポストの流通系形成に必要な要因整理も実施する。

### ②研究実施方法

本農村モデルでは、雑排水の処理水を尿の希釈用に用いて、農地への灌漑を行う。サヘル地域では降水量に較べて蒸発散量が多いため、尿の利用に伴う塩類の蓄積が懸念される。水管理による土壌中の塩類の洗浄法や塩分吸収能力を有する作物、耐塩性の高い作物について、その市場性を検討することにより、適切な水管理と作物選択を行う。

変動する降雨を効率的に自己流域内の土地(土壌)に収集するマイクロキャッチメント手法の適用性についてモデル試験地を選び、エコサンから供給されてくるコンポスト有機肥料の導入を考慮した食糧生産基盤の安定化とリスクについて検討する。

このため、最初に、本研究プロジェクトに係わる地域や住民の社会意識および作物栽培とコンポスト有機肥料の需要と供給の関係を調査する。モデル試験地における対象作物の病原菌に対する問題と土壌の塩類集積による問題が主要な環境リスクになるため、対象作物の種類や作付け組み合わせを現地で予備的に検討した後に、複数年に亘る現地実証モデル実験とモニタリングを行い、問題と課題を分析し、大学や政府との連携のもとにコミュニティの住民が自立的・持続的に対応可能な社会システムの具体的なモデルを提案する。

### ③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

- 現状の評価を目的にブルキナファソの過去(1960-2000年)の月別雨量資料の統計的な変動傾向の解析を行い、降水量変動と作物収穫高の相関について解析した。
- 農村域(Ziniare)でトマト、タマネギ、ナス、ウリ、シントウが換金用作物として栽培されていることを確認した。これらのうち、トマトは隣国ガーナへの輸出体系がすでに整っていること、さらに、乾燥・塩害に強いことから、現地での栽培作物の候補の一つとして挙げられる。しかし、トマトは連作が利かないため、トマトとの輪作が可能な数種の作物も選択する必要がある
- 土壌への塩蓄積を考慮した水管理と適切な作物選択については、耐塩性を有すること、吸肥能力が高いこと、現地でも天水のみで栽培されていることより、オクラとソルガムに着目し、輪作体系に組み込むことでその除塩効果を期待する輪作体系モデルを作った。次年度にオクラおよびソルガムの除塩効果の検証を行う。
- 現地実証家庭で利用可能なコンポスト、尿、雑排水の量を想定すると、野菜栽培は雑排水量に制限されることが推算され、効果的な雑排水・雨水回収方法、節水技術が求められる。
- また、農業側のリスク評価方法として、ペトリ皿を用いた簡易発芽試験によるバイオアッセイを灌漑水質の評価方法として新たに応用し、発芽・根長阻害の観点から雑排水中の界面活性剤は9 mg/L以下に処理することが望ましいことが分かった。

### 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)

国際協力機構(JICA)地域特設集団研修コース:POLICYMAKING OF WATER AND ENVIRONMENT MANAGEMENT IN MIDDLE EAST AND AFRICAN COUNTRIES にブルキナファソ国枠を2009年から設定し、毎年2名の研修生を2iEと農業水資源省から受け入れている。

2iEの研究員を2名日本国に招き、水質分析(界面活性剤測定法、全リン測定)、土壌分析(土壌pH・EC測定法、保水性試験、微量物質抽出法)、植物栽培法(ポット栽培、発芽処理方法)、病原菌検出法(PCR法)の技術移転を行った。

また、現地にて2iEの技術員および技士に植物栽培法(ポット栽培)の技術移転を行った。

### 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

これまでの調査により、ブルキナファソ農村域において水使用量は一日一人あたり30-50Lと少量であることが分かっており、再利用可能な雑排水はそれより少ないと考えられる。そのため、雑排水処理装置の簡易化が求められているが、処理水の浄化基準は定まっていない。そこで、雑排水の農業再利用時の浄化基準を定めることを目標とし、各種雑排水の植物毒性を事前に日本国内で評価した。結果は3.2 現時点での成果の

項を参照願いたい。

これまでの調査により、現地では抗マalaria薬の消費が多いことが明らかになった。医薬品の一部は尿中から排出されることから、尿の農業再利用の際には尿中由来の抗マalaria薬が農地に混入することが想定される。そこで本研究では尿中由来抗マalaria薬の農地での動態を調査することを目的に、その一歩目として土壌中からの抗マalaria薬測定方法の検討を行った。一定濃度の抗マalaria薬4種を土壌中に添加し、土壌からの抽出、固相カートリッジによるクリーンアップ、LC/MSでの測定を行った。土壌抽出用の溶媒を検討したところ、メタノールにKClを混ぜた溶媒での抽出効率が良かった。これは抗マalaria薬のアミド基が土壌と電気化学的に結合していたためと考えられる。本方法に従い、ブルキナ国内で特に消費の多い、アルテスネート、アモジアキン、キニーネ、サルファドキシシンについての抽出効率を確認し、土壌+植物栽培系での抗マalaria薬の動態を今後検討する。

## (6) 社会化要素技術開発チーム

### ① 研究のねらい

本研究チームは農村モデルと都市モデルについて

- (1) 従来援助方策の評価
- (2) 財政的, 制度的要因の整理
- (3) 維持管理システムの要因整理

を行う。また,

- (4) コミュニティリーダー養成のためのworkshop開催
- (5) 実証実験実施協力機関の組織化
- (6) 社会化:メディア, 学校, 女性団体

を実施し,最終的に水と衛生のシステムについて財政, 制度案を提案することを目的とする。

### ② 研究実施方法

農村モデルについて:

アフリカ地域を対象に,これまでの水・衛生システムに関する従来の技術援助の概要とその効果に関する社会科学的な調査研究を行い, 導入, 維持管理体制の構築に必要な要因を明らかにする。また, 農村共同体の意志決定機構の歴史的経緯, ならびにブルキナの主要農業である木綿産業組織の, 水資源を巡る国家政策との折衝と反発, 合意などの経緯を調査研究し, 政治学的な側面から新システム導入/維持管理体制に必要な要因を整理する。また, ブルキナファソ地域を対象に, 水を管理する社会組織(村落共同体や農業団体)と, 農業・環境省などの国家政策との連関を調査・研究する。加えて, 国や地方政府の財政的, 制度的仕組みの提案を行う。

都市モデルについて:

雑排水処理水の農業利用可能性を高める方策の検討の一つとして, 処理水再生利用を進める上での障害の整理と促進方策に取り上げるべき要因を整理する。また, 処理水中の肥効成分をより有効に活用できる利用方法の検討, 処理水の農業利用に関する住民参加の可能性を検討する。また, 処理水の農業利用に関する住民参加, 住民教育の可能性に加え, 村落共同体や農業団体と, 国の機関の各レベルにおける財政的, 制度的要因について検討する。

### ③ 当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

現地調査を2009年11月, 2010年3月, 2010年9月, 2011年4月, 2011年9月, 2011年12月, 2012年1月, 2012年3月の合計8回実施した。

### 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)

2010年3月, 9月, 2011年3月, 2012年3月に実施した, workshopにおいてこれまで日本側で実施してきた, 社会科学的なアフリカ研究成果を共有した。

### 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(あれば)

(1) 新しい課題の設定:「新しい水・サニテーションシステム導入, 維持管理のための社会システムを提案し, 新システムの実装に向けての準備を進めるために, 導入のためのビジネスモデルを開発する。」ことを課題に加えた。

ここでは, 下記のような活動も含める:

- 地域のマテリアルフロー解析
- BOPビジネスモデルの調査
- 水システム導入の成功例として日本モデルの分析
- 新しいモデルに対する, ブルキナファソの財政, 社会・経済, 衛生・環境面からの政策シナリオの評価

(2)2011年10月29日にWorkshop on Application and diffusion strategy of Sustainable Sanitationを北海道大学工学部アカデミックラウンジで開催した。本ワークショップは, プロジェクトの協力者・理解者になっていたさまざまな各種専門家(BOPビジネス, NGO, 国際協力などの経験および知見をもつ方々)を招き, 社会実装のための戦略・モデルについて議論するために開催された。

理解者・協力者になっていた方(5名), プロジェクトメンバーおよび学生(17名)の合計22名が参加した。

①プロジェクトの説明, ビジネスモデル(案)のコンセプト説明, ②水・衛生施設の社会実装の方法について, そのビジネスモデルについての議論を行った。今後はFriends of SATREPS上および定期的なワークショップにおいて議論を継続していくことが合意された。

## (7)農村モデル実証実験チーム

### ①研究のねらい

本研究チームは実証実験により農村モデルを次の観点から評価することを目的とする。

- (1) 物理的な処理性能
- (2) 社会的受容性
- (3) コンポスト・尿・雑排水の農業側性能
- (4) 経済性

また、下図のようにこれらの成果を要素研究にフィードバックするための情報整理を行う。

本申請での新しい水・サニテーションシステムの開発では(1)要素技術開発→(2)システム化と実証実験→(3)システム評価→(1)要素技術開発という技術のイノベーションのサイクルが重要と考えている。このサイクルの中で、(a)要素技術開発、(b)実用化へのシステム化を行う実証実験、(c)水・衛生システムを支える社会システムに関する現地社会科学的な調査研究を行う。

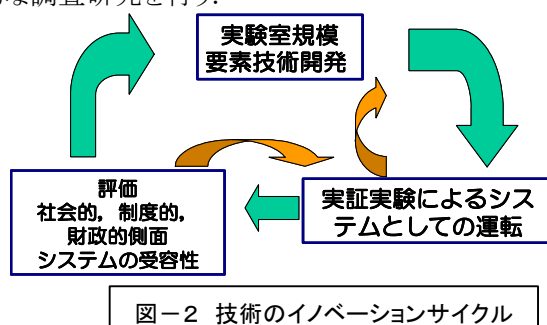


図-2 技術のイノベーションサイクル

### ②研究実施方法

実証実験施設の試作後、ブルキナファソ国内に設置し、システムとしての衛生工学的評価ならびにアンケートによる受容性の評価を行い、技術改善点の洗い出しを行う。特に、乾燥地帯では節水が最も基本的な問題解決策であるため、水を使わない尿尿分離型のバイオトイレの実証プラントを設置し、半乾燥気候下での処理性能と維持管理を含めた適用性を持続性の評価を加えて検討する。平均気温が高く湿度の低い半乾燥気候下では、コンポスト型トイレの適用ポテンシャルは高いことが予想されるため、現地実験にて効率と効果と妥当性を実証する。

実証実験では、コンポスト化反応の制御に重要な有機物の安定化、水分収支、病原微生物不活化というコンポストトイレの基本性能の確認を行う。雑排水処理に関して、負荷変動への適用性を把握する。利用者へのアンケートによるトイレ、コンポスト、再生水の受容性を把握し、要素技術の問題点を明らかにする。

また、コンポスト、尿、雑排水の農業利用ではその肥効性の実証ならびに塩分対策の有用性を検討することも重要な項目である。

なお、実証実験場所の選定が極めて重要であるとの判断から、実証実験場所、実証実験施設の現地生産可能性の検討等の実証実験準備と新システムの事前評価に十分な時間を用意する。

### ③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

- パイロットファミリーの選定と、世帯別の詳細調査を完了した。パイロットテスト用のコンポストトイレ、尿収集設備および雑排水収集・処理施設の基本設計が完了し、設置に着手した。2012年度前半にはパイロットテストを開始できる見込みとなった。
- 家庭単位でのマテリアルフローならびにバリューチェーンの実態を明らかにした。
- 実証実験を行う3つの村において、プロジェクトの考えとどのようなことを行うか周知するための information workshop を開催した。
- 今後は、6世帯のパイロットファミリーにおいて、各装置の性能評価、実際の使用方法の観察に基づくインターフェイス改良の検討、O&M スキームの検討を行う。なお、設置した装置に大きな不具合、使用上の不都合が確認された場合は、速やかに改良を行う。
- パイロットテストによって得られた各装置およびシステムの改良すべき点を整理し、第2段階のパイロットテストにフィードバックする。

### 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)

2010年3月、9月、2011年3月に実施した、workshop においてこれまで日本側で実施してきた、し尿と雑排



水に関する研究成果を共有した。

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(あれば)特になし。

## (8)都市モデル実証実験チーム

### ①研究のねらい

本研究チームは実証実験により都市モデルを次の観点から評価することを目的とする。

- (1) 物理的な処理性能
- (2) 社会的受容性
- (3) 雑排水処理水の農業側性能
- (4) 経済性

### ②研究実施方法

2iE 新たに建設するサステイナブルキャンパスに本雑排水処理・資源回収システムを実証実験装置として建設・運転し、システムとしての衛生工学的評価ならびにアンケートによる受容性の評価を行い、技術改善点の洗い出しを行う。

### ③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

アンケート調査により、実証実験プラントの設計のための基礎数値を得た。この数値をもとに、実証実験プラントとして、Kamboinceキャンパス内の学生寮の一区画(定員40名)から発生する雑排水を収集、処理する処理水量は3m<sup>3</sup>/日 HRSAPを建設することとした。プラント躯体ならびに周辺設備の設計は終了し、施工監理、土木工事部分の工事契約も終了した。なお、建設終了が2012年6月と当初より約半年間遅れることとなっている。これは、2011年4月-7月間のブルキナファソからの退去勧告、ならびに現地コンサルタント、コントラクターとの契約に予想以上の時間を要しているためである。

### 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)

2010年3月, 9月, 2011年3月に実施した, workshop においてこれまで日本側で実施してきた, 安定化池に関する研究成果を共有した。

### 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(あれば)

特になし。

## (9)キャパシティデベロップメントチーム

### ①研究のねらい

本研究チームは

- 共同研究を通じた研究者養成
- 若手研究者の日本研修, 相互交流
- 水と衛生に関する教育センター組織化
- 水と衛生に関する各種グループ研修システム提案
- 技術者研修コース提案
- 博士課程プログラム提案
- 国際シンポジウム開催
- セミナー, ワークショップ開催

を目的とする。

### ②研究実施方法

教育プログラムの提案では, 北海道大学で実施中のサステイナビリティ学教育プログラムとの連携, インターネットを利用した遠隔講義の利用を検討し, 総合的な博士課程教育プログラムの構築を検討する。また, 2iE における学位授与のための副査等を日本側研究者が担当するなどの方策を検討する。

ワークショップは年間 2 回, 国際シンポジウムを年 1 回開催する。特に, 国際シンポジウムでは, 西アフリカ, ヨーロッパ, 日本からの研究者が容易に集うことができるフランスでの開催を重視する。また, 2012 年にマルセイユで開催される世界水フォーラムにおいて会議を開催し, 本プロジェクトの成果, 基本的考え方の普及の機会とする計画である。

### ③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

(1)workshop 開催: 3回開催した(2010 年 3 月, 2010 年 9 月, 2011年3月)

(2)国際会議開催: 2010 年 9 月パリ, 2011 年 10 月札幌, 2011 年 11 月バンドン(インドネシア), 2012 年 3 月マルセイユで開催した。

(3)住民向けワークショップの開催

- 実証実験を行う3つの村において, プロジェクトの考えとどのようなことを行うか周知するための information workshop を開催した。

(4)その他会議の開催:

- 北海道大学サステイナビリティウィーク開会シンポジウムにおいて, 「水の国際開発援助に対する日本の役割」を開催。
- 北海道大学—JICA 共同シンポジウム「安全な水を世界の人々に届けるための国際協力のあり方～日本の水技術を活用する方策～」を開催。
- Indonesia- Burkina Faso- Japan, Joint Seminar on Sustainable Sanitation を開催。

(5)教育: 文部科学省国費留学生として 2 名の選考を実施。

(6)研修: 2iE の研究員を4名日本国に招き, 水質分析(界面活性剤測定法, 全リン測定), 土壌分析(土壌 pH・EC 測定法, 保水性試験, 微量物質抽出法), 植物栽培法(ポット栽培, 発芽処理方法), 病原菌検出法(PCR 法)の技術移転を行った。

### 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)

特になし。

### 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)

特になし。

## (10) マニュアル作成チーム

### ① 研究のねらい

本研究チームは

- (1) 農村モデル導入・設計・維持管理マニュアル
- (2) 都市モデル導入・設計・維持管理マニュアル
- (3) 実装にむけてのロードマップ
- (4) 地域実情に即した最適システム選定

を実施する。

### ② 研究実施方法

要素技術開発, 実証実験結果を基礎とし, 技術のイノベーションサイクルをまわすごとにマニュアルを改良していく。

### ③ 当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

現在はマニュアル作成の段階にない。

### 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)

3月, 9月に実施した, workshop においてこれまで日本側で実施してきた, 水と衛生技術に関する研究成果を共有した。

### 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(あれば)

特になし。

## 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 8 件):

※国際については in press 2 件含む。

#### ② 本プロジェクト期間累積件数(国内 1 件, 国際 16 件)

#### ③ 論文詳細情報

- (1) Ken USHIJIMA, Nowaki HIJIKATA, Ryusei ITO and Naoyuki FUNAMIZU: Effect Estimation of Dry-Toilet Application for Rural Farmer Family in Burkina Faso, *Journal of Arid Land Studies* (in press)
- (2) Muhammad Masoom Pahore, Ryusei Ito, Naoyuki Funamizu: Assessment of water evaporation rate from synthetic urine using an onsite volume reduction system, *Water Science and Technology*, accepted on 17<sup>th</sup> June 2011 (in press)
- (3) Masahiro MURAKAMI and Akihiro NISHIYAMA, Creeping Environment Problem of Rapid Growth of Water Hyacinth in the Shallow Reservoir of Ishiduchi with Influence of Global Warming at Warm Temperate Region in Japan, *Journal of Water Policy and Integrated River Basin Management*, Vol.1, No.1, pp.21-29, 2012
- (4) Mokhtar Guizani,†\*a Yosuke Nogoshi,‡a Fahmi Ben Fredj,b Junkyu Han,b Hiroko Isodab and Naoyuki Funamizu Heat shock protein 47 stress responses in Chinese hamster ovary cells exposed to raw and reclaimed wastewater, *J. Environ. Monit.*, 2012,14, 492 -498
- (5) Moustapha Sene, Nowaki Hijikata, Ken Ushijima, Naoyuki Funamizu, , Adequate human urine application pattern for agriculture, *International. Research. Journal of Agriculture Science and Soil Science*, 2(1): pp.038-045, 2012
- (6) Muhammad Masoom Pahore, K. Ushijima, R. Ito, N. Funamizu: Fate of nitrogen during volume reduction of human urine using an onsite volume reduction system, , *Environmental Technology*, DOI: 10.1080/09593330.2011.560192
- (7) Mokhtar Guizani, Hideaki Kato and Naoyuki Funamizu: Assessing the removal potential of soil-aquifer treatment system (soil column) for endotoxin. Mokhtar Guizani, Hideaki Kato and Naoyuki Funamizu. *J. Environ. Monit.*, vol.13, NO.6, pp.1716-1722, 2011
- (8) Muhammad Masoom Pahore, R. Ito, N. Funamizu: Performance evaluation of onsite volume reduction system with synthetic urine using water transport model, *Environmental*

- Technology, 32(9), pp.953-970, 2011, DOI: 10.1080/09593330.2010.521954
- (9) Guizani M., Dhahbi M. and N.Funamizu: Characterization of endotoxic indicative organic matter (2-keto-3deoxyoctulosonic acid) in raw and biologically treated domestic wastewater, Water Research Vol.45 No.1, pp.155-162, 2011
- (10) 牛島健, 吉川宙希, A.P.Huelgas, 伊藤竜生, 船水尚行: 生活雑排水のオンサイト処理を想定した間欠流入下における MBR の処理特性, 環境工学論文集, Vol.47, pp. 2010
- (11) Pahore Masoom, R.Itoh, N.Funamizu: Rational design of an onsite volume reduction system for source-separated urine, Environmental Technology, vol.31, No.4, 399-408(2010)
- (12) Huelgas, A., Nagata, H., Funamizu N.: Flat-plate submerged membrane bioreactor for the treatment of higher-load graywater, Desalination 250, 162-166(2010)
- (13) Guizani M., Dhahbi M. and N.Funamizu: Survey on LPS Endotoxin in rejected water from sludge treatment facility, J. Environ. Monit. 2009,11, 1935 - 1941, DOI: 10.1039/b911165d
- (14) Guizani M., Dhahbi M. and N.Funamizu: Assessment of endotoxin activity in wastewater treatment plants, J. Environ. Monit., vol.11, 1421-1427(2009). DOI:10.1039/b901879d
- (15) Hotta S. and Funamizu N.: Simulation of accumulated matter from human feces in the sawdust matrix of the composting toilet, Bio-resource technology, Vol.100, Issue 3, pp.1310-1314 (2009)
- (16) Huelgas, A., Nagata, H., Funamizu Aileen: Effect of organic loading rate for onsite treatment of kitchen sink wastewater using subMBR. ENVIRONMENTAL ENGINEERING SCIENCE, Vol. 26, Issue: 1, pp.15-23(2009)
- (17) Huelgas, A., Nakajima, M., Nagata, H., Funamizu, N. Comparison between treatment of kitchen sink wastewater and mixture of kitchen sink and washing machine wastewaters. *Environmental Technology*. ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY, Vol.30, Issue:1, pp. 111-117(2009)

## (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) サニテーション要素技術開発チーム

#### ① 研究者グループリーダー名

日本側: 伊藤 竜生(北海道大学大学院工学研究院・助教)

相手国側: Amadou Maiga (2iE・Professor)

#### ② 研究項目

- 低コストコンポストトイレの開発
- 尿の処理と栄養塩の回収(国内のみ)

### (2) 農村モデル用雑排水要素技術開発チーム

#### ① 研究者グループリーダー名

日本側: 牛島 健(北海道大学大学院工学研究院・特任助教)

相手国側: Ynoussa Maiga (2iE・Researcher)

#### ② 研究項目

- 雑排水処理技術(土壌処理)

### (3) 都市モデル用雑排水要素技術開発チーム

#### ① 研究者グループリーダー名

日本側:高橋 正宏(北海道大学大学院工学研究院・教授)

相手国側:Ynoussa Maiga(2iE・Researcher)

② 研究項目

- 地域素材を用いたコミュニティスケールのオキシデーションディッチ, 安定化池, 仕上げ池雑排水処理／再生利用(灌漑利用)ユニットの開発
- 小口径雑排水集水システム設計手法の確立

(4) 用水要素技術開発チーム

① 研究者グループリーダー名

日本側:滝沢 智(東京大学大学院工学系研究科・教授)

相手国側:Yacouba Konate(2iE・Researcher)

② 研究項目

- 太陽熱利用消毒＋膜ろ過用水技術
- 地下水流動を加味した健康リスク評価法

(5) 農業要素技術開発チーム

① 研究者グループリーダー名

日本側:土方 野分(北海道大学大学院工学研究院・博士研究員)

相手国側:Mariam Sou(2iE・Lecturer)

② 研究項目

- 土壌への塩蓄積を考慮した水管理と適切な作物の選択
- 尿・コンポストの流通系形成に必要な要因整理

(6) 社会化要素技術開発チーム

① 研究者グループリーダー名

日本側:鍋島 孝子(北海道大学メディアコミュニケーション研究院・准教授)

相手国側:Mariam Sou(2iE・Lecturer)

② 研究項目

- 農村モデル:従来援助策評価
- 農村モデル:財政的, 制度的要因の整理
- 農村モデル維持管理システムの要因整理
- 都市モデル従来援助策評価
- 都市モデル財政的, 制度的要因の整理
- 都市モデル維持管理システムの要因整理
- コミュニティリーダー養成のための workshop
- 実証実験実施協力機関の組織化
- 社会化:メディア, 学校, 女性団体
- 財政, 制度案作成
- 維持管理グループ組織化案作成

(7) 農村モデル実証実験チーム

① 研究者グループリーダー名

日本側:伊藤 竜生(北海道大学大学院工学研究院・助教)

相手国側:Dr Bologo(2iE・Lecturer)

② 研究項目

- 実証実験準備
- 新システム事前評価
- 性能評価
- 社会的受容性評価
- コンポスト, 尿, 雑排水農業側評価
- 経済的評価

#### (8) 都市モデル実証実験チーム

##### ① 研究者グループリーダー名

日本側: 高橋 正宏 (北海道大学大学院工学研究院・教授)

相手国側: Ynoussa Maiga (2iE・Professor)

##### ② 研究項目

- 2iE 構内安定化池システム設計, 建設
- 雑排水処理システム性能評価
- 雑排水処理水農業評価

#### (9) キャパシティデベロップメントチーム

##### ① 研究者グループリーダー名

日本側: 船水 尚行 (北海道大学大学院工学研究院・教授)

相手国側: Amadou Maiga (2iE・Professor)

##### ② 研究項目

- 共同研究を通じた研究者養成
- 若手研究者の日本研修, 相互交流
- 水と衛生に関する教育センター組織化
- 水と衛生に関する各種グループ研修システム提案
- 技術者研修コース提案
- 博士課程プログラム提案
- 国際シンポジウム開催
- セミナー, ワークショップ開催

#### (10) マニュアル作成チーム

##### ① 研究者グループリーダー名

日本側: 船水 尚行 (北海道大学大学院工学研究院・教授)

相手国側: Amadou Maiga (2iE・Professor)

##### ② 研究項目

- 農村モデル導入・設計・維持管理マニュアル
- 都市モデル導入・設計・維持管理マニュアル
- 実装にむけてのロードマップ
- 地域実情に即した最適システム選定

以上