

地球規模課題対応国際科学技術協力(SATREPS)
分野・領域「地球規模の環境課題の解決に資する研
究(環境・エネルギー分野)」

課題・案件名「アフリカサヘル地域の持続可能な水・
衛生システム開発」
(相手国:ブルキナファソ)

終了報告書

期間 平成 22 年 3 月～平成27年2月

代表者氏名:船水 尚行
(北海道大学大学院工学研究院・教授)

§ 1 プロジェクト実施の概要

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。

このための方策として、(1)水と衛生の施設をサヘル地域に導入する戦略としてのビジネスモデル(利用者のバリューチェーンへの水・衛生施設の導入→お金・物質の流れの設計)を構築し、(2) このモデルに必要な装置等のハードウェアの開発とその維持管理のための体制を検討する方向で研究開発を進めてきた。

ハードウェアの開発では、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、(2-1)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)、(2-2)農村、都市モデルのシステム化と実証実験、(2-3)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した。

プロジェクト推進のために次の 10 グループを組織した。これらのグループは農村モデル、都市モデルに関わるテーマを有機的に実施してきている。

研究グループ：①社会化要素技術開発、②サニテーション要素技術開発、③農村モデル用雑排水要素技術、④都市モデル用雑排水要素技術、⑤用水要素技術、⑥農業要素技術開発、⑦農村モデル実証実験、⑧都市モデル実証実験、⑨キャパシティデベロップメント、⑩マニュアル作成。

以下にグループごとの主要な成果を記す：

① 社会化要素技術開発：

1. 農家のマテリアル(窒素、リン、水)フロー解析を行った結果、1)生活系で廃棄されている水が小規模菜園で使用されている水量に匹敵する、2)し尿として廃棄されている窒素・リンが小規模菜園に必要なリン・窒素量に匹敵する、3)耕作可能面積は水で制約される、ことを示した。
2. 住民のバリューチェーン解析を行い、糞便のコンポスト化、尿の肥料としての利用、雑排水の灌漑用水としての再利用が現金収入を増加させ、衛生設備の導入のインセンティブになりうることを示された。
3. 新しいビジネスモデルの提案
 - 衛生施設を Agro-Sanitation Asset と位置付け、この Asset を利用して、野菜栽培を行い、市場で販売することで収益を得る
 - この Agro-Sanitation Asset を導入するための資金は Micro-Finance の仕組みを利用して調達することとし、ローンの返済を野菜栽培からの収益を充てることが可能となるような、Asset の価格を達成するための、ハードウェア開発を行う
 - Micro-Finance を行う Facilitating Organization はファイナンス事業のみでは持続性が無いため、農業指導、ならびに野菜の Marketing Support も行い、農家の収益を確かなものとする
 - Facilitating Organization は Social Capitalist からの投資を受ける。この投資は少額の投資家の Cloud を形成することも想定される。
 - 衛生設備を作成する地域の産業も育成する
4. 提案したビジネスモデルの Facilitating Organization の具体化について、ブルキナファソ・Ziniaré および Bobo-Dioulasso の 2 か所を対象に農家収入予測、農家ローン返済、Organization の事業費予測シミュレーションを行い、雑排水ユニットとトイレの分割購入、4 年返済、年利 15～20%の条件が妥当であることが推測された。その際のトイレと雑排水処理装置の目標価格は 250 ユーロ程度となった。降雨量の多い Bobo-Dioulasso は Ziniaré と比較して有利な条件で実現できる可能性も示された。
5. 農村地域に暮らす住民の経済・社会・教育事情に関する実態を参与観察（泊り込み含む）により把握を試みた。また、20 歳以上の成人に対するアンケート調査を実施（パイロットサイト 3 村と他 1 村（Dabokry 村）の計 4 村、回答者数は計 148 名（男性 84 名、女性 64 名））。その結果、
 - 教育水準に関する調査の結果、調査対象 4 村全体としては初等教育 24%、中等教育

11%, 高等教育 1%と非常に低く, 全国水準の各 85%, 26%, 5% (World Bank, 2014) と比較しても非常に低いことが分かった。

- ブルキナファソ農村での就業機会やステータスは, 学歴よりも識字能力の方が重要性が高く, かつ地域住民がその価値観を共有し認識(または意識)している実態が明らかとなった。
 - 収入(年)は, 4村全体で 125,000 CFA(約 25,000 円, いわゆる貧困ライン)未満が 148 名中 78 名(52.7%)を占めた。
 - マイクロファイナンスについて少なくとも知っている者が約 40%, 経験の「有る」者は 25%と, 想定していた以上に少ないことが明らかとなった。また, マイクロファイナンスに参加する際の様々な負担やリスク懸念などが住民側で慎重に考慮されている実態が示唆された。
 - 住民組織や外部資金支援プロジェクトへの参加に関する調査結果としては, まず 4村全体の 75%以上が何らかの住民組織に参加している一方で, 住民組織活動への満足度についてはややばらつきが見られた。
 - Ameli-EAUR プロジェクトへの参加が経済活動や生活状況の改善に繋がると思うかという質問に対しては, 4村全体として「全く思わない」が 5.4%, 「とても思う」「絶対に思う」が 68.9%と高評価であった。
6. 病原微生物の伝搬経路を考慮したリスク評価手法により, サニテーション施設導入効果推算を行った。ブルキナファソの 5 歳未満の年齢層について, 年間下痢症発症回数, 水・食品を通しての病原微生物暴露量, 糞便から水・食品への希釈も含めた病原微生物濃度の通減率を推測した。その上で, DALY 値を有意に低下させるためには, サニテーション施設の人口普及率が 90%以上必要であるとの推測結果を得た。
 7. アグロサニテーションシステムのコンセプトおよびビジネスモデルのフレームについて, パイロット家庭について, 資源利用効率またはエネルギー効率という観点から, 回収資源を野菜栽培に用いる場合と家畜用飼料を生産し, 家畜販売を行う場合について評価を行った。その結果, (1)農業生産に対して, アグロサニテーションシステムの導入によって増やすことができる投入量は, 水で 0.1%程度, 栄養塩で 7~10%程度と推定された。(2)これに対し, 資源生産性は, 野菜販売シナリオでは, 資源生産性(物質)で 1.26~1.30 倍, 資源生産性(金銭)で 1.12~1.15 倍になると推定され, 投入の増分を超える生産性の増加が期待される結果となった。(3)一方, 家畜販売シナリオでは, 最終的な販売物(家畜)の単価は高いものの, 生産量そのものが少ないため, 結果として資源生産性(物質)で 1.00~1.03 倍, 資源生産性(金銭)で 1.04~1.07 倍にとどまった。
 8. ブルキナファソのマイクロクレジット事業の現況を調査し, 本プロジェクトへの適用にあたっての留意点とパートナーとしての可能性のある事業をピックアップした。
 9. ブルキナファソの農民の生活様式や伝統共同体の社会システムの特徴を整理した。
 10. 水システム導入の成功例として日本モデルの分析をおこない, 日本におけるし尿処理の制度変遷を整理した。特に, 日本の国レベルの法体系・制度との比較より, ブルキナファソ政府に必要な法体系・制度を 1)コンポストの利用, 2)都市モデル・雑排水処理水の利用, 3)国内に整備すべき制度について提言をまとめた。
 11. 水衛生施設整備を Integrated Water Resource Management for Food Security として政策的に位置づけることをブルキナファソ政府水省に提言した。
 12. 社会実装を考える国内グループとしてサニテーションビジネスモデル研究会を立ち上げた。

② サニテーション要素技術開発:

1. 低コスト型コンポストトイレの試作機を北大にて作成し, 性能評価を実施。マトリックス 40L で毎日 1kg の糞便をコンポスト化可能であることを実証。北大で作成した試作機の材料費約 10,700 円(約80ユーロ)を達成。
2. コンポストトイレをパイロットサイトに導入し, そのフィードバックを受けてモデルの改良を行う活動が繰り返され, 現状ではコンポストトイレは第5世代になっている。最終モデルである第5世代モデルでは, (1)反応槽を FRP 製とし, (2)攪拌の逆転防止機能付加, (3)反応槽取り付けのためのユニバーサルジョイント使用, (4)バイクや自転車で用いられているチェーン引っ張り機能を追

加した。これにより、(1)トイレ使用後の攪拌が容易、(2)コンポストに直接触れることなく安定化処理をするために反応槽ごと取り出すことが可能となった。FRP製の反応槽製造も含め、第5世代のモデルは現地で製作可能なものである。しかし、現地の技術力の制約のために工作精度が期待できない現状から、精度が必要とされるユニバーサルジョイントは日本製を用いた。日本での部品調達も考慮して求めたトイレの材料費は118ユーロであった。

3. 現地技術力、部品等のサプライチェーンを考慮(素材調達が容易で、かつ工作技術がある一定レベルにある東南アジア・南アジア等でトイレの部品を製造し、現地で組み立てる方法を想定)したコンポストトイレの試作をおこなった。
4. 現地で採取した糞便を用い、これまでほとんど実施することが難しかった原虫シストのコンポスト反応過程における不活化速度を測定した。
5. 健康リスク管理のためのコンポスト不活化処理法(石灰添加のアルカリ処理法と太陽熱による加熱処理法)を確立した。
 - ・ 石灰処理法では、トイレ機あたり石灰650gを添加し、添加後10時間たてば、コンポスト取り替え作業におけるロタウイルス感染リスクを許容レベル以下に抑えられることを明らかにした。また、アルカリ処理における細菌、ウイルスへの損傷程度を明らかにした。
 - ・ 不活化処理法として、太陽光(熱)を用いた方法(ソーラーボックス)を検討し、温度が65℃以上に達し、回虫卵の不活化に効果的であるとの知見を得た。
 - ・ ソーラーボックスを用いる場合、コンポスト取り替え作業における感染リスク低減のためには約150時間程度の処理が必要であることを明らかにした。
6. 尿の処理法の確立: ペットボトルに回収尿を入れ、7日間(一日6時間)の太陽光処理で回虫卵、原虫、バクテリアの不活化が可能であることを示した。
7. 現地入手可能な農業系副産物(もみ殻(ミレット殻)、トウモロコシ茎、もみ殻燐炭)のコンポストマトリックスへの利用が可能であることを確認。
8. 糞便が毎日投入されるコンポストトイレについて、コンポストの必要熟成期間を設定。発芽阻害の観点からは10日、腐食化の観点からは15日という結果を得た。

③ 農村モデル用雑排水要素技術:

1. 雑排水発生の基礎数値(井戸水使用量: 21.5 – 41.3L/capita/day, 雑排水発生量: 8.4 – 16.0L/capita/day, 雑排水発生源: 水浴びが全体の70%程度を占める), ならびに水質と指標微生物濃度を得た。
2. 雑排水の作物生育阻害毒性が傾斜土層法で低減できることを確認した。
3. 粒径と基本特性(LAS除去, E-coli除去, 目詰まり)の関係を把握し、粒径幅の広い場合(1–9.5mm)が妥当であることを示した。
4. LASとCODの除去を一次反応と近似し、その反応速度定数と日平均面積負荷の関係を整理することができた。これにより、装置設計式を得た。
5. パイロット実験用雑排水処理ユニットを製作し、パイロット家庭からのフィードバックによって、目詰まり対策について改良を実施。現地での製作に必要な材料費を材料調達を工夫して124ユーロまで下げることができた。

④ 都市モデル用雑排水要素技術:

1. 高速沈降性藻類池(High Rate Settleable Algae Pond: 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点滴灌漑の目標値50mg/Lを十分達成できることが明らかになった。
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し、パイロット試験装置を設計した。
 - ・ 処理水中の固形物濃度を下げるためには、SRT10日の運転条件が適していた。
 - ・ SRT20日の運転では処理水中固形物濃度は上昇するが、目標値50mg/Lを下回っていた。一方、処理水中の栄養塩濃度はSRT10日より高く、施肥効果の面ではSRT20日が上回っていた。
 - ・ SRTを短くすると、余剰固形物発生量が増えるため、処理水中の栄養塩濃度は低くなるが、余剰固形物を肥料として用いることができれば、施肥の観点からメリットが生じる。

3. HRAP は洗剤成分である LAS を発泡限界濃度以下まで除去することが可能であった。
4. 大腸菌は HRAP により 2～4Log 不活化でき、高水温の影響による自然死滅と太陽光の紫外線による不活化が主な不活化機構であった。
5. 大腸菌ファージで代替されるウイルスに関しても、藻類増殖を維持して pH を 9 以上に保つことによって顕著な消毒効果が期待される。
6. 小口径雑排水集水設計手法を日本の「下水道クイックプロジェクト」の知見を参考に現状の排水路の底部に小口径管を露出配管することを提案。日本の社会実験結果では、コストを最大 80%縮減できる例が示されている。

⑤ 用水要素技術:

1. 複数水源(深井戸水、浅井戸水、地表水(ため池)、家庭内の水タンク)の水質を把握した結果、(1)地下水は硝酸性窒素濃度が高い、(2)地表水(ダム湖水)は有機物(DOC)濃度と鉄・アルミなどの金属濃度が高いことが判明。地下水中の硝酸性窒素濃度はセラミック濾過では除去できないため、水質基準を超えた地下水は飲料水として利用できないことがあきらかとなった。
2. 太陽光消毒＋セラミック膜分離システムについて、水温と膜フラックスの関係を実測し、高温の水をろ過する本システムではろ過圧を小さくできることを確認。
3. 現地で開発されているセラミックポットフィルターについて、その指標微生物ならびにヒ素の除去特性を明らかにした。
4. ブルキナファソ現地において加熱実験ならびにセラミックろ過実験を実施し、太陽熱による加熱とセラミックろ過の組み合わせを行うこと、水温の上昇により、3m 程度の高さに設置した原水槽から、高い流速でろ過が可能となった。また、太陽光による加熱とセラミックろ過の組み合わせにより、大腸菌、大腸菌群ともに検出限界以下に低減できることが可能であることが実証された。
5. また、膜の目詰まりに対する対応についても、現地実証試験により、原水中の濁質により閉塞したセラミック膜は、押し踏み式のポンプで、簡易な方法で洗浄することで、当初のろ過流速を回復することが確かめられた。
6. 4、5項に示した用水技術は、太陽光加熱による、低い膜間差圧によるろ過を可能とし(ポンプなし)、かつ、生物的な膜ファウリングを軽減することを示したことになる。また、足踏み式ポンプによる逆流洗浄により、膜フラックスを大きく低減させることなく、長期的な運転が可能であることを示した。
7. 粘土、もみ殻を混ぜわせて焼成して作成するセラミックポットについて、材料の混合比と水フラックス、濁度除去率、E.coli 除去率の関係を測定し、WHO のガイドラインを満たす飲料水の生産が可能であることを示した。
8. このセラミックポットのブルキナファソでの試作を行い、量産への目途を得た。また、セラミックポット生産時の品質管理項目とその測定法を定めた。

⑥ 農業要素技術開発:

1. 糞便コンポストの土壌改良効果(陽イオン交換容量・保水容量改善)ならびに植物成長効果を確認。
2. コンポストに残存する腸管系細菌(大腸菌、糞便性球菌、サルモネラ菌)の土壌中での不活化速度定数を実測。
3. 尿の農業利用法を確立。
 - ・ 窒素の肥料効果は高いがリンの供給能力は低く、コンポスト等のリン供給能力の高い資材と併用することにより、より安定的な収量が見込める。
 - ・ 作物の窒素要求量に合わせて施肥するのが効果的である。
 - ・ 一度に作物の全窒素要求量を施肥するよりも数回に分けて施肥した方が肥料効果を得やすい。
 - ・ 雨季作では土壌 EC に影響を与えない。
4. 雑排水の植物毒性と界面活性剤濃度の関係を把握し、灌漑利用のための処理目標を設定
5. コンポスト・尿・処理水利用と塩分蓄積と商品性を考慮した輪作体系モデルを構築し、衛生施設導入による収入の予測値を概算(Ziniare で一人23ユーロ、Bobo では33ユーロ)。

6. 土壌への塩蓄積を考慮した水管理と尿の利用法を提案した。雨季における降雨とクリーニングクroppによる塩分洗浄効果を実験的に検討し、降雨による洗浄効果がクリーニングクroppより大きいことを確認した。また、実験結果を用いて土壌中水分・塩分シミュレーションモデルを構築した。このシミュレーションモデルを用いて、ブルキナファソの気候条件のもとで、雨季に洗浄可能な塩分量を求め、適切な尿使用量を定めた。また、カルシウム塩添加による塩分洗浄効果増強をシミュレーションし、尿とカルシウム源の併用により、作物生育に必要な量の尿を利用しても、塩分蓄積が生じないことを明らかにした。
7. 尿由来抗マラリア薬の土壌中での挙動と植物体への移行を把握し、植物体への移行が懸念される薬品は土壌中での分解性の悪いドキシサイクリン、アルテスネート、メフロキンであった。

⑦ 農村モデル実証実験:

1. 2012年5月よりパイロット実験開始した。設置したシステムはコンポストトイレ、シャワールーム(雑排水処理装置および尿収集装置)、菜園である。
2. 住民向けワークショップの開催。2011年12月にはインフォメーションワークショップ、2012年にはトレーニングワークショップ、2013年にはフォローアップワークショップを実施した。2015年2月に最終の維持管理(トイレ、雑排水処理装置、セラミックポット)のワークショップを開催した。
3. コンポスト、雑排水処理水、保存尿の性状を把握した。
4. 野菜栽培が年間を通して実施された。特に、乾季においても野菜栽培が可能なが実証され、かつ、このことが周辺住民に周知されつつある。
5. アグロサニテーション導入の住民へのインパクトと評価の一つとして、導入家庭(4世帯)、非導入家庭(4世帯)について生活時間調査を実施した。調査では家庭に72時間滞在し、世帯の各人がどんな活動をしていたか30分ごとに記録(世帯スポット調査法)した。その結果、世帯内役割分担の構造、衛生施設や農作業(灌漑作業)に関する時間配分を雨季と乾季について明らかにした。
6. ブルキナファソで試作したセラミックポット(用水供給用)をパイロット家庭に設置し、利用のためのワークショップを開催し、実証を行った。
7. プロジェクト終了にあたり、コンポストトイレ、雑排水処理、用水供給用セラミックポットの最終モデルを実装し、維持管理のためのワークショップを開催し、その継続使用の確約を得た。
8. Ameli-EAURプロジェクトへの参加が経済活動や生活状況の改善に繋がると思うかという質問に対しては、パイロット家庭の村(3村)とその他の村全体として「全く思わない」が5.4%、「とても思う」「絶対に思う」が68.9%と高評価であった。

⑧ 都市モデル実証実験:

1. 実証実験プラントの設計基礎数値を現地調査で得たのち、学生寮の雑排水を処理する高速藻類池(HRAP)のパイロットプラントを2IEカンバンセキャンパスに建設した。
2. 今回用いたドラフトチューブ式攪拌方式(汎用品を用いることができ、安価)の性能確認のため、水理特性を把握し、十分な攪拌効果を確認した。
3. 水質調査により、HRAPパイロットプラントでは活発な光合成活動の結果、pHが9以上に保たれ細菌類の消毒に顕著な効果があることが確認された。また、処理水を点滴灌漑に用いたところ、目詰まり等の障害を生じないことも確認された。
4. HRAP処理水と浅井戸水を用いたオクラの栽培実験を行った結果、処理水に生育障害は見られず、浅井戸水系より高い収量を得た。

⑨ キャパシティデベロップメント:

1. ワークショップ(5回)、国際シンポジウム(4回)開催
2. 2012年3月第6回世界水フォーラムで3つの活動を実施
3. 2013年6月TICAD Vにてサイドイベントと展示を実施。
4. 2014年6月Africa Waterにおいて3つの活動を実施
5. ブルキナファソ住民を対象としたワークショップ開催(合計13回)
6. 地方の職人に対するワークショップ開催
7. ブルキナファソ政府ならびに関係コンサルタントの技術者を対象としたワークショップ開催
8. 政策決定等に関わる関係者への情報提供:田中 JICA 理事長、阿部外務政務官、参議院 ODA

特別視察団, 石原外務政務官等.

9. 若手研究者の育成

- 2iE 若手研究者の北海道大学博士課程での教育. 2 名学位取得. 3 名在籍中.
- 2iE 博士課程での教育. 2 名の学生を日本側教員が指導中.
- プロジェクト実施期間中にプロジェクトに参画していた1名が 2iE の Lecturer に昇進した. また, ポスドク 1 名がワガドグ大学の Lecturer に採用された.
- 若手研究者の北大研修: 2010 年度:2 名, 2011 年度 2 名, 2012 年度 1 名, 2013 年 1 名, 2014 年度 2 名
- プロジェクトに参加している日本側若手研究員が, (1)地方自治体研究所研究員, (2)北大助教, (3)JICA 長期専門家に, それぞれ 2015 年 4 月より採用されることが決まっている.
- 共同発表: 共著論文 16 編, 共同発表 42 件.
- 講義共有の実施: 北海道大学が実施しているサステナビリティ学に関する教育プログラム形成事業と連動し, 遠隔講義システムを利用した講義を実施.

⑩ マニュアル:

農村モデルに関するマニュアルとして

1. コンポストトイレ (Manual for composting toilet)
 2. 雑排水処理ユニット 技術者向け (Grey Water Treatment Facility)
 3. 尿・コンポスト・雑排水処理水農業利用 (Guide for agricultural reuse of compost, urine and greywater originated from resource oriented sanitation)
 4. 住民への Workshop 開催 (Training workshops of the pilots families: utilization of composting toilet and gray water treatment system)
 5. 太陽熱・セラミック膜ろ過装置
 6. 雑排水処理ユニット 使用者向け
 7. 尿利用マニュアル (使用者向け)
 8. コンポストトイレ利用マニュアル (使用者向け)
 9. セラミックポット利用マニュアル (使用者向け)
- を作成した.

都市モデルに用いる高速藻類池のマニュアル

10. 開発途上国に適した高速藻類池 設計マニュアル(補足資料-9)
- を作成した.

⑪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
6. 2012 年 11 月函館市立南本通小学校にて小学 4, 5, 6 年生を対象に「アフリカの子どもたちの生活と、自分たちの毎日の生活を比べながら、トイレについて考える」と題する講演を実施
7. 2012 年 11 月立命館慶尚高等学校にて, 文系の高校 1, 2 年生を対象に「How to attack the Cycle of Poverty? Challenges from Water and Sanitation sector」と題する講演を実施
8. 2012 年 12 月北海道立札幌北高校にて高校 1, 2 年生を対象に「How to attack the Cycle of Poverty? Challenges from Water and Sanitation sector」と題する講演を実施

9. 2013 年1月 TICAD V 学生プロジェクト主催イベント「Touch to Africa -アフリカの多様性に触れる-」で講演
 10. 2013 年 3 月 日本学術会議北海道地区委員会主催学術講演会「アフリカに暮らす人たちとその環境―北の大地からアフリカへの貢献―」の企画・運営, 講演
 11. 2013 年6月 TICAD V にてサイドイベント(Integrated Water Resource Management for Food Security), 展示を実施. 展示とその説明内容が YouTube にて公開されている.
 12. 2013 年 10 月 北海道大学サステナビリティ・ウィーク・北大アフリカ研究会 (HURNAC) シンポジウム『アフリカで活躍する北大の研究者たち～つながる北大のアフリカ研究ネットワーク～』において, 鍋島准教授, 伊藤助教, 牛島特任助教が講演を行った.
 13. 2013 年 11 月 北海道下水道勉強会において, 行政関係者, 水関連企業技術者を対象にプロジェクトの取り組みを紹介
 14. 2014 年7月―10 月 日本化学未来館の企画展「トイレ? 行っトイレ! ～ボクらのうんちと地球の未来～」においてプロジェクトの成果を展示
 15. 2014 年 8 月 教員免許状更新講習「理系の応用技術:工学の世界」において, 開発途上国の水:衛生と資源回収型サニテーションを講義
 16. 2014 年 10 月 4 日 適正技術人材育成研修第 182 回 APEX セミナーにおいて, 「サヘル地域に適合的な循環型サニテーションシステムの構築」と題して講演
 17. 2014 年 11 月 6 日 第 53 回機能紙研究発表・講演会において, 特別講演「技術の社会への展開―サニテーション技術のアフリカ導入プロジェクトの経験をもとに―」を行った.
 18. 2015 年 2 月 7 日 藤女子大学にて「ブルキナファソにおけるサニテーションプロジェクトの経験」題して講義.
 19. 2015 年 2 月 28 日 三省堂サイエンスカフェ in 札幌(三省堂書店札幌店)において, アフリカで行われている貧困問題解決を目指した水環境改善の取組の紹介
- 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 2nd 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. 6^{ème} Forum mondial de l' eau, December 20-22, 2011 に参加
 9. 2012 年 3 月 マルセイユで開催された世界水フォーラムにて Sustainable sanitation for rural and urban areas in sahelian countries を開催
 10. 2012 年 7 月 Global Innovation Summit で新しいビジネスモデルについて報告
 11. 2012 年 8 月 SAFE AND SUSTAINABLE SANITATION WORKSHOP (Finland, Tampere) にて招待講義
 12. 2012 年 8 月 Dry Toilet Conference で集中発表(10 件)
 13. 2012 年 11 月 Global Social Business Summit に参加. 新しいビジネスモデルについて報告.
 14. 船水尚行:持続可能な社会を支える資源回収型排水管理技術―アグロ・サニテーションによる BOP イノベーションを例に―, 2013 年中日韓グリーンテクノロジーフォーラム, 2013 年 11 月 15 日, 北京
 15. 2014 年 3 月 フィンランド TAMK, タンペレ工科大学, Aalto 大学における招待講演 (25 年度)

- [ホームページとブルキナファソ通信](#)
- チーム会合:11 回開催
- 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.

アウトリーチ活動

● 日本国内

20. 2009 年 11 月北海道大学サステイナビリティウィーク オープニングシンポジウム を開催
21. 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
22. 2010 年 10 月北海道大学サステイ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
23. 2011 年 10 月北海道大学サステイナビリティウィークにて 2nd Ameli-Eaur International symposium on sustainable water and sanitation system
24. 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
25. 2012 年 11 月函館市立南本通小学校にて小学4, 5, 6年生を対象に「アフリカの子どもたちの生活と、自分たちの毎日の生活を比べながら、トイレについて考える」と題する講演を実施
26. 2012 年 11 月立命館慶尚高等学校にて、文系の高校1, 2年生を対象に「How to attack the Cycle of Poverty? Challenges from Water and Sanitation sector」と題する講演を実施
27. 2012 年 12 月北海道立札幌北高校にて高校1, 2年生を対象に「How to attack the Cycle of Poverty? Challenges from Water and Sanitation sector」と題する講演を実施
28. 2013 年1月 TICAD V 学生プロジェクト主催イベント「Touch to Africa -アフリカの多様性に触れる-」で講演
29. 2013 年 3 月日本学術会議北海道地区委員会主催学術講演会「アフリカに暮らす人たちとその環境—北の大地からアフリカへの貢献—」の企画・運営, 講演
30. 2013 年6月 TICAD Vにてサイドイベント(Integrated Water Resource Management for Food Security), 展示を実施. 展示とその説明内容が YouTube にて公開されている.
31. 2013 年 10 月北海道大学サステナビリティ・ウィーク・北大アフリカ研究会(HURNAC)シンポジウム『アフリカで活躍する北大の研究者たち～つながる北大のアフリカ研究ネットワーク～』において、鍋島准教授、伊藤助教、牛島特任助教が講演を行った.
32. 2013 年 11 月 北海道下水道勉強会(行政関係者, 水関連企業技術者)を対象にプロジェクトの活動を紹介.
33. 2013 年 12 月 立命館慶尚高等学校にて「How to attack the Cycle of Poverty? Challenges from Water and Sanitation sector」と題する講演を実施
34. 2014 年 1 月 北海道北海道登別明日中等教育学校にて「How to attack the Cycle of Poverty? Challenges from Water and Sanitation sector」と題する講演を実施
35. 2014 年 7 月—10 月: 企画展「トイレ? 行っトイレーぼくらのうんちと地球の未来」プロジェクトの成果を展示
36. 2014 年 8 月 教員免許状更新講習:開発途上国の水・衛生と資源回収型サニテーションを紹介
37. 2014 年 10 月: 適正技術人材育成研修にてプロジェクトの成果を紹介
38. 2014 年 11 月:第 53 回機能紙研究発表会の講演会にて, 技術の社会展開—について講演.
39. 2015 年 2 月:藤女子大学にて講義
40. 2015 年 2 月:三省堂サイエンスカフェ・札幌 プロジェクトの成果を紹介

● 海外, ブルキナファソ国内

41. 2010 年 3 月 1st Ameli-Eaur workshop の開催(関連機関, 日本大使を招待)
42. 2010 年 フィンランド TAMK における招待講義
43. 2010 年 9 月 2nd Ameli-Eaur workshop の開催
44. 2010 年 9 月 1st Ameli-Eaur International symposium on sustainable water and sanitation system の開催(パリ)
45. 2011 年 10 月 ブルキナファソ農業大臣を北海道大学に招聘.

46. 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
47. 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.
48. 2011 年 12 月 20-21 日 6^{ème} Forum mondial de l' eau, December 20-22, 2011 に参加し, アグロサニテーションについて紹介
49. 2012 年 3 月 マルセイユで開催された世界水フォーラムにて Sustainable sanitation for rural and urban areas in sahelian countries を開催
50. 2012 年 4 月 5-10 日 トレーニングワークショップ 雑排水系の使用方法講習会
51. 2012 年 5 月 8-10 日 トレーニングワークショップ コンポストトイレについて
52. 2012 年 7 月 Global Innovation Summit で新しいビジネスモデルについて報告
53. 2012 年 8 月 SAFE AND SUSTAINABLE SANITATION WORKSHOP (Finland, Tampere) にてビジネスモデルとそれを支える技術を紹介(招待講義)
54. 2012 年 8 月 Dry Toilet Conference で集中発表(10 件)
55. 2012 年 10 月 10 日 Bobo ゴマ農家ワークショップ ボボゴマ農家がカンバンセ, ジニアレのパイロットサイトを視察. プロジェクトの概要及び機材詳細の説明
56. 2012 年 10 月 24 日 トレーニングワークショップ 腰掛式コンポストトイレについて
57. 2012 年 10-11 月 SIAO2012 コンポストトイレとプロジェクトの紹介を展示
58. 2012 年 11 月 Global Social Business Summit に参加. 新しいビジネスモデルについて報告.
59. 2013 年 11 月 15 日: 2013 年中日韓グリーンテクノロジーフォーラムにおいて, 「持続可能な社会を支える資源回収型排水管理技術-アグロ・サニテーションによる BOP イノベーションを例に-」を講演.
60. 2013 年 12 月 パイロット家庭向けワークショップ コンポスト, 尿の肥料効果について
61. 2014 年 1 月 ブルキナファソ政府水省局長日本招聘 アグロサニテーション, 水管理について紹介
62. 2014 年 3 月 フィンランド TAMK, タンペレ工科大学, Aalto 大学において講義
63. 2015 年 2 月 16 日, 21 日 ローカル職人のトレーニング コンポストトイレの設置, 維持管理法の講習
64. 2015 年 2 月 17 日, 18 日 パイロット家庭向けワークショップ 使用者マニュアルをもとにした今後のトイレ, 排水処理, 農業利用について
65. 2015 年 2 月 20 日 ブルキナファソ政府関係者技術者向けワークショップ 排水処理, コンポストトイレ, セラミックフィルターのメンテナンス等について

- [ホームページとブルキナファソ通信](#)

- チーム主催会合: 35 回開催

- 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. プロジェクト構想(および構想計画に対する達成状況)

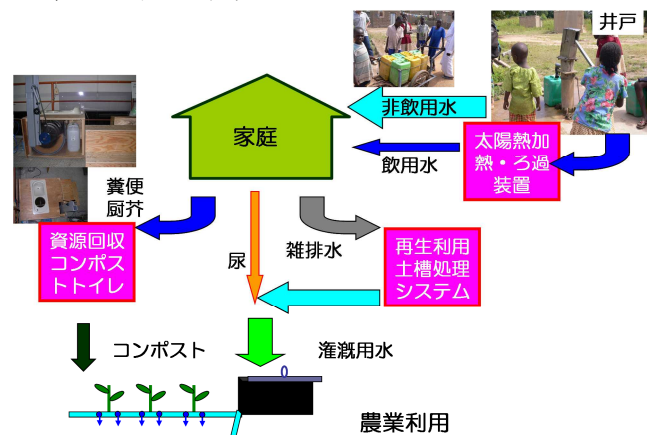
(1) 当初のプロジェクト構想

(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

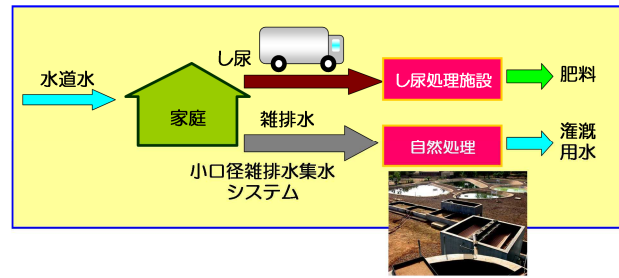
農村モデル: 図—2. 1のような、分散型の用水供給(井戸)+衛生システムを提案する。本システムを支える要素技術は(1-1)し尿を分離処理/資源回収する低コストコンポスト型トイレ、(1-2)雑排水を分離処理/処理水再利用する自然を用いた処理システム、(1-3)井戸水を水源とし、飲用用途のみの水量を処理する低コスト太陽光消毒・膜ろ過ユニット)並びに、このように改良されたトイレ、地下水帯水層によるろ過、及び飲料水処理システムの組み合わせによる Multiple Barrier での感染微生物の低減効果を評価するための(1-4)リスク評価手法である。ここで、雑排水処理水は分離回収された尿を希釈して畑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経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、イスラム経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

(2)新たに追加・修正など変更したプロジェクト構想

(2-1)導入戦略を定め、それを研究計画に展開する

技術開発の目標や開発のための境界条件は技術の導入戦略で大きく変化すると考えられる。本プロジェクトは将来の社会実装を想定した上での研究が必要であることから、導入のためのビジネスモデルの構築を検討内容に加えた。また、都市モデルと農村モデルではインフラの整備度合い、中央政府の対応、ならびに分散型（農村モデル）と集中型（都市モデル）の違いがあることから、その導入戦略も異なったものとなる。

・農村モデルと都市モデルの導入戦略（集中型施設と分散型施設の導入戦略の違い）

従来、日本をはじめとするいわゆる先進国における水・衛生施設の導入戦略は中央政府による政策決定のもと、地方政府が主体となって施設計画・建設・維持管理を行ってきた。また、このための資金は中央政府からの補助金、地方政府の起債、利用者負担によって賄われてきている。人的資源の確保と技術レベルの保証は業界団体と中央政府の協力関係の中で行われている。また、このような仕組みは、規模の大きな集中型の水・衛生施設の計画・建設・維持管理に適用されてきている。

すなわち、集中型の都市施設としての水・衛生施設の導入は政府（中央・地方）主導で行われてきており、資金調達、人材確保においてもこの政府主導型の方向が堅持されている。

一方、日本における浄化槽のような分散型施設の導入にあっては、導入の有無は個人の選択にゆだねられている。ただし、導入を誘導することを目的に、財政的な支援策が中央・地方政府により実施されている。

上記のようなこれまでの水・衛生施設導入戦略とブルキナファソをはじめとするサヘル地域の現状（経済力、インフラ整備状況、中央・地方政府のガバナンス能力・財政力・法制度、ならびに情報系インフラの整備状況）から判断し、都市モデルについては、政府主導の導入戦略を用いることが可能であろうと判断した。一方、農村部においては、これまでの水・衛生施設導入では経験していない外部条件であることから、新たな導入のためのビジネスモデル構築が必要と判断した。

・農村モデル導入のためのビジネスモデル提案

ブルキナファソの農村地域では、衛生設備を有する人口は約6%程度と極めて低く、かつ、現地の言語には「トイレを示す語」が無いなど、トイレ等の衛生設備に関する概念も存在していない状況である。加えて、従来型の援助モデルには限界があることや、日本等のいわゆる先進国で用いられてきた施設導入モデルをそのまま適用できないとの判断から、衛生施設をどのように導入するかその戦略そのものが研究対象となると考え、農村部にいかに衛生施設を導入するかその新しいビジネスモデル構築を新たな研究テーマとして位置付けた。すなわち、農村モデルについて次のようなアプローチ方策を定めた：

- (1) Analyze user's value chain
- (2) Include sanitation units into user's value chain
→ motivate them to manage it by themselves
- (3) Design the linkage to agricultural activities
→ create value from sanitation
- (4) Analyze market of vegetables
→ maximize and stabilize user's income
- (5) Estimate the income by sanitation units
→ show direct merits to users
- (6) Make a financial plan

→ realize and drive this model

(7) Design sanitation units

→ adapt technology to this business model

(3)成果目標—1 プロジェクトの目標とその達成度

①プロジェクトの目標

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。

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、

- (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) 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
- (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ビジネスモデルが提案される。

そして、これらの達成度の評価指標は中間評価後に次のように設定されている。

Résultats attendus Indicateurs (達成指標)	Moyens de vérification (検証法)
(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	
(1-1) Le coût du matériel de confection du réacteur et de l'interface de la toilette à compost revient à moins de 100 euros.	(1-1) 1 fiche d'estimation du coût de revient et 1 manuel de construction, d'utilisation et de maintenance destiné aux usagers
(1-2) Le coût du matériel de confection de l'interface (sol douche) et du matériel de l'unité de traitement revient à moins de 150 euros	(1-2) 1 manuel de construction, d'utilisation et de maintenance destiné aux usagers
(1-3) un guide d'utilisation du compost, des urines et des eaux grises traitées est réalisé	(1-3) le guide d'utilisation
(1-4) Un modèle définitif de traitement de l'eau potable par filtration sur filtre à céramique est réalisé	(1-4) 1 manuel d'utilisation et de maintenance destiné aux usagers
(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。	
(2-1) Un modèle définitif de traitement des eaux grises est réalisé	(2-1) 1 manuel d'utilisation et de maintenance destiné aux usagers
(2-2) un guide réutilisation agricole des eaux grises traitées est réalisé	(2-2) le guide d'utilisation
(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	
(3-1) Au moins un artisan local est formé à la conception des toilettes à compost et des unités de traitement des eaux grises	(3-1) Au moins un atelier de formation et les coordonnées de l'artisan
(3-2) les usagers sont formés pour l'usage et la maintenance des ouvrages d'assainissement (toilettes à compost et unité de traitement des eaux grises)	(3-2) au moins un atelier de formation par site pilote et un guide de maintenance
(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ビジネスモデルが提案される。	
(4-1) La capitalisation des 5 années de recherche est effectuée	4-1) - 1 rapport final - 1 atelier de restitution, les publications d'articles (revue à facteur d'impact) des chercheurs de 2iE et d'Hokkaido ; - les communications internationales de 2iE et d'Hokkaido ; les échanges de chercheurs, de doctorants et d'étudiants entre 2iE et Hokkaido

(4-2) un modèle économique innovant relatif à l'assainissement en milieu rural et péri-urbain est proposé.	(4-2) 1 rapport final incluant une simulation du modèle
--	---

②プロジェクトの達成度

(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」について
達成度を測る指標は4つである。P.2～P.5 のプロジェクト実施の概要に示した成果を用いて、それぞれの達成について記述する。

(1-1)100 ユーロでのコンポストトイレ→価格とマニュアルで評価

②サニテーション要素技術開発 1. 項 と⑩マニュアル 1. 項に記載したように、本項目は達成された。

(1-2)農村モデル用の 150 ユーロの雑排水処理ユニット→マニュアル

③農村モデル用雑排水要素技術 5. 項に記載したように、その費用は124ユーロを達成している。マニュアルも用意されている。

(1-3)コンポスト、尿、雑排水処理水の利用ガイド→マニュアル

⑥農業技術開発と⑦農村モデル実証の成果により⑩マニュアルに示したように、利用のためのマニュアルが用意されている。

(1-4)太陽熱・セラミック膜ろ過用水供給装置→マニュアル

⑤用水技術に記載したように、太陽熱による加熱とセラミック膜ろ過により、大腸菌、大腸菌群数ともに検出限界以下にできることを現地実証試験により確認している。また、膜の目詰まりについても、足踏み式ポンプによる逆洗により目詰まりが解消され、長期的な運転が可能であることが実証されている。また、マニュアルも用意されている。

(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。」について

(2-1)雑排水処理の最終モデル→マニュアル

④都市モデル用雑排水要素技術、⑧都市モデル実証実験の成果があり、マニュアルが用意されている。

(2-2)雑排水処理水の農業利用→マニュアル

⑥農業要素技術、⑧都市モデル実証実験の成果があり、マニュアルが用意されている。

(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」について

(3-1)少なくともコンポストトイレや雑排水処理を現地で作る→職人等現地育成

②サニテーション要素技術に示した、実証実験用装置の現地での作成過程や⑦農村モデル実証実験のトイレ、雑排水処理装置の改良過程において、職人等のキャパシティビルディングが行われた。また、⑩マニュアルに示したコンポストトイレマニュアルには、トイレの作成に関わることも記載されている。

(3-2)ユーザーが使用の訓練を受けていること→マニュアルとワークショップ

⑦農村モデル実証実験、⑨キャパシティデベロップメントに示したように、パイロット家族に対して 3 段階のワークショップが実施されている。

(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ビジネスモデルが提案される。」について

(4-1)行われた 5 年間の研究成果→共同研究論文・発表、若手研究者研修、博士学生

⑨キャパシティデベロップメントに示したように、若手研究者の日本研修、博士課程への留学(学位取得 2 名、在学中 3 名)、共著論文・共同発表が実施されている。

(4-2)ビジネスモデルの提案→シミュレーション結果

①社会科要素技術開発に示したように、ブルキナファソの 2 つ地域について、ビジネスモデルの妥当性(Facilitating Organization の損益、マイクロファイナンス条件、農家の収益バランス)が検討されて

いる。

(4)成果目標—2 JST 成果目標とその達成度

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—2. 3には構造的に示されている。

図の項目のうち、達成が現段階で100%とは言えない項目をあげると、

- 日本の水・衛生施設導入の経緯についての整理を行ったが、特に、江戸期における成功要因についての検討とそれをビジネスモデル等へつないでいくことが未達成である。
- 小口径雑排水集水設計手法を日本の「下水道クイックプロジェクト」の知見を参考に提案。具体的には、現状の排水路の底部に小口径管を露出配管することを提案。日本の社会実験結果では、コストを最大 80%縮減できる例が示されている段階である。

の2点のみである。

すなわち、図-2.3 の「水・衛生システム＋農業＋流通＋金融・財政＋環境面からの政策・技術シナリオ作成と評価による新ビジネスモデル開発」はプロジェクト実施の概要に示したように達成され、加えて、用水システム、農村モデル(糞便、尿、雑排水利用＋農業技術)、都市モデルを構成する雑排水集水＋再利用のモデルが提案できている。そして、これにより、「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。」という目標を達成できたと判断している。

加えて、プロジェクトの上位目標である「サヘル地域に適合したモデルの思想を発展させ、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)。」そして、「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。」に対しても、本プロジェクトは水・衛生の専門家集団にインパクトを与えることができており(§4 プロジェクトの実施内容及び成果、4.0プロジェクト全体 (1-3)成果の位置づけや類似プロジェクトとの比較を参照)、その成果として日本学術振興会アジアアフリカ学術基盤形成事業(資源回収型サニテーションモデル開発研究 平成 26 年 4 月～平成 29 年 3 月)という形での展開している。この事業は、ブルキナファソに加えてザンビア、インドネシアの研究者と日本の研究者により、資源回収型サニテーションの学術基盤を形成しようとするものであり、サヘル地域での経験を他の地域に展開させるものである。これにより、プロジェクトの上位目標に向かって大きな一歩をすでに踏みだしていることになる。

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。

供給と衛生システム農村地域に適合した分散型の用水システムを開発する

新たなシステム導入の為に研究・協力プログラムを含めた社会システムの提案

都市地域に適合した雑排水関連モデルを開発する

水・衛生システム＋農業＋流通＋金融・財政＋環境面からの政策・技術シナリオ作成と評価による新ビジネスモデル開発

設計書及び維持管理マニュアル付き実証プラントの設置

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

高温水膜ろ過特性と太陽光消毒機構の解明による井戸水源太陽光消毒・低圧膜濾過ユニット設計法の開発

ろ過ユニット設計情報として現地地下水質特性の把握

尿・コンポスト中塩類・医薬品の土壌中挙動の解明による蓄積制御法（水管理・クリーンアップ作物）開発

発芽・生育阻害リスク低減雑排水再生利用装置設計法の開発（コスト目標：マイクロファイナンス利用可能額）

水・有機物収支と攪拌特性解明による低コストコンポスト型トイレの設計方法の確立（コスト目標：マイクロファイナンス利用可能額）

実証プラント設置場所の決定

水・衛生システムの研究開発・維持管理に係わる関係者の能力・技術向上

日本の水・衛生施設導入経緯と成功要因の整理によるマクロ政策の提案

サニテーション施設と連動した農業計画の提案

マイクロファイナンス利用導入モデルのシナリオ作成と評価

住民向けワークショップを年二回開催する

小口径雑排水集水システム設計手法の確立による雑排水集水系の低コスト化（日本の1/10のコストを目標）

高速沈降性藻類集積と栄養塩除去の関係の解明による高速沈降性藻類池雑排水再生処理ユニットの開発（水質目標：ドリップライリゲーション可能）

2IEキャンパスに設計書及び維持管理マニュアル付き実証プラントを設置

サヘル農村部家庭のマテリアルフロー、バリューチェーン構造を解明し、水・衛生施設導入のためのビジネスモデル構築概念の確立

図-2.3 プロジェクトの目標と達成度（緑に塗られている部分が多いほど達成度が高い）

(5)活動実施スケジュール (実績)

1. 農村モデルの進捗状況

	21	H22年度				H23年度				H24年度				H25年度				H26年度			
	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
(1)要素技術開発																					
低コストコンポストトイレの開発(北大: 船水, 伊藤, Masoom, Lopez)	←																				→
雑排水処理技術(土壌処理)(北大: 高橋, 船水)	←																				→
太陽熱利用消毒+膜ろ過用水技術 (東大:滝沢, 小熊, 村上, 酒井, Aunnop, 橋本, 北大:木村)	←																				→
地下水流動を加味した健康リスク評価 法(東大:滝沢, 小熊, 北大:山内, 船水)														←							→
尿・コンポスト中塩類・医薬品の土壌中 挙動の解明による蓄積制御法(水 管理・クリーンアップ作物)開発」 (国総研:高島, 重村, 道中, 川 住, 堀江, 宮本, 西村, 對馬, 高 知:村上, 北大:伊藤, 牛島, 土方)		←																			→
(2)実証実験																					
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(北大:伊藤, 鍋島, 藤:箱山)	←									→											
新システムの事前評価(北大:伊藤)		←								→											
性能評価(北大:伊藤, 船水, 牛島, 土方, 東大:滝沢, 小熊, 村上, 酒 井, Aunnop, 橋本)										←											→
社会的受容性評価(北大:鍋島, 藤: 箱山, 多摩:橋詰)										←											→
コンポスト, 尿, 雑排水の農業側の評 価(国総研:高島, 重村, 道中, 川 住, 堀江, 宮本, 西村, 對馬, 北 大:伊藤)										←											→
経済的側面の評価(北大:船水, 伊 藤, 多摩:橋詰)										←											→
(3)導入・設計・維持管理マニユアル																					
導入・設計・維持管理マニュアル作成 (北大, 東大, 高知)											←										→

2. 都市モデルの進捗状況

	21	H22年度				H23年度				H24年度				H25年度				H26年度			
	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
(1)要素技術開発																					
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（北大：高橋）																					
小口径雑排水集水システム設計手法の確立（北大：高橋、船水）																					
雑排水処理施設の低コスト化																					
(2)実証実験																					
2iE構内の安定化池排水処理システムの設計、建設（北大：高橋、伊藤）																					
雑排水処理システムの性能評価（北大：高橋、伊藤）																					
雑排水処理水の農業利用可能性の評価（北大：高橋、土方、国総研：高島、重村、道中、川住、堀江、宮本、西村、對馬）																					
(4)導入・設計・維持管理マニュアル																					
導入・設計・維持管理マニュアル作成（北大、東大、高知）																					

3. キャパシティ開発の進捗状況

	21	H22年度				H23年度				H24年度				H25年度				H26年度			
	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
(1)研究者養成																					
共同研究を通じた研究者養成																					
(2)若手研究者育成																					
若手研究者の日本研修の実施等、相互交流プログラムの策定（北大：船水、細川、牛島、土方）																					
(3)コミュニティリーダー養成																					
コミュニティリーダー・住民を対象としたworkshop開催（藤：鍋島、北大：伊藤）																					

4. 社会化の進捗状況(黒矢印:当初計画, 赤矢印:進捗状況, 赤文字は方針変更を示す)

	21	H22年度				H23年度				H24年度				H25年度				H26年度			
	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
(1)教育・研修プログラム																					
水と衛生に関する教育研究センターの組織化(北大:船水, 伊藤, 細川)																					
水と衛生システムに関与する各種グループの研修システムの提案(北大:船水, 伊藤, 細川)																					
JICAと共同して, 水と衛生に関する技術者の研修コースの提案(北大:船水, 細川)																					
水と衛生システムに関する博士課程プログラムの提案(2iEと日本教授陣の共同教育プログラムや集中講義計画も含む)(北大:船水, 高橋, 東大:滝沢)																					
2iEと日本側研究者による国際雑誌投稿																					
国際シンポジウムの開催(北大:船水, 細川)																					
2iEとのセミナー, ワークショップ開催(北大:船水, 細川)																					
(2)新システム導入, 維持管理のための社会システム																					
マイクロファイナンス利用導入モデルのシナリオ作成と評価																					
日本の水・衛生施設導入経緯と成功要因の整理によるマクロ政策の提案																					
水・衛生システム+農業+流通+金融・財政+環境面からの政策・技術シナリオ作成と評価による新ビジネスモデル開発																					
実証実験実施協力機関の組織化とミーティング(高知:村上, 北大:伊藤, 鍋島, 藤:箱山)																					
社会化:メディア, 学校, 女性団体(北大:鍋島, 藤:箱山)																					

§3 プロジェクト実施体制・投入実績

3. 1. 実施体制

(1) サニテーション要素技術開発チーム

① 研究参加者

【日本側】

グループリーダー	氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間				備考
				開始		終了		
				年	月	年	月	
○	伊藤 竜生	北海道大学大学院工学研究院	助教	21	6	27	3	
	船水 尚行	北海道大学大学院工学研究院	教授	21	6	27	3	
	Mohammad Masoom	北海道大学大学院工学研究科	D3	21	6	23	9	
	Lopez Zavala Miguel Angel	Montrey Institute Technology	教授	21	8	24	3	
	柿本 貴志	埼玉県環境科学国際センター	研究員	22	7	24	3	
	細谷 多聞	札幌市立大学デザイン学部	准教授	23	3	24	3	

【相手国側】

グループリーダー	氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間				備考
				開始		終了		
				年	月	年	月	
○	Amadou Maiga	2iE	Professor	23	6	27	2	
	Darimani Hamidatu Saaka	2iE	Ph.D student	24	4	27	2	
	Sossou Seyram	2iE	Researcher	22	3	27	2	
	Joseph WETHE	2iE	Professor	22	3	23	4	

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)

(2) 農村モデル用雑排水要素技術開発チーム

① 研究参加者

【日本側】

グループリーダー	氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間				備考
				開始		終了		
				年	月	年	月	
○	牛島 健	北海道大学大学院 工学研究院	特任助教	22	4	27	3	
	船水 尚行	北海道大学大学院 工学研究院	教授	21	6	27	3	

【相手国側】

グループリーダー	氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間				備考
				開始		終了		
				年	月	年	月	
○	Hama Amadou	2iE	Researcher	26	4	27	2	
	Y.Maiga	2iE	Researcher	22	3	26	4	
	Moyenga David	2iE	Researcher	22	3	25	9	

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 研究参加者

【日本側】

グループリーダー	氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間				備考
				開始		終了		
				年	月	年	月	
○	高橋 正宏	北海道大学大学院 工学研究院	教授	21	6	27	3	
	船水 尚行	北海道大学大学院 工学研究院	教授	21	6	27	3	
	Mokhtar Guizani	北海道大学大学院 工学研究科	D3	21	6	22	9	

【相手国側】

グループリーダー	氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間				備考
				開始		終了		
				年	月	年	月	
○	Hama Amadou	2iE	Researcher	26	4	27	2	
	Y. Maiga	2iE	Researcher	22	3	27	2	
	Sossou Seyram	2iE	Researcher	22	3	27	2	
	F.Lalanne	2iE	Researcher	22	3	24	3	

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研究参加者

【日本側】

グループリーダー	氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間				備考
				開始		終了		
				年	月	年	月	
○	滝沢 智	東京大学大学院工学系研究科	教授	21	6	27	3	
	小 熊 久 美 子	東京大学大学院工学系研究科	講師	21	6	27	3	
	村上 道夫	東京大学総括プロジェクト機構	特任助教	23	4	27	3	
	酒井 宏治	東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻	特任助教	23	4	27	3	
	橋本 崇史	東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻	助教	26	4	27	3	
	木村 克輝	北海道大学大学院工学研究院	准教授	21	6	27	3	

	張 滢 (ZHANG Ying)	東京大学大学院 工学系研究科都 市工学専攻	学術支援職員	25	4	25	6	
	Wongrueng Aunnop	東京大学大学院 工学系研究科都 市工学専攻	特任研究員	23	4	24	3	
	河西 亮	東京大学大学院 工学系研究科	M2	21	7	23	3	
	伊藤 くみ	東京大学大学院 工学系研究科	技術補佐員	22	4	22	12	

【相手国側】

グループリーダー	氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間				備考
				開始		終了		
				年	月	年	月	
○	Yacouba KONATE	2iE	Researcher	22	3	27	2	
	Juliette N' dounla	2iE	Ph.D student	22	3	27	2	
	Joseph WETHE	2iE	Professor	22	3	23	4	

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研究参加者

【日本側】

グループリーダー	氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間				備考
				開始		終了		
				年	月	年	月	
○	土方 野分	北海道大学大学院工学研究院	博士研究員	22	4	27	3	
	村上 雅博	高知工科大学工学部	教授	21	6	27	3	

	高島 英二 郎	国土技術政策総合研究所下水道部	部長	25	4	27	3	
	重村 浩之	国土技術政策総合研究所下水道部	研究官	25	5	27	3	
	道中 敦子	国土技術政策総合研究所下水道部	研究官	25	5	27	3	
	川住 亮太	国土技術政策総合研究所下水道部	研究官	25	11	27	3	
	堀江 信之	国土技術政策総合研究所下水道部	部長	22	7	25	3	
	宮本 綾子	国土技術政策総合研究所下水道部	研究官	21	6	25	4	
	對馬 育夫	国土技術政策総合研究所下水道部	研究官	22	5	25	3	
	西村 峻介	国土技術政策総合研究所下水道部	研究官	22	5	24	3	

【相手国側】

グループリーダー	氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間				備考
				開始		終了		
				年	月	年	月	
○	Mariam SOU	2iE	Lecturer	22	3	27	2	
	Sawadogo Boukary	2iE	Researcher	22	3	27	2	
	Sangare Driss	2iE	Ph.D student	24	4	27	2	

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 研究参加者

【日本側】

グループリーダー	氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間				備考
				開始		終了		
				年	月	年	月	
○	鍋島 孝子	北海道大学メディア・コミュニケーション学院	准教授	21	6	27	3	
	箱山 富美子	藤女子大学人間生活学部	教授	21	6	27	3	
	橋詰 博樹	多摩大学グローバルスタディーズ学部	教授	22	3	27	3	
	對馬 育夫	国土技術政策総合研究所下水道部	研究官	22	5	27	3	
	高島 英二郎	国土技術政策総合研究所下水道部	部長	25	4	27	3	
	重村 浩之	国土技術政策総合研究所下水道部	研究官	25	5	27	3	
	道中 敦子	国土技術政策総合研究所下水道部	研究官	25	5	27	3	
	川住 亮太	国土技術政策総合研究所下水道部	研究官	25	11	27	3	
	村上 雅博	高知工科大学工学部	教授	21	6	27	3	
	池見 真由	北海道大学大学院経済学研究科	博士研究員	26	4	27	3	
	宮本 綾子	国土技術政策総合研究所下水道部	研究官	21	6	25	4	
	堀江 信之	国土技術政策総合研究所下水道部	部長	22	7	25	3	
	西村 峻介	国土技術政策総合研究所下水道部	研究官	22	5	24	3	

	清水 俊昭	国土技術政策総合研究所下水道部	部長	21	6	22	6	
--	-------	-----------------	----	----	---	----	---	--

【相手国側】

グループリーダー	氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間				備考
				開始		終了		
				年	月	年	月	
○	Maïmouna Bologo	2iE	Lecturer	22	3	27	2	
	Dicko	2iE	Researcher	23	11	26	3	
	Nanquette	2iE	Researcher	22	3	23	10	
	Lydie YIOUGO	2iE	Ph.D student	22	3	24	3	

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
- ・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研究参加者

【日本側】

グループリーダー	氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間				備考
				開始		終了		
				年	月	年	月	
○	伊藤 竜生	北海道大学大学院工学研究院	助教	21	6	27	3	
	船水 尚行	北海道大学大学院工学研究院	教授	21	6	27	3	

	牛島 健	北海道大学大学院工学研究院	特任助教	22	4	27	3	
	土方 野分	北海道大学大学院工学研究院	博士研究員	22	4	27	3	
	鍋島 孝子	北海道大学メディア・コミュニケーション学院	准教授	21	6	27	3	
	山内 太郎	北海道大学大学院保健科学院	教授	25	9	27	3	
	池見 真由	北海道大学大学院経済学研究科	博士研究員	26	4	27	3	
	箱山 富美子	藤女子大学人間生活学部	教授	21	6	27	3	
	橋詰 博樹	多摩大学グローバルスタディーズ学部	教授	22	3	27	3	
	滝沢 智	東京大学大学院工学系研究科	教授	21	6	27	3	
	小熊 久美子	東京大学大学院工学系研究科	講師	21	6	27	3	
	村上 道夫	東京大学総括プロジェクト機構	特任助教	23	4	27	3	
	酒井 宏治	東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻	特任助教	23	4	27	3	
	橋本 崇史	東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻	助教	26	4	27	3	
	村上 雅博	高知工科大学工学部	教授	21	6	27	3	
	張 滢 (ZHANG Ying)	東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻	学術支援職員	25	4	25	6	
	Wongrueng Aunnop	東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻	特任研究員	23	4	24	3	
	河西 亮	東京大学大学院工学系研究科	M2	21	7	23	3	
	伊藤 くみ	東京大学大学院工学系研究科	技術補佐員	22	4	22	12	

【相手国側】

グループリーダー	氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間				備考
				開始		終了		
				年	月	年	月	
○	Mariam SOU	2iE	Lecture	22	3	27	2	
	Amadou Maiga	2iE	Professor	23	6	27	2	
	Y.Maiga	2iE	Researcher	22	3	27	2	
	Moyenga David	2iE	Researcher	22	3	27	2	
	S.B. Lalanne	2iE	Researcher	22	3	24	3	
	Yiougo Lydie	2iE	Researcher	22	3	24	3	
	Joseph WETHE	2iE	Professor	22	3	23	4	

②研究項目

- ・実証実験準備
- ・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

(8)都市モデル実証実験チーム

①研究参加者

【日本側】

グループリーダー	氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間				備考
				開始		終了		
				年	月	年	月	
○	高橋 正宏	北海道大学大学院工学研究院	教授	21	6	27	3	
	伊藤 竜生	北海道大学大学院工学研究院	助教	21	6	27	3	
	船水 尚行	北海道大学大学院工学研究院	教授	21	6	27	3	

	牛島 健	北海道大学大学院工学研究院	特任助教	22	4	27	3	
	土方 野分	北海道大学大学院工学研究院	博士研究員	22	4	27	3	
	村上 雅博	高知工科大学工学部	教授	21	6	27	3	
	鍋島 孝子	北海道大学メディア・コミュニケーション学院	准教授	21	6	27	3	
	箱山 富美子	藤女子大学人間生活学部	教授	21	6	27	3	
	滝沢 智	東京大学大学院工学系研究科	教授	21	6	27	3	
	小熊 久美子	東京大学大学院工学系研究科	講師	21	6	27	3	
	村上 道夫	東京大学総括プロジェクト機構	特任助教	23	4	27	3	
	酒井 宏治	東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻	特任助教	23	4	27	3	
	橋本 崇史	東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻	助教	26	4	27	3	
	橋詰 博樹	多摩大学グローバルスタディーズ学部	教授	22	3	27	3	
	張 澄 (ZHANG Ying)	東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻	学術支援職員	25	4	25	6	
	Wongrueng Aunnop	東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻	特任研究員	23	4	24	3	
	河西 亮	東京大学大学院工学系研究科	M2	21	7	23	3	
	伊藤 くみ	東京大学大学院工学系研究科	技術補佐員	22	4	22	12	

【相手国側】

グループリーダー	氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間				備考
				開始		終了		
				年	月	年	月	

○	Hama Amadou	2iE	Researcher	26	4	27	2	
	Mariam SOU	2iE	Lecture	22	3	27	2	
	Sossou Seyram	2iE	Researcher	22	3	27	2	
	Y.Maiga	2iE	Researcher	22	3	26	4	
	F.Lalanne	2iE	Researcher	22	3	24	3	
	Lydie YIOUGO	2iE	Ph.D student	22	3	24	3	
	Joseph WETHE	2iE	Professor	22	3	23	4	

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

(9)キャパシティデベロップメントチーム

①研究参加者

【日本側】

グループ リーダー	氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間				備考
				開始		終了		
				年	月	年	月	
○	船水 尚行	北海道大学大学院 工学研究院	教授	21	6	27	3	
	伊藤 竜生	北海道大学大学院 工学研究院	助教	21	6	27	3	
	細川 愛	北海道大学大学院 工学研究院	特定専門職員	21	7	27	3	
	牛島 健	北海道大学大学院 工学研究院	特任助教	22	4	27	3	
	土方 野分	北海道大学大学院 工学研究院	博士研究員	22	4	27	3	
	滝沢 智	東京大学大学院工 学系研究科	教授	21	6	27	3	

【相手国側】

グループリーダー	氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間				備考
				開始		終了		
				年	月	年	月	
○	Amadou Maiga	2iE	Professor	23	6	27	2	
	Mriam Sou	2iE	Lecuture	22	3	27	2	
	Joseph WETHE	2iE	Professor	22	3	23	4	

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究システム提案
- ・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

§ 4 プロジェクト実施内容及び成果

4.0 プロジェクト全体

(1) グループを統合した全体の成果

(1-1) グループを統合した全体の成果

本プロジェクトの成果を学術的側面とサヘル地域の水・衛生問題の解決への貢献という側面の二つの観点から記す。

① 学術的観点

従来のサニテーションに対する考え方に新しいコンセプトを加えることができたと判断している。すなわち、サニテーションの考え方について、次の3つのカテゴリーを提案した：

- (1) the Primitive Sanitation : open defecation や河川上に作られたトイレのように、自然の物質循環能力を利用したサニテーション(自然浄化能力を利用)
- (2) the Modern Sanitation : 人のし尿や排水を生活環境から安全に分離し、かつ環境汚染を生じさせないように処理後、排出する。すなわち、資金の流れは公共事業型であり、サニテーションは外部経済として位置づけられる。
- (3) the Postmodern Sanitation : 今回新しく提案した、資源回収型サニテーション。ユーザーの Value Chain を中心におき、サニテーションによりユーザーに資金の流れを作る。すなわち、サニテーションを内部経済として位置づける。そして、資金の流れは Cloud Capitalist に代表される民間・市民型とする。

次に、この Postmodern Sanitation のコンセプトを基礎に水・衛生に関する学術の体系化(衛生工学、地域計画学、開発経済学、公衆衛生学・国際保健学、農学、政治学の寄与と相互連関)の可能性をブルキナファソをフィールドとして実証することができたと考える。

すなわち、水・衛生分野の学術基盤形成に大きな貢献をしたと考える。

② サヘル地域の水・衛生問題の解決への貢献

上記の学術的観点からの貢献において、新しいサニテーションの考え方(Post-Modern Sanitation)は、現状のサニテーション分野におけるMDGsの達成における、有力な対処策を与える。すなわち、まず、ユーザーの ValueChain を第一におくことにより、サニテーションにおけるお金の新しい流れを用意することができることになった。また、Facilitating Organization の事業性の可能性を示すことができたことにより、具体的な対策・政策への指針が用意できたことになる。加えて、この考えを実現する具体的な技術も提示することができた。開発した技術は現地運転が容易(電気等のインフラを必要としない)という条件を満たす、農村モデル用コンポストトイレ、雑排水処理装置、用水供給システム、尿・コンポストの農業利用技術である。

この、(1)サニテーションの新しい考え方、(2)この考え方を具体化する制度的・政策的方向(ビジネスモデルとその Facilitating Organization)、(3)そして、この制度・政策を実現するための具体的な技術(衛生工学、農学的技術)の提案を、ブルキナファソ政府、特に水省の大臣をはじめとする政策決定集団にすでに、提示している。

加えて、このような一連の考え方＋具体的政策方向＋技術の改良・進化ならびにサヘル地域に展開するための高度な人材グループ(2iE の若手研究者とその卒業生、日本における学位取得者)を作り上げることができた。2iE はサヘル地域における、学術・技術・政策のシンクタンクとしての中心的役割を果たすグループとなりつつある。その一つの実績として、2014年にブルキナファソ・ワガドグで Africa Water を開催・運営することができたことがあげられる。

また、ミクロな点からは、パイロットファミリーの存在もあげることができる。彼らは、新しい技術に対する好奇心とこれらに真摯に取り組む姿勢を示し、積極的に本プロジェクトの実証に参加し、サニテーションの主体として十分な役割を果たすことができることを示した。パイロットファミリーの周辺家族への、本プロジェクトの成果の伝搬の兆しも見えてきている。この点はアフリカ政治学の観点からは、「アフリカの農民が本プロジェクトに参加できる自律的アクターと認めることは、これまでの国家政策であった水管理に国境を超えたネットワークを持ち込んだことになる。これらは伝統と近代性の二重の社会と国家を克服するポスト・モダン現象と位置づけることができる」と評価することができると考える。

(1-2) カウンターパートへの技術移転の状況

- ワークショップ, 共同研究, 現地共同調査, 北海道大学での研修を通して次の技術移転を行った.
 - 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の成果
 - 2013 年 4 月, 7 月, 10 月および 12 月に実施した生活時間調査において, 2iE またはワガドゥグ大学よりインターン生のべ 15 名を, 調査補助員として募集し, 調査方法およびデータ整理方法
 - 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
 - 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と測定方法
 - 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)
 - コンポストトイレのメンテナンス方法
 - コンポスト中病原性微生物の不活化機構
 - 植物毒性評価(発芽試験)法
 - 雑排水土壌処理技術
 - 界面活性剤分析技術
 - 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
 - HRSAP ベンチスケール実験装置の運転, 解析法
 - 水処理系における消毒効果測定法
 - 膜ろ過システムの基本概念
 - 膜ろ過実験法
 - 圃場試験実施方法
 - DALY を用いたリスク評価法
- 現地でのコンポストトイレ, 雑排水処理装置の製作過程において, 現地職人に対し, 図面読解法, 工作技術について技術移転を行った.

(1-3)成果の位置づけや類似プロジェクトとの比較

(1-3-1)類似プロジェクトとの比較

国内外における新しいサニテーションに関する研究を実施している主なグループは

- Swiss Institute of Aquatic Science and Technology, Eawag を中心とするスイスのグループ
- Technical University Hamburg-Harburg を中心とするドイツのグループ
- Wageningen University を中心とするオランダのグループ
- Swedish Institute for Infectious Disease Control 等のスウェーデンのグループ
- TAMK 等を中心とするフィンランドのグループ

のヨーロッパのグループがあげられる. 日本国内ではこのテーマの研究を活発に進めている本研究チーム以外には極めて少ないのが現状であろう.

研究動向を2009年開催の DRYTOILET2009 の会議内容から整理して, その項目を箇条書きにすると次のようになる:

- (1) サニテーションの考え方に関する研究
- (2) MDG 達成にむけての方策に関する研究
- (3) サニテーションシステムの病原性微生物処理とリスクアセスメントに関する研究
- (4) サニテーションシステムの受容性や導入戦略に関する研究
- (5) 糞便や尿の農業利用に関する研究
- (6) 尿の処理に関する研究(栄養塩の回収, 微量汚染物質の制御)
- (7) 糞便やブラックウォーターの処理に関する研究
- (8) グレイウォーターの処理に関する研究
- (9) Capacity Building に関する研究

これらの研究課題はサニテーションシステムが多様な側面, すなわち, 衛生施設としての位置づけと栄養塩をはじめとする資源循環施設としての位置づけをもち, かつ, 人間との直接のインターフェイ

スをもったシステムであることを反映している。

本研究課題においても、上記の9つの課題について要素研究・実証研究を通して実施している。本研究の位置づけや特徴を整理すると下記のように整理される：

- ① サニテーションの考え方は、社会的な要素(文化、社会システム、宗教)に大きく依存している。本課題ではブルキナファソをはじめとするサヘル地域へのサニテーションシステムの導入を検討していることから、この地域の社会・文化的背景にあったサニテーションシステムを考察していると位置づけられる。特に、現地のし尿に対する考え方、これまでの扱いを尊重し、文化的なギャップを持ち込まないことを目指している点に新規性があると考えている。
- ② MDG への達成については、世界共通の喫緊の課題であり、本研究においても Goal としてあげている。
- ③ 国内外の類似研究としては、そのほとんどがコンポストにおける病原微生物の挙動を考察したものであり、おが屑を用いたバイオトイレにおける挙動を考察したものはほぼ皆無である。その点で今後このバイオトイレが実用化された場合には、本研究成果が貴重なデータとなることは確実である。水系感染症の病原微生物のリスク評価に関する研究は非常に多くあり、環境中での挙動や病原微生物の感染能力などのデータは蓄積されている。従って、それらの情報を利用することでリスク評価を充実させることができる。
- ④ サニテーションシステムの導入戦略に関する検討は通常、事例研究を通して実施されており、主として、システムの受容性の評価に重点が置かれてきていた。**本研究グループの特徴は、導入のための新しいビジネスモデルを提案しているところにある。**現在、ビジネスモデルの提案は他の研究グループでは行われていない。
- ⑤ 糞便や尿の農業利用に関する従来の検討は、その肥料効果に注目されてきた。本研究では、肥料効果に加え、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ことを特徴としている。また、コンポストや尿の市場化も視野に入れている点も特徴である。
- ⑥ 尿の処理に関する検討では、土壌中における医薬品やホルモン類の制御を主要な研究対象としているところに特徴を有している。ヨーロッパのグループが実施している電気化学的処理については経済的な面から導入不可能であろうと考え、日本国内のみにおいて研究を実施している。また、尿中のリン、窒素を直接回収する方法の検討も本グループの特徴である。
- ⑦ 糞便やブラックウォーターの処理における本研究グループの特徴は低コストコンポスト型トイレの開発とその反応工学的な検討である。本研究で開発しているコンポスト型トイレはヨーロッパにこれまで無かった形式のものである。
- ⑧ 雑排水の処理に関しては、ヨーロッパのグループは人工湿地に関する検討が多い。一方、本研究グループにおいては傾斜土層法のような土壌処理の検討を実施した(農村モデル)。都市モデル用には高速藻類池を対象としている。また、作物の生育阻害を直接測定しているグループは他に存在していない。
- ⑨ 本研究においても、3段階の capacity development を行った。すなわち、高等教育レベル、技術者・実務家レベル、地域リーダーレベルである。このうち、高等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、総合的な教育プログラムの構築を検討した。高等教育レベルについての検討はユニークなものであり、本成果はJSPSのアジア・アフリカ学術基盤形成事業(**資源回収型サニテーションモデル開発研究** 平成26年4月～平成29年3月)へと展開している。

(1-3-2)本プロジェクトのインパクトと今後期待される効果

①専門家集団へのインパクト

これまでの成果により、2011-2014年には19件の学会等招待講演を実施した。このことより、本プロジェクトのコンセプトならびに具体的な成果が広く世界で認知されはじめたものと理解している。また、加えて、ノーベル平和賞受賞者である Prof. Muhammad Yunus が主催する2012年11月に開催される Global Social Business Summit 2012: Power of Innovation - To Change the World に招待されたのも認知が広がっている証拠と判断している。特に、下記の学会のうち、スペインで開催された 3rd

International Congress Wastewater in Small Communities(番号(9))は規模も大きく、世界中の研究者が集まった学会である。また、ウランバートルでの会議((4), (5))は、WHOの主催である。加えて、水政策に関わる会合である第6回世界水フォーラムにおける会議開催も水・衛生政策担当者へのインパクトが期待できる。

また、フィンランドのタンペレ工科大学の博士論文の審査委員の要請が船水に2014年2月にあった。このことも、具体的な成果が広く認知されてきたものと判断している。

また、2013年6月横浜で開催されたTICAD Vではサイドイベントと展示を実施し、広くアフリカの指導者に情報提供を行った。また、本サイドイベントにはブルキナファソ政府水省の大臣も講演を行っていただいた。これとともに、農業生産のための水・衛生施設管理というコンセプトの提言も2014年度に提出した。これらの活動により、より多くのインパクトが期待できる。Africa Water(2014年6月)の開催・運営もあげられる。

また、2012年サンノゼで開催されたGlobal Innovation Summitにおいて、サニテーションシステム導入のための新しいビジネスモデルに関する報告を行った。Social Enterpriseにおいて、そのビジネスモデルの形式はいわゆる先進国向けのものは存在しているものの、アフリカ地域のような開発途上国におけるビジネスモデルはこれまで提案されたことがなく、注目を集めた。

②ブルキナファソ政府へのインパクト

次のような活動を通じ、ブルキナファソ政府関係者にプロジェクト成果の移転した。

- 1) 2011年10月 農業大臣を北大に招聘
- 2) 政府主催 6^{ème} Forum mondial de l'eau, December 20-22, 2011 においてプロジェクトの紹介
- 3) SIAOにてコンポストトイレを展示・使用(2012年10月—11月)
- 4) 2013年7月にブルキナファソ政府に政策提案(Integrated Water Resources Management for Food Security in Burkina Faso)を行い、水省の大臣をはじめとする局長級担当者会合にて説明。
- 5) 2014年1月 水省衛生総局長、水資源総局長を北大に招聘
- 6) 2014年11月 水省水資源総局長をプロジェクトの最終シンポジウム(高知)、地球研とのワークショップに招聘

③住民へのインパクト

4.7 農村モデル実証実験チームの成果に示したように、導入家庭(4世帯)、非導入家庭(4世帯)についての生活時間調査からは、新しいシステム導入によるパイロット家族の人たちの顕著な生活時間の変化は観察されていない。

住民を対象とした3段階のワークショップ(広く地域住民を対象としたインフォメーションワークショップ、パイロットファミリーを対象としたトレーニングワークショップ、フォローアップワークショップ)ならびに、パイロットファミリーの乾季における野菜栽培の状況は、パイロットファミリーとその周辺の住民に新しいサニテーションの価値について浸透しつつある。

④今後期待される効果

前項で述べたように、学術基盤の形成という観点からは、JSPSのアジア・アフリカ学術基盤形成事業(資源回収型サニテーションモデル開発研究 平成26年4月～平成29年3月)という形での展開が決まっている。この事業は、ブルキナファソに加えてザンビア、インドネシアの研究者と日本の研究者により、資源回収型サニテーションの学術基盤を形成しようとするものであり、サヘル地域での経験を他の地域に展開させるものである。これにより、水・衛生に関する学術基盤(衛生工学、地域計画学、開発経済学、公衆衛生学、国際保健学、農学、政治学より構成されと考える)形成に本プロジェクトの成果がつながっていくと判断している。

サヘル地域の水・衛生問題の解決への貢献という観点からは、その考え方+政策目標+実現のための組織+具体的な技術をセットとして提案した本プロジェクトの成果は、サヘル地域の水・衛生問題解決のための指針を与えると考える。その意味からも、本プロジェクトの成果は具体的な政策・問題解決にむけた第一歩とすることができる。

4.1 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) 水・衛生システム＋農業＋流通＋金融・財政＋環境面からの政策・技術シナリオ作成と評価による新ビジネスモデル開発
- (2) 日本の水・衛生施設導入経緯と成功要因の整理によるマクロ政策の提案
- (3) 従来援助方策の評価
- (4) 維持管理システムの要因整理
- (5) 住民のためのworkshop開催
- (6) 実証実験実施協力機関の組織化
- (7) 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導入のためのビジネスモデル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: 農村モデルに対するアプローチのうち, (1)利用者のバリューチェーンの解析, (6) 財政システムの検討に関する項目を担当し, 他グループの検討結果とを総合化して, 導入のためのビジネスモデルの提案に結びつける。また, 日本における水・衛生施設導入を成功例としてとらえ, その成功要因を整理して, ブルキナファソにおける導入戦略作成へのインプットとする。

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, 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) 成果

(3-1) 主要な成果－1 : 農家のマテリアルフローの解析

方法: ウブリテンガ県の農業統計と現地調査結果を用いて, 農業生産のキーとなる水, 窒素, リンについてのマテリアルフロー分析を行った。

成果: 水, 窒素, リンについてのマテリアルフロー図を図-4. 1. 1～3に示す。生活系の中で捨てられている水が現状の小規模菜園で使用する水量に匹敵すること(図-4. 1. 1), 尿尿として捨てられている窒素, リンがやはり小規模菜園で使用されている量に匹敵すること(図-4. 1. 2, 3), それ以外には農家が利用できる農業資源は今のところ見つけられないこと, がわかる。また, 生活排水および尿尿に含まれる窒素, リンを使って, 換金作物を栽培することを考え, 各々のポテンシャルを評価すると, 明らかに水が制約条件となることがわかる(図-4. 1. 4)。

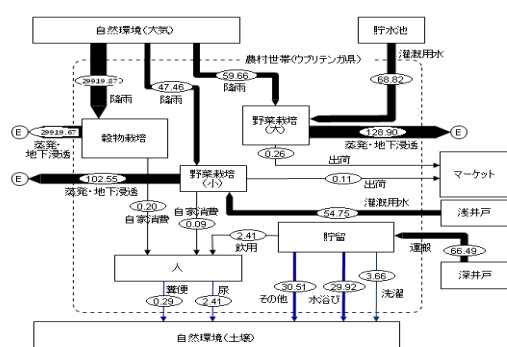


図-4. 1. 1 農村世帯における水のフロー

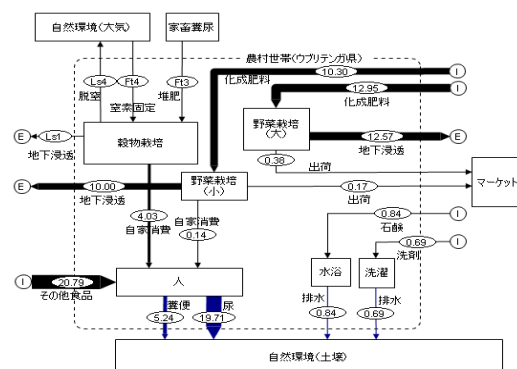


図-4. 1. 2 農村世帯における窒素のフロー

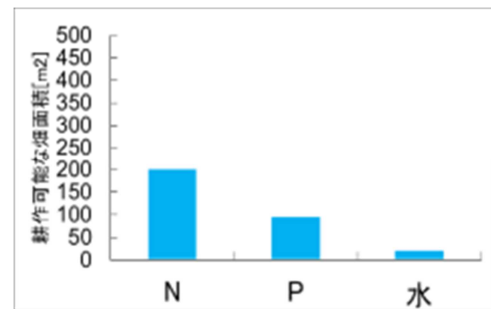


図-4. 1. 4 耕作可能面積のポテンシャル
(トマト栽培を想定して算出)

(3-2)主要な成果－2 :住民のバリューチェーンの解析

ジニアレ郊外の農家における農民のバリューチェーンを解析した結果を図-4. 1. 5に示す。農家では穀物栽培(自家消費用)と野菜栽培(自家消費と販売)をおこない、主たる現金収入は野菜栽培であることが確認された。この野菜栽培と衛生施設を結びつける、すなわち、図-4. 1. 6のように、糞便のコンポスト化、尿の肥料としての利用、雑排水の灌漑用水としての再生利用により、現金収入を増やすことが可能となり、衛生施設導入のインセンティブを明確に示されることが明らかとなった。



(3-3) 主要な成果－3 :新しいビジネスモデルの提案

この、マテリアルフローとバリューチェーンの解析結果より、図-4. 1. 7に示すビジネスモデルを構築した。

- 衛生施設を Agro-Sanitation Asset と位置付け、この Asset を利用して、野菜栽培を行い、市場で販売することで収益を得る。
- この Agro-Sanitation Asset を導入するための資金は Micro-Finance の仕組みを利用して調達することとし、ローンの返済を野菜栽培からの収益を充てることが可能となるような、Asset の価格を達成するための、ハードウェア開発を行う。
- Micro-Finance を行う Facilitating Organization はファイナンス事業のみでは持続性が無いため、農業指導、ならびに野菜の Marketing Support も行い、農家の収益を確かなものとする。
- Facilitating Organization は Social Capitalist からの投資を受ける。この投資は少額の投資家の Cloud を形成することも想定される。

- 衛生設備を作成する地域の産業も育成する。

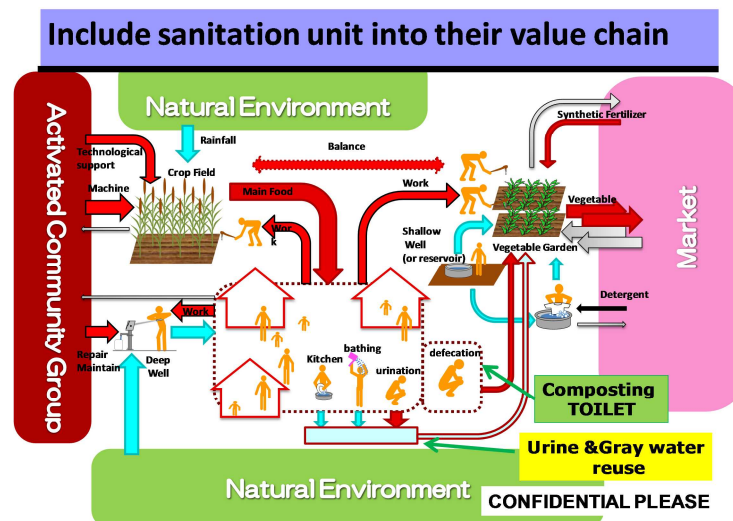


図-4. 1. 6 衛生施設のバリューチェーンへの組み込み

Sanitation business model

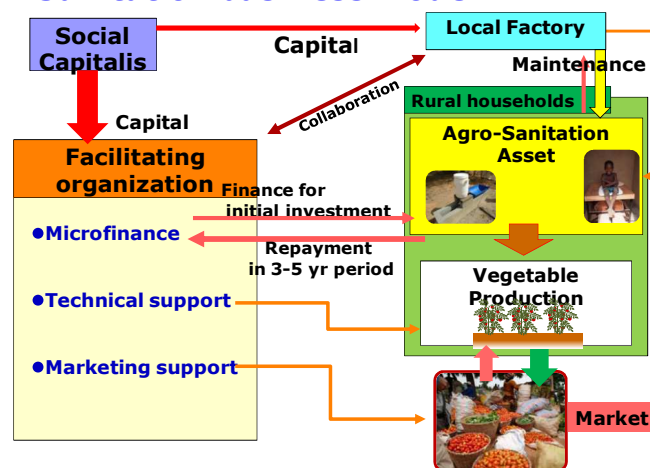


図-4. 1. 7 衛生施設の導入のためのビジネスモデル

(3-4)主要な成果—4:ビジネスモデルにおけるファシリテート組織の具体化(シミュレーション)

方法: マイクロファイナンス(MF)利用導入モデルを, ①農家の収入予測, ②農家のローン返済シミュレーション, ③Facilitating Organization の事業費用予測, の3モジュールに分割し, 複数のシナリオを適用してシミュレーションを行い, その結果を評価した. なお, 対象地域として Ziniaré および Bobo-Dioulasso の2か所をとりあげた. 農家返済シミュレーションにより, 農家の収入における最大借入可能額, すなわち尿・雑排水ユニットおよびトイレの目標価格を求めた. 返済は, 年間4回の収穫に対応させる形で, 年4回, 収穫量に応じた返済を行うものとした(農業MFの事例にみられるセミバローン返済の変法). シナリオを設定するうえで変化させるパラメータは, 金利(年利10%, 15%, 20%), 収入のうち返済に充てる比率(100%, 80%, 50%), 返済年数(2年, 4年), 導入方法(尿・雑排水ユニットとトイレを順次導入／一括導入)の4つとし, 合計36通りのシナリオを作ってシミュレートした.

次に Facilitating Organization の事業性を次のように評価した. まず, ローン返済シミュレーションの結果から, 1ローン当たりの返済総額を求め, それを返済年数+準備期間1年で割って, 借り手1人あたりにかけられる年間経費と見なし, ブルキナファソのMF事例(Mix Market, 2014)の「借り手1人当たり年間コスト」と比較して妥当性を評価した. 次に, 5000世帯を対象として, 毎年1000世帯ずつ5回に分けて順次導入していく(合計8年間)プロジェクトを仮に想定して, 毎年の収益, 最初に必要な資

金総額の予測を行った。なお 5000 世帯という規模は、Oubritenga 県全体のおよそ 10%, もしくは 50% の普及率で 50 村に導入した場合の規模に相当する。

成果:

- FO 成立の最小単位として、500 世帯程度（約 4～5 村）を対象とする規模が一つの目安と考えられた。
- ローン及び FO 事業のシミュレーションを行った結果から、返済期間 4 年、ローンの年率 20%, 返済額/増収額=0.8 という比較的現実味のある条件で、FO 事業が成り立ちうると評価された。
- Ziniare と Bobo-Dioulasso のシミュレーション結果を比較すると、雨季の長い Bobo-Dioulasso のケースが有利であり、Ziniare よりもさらに条件の緩い、返済額/増収額=0.5 もしくは 2 年返済の条件でも実現の可能性があると考えられた。
- Agro-Sanitation アセットの目標額は、250～260 ユーロ程度が妥当と考えられた。
- ひとつの FO の対象世帯が 500 世帯程度とすると、FO を一つ立ち上げるのに必要な開業資金は 1 万～6 万ユーロ程度と推定された。この金額は、クラウドファンディングによる資金調達の実例（平均で数千～6 万ドル程度）と比較して、十分現実味のある金額の範囲と言える。

(3-5)主要な成果—5:農村地域に暮らす住民の経済・社会・教育事情に関する実態把握

方法:

ブルキナファソにおいて、当該 Ameli-EAUR プロジェクトを含む各種開発援助や国際協力等の活動対象となっている農村地域に暮らす住民の経済・社会・教育事情に関する実態把握を目的とし、以下の現地調査を実施した。

- ・ 3つのパイロットサイト(Kologondiesse 村, Barkoundouba 村, Makognadougou 村)の訪問視察、住民の日常生活や経済活動の参与観察(泊り込み含む)、及び住民との意見交換を行なった。(調査時期:2014 年 6 月, 10 月, 2015 年 2 月の計 3 回)
- ・ ブルキナファソ国内の農村に住む 20 歳以上の成人に対するアンケート調査を実施した。調査地はパイロットサイト 3 村と他 1 村(Dabokry 村)の計 4 村で、回答者数は計 148 名(男性 84 名, 女性 64 名)。(調査時期:2014 年 10 月)

成果:

- ・ 教育水準に関する調査の結果、調査対象 4 村全体としては初等教育 24%, 中等教育 11%, 高等教育 1%と非常に低く、全国水準の各 85%, 26%, 5% (World Bank, 2014) と比較しても非常に低いことが分かった。識字能力も自己評価で「全くない」「低い」という回答者が全体の 71%を占めた。一方で、中等教育以上の学歴者は 148 名中 16 名で、そのうち 8 名が小中学校教員及び村落指導員(識字教師含む)の職を持つ。村落指導員 6 名のうち Barkoundouba 村の Peulh 民族指導員のみ学歴が初等教育と比較的低いが、識字能力は「高い」と回答している。各村では「識字教育」という学歴の存在認識が見受けられ、公立あるいは正式な学校ではないが地方自治体や国際機関の援助による識字教育センターが国内農村部の各地域で運営され、受講者も大人や子供に限らず公立学校の学童と同様に「生徒(または学生)」と呼ばれている。乾季(農閑期)に識字の勉強をすると回答した者も 5 名いた。このように、ブルキナファソ農村での就業機会やステータスは、学歴よりも識字能力の方が重要性が高く、地域住民がその価値観を共有し認識(または意識)している実態が明らかとなった。この識字教育の重要性が、今後のコンポストトイレや排水処理システムの導入、ビジネスモデルや自律的資金調達のためのマイクロファイナンス活用といった、地域住民による管理運営において新たな有効なツールを提示することに繋げることが出来た。
- ・ 収入(年)に関する調査結果では、4 村全体で 125,000 CFA(約 25,000 円)未満が 148 名中 78 名(52.7%)であり、一人当たり国民総所得 GNI:355,589 CFA(World Bank, 2013)との比較では、年収が 300,000CFA 以上の者は 148 名中 13 名(8.8%)であることが分かった。この 8.8%という数値は、4 村全体として年収 125,000CFA 未満いわゆる貧困ライン

未滿所得者が半数以上を占める中での少数ではあるが、それでも農村で生活する全回答者の1割弱が全国水準かそれ以上の所得を有していることを明らかにしている。また4村比較では Kologondissé 村と Barkoundouba 村の年収が比較的低く、中でも Barkoundouba 村で年収が最低値 25,000 CFA (約 5,000 円) 未滿者が多かった。Barkoundouba 村は比較的教育水準が高い村であるという調査結果が出ていたが、年収は比較的低いという見解となった。一方 Makognadougou 村は年収 125,000 CFA 以上が 19 名中 17 名と4村比較で最も高く、同村は回答者の平均年齢が4村中最も若いことや、学歴は低い識字能力は比較的高い特徴があること、さらに村で実施されているプロジェクトやグループ活動へのモチベーションの高さ等との関係性が示唆された。また本調査で、農村部では学歴と収入の比例関係が都市部のように成立していない可能性の検討を引き出す結果となった。

- ・ マイクロファイナンスに関する調査結果としては、まずマイクロファイナンスについて少なくとも知っている者(「少し」「とても」「ほぼ完璧」回答者)が4村全体として約40%、マイクロファイナンスの経験が「有る」者は25%と、想定していた以上に少ないことが明らかとなった。またマイクロファイナンスは経済活動の向上に貢献すると思うかという質問については、少なくとも思うと回答した者が90%以上であった一方で、では実際にマイクロファイナンス活動に参加したいかという質問に対しては、「全く思わない」「少し(は)思う」という消極的な回答が26.3%と少なくないことが分かった。マイクロファイナンスに参加する際の様々な負担やリスク懸念などが住民側で慎重に考慮されている実態が示唆され、今後のマイクロファイナンス導入可能性について参考となり得る有力情報の一つに繋げることが出来た。
- ・ 住民組織や外部資金支援プロジェクトへの参加に関する調査結果としては、まず4村全体の75%以上が何らかの住民組織に参加している一方で、住民組織活動への満足度についてはややばらつきが見られた。住民組織活動に少なくとも満足している者は74.3%と大半ではあるが、一方で「満足していない」「少し(は)満足」という評価の低い回答者も25%(148人中37名)と少なくないことが分かった。さらに、外部資金支援プロジェクト参加経験が「有る」と回答した者が52.6%と過半数を占めているが、当 Ameli-EAUR プロジェクトへの参加が経済活動や生活状況の改善に繋がると思うかという質問に対しては、4村全体として「全く思わない」が5.4%、「とても思う」「絶対に思う」が68.9%と高評価であった。また Makognadougou 村では「全く思わない」と「とても思う」で評価がやや二極化している傾向が見られた。しかし住民組織やプロジェクト等への参加そのものについては、これによって経済活動や生活状況に変化があった(ある)と思うかという質問に対して、「まあまあ思う」「とても思う」と回答した者が73.7%、さらに住民組織やプロジェクトの参加による恩恵・成果に対する満足度も、「満足」「とても満足」と回答した者が68.5%と積極的な評価が多いことが分かった。これは同村で成果を上げている JICA プロジェクトの実施効果や参加住民の取り組みに対する経験の蓄積、モチベーション向上等が反映されていることを実証し得る結果と考えられ、同村でのコンポストトイレや排水処理システムの導入、普及、及び住民による自主運営を進めていく上で大いに有効活用できる基盤であるという見解を導くことが出来た。

(3-6)主要な成果—6: 公衆衛生面からのサニテーション施設の効果把握(病原微生物の伝搬経路を考慮したリスク評価手法によるサニテーション施設導入効果推算モデル)

方法: 一般に、病原微生物の伝搬と病気の発症を考える場合、(1)食料、(2)衛生環境、母子保健、(3)生活用水、サニテーション、(4)ヘルスシステム、(5)人口密度という5つのポイントがある。これらのうち、今回は3. 生活用水、サニテーション→B. 感染症→「栄養欠乏、罹患率・死亡率」という流れを対象に、サニテーション効果を下記の4ステップにより推測した。

(1)Burkina Faso の現状評価

(1-1) WHO の公表している Burkina Faso の年齢層別、疾病別 DALY 値(YLD 値, YLL 値)と死亡率を用いて、下痢症の年間発症件数を推算。

表4-1-1に Burkina Faso の下痢症による死亡者数、DALY 値を示す。下痢症による死亡率(死

亡者/人口)は 0.06%(全体), 0.24%(5 歳未満)となっている。損失 DALY 値は 817000 年にのぼる。

表 4-1-1 BukinaFaso の下痢症による死亡者 DALY 値 単位は 1000 人, または 1000 年(WHO, 2012 より)

	All	0-4	5-14	15-29	30-59	60-69	70+
Total Population(人)	16460	2921	4596	4560	3746	413	225
Death (人)	10	6.9	0.8	0.5	0.7	0.3	0.8
DALY(年)	816.7	651.1	66.9	38.7	38.1	9.6	12.3
YLL(年)	780.7	626.7	62.8	35.5	34.6	9.1	12
YDL(年)	36	24.4	4.1	3.2	3.5	0.5	0.3

(1-2)DALY 値(Disability Adjusted Life Year)は次のように計算される。

DALY 値(Disability Adjusted Life Year)は次のように計算される。

$$DALY(c,s,a,t) = YLL(c,s,a,t) + YLD(c,s,a,t)$$

$$YLL(c,s,a,t) = N(c,s,a,t) \times L(s,a)$$

$N(c,s,a,t)$ is the number of deaths due to the cause c for the given age a and sex s in the year t .

$L(s,a)$ is a standard loss function specifying years of life lost for a death c at age a for sex s . $L(s,a)$ are given in the Table (Amexx Table B) in Global DALY methods 2000-2011 (WHO).

$$YDL(c,s,a,t) = I(c,s,a,t) \times DW(c,s,a) \times L(c,s,a)$$

$I(c,s,a,t)$ is number of incident cause c for the given age a and sex s in the year t .

$DW(c,s,a)$ is a disability weight of the cause c for the given age a and sex s .

$L(c,s,a)$ is an average duration of the cause c for the given age a and sex s .

(1-3) Dose-Response の関係と、下痢症の年間発症件数、人口から一人当たりの病原微生物の暴露量の推算

表4-1-1の DALY, YDL 値を用いて、ブルキナファソにおける下痢症の年間発症件数を推算する。Disease Burden においては、疾病の症状は①Mild, ②Moderate, ③Severe, ④Fatal の 4 段階に分類され、①～③の症状について YDL, ④から YLL が計算される。下痢症についても同様の考えで進めた結果、表-4-1-2, 3 を得た。表の結果より、下痢症の発症回数は一人年間約 0.36～2.7 回(全年齢層), 1.4～10.2 回(5 歳未満)と推算された。

また、5 歳未満に注目すると、人口は 2921×10^3 , 下痢症による死者は 6.9×10^3 であり、(2)項で得られた 5 歳未満の下痢症発症回数は $4,000 \sim 30,000 \times 10^3$ であったことから、下痢症を発症したうち、死に至る確率は $1.7 \times 10^{-3} \sim 2.3 \times 10^{-4}$ と推測される。

表4-1-2 例—1: $DW=0.200$, $L=10\text{days}=0.03\text{year}$ とした場合(Moderate を想定)の推算結果

	All	0-4	5-14	15-29	30-59	60-69	70+
YDL	36	24.4	4.1	3.2	3.5	0.5	0.3
I	6000	4066.667	683.3333	533.3333	583.3333	83.33333	50
Incident No. per capita	0.36452	1.392217	0.14868	0.116959	0.155722	0.201776	0.222222

表4-1-3 例—2: $DW=0.060$, $L=5\text{days}=0.0137\text{year}$ とした場合(下痢症がそれほど重症化していないと想定)の推算結果

	All	0-4	5-14	15-29	30-59	60-69	70+
YDL	36	24.4	4.1	3.2	3.5	0.5	0.3
I	43795.62	29683.7	4987.835	3892.944	4257.908	608.2725	364.9635
Incident No. per capita	2.66073	10.16217	1.085256	0.853716	1.136654	1.472815	1.62206

次に、一人あたりの年間発症数から、一日あたりの発症確率 P^* を推算し、 P^* から一回あたりの暴露量を推算する。

毎日同じ Dose であると仮定すると、年間の発症回数は一日あたりの発症確率 P^* と年間日数 365 日の積として計算されることを利用して P^* をまず計算する。そして、次の Dose-Response の関係を利用して、一日あたりの暴露量を推算する。

発症確率を P_{II} 、感染確率を P_{inf} 、感染後発生する確率を P_{II}/inf とすると

$$P_{II} = P_{inf} \times P_{II}/inf$$

$$P_{inf} = 1 - (1 + D/\beta)^{-\alpha}$$

$$P_{II}/inf = 1 - (1 + \eta D)^{-\rho}$$

$\alpha = 0.33$, $\beta = 139.9$, $\rho = 8.23$, $\eta = 69.0$ (Teunis et al. 2010 International Journal of Food Microbiology 144:243-249) を用いて計算した結果を下表に示す。

全人口平均の一人一日当たりの暴露量は $1.0 \times 10^{-3} \sim 7.3 \times 10^{-3}$ の範囲となり、5 歳未満では $1.7 \times 10^0 \sim 1.3 \times 10^1$ CFU と推算された。なお、5 歳未満で暴露量が多く見積もられているのは、Dose-Response の関係を年齢別に求めたものが得られておらず、同じ関係を年齢に関わらず用いたためと推測される。ここでは、見かけ上暴露量を多く見積もることにより、5 歳未満では同一暴露に対する感染率×発症率が高くなっていることを表現していると考ええる。

表4-1-4 一人一日あたりの暴露量の推算

	P^*	D^*
	Incident= $P^* \times 365$	(CFU)
例-1		
All	9.97E-04	4.23E-01
0-4	3.81E-03	1.65E+00
例-2		
All	7.29E-03	3.10E+00
0-4	2.78E-02	1.25E+01

(2) 下痢症について、糞便からの伝搬経路のモデル化

図 4-1-8 に暴露経路のモデルを示す。図の経路について、農地における野菜等への糞便付着量と病原微生物濃度をそれぞれ V_f , C_f 、ハエへの付着量、濃度を V_b , C_b 、手指への付着量、濃度を V_h , C_h とすると、図の経路のうち、食品(手指経由も食品経由に加える)経由の病原微生物への暴露量 D_F は次のように計算される：

$$D_F = V_f \times C_f + V_b \times C_b + V_h \times C_h$$

糞便中病原微生物濃度を C_{Feces} とし、経路中での減衰率をそれぞれ η_f , η_b , η_h とすると、

$$D_F = C_{Feces} \times (V_f \times \eta_f + V_b \times \eta_b + V_h \times \eta_h) = M_{Food} \times C_{Food} = M_{Food} \times \eta_F \times C_{Feces}$$

とできる。ここで、 M_{Food} は食物摂取量(g)、 C_{Food} は食品中病原微生物みかけ濃度(CFU/g)である。

一方、地下水中病原微生物濃度を C_G 、希釈も含めた濃度の減衰率を η_G とし、水経由の暴露量 D_W は

$$D_W = M_G \times C_G = M_G \times \eta_G \times C_{Feces}$$

とすることができ、

全暴露量 D は

$$D = D_F + D_W = M_{Food} \times \eta_F \times C_{Feces} + M_G \times \eta_G \times C_{Feces}$$

と計算される。摂取する食事の質量 $M_{Food} = 1500$ g、飲用水質量 $M_G = 1500$ g と設定できることから、

$$D = 1500 \times (\eta_F + \eta_G) \times C_{Feces}$$

とすることができる。糞便中病原微生物濃度が 10^6 CFU/g 程度と考えると、前項の Table5 の 5 歳未満の場合をもとに計算(暴露量は $1.7 \times 10^0 \sim 1.3 \times 10^1$ CFU)すると、

$$\eta_F + \eta_G = 1.1 \sim 8.6 \times 10^{-9}$$

すなわち、希釈も含めた減衰率は 5×10^{-9} 程度と計算される。

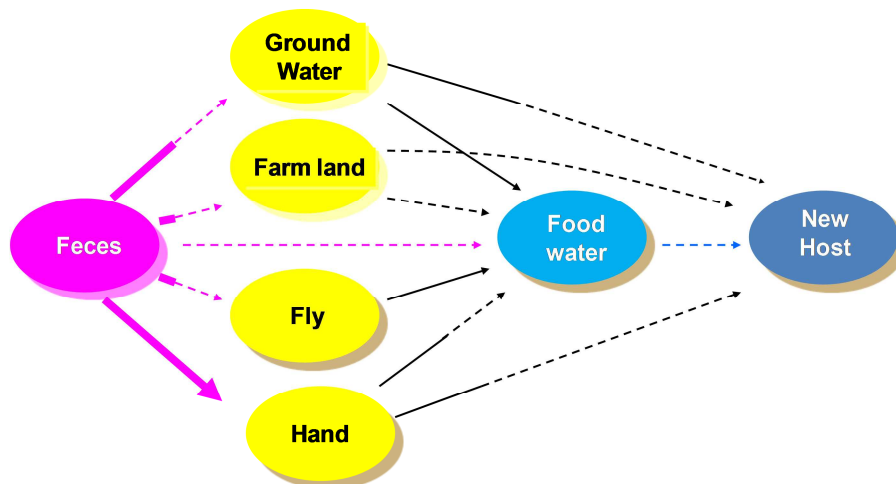


図4-1-8 F-Diagram 暴露のルート

(3)シナリオ作成:サニテーション施設導入による暴露量削減シナリオ作成

サニテーション施設導入による効果をコンポストトイレにおける病原微生物の不活化とする。すなわち、

- ・ 上記式(11)の糞便中病原微生物濃度をコンポストトイレにより低減する(病原微生物の不活化)。
- ・ 暴露の経路では現状と変わらない希釈を含んだ濃度減衰率となる。
- ・ 暴露量の減少により、発症率が低下する。(Dose-Response の関係は現状と変わらない)
- ・ 発症数の低下により、下痢症による死亡者も減少する。(発症のうち、死に至る確率は現状と変わらない)

というシナリオを作成した。

(4)シナリオの評価を DALY 値を指標として実施。

サニテーション要素技術チームでは、コンポストを使用する農民の農作業時の年間感染確率を4時間で 10^{-4} に下げするために必要な石灰量を求めている。この 10^{-4} という確率は4回のコンポスト取り出し時の感染確率である。このことに必要な病原微生物の不活化率は 8Log 程度である。

そこで、8Log の不活化率を有するコンポストトイレの普及率と DALY 値の関係を推算する。すなわち、上記式(10)において、糞便中病原微生物濃度 C_{Feces} をコンポストトイレ普及率 x を用いて、社会の平均糞便中病原微生物濃度

$$AvC_{Feces} = (x \times 10^{-8} + (1-x)) C_{Feces}$$

を用いて暴露量を計算することにより、 x と DALY 値の関係が推算される。結果を Fig.3 に示す。これにより、トイレの普及が 100% に近くなると、DALY 値を下げるできないことがわかる。

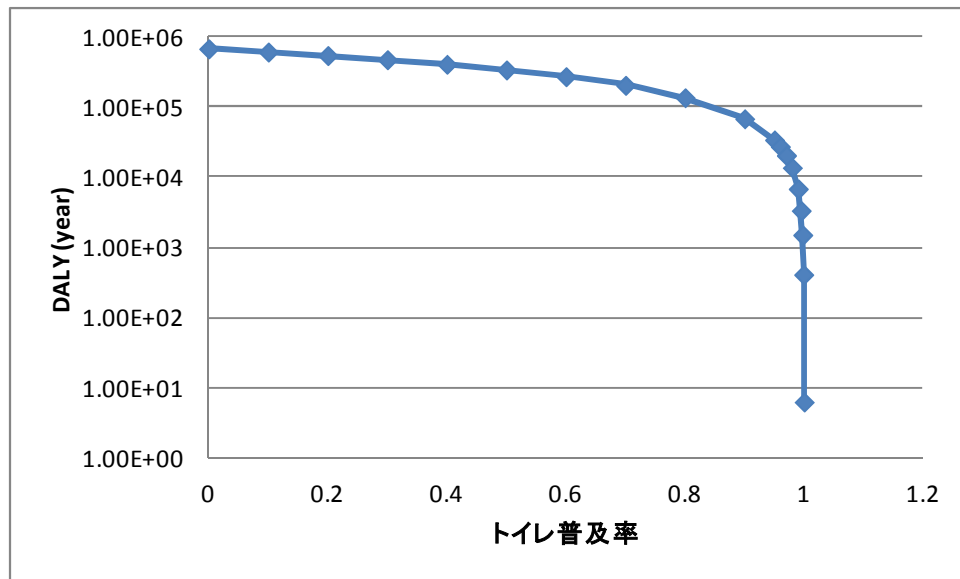


図4-1-9 トイレ普及率とDALYの関係

日本の5歳未満における下痢症によるDALY値は 33.7×10^3 年(5歳未満人口 5368×10^3), すなわち, 0.006年/人である. ブルキナファソの現状0.22年/人から日本なみのレベルにするには, 2Logの不活化率増加が必要である, 社会全体で病原微生物量を1/100にする必要がある. このために必要なコンポストトイレの普及率を計算すると99%という値となる.

成果: サニテーション施設導入のDALY値に与える効果を検討した結果, 次の知見を得た.

- 2012年のWHOのデータより, 一人当たり年間の下痢症発症回数は1.4~10.2回程度(5歳未満), 下痢症発症時の致死率(下痢症志望者数/総下痢症発症数)は $1.7 \times 10^{-3} \sim 2.3 \times 10^{-4}$ と推算された.
- 水・食品を通しての病原微生物暴露量は $1.7 \times 10^0 \sim 1.3 \times 10^1$ CFU(5歳未満)と推算された.
- 糞便からの病原微生物への暴露経路のモデル化を行い, 糞便から水・食品への希釈を含めた病原微生物の低減率は 10^{-9} 程度と推算された.
- 本プロジェクトで開発したコンポストトイレの普及率とDALY値の関係を推算した結果(図4. 1. 8), DALY値を有意に低下させるためには90%を越える人口普及率が必要であり, 日本と同じ下痢症による一人当たりDALY値0.006年/人を達成するには, 99%の普及率が必要であるとの結果を得た.

(3-7)主要な成果-7:パイロット家庭のマテリアル・エネルギーフロー解析による資源生産性の評価

(1) 本解析の狙い

アグロサニテーションシステムを評価するに当たり, これまでの議論では, いかに利益を生み出すかという観点からその実現可能性を評価し, 最終的にビジネスモデルという形で方策を提案した. 本研究では, そうして提案されたアグロサニテーションシステムのコンセプトおよびビジネスモデルのフレームについて, 資源利用効率またはエネルギー効率という観点から, 客観的な評価を行った.

(2) 方法

KoogondiesseのパイロットファミリーであるE氏の世帯のケースをモデル世帯としてピックアップした. 評価シナリオは(1)し尿と雑排水をそのまま捨てている「現状シナリオ」, (2)し尿と雑排水を用いた野菜栽培を行い販売する「野菜販売シナリオ」, (3)し尿と雑排水を用いて家畜飼料を生産し, 家畜を肥育して販売する「家畜販売シナリオ」の3つとし, それぞれマテリアルフロー分析(MFA), 水, 窒素, リンについての要素フロー分析(SFA), およびエネルギーフロー分析(EFA)を実施した. MFAおよびSFAのデータソースは, 原則として, 牛島ら(2013)と同じものを用いた. EFAについては, 対象世帯の農業が

全て人力で営まれていることから、2013 年 4 月から 2014 年 1 月にかけて実施した生活時間調査の結果をもとに、運動強度を消費カロリーに換算する METs 表(国立健康・栄養研究所、2012)を用いて、各活動に対するエネルギー投入量を推定した。

分析結果の評価には、主たる生産活動である農業生産に着目し、物質としての資源生産性(式4-1. 1)、金銭としての資源生産性(式4-1. 2)、エネルギー収支比(EPR、式4-1. 3)を用いた。

$$\text{資源生産性(物質)} = \frac{\text{生産物の価値[kg]}}{\text{投入資源量[kg]}} \quad (\text{式4-1. 1})$$

$$\text{資源生産性(金銭)} = \frac{\text{生産物の価値[EURO]}}{\text{投入資源量[kg]}} \quad (\text{式4-1. 2})$$

$$\text{EPR} = \frac{\text{獲得エネルギー[kcal]}}{\text{投入エネルギー[kcal]}} \quad (\text{式4-1. 3})$$

(3) 解析結果

MFA, SFA の結果に基づいて算出した、各項目の資源生産性を表4-1. 5に示す。農業生産に対して、アグロサニテーションシステムの導入によって増やすことができる投入量は、水で 0.1%程度、栄養塩で 7～10%程度と推定された。これに対し、資源生産性は、野菜販売シナリオでは、資源生産性(物質)で 1.26～1.30 倍、資源生産性(金銭)で 1.12～1.15 倍になると推定され、投入の増分を超える生産性の増加が期待される結果となった。一方、家畜販売シナリオでは、最終的な販売物(家畜)の単価は高いものの、生産量そのものが少ないため、結果として資源生産性(物質)で 1.00～1.03 倍、資源生産性(金銭)で 1.04～1.07 倍にとどまった。

EPR(世帯単位)は、現状シナリオが 4.34 であるのに対し、野菜販売シナリオで 4.41、家畜販売シナリオで 4.37 とわずかに増加すると推定された。ブルキナファソ全体で見た時に、農業人口が全体の 80%以上であることを考えると、理論上は EPR が 1.25 を超えていれば国としての自給自足は成立することになるが、実際には、文明を維持するには EPR10 以上が望ましいと一般にいわれている。EPR を 10 に近づけるという意味では、本研究で設定したいずれのシナリオも、大きく貢献することは難しいと考えられた。

ブルキナファソにおいて EPR が低い原因は、先進国のように化石エネルギーを大量投入して大量生産を行った結果として EPR が低くなるケースとは異なり、そもそも賦存する資源の絶対量が足りていないことに起因すると考えられる。例えば、SFA の結果から穀物畑への栄養塩供給量を見ると、日本の施肥基準と比べておよそ半分程度の供給量となっている(表4-1. 6)。この肥料資源不足の規模は、アグロサニテーションによって提供しうる資源量の 5 倍ほどであり、アグロサニテーションのみの提供によってこの状況を解決することは難しいと思われる。

こうした状況を踏まえると、ブルキナファソにおける効率性、生産性向上の方策としては、アグロサニテーションの導入によって追加投入可能となった資源を、まずは金銭的な面での資源生産性の高い野菜栽培に使い、経済的な面での余力を養った上で、たとえば高収率の穀物栽培に投資をして、EPR も高めていくといった方策が、一つの合理的な方策と考えられる。

表4-1. 5 各シナリオにおけるマテリアルフローの変更規模と資源生産性

	野菜販売シナリオ			家畜販売シナリオ		
	フロー変更量／ 投入量	資源生産性*		フロー変更量／ 投入量	資源生産性*	
		物質	金銭		物質	金銭
物質質量	0.0013	1.26	1.12	0.0013	1.01	1.04
水	0.0012	1.26	1.12	0.0012	1.01	1.04
窒素	0.11	1.26	1.12	0.11	1.00	1.04
リン	0.13	1.30	1.15	0.13	1.03	1.07

*現状シナリオにおける資源生産性を 1 としたときの値

表4-1. 6 現状の栄養塩投入量と不足量およびアグロサニテーションによる供給可能ポテンシャル

	N	P	K
施肥基準による栄養投入量[kg/ha/year]	370	81	307
現状での穀物畑への栄養塩投入量[kg/ha/year]	173	33	190
不足分[kg/ha/year]	197	48	117

アグロサニテーションによる供給可能ポテンシャル[kg/ha/year]	38	9.6	28
-------------------------------------	----	-----	----

(3-8)主要な成果—8:ブルキナファソにおけるマイクロクレジットの現状についての知見

ブルキナファソの現行のマイクロ・クレジットシステムについて主体、対象、クレジットの内容に関する調査を行い、次の知見を得た。

- 現行のマイクロクレジットの実施主体として次の3つがある。①公共行政機関(財務省、文部省)、②銀行、③NGO。
- サニテーション事業において、パートナーとして可能性のあるものは、FAARF(「女性の収入活動サポート基金」、財務省) Ziniaré 事務所、AME(「母親教育者協会 Association Mères Éducatrices (AME)」, 文部省)、銀行: “Caisse populaire”(金融公庫)があげられた。
- マイクロクレジットの Améli-Eaur Project への適用にあたっての留意点として、コストと野菜販売利益のバランスがあげられた。

(3-9)主要な成果—9:農民の生活様式や伝統共同体の社会システムの実態

農民の生活様式や、伝統的共同体の社会システムの実態を探ることを目的とし、関係省庁や地方自治体、NGO、農業生産者団体、女性団体、農民組織など、社会的アクターとなりうる人々とのインタビューから次の知見を得ている。

- 人々の経済システムは自家消費型の小規模。
- 伝統的首長は村の政策決定権があるが、一方で「農村アドバイザー」が地方行政と村の調整と連絡役を担っている。
- プロジェクトでは家庭規模の経済システムや村の政策設定過程を疎外しないことが重要となる。
- ブルキナファソの人々の新技術に対する適応能力に期待できる。
- アフリカの農民が本プロジェクトに参加できる自律的アクターと認めることは、これまで国家政策だった水管理に国境を超えたネットワークを持ち込んだことになる。これらは、伝統と近代性の二重の社会と国家を克服するホスト・モダンの現象と位置付ける。

(3-10)主要な成果—10:水システム導入の成功例として日本モデルの分析の成果

(1)ブルキナファソにおけるし尿処理制度の現状

農業水資源省汚水衛生局水質汚濁有害廃液対策課によると、一部のコミューンでは、トイレ内容物の処理に自家処理いわば認可を与えたし尿収集業者を用いている。汲取し尿の処分先は業者が見つけることとされているが投棄が実態。本来、同省が処理工程・処理基準を定める立場にあるが、現状は「捨ててはいけない」という規定があるのみ。同国におけるし尿処理については、2006年に制定された、2015年に向けた国家計画はあるものの、公衆衛生の向上・生活環境の改善・資源の有効利用など、し尿処理の適正処理に関する制度はまだ存在していない。

(2)日本におけるし尿処理の制度変遷の概要

- 江戸時代—明治時代:民間による商業化:下肥商人による汲取り(買取り)と近郊での売捌き
- 明治33年の汚物掃除法制定後:し尿の汲取業者の許可制や営業鑑札制度の適用がなく自由営業。
- 関東大震災以降:新規参入者による不適正処理の横行。市町村営によるし尿処理業務開始
- 昭和5年の汚物掃除法改正、昭和8年にし尿処理の市町村営の原則が導入。業者の営業許可制。昭和4年には公衆衛生同業組合が設立。
- し尿の収集の市町村関与強化:昭和29年制定の清掃法、昭和46年制定の廃棄物の処理及び清掃に関する法律。

(3)水・衛生システムの都市モデル及び農村モデルの導入のために必要な制度面の要因整理

1)コンポスト肥料の普及について(農村モデル)

- 肥料成分の基準について、ブルキナファソでも「汚濁物の大気、水及び土壌中への排出基準に関するデクレ」第15条に、農業用有機肥料の重金属の基準値が定められている。
- 日本の基準(「肥料取締法に基づき普通肥料の公定規格を定める等の件(昭和61年2月22日

農林水産省告示第284号))と比較して、ブルキナファソの基準にもヒ素以外の基準はあるため、現行のブルキナファソでこれまで運用されていることを考慮すると、日本側の提案の余地はないと考える。

- 今後は、今回のプロジェクトで開発するコンポストの品質試験データを取りそろえ、ブルキナ農業省での審査に載せることが必要と考える。その際、日本の基準もクリアできれば、より望ましいと考える。

2)都市モデルにおける排水処理方法について

- 日本にも農業用水の水質基準として明確なものは定められていないが、現在、日本で農業利用されている処理水質が、一つの目安になると考えられる。
- また、都市の下水処理場の処理水の農業利用に否定的な意見が農業省よりあった。処理場への排水基準については、汚濁物の大気、水および土壌中への排出基準に関する第11条に規定がある。この規定をもとに、排出する企業、病院への指導を徹底することも合わせて必要である。

3)衛生状況改善に資する組織について

- 日本においては、技術力の乏しい自治体が変わる下水道整備支援組織として、日本下水道事業団が活躍している。今後、ブルキナファソにおいて衛生施設を整備するにあたり、同様な組織が必要と考え、ブルキナファソの現状を考慮すると、既に下水道の建設、維持管理やVIPラトリン設置の資金補助を行っている ONEA が、同様な役割を担うことが重要と考える。
- また、日本には、下水道に関する調査研究機関として、国土技術政策総合研究所、土木研究所、日本下水道事業団等が存在する。ブルキナファソにおいても、現地の特性を踏まえて調査研究し、技術力の向上を図れる団体が必要と考える。その役割を担える組織として、国際水環境技術学院(2iE)が考えられる。
- また、日本では、下水道を管理している地方自治体を正会員、下水道事業に関わる企業を賛助会員とする「日本下水道協会」が、これら下水道に関わる団体のネットワーク組織となっており、下水道の設計指針や維持管理指針等のマニュアルや統計資料の作成、国への政策提言等を行っている。このような組織が下水道関連団体の議論や情報交換の場となり、日本における下水道技術の向上に貢献してきた。ブルキナファソにおいても、関連する公的機関や研究機関、企業が、衛生状況の改善に資するネットワーク組織を立ち上げるのが望ましいと考える。

(3-11)主要な成果—11:ブルキナファソ政府水省に提言

水衛生施設整備を Integrated Water Resource Management for Food Security として政策的に位置づけることの以下のような提言をブルキナファソ政府水省に対して行った。以下にその概要を記す。

主題名:

Integrated Water Resources Management for Food Security in Burkina Faso

副題:

Contribution of Conjunctive use of Water Resources and Used Water Reuse to Food Production

目的:

- **This vision is contribute to**
 - **Promoting African Green Innovation**
 - **Attacking to Poverty cycle**
 - **Protecting Environment and Global climate change**

Key concepts – 1 Effective and wise use of three sources

- **Effective and wise use of three sources**
 - **Precipitation**
 - ・ **Current main source**
 - ・ **Seasonal variation**
 - ・ **Storage capacity is limited**
 - **Ground water**

- Not well managed now
- Large storage capacity and distribution capacity
- Used water
 - Constant flow rate
 - Should be coupled with urban area centralized and rural area decentralized wastewater management system

Key concepts – 2 Conjunctive use of surface and ground water

- Conjunctive use of water resources is
 - Effective use of surface and ground water

Key concepts – 3 Agri-business & rural small agriculture

- Water resources management should contribute to both a big scale agri-business and a small scale rural agriculture.

Urban model is for big Agri-Business Supported by wastewater reclamation & rain

Rural model is for small scale vegetable farm of each family by used water

- Urban water is reclaimed by treatment plant and then recharged into groundwater system

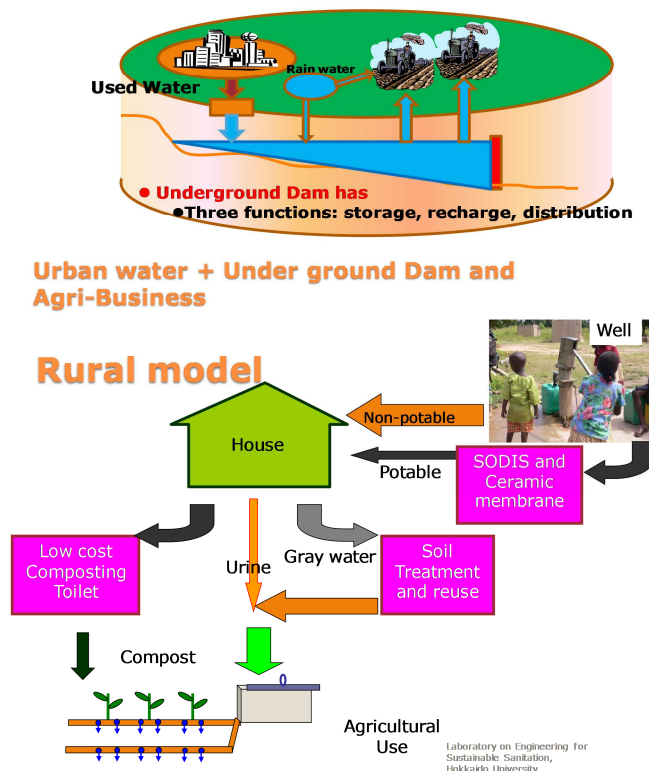


図-4.1.10 提案概要図

(3-12)主要な成果—12:社会実装のための国内体制構築

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だきたい各種専門家(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だきたい方(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。ここでは、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。

現在はサニテーションビジネスモデル研究会として活動をしている。

(3-13)その他の項目の成果**(a) 従来の援助方策の評価のための関連団体調査による成果**

CREPA によるエコサンを使用している家庭を訪問し、し尿分離型トイレの使用実態、利用者の反応を把握した。

(b)ブルキナファソ国の水・衛生に関わる法体系に関する成果

ブルキナファソ法令関係(環境法, 公衆衛生法, 汚濁物排出規制, 飲料水質基準都市廃棄物取扱省令)ならびに, 尿・汚泥コンポスト利用関連, ・再生水の農業利用関連の法令を収集し解析中。

(c)住民向けインフォメーションワークショップの評価

今後のワークショップ, 住民との関係構築に役立てるため, 2011 年 12 月に 3 回開催した住民向けワークショップについての評価を行い, 次の知見を得た:

- 劇やポスターを使った情報伝達は村人にも良く理解された。
- 劇が終わって, 村人が参加して劇を再現する, という試みも 3 村共大成功で, 村人の理解が深かったことを示している。
- トイレの必要性は村人が常時感じている, だが値段が高かったり, 機会がなかったりでトイレが設置されていないことが多い, ということが村人の反応から読み取れた。
- 2ie の技術スタッフがコンポスト・トイレのデモンストレーションをしてみせたのも, 住民の関心を惹き, 効果があった。

4. 2 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、グローバルな資材調達可能性の検討を実施する。

(2)研究実施方法

室内実験により、コンポスト化反応を円滑に進めるために必要な水分管理法、累積糞便処理量と必要攪拌力の関係の実測を行い、トイレ容量の設計方針を定める。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。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、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。具体的には、既然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。不活化について太陽光の利用も検討する。また、コンポストトイレ部品のサプライチェーンを考慮した試作を行う。

(3)成果

(3-1)主要な成果－1：手動攪拌、低コスト、現地制作可能な反応槽設計法開発

風洞実験により、所定温度・湿度の空気を供給し、乾燥速度と空気質・風速の関係を求めた。また、実スケールのコンポストトイレについて、乾燥速度を実測し、風洞実験結果との比較から水分蒸発速度推算式を定め、水分蒸発モデルを構築した。

攪拌に必要な力と累積糞便処理量との関係を求めた。その結果、長期間人力攪拌を可能とするために、図-4. 2. 1のような、反応槽そのものを回転させる方式を開発し試作した。試作機は『特別な工具や技術を要せずに製作可能であること』をコンセプトに設計・製作した。結果、材料は全てホームセンターで入手可能なものを用い、約10,700円で製作することができた。また、試作機を用い、豚糞を用いたコンポスト化実験による性能試験を行った。マトリックスはおがくずを用いた。結果、同様の条件で使用したスクリー式の反応槽に比べ、分解率はほぼ同等、攪拌に要するトルクは1/2程度となった。



図-4. 2. 1 反応槽の試作機

(3-2)主要な成果－2：パイロット実証実験用コンポストトイレの制作とパイロット実験によるフィードバックによる改造

農村モデル実証実験用のコンポストトイレを現地にて作成した。

パイロットファミリーからの意見、現地での工作精度の低さ等から、回転方式をリンク機構レバー式→ハンドル回転式→チェーン式へと改造を行ってきた。以下にその経過を記す。

2012 年度までにリンク機構を用いたレバー式コンポスト型トイレをインストールした(図-4・2・2)。これに対する住民から操作をしやすくなったとの好意的な意見があった。しかしながら、製造上の問題から反応槽に糞便が蓄積し、その重量が大きくなったときにリンク機構部分に力がかかり、容易に破損する事例が起こった。そのため、リンク機構による増速を使わないようにするため、ハンドルを回転することによる反応槽の回転方法を検討した。



図 4-2.2 リンク機構を用いたレバー型攪拌装置

その結果導入したモデルを図-4. 2. 3に示す. このモデルはリンク機構によりハンドルと反応槽が直結しており, ハンドルを 1 回転することにより反応槽を 1 回転することができる. しかし, ブルキナファソにおける工作精度が低いため, 回転時に引っかかりが生じることにより回転が困難になることがあり, また, 溶接不良によるリンク機構部分の破損が起こった. このため, より作成を簡単にするためにチェーンを用いて反応槽を回転させるモデルを作成した(図-4. 2. 4).



図-4. 2. 3 リンク機構を用いたハンドル型攪拌装置



図-4. 2. 4 チェーンを用いたハンドル型攪拌装置

これにより、反応槽の回転が直感的になり、かつ、自転車やバイクと同じ構造をしていることから住民が機構を理解しやすいとの利点があった。しかしながら、回転方向を間違える、構造上反応槽と動力の伝達機構が直結するため反応槽の取り外しが難しく、コンポストの交換が容易ではないとの意見があった。また、3～6 か月間の運転中に反応槽が破損する事象があった。これは反応槽を構成する合板の耐水性が悪く、コンポストからの水分により内部の接着剤がはがれ、反応槽自体の破損につながったと考えられた(図-4. 2. 5)。



図-4. 2. 5 反応槽の破損状況

第5世代モデル

コンポストトイレをパイロットサイトに導入し、そのフィードバックを受けてモデルの改良を行う活動は、以上のように繰り返され、最終モデルは第5世代になっている。

上記の問題を解決するため、最終モデルである第5世代モデルでは、(1)反応槽をFRP製(図-4.2.6(a))とし、(2)攪拌の逆転防止機能付加(図-4.2.6(b))、(3)反応槽取り付けのためのユニバーサルジョイント使用(図-4.2.6(c))、(4)バイクや自転車で用いられているチェーン引っ張り機能(図-4.2.6(d))を追加した。このような変更の結果の得られた最終モデルを図-4. 2. 6(e)に示す。

これにより、(1)トイレ使用後の攪拌が容易、(2)コンポストに直接接触することなく安定化処理をするために反応槽ごと取り出すことが可能となった。FRP製の反応槽製造も含め、第5世代のモデルは現地で製作可能なものである。しかし、現地の技術力の制約のために工作精度が期待できない現状から、精度が必要とされるユニバーサルジョイントは日本製を用いた。日本での部品調達も考慮して求めたトイレの材料費は118ユーロ(内訳：反応槽サポート(便器、攪拌装置等)98ユーロ、FRP製反応槽20ユーロ)であった。



図-4. 2. 6 (a) 現地で製作したFRP製反応槽



図ー4. 2. 6 (b) ラチェットを用いた逆転防止装置



図ー4. 2. 6 (c) 反応槽取り付けのためのユニバーサルジョイント(日本製)



図ー4. 2. 6 (d) チェーン引っ張り機能



図-4. 2. 6 (e) 第 5 世代のトイレ

(3-3)主要な成果—3: 部品等のサプライチェーンを考慮したコンポストトイレの試作

現地における工作技術の未発達(工作機械ならびに技術者がいない、トイレ等を制作できる業種そのものがない)と現地で入手できる素材が極めて限られており、ほとんどが輸入品となりコストが高くなることから、素材調達容易で、かつ工作技術がある一定レベルにある東南アジア・南アジア等でトイレの部品を製造し、現地で組み立てる方法を想定した。そこで、素材としてはプラスチック系または金属系を用い、長距離輸送が容易となる部品化が可能なコンポストトイレの試作の検討を始めた。

これまで、ブルキナファソにおいて、「しゃがむ方式」のトイレと「座る方式」のトイレをパイロットサイトに設置し、利用者からのフィードバックを得てきた。フィードバックでは、従来のトイレのイメージである「しゃがむ方式」の方が良いとの意見を得ている。一方、工学的には「座る方式」の方がトイレ部屋(トイレを設置する場所)の建築・設置において「座る方式」がコスト的に有利であるとの予想もあるため、本試作においても、「しゃがむ方式」と「座る方式」の 2 者について試作を行うこととした。特に、「座る方式」は、現地住民のイメージには無いものであり、デザインの的にも極めて魅力的である必要があるとの認識で試作を進め、デザインを重視し、モックによる評価を行うために、光造形によるモック部品の作製、NC 加工によるモック本体作成を行った。図-4. 2. 7に試作したモックを示す。



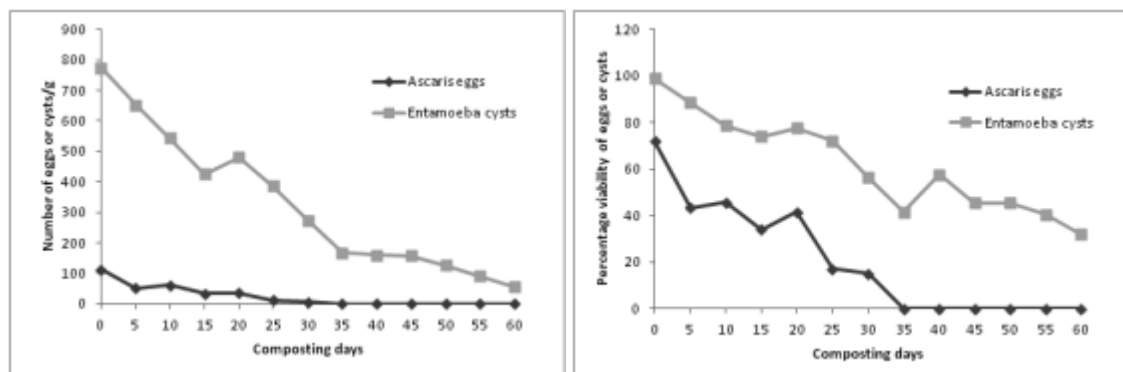
図-4. 2. 7 座る方式のトイレのデザインと試作

(3-4)主要な成果—4: 糞便中寄生虫卵、原虫類の調査とコンポスト過程における不活化

ブルキナファソで採取した糞便(30 検体)の寄生虫卵、原虫類を検査したところ、表-4.2.1 のような結果を得た。また、コンポストトイレを用いた不活化実験により、寄生虫卵ならびに原虫シストの不活化速度を得ることができた(図-4.2.8)。図の結果より、コンポスト取り出し後の積み上げによる単純熟成の場合は、寄生虫の不活化には少なくとも2-3か月はかかることが判明した。

表－4. 2. 1 Predominance of helminthes eggs and protozoan cysts in feces collected (n=30) in Ouagadougou.

Parasites (n=30)	Min	Max	Mean ± SD
<i>Eggs/g of helminthes</i>			
<i>Ascaris lumbricoides</i>	46	276	204 ± 61.54
<i>Trichuris trichiura</i>	19	163	117 ± 35.09
<i>Ancylostoma duodenale</i>	11	82	65 ± 27.64
<i>Schistosoma mansoni</i>	4	74	53 ± 13.43
<i>Hymenolepis nana</i>	0	53	34 ± 7.44
<i>Enterobius vermicularis</i>	0	21	12 ± 2.35
<i>Strongyloides stercoralis</i>	0	17	12 ± 1.04
<i>Cysts/g of protozoa</i>			
<i>Entamoeba coli</i>	950	1406	1256 ± 217.65
<i>Entamoeba histolytica</i>	740	968	854 ± 136.78
<i>Giardia lamblia</i>	0	6	2 ± 0.9



図－4. 2. 8 回分コンポスト化試験における回虫卵および寄生虫の不活化(左:総数), (右:viability 率)

(3-5)主要な成果－5:健康リスク管理のためのコンポストの不活化処理法確立

トイレからコンポストを取り出す際、病原リスクを下げるために①石灰投入によるアルカリ処理法、②太陽光(熱)による加熱処理法を検討した。その結果、次の知見を得た。

- 石灰を用いたアルカリ処理では、石灰の場合トイレ機あたり650gの添加後10時間の反応により、コンポスト取り替え作業におけるロタウイルス感染リスクを許容レベル以下に抑えられる(図-4.2.9 参照)。
- アルカリ化処理では細菌は外膜および特定酵素に顕著な損傷が見られる。
- アルカリ化処理ではウイルスは顕著に宿主への感染能力が下がり、高アルカリ条件ではカプシドの部分損傷と部分的なRNAの露出が起こる。
- ブルキナファソ国内の気象条件では、ソーラーボックスに充填したコンポストは日中65℃以上に達し、回虫卵の不活化に効果的である(図-4.2.10)。
- 回虫卵、ノロウイルス、サルモネラを対象に、ソーラーボックスでの処理時間と感染リスクの関係を求め(図-4.2.11)、この結果より、リスク低減に必要な処理時間を求めた。

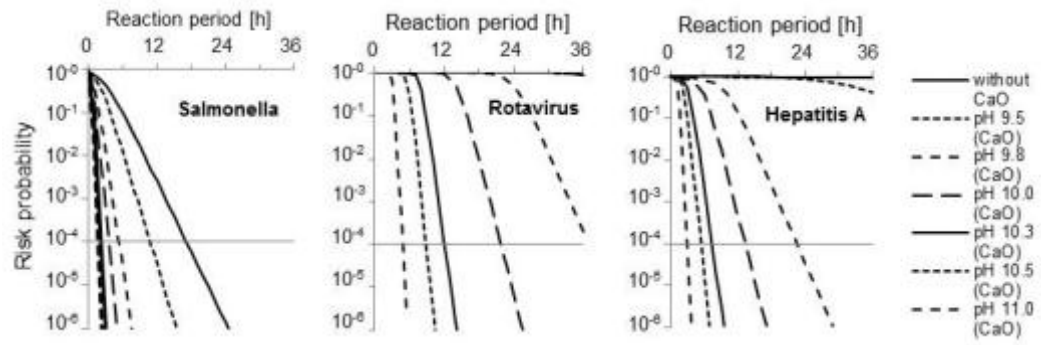


図-4. 2. 9 年間感染リスクと石灰投入後の反応時間の関係

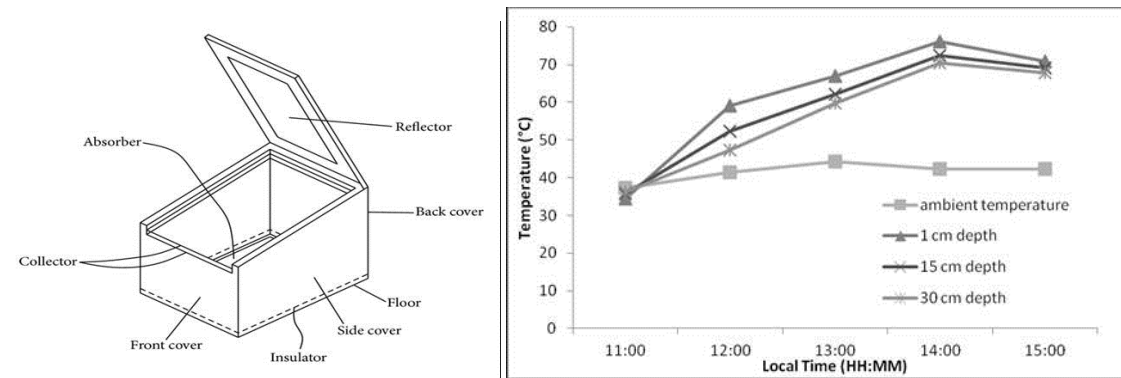
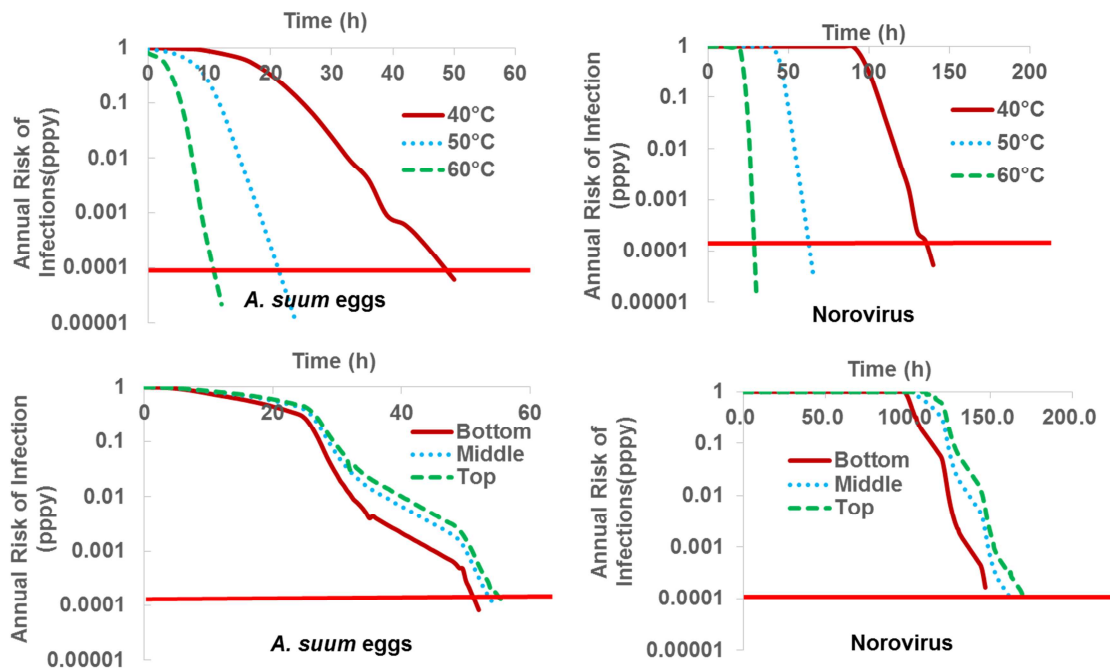


図-4. 2. 10 ソーラーボックスと充填されたコンポスト内温度.



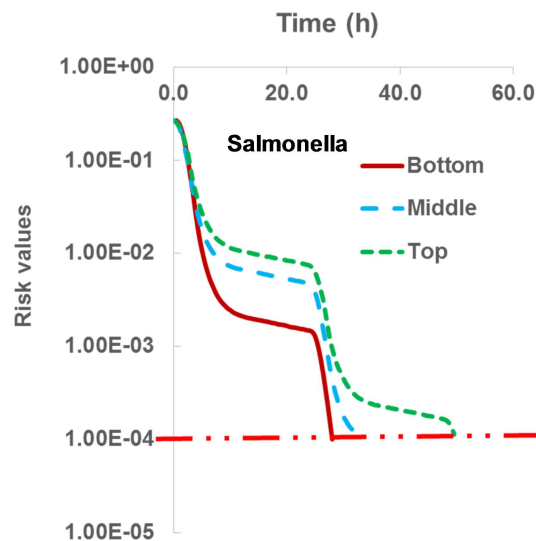


図-4.2.11 ソーラーボックスの処理時間と感染リスクの関係

(3-6) 主要な成果—6: 回収尿の処理法の確立

回収尿をペットボトルに充填し、7 日間(1 日 6 時間)太陽光で処理することで、*E. coli*、Feecal coliform, helminths, *Salmonella* の不活化を行えることを実証した。図-4.2.12 にその様子を示す。



図-4.2.12 尿の太陽光処理

(3-7) 主要な成果—7: 現地入手可能なコンポストマトリックスの選択

現地入手可能な農業系副産物を利用することが必要である。ブルキナファソで入手可能なもみ殻(ミレット殻の代用)、もみ殻燐炭、トウモロコシ茎を糞便分解特性について比較し、今回用いたすべての農業系副産物で十分な糞便分解性を確認した。

(3-8) 主要な成果—8: コンポストの熟成法を確立

コンポストトイレでは糞便が毎日投入されるため、従来しられているコンポスト化(汚泥、食品残渣、家畜糞尿等)とは異なった熟成法が必要である。そこで、熟成指標として、植物毒性(発芽インデックスで評価)、アンモニア濃度、腐食質動態を用いて熟成期間について検討した。その結果、

- 植物への発芽阻害は熟成期間 5 日後からみられなくなり、発芽阻害に影響するアンモニア濃度は 10 日後に影響濃度以下となる。
- コンポスト化過程、熟成過程において、安定有機物指標であるフミン酸/フルボ酸比が熟成期間 15 日まで上昇。コンポスト化過程ではフミン酸の上昇、熟成過程ではフルボ酸の低下がおきる。
- これらの過程において、フミン酸の高分子化と負電荷側鎖の相対的上昇により、陽イオン交換容量のポテンシャルが増加。

(3-9) その他の項目

(a) トイレ空間、トイレインターフェースのデザイン

反応槽回転式コンポストトイレのスペックを前提に、インターフェイスデザインの検討を行った。

Ziniaré の 2 村のパイロットファミリー(4 世帯)に対する詳細インタビューおよび居住空間の観察を通じて、現状の住居デザイン、デザイン検討のための材料を収集した。

現地調査では、現状のトイレのサイズ詳細と、住居内の建物の配置を調べた。モシ族の村(Kologondiesse) 堀で囲われた居住スペースの外にトイレが設置されている、一方、プル族の村(Barkounba)においては、堀囲いが存在せず、住居群の外縁にトイレが存在した。また、トイレと水浴び場兼排尿場が隣接した形式も見られた。

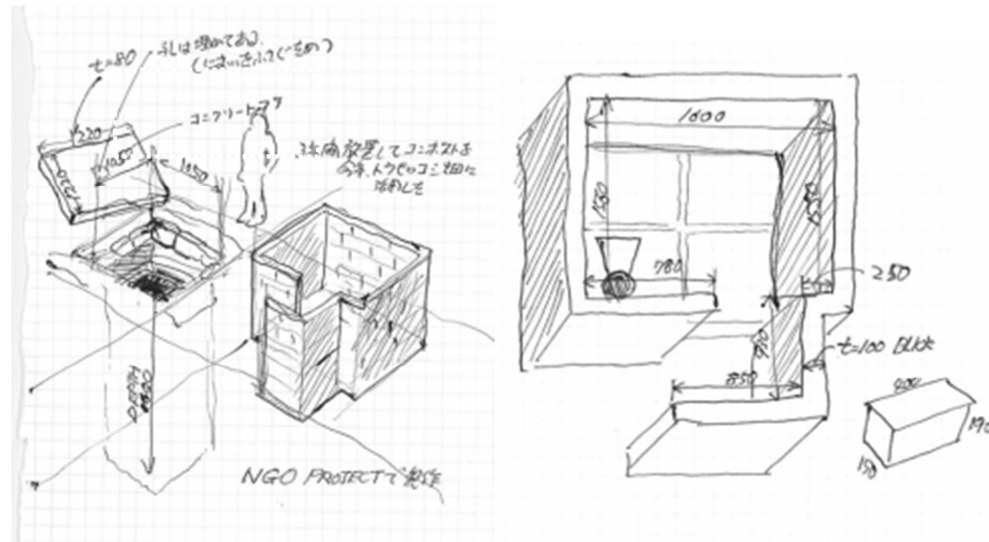


図-4. 2. 13 モシ族パイロットファミリーの現行トイレ詳細の例

(b) サヘル気候条件における尿の貯蔵時の窒素成分と病原微生物の消長

尿貯蔵タンクの容量が日射等の影響により尿中窒素成分と病原微生物の消長に与える影響を検討するために、二つのタンク(容積200L, 50L)を日射を受ける場所と日陰に設置し、約40日間の貯蔵実験を行った。その結果、38日間の尿貯蔵過程では、(1)タンク容量の差や日射の影響は顕著ではない、(2)Fecal streptococci は経日的に不活化されるが完全ではない、(3)アンモニア態窒素は貯留過程で硝化される(ただし、この反応は約20日後より観察される)ことが明らかとなった。

(c) 尿中に含まれる金属塩の測定

尿の農業利用のための基礎数値として、ブルキナファソ住民の尿中金属塩濃度を測定した。日本での測定結果(Na^+ : 平均 2940mg/L, Ca^{2+} : 120mg/L, Mg^{2+} : 60mg/L)と比較して、今回の測定値は大きくは異なっていないことが判明した。しかし、カルシウム、マグネシウム濃度が日本と比較して低く、SAR値が日本より大きな値となり、塩分管理の必要性が強く認識された。重金属濃度は人間の必須元素であり、代謝が活発に行われている亜鉛濃度が他の金属より高いという一般的な傾向を示した。

4. 3 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)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..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, リン成分除去よりは, 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)成果

(3-1)主要な成果-1 :雑排水発生量, 汚濁負荷データの把握

Ziniaré commune の Kologondiesse 村の 1 世帯について詳細調査を実施し, 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) の把握を行った. 結果, 下図に示すようなマテリアルフロー図を得た.

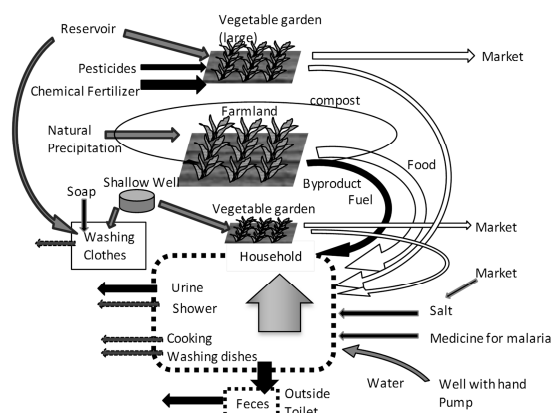


図-4. 3. 1 調査世帯における水関連マテリアルフロー図

Kologoudiesse 村において5つのコンセッションを対象に, 飲料水使用量, 雑排水発生量とその発生源寄与と濃度を測定し, 雑排水発生の基礎数値(井戸水使用量:21.5-41.3L/capita/day, 雑排水発生量:8.4-16.0L/capita/day, 雑排水発生源: 水浴びが全体の 70%程度を占める), ならびに水質と指標微生物濃度を得た.

(3-2)主要な成果-2 :雑排水の作物生育阻害毒性が傾斜土層法で低減できることを確認

傾斜土層に充填する担体は破碎レンガとし, 篩い分けをしたものとしなかったもので合計 3 ラインを用意し, 現地雑排水水質測定結果をもとに作成した雑排水を用いた処理実験を実施し, 目詰まりが起こるまでの期間, B-DOC, 処理水の LAS 濃度, コマツナの発芽試験を実施した. その結果, (1)LAS 濃度が低減すること(図-4.3. 2), (2)雑排水の根長に与える生育阻害を改善できる(図-4.3. 3)ことを確認した.

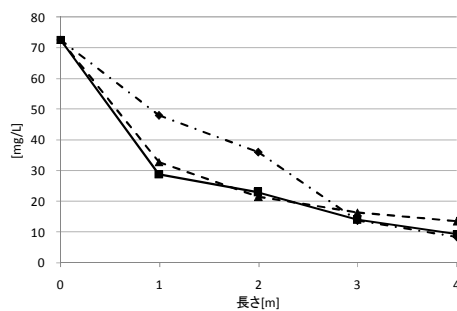


図-4. 3. 2 LAS 濃度の空間変化

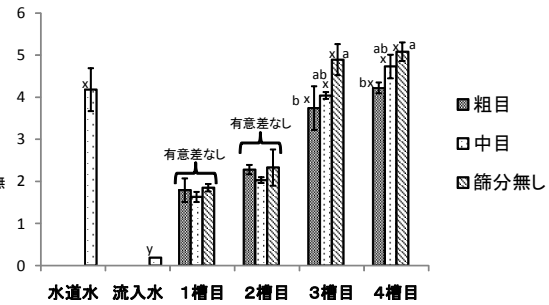


図-4. 3. 3 根長 (7 週経過時点)

(3-3)主要な成果－3 :装置に用いる粒径と基本性能の関係

病原細菌除去のためには、粒径が細かいほど良いことが予想される。一方、目詰まりの観点からは粒径は大きい方がよいことが予想される。また、粒径分布の幅が広くて良い場合には、材料コストを低減することが可能となる。このようなことから、4種類の粒径の材料を用いて、粒径と基本性能（直鎖アルキルベンゼンスルホン酸(LAS)除去、E-coli 除去、目詰まり）の関係を実験を用いて検討した。その結果、表-4. 3. 1のような結果となり、粒径(1mm－9.5mm)の幅広い粒径分布をもつものが適切であると判断された。

表-4. 3. 1 粒径と基本性能の整理

粒径	LAS 除去	E-coli 除去	目詰まり
4-9.5 mm	2-3 m で十分な除去性能	ほとんど除去されない	8 週以上継続使用可能
1-9.5 mm		少なくとも 4m で 6 週間にわたり 4～5 log の除去が可能。1m あたりの除去特性は不明瞭	8 週で目詰まり
1-6.5 mm		1m あたり 3～4 週間にわたり 4～5 log の除去が可能	3-4 週間で目詰まり
1-4 mm			

(3-4)主要な成果－4 :雑排水処理ユニット設計の確立

直鎖アルキルベンゼンスルホン酸(LAS)とCODに関する反応速度係数と日平均面積負荷の関係をこれまでの実験結果(12 ケース)を整理することにより得た。

すなわち、LAS および COD について、濃度変化と処理延長の関係が一次反応であることを利用し、その反応速度定数 k と日平均面積負荷速度 q の関係を次のように得ることができた。

$$k_{LAS} = -0.05 q + 0.8$$

$$k_{T-COD} = -0.05 q + 0.5.$$

これにより、装置の大きさ(砂層の長さ)を設計することが可能となった。

(3-5)主要な成果－5 :パイロット実験用雑排水処理ユニットの製作とフィードバックによる改良

日本国内で決定したサイズの処理装置を、2IE キャンパス内において試作した。材料はすべてブルキナファソ国内で調達が可能なものを選択した。試作した雑排水処理装置の外観を図-4. 3. 4に示す。シャワー排水以外は、バケツ等から本装置に流し込まれる。よって、注ぎ込み口を誘導し、かつ流量を調整するためにタンクを設けている(図中、白色の容器)。一定期間ごとに交換もしくは洗浄が必要と想定される0～1 mの土壌槽はポリタンクを切断した半円筒計の容器とし(図中、青色の部分)、容易に交換できるようにした。1～3 mの土壌槽はコンクリートブロックとセメントで作製した。

本装置に必要な材料費は当初は177ユーロであった。主要なコストはろ過砂利、プラスチック製タンクが占めており、ろ過砂利については、現地入手可能な安価な材料で代替が可能と判断され、その結果材料費を124ユーロに下げることができた。プラスチック製タンクは輸入品であり、処理水タンク等を現地施工に変更する等の対策より、より低コストにすることが可能である。

実証実験により、食器洗いや洗濯排水の浮遊物質による目詰まりが観察されたため、白い容器に浮遊物質除去用のフィルターを設置した。



図-4. 3. 4 パイロット家庭用雑排水処理装置

4. 4 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) コミュニティスケールの雑排水処理／再生利用(灌漑利用)システム開発

(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。従来の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。そこで、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。

(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し、その性能の実証と装置設計へのフィードバックを得る。

小口径管による集水システム設計手法の確立では、日本のユニークな技術である「日本における小口径下水管の設計指針」、「日本の下水道クイックプロジェクトにおける下水管整備手法」の整理を行い、サヘル地域向けの適用方法を提案する。

(3)成果

(3-1)主要な成果－1 :高速沈降性藻類池(High Rate Settleable Algae Pond : 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

本装置は沈殿池において沈殿した藻類主体の固形物を反応タンクに返送している。沈殿した藻類の返送は沈降性の高い藻類を系内に保留し、浮遊性の藻類を系外にウォッシュアウトするという選択圧を作用させる。これによって、固形物の回収率が高まり、処理水中の懸濁物質を削減する効果を狙っている。

ブルキナファソの首都 Ouagadougou 内の貯水池、札幌市茨戸川より採水し、それぞれ栄養塩類、人工光を与えて藻類を発生させ、両者を混合して容積 30L、固形物濃度 200mg/l となるまで培養したのちベンチスケール実験装置で実験を開始した。ベンチスケールの HRSAP による実験では図-4.4.1に示すように SRT10、15、20 日のそれぞれの運転条件で、沈降性藻類の集積に成功し、沈殿後の再生水の SS は点滴灌漑の要求水質 50mg/l を下回った。

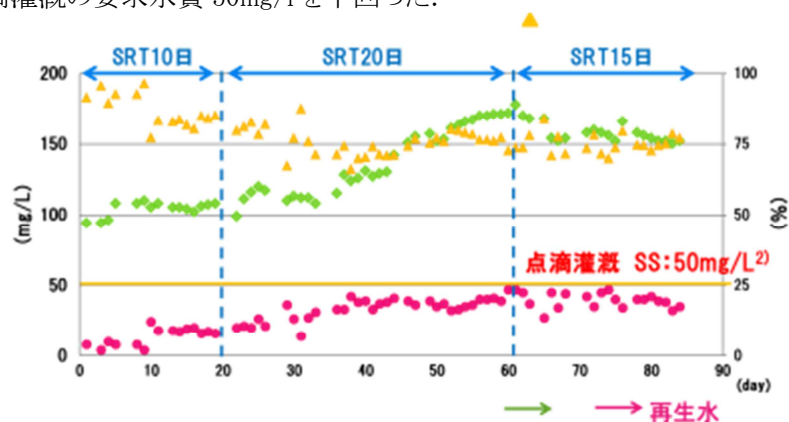


図-4. 4. 1 SRT 毎の HRSAP 流出水と処理水の SS 継時変化 (▲: 除去率, ◆: HRSAP 流出水 SS, ●: 再生水 SS)

(3-2)主要な成果－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し、

パイロット試験装置を設計

従来の酸化池は水理学的滞留時間 HRT と固形物滞留時間 SRT が同一で藻類の増殖を制御する手段を持っていなかったが、沈澱池から固形物を返送することによって HRT と SRT を独立に制御できるようになった。このため、処理水中の栄養塩類濃度を制御することが可能となった。

流入水と SRT 毎の再生水中の溶存態窒素(D-N)、溶存態リン(D-P)濃度を図-4.4.2 に示す。SRT10 日の場合は 20 日に比較して多くの固形物を系外に持ち出しており、それに伴い多くの N,P も水中より持ち出されている。このため、再生水中に残存する N,P は、SRT が短いほど少なくなっている。

図-4.4.3 は SRT 毎の固形物引き抜き量を示しており、△は余剰固形物として引き抜いた量、◆は処理水中の SS を△に加えた量である。SS の除去率が高い SRT10 日では、SRT20 日に比べ 3 倍以上の固形物を回収することができる。回収した固形物は、バイオガス回収などのための有機物資源として活用できる。

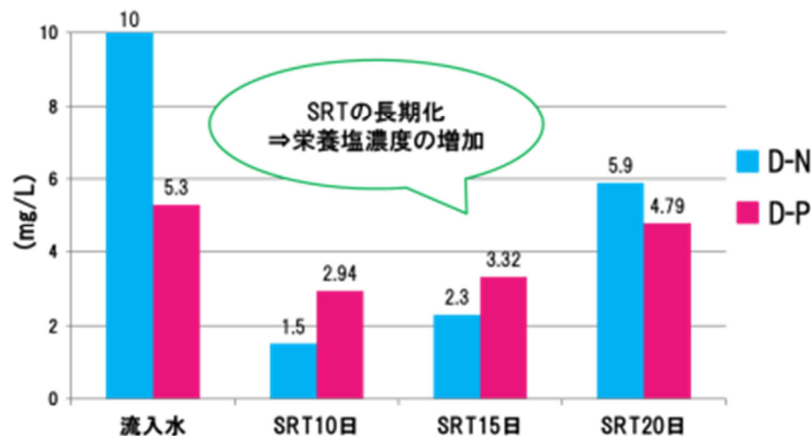


図-4. 4. 2 SRT 毎の D-N, D-P の除去特性

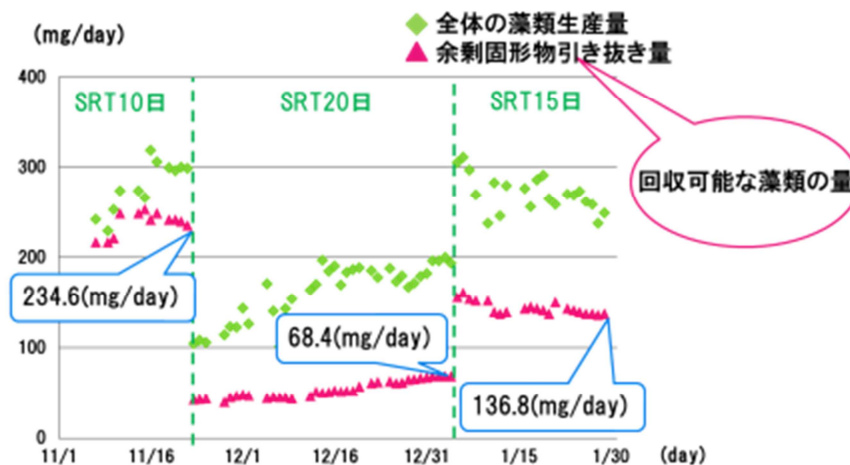


図-4. 4. 3 SRT 毎の回収可能な固形物量

(3-3) 主要な成果—3:HRAPによるLAS除去性を確認

図-4.4.4に示すように、SRTを20日から10日に減少させるにしたがってHRAP内のSSも減少した。処理水中のSSは点滴灌漑に適用可能な50mg/l程度で安定していた。流入水中のLAS濃度は現地の雑排水を模して15mg/lとしたが、処理水中では発泡が起こる限界濃度である0.5mg/lを常に下回っていた。HRAP は標準よりはるかに短いHRT, SRT でもLAS濃度を0.5mg/l以下とすることができた。

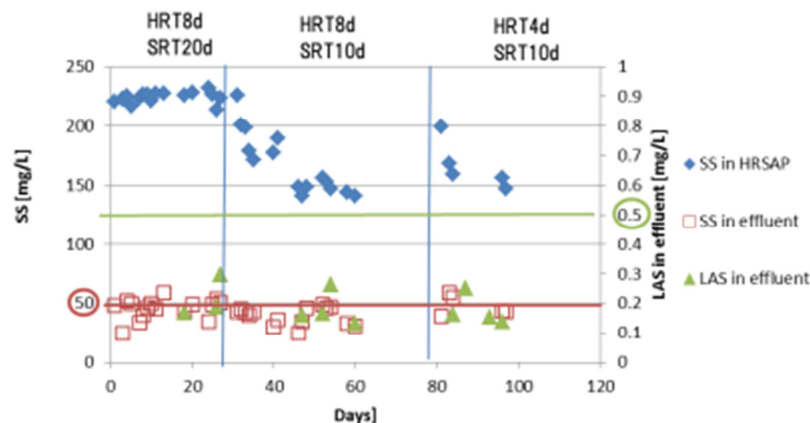


図-4. 4. 4 SS,LASの処理性とHRT,SRTの関係

(3-4)主要な成果—4 紫外線殺菌効果の把握

ベンチスケールのHRAPを用いて病原細菌の消毒効果を確認するために、Ouagadougouの紫外線強度を考慮した紫外線ランプによる大腸菌、ウィルス指標である大腸菌ファージMS2、Q β を用いた消毒実験を行った。実験では紫外線の消毒効果に加え、藻類への吸着、自然死滅の効果について評価した。The UV (254nm) photo flux density in Ouagadougou における消毒に有効な紫外線(254nm)の光量子束密度は33J/m²/s または 1micro mol./m²/sである。HRAP内における紫外線はHRAPの水深0.3m, HRT8日, 12時間の日射を考慮して定めた。

図-4.4.5は E.coli NBRC3972を用いた消毒実験の結果である。4Log以上の減少が紫外線の効果によって得られた。Ouagadougouの紫外線光量子束密度を模した紫外線消毒実験で大腸菌に対して4log以上の消毒効果が確認された。

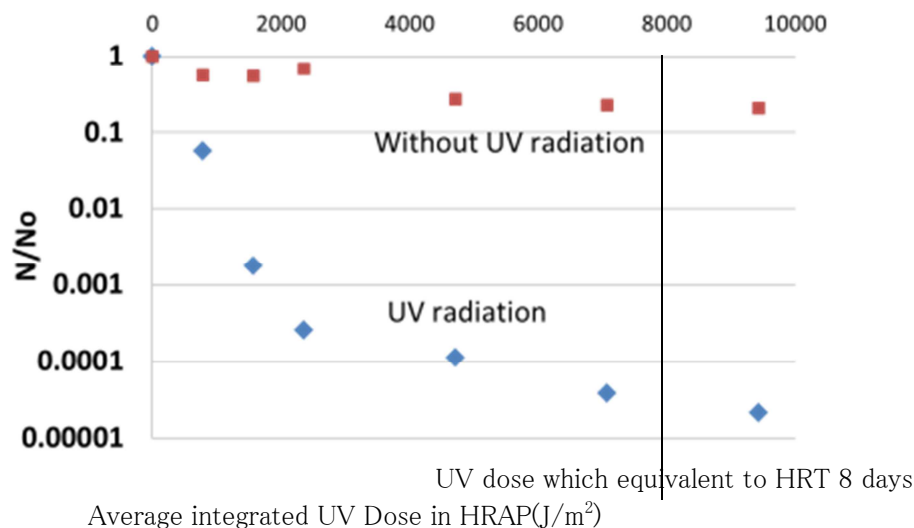


図-4. 4. 5 紫外線照射の有無及び紫外線累積光量子束密度と死滅反応の関係

消毒指標の不活化定数 K_d は紫外線による不活化定数 K_d 、藻類等への吸着や原生動物の捕食など藻類混合液の存在に起因する不活化定数 K_s 、消毒指標自体の自然死滅による不活化定数 K_n の和であると仮定した。大腸菌の不活化定数 K と藻類混合液濃度の関係を図-4.4.6に示す。総括不活化定数 K_d は藻類濃度にかかわらず1.51/day以上を示し、2日間で3Log以上の不活化が見込まれる。もっとも不活化に寄与していたのは自然死滅 K_n であり、藻類濃度の増加に伴い紫外線効果 K_d は減少し、藻

類混合液効果 K_2 は増加した。

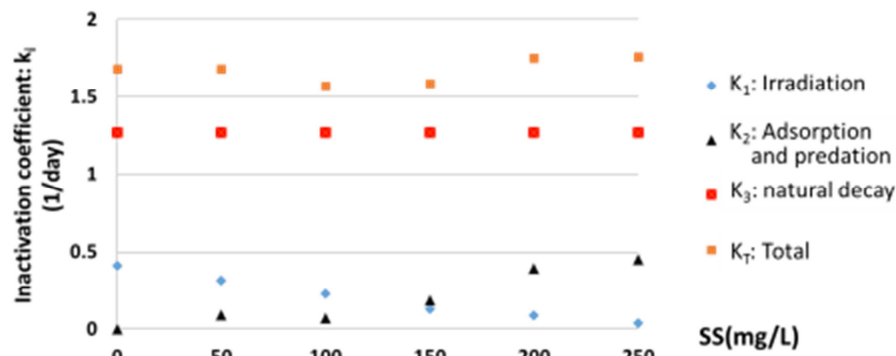


図-4. 4. 6 大腸菌の不活化定数と藻類混合液濃度の関係

大腸菌ファージではMS2, Q β とも K_2 , K_3 が非常に小さく, K_1 が藻類混合液濃度が低い場合に効果があったが, K_T の絶対値は0.1~0.51/dayであり, 消毒効果は期待できなかった. 実際のHRAPではpHが9以上あるため, NaOHでpHを9に保って同様の実験を行った結果を図-4.4.7に示す. pH9では2日間で3Log以上の不活化が達成され, 良好な消毒効果を示した.

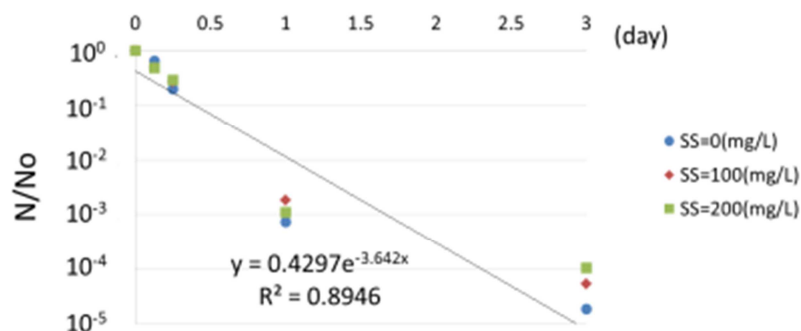


図-4. 4. 7 MS2個数のpH9における経時変化

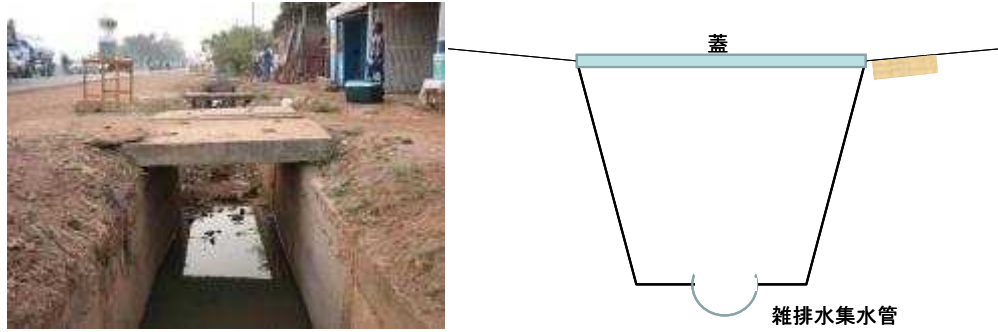
(3-5)主要な成果—5 小口径雑排水集水システム設計手法(補足資料—3参照)

前出の図-2.2 に示したように, し尿は収集車で収集後, し尿処理場で資源回収(肥料生産, 汚泥のコンポスト化)し, 雑排水はコミュニティスケールで集水し, 処理後農業用灌漑に用いる. しかし, 管路の敷設費用は初期投資の約70%にのぼる(日本の例). また, ブルキナファソの衛生施設の建設費用や使用料を調査した結果も, 「40kmの下水管路網建設に35億CFAフランの支出」と, 突出して高い結果となっている.

日本では, コスト縮減と工期短縮の方策として「下水道クイックプロジェクト」が進められており, さまざまな知見・経験が蓄積されている. そこで, 特に日本の「クイック配管編」を整理し, サヘル地域への適用を検討した.

- クイック配管とは, 「道路の下ではなく, 民地や水路空間, 側溝等を利用して, 経済的かつ短工期で下水道管きょを布設するもの」であり, 日本社会実験ではコストを最大 80%程度縮減できる例が示されている.
- ブルキナファソへの適用:
 - 図-4.4.8のように, 現在の排水路の底部に雑排水集水管を設置する.
 - 道路に面していない家屋には, コンドミニアル下水道で用いられる考え方(民地に管を布設, 埋設する方法)をとる.
 - 小口径管路の利用: ONEAは ϕ 400mmと ϕ 160mm, 家庭への接続用に ϕ 125mmとしている.

日本では最小管径 100mm(排水管で管路延長が 3m 以下の場合は最小管径を 75mm)としている. 雑排水のみの集水であることも考慮し, 100mm の小口径管の利用が考えられる.



図ー4. 4. . 8 現状の排水路と既存排水路を利用した雑排水集水

4. 5 用水要素技術開発チーム

(1)研究のねらい

安全な飲み水が不足するブルキナファソのような開発途上国において利用可能な、電気エネルギーや薬品を必要としない水処理システムを開発する。そのため、太陽エネルギーとセラミックろ過膜とを組み合わせたシステムについての検討を行う。

(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。

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。

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。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過するため、低い圧力での操作が可能であり、水位差を用いた膜ろ過を行い、ハンドポンプなど人力によって供給される圧力による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。

(3)成果

(3-1)主要な成果－1 :複数水源(深井戸水, 浅井戸水, 地表水(ため池), 家庭内の水タンク)の水質を把握した

2 回の水質調査(2010 年 9 月, 2012 年3月)より、次のような結果を得た:

- A) 掘り抜き井戸(浅層地下水) dug well:濁度が高く、大腸菌、大腸菌群数が多く検出された。しかし、多くの家庭で飲料水として利用していた。
- B) ハンドポンプ井戸(深層地下水) tube well:濁度は低く、清澄で、大腸菌や大腸菌群が検出される事例は見られなかった。飲料水として適した水源である。
- C) 貯水池水 barrage:濁度が極めて高く、メンブレンフィルターによるろ過ができなかった。大腸菌、大腸菌群数も高く、飲料水の水源としては適していない。家畜が飲み水として集まっているほか、周辺の畑の灌漑用水としても使われている。
- D) 水道水 ONEA:原水からは大腸菌、大腸菌群が検出されていたが、浄水からはともに検出されず、飲料水として適切であることが確認された。
- E) 家庭の水瓶 water pot: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ことが確認された。
- F) 地表水 surface water:存有機物、アルミニウム濃度が高く、飲用水としての利用には注意を要することが分かった。
- G) 地下水については、硝酸性窒素濃度が上昇していることに注意が必要である(図—4.5.1)。また、セラミック膜によるウイルスの除去に影響を与えるアルミニウムは 0.1mg/L から 3mg/L 程度、カルシウムについては2mg/L から 25mg/L の範囲であった。

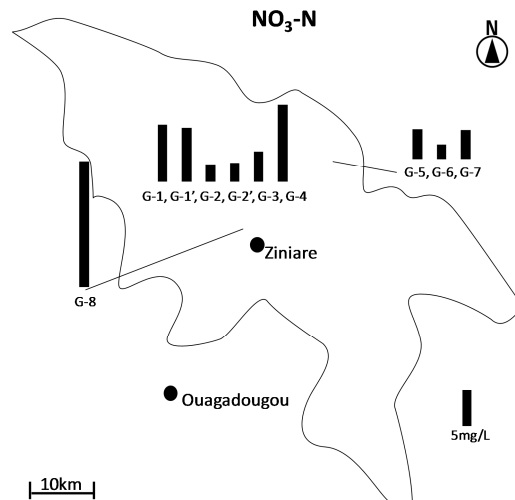


図-4. 5. 1 地下水中の硝酸性窒素濃度

(3-2)主要な成果—2 :加熱・セラミックろ過の有用性を室内実験にて確認

加熱によるウイルスの消毒効果を確認するため、coliphage Qbを用いた加熱実験を行った。また、モノリス型のセラミック膜を用いて、ろ過によるファージの除去効率を検討し、次の結果を得た。

- セラミック膜を用いた場合には $Q\beta$ は最大で 1.3log 程度除去することが可能であることが確認された。
- 70℃で加熱を行うことで 1 分以内に 4.5log 以上不活化されることが確認された。
- 分画分子量 10kDa のセラミック膜を用いた場合に $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ を 100mgCa/L 添加することで 3log 程度 $Q\beta$ を除去することができることが確認された。

また、セラミック膜と、異なる有機物(アルギン酸ソーダと BSA)を含む原水を用いて、水温を 20℃, 40℃, 60℃に変化させて、セラミック膜ろ過実験を行ったところ、以下の結論を得た。

- アルギン酸ソーダは、一部がコロイド化していたが、その粒径は水温にかかわらず約 100nm と一定で、これを原水としてセラミック膜ろ過したところ、水温にかかわらず、安定した膜透過流束を示した。
- 一方、BSA を用いて実験をしたところ、水温の上昇とともにコロイド状 BSA の粒径は増大し、セラミック膜ろ過による BSA の除去率も増大した。しかし、膜透過流速は、20℃と 40℃では変わりが見られなかったものの、60℃では大幅に低下した。
- このように、原水中に含まれる有機物によって、除去特性、膜ファウリング特性が異なることが分かった。

(3-3)主要な成果—3:既存セラミックポットフィルターの指標微生物除去性、ろ過性を評価

1)セラミックポット(CPF)による大腸菌等のろ過

図-4. 5. 2に示すセラミックポットろ過器を用いて、ろ過実験を行った。図-4. 5. 3に大腸菌ならびに大腸菌ファージ $Q\beta$ の測定結果を示す。大腸菌はろ過開始から 15 分で最大 1.5-log の除去率を示したが、その後、ろ過時間の経過とともに除去率 1.1-log までゆっくりと低下した。大腸菌ファージ $Q\beta$ も、実験開始から 15 分で 1.1-log の最大除去率を示したが、その後は急速に除去率が低下し、50 分後には除去率がゼロとなった。このように、ろ過開始直後に除去率が高く、その後低下する傾向が見られたため、破碎した CPF 粉末に大腸菌が吸着するかどうかの実験を行ったところ、吸着は見られなかった。このことから、CPF による大腸菌と大腸菌ファージ $Q\beta$ の除去には、ろ過あるいは吸着以外の機構が働いていることが示唆された。



図-4. 5. 2 セラミックポットろ過器 (CPF)

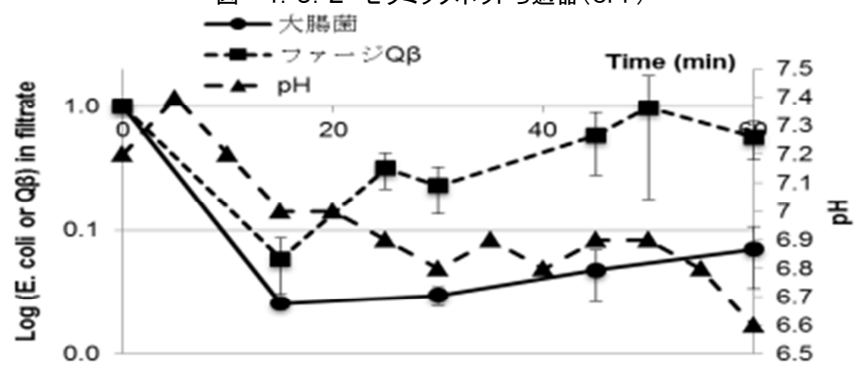


図-4. 5. 3 CPF による大腸菌と大腸菌ファージ Qβ の除去率

2) CPF のファウリングによる透過性の低下

図-4. 5. 4に CPF ろ過実験を繰り返した場合のろ過時間と透過水量の関係を示す。図の1の線は新品 CPF の純水のろ過性能である。2のデータは、CPF にろ過砂を7.5cm 敷き詰め、FeCl₃ を添加した場合であり、ろ過時間 50 分程度で急激にろ過性が低下した。これは、水面が砂の表面よりも下がることで毛細管現象が生じたためと考えられる。そこで、砂の重点高さを5cm に下げたところ(図中のデータ3)、水面推移は常に砂の表面よりも高く、透過性の急激な減少は起きなかったが、全体的に透過性が低下した。そこで、砂を除去してろ過したところ(図中データ4)、透過性が著しく低下した。最後に再び純水でろ過したところ(図中データ5)、新しい CPF に比べて透過性が57%に低下した。このように CPF は簡易なろ過装置であるが、ろ過の継続とともに細孔が閉塞し、透過性が低下することが問題である。

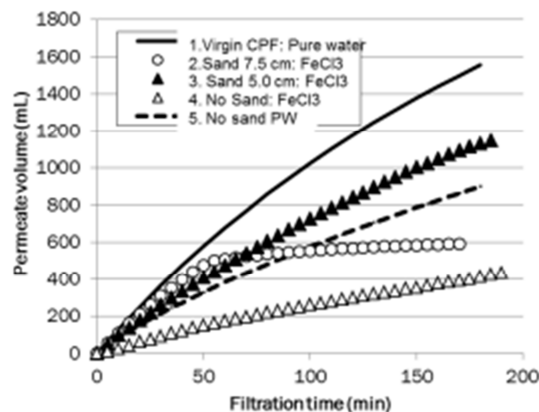


図-4. 5. 4 ろ過水量の経時変化

(3-4)主要な成果—4： 太陽熱消毒＋セラミックろ過特性を現地試験による実証

Ziniare の Barkoundouba 村において、太陽熱を用いた加熱実験、セラミックろ過実証実験を行った。

a) ブルキナファソにおける現地実験(加熱実験)

2iE において、太陽熱を用いた加熱実験、並びにセラミック膜ろ過実験を行った。セラミック膜ろ過実験は、パイロット地区である Ziniare でも行った。

ブルキナファソで入手可能なポリタンク(耐熱性黒色ビニルテープで塗装, 25L), MSR ドロメタリーバッグ(MSR 製, 黒色, 6L), ガラス瓶(Duran, 1L), を用いて、太陽光による加温実験を行った。それぞれほぼ満水状態まで水を入れ、図-4.5.5 に示すように銀色のアルミシートの上(ポリタンクとドロメタリーバッグ)、または太陽熱の集熱器(Solar Collector)の中心部に設置した。この集熱器は、段ボールの表面にアルミ加工をして、パラボラ型に開くことで熱の反射を高めた物で、非常に安価であることが特徴である。



図-4.5.5 太陽熱による加熱実験 (a)ポリタンク, (b)ドロメタリーバッグ, (c)Duran 瓶

b)ブルキナファソにおける現地実験(セラミックろ過実験)

公称口径 $0.1 \mu\text{m}$, 長さ 10cm の円筒状セラミック膜を用いて、図-4.5.6 に示すろ過装置で実験を行った。ろ過は、太陽熱により加温した原水タンク(ドロメタリーバッグ)を約3mの木の上に設置し、落差により加圧してろ過を行った。ろ過水量は、図2の手前に示すシリンダーに受けて、デジタルバランスにより連続的に計測した。実験は、太陽熱加温実験と同じく Barkoundouba, Ziniare.で行った。Barkoundouba では、貯水池(Barrage)に近い浅井戸の地下水を用いた。地下水は、近くの貯水池とつながっており、白濁していた(図-4.5.6)。

成果:

a) 太陽熱加熱試験

図-4.5.7 に結果を示す。井戸水の水温は 28°C であった。

午前中 11 時ごろまでは日射量の変動しつつも大きかったものの、11:00-11:30 頃には、日射量が低下し、11:30-12:30 頃にはまた日射量が増加したが、12:30 以降は再び日射量が低下した。3種類の容器のうち、集光装置を用いた Duran 瓶の温度はもっとも水温の上昇速度が速く、日射量が $1000-1200\text{W}/\text{m}^2$ と大きい時間帯は、日射量に応じて水温が増加し、日射量 $600\text{W}/\text{m}^2$ 程度まで低下する時間帯は、ほぼ一定の水温を示した。このことから、日射が極めて重要な要素であることがわかる。Duran 瓶では、最終的には、水温約 70°C まで上昇した。

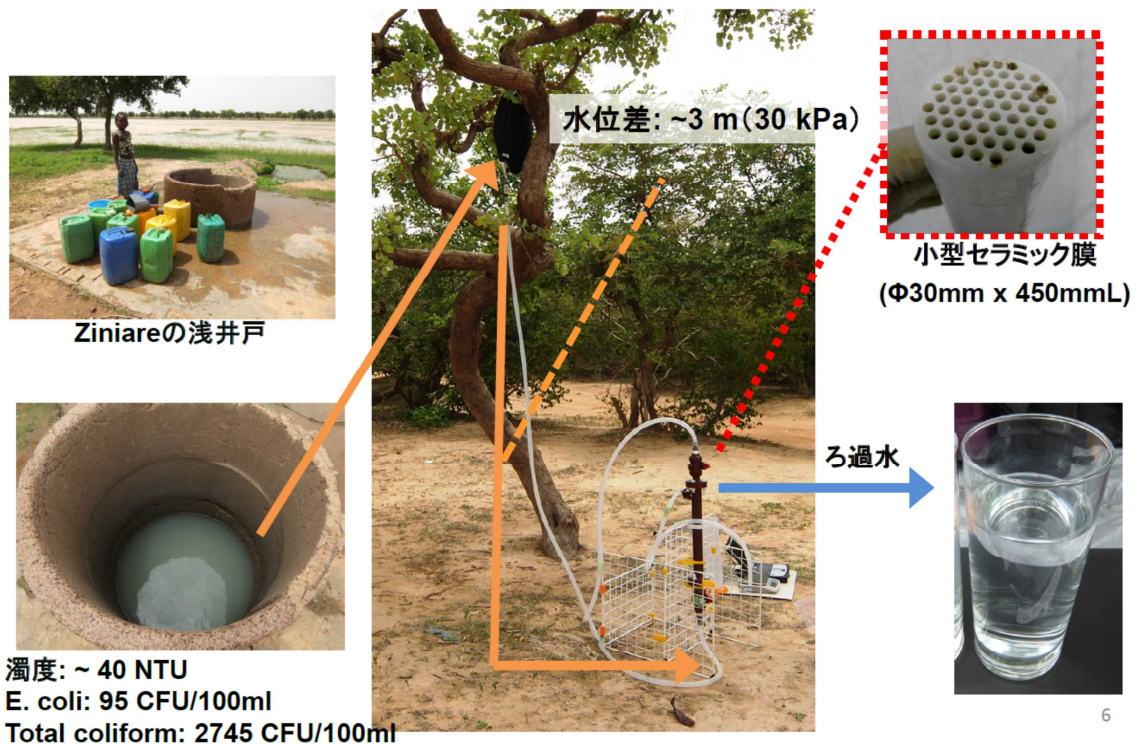


図-4. 5. 6 セラミック膜ろ過実験装置

これに対して、25L のポリタンクでは、到達した最高水温は、気温(32℃)よりもわずかに高い 36℃であった。また、ドロメタリーバックでは、水温が約 50℃まで上昇した。これらのうち、最も実用的な容器は 25L のポリタンクであるが、図3から、晴天時の日射量が高い時間帯で、水温を 10℃上昇させるためには、約 3 時間かかっている。一方、ドロメタリーバックでは、10℃/h であり、このことから、原水水温が 30℃のときに、目標水温を 70℃とすると、晴天が続いた条件でも、昇温に約 4 時間かかることから、簡易でさらに集熱効率の高い装置が望まれる。

図-4.5.8 は、太陽熱加熱の前後で測定した大腸菌、及び大腸菌群数を示す。ポリタンク、及びドロメタリーバックでは、水温がそれぞれ 50℃、36℃であったために、大腸菌、大腸菌群ともに減少は示していないが、水温が 70℃近くに到達した Duran 瓶では、大腸菌群で約 1-log、大腸菌で約 2-log の減少がみられた。

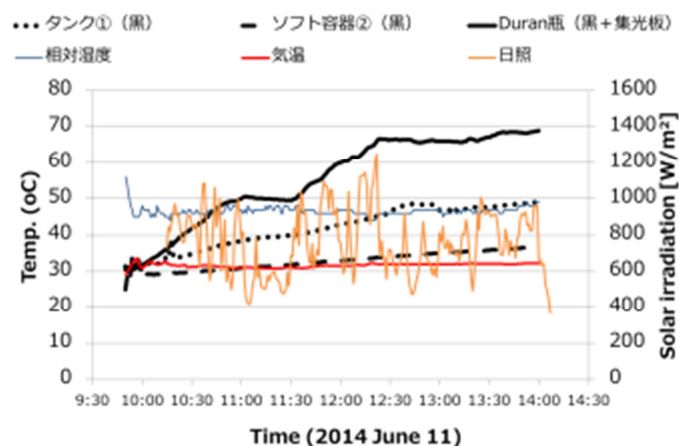


図-4. 5. 7 太陽熱による加熱実験(注:2014/6/11 晴れときどき曇り)

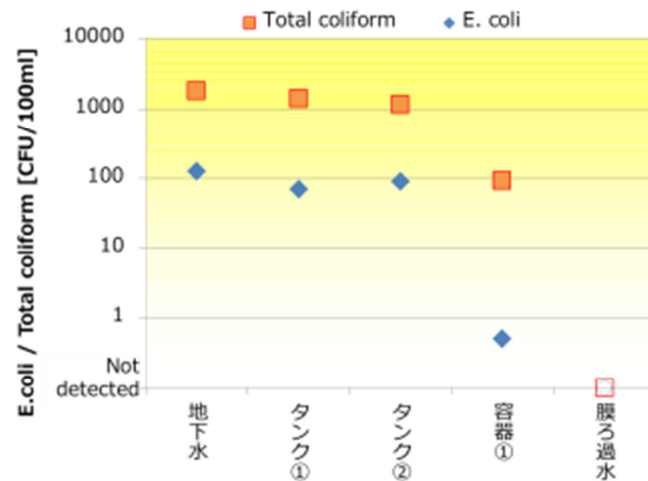


図-4. 5. 8 太陽熱加温による大腸菌群数及び大腸菌の減少

b) セラミックろ過実験

セラミックろ過のろ過速度は、ろ過開始当初で1L/minであり、20Lの水をろ過するのに要する時間は、約20分であった。図-4. 5. 9にセラミックろ過実験の結果を示す。ろ過流速は、ろ過水量とともに徐々に減少した。約15Lの原水をろ過した段階で、当初の流速の80%以下となったため、膜の逆洗浄を行った。逆洗浄は、図-4. 5. 10(a)に示す足踏み式のポンプを用いて、数回踏み込んで加圧する方法で行った。その結果、図-4. 5. 10(b)のように、高濁度の逆洗浄排水を回収するとともに、図-4. 5. 9に示した通り、初期の流速を回復することができた。

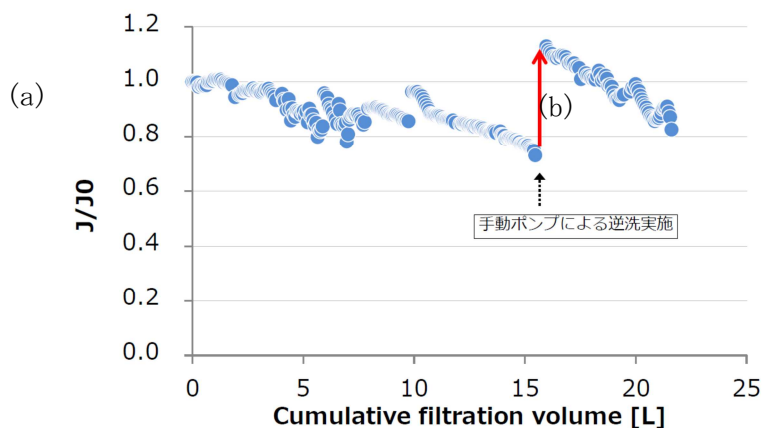


図-4. 5. 9 セラミックろ過実験



(a)



(b) 左から、逆洗排水、原水、ろ過水

図-4. 5. 10 足踏み式ポンプによる逆洗浄

表-4.5.1 に浅井戸水(原水)とろ過水の水質を示す。濁度が除去され、大腸菌も検出限界以下まで処理されている。

表-4.5.1 浅井戸水(原水)及びセラミック膜ろ過水水質

		浅井戸水	膜ろ過水
pH	[-]	7.75	8.2
濁度	[NTU]	36.9	0.04
DOC	[mg/L]	1.97	1.4
UV ₂₅₄	[/cm]	0.018	0.019
NO ₃ -N	[mg/L]	2.02	1.97
T-Fe	[mg/L]	0.008	< D.L.
T-Mn	[mg/L]	0.004	0.003
Al	[mg/L]	0.04	< D.L.
F	[mg/L]	0.33	0.34
大腸菌	[CFU/10ml]	9.5-17	N.D

まとめ:

- 当初計画の目標をほぼ達成することができた。
- 現地に適した、簡易な方法による太陽熱による加熱実験とセラミック膜ろ過実験を、ブルキナファソ現地のパイロット地区で行った。
- 現地の状況から、耐熱性の黒色ビニルテープで被覆したポリタンクを、熱反射性の高いアルミシートの上に並べることで、雨期においても 10℃/3h の速度で昇温できることが確認できた。一方、水量が 6L と比較的少ない、黒色のドロメタリーバッグでは、約 10℃/h で水温が上昇した。この場合は、原水水温が 30℃、目標水温を 70℃とすると、昇温時間は 4 時間(晴天時)と推定された。70℃に昇温することで、大腸菌群は約 1-log、大腸菌は約 2-log 不活化された。
- 太陽熱による加熱とセラミックろ過の組み合わせを行うこと、水温の上昇により、3m 程度の高さに設置した原水槽から、高い流速でろ過が可能となった。また、太陽光による加熱とセラミックろ過の組み合わせにより、大腸菌、大腸菌群ともに検出限界以下に低減できることが可能であることが示された。原水中の濁質により閉塞したセラミック膜は、押し踏み式のポンプで、簡易な方法で洗浄することで、当初のろ過流速を回復することが確かめられた。

(3-5)主要な成果—5: セラミックポットの現地試作とその性能評価

a)粘土、おが屑の組成比を変えたセラミックポット試作とその性能評価

表-4.5.1 のように組成の異なる 4 種類のセラミックポットを試作し、そのろ過性、濁度・指標微生物除去性を検討した。その製造方法は図-4.5.11 のようである。性能試験においては、パイロット家庭で使用する飲料水(深井戸からの水を輸送・保管している水)を用いた。

b)セラミックポット量産可能性の検討

ブルキナファソに存在するセラミック工場において量産の可能性を検討するため、工場との打ち合わせならびに試作を行った。

表-4.5.1 試作したセラミックポット

Filter	Clay (%)	Sawdust (%)	Grog (%)
A	93	7	0
B	90	10	0
C	80	5	15
D	85	7	8

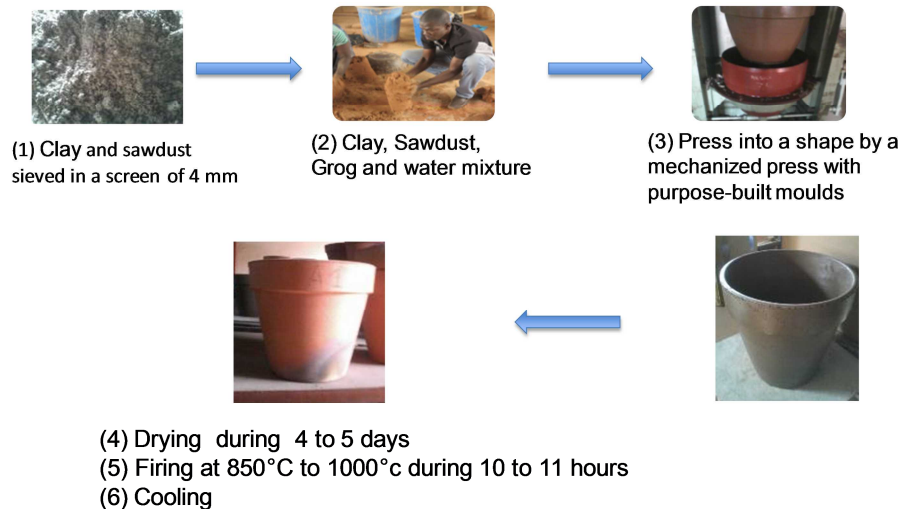


図-4.5.11 セラミックポットの試作法

成果:

a) 粘土、おが屑の組成比を変えたセラミックポット試作とその性能評価

表-4.5.2 にろ過性の指標とした、ろ過速度の測定結果を示す。ろ過性はポットの空隙率やその大きさに関係すると予想されたが、粘土の割合の少ない FilterG で最も小さなろ過速度となった。適切なろ過速度として、1－2L/H が提案されていることから、今回試作した4種類のうち、3種類はろ過性の点で適切であった。

次に、表-4.5.3 にパイロット家庭で保存・使用している飲料水の水質測定結果を示す。先の主要な成果－1(2010年9月、2012年3月)にも示したように、使用している飲料水の濁度(Turbidity)、大腸菌群数(TC)、糞便性大腸菌群数(FC)、E.Coliの濃度とも、深井戸水より増加していることが確認された。すなわち、水の輸送・貯蔵過程において汚染が生じていることが確認された。このことにより、深井戸水を使用する場合にあっても、セラミックポットによる処理の重要性が認められた。

表-4.5.4 にはセラミックポットによる処理性を評価した結果を示す。表の結果より、指標微生物除去性の高いポット A で約3.1log、除去性の悪いポット B で約2.3logの除去が行われたことがわかる。このことより、深井戸水の飲料利用にあたり、本ポットを用いたろ過水を利用することの有用性が示された。

b) セラミックポット量産可能性の検討

おが屑をブルキナファソで用いることが容易なもみ殻に変更し、粘土78%、もみ殻22%の組成でセラミックポットの試作をブルキナファソで行った。なお、これらの指標微生物除去性は95%程度であったが、パイロット家庭では輸送・貯蔵時に汚染を受けた深井戸水(表-4.5.3の水質)を用いていることから、この程度の除去性で良いと判断した。試作の様子を図-4.5.12に示す。

次に、ポットの品質管理(クラックの有無の判定とろ過速度の確認)法を検討し、クラック有無の判定には Bubble テストを採用し、ろ過速度測定のための簡易な装置を試作した。図-4.5.13にこれらの

試作, ならびに試験状況を示す.

表-4.5.2 4種類のポットのろ過性

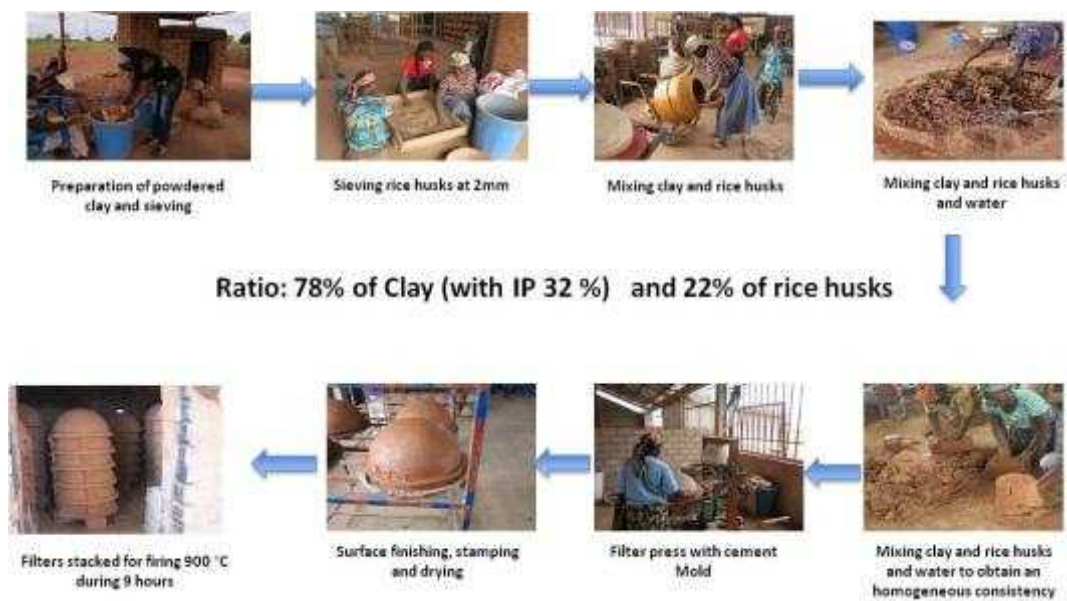
Filter	[Min, Max] L/H	[Average] L/H
A(93% C, 7% S, 0% G)	1 – 1.3	1
B(90% C, 10% S, 0% G)	1.5 - 2	1.8
C(80% C, 5% S, 15% G)	2 -2.5	2.1
D(85% C, 7% S, 8% G)	0.1 -0.6	0.4

表-4.5.3 パイロット家庭で用いられている飲料水水質

Parameter	pH	Cond [μS/cm]	Turbidity [NTU]	SS [mg/l]	TC [CFU/100ml]	FC [CFU/100ml]	EC [CFU/100ml]
Min	6.07	150	3.5	1	215	155	85
Max	7.13	245	8.8	6	657	596	362
Mean	6.5	197	5.6	3.8	456	347	252
SD	0.35	29	2	1.9	139	122	75

表-4.5.4 セラミックポットの処理性

Filter	R Total Coliform (%)	R Faecal Coliform (%)	R E coli (%)
A	99,96 [99,66 - 100]	99,97 [99,5 - 100]	99,93 [99,15 - 100]
B	99,44 [98,5 - 100]	99,73 [98,9 - 100]	99,57 [98,65 - 100]
C	99,72 [98,3 - 100]	99,86 [99,56 - 100]	99,8 [99,15 - 100]
D	99,17 [96,43 - 100]	99,68 [99,13 - 100]	99,69 [98,72 - 100]



図—4. 5. 12 ポットの現地試作の様子

- ❖ Bubble test for detection of cracked filters during the firing



- ❖ Flow measurement using a T device:



図—4. 5. 13 ポットの品質試験

4. 6 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) 尿・コンポスト中塩類・医薬品の土壌中挙動の解明による蓄積制御法(水管理・クリーンアップ作物)開発

(2) 水・衛生システム+農業+流通+金融・財政+環境面からの政策・技術シナリオ作成と評価による新ビジネスモデル開発のうちの農業関連技術シナリオの作成・評価を実施する。

(2)研究実施方法

本農村モデルでは、雑排水の処理水を灌漑および尿の希釈に用いて、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。また、農作物の市場性、輪作体系等の営農モデルを確立し収入評価を行うことにより、農業技術と衛生技術の橋渡しを行い、新しいビジネスモデル設計につなげる。

このため、最初に、コンポスト・尿の農業生産への有効性の確認と雑排水処理水灌漑利用のための処理レベル設定といった衛生工学的課題と農業との関連を検討する。また、尿の利用方法と塩分・医薬品等の土壌蓄積、作物移行メカニズムの解明といった課題に取り組む。また、換金性の高い農作物など農業経済的側面の調査を行い、最終的には収入・塩分管理・資源制約(水、栄養塩)を考慮した輪作体系の構築へと進む。

モデル試験地における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)成果

(3-1)主要な成果ー1 :糞便コンポストの土壌改良効果・植物成長効果を確認

現地での入手が可能と想定される、もみ殻、もみ殻くん炭、トウモロコシ茎を用いて、コンポストトイレを想定した方法でコンポストを作成し、それらコンポストの土壌肥料学的特性を、栽培試験および化学分析により評価した。その結果、

- 得られたコンポストは土壌の陽イオン交換容量の改善と保水容量の改善が期待できる(表-4.6.1 参照)。
- 得られたコンポストは植物生育を促進し、窒素肥効率は全窒素の12%程度でリン肥効率は全リンの55-75%程度と、リンの供給能力が高い(図-4.6.1, 表-4.6.2 参照)。

表-4. 6. 1コンポスト添加による陽イオン交換容量(CEC)と保水量(Water retention)の変化。

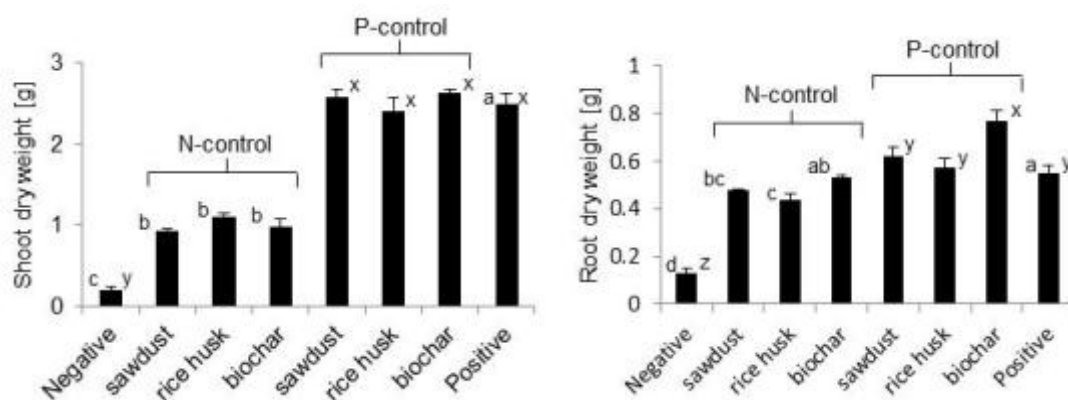
	CEC [cmol/kg soil]	Water retention [%]
Sandy soil	2.6±0.3	30.9±3.5
Sandy soil + sawdust compost	3.6±0.1*	40.2±3.0*
Sandy soil + rice husk compost	3.5±0.3*	40±1.0*
Sandy soil + biochar compost	2.9±0.2	36.7±3.3
Sandy soil + corn stalk compost	4.4±1.9*	39.6±0.1*
Sandy soil + vermiculite	4.7±0.4*	35.9±3.1

*Significant difference with sandy soil (t-test, $p<0.05$)

表－4. 6. 2コンポスト中窒素とリンのコマツナ地上部による取り込み率ならびに肥効率

	sawdust	rice husk	biochar	Positive control
Transportation				
N [%]	7.9±0.5b	8.2±0.5b	7.9±0.9b	65.6±4.0a
P [%]	1.6±0.2b	1.8±0.1b	2.2±0.2b	3.0±0.3a
Fertility efficiency				
N [%]	12.1±0.7	12.5±0.8	12.0±1.5	-
P [%]	52.7±5.7b	59.0±3.2ab	72.7±4.9a	-

Alphabetical letters show significant difference (Tukey HSD test, $p < 0.05$)



図－4. 6. 1 コンポストの全窒素と全リン投入量を揃えたコマツナ生育試験

(3-2)主要な成果－2 :コンポストに残存する腸管系細菌の土壌中での不活化速度を実測

パイロット家庭のコンポストトイレより得た未不活化処理のコンポストを 2iE 試験圃場にて施肥し、野菜の葉への指標細菌付着量の評価(2013 年 10 月)ならびに、土壌中での腸管系細菌と回虫卵の挙動(2014 年 4 月)を測定した。

2013 年 8-10 月栽培のオクラの葉より糞便性指標細菌を測定したところ、表 4.6.3 のようにコンポスト処理区のみ指標細菌が検出された。これは灌漑や降雨時に跳ね上がる土壌が付着したと考えられる。

図-4.6.2A に示すように、レタス栽培土壌中の大腸菌、糞便性球菌、サルモネラ菌は時間経過とともに有意に減少しその不活化速度定数はそれぞれ $5.8 \pm 0.4 \times 10^{-2}$, $4.7 \pm 0.4 \times 10^{-2}$, $4.1 \pm 0.4 \times 10^{-2}$ (1/day)と得られた。二次元分散分析によりサルモネラ菌と糞便性球菌の挙動に有意差はなく、対して大腸菌の挙動には有意差が認められ、サルモネラ菌と糞便性球菌は相対的に土壌中での耐性が強いことが示された。また大腸菌とサルモネラ菌の 90% 不活化時間 (T_{90} 値)はそれぞれ 17 ± 1 , 24 ± 2 (days)と算出され、これらの値は WHO 尿尿再利用ガイドラインで使用される 25 ± 5 (大腸菌), 35 ± 5 (サルモネラ菌)よりも低かった。この結果よりブルキナファソ乾季栽培土壌においては腸管系細菌不活化は 20°C 想定の WHO 値よりも早いことが示唆された。一方、未処理コンポスト由来の回虫卵は 45 日間の栽培土壌中で有意な減少は見られなかった(図-4.6.2B)。

さらに本試験結果を用いて、未不活化処理コンポスト施肥における農家(菜園作業者)と消費者へのリスク評価を行った(図-4.6.3)。農家への暴露経路は施肥時のコンポストへの直接手接触と、種まき、耕起、除草時の土壌中残存菌への手接触とし、それぞれの経口摂取量は文献値を参照した。消費者の暴露経路は洗浄無しのレタス生食を想定し、レタス付着土壌経由の病原菌暴露量を求めた。レタス葉 1g あたりに付着する土壌量は本研究にて得、レタスの年間消費量はガーナの類似研究文献値を参照した。サルモネラ菌と回虫の年間許容感染率はそれぞれ文献を参照し DALY 10^{-6} 値に相当する 7.7×10^{-4} と 1.0×10^{-2} とした。その結果、未不活化処理のコンポスト施肥においては、農家のサルモネラおよび回虫感染リスクは許容値よりも高く、消費者のサルモネラ感染リスクは許容値を下回ったものの、

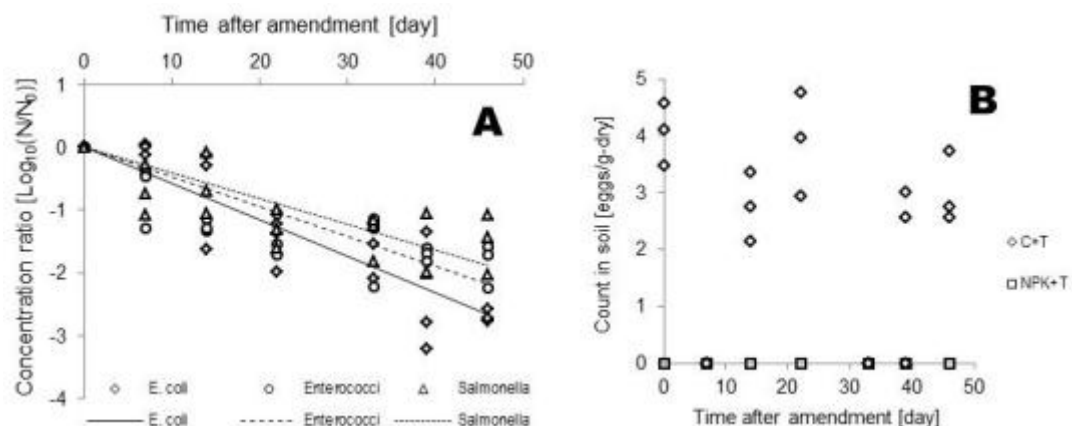
回虫感染リスクは許容値よりも高かった。この結果より、ブルキナファソ乾季作においてもコンポスト不活化処理の必要性が示唆された。

以上の結果より、土壌での回虫卵の不活化は特に遅く、灌漑時の泥はねにより土壌残存菌が葉に付着する可能性が示唆され、未不活化処理コンポスト施肥では農家及び消費者への感染リスクも高くなると予測されることから、圃場でのコンポスト利用前に不活化処理を施すことの必要性が再確認された。

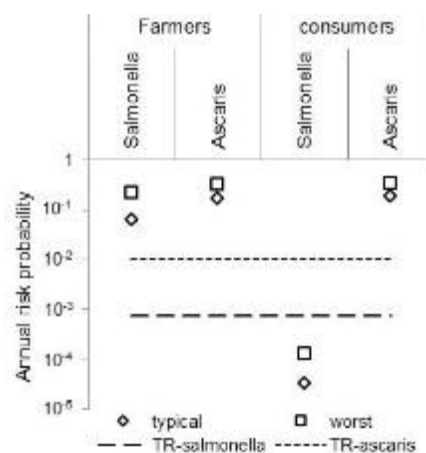
表－6. 4. 3オクラ葉一枚あたりの大腸菌数

	NoF	U	C	C+U	NPK
E.coli	n.d.	n.d.	102±154	88±117	n.d.
Fecal coliform	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

NoF:無施肥区, U:尿施肥区, C:コンポスト施肥区, C+U:コンポスト+尿施肥区, NPK:化学肥料施肥区



図－4. 6. 2 圃場でのコンポスト由来腸管系細菌(A)ならびに回虫卵(B)の挙動(2014年4月コンポスト施肥)



図－4. 6. 3 未処理コンポスト施肥時の農業作業者と消費者の感染リスク

(3-3)主要な成果－3 :尿の農業利用法の確立

尿の施肥時期および間隔が植物成長に及ぼす影響を、ほうれん草を用いたポット栽培にて評価し、地上部乾燥重は2日ごとに施肥した場合に100%栽培前施肥区よりも有意に重くなった。N/P比は全ての処理区において16以上であることから、本研究においては植物成長がリンによる制限を受けていることが分かり、リン吸収率が植物成長を左右したと考えられる。

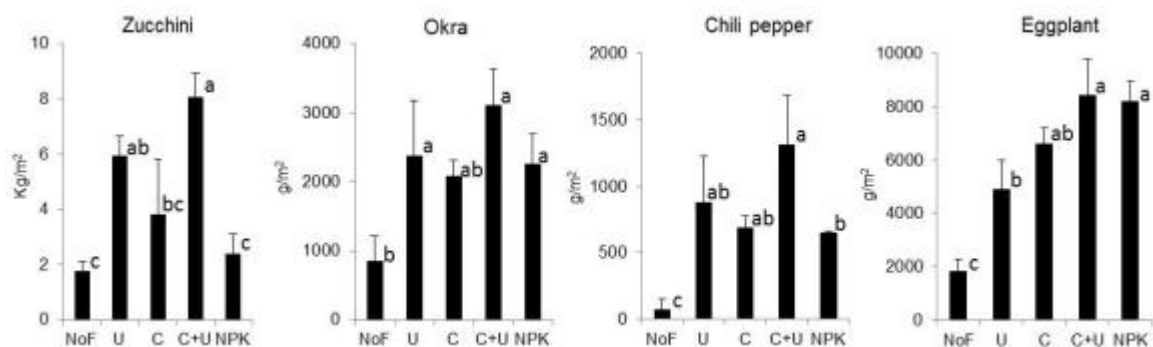
次に、尿とコンポストの併用効果について、パイロット家庭より回収された保存尿とコンポストを使用し、試験圃場にて栽培試験を行った。栽培品種は、ズッキーニ(4月～6月栽培)、オクラ(7月～9月栽培)、トウガラシ(9月～12月栽培)、ナス(11月～2月栽培)を選択した。資材の施肥量は各施肥基準量な

らびに N 濃度より、保存尿 9 L/ m²、コンポスト 2 kg/m²、化学肥料(N:P:K = 15:15:15) 200 g/ m²、とし、無施肥区(NoF)、尿施肥区(U)、コンポスト施肥区(C)、尿+コンポスト施肥区(U+C)、化学肥料施肥区(NPK)の五処理区を3反復設けた。その結果、野菜の収量は U、C、C+U で無施肥区に比べ有意に高く、いずれも肥料効果があることを確認した(図—4.6.4)。

ズッキーニとオクラ栽培後の土壌を比較すると、乾季作ズッキーニ収穫後土壌では U、C、U+C 区の EC は有意に NPK 区よりも有意に高かったが、雨季作オクラ収穫後土壌においては有意な差は見られず、平均的に低い EC を示した(表—6.4.4)。この結果より、乾季作においては塩類集積に注意が必要だが、雨季作時には塩類が雨水によって流出し、塩類集積のリスクは極めて低いと考えられる。

以上まとめると、

- 尿の窒素分による肥料効果は高いがリン濃度は低くリンの供給能力は低い。
- 作物の窒素要求量に合わせて施肥するのが効果的である。
- 一度に作物の全窒素要求量を施肥するよりも数回に分けて施肥した方が肥料効果を得られやすい。
- パイロット家庭で得られる保存尿では糞便性細菌の指標である大腸菌が検出されず、比較的安全に使えと考えられる。
- 上記、尿の施肥方法に従うと、パイロット家庭から得られた保存尿でもズッキーニ、オクラ、トウガラシで、NPK 化学肥料と同等の収量が得られ、雨季作では土壌 EC に影響を与えない。
- コンポスト等のリン供給能力の高い資材と併用することにより、より安定的な収量が見込める。



図—4. 6. 4 尿とコンポストの有効性の露地栽培による評価(図中の記号: NoF: 施肥なし, U: 尿のみ, C: コンポストのみ, U+C: 尿とコンポスト施肥, NPK: 化学肥料施肥)

表—4. 6. 4. 4 乾季作ズッキーニと雨季作オクラ栽培後土壌の物理化学特性

	No-Fertilizer	Urine	compost	Compost+Urine	NPK
After Zucchini cultivation					
Organic Matter [mg/g-soil]	21.2±7.3	18.3±2.0	21.8±2.5	19.7±3.1	17.2±1.8
pH (1 : 2.5)	7.6±0.2	7.3±0.1	7.2±0.1	7.1±0.2	7.3±0.3
EC (1 : 5) [μS/cm]	750±96bc	1188±175ab	962±36ab	1101±253a	536±42c
After Okra cultivation					
Organic matter [mg/g-soil]	15.9±1.9	19.8±4.0	19.7±0.4	18.2±2.0	16.6±1.9
pH (1 : 2.5)	5.9±0.9	5.7±0.3	6.1±0.3	5.8±0.1	5.0±0.6
EC (1 : 5) [μS/cm]	165±17	160±55	168±46	247±9.2	241±15

アルファベット記号は統計的有意差を示す(Turkey-Kramer test, $p < 0.05$)

(3-4) 主要な成果—4 : 雑排水の灌漑利用のための処理目標を設定

洗濯洗剤中の作物阻害要因を特定するとともに、雑排水処理装置における阻害要因の除去目標を設定することを目的とした。植物成長阻害の評価方法は、コマツナを用いた簡易発芽試験にて行った。その結果、

- 発芽率への洗濯洗剤と LAS の影響は異なり、洗濯洗剤は 0.4 g/L(LAS 含有濃度 0.08 g/L)以上で、LAS は 0.02 g/L 以上で有意な阻害がおこった(Turkey-Kramer test, $p < 0.05$) (図-4. 6. 5A)。
- 一方、根長への洗濯洗剤と LAS の影響は発芽率よりも大きく、いずれも洗濯洗剤濃度 0.1 g/L(LAS 含有濃度 0.02 g/L)以上、LAS 濃度 0.02 g/L 以上から有意な阻害が起こることが分かった(図-4. 6. 5B)。また、根長において洗濯洗剤と LAS の二者を比較すると、いずれの濃度でも有意な差はなく(t -test, $p < 0.05$)、洗濯洗剤による根長阻害の主要因は LAS と考えられる。

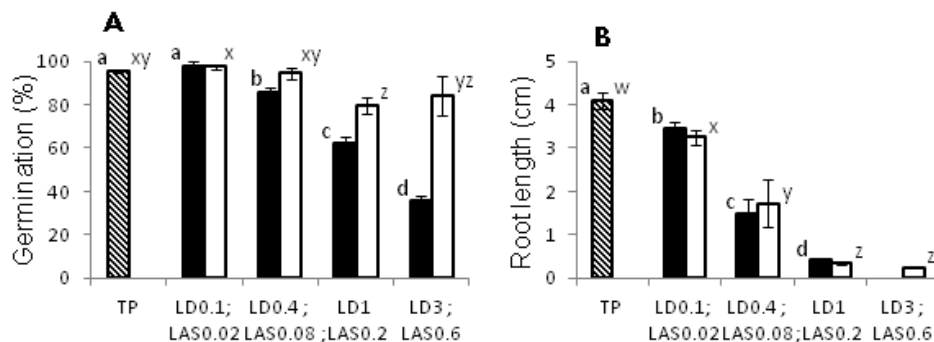


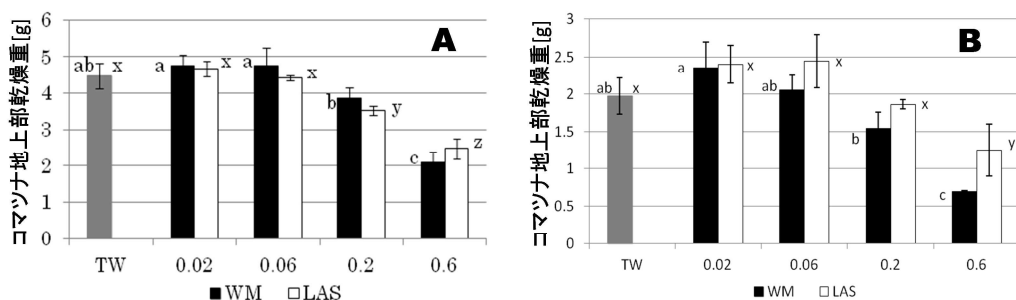
図-4. 6. 5 洗濯洗剤および Linear Alkylbenzen sulphonate (LAS)による発芽率阻害(A)と根長阻害(B)

黒: 洗剤処理区, 白: LAS 処理区, 斜線: 水道水.

横軸: LD と数値は洗濯洗剤とその濃度を示し, LAS と数値は LAS とその濃度を示す.

図中のアルファベットは統計的有意差を示す(Turkey-Kramer test, $p < 0.05$)

- 洗濯洗剤およびその洗剤中に含まれる界面活性剤の植物への影響を、ポット試験により評価した。評価はコマツナ地上部乾燥重、地上部カチオン濃度、土壌中界面活性剤濃度、土壌 pH 及び土壌中蓄積カチオン濃度より総合的にを行った。
- 洗濯洗剤とそれに相当する LAS を所定濃度に調整し、土壌を用いたポット栽培にて小松菜成長への影響をそれぞれ比較した結果、コマツナ地上部に有意な阻害が見られた洗剤濃度は、一回目栽培時で 1.0 g/L(LAS 0.2 g/L 相当), 二回目栽培時で 3.0 g/L (LAS 0.6 g/L 相当), LAS 処理区では一回目栽培時で 0.2 g/L, 二回目栽培時で 0.6 g/L と洗剤処理区と同じだった(図-4. 6. 6)。
- 土壌栽培時には洗濯洗剤 LAS の植物への影響は発芽試験よりも低く、60-200 mg/L 以上で阻害がみられる。これは土壌中で LAS が分解されるためと考えられる。一方、中-長期的に洗剤成分が農地に投与されると、土壌 pH の上昇による間接的な影響が起こると考えられ、定期的な有機質の施用や、除塩処理が必要と考えられる。



図－4. 6. 6 洗濯洗剤とLASの連続投入によるコマツナ地上部乾燥重への影響。(A)栽培一回目、(B)栽培二回目。

黒：洗剤処理区(WM)，白：LAS 処理区(LAS)，斜線：水道水。横軸の数値はLAS濃度を示す。

図中のアルファベットは統計的有意差を示す(Turkey-Kramer test, $p < 0.05$)。

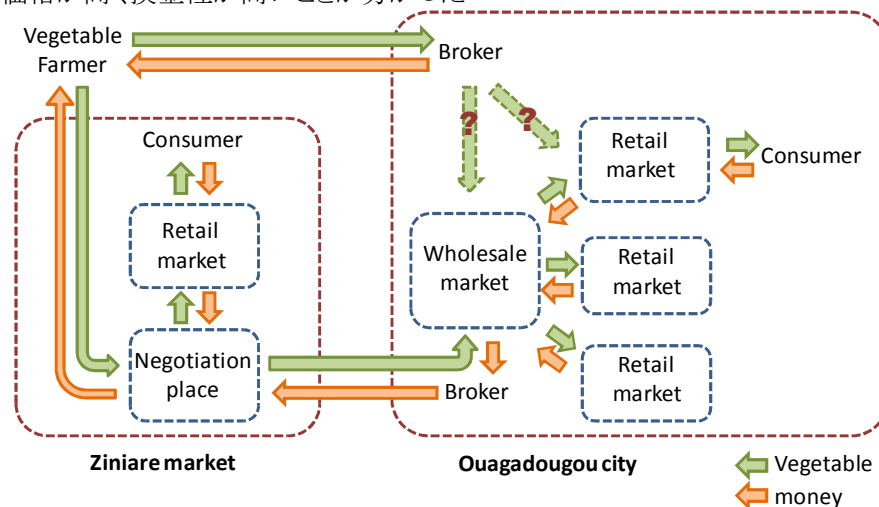
以上の雑排水灌漑利用のためのLASの処理目標についてまとめると、次のようになる。

- 雑排水由来の物質の中で洗濯洗剤由来界面活性剤(LAS)の植物阻害リスクが高い
- LASの植物生育阻害に対する直接的な無影響濃度は10mg/Lと推定された
- 土壌栽培系においてはLASの分解が土壌中で起こり、灌漑水中LASが0.2g/L以下では植物生育を阻害しない
- 土壌栽培系において、根粒菌の窒素固定能のLAS感受性は植物生育や根粒感染力よりも高いが、灌漑水中LASが0.06g/L以下では窒素固定能に影響を与えない。
- 土壌栽培系において、灌漑水中LASは28mg/L以下であれば硝化細菌等の土壌細菌への影響を与えない。

(3-5)主要な成果－5：ブルキナファソにおける営農計画と収入予測

コンポストトイレの価値を高めるには価値の連鎖(バリューチェーン)を構築する必要がある。本研究ではコンポストトイレからの産物を利用して野菜を栽培した後の売り先について検討するため、現地実証サイトのあるZiniareでの野菜の流通体系について、聞き取り調査を行った。その結果、

- Ziniareの野菜農家の野菜販売ルートは、①仲介業者が直接野菜農家を訪れ、買い取るルート、②野菜農家がZiniare Marketに運び、そこで仲介業者と交渉による取引を行うルート、の二通り存在した(図－4.6.7)。
- 仲介業者が農家から買い取った価格を聞き取った結果、Ziniareではトマト、タマネギ、ズッキーニの価格が高く換金性が高いことが分かった



図－4. 6. 7 野菜の流通経路

農村域(Ziniare)実証家庭における水使用状況の聞き取り結果およびFAOの灌漑水量計算、し尿からの回収窒素、リン量により、栽培可能面積の推定を行った。また、野菜価格や気候条件、農家の営農スケジュール等を総合的に考慮した輪作体系のモデルを提案し、農家(ユーザー)が農産物から得られる収入予測をたてた。

- 農家の営農スケジュール、野菜価格や気候条件、連作障害や塩分管理を総合的に考慮した作付体系モデルを想定した(図－4. 6. 8)。
- 乾季の栽培において1人あたりから排出される雑排水によりZiniareでは2.3-4.4 m²、Boboでは2.9-6.9 m²の面積が可能と推測された。一家族6人と想定すると、乾季において栽培可能な面積は1家族(1シャワールームユニット)あたりZiniareでは14-26 m²、17-41 m²の栽培面積が見込まれる。
- 圃場試験での収量、マーケットでの野菜取引価格を考慮すると、この輪作体系モデルを実施

した際に得られる農家の収入は最大で、Ziniare で約 23€/capita, Bobo で 33€/capita 程度であり(図-4. 6. 9), 一家族6人と仮定すると, Ziniare で約 140€, Bobo で 200€ 程度と見積もられた。この時のバリューチェーン全体への付加価値は一家族あたり Ziniare で約 250€, Bobo で 300€ 程度と見積もられる。

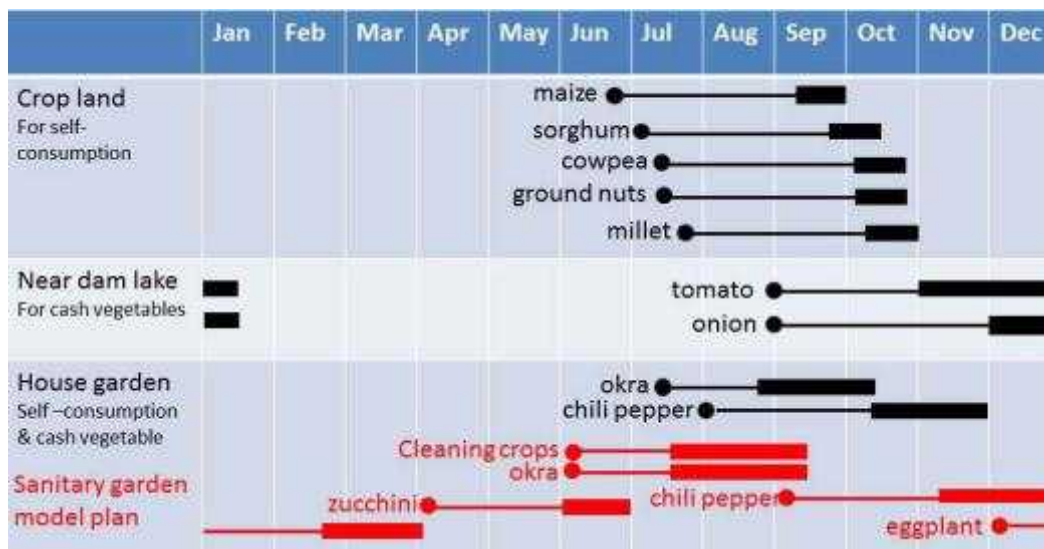


図-4. 6. 8 輪作体系モデル

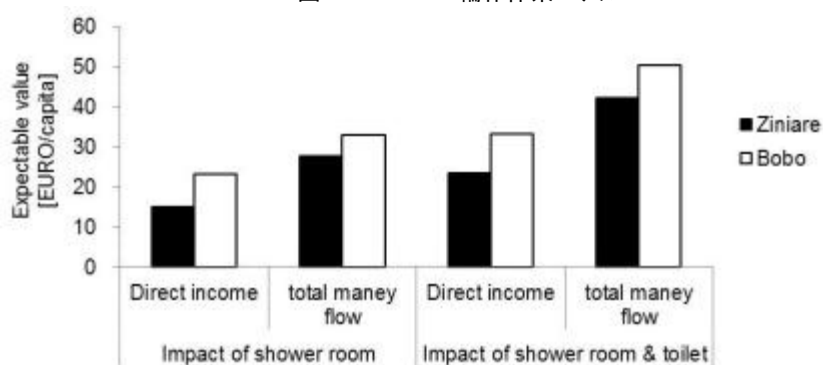


図-4. 6. 9 農家収入予測とバリューチェーン全体へのマネーフロー予測

(3-6) 主要成果—6 土壌への塩蓄積を考慮した水管理と適切な作物選択

尿・コンポスト・雑排水処理水の利用により、圃場に塩類の蓄積が懸念される。そこで、塩類の挙動とその蓄積抑制についての検討を①長期連用尿施肥が植物・土壌へ及ぼす影響の評価(日本国内の温室で実施とパイロットサイト塩分蓄積挙動の測定, ③蓄積塩分の雨水洗浄とソルガムによる除塩効果実験(日本国内の温室で実施)と土壌中水分と塩分挙動を推算するモデルの妥当性の確認, ならびにブルキナファソの気候条件を用いたシミュレーションにより、塩分蓄積を生じない適切な尿施用量(塩分添加量)を求めた。

以上の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、これまでのアプローチを図-4. 6. 10にまとめる。

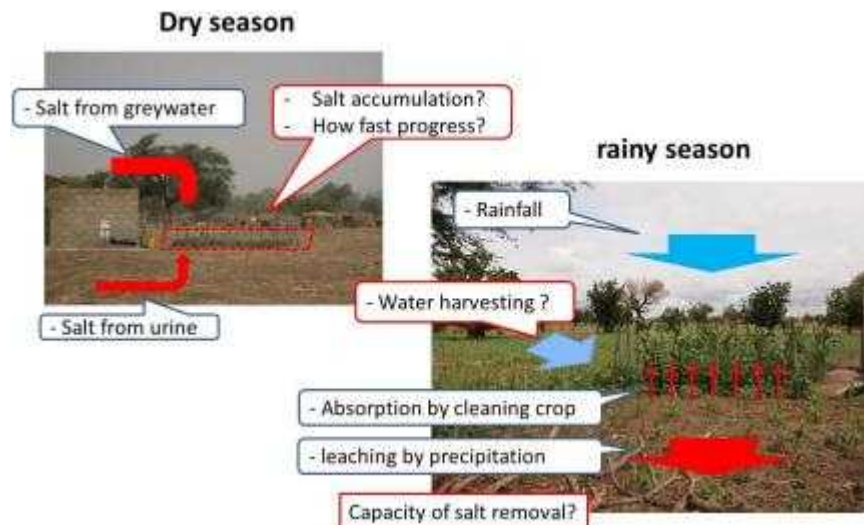


図-4. 6. 10 土壌への塩蓄積モニタリングと雨水及び除塩作物による水・塩分管理アプローチ

成果:

①長期連用尿施肥が植物・土壌へ及ぼす影響の評価

- 尿の過剰投入を繰り返しても、1 年スケール(3 回連続栽培)では植物生育への影響は見られな
いが、余剰塩類の土壌蓄積は顕著に観察された。
- パイロットサイトでの尿と再生雑排水を使用した栽培においては、Na を含めカチオン類の投入は
尿よりも雑排水に起因する可能性が高い(図-4.6.11 参照)
- パイロットサイトでの雨季野菜栽培後の土壌表層では、Na 蓄積および SAR 増加は見られなかつ
たが、一部でカチオン類の蓄積(EC の増加)が確認された(図-4.6.12 参照)
- パイロットサイトでの乾季栽培では土壌 SAR の上昇が顕著に確認された
- 雨季に耐塩性および吸肥能力が高いソルガム栽培を輪作体系に組み込むことで、雨水洗浄およ
びソルガムによる除塩を期待できる。

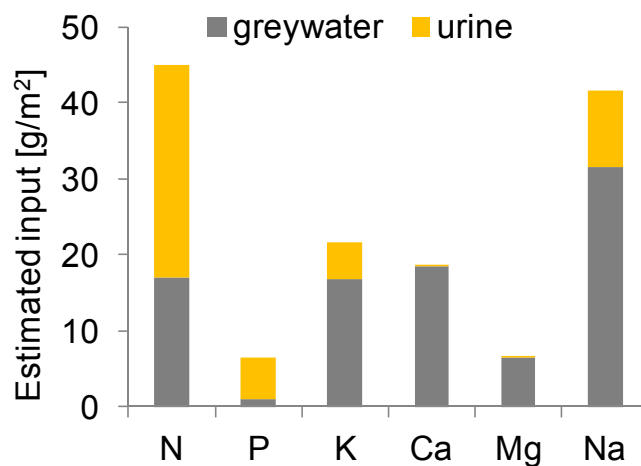


図-4. 6.11 塩分の起源

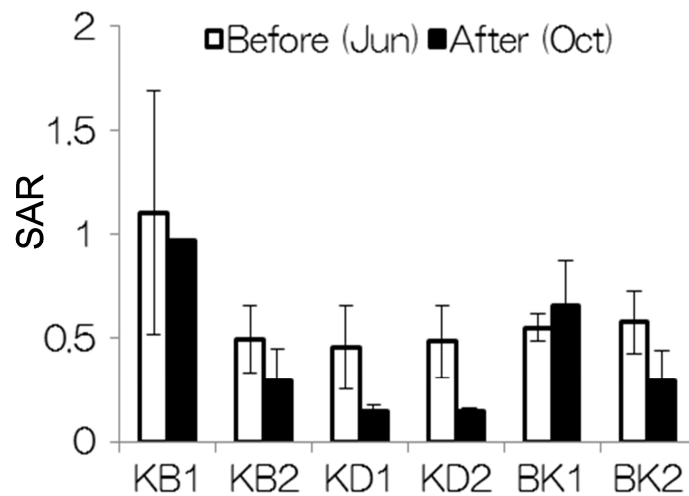


図-4.6.12 雨季前後の SAR 値の変化

②蓄積塩分の雨水洗浄とソルガムによる除塩効果実験とシミュレーションによる適切な尿施用量の提案

- ブルキナファソの雨季を想定したソルガム栽培実験により、無栽培系におけるリーリングによる Na 除去量が栽培系を上回ることが示された(図-4.6.13)
- 上記の実験結果をシミュレーションできる土壌水分・塩分シミュレーションモデルを構築した。
- ブルキナファソにおいて、乾季に尿を施肥し、雨季に雨水により塩分を洗浄するモデルをシミュレーションし、塩分蓄積を生じない尿を施用量として 5.76g-Na/m^2 (尿として 4.82L/m^2) を得た。ただし、この塩分量は栽培に必要な尿施用による Na 量 (6.95 g-Na/m^2) を下回る結果となった(図-4.6.14)。
- そこで、Ca を添加し、Na の土壌からの排出を促進する方法を検討した結果、Ca を 14g/m^2 を添加することにより、必要な尿施用が塩分蓄積を生じることなく実施できることが明らかとなった(図-4.6.15)。

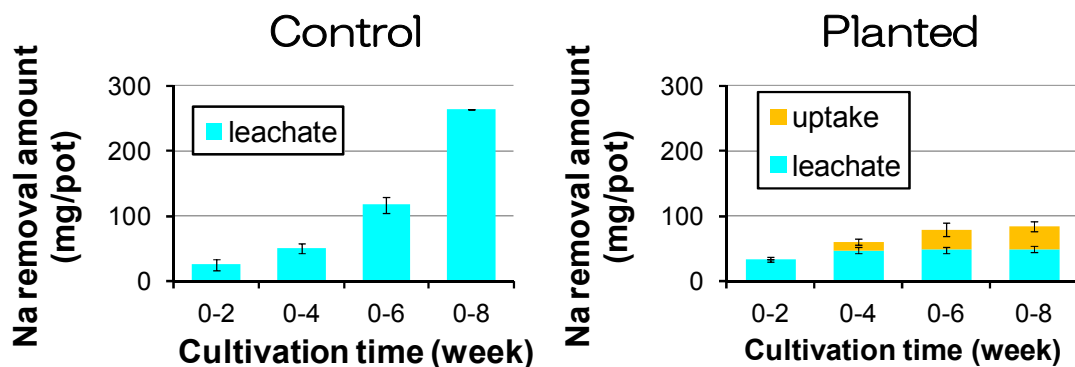


図-4.6.13 雨季を想定した1m深ポットにソルガム栽培実験における Na の除去量

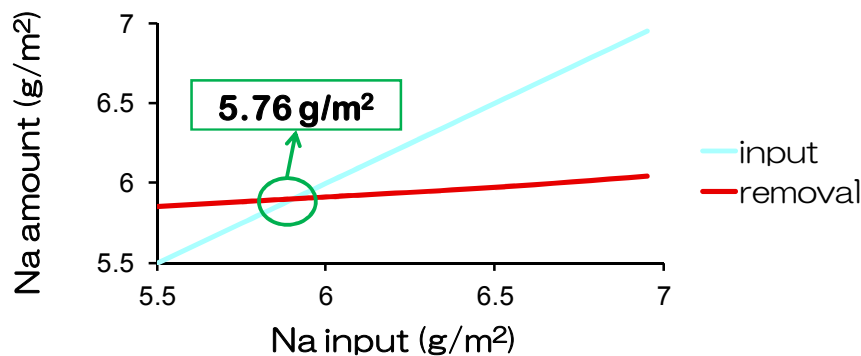


図-4.6.14 シミュレーションによる雨水による Na 除去量

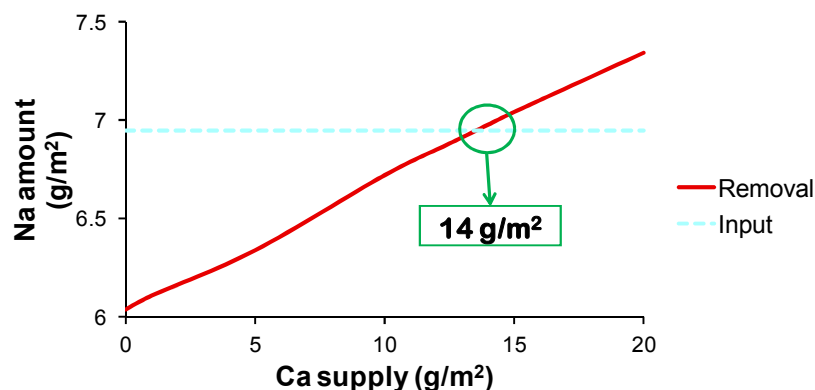


図-4.6.15 Ca 添加による Na 除去量の増加

(3-7)主要な成果—7:尿由来抗マラリア薬の土壌中での挙動

これまでの調査により、現地では抗マラリア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ラリア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ラリア薬の農地での動態を調査することを目的に、土壌-植物系内での医薬品の挙動を調査した。その結果、クロロキン、キニーネ、ピリメタミン、サルファドキシンは土壌中での分解性が高かったが、ドキシサイクリン、アルテスネート、メフロキン、ルメファントリンは土壌中での分解性が悪かった(図-4.6.16)。土壌中での分解性が悪かった医薬品のうち、ドキシサイクリン、アルテスネート、メフロキンは植物体内への移行が検出されたが、ルメファントリンは植物体地上部への移行が検出されなかった(図-4.6.17)。一般的に土壌分解性の低い医薬品が植物体地上部に移行されることが報告されているが、ルメファントリンのように土壌分解性が低いもので植物体地上部に移行しにくい物質についての知見は少ない。ルメファントリンが植物体地上部に移行しなかった原因の一つとして、疎水性が高く、土壌表面との吸着あるいは根への吸着が考えられるが、さらなる検証が必要である。

また、滅菌土壌を使用して同様に土壌分解性の試験を行ったところ、医薬品分解が著しく低下した。さらに、コンポストを追加した土壌において同様の試験を行ったところ、医薬品の分解が促進された。以上の結果より、抗マラリア薬の土壌分解は生物的反応によるものが起因する可能性が示唆され、コンポスト添加により生物活性が高まり、抗マラリア薬の分解が促進されたと考えられた。

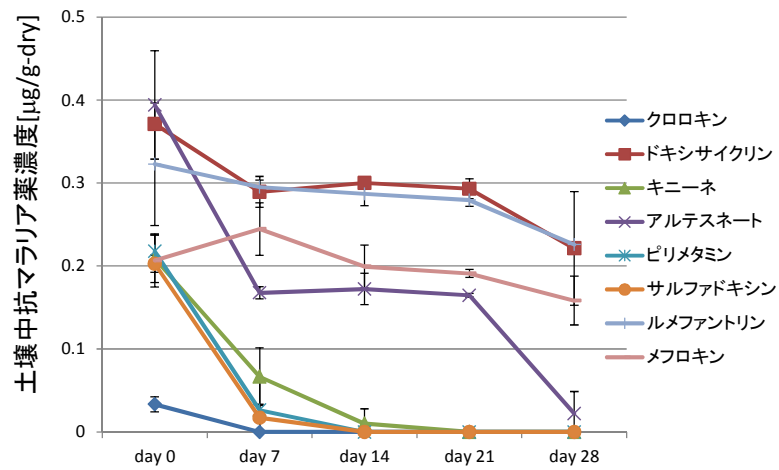


図-4. 6. 16 抗マラリア薬の土壌分解特性

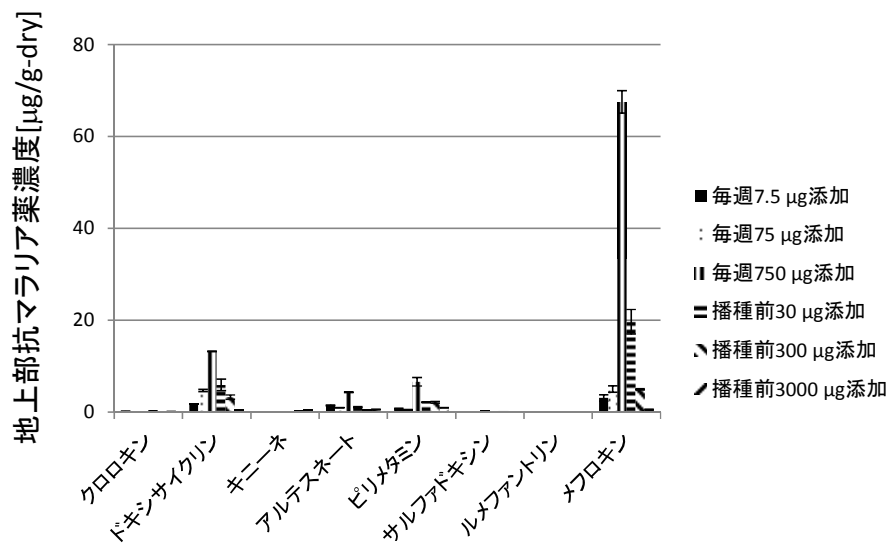


図-4. 6. 17 抗マラリア薬の植物地上部への移行性

4. 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、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。

(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・農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。

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)成果

(3-1)主要な成果－1：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

Ziniaré の Kologondjesse 村, Barkoumba 村, Ouagadougou 市内の Kamboinse 村の合計 3 村をパイロットサイトと定め(図-4. 7. 1), 各村 2 世帯, 合計 6 世帯のパイロットファミリーを選定した。選定にあたり、事前のアンケート調査(2010 年 9 月実施)および追加聞き取り調査(の結果を基に、パイロットファミリーの要件を整理した。そしてその要件を村長に伝え、条件を満たす世帯を村長に選んでもらった。

コンポストトイレ、雑排水処理施設および雑排水収集と尿の貯留施設の設置を具体的に検討するため、各世帯の基礎情報、水利用状況、農業生産活動、トイレ、水浴び場、その他住宅施設について調査し、コンポストトイレ、雑排水処理施設および水浴び場兼排尿スペースの配置と設計を行った。

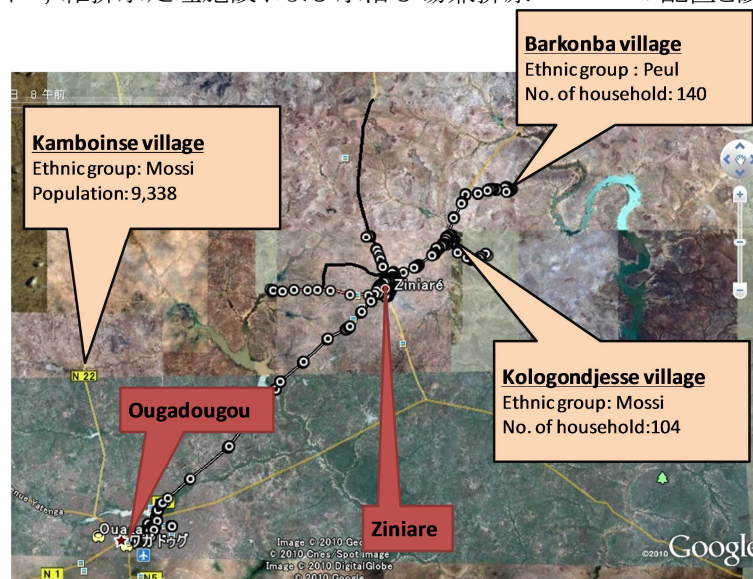


図-4. 7. 1 パイロットサイト

(3-2)主要な成果－2：パイロット実験開始

- コンポストトイレは 2012 年 5 月までに 3 村 6 世帯に設置を終え、トレーニングワークショップを実施した後、本格的な利用を開始した。
- 傾斜土層および尿収集設備を兼ねたシャワールームも同様に設置を終え、トレーニングワークショップ(2012 年 4 月 5, 6, 10 日)を実施した後、本格的な利用を開始した。あわせて、傾斜土層の流入水および処理水のサンプリングを開始した。
- 菜園は 7 月までに 3 村 6 世帯の全てに設置し、現地研究者による実演を各家庭で随時行いながら、野菜栽培を開始した。

(a)設置システムの全体像

現地の生活様式に合わせコンポストトイレとシャワールームは別々の建物として設置した。菜園はシャワールームに隣接する位置に設置した。



図-4. 7. 2 パイロットサイトに設置されたコンポストトイレ(写真左・右建物)、シャワールーム(写真左・左建物、写真右・奥)、菜園(写真右・手前)

(b)コンポストトイレ

従来の現地トイレの様式に合わせたしゃがみ式トイレを 5 家庭に、座り式トイレを 1 家庭に設置した。しゃがみ式トイレは回転式攪拌槽を半地下に設置し、地上部にあるレバーで回転させる。いずれのトイレも尿尿分離型の便器を使用し、糞便は攪拌槽に尿は尿タンクに貯まるよう設計した。



図-4. 7. 3 パイロットサイトに設置され使用を開始したコンポストトイレ
トイレ内観(左)、尿尿分離型便器(中)、トイレ外背面(右)

また、図-4. 7. 4に示すように、Barkounba 村のパイロット世帯 1 件に、腰かけ式コンポストトイレを設置した。同パイロット世帯はイスラム教徒であるため、排せつ後に肛門等を洗うための設備(ここでは以下ビデと呼ぶこととする)を設けた。ビデのデザイン、設置位置については、後述するトイレ内行動分析の手法を用いて検討し、行動数・移動距離が極力少なくなるよう、具体的には、体の反転をせず、最小の移動距離で済むよう、トイレに腰かけた状態から立ち上がってそのまま数歩横方向に移動する形式とした。水を受けるボウルの高さは、当初、見た目の統一感の観点からコンポストトイレ天板と同じ高さを予定していたが、設置時にパイロットファミリーから、「しゃがんで洗える高さがよい」という指摘があり、急きょ、その場で高さを低い位置に調整した。

設置完了から 1 か月経過した時点で、(1)先行して設置したしゃがみ式とどちらが良いか、(2)なぜそう思うか、(3)その他、不都合な点はないか、についていくつか具体的なポイントを示しながら聞いた。聞き取りの相手は、世帯主(男性)であった。結果、聞き取りの時点では腰かけ式が好まれ、その理由はし

やがみ式と比較すると、排せつがしやすい、攪拌がしやすい、の2点であった。



図-4. 7. 4 パイロットサイトに設置された腰かけ式モデルとビデ

(c)シャワールーム(雑排水処理装置および尿収集設備)

シャワー水は傾斜土層で処理を行った後タンクに収集し、尿は尿タンクに直接流入するようシャワールームを設計した。傾斜土層には洗濯排水および皿洗い排水の投入口(白タンク)を設け、白タンクから傾斜土層に流入するようにした。



図-4. 7. 5 パイロットサイトに設置され使用を開始したシャワールーム

シャワールーム内観(上左), 傾斜土層第一層およびシャワー水と洗濯排水の流入点(上中), 傾斜土層第二層および処理水収集タンク(上右), 処理水収集タンク内部(下左), 尿収集タンク(下右)。

(d)菜園

各家庭の菜園として 20-30 m² 程度を確保し、動物よけの柵を設置した。一回目の栽培は6月～9月の雨季実施とし、農業利用の準備ができていた雑排水処理水と保存尿を使用した。栽培種は家族の意向に沿い、Kamboinsin 村 2 家庭; オクラ, Kologondjesse 村 2 家庭; オクラ, ナス, Barkoumba 村 2 家庭; トウモロコシとなった。



図－4. 7. 6 各家庭に設置された菜園
オクラおよびナス栽培（左）、処理水の点滴灌漑システムへの応用（右）

(3-3)主要な成果－3：住民向けワークショップの開催

- (1)2011年12月19日 Ziniare Kolgonguesse村(プル語), 12月20日 Ziniare Barkoundouba村(モシ語), 12月21日 Ouagadougou Kamboinse村(モシ語)でワークショップを3回開催した。(2)2012年4月5・6・10日(雑排水について), 5月8～10日(トイレについて), 10月24日には腰掛けるタイプのトイレについてトレーニングワークショップの開催した。
- (3)2013年パイロット家庭向けワークショップを2013年12月23日に開催。カンボアンセ試験圃場にパイロット家族を招き, HRAPと試験圃場の視察を実施した。コンポスト, 尿の肥料効果を目にしてもらい, 補足的に栽培結果の説明を行った。
- (4)2015年2月17日, 18日 Ziniareの2村で, 最終改良版の各施設の使用法についてトレーニングワークショップを開催した。
- 詳細は4.9参照。

(3-4)主要な成果－4：コンポストトイレ, 雑排水処理ユニットの性能確認と保存尿の性状調査

まず, パイロット家庭から得られた尿とコンポストの肥料成分分析を行った結果を(表－4. 7. 1)に示す。保存尿は6パイロット家庭で雨季と乾季の二回サンプリングを行った結果, 全窒素濃度は2.4-4.4 (Mean 3.6) mg/Lであり全リン濃度は0.4-1.2 (Mean 1.3) mg/Lであった。この窒素／リン比率は人工尿よりも低く, 保存尿では尿素がアンモニアに加水分解されて保存中に大気中に揮発するため, 全窒素濃度が低くなったことが原因と考えられた。また, 保存尿中ではホウ素やマグネシウム等のミネラルが含まれ, 特にアルカリ土壌で欠乏しやすいホウ素が含まれていることは, 野菜栽培にとってメリットと考えられる。さらに, 腸管系細菌の指標である大腸菌は保存尿から検出されず, 糞便とのコンタミは少なく病原リスクの低い尿であることを確認した。一方で電気伝導度が20.7-37.1 (mean 28.1) mS/cm, Na濃度は0.8-2.3 (mean 1.3) mg/Lと高く, これまで知られているように塩分管理に注意が必要である。

表－4. 7. 1パイロット家庭から得られた保存尿の組成

	Min	Max	Mean	STDEV
pH	8.6	9.0	8.8	0.1
EC [mS/cm]	20.7	37.1	28.1	7.1
Total N [g/L]	2.4	4.4	3.6	0.7
Total P [g/L]	0.4	1.2	0.7	0.3
Na [g/L]	0.8	2.3	1.3	0.7
K [g/L]	0.4	1.2	0.6	0.3
Ca [mg/L]	2.0	26.3	10.9	9.1
Mg [mg/L]	2.0	32.8	10.1	11.5
B [mg/L]	0.5	2.0	1.1	0.6
Fe [mg/L]	n.d.	1.3	0.3	1.7
Zn [mg/L]	n.d.	n.d.	-	-
Mn [mg/L]	n.d.	n.d.	-	-
Cu [mg/L]	n.d.	n.d.	-	-

<i>E. coli</i> [cfu/ml]	n.d.	n.d.	-	-
Total Coliform [cfu/ml]	n.d.	n.d.	-	-

また、これまでパイロット家庭から得られた不活化処理前のコンポストの物理特性、成分組成、微生物分析の結果を表-4. 7. 2にまとめる。含水率は各家庭での使用頻度に因ると考えられ、EC とミネラル成分は各パイロット家庭での糞便負荷率に因るところが高く、回収のタイミングにより濃度が異なると考えられる。糞便性細菌指標は含水率や pH に因ると考えられ、濃度の差も大きかった。一部のサンプルからは *Salmonella* sp. や回虫卵が検出され、実使用に置いては前述のとおり不活化処理が必要と考えられる。

表—4. 7. 2. パイロット家庭から得られたコンポストの物理化学特性、成分組成、糞便由来微生物

	Min	Max	Mean	STDEV
Physical properties				
pH (1:20)	7.7	9.2	8.8	0.46
EC (1:20) [mS/cm]	0.5	2.1	1.7	0.53
Moisture content [%]	20.3	59.9	32.4	11.2
Volatile Solids [g/kg-dry]	504	884	726	163
Chemical properties				
N [g/kg]	19.4	58.6	26.9	16.4
P [g/kg]	8.9	115.8	49.5	32.5
Na [g/kg]	0.35	4.86	2.59	2
K [g/kg]	4.19	32.13	19	1.56
Ca [g/kg]	5.16	29.75	16.68	1.26
Mg [g/kg]	1.89	26.33	12.31	0.83
Fe [mg/kg]	967	7691	3637	1331
Mn [mg/kg]	67	487	239	8.6
B [mg/kg]	5	44	16.2	0.56
Zn [mg/kg]	35	548	283	18.4
Cu [mg/kg]	n.d.	51	27	2.7
Biological properties				
<i>E. coli</i> [log10CFU/g]	1.95	8.72	3.78	2
Fecal coliforms [log10CFU/g]	-	-	4.4	3.55
Enterococci [log10CFU/g]	-	-	5.82	4.32
<i>Salmonella</i> (log10MPN/g DW)	n.d.	3.31	-	-
<i>Ascaris</i> (eggs/gDW)	n.d.	27	-	-

各パイロット家庭の雑排処理水の水質を表—4. 7. 3にまとめた。COD, TN, Na 濃度が比較的高く、これはシャワールームで尿をする農村部でのこれまでの慣習が影響し、尿の混入が一部であると考えられる。EC や SAR の数値はこれまで知られている、植物成長に影響を与える濃度よりも低く、短期的には植物への害がないと考えられる。一方、糞便性細菌の指標である大腸菌濃度は比較的高く、WHO ガイドラインによる安全な水質基準よりは高い値を示した。これは傾斜土槽装置のろ過砂交換等の維持管理不足や、水使用量が少ないことが原因と考えられる。

また、3 村 5 世帯から採取したサンプルについて、陰イオン界面活性剤濃度測定と *komatsuna* (*Brassica rapa* var. *peruviridis*) を用いた発芽試験を実施。いずれの処理水もケースも陰イオン界面活性剤が検出されたが (2mg/L 程度.), 発芽阻害は見られなかった。

表―4. 7. 3 Ziniare パイロット家庭より得られる雑排水処理水の水質

	Min	Max	Mean	STDEV
pH	7.1	8.4	7.8	0.4
EC [μ S/cm]	473	1523	849	281
COD [mg/L]	42	195	79	46
total N [mg/L]	10	77	33	19
total P [mg/L]	0.1	7.6	2.1	2.2
K [mg/L]	21.6	45.0	32.7	10.2
Ca [mg/L]	28.4	42.6	35.7	6.9
Mg [mg/L]	3.7	22.2	12.4	5.8
Na [mg/L]	23.4	106.2	61.2	23.6
SAR	0.7	3.0	1.8	0.7
<i>E. coli</i> [cfu/ml]	4.E+01	2.E+04	3.E+03	6.E+03
Total Coliform [cfu/ml]	8.E+02	3.E+05	5.E+04	9.E+04

(3-5) 主要な成果－5: 野菜栽培結果

2012年6月から2013年3月にかけて、回収された尿および再生雑排水を用いた野菜栽培が実証家庭6軒で実施された。栽培品種は、実証家庭が希望したものを選択し、雨季はトウモロコシ、オクラ、ナスの三種が栽培され、乾季はオクラが栽培された(図―4. 7.7)。実証栽培で得られた観察結果は以下のとおりである。

- 雨季でも土壌が乾いた際(数日に一度程度)には再生雑排水が使用された(聞き取り結果)
- 尿は約3か月の栽培において一株あたり約5Lを三回に分けて施用した
- 雨季のナスおよびオクラ栽培で、虫による食害が発生し(図―4. 7.8)、殺虫剤を一度使用した。
- 雨季のオクラ、トウモロコシ栽培では通常よりも生育が良く、多収であった(聞き取り結果、収量データ無、図-4. 7.9,10)
- 雨季のナス栽培は草勢が強かったが花つき・身つきが悪く、期待した収量は得られなかった(聞き取り結果、収量データ無) →リン不足が懸念される。リン供給源としてコンポスト施肥の実現を急ぐ必要がある。
- 乾季は回収できる再生雑排水が想定よりも少なく、約2-5m²の作付けが限度となった。
- 乾季栽培中に小動物や家畜による食害が発生(図-4. 7.11)、防護柵の補強が必要。

図―4. 7. 7再生雑排水と尿を用いた栽培
(2012年7月撮影)

図―4. 7. 8虫により食害を受けたナスの葉(2012年10月撮影)



図－4.7.9 オクラ(奥)とナス(手前)(2012年10月撮影)



図－4.7.10 オクラ(左)とナス(右). (2012年10月撮影)



図－4.7.11 家畜による食害を受けたオクラ(2013年1月撮影)



図－4.7.12 乾季のオクラ栽培. (2013年1月撮影)



図－4.7.13 乾季のオクラ栽培(2012年1月撮影)



図－4.7.14 乾季のオクラ栽培. (2012年1月撮影)

収穫の把握と同時に、現地雨季における尿および再生雑排水を用いた野菜栽培および塩分蓄積モニタリングを実施した結果、次のような結果を得た：

- 現地パイロットサイトの土壌よりECとSARの分析を行った結果、ECは栽培後に同等もしくは増加傾向にあり、SARは栽培後に同等もしくは減少傾向にあった(図－4.7.15)。このことより、尿と雑排水を用いた雨季の栽培ではNaの顕著な蓄積は見られないものの、その他のカチオンの蓄積や塩化物イオン(Cl⁻)が起こりうる可能性が示唆された。この傾向はポット試験から得られたものと類似していた。

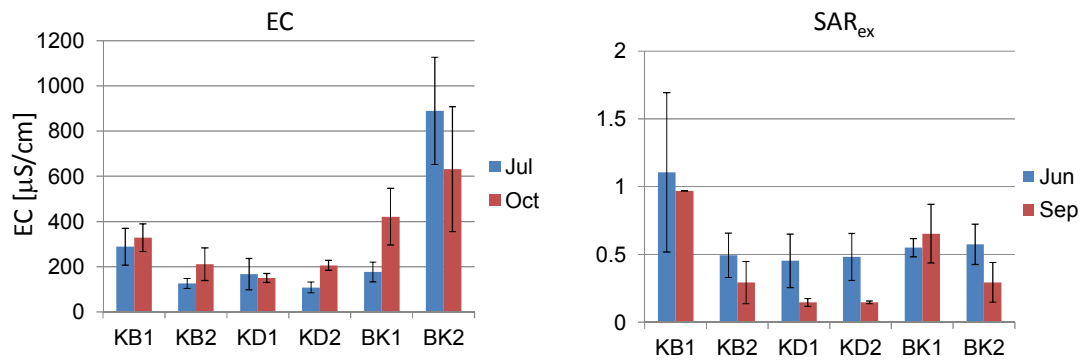


図-4. 7. 15 パイロットサイトにおける雨季野菜栽培前後の土壌化学性比較

2013 年 4 月以降は小面積でもインパクトの高い生産に焦点をあて、以下栽培をパイロット家庭菜園にて実証した。

- 市場で野菜価格が上がる雨季前収穫を想定した、乾燥耐性の強いズッキーニ栽培 (図-4.7.16)。
- 市場で野菜価格が下がる雨季后は保存の効くトウガラシ栽培 (図-4.7.17)
- バラージュ横で中規模野菜栽培を営む家庭向けの苗生産 (図-4.7.18)
- アグロフォレストの発想を利用した、トウガラシとパパイアの混植 (図-4.7.19)

その後のヒアリングにより、ズッキーニ収穫物はローカル市場で販売されなかったものの村内のパイロット以外の家庭に配られたこと、トウガラシ収穫物はローカル市場にて販売されたこと、家庭菜園で育苗されたナスはバラージュ横中規模菜園にて栽培されその後販売されたことが分かっている。



図-4.7.16 ズッキーニ栽培 (2013 年 7 月撮影)



図-4.7.17 トウガラシ栽培 (2013 年 11 月撮影)



図-4.7.18 ナスの育苗 (2014 年 7 月撮影)



図-4.7.19 トウガラシとパパイアの混植 (2015 年 2 月撮影)

以上、パイロット家庭菜園での観察により、①農業技術のサポートと②栽培種と栽培時期を含めたマーケティングサポートが、野菜生産、現金収入額、それに付随する各家庭のインセンティブに影響を及ぼすことが示唆され、4.1. 社会要素技術、成果3に示す通り、Facilitating organizationに農業技術やマーケティングのサポート機能が必要であることが再確認された。

なお、図-4.7.20 は乾季(2013 年 1 月)のあるパイロット家庭の様子である。乾季においても、菜園が維持されているのがわかる。このような状況は周辺の住民にも認知され、アグロサニテーションの効能が広く伝わりつつある。



図-4. 7. 20 乾季におけるパイロットサイトの菜園

(3-6)主要な成果-6: サニテーション施設導入のインパクト調査

Ameli-Eaur システムの導入インパクトを労働時間や行動の面からとらえる目的で、生活時間調査を行った 2013 年 10 月、12 月の予備調査ののち、2014 年 4 月(乾季)、7 月(雨季)、10 月(雨季、予定)、12 月(乾季、予定)の計 4 回実施(予定も含む)。調査では対象は、Ziniare 市、Kologondiesse 村からパイロットファミリー2 世帯と非パイロットファミリー2 世帯、Barkoundou 村からパイロットファミリー2 世帯と非パイロットファミリー2 世帯、の合計 8 世帯とした。各期間、72 時間村に滞在し、そのうちの朝 5:30～夜 9:00 までの時間帯について、30 分毎に対象世帯の各個人がどんな活動を行っていたか観察し記録した(世帯スポットチェック法)。あわせて、30 分インターバルの間も、可能な限り観察を続けて、生活形態に関する質的な情報の収集を行った。

(1)パイロットファミリーにおける Ameli-Eaur システム管理の世帯内役割分担

Peri-urban の 1 軒を除いて、いずれの夫人も(i)トイレおよびシャワー室の掃除は夫人が行う、(ii)尿の取出しやメンテナンスは夫もしくは共同で行う、(iii)Ameli-Eaur 菜園の管理は共同で行う、という役割分担であった。Peri-urban の 1 世帯では、夫人が家にいないことが多く、掃除から管理まですべてのプロセスを夫が行っていた。なお、Ameli-Eaur 菜園において栽培したい作物についても併せて聞き取りを行ったが、5 名中 4 名が自家消費用の食物の優先順位が高いと答え、残りの 1 名だけが、自家消費と換金作物は同じぐらい重要だと答えた。

(2)生活時間調査

図-4.7.21 に結果の一例を示す。これは、Kologondiesse 村の大家族について、雨季と乾季の比較を行ったものである。雨季には子供たちを含め、生活時間の大半が穀物栽培に費やされていることがわかる。これに対し、乾季は穀物栽培(ここでは貯水池近くでのコメ栽培)に費やす時間がぐくわずかとなり、その他の様々な活動が見られた。特に、経済活動(自家製ビール販売、ちょっとした調味料の販売など)が増えている。なお、野菜(換金作物)栽培への水やり等の行動は、30 分間の観察インターバルの間では観察されたが、非常に短いため、スポットチェックのデータ上ではほとんど確認できない程度の時間であった。

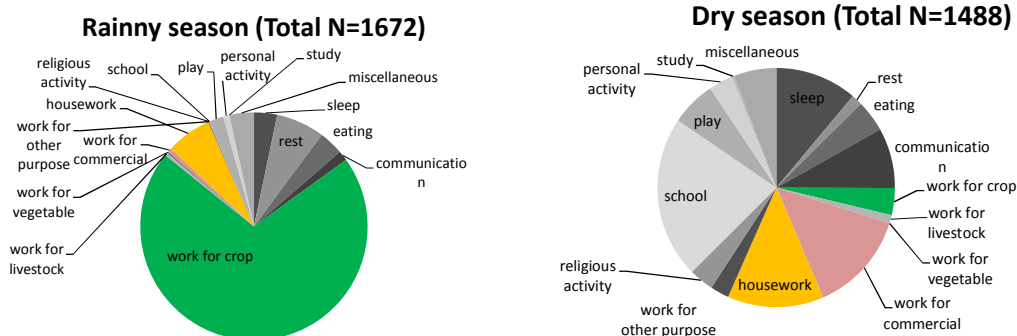


図-4. 7. 21 雨季と乾季の生活時間比較

図-4.7.22, 23 に、同じ家族の雨季と乾季の生活時間を男女別に比較したものを示す。雨季には男女とも、穀物栽培に大半の時間が費やされているのに対し、乾季の穀物栽培はほとんど男性によって行われていることがわかる。また、乾季に見られた経済活動は男女とも同程度見られた。なお、雨季、乾季ともに、家事は女性の方が高い割合を示した。

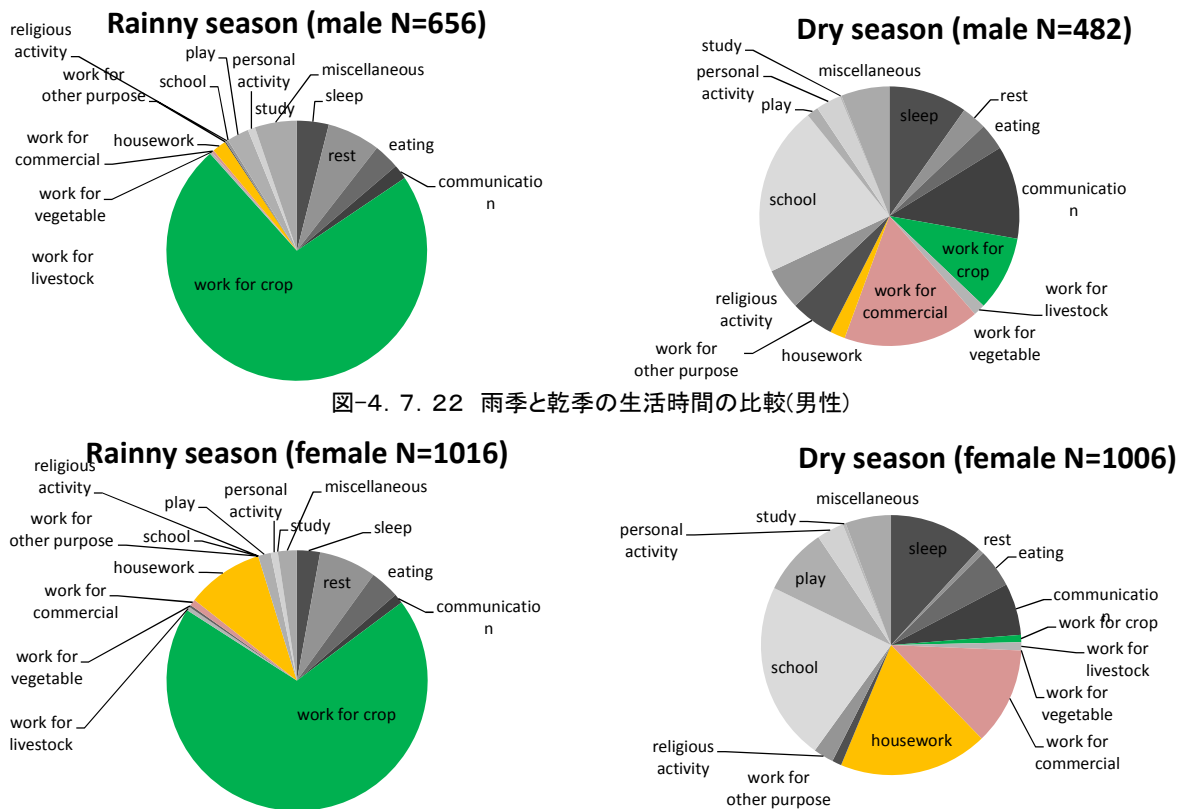


図-4. 7. 23 雨季と乾季の生活時間の比較(女性)

(3-7) 主要な成果-7: セラミックポットを用いた飲料水供給装置の実装

Kamboinsé, Balkoundouba and Kolondiessé の3つの村のパイロット家庭6軒、その他の家庭7軒に図-4. 7. 24のようなセラミックポットを設置した。設置したものはセラミックフィルター一式であり、下記の6つより構成されている。

- 1 unit of ceramic filter
- 1 storage bucket with a lit and a sipgot
- 1 support for fixation of filter
- 1 brush

- 1 cup for drinking
- 1 manuel for safe use and maintenance of filter

また、設置時には図-4. 7. 25に示すように住民に対してワークショップを実施した。



図-4.7.24 設置したセラミックポット



図-4.7.25 セラミックポット利用のためのワークショップの様子

4. 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)成果

(3-1)主要な成果－1 :実証実験プラント設計基礎数値を得た

2iE の学生 128 名にアンケートを行い、雑排水の発生量を調査した。食堂や洗濯室の使用水を含めた平均原単位は 114L/人・日であったが、学生寮のみの排水については 81 L/人・日であった。

(3-2)主要な成果－2 :実証実験プラントの建設

この数値をもとに、実証実験プラントして、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 $3\text{m}^3/\text{日}$ の HRSAP を建設することとした。図-4. 8. 1 に建設した HRSAP 本体の図面を示す。また、パイロットプラントのフローシートを図-4. 8. 2 に示す。緒元は表-4. 8. 1 に示すとおりである。運転条件は表-4. 8. 2のとおりである。写真を図-4. 8. 3に示す。

建設後に現地状況に合わせて2つの改良を行った。1つは攪拌機の上流側にスクリーンを設置したものであり、ゴミとして放置されているプラスチック袋などが池内に風で持ち込まれ、攪拌機に絡みつくのを防ぐためのものである。もう一つの改良は、攪拌機の回転方向をドラフトチューブへ水を押し込む方向ではなく、水を吸い込む方向に反転したことである。入手できる最小の出力の工業用攪拌機を設置したが、まだ出力が強すぎ、押し込み方式では水面の渦から空気を連行し、攪拌力が水に効率的に伝わらないためである。吸い込み方式では空気の連行はなかった。

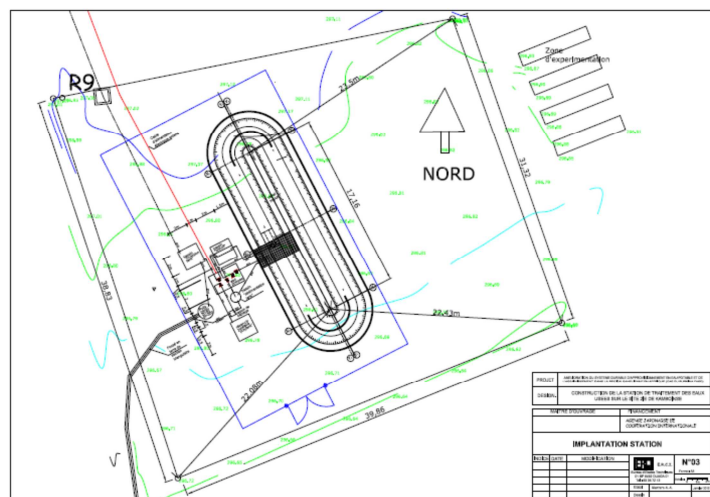


図-4. 8. 1 実証実験施設図

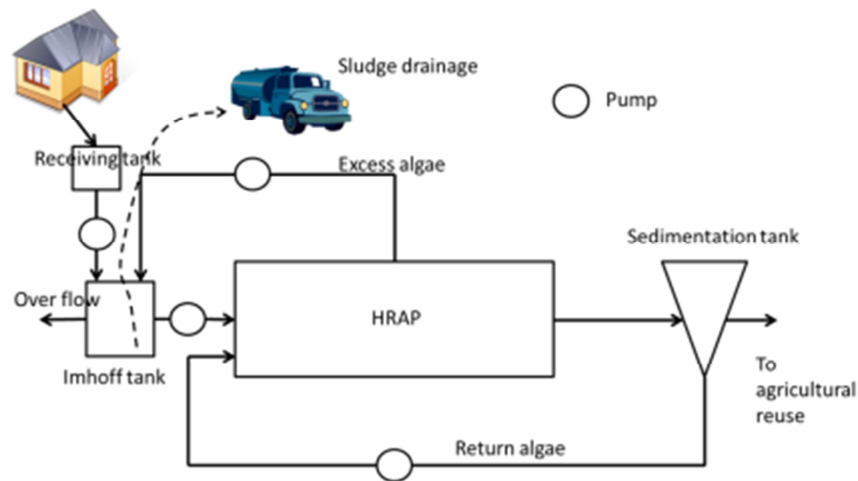


図-4. 8. 2 パイロットプラントフローシート

表-4. 8. 1 パイロットプラントの緒元

Water Depth	Reactor Volume	HRT	SRT
0.3-0.4m	21-30m ³	7.5-15days	10-20days

表-4. 8. 2 HRAPパイロットプラントの運転条件

HRT days	SRT days	Water depth m	Return algae ratio	Rotation speed of mixer rpm
10	20	0.3	0.5	Tested



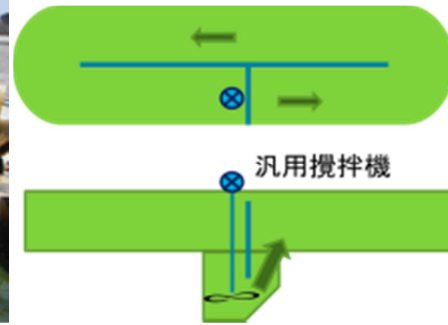
図-4. 8. 3 2iE のカンパセキャンパス内 HRAP パイロットプラント

(3-3) 主要な成果—3:パイロットプラントの水理特性

ブルキナファソにおける国外研究では2iEのカンバセキャンパスに建設したHRAPのパイロットプラントにて雑排水の処理実験および開発途上国に適用可能なHRAP攪拌装置の攪拌性能に関する水理実験を行った。既存のHRAPは図-4.8.4(a)に示すようなパドル型の攪拌機を使用している。この攪拌機は特注品であり、動力伝達系の故障も多い。このため開発途上国でのHRAP適用例はなく、すべてのHRAPは米国、イスラエルなどの先進国で運転されている。ブルキナファソのパイロットプラントでは図-4.8.4(b)に示すように、反応タンク内にコンクリート管を利用したドラフトチューブを設置し、チューブ内で市販のミキサー（水槽を攪拌するための汎用攪拌機）を回転させることによって、HRAPに均一な水流を生じせしめるものである。



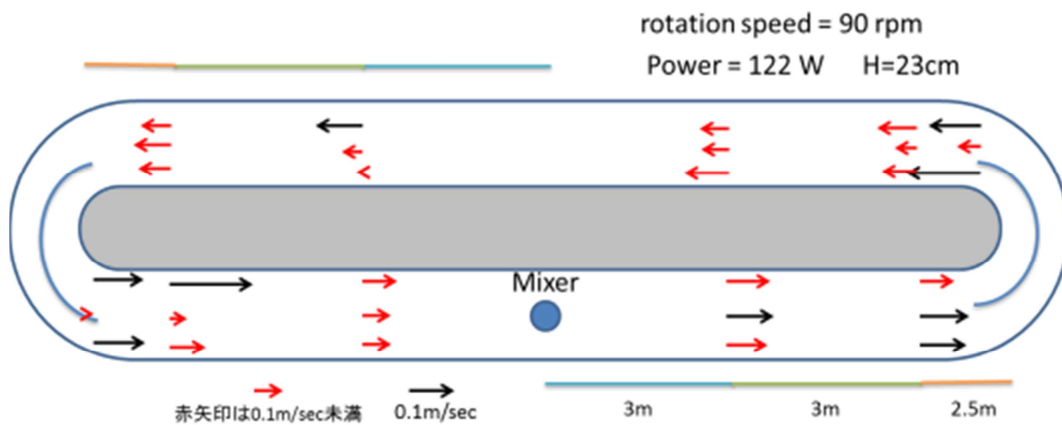
図-4.8.4 (a)HRAP パドル型攪拌機



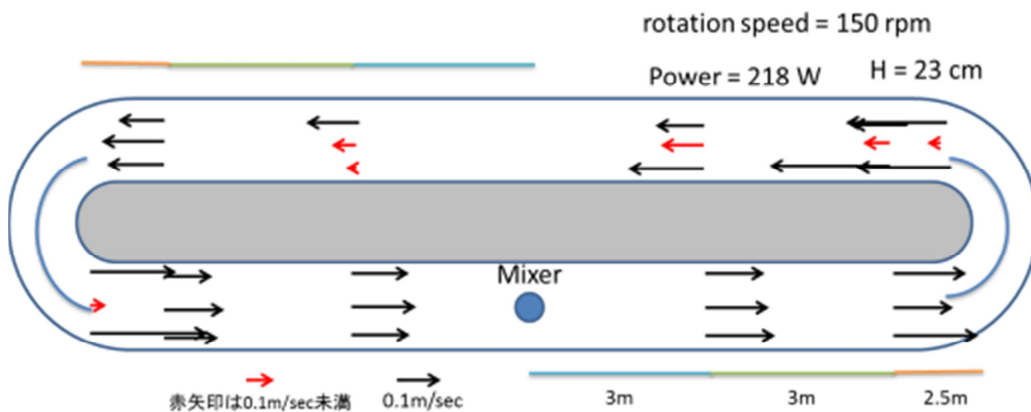
(b)ドラフトチューブを用いた攪拌

HRAPパイロットプラントの槽内流速を、攪拌機回転数と水深を変化させて測定した。水路断面の中央水深で横断方向に3点、流向方向に12か所、計36ポイントで電磁流速計を用いて流速を測定した。結果を図-4.8.5に示す。

(A)回転数90rpm



B)回転数150rpm



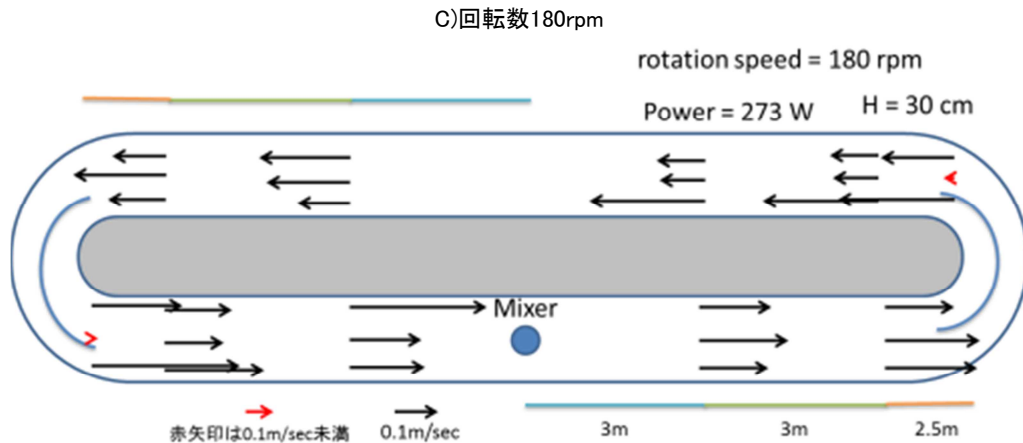


図-4. 8. 5 攪拌機回転数と水深の違いによる槽内流速分布の変化

A)～C)の平均流速はそれぞれ、0.082, 0.144, 0.180m/secでありB)とC)は通常HRAPで必要とされる0.15m/secに達していると判断される。また、活性汚泥が沈降しないための最低流速0.1m/secを下回る箇所はB), C)の条件では少なくなる。

このことから、今回のドラフトチューブを用いた攪拌が十分な性能を発揮していることが確認された。

(3-4) 主要な成果—4:パイロットプラントの処理水質と灌漑利用

HRAP パイロットプラントの流入水、イムホフタンク流出水、HRAP 反応タンク内のpH、電気伝導度、大腸菌、大腸菌群数を表-4. 8. 3に示す。HRAP 内では光合成作用によりpHが9以上となり、顕著な消毒効果がみられる。重炭酸イオンの消費によってECも低下している。Imhoff tank にはHRAPより余剰汚泥が流入しているため、pHの上昇やECの低下がみられる。

これまでのところ、糞便性細菌の指標である大腸菌は検出されていない。これはHRAP処理槽に繁殖する藻による弱アルカリ性水質に因るところが大きいと考えられる。

また処理水を使ったドリッピリグレーション設備での栽培においても著しい目詰まりは確認されていない(図-4. 8. 6)。

表-4. 8. 3 HRAP パイロットプラントの水質

	receiving tank	imhoff tank	HRAP
pH	7.03 (±0.09)	7.74 (±0.26)	9.66 (±0.19)
EC [mS/cm]	5.25 (±0.71)	3.74 (±0.87)	2.61 (±0.14)
E.coli [cfu/ml]	$3.8 \times 10^2 (\pm 1.5 \times 10^2)$	$7.0 \times 10 (\pm 1.2 \times 10^2)$	n.d.
Total coliform [cfu/ml]	$8.9 \times 10^3 (\pm 5.6 \times 10^3)$	$3.6 \times 10^4 (\pm 2.6 \times 10^4)$	$2.2 \times 10^2 (\pm 2.0 \times 10^2)$



図-4. 8. 6 HRAP 処理水のドリッピ灌漑システムへの応用

処理水を用いたオクラ栽培実験を浅井戸水をコントロールとして実施した。比較対象に用意したのは

(1) 処理水利用, (2) 浅井戸水使用の2系列である(図—4. 8. 7参照).

この結果, 収量は(1)処理水利用系で680～760kg/ha, (2)浅井戸水使用系で310～500kg/haとなった.



図—4. 8. 7 HRAP 処理水を用いた栽培実験

4. 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。また、ワークショップ、シンポジウムを開催する。世界水フォーラムのような会議において活動を行い、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。

(3) 成果

(3-1) 主要な成果－1: ワークショップ開催

1st Ameli-Eaur workshop, 2010 年 3 月 9 日: 2010 年 3 月 10 日に 1st Workshop “AMELI-EAUR” project を Ouagadougou, Burkina Faso で開催した。本ワークショップは JST-JICA Research Project “Improving Sustainable Water and Sanitation systems in Sahel Region Africa: Case of Burkina Faso” のキックオフ会議と位置づけられ、杉原在ブルキナファソ大使、ブルキナファソ政府農業省水資源局長、2iE 学長の臨席のもと、53名が参加した。

2nd Ameli-Eaur workshop, 2010 年 9 月 15 日—17 日: オープニングでは、ブルキナファソの水と衛生状況の報告(Dr.Sou と Dr.Wethe)と今回のプロジェクトのキーコンセプトである“集めない”、“混ぜない”に関する農村モデル、都市モデルの報告(Prof.Funamizu, Prof.Takahashi)が行われた。その後、7つのグループに分かれ、2iE における活動計画、必要機材、予算計画について検討を行った。最後に、検討結果を整理し、サブグループとリーダー、プロジェクト体制、2iE からの予算請求の方法について MOU の形で整理し、18 日に両研究リーダー(Joseph と Funamizu)がサインを行った。

3rd Ameli-Eaur workshop, 2011 年 3 月 29 日: 6つのトピックについて、研究成果ならびに次年度の研究計画について、プレゼンテーションを行い、詳細な討議を実施した。トピックは 1)コンポストトイレ、2)農村モデル用雑排水再生処理、3)都市モデル用雑排水再生処理、4)コンポスト、尿、雑排水処理水農業利用、5)分散型用水供給、6)社会システム。

4th Ameli-Eaur workshop, 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。

5th Ameli-Eaur workshop, 2015 年 2 月 19 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、最終報告があり、討論を行った。

(3-2) 主要な成果－2: 国際シンポジウム開催

1st Ameli-Eaur symposium: 2010 年 9 月 21—23 日にパリの Espaces Vocation Haussmann Saint-Lazare で開催。本シンポジウムは 2iE の Dr.Girard の Welcome Address から始まり、ブルキナファソ政府農業省水資源局長 Ms.Sondo, JICA フランス事務所長神谷氏, JST パリ事務所荒川氏の Opening Address の後、2 日間にわたり 8 セッション 23 件の研究発表が行われた。参加者はブルキナファソ、日本の他フィンランド、フランス、インドネシア、中国の研究者合計 36 名からなり、それぞれの研究者の専門は違いながらもサニテーションに関して活発な意見交換が行われた。

2nd Ameli-Eaur symposium: 札幌、バンドンにおいて国際シンポジウム(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。

(3-3) 主要な成果－3: 第 6 回世界水フォーラムで3つの活動を実施

サイドイベントの実施: 本プロジェクト主催で 2012 年 3 月 23 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。

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、Ynoussa 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。

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。

(3-4) 主要な成果－4: TICAD V においてサイドイベントと展示を実施

2013 年 6 月に横浜で開催された TICAD V ではサイドイベント (Integrated Water Resources Management)、展示を実施。ブルキナファソ水省大臣がサイドイベントで発表。75 名の参加を得た。

(3-5) 主要な成果－5: Africa Water において、3つの活動を実施。

2014 年 6 月 12 日～14 日に Ouagadougou で開催された、AfricaWater において、プロジェクトの成果を発表するとともに、Ameli-Eaur セッションを企画、運営した。また、サイドイベント、トイレ等の展示を行った。

(3-6) 主要な成果－6: 国際水協会主催 AGRO2014 にて SATREPS セッションを企画・運営

2014 年 11 月 24～26 日に高知で開催された IWA (国際水協会) 主催の AGRO2014 においてセッションを企画運営した。本学会にて 20 件の集中発表を行った。また、ポスト会議として地球研との共同ワークショップを開催した。

(3-7) 主要な成果－7: ブルキナファソ住民を対象としたワークショップ開催

2011 年 12 月に実証実験を行う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 を合計 3 回開催した。また、2012 年 4 月雑排水処理施設導入時、5 月、10 月コンポストトイレ導入時に training workshop を合計 6 回開催した。開催場所は Ziniare Kolgonguesse 村 (ブル語)、Ziniare Barkoundouba 村 (モシ語)、Ouagadougou Kamboinse 村 (モシ語)。

インフォメーションワークショップ内容は、(1) 概要説明: Mariam Sou (現地語への通訳 Seydou Dicko)、(2) 劇による村の衛生状況とプロジェクト説明: 劇団員 (図-4.29 参照)、イラストによる村の衛生状況説明: アニメーター (図-4.9.1 参照)、ポスターによるプロジェクト説明および日本での取り組み説明: アニメーター、コンポストトイレ実演説明: 伊藤竜生 (通訳 Seydou Dicko) (図-4.9.2 参照)、住民からの質問対応: 伊藤竜生 & Mariam Sou (通訳 Seydou Dicko) である。



図-4. 9. 1 劇やアニメーターによる説明



図-4. 9. 2 トイレの説明

2012 年 4 月 5・6・10 日(雑排水について), 5 月 8～10 日(トイレについて)に設備の使用方法に関するワークショップを開催した. 10 月 24 日には腰掛けるタイプのトイレについてトレーニングワークショップの開催した.

また, 2013 年 12 月 23 日にパイロット家庭向けワークショップを開催した. ワークショップでは, カンボアンセ試験圃場にパイロット家族を招き, HRAP と試験圃場の視察を実施した. コンポスト, 尿の肥料効果を目にしてもらい, 補足的に栽培結果の説明を行った. 女性・男性グループに分かれ, 農村モデルのメリット, デメリット, 感じたこと等, をディスカッションしてもらった.



図-4. 9. 3 ワークショップの様子

2015 年 2 月 17 日, 18 日にコンポストトイレ, 雑排水処理装置, セラミックポットの利用・維持管理に関する住民向け最終ワークショップを開催した. また, この席上でこれらの施設の継続利用の意思を表明してもらった. コンポストトイレ, セラミックポットについてはパイロット家庭6軒全員が継続使用することとなった. 雑排水処理装置については6軒中4軒が継続使用することとなった. 使用を継続しない2軒の理由は次の通りである:

- (1)カンバンセのお宅:自宅に浅井戸があり, 畑を行うために必要な水の確保が容易である
- (2)プルのお宅:バラージュが近く (徒歩 10 分) にあるため, 水が不要



図—4. 9. 4 2015 年 2 月開催のワークショップの様子

(3-8)主要な成果－8:地方の職人向けワークショップ開催

トイレ、雑排水処理装置等の設置や維持管理のためには、地域(地方)における職人さんの対応も必要となる。そこで、トイレに関する業者は現地に存在していないため、鍛冶屋やその他関連しう、かつ、興味を持っていただいた職人さんに対して設置・維持管理に関するワークショップを 2015 年 2 月 16 日、21 日の 2 回実施した。

その時の様子を図—4. 9. 5に示す



図—4. 9. 5 2015 年 2 月開催のローカル職人向けワークショップの様子

(3-9)主要な成果－9:ブルキナ政府ならびに関係コンサルタント技術者政策決定等に関わる関係者への情報提供

ブルキナファソ政府農業水利省の水・衛生担当局長と相談し、農業水利省内の技術者ならびに関連コンサルタント技術者へ、本プロジェクトで開発した農村モデル・都市モデルの技術を継承するためのワークショップを 2015 年 2 月 20 日に開催した。

ワークショップの様子と図—4. 9. 6に示す。



図—4. 9. 6 2015 年 2 月開催政府技術者むけワークショップの様子

(3-10)主要な成果—10:政策決定等に関わる関係者への情報提供

次のような機会を得、アグロサニテーションの考え方、プロジェクトの意義等を説明した。

- Mr. Ousseynou Guene (Principal Sanitation Specialist at African Water Facility/AfDB):カンバンセパイロットサイト(農村モデル)視察, 2012 年 7 月 24 日
- PROJEA:ジニアレパイロットサイトを視察, プロジェクトの概要について説明, 2012 年 9 月 28 日
- 久保 歩(海外農業開発コンサルタンツ協会):実験室訪問. ブルキナファソにおける総合的な水管理, および地下水管理について意見交換, 2012 年 12 月 13 日
- 田中理事長(JICA):Kologondiesse パイロットサイト訪問, 2013 年 3 月 11 日



図-4. 9. 7 田中 JICA 理事長

- 阿部外務政務官:Ameli-Eaur プロジェクトの紹介, 2013 年 8 月 9 日
- 参議院ODA特別視察団(藤井基之 参議院議員(自民), 中西雄介 参議院議員(自民), 大野元裕 参議院議員(民主)):2IE カンボアンセ都市モデル雑排水処理プラント&試験圃場, カンボアンセ農村モデルパイロット家庭への視察. 2013 年 9 月 12 日



図-4. 9. 8 参議院ODA特別視察団

- 在ブルキナファソ特任全権二石大使:2iE 新校舎, 実験室の視察. 2014 年 5 月 19 日
- 石原外務政務官:2iE 新校舎, 実験室への視察. 2014 年 7 月 1 日



図-4. 9. 9 二石大使への Ameli-Eaur プロジェクトの成果報告, 実験室・研究設備のご説明



図-4. 9. 10 石原政務官の 2iE 実験室訪問

(3-11)主要な成果－11:教育への貢献:2iE 若手研究者の育成－1 博士課程学生

(a)国費留学生としての受け入れ

- 文部科学省の国費留学生推薦枠の設定を受け, 2iE 若手研究者の北海道大学大学院工学研究科博士課程への留学候補者の選定を 2iE と共同して実施した.
- 2 名が学位取得. 3 名が博士課程に在籍中. (2013 年に 1 名入学. 2014 年度に 2 名入学. 2 名が北海道大学大学院工学研究科, 1 名が北海道大学大学院国際広報メディア学院の博士課程)

(b)2iE 学生への教育貢献:

- 2iE において, 2 名の博士課程学生の指導を日本側研究者が実施. 2015 年 7 月に修了予

定。

- 2013 年 4 月, 7 月, 10 月および 12 月に実施した生活時間調査において, 2iE またはワガドゥグ大学よりインターン生のべ 15 名を, 調査補助員として募集し, 調査方法およびデータ整理方法のトレーニングを行った。

(3-12)主要な成果—12: 2iE 若手研究者の育成—2: 若手研究者の日本での研修・昇進

2010 年度: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。

2011 年度:2iE の研究員を2名日本国に招き, 病原微生物の損傷程度を加味した不活化速度測定法, 界面活性物質の測定法ならびに雑排水処理水の植物影響バイオアッセイ法(発芽試験, 成長阻害試験)に関する技術移転を行った。

2012 年度:2iE の博士課程学生1名が滞在し, 病原細菌の不活化, 尿・コンポストの農業利用について技術移転。また, 2 名のサブグループリーダーが北大を訪問し, 尿の農業利用, セラミック膜ろ過について技術移転。

2013 年度:サブグループリーダー4 名が北大に滞在し, DALY を用いた健康リスク評価手法を共有。また, 2iE の博士課程学生1名が北海道大学に滞在。豚回虫卵を用いた病原微生物の不活化に関する実験手法, データ解析法の技術移転を実施。また, サブグループリーダー札幌会合を開催。DALY を用いた健康リスク評価法を共有。

2014 年度:2iE の学生, 研究員の 2 名が北大に滞在し, 病原微生物の不活化, リスク解析について技術移転を受けた。また, 学位論文のとりまとめの指導を受けた。

プロジェクト実施期間中にプロジェクトに参画していた1名が 2iE の Lecturer に昇進した。また, ポスドク1名がワガドゥグ大学の Lecturer に採用された。

(3-13)主要な成果—14: 日本側若手研究者の育成

プロジェクトに参加している日本側若手研究員が, (1)地方自治体研究所研究員, (2)北大助教, (3)JICA 長期専門家に, それぞれ 2015 年 4 月より採用されることが決まっている。

(3-14)主要な成果—13: 2iE 研究者との共同発表

(1)共著論文(16編)

日本側と 2iE 側研究者の共著で出版済・出版決定済のもの 14 編, 投稿中 2 編を整理して以下に示す。

- (1) Darimani H.S., Ito R., Sou M., Funamizu N., and Maiga A.H. (2015) Effect of Post-treatment Conditions on the Inactivation of Helminth eggs (*Ascaris suum*) after the Composting Process (Submitted; Environmental Technology).
- (2) Hamidatu S. Darimani*, Ryusei Ito**, Mariam Sou/Dakoure*, Naoyuki Funamizu**, Hamma Yacouba* and Amadou H. Maiga*: MICROBIAL RISK ASSESSMENT ASSOCIATED WITH POST-TREATMENT OF COMPOST FROM THE COMPOSTING TOILET, Journal of Redidual Science and Technology (submitted)
- (3) Darimani H, Ito R, Sossou SK, Funamizu N, Maiga AH: Effect of Post-treatment Conditions on the Inactivation rate of Pathogenic Bacteria after the Composting Process, Composting Science and Utilization (in press)
- (4) Darimani H. S., Sou/Dakoure M., Hijikata N., Sangare, Sawadogo F., Ito R. and Maiga A H. (2014) Inactivation of *Enterococcus* in Compost-Amended Soils. Journal of Japan Society of Civil Engineers, Vol. 70, No. 7 pp 323-330.
- (5) D. Sangare, M. Sou/Dakourea, N. Hijikata, R. Lahmar, H. Yacouba, L. Coulibaly & N.Funamizu (2014) Toilet compost and human urine used in agriculture:fertilizer value assessment and effect on cultivated soil properties, Environmental Technology, doi=10.1080/09593330.2014.984774
- (6) Ushijima K., Funamizu N., Nabeshima T., Hijikata N., Ito R., Sou M., Maiga A.H., and Sintawardani N. The postmodern sanitation – Agro-sanitation business model as a new

- policy-. Water Policy (in press)
- (7) H. Derabe Maobe, M. Onodera, M. Takahashi, H. Satoh and T. Fukazawa. Control of algal production in high rate algal pond: investigation through batch and continuous experiments. Water Science & Technology. Vol 69 No 12 pp 2519–2525, doi:10.2166/wst.2014.174 (2014)
 - (8) Sossou S.K., Sou M., Hijikata N., Maiga A.H., Funamizu N. Removal and deactivation of intestinal parasites in aerobic mesophilic composting reactor for urine diverting composting toilet. Composting Science & Utilization (in press)
 - (9) Sawadogo B., Sou M. Hijikata N., Sangare D., Maiga A.H. and Funamizu N.: Effect of detergents from grey water on irrigated plants: case of okra and lettuce, Journal of Arid Land Studies, (in press)
 - (10) Hijikata N., Fujii T., Sangare D., Sou M., Ushijima K., Funamizu N.: Salts monitoring and management for human urine fertilization and treated greywater irrigation in sub-Sahel region, Journal of Arid Land Studies, (in press)
 - (11) Y. Maiga, D. Moyengaa, B.C. Nikiemaa, K. Ushijima, A.H. Maiga & N. Funamizu: Designing slanted soil system for greywater treatment for irrigation purposes in rural area of arid regions, Environmental Technologydoi=10.1080/09593330.2014.929180
 - (12) MAIGA Y., Moyenga D., Ushijima K., Sou M., Maiga A.M.: Greywater Characteristics in rural areas of the Sahelian region for reuse purposes: the case of Burkina Faso, Journal of Water Science, 27(1) pp39-54, 2014
 - (13) S.K. Sossou, N. Hijikata, M. Sou, R. Tezuka, A.H. Maiga and N. Funamizu: Inactivation mechanisms of pathogenic bacteria in several matrixes during the composting process in a composting toilet, Environmental Technology , 35(6), 674-680 (2014)
DOI:10.1080/09593330.2013.841268
 - (14) Moustapha Sene, Nowaki Hijikata, Ken Ushijima, Naoyuki Funamizu: Effects of extra human urine volume application in plant and soil, International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science, Vol. 3(6) pp. 182- 191, June, 2013
 - (15) Moustapha Sene, Nowaki Hijikata, Ken Ushijima, Naoyuki Funamizu: Effects of continuous application of extra human urine volume on plant and soil, International Journal of Agricultural Science and Research, Vol. 3, Issue 3, Aug 2013, 75-90
 - (16) 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

(2)共同発表

学会で42件の共同発表を行った。

- (1) Darimani H. S., Ito R., Sou/Dakoure M., Funamizu N., Yacouba H. and Maiga A.H. (2014) Microbial Risk Assessment Associated with Post-treatment of compost from the composting toilet. In proceedings of 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, Kochi, Japan.
- (2) H.S. Darimani, R. Ito, M. Sou/Dakoure, N. Funamizu, H. Yacouba, A.H. Maiga: Microbial risk assessment associated with post-treatment of compost from the composting toilet, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, November 24th-26th , Kochi, Japan
- (3) S.K. Sossou, M. Sou/Dakoure, N. Hijikata, B. Kamdem Djmou, A.H. Maiga, N. Funamizu: Maturity and hygienic quality of composts produced with various bulking agents in composting toilet for agriculture reuse, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, November 24th-26th , Kochi, Japan
- (4) M. Bologo/Traore, M. Sou/Dakoure, A. H. Maiga, T. Nabeshima, F. Hakoyama, S. Dicko: Mobilizing communities for use of by-products of sanitation: Case study of the Ameli EAUR project, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, November 24th-26th , Kochi, Japan
- (5) B. Sawadogo, D. Sangare, M. Sou, N. Hijikata, Y.A. Kabore, A.H. Maiga, N. Funamizu: Reuse of treated greywater for lettuce irrigation: effects on plant growth, yield and soil properties, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in

- Agro-Industries, November 24th-26th , Kochi, Japan
- (6) M. Takahashi, H. Derabe Maobe, M. Onodera, H. Satoh: Design and operation of high rate algal pond treating greywater and producing reclaimed water and fertilizer, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, November 24th-26th , Kochi, Japan
 - (7) S. Kabore, R. Ito, N. Funamizu: Effect of formaldehyde/urea ratio on production rate of methylene urea, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, November 24th-26th , Kochi, Japan
 - (8) D. Sangare, B. Sawadogo, M. Sou/Dakoure, N. Hijikata, D.M. Ouedraogo, H. Yaccouba, M. Takahashi, N. Funamizu: Effects of greywater irrigation treated by high rate algal ponds on soil chemical properties and vegetable production in dry season of Soudano-Sahelian climate conditions, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, November 24th-26th , Kochi, Japan
 - (9) Darimani H.S., Sou/Dakoure M., Hijikata N., Sangare D., Sawadogo F., Ito R. and. Maiga A. H. (2014) Inactivation of Enterococcus in Compost - Amended Soils. Journal of Japan Society of Civil Engineers.
 - (10) Darimani H.S., Ito R., Sossou S.K and Maiga A.H. (2013) Effect of Post-treatment Conditions on the Inactivation of Escherichia coli after the composting process. In proceedings of 36th WEDC International Conference on Delivering, Water, Sanitation and Hygiene Services in an Uncertain Environment, Loughborough University, UK / Egerton University, Kenya.
 - (11) Hashimoto T, Takizawa S, Yacoube Konate (2014) Onsite demonstration of membrane filtration system which use solar disinfection and water level difference for trans-membrane pressur, 51st Environmental Engineering Forum, December 20-22, 2014, Yamanashi, Japan (in Japanese)
 - (12) SANGARE D., B. SAWADOGO, M. SOU/DAKOURE, N. HIJIKATA, D. M. OUEDRAOGO, H. YACOUBA (2014) Soil chemical properties, production in okra cultivation irrigated with greywater treated in High Rate Algal Ponds, case of Burkina Faso, Africa Water 2014, Ouagadougou, Burkina Faso, June 12 - 14, 2014, Africa Getting Ready for the 7th World Water Forum.
 - (13) DARIMANI H. S, ITO R, SOU/DAKOURE M, FUNAMIZU N, YACOUBA H. and MAIGA H. A.: Microbial Health Risk Associated With Post-treatment of Withdrawn Compost from the Composting Toilet, Africa Water 2014: Africa Getting Ready for the 7th World Water Forum, June 12-14, 2014, Ouagadougou, Burkina Faso.
 - (14) Hijikata N., Fujii T., Sangare D., Sou M., Ushijima K., Funamizu N., Salt monitoring and management for urine fertilization. Desert technology conference 11th, 19-22th Nov., San Antonio Texas USA.2013
 - (15) H. Derabe Maobe, M. Onodera, M. Takahashi, H. Satoh, T. Fukazawa, T Greywater treatment and resources recovery using high rate algal pond in the Sahel, The IWA Development Congress and Exhibition Nairobi., Nairobi, 14 -17 October 2013
 - (16) DARIMANI H. S, ITO R, SOSSOU S. K, AND MAIGA A. H.: Effect of Post-treatment Conditions on the Inactivation of Escherichia coli after the composting process, In proceedings of 36th WEDC International Conference, 1-5 July 2013, Nakuru, Kenya.
 - (17) H. Derabe Maobe, M. Onodera, M. Takahashi, H. Satoh and T. Fukazawa. Removal of algae and nutrients from greywater using high rate algal pond system. The 7th 2iE's Science week (Ouagadougou, 2013)
 - (18) K. Ushijima, E. Tanaka, N. Hijikata, R.Ito, N. Funamizu, Y. Maïga, D. Moyenga and A. H. Maïga: Design of Grey Water Treatment System for Agricultural Reuse, In proceedings of 7ème édition Journées scientifiques de 2iE, 1st – 5th April 2013, Ouagadougou, Burkina Faso.
 - (19) SAWADOGO B., SOU M., HIJIKATA N., SEDEGO B., SANGARE D., MAÏGA A. H., and FUNAMIZU N. (2013). Effet des détergents provenant des eaux grises sur les plantes irriguées : cas du gombo (*Abelmoschus esculentus*) et de la laitue (*Lactuca sativa*). 7ème édition des Journées Scientifiques 2iE, 1er au 5 avril 2013, Ouagadougou, Burkina Faso.
 - (20) SOSSOU S., QUENUM A., SOU M., MAÏGA A. H., and FUNAMIZU N. (2013): Pathogenic bacteria and parasites removal in composting toilet by using shea nuts husk as matrix. 7ème édition des Journées Scientifiques 2iE, 1er au 5 avril 2013, Ouagadougou, Burkina Faso.

- (21) SANGARE D., SOU/DAKOURE M., HIJIKATA N. SAWADOGO B., YACOUBA H., FUNAMIZU N.(2013) Use of by-products of ecological sanitation in agriculture: optimal use, health impact and effect on the quality of agricultural soils. 7th Edition of 2iE's Science Week, Science and Eco-Innovation for Sustainable Development of Natural Resources, April 1-5, 2013, Ouagadougou, Burkina Faso
- (22) SANGARE D., HIJIKATA N., SOU/DAKOURE M., SAWADOGO B., YACOUBA H., FUNAMIZU N. (2013) Effect of different compost (Sawdust, Rice husk and Charcoal) made by-composting toilet *Komatsuna* (*Brassica rapa* var. *peruvialis*) growth in pot cultivation. Poster Session, 7th Edition of 2iE's Science Week Science and Eco-Innovation for Sustainable Development of Natural Resources April 1-5, 2013, Ouagadougou, Burkina Faso.
- (23) DARIMANI H. S, ITO R, AND MAIGA A. H.: Effect of Post-treatment Conditions on the Inactivation of *Escherichia coli* after the composting process, 7th Edition of 2iE's Science Week and Eco-Innovation for Sustainable Development of Natural Resources April 1-5, 2013, Ouagadougou, Burkina Faso.
- (24) DARIMANI H. S, ITO R, AND MAIGA A. H.: Inactivation of pathogens after composting process and their impact in the soil system after amendment by compost, Doctorial session: 7th Edition of 2iE's Science Week and Eco-Innovation for Sustainable Development of Natural Resources April, 1-5, 2013, Ouagadougou, Burkina Faso.
- (25) H. Derabe Maobe, M. Onodera, M. Takahashi, H. Satoh, T. Fukazawa, The effects of recycling algae and controlling solid retention time in High rate algal pond, 4th IWA Young water professional conf., Dec. 8th 2012, Tokyo
- (26) N. Hijikata, K. Ushijima, R. Ito, B. Sawadogo, N. Funamizu: Design of vegetable garden for income estimation toward to sanitation business model, a case study in Burkina Faso, Dry Toilet Conference 2012, Aug 23-25th , 2012, Tampere Finland
- (27) Mariam Sou, Ai Hosokawa, Naoyuki Funamizu, Ryusei Ito, Ken Ushijima, Nowaki Hijikata, Amadou Hama Maiga: Improving Sustainable Water and Sanitation systems in Sahel Region in Africa: Case of Burkina Faso, Dry Toilet Conference 2012, Aug 23-25th , 2012, Tampere Finland
- (28) M. Sene, N. Hijikata, K. Ushijima, N. Funamizu: Effect of Human Urine application volume in *Komatsuna* growth, Dry Toilet Conference 2012, Aug 23-25th , 2012, Tampere Finland
- (29) R. Tezuka, N. Hijikata, S. Kazama, S.K. Sossou, N. Funamizu: Inactivation mechanism of pathogenic bacteria using lime and ash in composting toilet, Dry Toilet Conference 2012, Aug 23-25th , 2012, Tampere Finland
- (30) S.K. Sossou, R. Tezuka, N. Hijikata, M. Sou, N. Funamizu: Inactivation mechanisms of pathogenic bacteria in several matrixes during composting process in composting toilet, Dry Toilet Conference 2012, Aug 23-25th , 2012, Tampere Finland
- (31) Funamizu N, Sou M, Itoh R, Ushijima K, Hijikata N: New Policy for Water and Sanitation System – Resources Oriented Sanitation System -, 6ème Forum mondial de l'eau, December 20-22, 2011, Ouagadougou, Burkina Faso.
- (32) SOSSOU K.S., ITO R., JIBIA A., YIOUGO L., SOU M., and MAÏGA A. H., (2011): inactivation of pathogens in human feces during composting process using sawdust. 8th International symposium on sustainable sanitation Part II. November 1st 2011 Bandung, Indonesia.
- (33) Sene, M., Hijikata, N., Ushijima, K., Funamizu, N.: Using Human urine as fertilizer for spinach cultivation: finding a better way for its application in soil Proceeding of 2nd Ameli-Eaur International Workshop on Sustainable Water and Sanitation System & 8th International Symposium on Sustainable Water and Sanitation System Part I, October 28, 2011, Sapporo, Japan.
- (34) MAÏGA Y., MOYENGA D., USHIJIMA K., SOU M., LECOMTE D., MAÏGA A. H., (2011): Greywater characteristics in rural areas arid regions: the case of Kologoudiessé (Burkina Faso). 2nd Ameli-EAUR international symposium on sustainable water and Sanitation System and 8th International Symposium on sustainable Water and Sanitation System. October 28th 2011 – Sapporo, Japan.
- (35) SOSSOU S.K., ITO R., JIBIA A., SOU M., MAÏGA A. H., (2011): survival of indicator bacteria and helminthes eggs in composting toilet using sawdust as matrix. 2nd Ameli-EAUR

- international symposium on sustainable water and Sanitation System and 8th International Symposium on sustainable Water and Sanitation System. October 28th 2011 – Sapporo, Japan.
- (36) Derabe Maobe, M. Sato, K. Shimoda, Y. Hashimoto, M. Takahashi, H. Satoh and T. Fukazawa, TREATING GRAYWATER, ENHANCEMENT OF SOLID-LIQUID SEPARATION AND NUTRIENT REMOVAL INTO HIGH RATE SETTLEABLE ALGAE POND (HRSAP), 2nd Ameli-Eaur International Workshop on Sustainable Water and Sanitation System & 8th International Symposium on Sustainable Water and Sanitation System Part I, 28th October, Sapporo, Japan, 2011
 - (37) H. Derabe Maobe, M. Sato, M. Takahashi, H. Satoh and T. Fukazawa. Algae and nutrients removal into high rate settleable algae pond. The 2nd AMELI-EAUR International Workshop on Sustainable Water and Sanitation System – The 8th International Symposium on Sustainable Sanitation (Sapporo, 2011)
 - (38) Hijikata, N., Nakaoka, E., Sawadogo, B., Ushijima, K., Funamizu, N.: Phytotoxicity assay of several gray waters for reuse as agricultural irrigation IWA International Conference Cities of the Future Xi'an, Xi'an China, September 15-18, 2011, Xi'an, China.
 - (39) H. Derabe Maobe, M. Sato, K. Shimoda, Y. Hashimoto, M. Takahashi, H. Satoh and T. Fukazawa. Enhancement of solid-liquid separation and nutrient removal into high rate settleable algae pond (HRSAP). EWA/WEF/JSWA Special Conference on cutting-edge technologies and best practices on sewerage (Tokyo, 2011)
 - (40) Ryusei ITO, Ynoussa MAIGA, Ken USHIJIMA, Franck LAKANNE, Masahiro TAKAHASHI, Mariam SOU, Nowaki HIJIKATA, Yacouba KONATE, Satoshi TAKIZAWA, Aude NANQUETTE, Takako NABESHIMA, Didier LECOMTE, Joseph Wethe, Naoyuki FUNAMIZU, Improving Sustainable Water and Sanitation Systems in Sahel Region in Africa: Case of Burkina Faso, 2iE's Scientific Week - 6th Edition, April 4-8, Ouagadougou, Burkina Faso, 2011
 - (41) Darimani H. S., Ito R., Sou/Dakoure M., Funamizu N., Yacouba H. and Maiga A.H. (2014) Microbial Risk Assessment Associated with Post-treatment of compost from the composting toilet. Africa Water, Ouagadougou.
 - (42) Darimani H.S., Ito R., Sossou S.K and Maiga A.H. (2013) Effect of the post-treatment conditions after the composting process on inactivation of *E.coli* ATCC 11775. 2iE Journée scientifique, Ouagadougou.

(3-14) 主要な成果－14：講義共有の実施

北海道大学が実施しているサステイナビリティ学に関する教育プログラム形成事業と連動し、遠隔講義システムを利用した講義を実施し、2iE 側から Dr.Maiga、北大側から船水教授が参画。

4. 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

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てマニュアルを作成する。

(3)成果

(3-1)主要な成果—1 農村モデルに関するマニュアル

農村モデルに関するマニュアルとして

10. コンポストトイレ (Manual for composting toilet 補足資料—3)
 11. 雑排水処理ユニット 技術者向け (Grey Water Treatment Facility 補足資料—4)
 12. 尿・コンポスト・雑排水処理水農業利用 (Guide for agricultural reuse of compost, urine and greywater originated from resource oriented sanitation 補足資料—5)
 13. 住民への Workshop 開催 (Training workshops of the pilots families: utilization of composting toilet and gray water treatment system 補足資料—6)
 14. 太陽熱・セラミック膜ろ過装置 (補足資料—7)
 15. 雑排水処理ユニット 使用者向け (補足資料—8)
 16. 尿利用マニュアル (使用者向け) (補足資料-10)
 17. コンポストトイレ利用マニュアル (使用者向け) (補足資料-11)
 18. セラミックポット利用マニュアル (使用者向け) (補足資料-12)
- を作成した。

(3-2)主要な成果—2 都市モデルに関するマニュアル

都市モデルに用いる高速藻類池のマニュアル

10. 開発途上国に適した高速藻類池 設計マニュアル (補足資料—9)
- ならびに前出の農業利用マニュアルを作成した。

§ 5 成果発表等

(1) 原著論文発表 (国内(和文)誌 3 件, 国際(欧文)誌 35 件)

* 印を付した論文はブルキナファソ関係者との共著論文。

- (1) *H. S. Darimani, R. Ito, Y. Maiga, M. Sou, N. Funamizu and H. Amadou, Effect of Post-treatment Conditions on the Inactivation of Helminth eggs (*Ascaris lumbricoides*) after the composting process, Environmental technology(submitted)
- (2) *Darimani H.S., Ito R., Sou M., Funamizu N., Yacouba H., and Maiga A.H. (2015) Microbial risk assessment associated with post-treatment of compost from the composting toilet, Journal of Residual Science and Technology (Submitted)
- (3) *Darimani H.S., Ito R., Sossou S.K., Funamizu N., and Maiga A.H.: Effect of Post-treatment Conditions on the Inactivation rate of pathogenic bacteria after the composting process, Compost Science& Utilization (Accepted)
- (4) Nowaki Hijikata, Natsuru Yamauchi, Masaki Ishiguro, Ken Ushijima and Naoyuki Funamizu (2015) Suitability of biochar as a matrix for improving the performance of composting toilets, Waste Management & Research, DOI: 10.1177/0734242X15572179
- (5) *D. Sangare, M. Sou/Dakourea, N. Hijikata, R. Lahmar, H. Yacouba, L. Coulibaly & N.Funamizu (2014) Toilet compost and human urine used in agriculture:fertilizer value assessment and effect on cultivated soil properties, Environmental Technology, doi=10.1080/09593330.2014.984774
- (6) *Ushijima K., Funamizu N., Nabeshima T., Hijikata N., Ito R., Sou M., Maiga AH., and Sintawardani N. The postmodern sanitation – Agro-sanitation business model as a new policy-. Water Policy. doi:10.2166/wp.2014.093
- (7) *Darimani H. S., Sou/Dakourea M., Hijikata N., Sangare , Sawadogo F., Ito R. and Maiga A H. Inactivation of Enterococcus in Compost-Amended Soils. Journal of Japan Society of Civil Engineers, Vol. 70, No. 7 pp 323-330(2014)
- (8) *H. Derabe Maobe, M. Onodera, M. Takahashi, H. Satoh and T. Fukazawa. Control of algal production in high rate algal pond: investigation through batch and continuous experiments. Water Science & Technology. Vol 69 No 12 pp 2519–2525, doi:10.2166/wst.2014.174 (2014)
- (9) *Sossou S.K., Sou M., Hijikata N., Maiga A.H., Funamizu N. Removal and deactivation of intestinal parasites in aerobic mesophilic composting reactor for urine diverting composting toilet. Composting Science & Utilization, Volume 22, Issue 4, DOI:10.1080/1065657X.2014.938873 (2014)
- (10) *Sawadogo B., Sou M. Hijikata N., Sangare D., Maiga A.H. and Funamizu N.: Effect of detergents from grey water on irrigated plants: case of okra and lettuce, Journal of Arid Land Studies, 24(1)pp117-120 (2014)
- (11) *Hijikata N., Fujii T., Sangare D., Sou M., Ushijima K., Funamizu N.: Salts monitoring and management for human urine fertilization and treated greywater irrigation in sub-Sahel region, Journal of Arid Land Studies, 24(1)pp85-88 (2014)
- (12) *Ynoussa Maiga, D. Moyengaa, B.C. Nikiemaa, K. Ushijimab, A.H. Maigaa & N. Funamizu: Designing slanted soil system for greywater treatment for irrigation purposes in rural area of arid regions, Environmental Technologydoi=10.1080/09593330.2014.929180
- (13) Sebastian Ignacio Charchalac Ochoa, Ken Ushijima, Nowaki Hijikata and Naoyuki Funamizu (2014) Treatment of domestic greywater by geotextile filter and intermittent sand filtration bioreactor. Journal of Water Reuse and Desalination. doi: 10.2166/wrd.2014.042
- (14) *MAIGA Y., Moyenga D., Ushijima K., Sou M., Maiga A.M.: Greywater Characteristics in rural areas of the Sahelian region for reuse purposes: the case of Burkina Faso, Journal of Water Science, 27(1) pp39-54, 2014
- (15) *S.K. Sossou, N. Hijikata, M. Sou, R. Tezuka, A.H. Maiga and N. Funamizu: Inactivation mechanisms of pathogenic bacteria in several matrixes during the composting process in a composting toilet, Environmental Technology , 35(6), 674-680 (2014)
DOI:10.1080/09593330.2013.841268
- (16) 牛島健, 田中絵梨奈, 土方野分, 伊藤竜生, 船水尚行, (2013)アフリカサヘル地域での使用を想

- 定した傾斜土槽システムによる生活雑排水の処理, 土木学会論文集G(環境), Vol.69, No.7, pp.III83-III89.
- (17) 牛島 健, 佐藤 伶, Loïc LERAY, 土方 野分, 伊藤 竜生, 船水 尚行: 西アフリカ農村世帯のマテリアルフロー分析に基づく尿尿資源循環利用方策の検討, 流域圏学会誌, Vol. 2(1), pp. 33-41, 2013.
- (18) *Moustapha Sene, Nowaki Hijikata, Ken Ushijima, Naoyuki Funamizu: Effects of extra human urine volume application in plant and soil, International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science, Vol. 3(6) pp. 182- 191, June, 2013
- (19) *Moustapha Sene, Nowaki Hijikata, Ken Ushijima, Naoyuki Funamizu: Effects of continuous application of extra human urine volume on plant and soil, International Journal of Agricultural Science and Research, Vol. 3, Issue 3, Aug 2013, 75-90
- (20) Ushijima K, Ito K, Ito R, Funamizu N: Greywater Treatment By Slanted Soil System, Ecological Engineering, 50:62-68, 2013
- (21) Ushijima K, Irie M, Sintawardani N, Triastuti J, Ishikawa T, Funamizu N.: Sustainable design of sanitation system based on material and value flow analysis for urban slum in Indonesia, Frontiers of Environmental Science and Engineering, 7(1):120-126. 2013
- (22) Ryusei Ito, Eri Takahashi & Naoyuki Funamizu :Production of slow-released nitrogen fertilizer from urine, Environmental Technology, **34(20), 2813-2820** DOI:10.1080/09593330.2013.790069
- (23) 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, 22(1):99-102. 2012
- (24) 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
- (25) Mokhtar Guizani, Yosuke Nogoshi, Fahmi Ben Fredj, Junkyu Han, 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
- (26) *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
- (27) 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
- (28) 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
- (29) 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
- (30) Guizani M., Dhahbi M. and N.Funamizu: Characterization of endotoxin indicative organic matter (2-keto-3-deoxyoctulosonic acid) in raw and biologically treated domestic wastewater, Water Research Vol.45 No.1, pp.155-162, 2011
- (31) 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
- (32) 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)
- (33) Huelgas, A., Nagata, H., Funamizu N.: Flat-plate submerged membrane bioreactor for the treatment of higher-load graywater, Desalination 250, 162-166(2010)
- (34) 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
- (35) 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

- (36)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)
- (37)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)
- (38)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)研修コースや開発されたマニュアル等

①2iE 若手研究者研修

- Mr.SAWADOGO Boukary
 - 滞在期間: 2011 年 1 月 4 日～2 月 27 日
 - 研修場所:北海道大学
 - 研修内容:糞便コンポスト, 尿ならびに雑排水の農業利用に関連する水質分析(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).
- Dr. SOU Mariam
 - 滞在期間: 2011 年2月 14 日～3月20日
 - 研修場所:北海道大学
 - 研修内容:糞便コンポスト, 尿ならびに雑排水の農業利用に関連する病原菌検出法(PCR 法).
- Mr. David MOYENGA
 - 滞在期間:2011 年 10 月 16 日～11 月 30 日
 - 研修場所:北海道大学
 - 研修内容:雑排水ならびにその処理水の農業利用に関連する水質分析(界面活性剤測定法, 全リン測定, 全窒素測定), 作物への阻害に関するバイオアッセイ法(発芽試験, 成長阻害試験).
- Mr. Seyram K. SOSSOU
 - 滞在期間: 2011 年 10 月 4 日～11 月 30 日
 - 研修場所:北海道大学
 - 研修内容: 糞便のコンポスト化過程における病原微生物の不活化に関する分析(バクテリアの受けた損傷程度を評価できる測定法).
- Dr.SOU Mariam
 - 滞在期間: 2012 年 8 月 6 日～8 月 11 日
 - 研修場所:北海道大学, 東京大学
 - 研修内容: 尿の農業利用
- Dr.Yacouba Konate
 - 滞在期間: 2012 年 8 月 6 日～8 月 11 日
 - 研修場所:北海道大学, 東京大学
 - 研修内容: セラミック膜を用いた水処理
- Mr.Sangare Drissa
 - 滞在期間: 2012 年 7 月 21 日～9 月 15 日
 - 研修場所:北海道大学
 - 研修内容: 尿・コンポストの農業利用
- Ms. Hamidatu Saaka Darimani
 - 滞在期間:2013 年 7 月 21 日～10 月 19 日
 - 研修場所:北海道大学

- 研修内容:病原微生物の不活化
- Dr.SOU Mariam
 - 滞在期間:2013 年 8 月 21 日～8 月 28 日
 - 研修場所:北海道大学,余市浄水場, 正和電工㈱
 - 研修内容:リスクアセスメント, 浄水場視察, バイオトイレ製作会社視察
- Dr.Yacouba Konate
 - 滞在期間:2013 年 8 月 21 日～8 月 28 日
 - 研修場所:北海道大学,余市浄水場, 正和電工㈱
 - 研修内容:リスクアセスメント, 浄水場視察, バイオトイレ製作会社視察
- Dr.Ynoussa Maiga
 - 滞在期間:2013 年 8 月 21 日～8 月 28 日
 - 研修場所:北海道大学,余市浄水場, 正和電工㈱
 - 研修内容:リスクアセスメント, 浄水場視察, バイオトイレ製作会社視察
- Dr.Maimouna Bologo
 - 滞在期間:2013 年 8 月 21 日～8 月 28 日
 - 研修場所:北海道大学,余市浄水場, 正和電工㈱
 - 研修内容:リスクアセスメント, 浄水場視察, バイオトイレ製作会社視察
- Mr.Traore Seydina
 - 滞在期間:2014 年 1 月 19 日～1 月 25 日
 - 研修場所:北海道大学,宮古伊良部農業水利事業所, 外務省, JICA
 - 研修内容:総合水資源管理, プロジェクトに関する意見交換
- Ms.Ouedraog Josephine
 - 滞在期間:2014 年 1 月 19 日～1 月 25 日
 - 研修場所:北海道大学,宮古伊良部農業水利事業所, 外務省, JICA
 - 研修内容:総合水資源管理, プロジェクトに関する意見交換
- Mr. Seyram K. SOSSOU
 - 滞在期間:2015 年 1 月 8 日～2 月 13 日
 - 研修場所:北海道大学
 - 研修内容:病原微生物の不活化, 論文指導
- Ms. Hamidatu Saaka Darimani
 - 滞在期間:2015 年 1 月 20 日～2 月 13 日
 - 研修場所:北海道大学
 - 研修内容:病原微生物の不活化, 論文指導

② 開発したテキスト・マニュアル類

1. コンポストトイレ (Manual for composting toilet 補足資料—4)
2. 雑排水処理ユニット 技術者向け (Grey Water Treatment Facility 補足資料—5)
3. 尿・コンポスト・雑排水処理水農業利用 (Guide for agricultural reuse of compost, urine and greywater originated from resource oriented sanitation 補足資料—6)
4. 住民への Workshop 開催 (Training workshops of the pilots families: utilization of composting toilet and gray water treatment system 補足資料—7)
5. 太陽熱・セラミック膜ろ過装置 (補足資料—8)
6. 雑排水処理ユニット 使用者向け (補足資料—9)
7. 開発途上国に適した高速藻類池 設計マニュアル(補足資料—10)

を作成した。

(3)その他の著作物(総説, 書籍など)

- (1) 高島英二郎, 山下洋正, 重村浩之, 道中敦子, 川住亮太:「アフリカサヘル地域の持続可能な水・衛生システムの開発」, 平成 25 年度下水道関係調査研究年次報告書集, 国土技術政策総合研究所資料 (予定)

- (2) 原田一郎, 宮本綾子, 對馬育夫:「アフリカサヘル地域の持続可能な水・衛生システムの開発」, 平成 24 年度下水道関係調査研究年次報告書集, 国土技術政策総合研究所資料第 773 号, 2014 年
- (3) 堀江信之, 小越眞佐司, 宮本綾子, 對馬育夫, 西村峻介:「アフリカサヘル地域の持続可能な水・衛生システムの開発」, 平成 23 年度下水道関係調査研究年次報告書集, 国土技術政策総合研究所資料第 731 号, 2013 年
- (4) 船水尚行:アフリカにおける資源回収型サニテーションシステムの開発, 水環境学会誌, 2013
- (5) 船水尚行:「集めない」, 「混ぜない」資源回収型サニテーション:アフリカでの挑戦が震災復興に生かせるか? 畜産の研究, vol. 66, No. 3, pp.327-332, 2012
- (6) 船水尚行:アフリカサヘル地域の持続可能な水・衛生システム開発, 環境科学会誌, 24(6), 619-625, 2011
- (7) Fumiko Hakoyama: The situation of Drinking Water in the Sahel Region, in The Culture of Water Management, Springer, 2011
- (8) 堀江信之, 小越眞佐司, 對馬育夫, 西村峻介:「アフリカサヘル地域の持続可能な水・衛生システムの開発」, 平成 22 年度下水道関係調査研究年次報告書集, 国土技術政策総合研究所資料第 654 号, 2011 年
- (9) 清水俊昭, 小越眞佐司, 宮本綾子:「アフリカサヘル地域の持続可能な水・衛生システムの開発」, 平成 21 年度下水道関係調査研究年次報告書集, 国土技術政策総合研究所資料第 605 号, 2010 年

(4)国際学会発表及び主要な国内学会発表

① 招待講演 (国内会議 7 件, 国際会議 19 件)

- (1) Naoyuki Funamizu: Resources Oriented Agro-Sanitation, -its concepts and technologies Africa Water Forum, June 12-14, 2014, Ouagadougou, Burkina Faso
- (2) Amadou Hama MAIGA: Technological novelties in the field of water treatment Africa Water Forum, June 12-14, 2014, Ouagadougou, Burkina Faso
- (3) Ken Ushijima: Agro-Sanitation business model. Africa Water Forum, June 12-14, 2014, Ouagadougou, Burkina Faso
- (4) 船水尚行:持続可能な社会を支える資源回収型排水管理技術ーアグロ・サニテーションによる BOP イノベーションを例にー, 2013 年中日韓グリーンテクノロジーフォーラム, 2013 年 11 月 15 日, 北京
- (5) 船水尚行:資源回収型サニテーション:技術とその導入モデル, 「東アジアにおける排泄物・健康・環境」ワークショップ, 総合地球環境学研究所, 2013 年 11 月 29 日
- (6) 船水尚行:貧困問題への水・衛生からのアプローチーし尿の価値を高める技術とその導入戦略ー, 日本工学アカデミー東北ほっかいどう支部講演会, 2013 年 7 月
- (7) Naoyuki Funamizu: Agro-sanitation system for effective use of water and nutrients: Case rural area in Burkina Faso, 9th IWA international conference on water reclamation and reuse, 28-29 October, Windhoek, Namibia, 2013
- (8) Naoyuki Funamizu: Resources oriented sanitation system for those areas where economic and technical limitations & Fukushima lessons, Safe and Sustainable Sanitation Workshop, August 20-22, 2012, Tampere, Finland (invited)
- (9) 船水 尚行:「集めない」, 「混ぜない」をコンセプトとした資源回収型排水処理技術とミレニアム開発目標達成への貢献, 第 25 回環境工学連合講演会, 日本学術会議, 東京, 2012 年 4 月 12-13 日, 招待講演
- (10) Hijikata, N.: Concept of resources recycling sanitation system for rural area in Burkina Faso - Linkage of sanitation and agriculture – Environmental pollutant and food safety in Africa, March 5th, 2012, Sapporo, Japan
- (11) Naoyuki Funamizu: Resources oriented sanitation system and its technologies, International Conference on Sustainability Science in Asia, ICSS-Asia 2012, January 11-13, 2012, Bali, Indonesia(invited)

- (12) Funamizu N, Ushijima K: Resources Oriented Sanitation System for those area where Economic and Technical Limitations, Inter-country workshop on sanitation in cold climate countries, October 20-21, 2011, Ulaanbaatar, Mongol.
- (13) Ushijima K, Funamizu N: Sanitation system in cold climate region - Current practice and research work in Hokkaido, Japan-, Inter-country workshop on sanitation in cold climate countries, October 20-21, 2011, Ulaanbaatar, Mongol.
- (14) Naoyuki Funamizu: Water problem solution for developing countries through Appropriate Technology : -Lessons from JICA's activities- International Conference on Appropriate Technology, December 2, 2011 Seoul National University, Korea(Invited)
- (15) Naoyuki Funamizu: New Policy for Water and Sanitation System – Resources Oriented Sanitation System - The 4th ETMC 2011 “*Present and Future Challenges in Environmental Sustainability*” Bandung (Indonesia), November 3 – 4, 2011 (Invited)
- (16) 船水 尚行:「集めない」、「混ぜない」資源回収型サニテーション:アフリカでの挑戦が震災復興に生かせるか? 日本畜産環境学会, 基調講演, 9月2日, 東京, 2011
- (17) Naoyuki Funamizu. University of Hokkaido, Japan: RESOURCES ORIENTED SANITATION SYSTEM FOR THOSE AREAS WHERE ECONOMIC AND TECHNICAL LIMITATIONS, 3rd International Congress Wastewater in Small Communities, April 25-28, Sevilla, Spain, 2011 (Invited)
- (18) Naoyuki Funamizu: Resources Oriented Sanitation System Based on the Concept “Don’t Mix” and “Don’t Collect” Wastewater 3rd Regional Conference on Chemical Engineering, AUN/SEED-Net: Leading the Frontiers in Chemical Engineering Research and Development in the ASEAN Region EDSA Shangri-la Hotel January 20-21, 2011 (Invited key note)
- (19) Ushijima, K., Hijikata, N., Funamizu, N., Nabeshima, T., Hakoyama, F.: Field Investigation for Designing Practical Sustainable Sanitation System -A Case Study in Burkina Faso-, Proceedings of Tunisia Japan symposium, Regional development and water resource a new vision for sustainable society, pp.207-211, Tunis, Tunisia, November 30th, 2010
- (20) Funamizu N.: Composting Toilets and sanitation research in Hokkaido University, Invited Lecture at TAMK, Finland, March 15th, 2010(invited)
- (21) 箱山富美子(藤女子大学)「サヘル地域の飲料水供給の現状」国際シンポジウム「中東における水管理の課題—文明・環境的視点から」早稲田大学, 2010年3月6日
- (22) 船水 尚行: 日本の水技術を活かす国際開発協力のあり方, 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～, 2009年12月11日
- (23) Funamizu N.: Current Status of Wastewater Technologies for Small Communities in Japan, International Conference on Sustainable Water infrastructure for Cities and Villages of the Future (SWIF2009), November, 2009, Beijing, China (Keynote)
- (24) Funamizu N.: Japan’s Role in International Development Cooperation for Water Management, Sustainability Weeks 2009 Opening Symposium —— International Symposium on Sustainable Development -Recommendations for Tackling the 5 Challenges of Global Sustainability-, November 2nd, 2009
- (25) Funamizu N. The Concept on wastewater management: “Don’t Mix” and “Don’t collect” and its application to water management, Science Council Asia, Singapore, June 2009 (invited)
- (26) 箱山富美子「開発途上国の生活と平和教育」日本家政学会, 東北・北海道支部 第54回研究発表会, 藤女子大学, 2009年9月12日

② 口頭発表 (国内会議 14件, 国際会議137件)

*印はブルキナファソ関係者との共同発表

- (1) *橋本崇史, 滝沢智, Yacoube Konate, アフリカの無電化地域での安全な水供給を目的とした太陽光殺菌および水位差利用型膜ろ過処理の現地実験, 第51回環境工学研究フォーラム, 2014年12月20-22日, 山梨大学
- (2) Seyram K. SOSSOU :Maturity and hygiene quality of composts produced with various matrixes in

- composting toilet for agriculture reuse, Workshop on Sanitation, November 29th, Kyoto, Japan
- (3) Mariam SOU/DAKOURE :Salinity assessment in urine application as nitrogen source for vegetable cultivation, Workshop on Sanitation, November 29th, Kyoto, Japan
 - (4) Ryusei Ito :Design of composting toilet for middle income countries -survey in Indonesia and Zambia, Workshop on Sanitation, November 29th, Kyoto, Japan
 - (5) Ken Ushijima : Agro-Sanitation Business Model, Workshop on Sanitation, November 29th, Kyoto, Japan
 - (6) Maïmouna BOLOGO/TRAORE (2iE) :Mobilization of Sahelian rural communities in the valorization of domestic greywater in agriculture, Workshop on Sanitation, November 29th, Kyoto, Japan
 - (7) A.H. Maiga: Water resources management in West Africa; Threats from global changes, eutrophication and solids transport in water reservoirs in Burkina Faso, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, November 24th-26th, Kochi, Japan
 - (8) T. Nabeshima: Political sociology of African peasants' dynamics faced with the new technology of compost toilet: case of Burkina Faso, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, November 24th-26th, Kochi, Japan
 - (9) F. Hakoyama: Land utilization and property system in Burkina Faso: A case study in Ziniaré, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, November 24th-26th, Kochi, Japan
 - (10) Y. Konate, E. Bleu, M. Sou/Dakoure, A. H. Maiga: Ceramic filters impregnated with colloidal-silver for point-of-use water treatment in rural and peri urban areas in Burkina Faso, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, November 24th-26th, Kochi, Japan
 - (11) *H.S. Darimani, R. Ito, M. Sou/Dakoure, N. Funamizu, H. Yacouba, A.H. Maiga: Microbial risk assessment associated with post-treatment of compost from the composting toilet, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, November 24th-26th, Kochi, Japan
 - (12) *S.K. Sossou, M. Sou/Dakoure, N. Hijikata, B. Kamdem Djmou, A.H. Maiga, N. Funamizu: Maturity and hygienic quality of composts produced with various bulking agents in composting toilet for agriculture reuse, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, November 24th-26th, Kochi, Japan
 - (13) *M. Bologo/Traore, M. Sou/Dakoure, A. H. Maiga, T. Nabeshima, F. Hakoyama, S. Dicko: Mobilizing communities for use of by-products of sanitation: Case study of the Ameli EAUR project, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, November 24th-26th, Kochi, Japan
 - (14) M. Sou/Dakoure, F. Kagabika, D. Sangare, R. Lahmar, B. Sawadogo. A.H. Maiga: Salinity assessment in urine application as nitrogen source for vegetable cultivation, November 24th-26th, Kochi, Japan
 - (15) *B. Sawadogo, D. Sangare, M. Sou, N. Hijikata, Y.A. Kabore, A.H. Maiga, N. Funamizu: Reuse of treated greywater for lettuce irrigation: effects on plant growth, yield and soil properties, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, November 24th-26th, Kochi, Japan
 - (16) *M. Takahashi, H. Derabe Maobe, M. Onodera, H. Satoh: Design and operation of high rate algal pond treating greywater and producing reclaimed water and fertilizer, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, November 24th-26th, Kochi, Japan
 - (17) A. Michinaka, H. Shigemura, R. Kawasumi, H. Yamashita, E. Takashima: Potential of treated

- wastewater reuse for agriculture irrigation in Ouagadougou, Burkina Faso, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, November 24th-26th , Kochi, Japan
- (18) M. Murakami, T. Nakaso, N. Hijikata, T. Mouri, S. Nishimura, M. Fujimaki: Growth characteristics of salt-tolerant plants and salt accumulation in soil using oarganic composts, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, November 24th-26th , Kochi, Japan
- (19) R. Ito, N. Funamizu: Production of calcium phosphate on the shell particles of *Mizuhopecten yessoensis* in urine, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, November 24th-26th , Kochi, Japan
- (20) S. Kaneko, R. Ito, N. Funamizu: Effect of burned shell dosage on crystal species in synthetic cow urine, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, November 24th-26th , Kochi, Japan
- (21) N. Hijikata, R. Tezuka, S. Kazama, M. Ohtaki, D. Sano, K. Ushijima, R. Ito, S. Okabe, N. Funamizu: Adequate handling conditions of composting toilets using calcium lime and ash evaluated by microbiological safety of end product, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, November 24th-26th , Kochi, Japan
- (22) K. Ushijima, N. Hijikata, E. Tanaka, N. Funamizu, R. Ito: Grey water treatment by slanted soil system in terms of phytotoxicity, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, November 24th-26th , Kochi, Japan
- (23) R. Abukmeil, T. Fujii, N. Funamizu: Transportation water and inorganic nitrogen components in the soil column of grain sorghum, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, November 24th-26th , Kochi, Japan
- (24) * S. Kabore, R. Ito, N. Funamizu: Effect of formaldehyde/urea ratio on production rate of methylene urea, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, November 24th-26th , Kochi, Japan
- (25) T. Fujii, N. Hijikata, K. Ushijima, R. Ito, N. Funamizu: Salt removal from urine fertilized agricultural fields by rainfall and plant uptake, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, November 24th-26th , Kochi, Japan
- (26) * D. Sangare, B. Sawadogo, M. Sou/Dakoure, N. Hijikata, D.M. Ouedraogo, H. Yaccouba, M. Takahashi, N. Funamizu: Effects of greywater irrigation treated by high rate algal ponds on soil chemical properties and vegetable production in dry season of Soudano-Sahelian climate conditions, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, November 24th-26th , Kochi, Japan
- (27) Satoshi Takaki, Satoshi Takizawa, Jenyuk Lohwacharin, Kumiko Oguma, Hiroshi Sakai, Effects of Elevated Temperature on Microfiltration of Dissolved Organic Matter by Ceramic Membrane, p. 570, The 48th Annual Conference of Japan Society on Water Environment, March 18, 2014.
- (28) * SANGARE D., B. SAWADOGO, M. SOU/DAKOURE, N. HIJIKATA, D. M. OUEDRAOGO, H. YACOUBA (2014) Soil chemical properties, production in okra cultivation irrigated with greywater treated in High Rate Algal Ponds, case of Burkina Faso, Africa Water 2014, Ouagadougou, Burkina Faso, June 12 - 14, 2014, Africa Getting Ready for the 7th World Water Forum.
- (29) * DARIMANI H. S, ITO R, SOU/DAKOURE M, FUNAMIZU N, YACOUBA H. and MAIGA H. A.: Microbial Health Risk Associated With Post-treatment of Withdrawn Compost from the Composting Toilet, Africa Water 2014: Africa Getting Ready for the 7th World Water Forum, June 12-14, 2014, Ouagadougou, Burkina Faso.
- (30) E. Takashima, R. Kawasumi: Japanese Experience of Sanitation and Sewage Works, Africa Water Forum 2014, Ouagadougou, Burkina Faso, Jun. 12-14th, 2014
- (31) R. Kawasumi, E. Takashima, A. Michinaka, H. Shigemura, H. Yamashita, M. Ogoshi: Sewage Sludge and Wastewater Reuse for Agriculture in Japan, Africa Water Forum 2014, Ouagadougou,

- Burkina Faso, Jun. 12-14th, 2014
- (32) Takako Nabeshima: Political sociologic theorization of African peasants as postmodern actors for the integrated water resources management: case of Burkina Faso. Africa Water Forum, June 12-14, 2014, Ouagadougou, Burkina Faso
 - (33) Taro Yamauchi: Assessing the impact of improved sanitation on health and QOL. Africa Water Forum, June 12-14, 2014, Ouagadougou, Burkina Faso
 - (34) Takashi Hashimoto: Development of ceramic membrane filtration systems for treatment of turbid surface water. Africa Water Forum, June 12-14, 2014, Ouagadougou, Burkina Faso
 - (35) Fumiko Hakoyama: Evolution of drinking water supply in the Sahel region. Africa Water Forum, June 12-14, 2014, Ouagadougou, Burkina Faso
 - (36) Ohishi, W. and Funamizu N.: Inactivation of pathogenic bacteria in concentrated urine, The 4th Young Professors and Students Symposium, March 27, 2014, Xi'an China
 - (37) Kaneko, S., Ito R. and Funamizu N.: Phosphorous recovery from separated urine with burned scallop shell, The 4th Young Professors and Students Symposium, March 27, 2014, Xi'an China
 - (38) 中山翔太, 高橋正宏, 佐藤久, 深澤達矢, 雑排水の農業利用のための高速酸化池における LAS の除去, 第 51 回下水道研究発表会講演集, 大阪, 2014 年 7 月
 - (39) DRISSA SANGARE, MARIAM SOU/DAKOURE, BOUKARY SAWADOGO, HAMMA YACOUBA ET AMADOU H. MAIGA (2013) Mise en œuvre de l'assainissement écologique en milieu rural sahélien : une réponse au faible taux d'assainissement et à l'insécurité alimentaire. 1ère journées scientifiques du CAMES, 5 -7 décembre 2013, Abidjan, Côte d'Ivoire.
 - (40) 牛島健, 船水尚行(2013)資源循環型サニテーションシステムの導入戦略ービジネスモデル構築というアプローチー. 国際開発学会秋季大会, November 30-December 1, 2013, Osaka, Japan.
 - (41) 鍋島孝子, 箱山富美子, 牛島健: JST・JICA 地球規模課題対応国際科学技術協力事業「アフリカサヘル地域の持続可能な水・衛生システム開発」ー工学的見地からの水と衛生事情の分析と社会科学による開発モデルの提示, 2013 年 11 月 30 日 国際開発学会 企画セッション 12
 - (42) 箱山富美子: ブルキナファソにおける主婦層対象のマイクロクレジット, 2013 年 11 月 30 日. 国際開発学会.
 - (43) *Hijikata N., Fujii T., Sangare D., Sou M., Ushijima K., Funamizu N., Salt monitoring and management for urine fertilization. *Desert technology conference 11th*, 19-22th Nov., San Antonio Texas USA. 2013
 - (44) K. Ushijima, R. Ito, N. funamizu (2013) Postmodern strategy for sustainable water and sanitation system. International symposium on how to establish sustainable society and risk management in the boreal coastal zone: biodiversity, sustainability, and ecosystem service, October 31- November 1, 2013, Sapporo, Japan.
 - (45) *H. Derabe Maobe, M. Onodera, M. Takahashi, H. Satoh, T. Fukazawa, T Greywater treatment and resources recovery using high rate algal pond in the Sahel, The IWA Development Congress and Exhibition Nairobi., Nairobi, 14 -17 October 2013
 - (46) Hijikata N., Nakaoka E., Tanaka E., Ushijima K., Funamizu N. Impact of linear alkylbenzen sulfonate on plant growth assumed as greywater reuse for irrigation. *IWA Water Reuse*, 28-30th Oct. Windhoek Namibia, 2013
 - (47) K. Ushijima, Y. Deguchi, H. Umi, M. Affendi, N. Sintawardani, J. Triastuti, N. Funamizu (2013) Acceptability of Resource Recycling Sanitation System in Light of Religious Context in Indonesia. 3rd IWA development congress & exhibition, October 14-17, 2013, Nairobi, Kenya.
 - (48) Hijikata N., Kakimoto T., Miyai H. Funamizu N. Investigation into determination method of anti-malarial drugs in environmental water and soil. *SETAC Africa 6th*, 05-09th Sep. 2013, Lusaka Zambia
 - (49) 鍋島孝子: JST-JICA プロジェクト「アフリカ農民がコンポスト・トイレを受け入れるまで」, 2013 年 7 月 7 日 国際文化学会自由論題 セッション F
 - (50) 宮本綾子, 西村峻介, 對馬育夫, 道中敦子, 堀江信之, 箱山富美子, 鍋島孝子: 「ブルキナファソの水・衛生に関する制度」, 第 50 回下水道研究発表会, 東京ビッグサイト, 平成 25 年 7 月 30 日
 - (51) *DARIMANI H. S, ITO R, SOSSOU S. K, AND MAIGA A. H.: Effect of Post-treatment Conditions on the Inactivation of Escherichia coli after the composting process, In proceedings of

- 36th WEDC International Conference, 1-5 July 2013, Nakuru, Kenya.
- (52) Naoyuki Funamizu: Decentralized water and resource recovery technology and agriculture: Project in Burkina Faso, TICAD V OFFICIAL SIDE EVENT BY HOKKAIDO UNIVERSITY, 3rd June 2013, Yokohama, Japan
- (53) * H. Derabe Maobe, M. Onodera, M. Takahashi, H. Satoh and T. Fukazawa. Removal of algae and nutrients from greywater using high rate algal pond system. The 7th 2iE's Science week (Ouagadougou, 2013)
- (54) * K. Ushijima, E. Tanaka, N. Hijikata, R. Ito, N. Funamizu, Y. Maïga, D. Moyenga and A. H. Maïga: Design of Grey Water Treatment System for Agricultural Reuse, In proceedings of 7ème édition Journées scientifiques de 2iE, 1st – 5th April 2013, Ouagadougou, Burkina Faso.
- (55) SOU/DAKOURE M., MAÏGA A. H., SOSSOU S., SANGARE D., YACOUBA H., and TAGRO P., (2013). Rural subsistence agriculture strengthened by sanitation byproducts reusing: case study in Soudano-Sahelian context: Ouagadougou, Burkina Faso. 7^{ème} édition des Journées Scientifiques 2iE, 1^{er} au 5 avril 2013, Ouagadougou, Burkina Faso.
- (56) * SAWADOGO B., SOU M., HIJIKATA N., SEDEGO B., SANGARE D., MAÏGA A. H., and FUNAMIZU N. (2013). Effet des détergents provenant des eaux grises sur les plantes irriguées : cas du gombo (*Abelmoschus esculentus*) et de la laitue (*Lactuca sativa*). 7^{ème} édition des Journées Scientifiques 2iE, 1^{er} au 5 avril 2013, Ouagadougou, Burkina Faso.
- (57) * SOSSOU S., QUENUM A., SOU M., MAÏGA A. H., and FUNAMIZU N. (2013): Pathogenic bacteria and parasites removal in composting toilet by using shea nuts husk as matrix. 7ème édition des Journées Scientifiques 2iE, 1^{er} au 5 avril 2013, Ouagadougou, Burkina Faso.
- (58) * SANGARE D., SOU/DAKOURE M., HIJIKATA N. SAWADOGO B., YACOUBA H., FUNAMIZU N. (2013) Use of by-products of ecological sanitation in agriculture: optimal use, health impact and effect on the quality of agricultural soils. 7th Edition of 2iE's Science Week, Science and Eco-Innovation for Sustainable Development of Natural Resources, April 1-5, 2013, Ouagadougou, Burkina Faso
- (59) * SANGARE D., HIJIKATA N., SOU/DAKOURE M., SAWADOGO B., YACOUBA H., FUNAMIZU N. (2013) Effect of different compost (Sawdust, Rice husk and Charcoal) made by-composting toilet *Komatsuna* (*Brassica rapa var. peruvialis*) growth in pot cultivation. Poster Session, 7th Edition of 2iE's Science Week Science and Eco-Innovation for Sustainable Development of Natural Resources April 1-5, 2013, Ouagadougou, Burkina Faso.
- (60) * DARIMANI H. S, ITO R, AND MAIGA A. H.: Effect of Post-treatment Conditions on the Inactivation of *Escherichia coli* after the composting process, 7th Edition of 2iE's Science Week and Eco-Innovation for Sustainable Development of Natural Resources April 1-5, 2013, Ouagadougou, Burkina Faso.
- (61) * DARIMANI H. S, ITO R, AND MAIGA A. H.: Inactivation of pathogens after composting process and their impact in the soil system after amendment by compost, Doctorial session: 7th Edition of 2iE's Science Week and Eco-Innovation for Sustainable Development of Natural Resources April, 1-5, 2013, Ouagadougou, Burkina Faso.
- (62) Satoshi Takaki, Satoshi Takizawa, Hiroshi Sakai, Kumiko Oguma, Temperature Effects on Filtration of Protein Solution through Ceramic MF Membrane, p. 194, The 47th Annual Conference of Japan Society on Water Environment, March 11, 2013, Osaka
- (63) Nowaki HIJIKATA, Emi NAKAOKA, Ken USHIJIMA, Naoyuki FUNAMIZU: Continuous application impact of laundry detergent and liner alkylbenzen sulphonate contained in irrigation water on *Komatsuna* growth and nutrient quality, RECENT ADVANCES IN RESEARCH ON ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY BY YOUNG RESEARCHERS FROM AFRICAN COUNTRIES AND JAPAN (The 5th International Symposium Program for Leading Graduate Schools), Feb 28th, 2013, Sapporo Japan
- (64) 土方野分, 中岡恵美, 田中絵里菜, 牛島健, 船水尚行: 家庭雑排水の灌漑再利用に関する研究 - 界面活性剤の植物成長への影響及びその処理目標 -, 第 2 回農学分野合同ワークショップ「農学から発信する水問題最前線」2012 年 12 月 14 日, 高知県南国市
- (65) * H. Derabe Maobe, M. Onodera, M. Takahashi, H. Satoh, T. Fukazawa, The effects of recycling algae and controlling solid retention time in High rate algal pond, 4th IWA Young water professional conf., Dec. 8th 2012, Tokyo

- (66) 鍋島孝子: JST-JICA プロジェクト「コンポスト・トイレをアフリカ農村に入れる」ポスト・モダンの農民アクターへの学際的アプローチ, 日本国際政治学会, 2012 年 10 月 19 日, 名古屋
- (67) *N. Hijikata, K. Ushijima, R. Ito, B. Sawadogo, N. Funamizu: Design of vegetable garden for income estimation toward to sanitation business model, a case study in Burkina Faso, Dry Toilet Conference 2012, Aug 23-25th, 2012, Tampere Finland
- (68) Ryusei Ito, Ken Ushijima, Nowaki Hijikata, Naoyuki Funamizu: Survey of sanitation conditions in Burkina Faso for design of toilet, Dry Toilet Conference 2012, Aug 23-25th, 2012, Tampere Finland
- (69) Ken Ushijima, Naoyuki Funamizu: Value network design approach for sanitation system in developing countries – Lessons from two Japanese models-, Dry Toilet Conference 2012, Aug 23-25th, 2012, Tampere Finland
- (70) Kenta Yabui, Ken Ushijima, Ryusei Ito, Naoyuki Funamizu: Interface design of composting toilet to actual application to rural area of Burkina Faso, Dry Toilet Conference 2012, Aug 23-25th, 2012, Tampere Finland
- (71) *Mariam Sou, Ai Hosokawa, Naoyuki Funamizu, Ryusei Ito, Ken Ushijima, Nowaki Hijikata, Amadou Hama Maiga: Improving Sustainable Water and Sanitation systems in Sahel Region in Africa: Case of Burkina Faso, Dry Toilet Conference 2012, Aug 23-25th, 2012, Tampere Finland
- (72) H. Miyai, N. Hijikata, T. Kakimoto, N. Funamizu: Determination Method for Antimalarial Drugs in Agricultural Soil Fertilized with Human Urine, Dry Toilet Conference 2012, Aug 23-25th, 2012, Tampere Finland
- (73) *M. Sene, N. Hijikata, K. Ushijima, N. Funamizu: Effect of Human Urine application volume in Komatsuna growth, Dry Toilet Conference 2012, Aug 23-25th, 2012, Tampere Finland
- (74) N. Yamauchi, N. Hijikata, K. Ushijima, N. Funamizu: The investigation on maturing period of compost from composting toilet, Dry Toilet Conference 2012, Aug 23-25th, 2012, Tampere Finland
- (75) *R. Tezuka, N. Hijikata, S. Kazama, S.K. Sossou, N. Funamizu: Inactivation mechanism of pathogenic bacteria using lime and ash in composting toilet, Dry Toilet Conference 2012, Aug 23-25th, 2012, Tampere Finland
- (76) *S.K. Sossou, R. Tezuka, N. Hijikata, M. Sou, N. Funamizu: Inactivation mechanisms of pathogenic bacteria in several matrixes during composting process in composting toilet, Dry Toilet Conference 2012, Aug 23-25th, 2012, Tampere Finland
- (77) Ken Ushijima, Naoyuki Funamizu: Resource oriented sanitation business model for urban slum and rural, 12th Science Council of Asia International Symposium, July 11-12, 2012, Bogor Indonesia
- (78) 小野寺正純, 高橋正宏, 佐藤久, アフリカ-サヘル地域における高速酸化池法の再生水中固形物・栄養塩濃度の制御, 第 50 回下水道研究発表会講演集, 東京, 2012 年 7 月
- (79) *Funamizu N, Sou M, Itoh R, Ushijima K, Hijikata N: New Policy for Water and Sanitation System – Resources Oriented Sanitation System -, 6^{ème} Forum mondial de l'eau, December 20-22, 2011, Ouagadougou, Burkina Faso.
- (80) Hijikata, N., Nakaoka, E., Ushijima, K., Funamizu, N.: Short-term impact of washing detergent contained in irrigation water for *Brassica rapa* var. *peruviridis* on soil system the 8th International Symposium on Sustainable Sanitation Part II, November 1, 2011, Bandung, Indonesia.
- (81) Naoyuki Funamizu, The Concept of Resources Oriented Sanitation System, THE 8TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SUSTAINABLE SANITATION, LIPI, Bandung, Indonesia, Nov.1st 2011
- (82) SOU M., SOSSOU S., MAÏGA Y., MAÏGA A. H., TAGRO P., YAO, A. (2011): Nitrate content and microbial quality assessment in human urine during storage in tropical condition. 8th International symposium on sustainable sanitation Part II. November 1st 2011 Bandung, Indonesia.
- (83) Ryusei Ito, Ken Ushijima, Naoyuki Funamizu, Design of composting toilet to be adapted by the people in Burkina Faso, The 8th International Symposium on Sustainable Sanitation Part II, 1 November, Bandung, Indonesia, 2011
- (84) Ushijima K, Funamizu N, Irie M, Hamidah U, Triastuti J, Sintawardani N, Ishikawa T: Benefit oriented analysis approach for sustainable sanitation system model of urban slum in Bandung, Indonesia, 8th International Symposium on Sustainable Water and Sanitation System, November 1, 2011, Bandung, Indonesia.
- (85) *SOSSOU K.S., ITO R., JIBIA A., YIOUGO L., SOU M., and MAÏGA A. H., (2011): inactivation of pathogens in human feces during composting process using sawdust. 8th International symposium

- on sustainable sanitation Part II. November 1st 2011 Bandung, Indonesia.
- (86) Ushijima K, Leray L, Hijikata N, Ito R, Funamizu N: Materials and value flow analysis approach for designing resource recycling sanitation system – Case of rural model in Burkina Faso, Proceedings of 2nd Ameli-Eaur International Symposium on Sustainable Water and Sanitation System & 8th International Symposium on Sustainable Water and Sanitation System, October 28, 2011, Sapporo, Japan.
- (87) * Sene, M., Hijikata, N., Ushijima, K., Funamizu, N.: Using Human urine as fertilizer for spinach cultivation: finding a better way for its application in soil *Proceeding of 2nd Ameli-Eaur International Workshop on Sustainable Water and Sanitation System & 8th International Symposium on Sustainable Water and Sanitation System Part I*, October 28, 2011, Sapporo, Japan.
- (88) * MAIGA Y., MOYENGA D., USHIJIMA K., SOU M., LECOMTE D., MAÏGA A. H., (2011): Greywater characteristics in rural areas arid regions: the case of kologoudiesse (Burkina Faso). 2nd Ameli-EAUR international symposium on sustainable water and Sanitation System and 8th International Symposium on sustainable Water and Sanitation System. October 28th 2011 – Sapporo, Japan.
- (89) Masahiro MURAKAMI, Absorption Capacity of Water Hyacinth to Remove the Nutrients of T-N and PO₄-P in the Shallow Lakes and/or Reservoirs Under the Influence of Global Warming at Warm Temperate Region in Japan, *2nd Ameli-Eaur International Workshop on Sustainable Water and Sanitation System & 8th International Symposium on Sustainable Water and Sanitation System Part I*, October 28, 2011, Sapporo, Japan.
- (90) Hijikata, N., Yamauchi, N., Ushijima, K., Funamizu, N.: Effect of bio-charcoal compost made by composting toilet for *Brassica rapa* var. *peruviridis* growth in pot cultivation *2nd Ameli-Eaur International Workshop on Sustainable Water and Sanitation System & 8th International Symposium on Sustainable Water and Sanitation System Part I*, October 28, 2011, Sapporo, Japan.
- (91) Fumiko Hakoyaka: Provision of Drinking Water in Rural Areas in Burkina Faso”, at the International Symposium on Sustainable Water Management, 2nd Ameli-Eaur International Workshop on Sustainable Water and Sanitation System & 8th International Symposium on Sustainable Water and Sanitation System Part I, 28th October, Sapporo, Japan, 2011
- (92) Satoshi Takizawa, Aunnop Wongrueng, Hiroshi Sakai, Kumiko Oguma, Removal of organic matter by ceramic membrane at high temperature, 2nd Ameli-Eaur International Workshop on Sustainable Water and Sanitation System & 8th International Symposium on Sustainable Water and Sanitation System Part I, 28th October, Sapporo, Japan, 2011
- (93) Hiroki Hashizume: Development of night soil management in Japan: Institutional and organizational elements, 2nd Ameli-Eaur International Workshop on Sustainable Water and Sanitation System & 8th International Symposium on Sustainable Water and Sanitation System Part I, 28th October, Sapporo, Japan, 2011
- (94) * SOSSOU S.K., ITO R., JIBIA A., SOU M., MAÏGA A. H., (2011): survival of indicator bacteria and helminthes eggs in composting toilet using sawdust as matrix. 2nd Ameli-EAUR international symposium on sustainable water and Sanitation System and 8th International Symposium on sustainable Water and Sanitation System. October 28th 2011 – Sapporo, Japan.
- (95) SOU M., SOSSOU S., MAÏGA Y., MAÏGA A. H., TAGRO P., YAO, A. (2011) : Nitrate content and microbial quality assessment in human urine during storage in tropical condition. 2nd Ameli-EAUR international symposium on sustainable water and Sanitation System and 8th International Symposium on sustainable Water and Sanitation System Part I. October 28th 2011 – Sapporo, Japan.
- (96) SAWADOGO B., SOU M., DJIKOLMBAYE T., MAIGA Y., LECOMTE D. (2011): characterization of metal in human urine for reuse in agriculture. 2nd Ameli-EAUR international symposium on sustainable water and Sanitation System and 8th International Symposium on sustainable Water and Sanitation System Part I. October 28th 2011 – Sapporo, Japan.
- (97) * Derabe Maobe, M. Sato, K. Shimoda, Y. Hashimoto, M. Takahashi, H. Satoh and T. Fukazawa, TREATING GRAYWATER, ENHANCEMENT OF SOLID-LIQUID SEPARATION AND NUTRIENT REMOVAL INTO HIGH RATE SETTLEABLE ALGAE POND (HRSAP), 2nd Ameli-Eaur International Workshop on Sustainable Water and Sanitation System & 8th International Symposium on Sustainable Water and Sanitation System Part I, 28th October, Sapporo, Japan, 2011
- (98) * H. Derabe Maobe, M. Sato, M. Takahashi, H. Satoh and T. Fukazawa. Algae and nutrients

- removal into high rate settleable algae pond. The 2nd AMELI-EAUR International Workshop on Sustainable Water and Sanitation System – The 8th International Symposium on Sustainable Sanitation (Sapporo, 2011)
- (99) Takako Nabeshima: African Peasants as Post-modern Actors: To Overcome the Dualistic Social and State System between the Tradition and the Modernity, 2nd Ameli-Eaur International Workshop on Sustainable Water and Sanitation System & 8th International Symposium on Sustainable Water and Sanitation System Part I, 28th October, Sapporo, Japan, 2011
- (100) Ryusei Ito, Ken Ushijima, Naoyuki Funamizu, Design of composting toilet to be adapted for the people in Burkina Faso, 2nd Ameli-Eaur International Workshop on Sustainable Water and Sanitation System & 8th International Symposium on Sustainable Water and Sanitation System Part I, 28th October, Sapporo, Japan, 2011
- (101) Ryusei Ito, Naoyuki Funamizu, Analysis of drying process for moisture control on composting reaction, Proceedings of IWA international conference, Cities of the future Xi'an, September 15-18, 2011, Xi'an, China.
- (102) * Hijikata, N., Nakaoka, E., Sawadogo, B., Ushijima, K., Funamizu, N.: Phytotoxicity assay of several gray waters for reuse as agricultural irrigation *IWA International Conference Cities of the Future Xi'an*, Xi'an China, September 15-18, 2011, Xi'an, China.
- (103) Ushijima K, Irie M, Sintawardani N, Triastuti J, Ishikawa T, Funamizu N :Sustainable design of material flow for urban slum, Proceedings of IWA international conference, Cities of the future Xi'an, September 15-18, 2011, Xi'an, China.
- (104) Hijikata, N., Yamauchi, N., Yabui K., Ushijima, K., Funamizu, N.: Characterization of several agricultural wastes as a matrix of composting toilet –from fecal degradation to reuse as a soil conditioner-. *8th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries*, Jun 23 th, Cesme Turkey, 2011 Jun 23
- (105) Ushijima K, Hijikata N, Ito R, Funamizu N,: Effect Estimation of Dry-Toilet Application for Rural Farmer Family in Burkina Faso, International Conference on Arid Land 1st / Desert Technology X, May 24-28, 2011, Narita-Tokyo, Japan.
- (106) Ushijima K, Irie M, Sintawardani N, Triastuti J, Ishikawa T, Funamizu N :Sanitation Model for Urban Slum in Southeast Asia, Proceedings of 2nd IWA development congress & exhibition, November 21-24, 2011, Kuala Lumpur, Malaysia.
- (107) Ushijima K, Yabui K, Hijikata N, Ito R and Funamizu N: Development of self-buildable simple composting toilet, Proceedings of IWA aspire (USB-memory), October 2-6, 2011, Tokyo, Japan.
- (108) * H. Derabe Maobe, M. Sato, K. Shimoda, Y. Hashimoto, M. Takahashi, H. Satoh and T. Fukazawa. Enhancement of solid-liquid separation and nutrient removal into high rate settleable algae pond (HRSAP). EWA/WEF/JSWA Special Conference on cutting-edge technologies and best practices on sewerage (Tokyo, 2011)
- (109) * Hina DERABE MAOBE, Mari SATO, Masahiro TAKAHASHI, Development of High Rate Settleable Algae Pond (HRSAP) for Gray Water Treatment and Resource Recovery in the Sahel, 第48 回下水道研究発表会講演集, 東京, 2011 年 7 月
- (110) M.M. Pahore, R. Ito and N. Funamizu LONG TERM OPERATION OF ONSITE VOLUME REDUCTION SYSTEM TO EVALUATE WATER EVAPORATION EFFICIENCY OF THE GAUZE SHEET, 3rd International Congress Wastewater in Small Communities, April 25-28, Sevilla, Spain, 2011
- (111) Ryusei Ito, Eri Takahashi and Naoyuki Funamizu: PRODUCTION OF SLOW-RELEASED NITROGEN FERTILIZER FROM URINE 3rd International Congress Wastewater in Small Communities, April 25-28, Sevilla, Spain, 2011
- (112) K. Ushijima, K.Ito, R.Ito, N.Funamizu: Graywater Treatement by Slanted Soil System, 3rd International Congress Wastewater in Small Communities, April 25-28, Sevilla, Spain, 2011
- (113) * Ryusei ITO, Ynoussa MAIGA, Ken USHIJIMA, Franck LAKANNE, Masahiro TAKAHASHI, Mariam SOU, Nowaki HIJIKATA, Yacouba KONATE, Satoshi TAKIZAWA, Aude NANQUETTE, Takako NABESHIMA, Didier LECOMTE, Joseph Wethe, Naoyuki FUNAMIZU, Improving Sustainable Water and Sanitation Systems in Sahel Region in Africa: Case of Burkina Faso, 2iE's Scientific Week - 6th Edition, April 4-8, Ouagadougou, Burkina Faso, 2011

- (114) Muhammad Masoom Pahore and N.Funamizu: Determination of saturated vapour pressure for design of an onsite volume reduction system using synthetic urine, The Young Researchers and Students Symposium of NSFC-JST Joint Research Program, March 4, 2011, Xi'an, China, 2011
- (115) Y. Deguchi, K.Kakimoto, R.Itoh, N.Funamizu: Inhibitory effects of uric acid during direct electrolysis of pharmaceuticals in urine, The Young Researchers and Students Symposium of NSFC-JST Joint Research Program, March 4, 2011, Xi'an, China, 2011
- (116) H. Miyai, N.Hijikata, N.Funamizu: Behavior urine origin hormones and pharmaceuticals in the irrigated soil, The Young Researchers and Students Symposium of NSFC-JST Joint Research Program, March 4, 2011, Xi'an, China, 2011
- (117) K. Yabui, K.Ushijima, R.Itoh, N.Funamizu: The study on the design of composting toilet's mixing device, The Young Researchers and Students Symposium of NSFC-JST Joint Research Program, March 4, 2011, Xi'an, China, 2011
- (118) Pahore Muhammad Masoom, Naoyuki Funamizu: Assessment of water evaporation rate from the synthetic urine using the onsite volume reduction system for treatment of source-separated human urine, International Conference on Integrated Water Management, Australia, February 2-5, 2011
- (119) *Hina DERABE MAOBE, Mari SATO, Kento SHIMODA, Yuji HASHIMOTO, Masahiro TAKAHASHI, TREATMENT OF DOMESTIC WASTEWATER BY INVOLVING HIGH RATE ALGAL POND (HRAP) AND PERFORMING SOLID-LIQUID SEPARATION, 第45回日本水環境学会年会講演集, 2011年3月
- (120) 河西 亮, 小熊久美子, 酒井宏治, 滝沢 智, ブルキナファソにおける水源水質の特徴, 日本水環境学会第45回年会, 北海道大学, 2011年3月20日
- (121) Muhammad Masoom Pahore and N.Funamizu: Determination of saturated vapour pressure for design of an onsite volume reduction system using synthetic urine, The Young Researchers and Students Symposium of NSFC-JST Joint Research Program, Xi'an, China, March 4, 2011
- (122) Y. Deguchi, K.Kakimoto, R.Itoh, N.Funamizu: Inhibitory effects of uric acid during direct electrolysis of pharmaceuticals in urine, The Young Researchers and Students Symposium of NSFC-JST Joint Research Program, Xi'an, China, March 4, 2011
- (123) H. Miyai, N.Hijikata, N.Funamizu: Behavior urine origin hormones and pharmaceuticals in the irrigated soil, The Young Researchers and Students Symposium of NSFC-JST Joint Research Program, Xi'an, China, March 4, 2011
- (124) K. Yabui, K.Ushijima, R.Itoh, N.Funamizu: The study on the design of composting toilet's mixing device, The Young Researchers and Students Symposium of NSFC-JST Joint Research Program, Xi'an, China, March 4, 2011
- (125) Pahore Muhammad Masoom, Naoyuki Funamizu: Assessment of water evaporation rate from the synthetic urine using the onsite volume reduction system for treatment of source-separated human urine, International Conference on Integrated Water Management, Australia, February 2-5, 2011
- (126) Naoyuki Funamizu: New policy and technology for water and sanitation, 1st Ameli-Eaur International symposium on sustainable water and sanitation system, Paris, September 21-23, 2010.
- (127) Fumiko Hakoyama: Trends of safe drinking water supply in the Sahel region: global principles, foreign assistances and national policy, 1st Ameli-Eaur International symposium on sustainable water and sanitation system, Paris, September 21-23, 2010.
- (128) Masahiro Murakami: Water and sanitation model for peri-urban area: a case of appropriate technology application and community water management in Sub-Sahel Africa, 1st Ameli-Eaur International symposium on sustainable water and sanitation system, Paris, September 21-23, 2010.
- (129) Takako Nabeshima: Social scientific approach for the sanitation in Africa: restructuration of actors' relations for water management, 1st Ameli-Eaur International symposium on sustainable water and sanitation system, Paris, September 21-23, 2010.
- (130) Aude Nanquette: Social Sciences' contribution to Sanitation issues in Burkina Faso, 1st Ameli-Eaur International symposium on sustainable water and sanitation system, Paris, September 21-23, 2010.
- (131) Shunsuke Nishimura, Ikuo Tsumihama, Ayako Miyamoto, Masahiro Ogoshi, Nobuyuki Horie: Effective utilization of sewage sludge for agricultural land in Japan. 1st Ameli-Eaur International symposium on sustainable water and sanitation system, Paris, September 21-23, 2010.

- (132) Guizani Mokhtar, M. Dhahbi, Naoyuki Funamizu: Fractionation and characterization of dissolved organic matter containing endotoxin in reclaimed waste water, 1st Ameli-Eaur International symposium on sustainable water and sanitation system, Paris, September 21-23, 2010.
- (133) Mariam Sou, H. Yacouba, A. Mermoud: Wastewater recycling in irrigation: fertilizing value and health risks assessment. Case study in a Soudano-Sahelian climate, 1st Ameli-Eaur International symposium on sustainable water and sanitation system, Paris, September 21-23, 2010.
- (134) Pahore Muhammad Masoom, K. Ushijima, R. Ito, N. Funamizu: Application of water transport model to design the onsite volume reduction system for source-separated urine, 1st Ameli-Eaur International symposium on sustainable water and sanitation system, Paris, September 21-23, 2010.
- (135) Takashi Kakimoto, Shinya Hotta, Hitoshi Shibuya, Haruki Suzuki, Naoyuki Funamizu: Characteristics of components in fresh human urine and their fate during storage process, 1st Ameli-Eaur International symposium on sustainable water and sanitation system, Paris, September 21-23, 2010.
- (136) Nowaki Hijikata, Hiroki Yamazaki, Natsuru Yamauchi, Kenta Yabui, Ken Ushijima, Naoyuki Funamizu: Evaluation of agricultural by-products as a composting matrix, 1st Ameli-Eaur International symposium on sustainable water and sanitation system, Paris, September 21-23, 2010.
- (137) Ryusei Ito, Ken Ushijima, Naoyuki Funamizu: Pilot study of onsite wastewater differentiable treatment system: Japan case, 1st Ameli-Eaur International symposium on sustainable water and sanitation system, Paris, September 21-23, 2010.
- (138) Satoshi Takizawa, Ryo Kawanishi, Kumiko Oguma: Ceramic membrane filtration at elevated temperature by solar radiation, 1st Ameli-Eaur International symposium on sustainable water and sanitation system, Paris, September 21-23, 2010.
- (139) Masahiro Takahashi, Yuji Hashimoto: Water reclamation and resources recovery from gray water in urban sub-Sahara, 1st Ameli-Eaur International symposium on sustainable water and sanitation system, Paris, September 21-23, 2010.
- (140) Ken Ushijima, Nowaki Hijikata, Ryusei Ito, Naoyuki Funamizu: Graywater treatment by slanted soil system, 1st Ameli-Eaur International symposium on sustainable water and sanitation system, Paris, September 21-23, 2010.
- (141) Mokhtar Guizani, Mahmoud Dhahbi and Naoyuki Funamizu, Activated sludge treatment process and control of endotoxin. 44th annual conference of JSWE. Fukuoka, Japan. March 15th-17th, 2010.
- (142) Funamizu N. : Key concept of the water and sanitation: Onsite wastewater differentiable treatment system, 1st workshop of “Ameli-Eaur” project, March 10th, 2010, Ougadougou, Burkina Faso
- (143) Takahashi Masahiro: Collection and reuse of graywater in urban area, 1st workshop of “Ameli-Eaur” project, March 10th, 2010, Ougadougou, Burkina Faso
- (144) Ryusei Itoh: Design of the composting toilet, 1st workshop of “Ameli-Eaur” project, March 10th, 2010, Ougadougou, Burkina Faso
- (145) Ayako Miyamoto: Research activity in Wastewater and Sludge Management Division, Water Quality Control Department, National Institute for Land and Infrastructure Management Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, 1st workshop of “Ameli-Eaur” project, March 10th, 2010, Ougadougou, Burkina Faso
- (146) Takako Nabeshima: Point of view to analyze African politics and society: for social development, 1st workshop of “Ameli-Eaur” project, March 10th, 2010, Ougadougou, Burkina Faso
- (147) Fumiko Hakoyama: Community Participation, Gender and Sustainability in the Améri-Eaur project, 1st workshop of “Ameli-Eaur” project, March 10th, 2010, Ougadougou, Burkina Faso
- (148) N. Funamizu, A. Huelgas: Performance of Membrane Bioreactor for Onsite Treatment of Higher-load Graywater, International International Conference on Sustainable Water infrastructure for Cities and Villages of the Future (SWIF2009), November, 2009, Beijing, China
- (149) Funamizu N.: Compositing toilet: its functions and design procedure, International Conference on Sustainable Water infrastructure for Cities and Villages of the Future (SWIF2009), November, 2009, Beijing, China
- (150) Funamizu Naoyuki: International Research Collaboration Project on water and sanitation system based on the concept: “Don’t mix” and “Don’t collect” wastewater. International conference

on waste and biomass residues valorization in developing countries, Ouagadougou, Burkina Faso, July 9-11, 2009

- (151) 橋本祐司, 高橋正宏: 酸化池による高度処理とエネルギー回収に関する基礎的検討, (社) 日本下水道協会 第46回下水道研究発表会, pp715-pp717(2009 年 7 月)

③ ポスター発表 (国内会議13件, 国際会議11件)

- (1) Darimani H. S., Ito R., Sou/Dakoure M., Funamizu N., Yacouba H. and Maiga A.H. (2014) Microbial Risk Assessment Associated with Post-treatment of compost from the composting toilet. Africa Water, Ouagadougou.
- (2) Darimani H.S., Ito R., Sossou S.K and Maiga A.H. (2013) Effect of the post-treatment conditions after the composting process on inactivation of *E.coli* ATCC 11775. 2iE Journée scientifique, Ouagadougou.
- (3) H. Amadou, Y. Maiga, M. Sou/Dakoure, A. Abdou, A.H. Maiga: Grey water treatment by slanted soil system under real conditions in rural area, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, November 24th-26th, Kochi, Japan
- (4) R. Ito, K. Ushijima, K. Yabui, N. Hijikata, N. Funamizu, Design of Composting Toilet Adapting to People in Burkina Faso, 3rd IWA Development Congress & Exhibition Catalysing Urban Water Transitions, Nairobi, Oct. 2014
- (5) Satoshi Takaki, Satoshi Takizawa, Jenyuk Lohwacharin, Kumiko Oguma, Hiroshi Sakai, Effects of Elevated Temperature on Microfiltration of Dissolved Organic Matter by Ceramic Membrane, p. 570, The 48th Annual Conference of Japan Society on Water Environment, March 18, 2014.
- (6) 毛利徹, 中曾拓, 土方野分・村上雅博 (2013) 耐塩性植物の成長特性とコンポスト利用による土壌塩類集積問題, 流域圏学会誌, 第 2 巻 2 号, pp.75-76
- (7) Ryo Koyanagi, Koichi Yamamoto (2013) 14th Environmental Study Tour in Bali 2013 ~About water quality and sanitation~, 土木学会環第 50 回境工学フォーラム講演集 (2013 年 11 月 19 日)
- (8) 岡佐充, 小熊久美子, 酒井宏治, 村上道夫, 滝沢智, ‘砂充填型セラミックポットフィルターによるヒ素及び微生物の除去特性’, 第 50 回環境工学研究フォーラム, 北海道大学, 2013 年 11 月 19 日~21 日
- (9) Fumiko Hakoyama, “Application of a Micro-Credit system to the Ameli-Eaur Project - To ensure sustainability at the Project Sites -” 2iE Science Week, Burkina Faso, April 5th 2013
- (10) H. Derabe Maobe, M. Onodera, M. Takahashi, H. Satoh, T. Fukazawa, The effects of recycling algae and controlling solid retention time in High rate algal pond, 4th IWA Young water professional conf., Tokyo, Dec. 8th 2012
- (11) Nowaki HIJIKATA, Takashi KAKIMOTO, Hideaki MIYAI, and Naoyuki FUNAMIZU: Investigation into determination method of anti-malarial drugs in environmental water and soil, SETAC Asia Pacific 2012, Sep 24-27th, Kumamoto Japan
- (12) Nowaki Hijikata, Emi Nakaoka, Abe Takayuki, Ken Ushijima, Naoyuki Funamizu: Feasibility of greywater reuse for irrigation: the impact of laundry detergent and its surfactant on plant growth and symbiotic bacteria, SETAC Asia Pacific 2012, Sep 24-27th, Kumamoto Japan
- (13) 中曾拓人, 北村沙紀, 千頭麻子, 村上雅博, “耐塩性植物を用いた栽培実験”, 第 2 回 流域圏学会・学術研究発表会・要旨集, 高知高専, 2012.9.29
- (14) H. Derabe Maobe, M. Sato, M. Takahashi, H. Satoh and T. Fukazawa, ALGAE AND NUTRIENT REMOVAL INTO HIGH RATE SETTLEABLE ALGAE POND (HRSAP), The 4th IWA-ASPIRE Conference & Exhibition, 2011
- (15) 西山明宏・村上雅博, 水生植物・ホテイアオイの溶存二酸化炭素及び栄養塩類の吸収特性と石土池の水域環境保全システムの提案, 第 1 回 流域圏学会・学術研究発表会・要旨集, 高知大学, 2011
- (16) 森本敬光・村上雅博, 水温の変化が沈水性植物の水質環境改善効果に及ぼす影響—石土池を対象として—, 第 1 回 流域圏学会・学術研究発表会・要旨集, 高知大学, 2011
- (17) Hijikata, N., Ushijima, K., Yamauchi, N., Yabui, K., Funamizu, N.: Possibility of several agricultural by-products as a matrix of composting toilet. *Proceedings of The 1st International conference on Arid land “desert technology X”*, May 24-28, 2011, Narita-Tokyo, Japan.
- (18) 牛島健, 野夫井謙太, 土方野分, 伊藤竜生, 船水尚行: 低コスト型コンポストトイレの開発,

第 45 回日本水環境学会年会, 北海道大学, 2011 年 3 月 18 日

- (19) 北村 砂紀・村上 雅博, 高知県における下水汚泥の全量堆肥化について・第 48 回土木学会 環境工学フォーラム (2010), 高知大学, 2010 年 11 月 14 日
- (20) 酒井 哲, 村上 雅博, 高知県石土池の湖底ヘドロ堆積問題・第 48 回土木学会 環境工学フォーラム (2010), 高知大学, 2010 年 11 月 14 日
- (21) 千頭 麻子, 村上 雅博(高知工科大学)ブルキナファソ国北部における降雨量変動とソルガム収穫量変動の関係四万十・流域圏学会 第 10 回総会・学術研究発表会概要集, pp. 27-28, 高知市, 高知女子大 2010. 5. 29
- (22) 瀬尾 和貴, 村上 雅博, 南海大地震時における山田島地区の地下水給水ライフライン確保, 第 10 回 四万十・流域圏学会, 高知女子大, 2010 年 5 月 29 日
- (23) 竹村 美紀, 村上 雅博, KUT 四万十川方式水浄化システムと高度(三次)処理水の循環再利用, 第 10 回 四万十・流域圏学会, 高知女子大, 2010 年 5 月 29 日
- (24) 鳥谷恵生, 村上雅博, ケニアにおける大野式上総堀りによる地下水井戸開発, 第 10 回 四万十・流域圏学会, 高知, 2010 年 5 月 29 日

(5)知財出願

- ①国内出願 (0件)
- ②海外出願 (0件)
- ③その他の知的財産権: なし

(6)受賞・報道等

① 受賞

- (1) ポスター発表賞, 環境工学研究フォーラム(2014.12.22)論文名: アフリカの無電源地域での安全な水供給を目的とした太陽光殺菌および水位差利用型膜ろ過処理の現地実験(橋本崇史, 滝沢智, Yacouba Konate)
- (2) Presentation award for young researchers, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries (2014.11.26) 論文名: Effect of burned shell dosage on crystal species in synthetic cow urine (S. Kaneko, R. Ito, N. Funamizu)
- (3) Presentation award for young researchers, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries (2014.11.26) 論文名: Microbial risk assessment associated with post-treatment of compost from the composting toilet (H.S. Darimani, R. Ito, M. Sou/Dakoure, N. Funamizu, H. Yacouba, A.H. Maiga)
- (4) 日本水フォーラム「GOOD プロジェクト ～世界のすべての人にトイレのある暮らしを～『世界を変えるトイレ賞』」において「トイレプロ事務局特別賞」を受賞 (2014 年 3 月)
- (5) 優秀ポスター発表賞, 環境工学研究フォーラム(2013.11.21)論文名: 砂充填型セラミックポットフィルターによるヒ素及び微生物の除去特性(岡佐充, 小熊久美子, 酒井宏治, 村上道夫, 滝沢智)
- (6) 優秀賞(ポスター) 流域圏学会第 3 回学術研究発表会 (2013 年 9 月 28 日)論文名: 耐塩性植物の成長特性とコンポスト利用による土壌塩類集積問題(毛利徹, 中曾拓, 土方野分・村上雅博)
- (7) 優秀賞, 流域圏学会(2012.9.29)論文名: 耐塩性植物を用いた栽培実験(中曾拓人・北村沙紀・千頭麻子・村上雅博)
- (8) 優秀賞, 流域圏学会 (2011.5.27)論文名: 水生植物・ホテイアオイの溶存二酸化炭素及び栄養塩類の吸収特性と石土池の水域環境保全システムの提案(西山明宏・村上雅博)
- (9) 「功労賞」村上 雅博, 四万十・流域圏学会 [2010 年 5 月 29 日]
- (10) 「貢献賞」村上 雅博, 四万十・流域圏学会 [2010 年 5 月 29 日]

② マスコミ(新聞・TV等)報道(プレス発表をした場合にはその概要もお書き下さい。)

- (1) 日本科学未来館企画展「トイレ 行つトイレ」に成果の一部も展示したのに伴い, ニュートン9月号, 読売KODOO新聞, フジテレビ報道2001にてプロジェクトの内容が紹介される。
- (2) 北海道新聞. 2014年1月31日. 世界の衛生事情. 北大が出張講義.
- (3) 北海道新聞. 2013年12月19日. トイレ事情から世界学ぶ

- (4) JICA広報誌『JICA's World』“混ぜない”“集めない”スタイルで衛生活動，平成24年8月号
- (5) 文部科学広報 プロジェクト紹介 「集めない」「混ぜない」-“心清き国”にきれいなトイレを，平成24年7月号 No.152
- (6) 朝日新聞，H23年12月1日，“飲料水管理で研修，四万十市幡多農高アフリカ9ヶ国から”
- (7) JST News ブルキナファソの場合，vol.8 No.9, 2011
- (8) 週刊文教ニュース [文部科学情報]: =高知工科大学= JICA研修員(アフリカ)12名が来学，2011年2月7日
- (9) Cooperation Japon-Burkina Faso-zlf : Une recherche sur l'eau potable et l'assainissement, Sidwaya(ブルキナファソの国内誌)，2010年3月11日
- (10) TV番組「のりゆきのトークde北海道(UHB北海道文化放送)」にて，本プロジェクトが開発したコンポストトイレが紹介された．2011年3月28日
- (11) TV番組「ネットワークニュース北海道(NHK)」にて，本プロジェクトが開発したコンポストトイレが学生の取り組みとともに紹介された．2011年5月17日．
- ③ その他
- (1) イノベーションジャパン(2014年9月)に本プロジェクトの成果の一部を展示．
- (2) SATREPS写真展(2012年3月)において，JSTの要請によりコンポストトイレ試作機(実物)を展示

(7)成果展開事例

①実用化に向けての展開

特になし．

②社会実装(研究成果の社会還元)への展開活動

- 開発したビジネスモデルについて，国内の関係者により，ビジネスモデル研究会を組織．その活動を継続している．
- 2013年7月にブルキナファソ政府に政策提案(Integrated Water Resources Management for Food Security in Burkina Faso)を行い，水省の大臣をはじめとする局長級担当者会合にて説明．
- 2011年10月 農業大臣を北大に招聘，2014年1月 水省衛生総局長，水資源総局長を北大に招聘
- 相手国と日本側研究者による共同発表(共著論文:11編，共同発表:32件)
- 国際学会等での招待講演:国内会議7件，国際会議19件)
- ノーベル平和賞受賞者である Prof. Muhammad Yunus が主催する 2012年11月に開催される Global Social Business Summit 2012:Power of Innovation - To Change the World に招待される．
- 2012年サンノゼで開催された Global Innovation Summit において，サニテーションシステム導入のための新しいビジネスモデルに関する報告を行った．Social Enterprise において，そのビジネスモデルの形式はいわゆる先進国向けのものは存在しているものの，アフリカ地域のような開発途上国におけるビジネスモデルはこれまで提案されたことがなく，注目を集めた．
- 2013年6月横浜で開催された TICAD V ではサイドイベント(75名参加，ブルキナファソ政府水省の大臣も講演)と展示を実施し，広くアフリカの指導者に情報提供を行った．
- Africa Water(2014年6月)におけるサイドイベント，展示の実施．
- ブルキナファソ政府主催 6^{ème} Forum mondial de l'eau, December 20-22, 2011 においてプロジェクトの紹介
- SIAO にてコンポストトイレを展示・使用(2012年10月-11月)
- JSPS アジア・アフリカ学術基盤形成事業(2014年-2016年)(題名: 資源回収型サニテーションモデル開発研究) に採択され，本プロジェクトの成果をザンビア，インドネシア等広く展開を開始．
- 研究プロジェクトの成果を
<http://www.eng.hokudai.ac.jp/labo/UBNWTRSE/project/jst-jica/burkina-faso/index.htm> に公開するとともに，ブルキナファソ通信欄を設置．

§ 6 プロジェクト期間中の主なワークショップ、シンポジウム、アウトリーチ等の活動

(1-1) ワークショップ、シンポジウム、その他チーム内ミーティング

年月日	名称	場所	参加人数	概要
2009年5月23日, 24日	キックオフミーティング	北海道大学 大学院工学 研究科	17名	科研基盤研究Sグループとの合同キックオフミーティング。代表者よりプロジェクトについての説明, 各研究者より研究計画の発表を行った。
2009年7月3日	第2回チームミーティング	東京大学 大学院工学系 研究科	23名	ブルキナファソ駐日大使を招き講演を行った。また来日中のロペス氏が発表を行った。
2009年8月6日	第3回チームミーティング	JICA本部	16名	JICA研究所花谷氏を招き講演を行った。今後の計画, 研究活動について討議を行った。
2009年11月2日	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 セッション2	北海道大学	423名 (1名)	水の国際開発援助に対する日本の役割と題するセッションを開催した。2iEよりBiao教授を招き, 講演をお願いした。
2009年12月	北海道大学-JICA 共同シンポジウム	北海道大学	70名	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～」を企画, 実施した。提言書も纏めた。
2009年12月18日	第4回チームミーティング	北海道大学 大学院工学 研究科	16名	2iEとの協議状況の報告, 11月現地訪問時の報告, 各研究者による進捗状況の報告を行った。
2010年3月10日, 11日	1st Améli-Eaur workshop	2iE(ブルキナファソ)	53名	日本側研究者, 2iE研究者による今までの研究状況, について発表を行った。
2010年5月7日	第5回チームミーティング	東京大学	22名	これまでの経過と今年度の行事, 渡航計画について討議を行った。また各研究者による年度計画の発表を行った。
2010年7月22日, 23日	第6回チームミーティング	北海道大学	16名	青年海外協力隊ブルキナファソ派遣 OG による講演, 準備状況, 9月のパリシンポジウムについての説明。各研究者による進捗状況の報告。
2010年9月15日-17日	2nd Améli-Eaur workshop	2iE(ブルキナファソ)	21名	日本側研究者, 2iE研究者による今までの研究状況, について発表を行った。
2010年9月21日-23日	1st Améli-Eaur International symposium on sustainable water and sanitation system	パリ	40名 (5名)	日本側研究者, 2iE研究者に加え, ブルキナファソ農業省担当者, ヨーロッパ, アジアの研究者により, 水とサニテーションの現況, 工学技術, 社会科学的検討につ

				いて研究発表, 討論を実施.
2010 年 10 月	北海道大学「持続可能な発展」国際シンポジウム Session 3 World Water Crisis and Our Well-being	北海道大学	76 名	中国, アメリカ, 日本の研究者が発表し, 水の危機について討論を行った.
2011 年 1 月 14 日	第 7 回チームミーティング	北海道大学	17 名	2iE との打ち合わせ内容報告. ビジネスモデルについて討議. 各研究者による 2010 年度研究報告と 2011 年度研究計画.
2011 年 2 月 23 日	Indonesia-Bukina Faso, Joint Seminar on Sustainable Sanitation	北海道大学	20 名 (2 名)	インドネシア, ブルキナファソ, 日本の研究者でサニテーションについて発表, 討論
2011 年 3 月 29 日	3rd Améli-Eaur workshop	2iE (ブルキナファソ)	20 名	日本側研究者, 2iE 研究者による今までの研究状況, について発表を行った.
2011 年 7 月 6 日, 7 日	第 8 回チームミーティング	北海道大学	15 名	現状報告, 各研究者による 2011 年度の研究計画発表, パイロットプラント実験について討議
2011 年 10 月 28 日	2nd Améli-Eaur International symposium on sustainable water and sanitation system	北海道大学	123 名 (7 名)	北大のサステナビリティウィークの一環として, 日本側研究者, 2iE 研究者による研究発表が 6 セッション, 21 件行われた. ブルキナファソ農業水利省大臣に参加頂き, ご挨拶頂いた.
2011 年 10 月 29 日	Workshop on Application and diffusion strategy of Sustainable Sanitation	北海道大学	22 名 (4 名)	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.
2011 年 11 月 1 日, 2 日	2nd Améli-Eaur International symposium on sustainable water and sanitation system PARTII	インドネシア 科学技術院 (インドネシア)	45 名 (2 名)	水と衛生に関する共同研究の 2 つのプロジェクトが共同で開催し, インドネシア, ブルキナファソ, 日本の研究者の研究交流を行った.
2012 年 2 月	第 9 回チームミーティング	高知工科大学	11 名	2011 年度研究報告と 2012 年度研究計画について
2012 年 3 月 13 日	Sustainable Sanitation for Rural and Urban Areas in Sahel Countries	マルセイユ (フランス)	40 名 (3 名)	マルセイユで開催された第 6 回世界水フォーラムのサイドイベントとしてプロジェクト主催のイベントを開催し, プロジェクトの概要説明をし, パネラーや参加者らと意見交換を行った.
2012 年 3 月 22 日	4th Améli-Eaur workshop	2iE (ブルキナファソ)	15 名	各研究グループの 2012 年度研究計画の発表を行った.
2012 年 11 月 30 日	第 10 回チームミーティング	北海道大学	14 名	中間評価について, 各研究者の研究進捗状況発表

2013 年 2 月 18 日	第 11 回チームミーティング	北海道大学	11 名	2012 年度研究報告, 2013 年度研究計画
2013 年 6 月 3 日	TICAD V サイドイベント (Integrated Water Resource Management for Food Security)	パシフィコ 横浜	75 名 (3 名)	TICAD V のサイドイベントを開催し, ブルキナファソ水大臣によるプレゼンテーション及び日本の事例を紹介し, 農業・食料生産のための水資源の統合的管理について参加者らと意見交換を行った.
2013 年 8 月	サブグループリーダー 札幌会議	北海道大学	10	DALY を用いた健康リスク評価法を共有
2013 年 11 月 15 日	第 1 回ビジネスモデル 研究会	住友化学本 社ビル	18 名	ビジネスモデルに関する研究者や企業の方に集まってもらい, 今後の方針に関して意見交換を行った.
2014 年 2 月 7 日	第 2 回ビジネスモデル 研究会	3×3 ラボ会 議室	15 名	ビジネスモデルに関する研究者や企業の方々とトイレ試作機について意見交換を行った.
2014 年 3 月 31 日	第 3 回ビジネスモデル 研究会	北海道大学 東京オフィ ス	9 名	ビジネスモデルに関する研究者や企業の方々と今後の展開について意見交換を行った.
2014 年 2 月 20 日	第 12 回チームミーティ ング	北海道大学	16 名	各研究グループの 2013 年研究報告, 2014 年研究計画について発表を行った.
2014 年 6 月	Africa Water Améli-Eaur セッション	2iE (ブルキ ナファソ)	60 名	Améli-Eaur プロジェクトの概要を Africa Water 参加者に紹介. トイレ等の展示も実施.
2014 年 8 月 29 日	第 13 回チームミーティ ング	北海道大学	13 名	最終評価に向けての打ち合わせ, 各研究者の研究進捗状況について発表を行った.
2014 年 11 月 24 日～26 日	AGRO 2014 SATREPS セッション	ザ クラウン パレス新阪 急高知	100 名	AGRO 2014 にて SATREPS セッションを設け, ブルキナファソ, 日本の研究者による研究成果発表を行う.
2014 年 11 月 29 日	Workshop on Global Sanitation	総合地球環 境研究所	36 名	総合地球環境研究所と合同でセミナーを開催
2015 年 2 月 19 日	5th Améli-Eaur workshop	2iE (ブルキ ナファソ)	20 名	各研究グループの研究報告の発表を行う.

(1-2) アウトリーチ活動

年月日	名称	場所	参加人数	概要
国内				
2009 年 12 月	北海道大学—JICA 共同シンポジウムと提言書作成	北海道大学		Hokkaido University NEWS LETTER に掲載

2012 年 11 月	小学校での講演	函館市立南 本通小学校	120	小学4, 5, 6年生を対象に「アフリカの子どもたちの生活と、自分たちの毎日の生活を比べながら、トイレについて考える」と題する講演を実施
2012 年 11 月	高校での講義	立命館慶尚 高等学校	100	高校1, 2年生を対象に「How to attack the Cycle of Poverty? Challenges from Water and Sanitation sector」と題する講演を実施
2012 年 12 月	高校での講義	北海道立札幌北高校	20	高校1, 2年生を対象に「How to attack the Cycle of Poverty? Challenges from Water and Sanitation sector」と題する講演を実施
2013 年1月	学生イベントで講演	北海道大学	50	TICAD V 学生プロジェクト主催イベント「Touch to Africa -アフリカの多様性に触れる-」で講演
2013 年 3 月	日本学術会議北海道地区委員会主催学術講演会	北海道大学	80	「アフリカに暮らす人たちとその環境―北の大地からアフリカへの貢献―」の企画・運営、講演
2013 年 10 月	北海道大学サステナビリティ・ウィーク・北大アフリカ研究会 (HURNAC) シンポジウム	北海道大学	70	『アフリカで活躍する北大の研究者たち～つながる北大のアフリカ研究ネットワーク～』において、鍋島准教授、伊藤助教、牛島特任助教が講演を行った。
2013 年 11 月	北海道下水道勉強会	北海道大学	35	行政関係者、水関連企業技術者を対象にプロジェクトの取り組みを紹介
2013 年 12 月	高校での講義	立命館慶尚 高等学校	250	「How to attack the Cycle of Poverty? Challenges from Water and Sanitation sector」と題する講演を実施
2014 年 1 月	高校での講義	北海道北海道登別明日中等教育学校	200	「How to attack the Cycle of Poverty? Challenges from Water and Sanitation sector」と題する講演を実施
2014 年7月 ―10 月	企画展「トイレ？ 行っ トイレ！～ボクらのうんちと地球の未来」	日本科学未来館		プロジェクトの成果を展示
2014 年 8 月	教員免許状更新講習 「理系の応用技術:工学の世界」	北海道大学	24	開発途上国の水:衛生と資源回収型サニテーション
2014 年 10 月 4 日	適正技術人材育成研修 第182回 APEX セミナー	JICA 地球ひろば	20	「サヘル地域に適合的な循環型サニテーションシステムの構築」と題して講演
2014 年 11 月 6 日	第 53 回機能紙研究発表・講演会	静岡県富士市	120	特別講演「技術の社会への展開―サニテーション技術のアフリカ導

				入プロジェクトの経験をもとに-」を行った。
2015年2月7日	藤女子大学にて講義	藤女子大学	10	「ブルキナファソにおけるサニテーションプロジェクトの経験」題して講義
2015年2月28日	三省堂サイエンスカフェ in 札幌	三省堂書店札幌店		アフリカで行われている貧困問題解決を目指した水環境改善の取組の紹介
国外				
2010年3月	大学での講義	フィンランド, TAMK	60	サニテーションの考え方とブルキナファソでの実践を講義
2011年10月	ブルキナファソ農業大臣を北海道大学に招聘	ブルキナファソ	3	アグロサニテーションの考え方, 技術を紹介
2011年12月19日～21日	Information Workshop	Ziniare Kolgonguesse 村, Ziniare Barkoundouba 村, Ouagadougou Kammoïnse 村	80	ブルキナファソ住民を対象として劇団による衛生状況とプロジェクト説明, アニメーター作成イラストによる衛生状況の説明, コンポストトイレの実演等を行った。
2011年12月20-21日	6 ^{ème} Forum mondial de l'eau	ブルキナファソ		アグロサニテーションについて紹介
2012年4月5-10日	トレーニングワークショップ	ブルキナファソ		雑排水系の使用方法
2012年5月8-10日	トレーニングワークショップ	ブルキナファソ		コンポストトイレについて
2012年7月	Global Innovation Summit	サンノゼ	200	新しいビジネスモデルを紹介
2012年8月	SAFE AND SUSTAINABLE SANITATION WORKSHOP	フィンランド, THT	40	ビジネスモデルとそれを支える技術を紹介
2012年10月10日	Bobo ゴマ農家ワークショップ	ブルキナファソ	5	ボボゴマ農家がカンバンセ, ジニアレのパイロットサイトを視察. プロジェクトの概要及び機材詳細の説明
2012年10月24日	トレーニングワークショップ	ブルキナファソ		腰掛式コンポストトイレについて
2012年10-11月	SIAO2012	ブルキナファソ		コンポストトイレとプロジェクトの紹介を展示
2012年11月	Global Social Business Summit	ウィーン	300	ビジネスモデルとそれを支える技術を紹介
2013年12月	パイロット家庭向けワークショップ	ブルキナファソ	25	コンポスト, 尿の肥料効果について

2014 年 1 月	ブルキナファソ政府水省 局長招聘			アグロサニテーション, 水管理に ついて紹介
2015 年 2 月 16 日, 21 日	ローカル職人のトレーニ ング	ブルキナフ アソ	12	コンポストトイレの設置, 維持管理 法の講習
2015 年 2 月 17 日, 18 日	パイロット家庭向けワー クショップ	ブルキナフ アソ	32	使用者マニュアルをもとにした今 後のトイレ, 排水処理, 農業利用 について
2015 年 2 月 20 日	ブルキナファソ政府関係 者技術者向けワークショ ップ	ブルキナフ アソ	38	排水処理, コンポストトイレ, セラミ ックフィルターのメンテナンス等 について
政策等立案者のパイロットサイト・2iE 実験室訪問				
2012 年 7 月 24 日	Mr. Ousseynou Guene (Principal Sanitation Specialist at African Water Facility/AfDB)			カンバンセパイロットサイト(農村モ デル)視察 パイロットサイトの概要について説 明
2012 年 9 月 28 日	PROJEA			ジニアレパイロットサイトを視察, プロジェクトの概要について説明
2012 年 12 月 13 日	久保 歩(海外農業開発 コンサルタンツ協会)			ブルキナファソにおける総合的な 水管理, および地下水管理につ いて意見交換
2013 年 3 月 11 日	田中理事長(JICA)			Kologondiesse パイロットサイト訪 問 Ameli-Eaur プロジェクト概要の説 明を行った. パイロットサイトの概要の説明
2013 年 8 月 9 日	阿部外務政務官 土方専門家			Ameli-Eaur プロジェクトの紹介
2013 年 9 月 12 日	参議院ODA特別視察 団(藤井基之 参議院 議員(自民), 中西雄介 参議院議員(自民), 大 野元裕 参議院議員 (民主))			2iE カンボアンセ都市モデル雑排 水処理プラント&試験圃場, カン ボアンセ農村モデルパイロット家 庭への視察
2014 年 5 月 19 日	在ブルキナファソ特任全 権二石大使,			2iE 新校舎, 実験室への視察
2014 年 7 月 1 日	石原外務政務官			2iE 新校舎, 実験室への視察

① 合同調整委員会開催記録

年月日	出席者	議題	概要
2010.9.17	Compaore Adama, Denis Marie Sondo, Stanislas Bonkouno, Nozaka Naohiro, Tanaka Kaori,	・プロジェクトの概要説明 ・プロジェクトの活動につい て ・予算	プロジェクトの概要を説明す るプレゼンテーションを行っ た.その後活動計画, 予算に ついて説明が行われた.

	Naoyuki Funamizu, Takahashi Masahiro, Takizawa Satoshi, Matunaga Ryuji, Horie Nobuyuki, Ito Ryusei, Ohono Yukiko, Philipe Girard, Joseph Wéthé, Mariam Sou		
2011.4.4	Compaoré Adama, Sondo/Savadogo Denis Marie, Bingbouré J. Nathieu, Sugiura Tsutomu, Moriy Yuji, Kageyama Tadashi, Gansore, Naoyuki Funamizu, Matsunaga Ryuji, Ito Ryusei, Ohono Yukiko, Philippe Girard, Sou/Dakouré Mariam, Maiga Ynoussa	•2010 年度の活動, 機材調達, 予算状況についての報告 •2011 年度の活動予定, 機材調達, 予算について •2011 年度の行事予定について	2010 年度の活動, 機材調達, 予算状況についての報告, 2011 年度の活動予定, 機材調達, 予算及び 2011 年度の行事予定について説明を行い, 質疑応答が行われた.
2012.4.27	Compaoré Adama, Sondo Denis Marie, Endo Satoko, Kageyama Tadashi, Gansore, Naoyuki Funamizu, Matsunaga Ryuji, Ito Ryusei, Ohono Yukiko, A H Maiga, Sou/Dakouré Mariam, Maiga Ynoussa	•2011 年度の活動, 機材調達, 予算状況についての報告 •2012 年度の活動予定, 機材調達, 予算について •2012 年度の行事予定について	2011 年度の活動, 機材調達, 予算状況についての報告, 2012 年度の活動予定, 機材調達, 予算及び 2012 年度の行事予定について説明を行い, 質疑応答が行われた.
2012.9.20	Wakui Junji, Sahara Juichiro, Kubo Hideyuki, Morita Toshiyuki, Asanuma Shuichi, Takahashi Akio, Totsuka Mayuko, Zongo Trinita, Andrianisa Harinaivo Anderson, Ouedraogo Jacob, Sondo Denis Marie, Sori Alassoun, Karambiri Harouna, Sou/Dakoure Mariam, Maiga Ynoussa, Moyenga David, Funamizu Naoyuki, Matsunaga Ryuji, Ito Ryusei, Yoshikawa Jun, Kageyama Tadashi, Gansore Cheik Assane Moctar, Endo Satoko,	•中間評価の報告	中間評価チームより, 中間評価について報告が行われた. その後参加者からのコメント, 質疑応答が行われた.

	Tsukii Yoshifumi		
2013.4.2	Traore Aly, Sondo Denis Marie, Sori Alassoun, Maiga Amadou Hama, Sou/Dakoure Marima, Maiga Ynoussa, Funamizu Naoyuki, Hakoyama Fumiko, Ito Ryusei, Hijikata Nowaki, Yoshikawa Jun, Morishita Hiromichi, Okada Aya, Gansore Cheik Assane Moctar, Endo Satoko, Baziommo Ferdinand	•2012 年度の活動, 機材調達, 予算状況についての報告 •2013 年度の活動予定, 機材調達, 予算について •2013 年度の行事予定について	2012 年度の活動, 機材調達, 予算状況についての報告, 2013 年度の活動予定, 機材調達, 予算及び 2013 年度の行事予定についての説明を行い, 質疑応答が行われた.
2014.4.7	Josephine Ouedraogo, Simon Sankara, Seydina Oumar Traore, Harouna Karambiri, Mariam Sou, Naoyuki Funamizu, Ynoussa Maiga, Ryusei Ito, Nowaki Hijikata, Hiroshi Enomoto, Jun Yoshikawa, Yumiko Kameda, Hiromichi Morishita, Aya Okada, Cheick Assane Moctar Gansore, Hiroyuki Shigemura, Atsuko Michinaka, Ryota Kawasumi, Joel Ouya	•2013 年度の活動, 機材調達, 予算状況についての報告 •2014 年度の活動予定, 機材調達, 予算について •2014 年度の行事予定について	2013 年度の活動, 機材調達, 予算状況についての報告, 2014 年度の活動予定, 機材調達, 予算及び 2014 年度の行事予定についての説明を行い, 質疑応答が行われた.
2014.12.16	Yuichi KUMAGAI, OUYA Joël, GANSORE Cheick A Moctar, OKADA Aya, SIGUE Moubassiré, Haruo Ito, Tadashi KAGEYAMA, Naoko HIRAMATSU, Yukihiko EJIRI, PALM LOWELENBRE Emma, Harouna KARAMBIR, I Alassoun SOR, Joséphine OUEDRAOGO, Jean Calixte NIKIEMA, Mariam SOU, Naoyuki FUNAMIZU, Locmano NACRO, DA Suveira Koffi Seva	•最終評価の報告	評価団によるプロジェクトに対する評価について報告が行われた.

2015.2.20	PALM/ LOWELENGRE Emma, Fousseni PALENFO, Alassoun SORI, Yezouma Coulibaly, Mariam SOU, Naoyuki FUNAMIZU, Hiromichi MORISHITA, Aya OKADA, Yuichi KUMAGAI, Seydina Oumar TRAORE	・2014 年度活動報告 ・機材について	・2014 年度の活動報告及び プロジェクト終了後の機材に ついて説明を行った。
-----------	--	-------------------------	--

§ 7 国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫, 教訓など

(1) 共同研究全体

・ プロジェクト全体の現状と課題

共同現地調査, 実証実験場所選定, 住民とのワークショップ, 研究者間のワークショップ, 国際会議開催, 機材の購入など, 多くの共同研究作業を 2iE 担当者と検討を行った経過から判断するとプロジェクト全体の現在の課題として次の事項が挙げられる。

・ 研究支援体制の確立(研究用機器の購入等)

研究の遂行にあたり, 研究支援体制の構築も重要である。特に, 機器の円滑な現地調達や共同研究がスムーズに進むような研究資金管理方策が必要である。また, ブルキナファソにおいては, コンポスト型トイレのような新しい技術を具体の形にできる技術を持ったグループがほとんどいない。そのため, 実証実験用の機器の作成に極めて長い時間と労力を必要とする。また, 単純な機材や部品の購入にも月単位の時間を要する。

・ 実証実験を円滑に進めるための工夫(研究者と住民をつなぐブリッジ)

2iE や日本研究者と住民のあいだをつなぐファシリテーターの役割を果たす人材が重要である。幸いにも, 住民との information workshop 開催にあたり, 劇団やアニメーターとの調整や住民との調整役を果たしてくれる人材を見つけることができた。この人材を核として, 住民と研究者の間の関係を良好に保つ努力をする必要がある。

・ 多様なアクターとの関係構築

本プロジェクトの重要な目標である水・衛生システム導入のためのビジネスモデルの構築においては, 極めて多様な階層, 職種, セクターの関係作りが重要となる。この意味で多様なアクターとの良好な関係構築が課題である。

・ 研究プロジェクトの妥当性・有効性・効率性・自立発展性・インパクトを高めるために実際に行った工夫

本プロジェクトで開発しつつある導入戦略としてのビジネスモデルを含む工学技術開発の概念を広く知らしめ, かつ認知度を高める活動を積極的に日本国内, ブルキナファソ, ならびにヨーロッパで実施してきた。具体的な活動については, § 4. プロジェクト実施内容及び成果におけるインパクトに関する記述, 4.9 キャパシティデベロップメントの記述を参照願いたい。

・ プロジェクトの自立発展性向上のために, 今後相手国(研究機関・研究者)が取り組む必要のある事項

基本的に相手側である 2iE は高等教育・研究機関としてある程度の実績を有している。広く世界各国から学生を集め, 遠隔教育も実施している。この点は日本側の北海道大学も見習う必要のある部分である。しかし, 水・衛生分野の高等教育, 研究のためには若手研究者の育成が急務である。本研究プロジェクトにおける共同研究過程において北大から 2 名が学位を取得, 北大博士課程に 3 名在籍, 2iE の博士課程に 2 名在籍している。また, 2iE の若手研究者が学位を取得できるように長期的なサポートする必要があると認識している。

各チームごとには特にならない。

§8 結び

本プロジェクトでこれまでに得られた成果の一番重要なものは、水・衛生施設導入のための戦略とそのビジネスモデルを構築を前提とし、このモデルを実現する技術を検討した点にあると判断している。すなわち、サヘル地域においてサンテーションシステム導入のために多大な努力と多くの資金が投入されてきたにもかかわらず、MDGsの達成は困難であることが推測されているのが現状である。導入戦略の再構築が求められていると判断している。

このような認識のもと、従来のサンテーションに対する考え方に新しいコンセプトを加えることができたことと判断している。すなわち、サンテーションの考え方について、次の3つのカテゴリーを提案した：

- (1) the Primitive Sanitation : open defecation や河川上に作られたトイレのように、自然の物質循環能力を利用したサンテーション（自然浄化能力を利用）
- (2) the Modern Sanitation : 人のし尿や排水を生活環境から安全に分離し、かつ環境汚染を生じさせないように処理後、排出する。すなわち、資金の流れは公共事業型であり、サンテーションは外部経済として位置づけられる。
- (3) the Postmodern Sanitation : 今回新しく提案した、資源回収型サンテーション。ユーザーの Value Chain を中心におき、サンテーションによりユーザーに資金の流れを作る。すなわち、サンテーションを内部経済として位置づける。そして、資金の流れは Cloud Capitalist に代表される民間・市民型とする。

そして、この Postmodern Sanitation のコンセプトを基礎に水・衛生に関する衛生工学、地域計画学、開発経済学、公衆衛生学・国際保健学、農学、政治学の寄与と相互連関の可能性をブルキナファソをフィールドとして実証することができたと考ええる。

従来の水・衛生施設導入のシナリオは現地の中央・地方政府主導のもと、国際的援助機関の援助を利用しながら進め、いかに利用者をこのシナリオの中に組み込んでいくか努力するものであったと考えている。今回提案している新しいビジネスモデルは利用者のバリューチェーンの中にいかに水・衛生施設を組み込んでいくかを最初から考え、BOP ビジネスモデルで利用されるマイクロファイナンス等の新しいファイナンスの仕組みと、Social Capitalist ともいべきグループとの連携を意図する持続可能性の高い仕組みを志向するものである。このモデルは日本の高齢化社会・人口減少社会における社会インフラの維持・更新にあたっての方策に何らかの示唆を与えるものと考えている。

また、プロジェクトの上位目標である「サヘル地域に適合したモデルの思想を発展させ、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）。」そして、「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ンテーションモデルが構築される。」に対しても、本プロジェクトは水・衛生の専門家集団にインパクトを与えることができてきていると判断している。その一つとして、日本学術振興会アジアアフリカ学術基盤形成事業（資源回収型サンテーションモデル開発研究 平成26年4月～平成29年3月）という形での展開している。この事業は、ブルキナファソに加えてザンビア、インドネシアの研究者と日本の研究者により、資源回収型サンテーションの学術基盤を形成しようとするものであり、サヘル地域での経験を他の地域に展開させるものである。これにより、プロジェクトの上位目標に向かって大きな一歩をすでに踏みだしていることになる。

加えて、このような一連の考え方＋具体的政策方向＋技術を改良・進化ならびにサヘル地域に展開するための高度な人材グループ（2iE の若手研究者とその卒業生、日本における学位取得者）を作り上げることができた。2iE はサヘル地域における、学術・技術・政策のシンクタンクとしての中心的役割を果たすグループとなりつつある。

また、パイロットファミリーの存在もあげることができる。彼らは、本プロジェクトの実証に参加し、サンテーションの主体として十分な役割を果たすことができることを示した。パイロットファミリーの周辺家族への、本プロジェクトの成果の伝搬の兆しも見えてきている。この点はアフリカ政治学の観点からは、「従来、アフリカ農民は自立したアクターとしてみなされてこなかった」ことに対し、「アフリカの農民が本

プロジェクトに参加できる自律的アクターと認めることは、これまでの国家政策であった水管理に国境を超えたネットワークを持ち込んだことになる。これらは伝統と近代性の二重の社会と国家を克服するポスト・モダン現象と位置づけることができる」と評価することができる。と考える。

開発途上国の衛生施設導入のためのビジネスモデルについては、これまで提案されてこなかったことから、多くの課題を含んでいるものと認識している。そのために、多様な専門家の意見を聞き、かつ、実現にむけて努力する過程において、多様な意見を謙虚に聞く姿勢が重要であると強く認識している。率直かつ厳しい批判をお願いする次第である。

プロジェクト推進の過程で得た二つ目の重要な認識は、グローバルなサプライチェーン利用の必要性である。実証実験用のコンポストトイレ制作の中で、ブルキナファソで入手可能な材料の制約と日本より価格の高いものが多いという事実である。また、ローカルな企業の技術力の制約もある。このような中で材料調達、部品制作、装置への組み立てをすべて現地で行うことよりは、世界的なモノづくり、材料供給のサプライチェーンの中で、最適な組み合わせを探していく努力をしていく必要があると痛感している。

最後に、2iE 側と日本側の若手研究者、大学院生の努力とブルキナファソのパイロット家族の皆さんに触れたい。これまでに2iE 研究者と日本側研究者の共著による論文、発表はこれまでに43件(原著論文11件、口頭発表32件)となっている。また、北大で学位を既に取得したものが2名、北大の博士課程に3名、2iE の博士課程に2名在籍して努力している。また、2iE の若手研究者で日本の論文博士の取得を目指しているものもある。2iE と日本側若手研究者・大学院生の努力に敬意を表したい。

現在、農村モデルを設置させていただいている6つの家族の皆さんには心から感謝したい。遠く離れた日本からの研究者を温かく迎えていただき、かつ、彼らにとってまったく未知の道具の利用を快く引き受けていただいている。彼らの真摯な態度と新しいものに対するポジティブは好奇心と寛容な心がこのプロジェクトの推進に極めて大きな役割を果たしていることを感謝したい。

§9 PDM の変遷 (該当する場合)

本プロジェクトでは PDM の変更等を行わなかった。

ただし、中間評価において、プロジェクトの4つのアウトプットの達成度の具体的評価指標を設定するように指示され、2013年4月2日開催の合同調整委員会において、達成度の評価指標が決定された(評価指標の詳細は §2 プロジェクト構想(および構想計画に対する達成状況) (3)成果目標—1 プロジェクトの目標とその達成度 参照)。

補足資料— 3

MANUAL FOR COMPOSTING TOILET

VERSION 0

BY RYUSEI ITO

CONTENT

Principal of toilet	1 4 8
Overview of technologies.....	1 4 8
Reactor.....	1 4 8
Mixing device.....	1 4 9
Bar	1 4 9
Lever mechanism.....	1 5 0
Parallel link mechanism	1 5 0
Chain transmission.....	1 5 0
Connection of reactor to mixing mechanism	1 5 1
Platform.....	1 5 2
Urine and water collection	1 5 2
Ventilation	1 5 3
Maintenance	1 5 4
Possible failure	1 5 4
Bar type	1 5 4
Lever mechanism type	1 5 4
Parallel link mechanism type	1 5 4
Chain transmission type	1 5 4
Reactor	1 5 4
Tubes for urine and water	1 5 4
Daily maintenance.....	1 5 5
Cleaning.....	1 5 5
Checking the compost in the reactor	1 5 5
Timing to withdraw compost.....	1 5 5
Contacts	1 5 5
Annex 1	1 5 6

Principal of toilet

The composting process produces compost from human feces in aerobic condition. The composting reaction is result of the biological activities of microorganisms, so the most important points are to supply oxygen to the microorganisms, to keep suitable moisture around them, and to spread organic matter – feces – on the microorganisms. To achieve these requirements, particles like sawdust or millet husk etc. are used for composting matrix, because they have large surface area for growing of microorganisms, capacity to keep water in their micro pore, and anti-agglomeration property. The mixing process homogenizes the microorganisms on the matrix, organic matter and water in the feces. It also changes the air in the void space of the particle layer to supply oxygen and to remove emission gases, carbon dioxide and water vapor. Ventilation system supplies fresh air and removes emission gases on the particle layer. If people put much water, such as urine and body cleaning water, the composting reaction will change to anaerobic reaction which makes bad odor owing to accumulation of water to make anaerobic condition in the composting matrix layer. To avoid this problem, there are 2 solutions; to install heating device to increase water elimination rate from the matrix layer and to separate the water to decrease water load to the composting reactor. In rural area in Burkina Faso, there is less electricity and the cost is huge for the people. So, the separation system with a urine diversion toilet bowl and a basin for body cleaning water is feasible for the people.

The toilet has reactor under the toilet bowl, because using gravity force is easy and definite to transport feces into the reactor. To mixing the composting matrix, there are several types or mixer; mixing screw, rotating box mixer, fluidized bed etc. In this system, the rotating box type is adopted owing to the most low cost type. To rotating the box, 4 transmission mechanisms, such as bar, lever mechanism, link mechanism and chain transmission, are been trying in Ameli-eaur project.

The toilet system can be divided into 2 parts; front and behind of the toilet bowl. In the front part which we call “interface side”, people can see, touch and feel, so that this part strongly affects evaluation of the toilet. This part should be easy to keep clean, bright. On the other hand, the behind part which we call “reactor side” is required to be simple and cheap. Therefore, white color is prevailing in the interface side to make cleanliness and black color is in the reactor side to hide the mechanisms from the people. The material of the building of the toilet is still under discussing. This is the most expensive and affects impression of people. Cheaper materials are good from the point of view of the cost, but evaluation should be low. The interface should be well decorated to make good appearance and to protect its structure.

OVERVIEW OF TECHNOLOGIES

REACTOR

Figure 1(a)i) shows the typical shape of the reactor. It has a hole to put feces, a cover to close the hole, a rotation shaft, a connection to mixing mechanism and another opening to withdraw the compost in the reactor. The hole is closed by the cover when it low part of the reactor during rotation. The cover is connected by the flexible material like gum sheet. We used hinge but it was easy not to work, because stack of the organic matter and small powders in the mechanism. Cylinder shape is best shape for positioning since the distance of the reactor wall doesn't change during the rotation – it prevents missing of feces from the hole, but it requires high accuracy of the manufacturing. So hexagonal prism or octagonal prism are better solution, since the distance between its circumscribed circle of the cross section and the hole is smaller than quadrangular prism (see Annex 1).



Figure i) Composting reactor

MIXING DEVICE

BAR

This mechanism is the simplest mixing device as shown in Figure (1). It has a bar and 2 ratchets. The bar is connected to the shaft of the reactor through the ratchet. The ratchets allow moving of the reactor to one side. When people push the bar, the reactor rotates. In reverse, people pull the bar, only the bar returns to original position owing to the ratchets. The weakness of the system is that it requires long movement or many times movement of the bar to the people. For example, people need to move 1m for one forth rotation with 1.3m of the bar (See Annex 2). The second weak point is the noise of the rotation. The ratchets make big noise and the shock of the rotation reverberates.



Figure (1) Bar mixing device

LEVER MECHANISM

Lever mechanism gives solution of the weak point of the bar type (Figure (2)). It has same parts of the bar type and link mechanism with iron plates to increase the rotation degree for one movement between the bar and the ratchet (See Annex 3). The weak point of the mechanism is that the load to the iron plates and fulcrums of the links is too huge because of the leverage. This mechanism doesn't solve the problem of the noise.



Figure (2) Lever mechanism

PARALLEL LINK MECHANISM

Parallel link mechanism provides silence rotation, one time movement and solidity. It has parallel link of the iron plates and connection to the shaft of the reactor (Figure (3), See Annex 4). People just rotate the handle and the reactor synchronizes with the rotation of the handle. It requires very high accuracy for its manufacture. The operation test is undergoing.



Figure (3) Parallel link mechanism

CHAIN TRANSMISSION

Chain transmission also provides silence rotation and one time movement. It has two pinions, chain and connection to the shaft (Figure (4)). People need to rotate the handle one time after defecation. The difficulties of this are deterioration of the chain and adjustment of the synchronization between handle and reactor.



Figure (4) Chain transmission mechanism

CONNECTION OF REACTOR TO MIXING MECHANISM

There are two models of the connection. The key sweated on the shaft to connect ratchet and other has connection plate (Figure ii)).



Figure ii) Connection mechanisms

PLATFORM

When we choose squatting type toilet, the reactor should be under ground level. The platform combines 2 functions; cover of the reactor side and support of the toilet bowl. It should support weight of the people to get on the platform and be light for easy to open the access to the reactor. It is made of plywood and iron tube support (Figure iii)).



Figure iii) Platform and its support

URINE AND WATER COLLECTION

To separate the urine and body cleaning water, the urine diverting toilet bowl and basin for collection of the water are installed on the platform (Figure iv)). The urine is collected by a tank put outside of the house through the tube (Figure v)). The water is also discharged to outside.



Figure iv) Toilet bowl with 3 holes



Figure v) Outlet and tank for urine collection

VENTILATION

The ventilation system is installed to make air flow from interface side to reactor side. The odor of the excreta and ammonia doesn't come to the interface side from the reactor by the flow and a few flies come into the toilet. The system adopts natural ventilation with PVC pipe (Figure vi), see Annex 6).



Figure vi) Outlet of ventilation tube

MAINTENANCE

POSSIBLE FAILURE

BAR TYPE

The ratchets are easy to broken. Check the switch of the direction. If it isn't good, change the ratchet.

The key sweated on the shaft detaches. We need to re-sweat it.

LEVER MECHANISM TYPE

The plates of the links are warped. Try striating the plate by tapping. If it isn't well, ask fabricator to make same plate. Then change it.

The ratchets are easy to broken. Check the switch of the direction. If the ratchet doesn't work well, change it.

The key, which connects the shaft and the ratchet, is easy to detach, although it is sweated on the shaft detaches. In case of detach, re-sweat them.

PARALLEL LINK MECHANISM TYPE

The connector, which is sweated to connect the shaft and the rotating mechanism, can detach from the shaft. In case of detach, re-sweat them.

The link mechanisms are fabricated precisely. If

CHAIN TRANSMISSION TYPE

When tooth jump on the chain and the pinion gear may happens, adjust the length of the chain by removing a piece.

REACTOR

The cover to withdraw the compost in the reactor opens to stack the rotation. Close the cover.

The flap may stack with the composting matrix or the shaft. Remove the matrix or check rubber sheet, which connects the flap and the reactor body.

The high moisture content of the composting matrix will erode the wall plate of the reactor body. If it happens, change the reactor with same shape and size.

TUBES FOR URINE AND WATER

The tubes for discharging urine and body cleaning water detach. Re-connect them.

DAILY MAINTENANCE

CLEANING

The toilet booth and toilet bowl should be cleaned frequently with sweeping and wiping. People can use small amount of water for cleaning. Flies come to feces attached on the toilet bowl. Don't spill water on the floor. The water will get into reactor side to result in poor drying rate of the composting matrix. Sometime, it causes bad odor and bad composting reaction.

CHECKING THE COMPOST IN THE REACTOR

People check the composting matrix in the reactor every month. To see composting reactor, people can remove the platform plate. It allows seeing inside directly. If the composting matrix is more than the shaft level (people cannot see the shaft in the reactor.), remove the compost from the reactor. If the compost is too wet (people can see water film on the surface of the composting matrix particles.), check the water load into the reactor or reactor side.

TIMING TO WITHDRAW COMPOST

When people need compost to fertilize their farmland, they can withdraw the compost from the reactor. After withdrawing, the compost need additional treatment (the protocol is to be determined.). Half of the reactor should be filled by composting matrix.

CONTACTS

Fabrication of toilet system

E. CO. I.

M. Compaore Issa

Tel: 70 27 00 24 / 76 47 04 04

Construction of toilet building and repairing

Nikiema Vincent

Tel: 78 98 48 53

Toilet bowl

Transformation et Confection en Matiere Poluester et Prestations de Services

M. BANDE Abdou

Tel : 78 84 19 83

ANNEX 1 DISTANCE BETWEEN RACTOR AND TOILET BOWL

The circumscription circle of each polygon can be considered for calculation of the distance between the reactor and the toilet bowl above the reactor (Figure 2)). The nearest level of the toilet bowl to the reactor is tangent line of the circle. For a quadrangular, the distance is calculated as follows; The distance CD in figure 2a) is calculated by $CD = OC - OD$. Here, each length is obtained as $OD = r \cos(45^\circ)$, $OC = r$, where, r is radius of the circumscription circle. Then, we get the equation for quadrangular as:

$$\text{distance} = r - r \cos(45^\circ) \quad (1)$$

We can apply same calculation for other polygons to get following equations.

For hexagonal:

$$\text{distance} = r - r \cos(30^\circ) \quad (2)$$

For octagonal:

$$\text{distance} = r - r \cos(22.5^\circ) \quad (3)$$

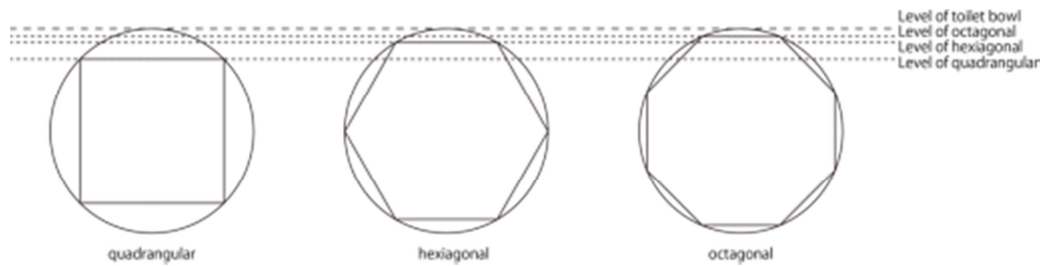


Figure 2) Circumscription circles of the polygons for composting reactor

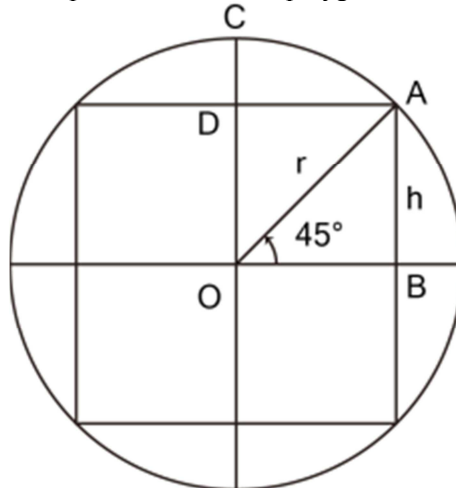


Figure a) Illustration for calculation of distance on quadrangular

補足資料—4

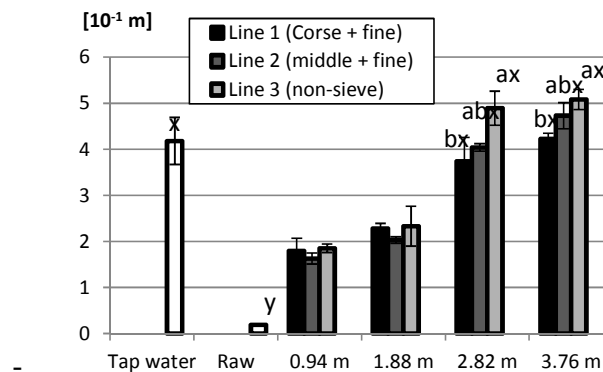
Grey Water Treatment Facility (rural)

1. Introductions



Fig.1 Overview of grey water treatment facility

- This facility makes waste water from laundry and shower into irrigation water. This facility also can collect and store human urine as fertilizer. Thus, this facility is one of key components for Agro-Sanitation, which will provide you irrigation water and liquid fertilizer for agriculture.
- This facility consists of (1) shower room, (2) slanted soil chamber, (3) urinal, and (4) urinary tank.
- Slanted soil chamber can accept laundry and shower waste water and treat them through soil chamber. Effluent water is suitable for irrigation; it does not contain phytotoxic components, such as detergents (Fig.2), and also it has low health risk.
- Shower waste water goes directly to slanted soil chambers, which can change grey water into irrigation water. Laundry water can be discharged from inlet on the slanted soil system.
- Urinal in shower room is connected to urinary tank at outside of shower room.



- Fig. 2 Root lengths and soil chamber length (Ushijima et al. 2013)

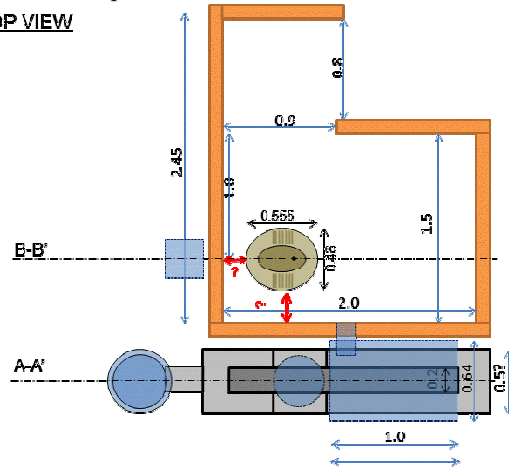
- Expected benefit:
 - Users can obtain irrigation water at near their house, through a year. It will contribute to users' income increase.
 - Users can get convenient shower & urinary room
- Expected disadvantage or risk:
 - Users have to bring laundry waste water to slanted soil chamber, but it makes irrigation water.
 - Users have to do additional work for urine management, such as tank replacement, but it makes fertilizer.
 - Inappropriate management may incubate mosquitos.

2. Construction

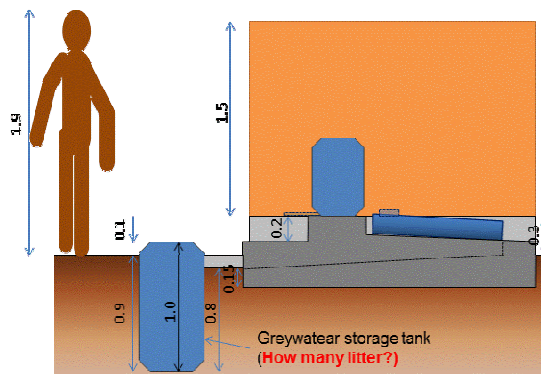
2.1. Basic Design

- Basic design is shown in Fig. 2. The size can be modified according to following instructions and each user's specific situation.

TOP VIEW



SIDE VIEW (A-A' aspect)



SIDE VIEW (Focusing on urination bowl)

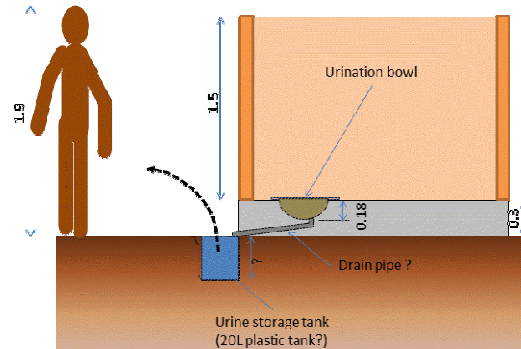


Fig.2 Basic design of grey water treatment facility

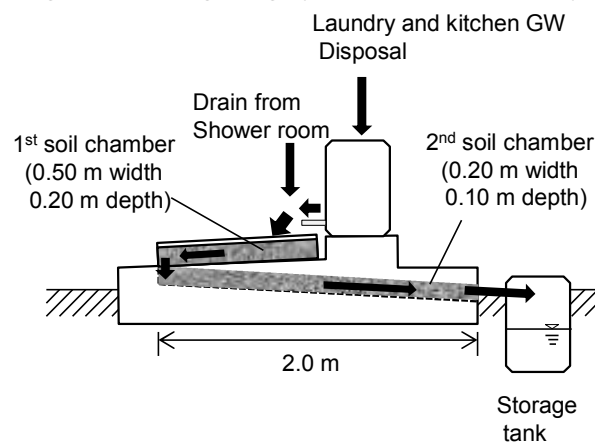


Fig.3 Slanted soil chamber



Fig.4 first soil chamber modified from baby bath

- Shower room: There is no definite regulation of size, but if you cannot keep sufficient space for shower room except for urinary, good cover for urinary bowl becomes necessary to avoid urine dilution by shower room.
- Basic size of slanted soil chamber is 1 (L) x 0.5 (W) x 0.2 (H) m for 1st chamber, and 2 m (L) x 0.2 (W) x 0.1 (H) m for 2nd chamber (Fig.3). This is suitable for 5 persons.
- 1st chamber must be replaceable, and users have to replace it every 1 month. Therefore users have to keep more than 2 sets of first chamber. Large baby bath (length of about 80 cm) is available as 1st chamber, by putting small holes (Fig.4).
- Slope of the 1st and 2nd chamber bed has to be set 1/20 strictly. This slope is important; no larger slope, no smaller slope is acceptable. Even if you increase the capacity of slanted soil chamber, slope must not be changed.
- Storage tank for treated grey water must have 50 -100 L, which corresponds grey water amount of 1 or 2 days.
- Urinary bowl: ceramic bowl is the best to keep clean and to avoid smell, but if it is difficult to buy urinary bowl, you can make bowl-like shape by concrete (Fig.5). In any case, urinary bowl should be set on little bit higher level (10 - 50 mm, see Fig.5), in order to avoid collecting shower waste water and rain water, those causes urine dilution.
- Urinary tank: You can use commonly used 20 L plastic tank for this (Fig.6). If 5 persons used this facility, you have to replace the urine tank every 4 or 5 days. Urine should be transferred into another urine tank, which has 50 -100 L capacity and cock (Fig.7).
- Urine has little health risk, therefore urine should be packed in transparent bottles and be served for solar disinfection.



Fig.5 Urinary bowl shaped by ceramic, with little gap from floor level.



Fig.6 Plastic tank for urine storage



Fig.7 Another urine tank, urine transfer, and solar disinfection.

2.2. Planning

- Determining specification
 - Capacity assessment:
 - ✧ First of all, please check the number of your family members or amount of water use.
 - ✧ We recommend constructing one unit for one wife, and put the responsibility of managing the system to that wife.
 - Determining the size
 - ✧ Basic design of grey water treatment facility is suitable for 5 persons (50 L/day).
 - ✧ If larger number of persons will use one unit, (1) width of 2nd chamber, (2) frequency of cleaning 1st chamber, and (3) storage capacity has to be increased according to the number of persons (e.g. if 10 persons, all of (1) width of 2nd chamber, (2) frequency of cleaning 1st chamber, and (3) storage capacity has to be double).

2.3. Material

- Floor of shower room: Please use water sealed material, such as concrete or ceramic.
- Wall: concrete brick is better. If you use traditional brick without burning, please note that traditional brick will supply the sand into slanted soil chamber and it enhances clogging. In this case, you may be required to clean the 1st chamber more frequently.
- Slanted soil chamber: water sealing material must be used. For the first chamber, please prepare the plastic box (larger sized baby bath is one of suitable material). The second chamber can be built by concrete brick and concrete.
- Soil: Sieved sand (1-10 mm). For the basic design, about 100 L of soil is required.
- Urinary: ceramic is the best but concrete is possible.
- Urinary tank: plastic tank. 20 L jerry can is recommended.

2.4. Construction

- Slanted soil chamber

- Slope of slanted soil chamber is quite important. First, you have to get exact horizontal line by a spirit level tool (even if it is primitive one, it is no problem), and set the slope from this horizontal line.
- Treated waste water storage tank
 - In case you don't need irrigation water, such as in rainy season, storage tank should have overflow. Therefore putting overflow connected to vegetable garden is recommended.
- Shower room floor
 - To collect shower waste water sufficiently and to keep clean the shower room, slight slope to drain is necessary.
- Urinary tank
 - Dig a hole to the ground in order to set urinary tank. This hole needs to have concrete wall or at least ridge on the inlet (Fig.8), otherwise sand will enter into the space between hole wall and tank, then tank will be buried. If you install concrete sealed hole, it needs drain in the bottom in order to enable rain water to escape.



Fig.7 Frame of hole for urine tank

3. Daily Use

3.1. Shower

- When user takes shower, user must cover the urinary bowl to avoid discharging of shower waste water
- Users can use soap for washing body.

3.2. Urination

- Users should not use flushing water. If users want to wash the bowl, they can use minimum amount of water, or temporally disconnect the pipe from urinary tank.
- Defecating on the urinary bowl has to be avoided. Disposing the toilet paper into urinary bowl should also be avoided.

3.3. Laundry Waste Water

- Discharge them to inlet.

3.4. Irrigation Use

- Take treated water from storage tank and give this to vegetable.
- To avoid incubation of mosquito, please take water every day. If you found mosquito larva, please remove them or cover the water surface by oil to choke them. Pesticide use should be avoided.

4. Maintenance

- Cleaning the shower room and urinary bowl: frequently as possible.
- Taking irrigation water: every day is better.

- Replacement of urine tank: before tank will be full. Under basic design, every 4-5 days users have to do this.
- Replacement of 1st chamber: every 1 month or when clogging was observed. Used soil in 1st chamber should be left on the ground, then dry well and sieve it if dry season, or wash by rain if rainy season.

5. Bibliography

- (1) Maiga Y, Moyenga D, Nikiema BC, Ushijima K, Maiga AH, Funamizu N: Designing slanted soil system for greywater treatment for irrigation purposes in rural area of arid regions, *Environmental Technology*, DOI: 10.1080/09593330.2014.929180.
- (2) Ushijima K, Ito K, Ito R, Funamizu N: Greywater Treatment By Slanted Soil System, *Ecological Engineering*, 50: 62-68, 2013. DOI:10.1016/j.ecoleng.2012.04.028

補足資料—5**Guide for agricultural reuse of compost, urine and greywater originated from resource oriented sanitation**

Version 08.22

Outlines

1. Reuse of Compost
 - 1.1 Selection of matrix
 - 1.2 fertilizer efficiency of the compost and the amendment amount
 - 1.3 Maturation period and inactivation treatments
2. Reuse of Urine
 - 2-1. applying way and amount
 - 2-2. pathogens disinfection
3. On-site reuse of greywater for domestic garden.
 - 3.1 Available cultivation area (in a case of Burkina Faso)
 - 3.2 Management of domestic detergents
4. Reuse of urban greywater from middle scale collecting system.
5. Management of accumulated salt in soil surface

1. Reuse of Compost

Human feces are one of available nutrient sources for crop and vegetable production. Composting process with organic bulk agents (so called matrix) in composting toilet promotes to stabilize organic matter of the feces. The pure feces or dried feces also contains the fertilizer elements, however, readily degradable organic matter in the feces may inhibit plant growth in cultivation soil, since the readily degradable organic matter inoculates high population of heterotroph bacteria and the bacteria would cause high concentration of $\text{NH}_4\text{-N}$, O_2 consumption and CO_2 respiration CO_2 in soil which result in plant root damages. The matrix in the toilet enhances the aerobic decomposition of the organic matter by dispersing the moisture and solid organic matter in the feces, exposing the mix to more oxygen and providing living space for heterotroph microorganisms. The decomposition leads to increase inert organic matter such as humic acid substance. The humic acid substances in the compost contribute soil fertility represented as cation exchangeable capacity and soil buffering action after the amendment. The composting process also contributes inactivation of enteric pathogens from the feces. However, the compost recovered from dry toilet still has a potential to include pathogens derived from infected persons, which raises the possibility for users and farmers to become infected. Therefore, adequate maturation and safety treatment handling is necessary to reuse the compost for agricultural fields. Following manual sections described about (1.1) selection of matrix, (1.2) fertilizer efficiency of the compost and the amendment amount and (1.3) maturation period and inactivation treatments.

1.1 Selection of matrix

- Small particles of agricultural by-products such as sawdust, rice husks, millet husks, corn stalks (1-2 cm cut), rice and wheat straws (1-2 cm cut), cotton fibers, coffee husks, peanut shells and bagasse are available for matrix of the toilet.
- Supplemental blend of biochar particles in the matrix is optionally recommended for deodorization, nitrogen recovery and stimulation of plant growth, if it is available in locally.

1.2 fertilizer efficiency of the compost and the amendment amount

- Compost produced by the toilet can be recognized as good soil conditioner which modified soil fertility and water retention.
- The fertilizer efficiency of the compost is 12% of total nitrogen and 55-75% of total phosphorus. Thus, it would be recognized as good phosphorus supplying source.
- Recommendation for single amendment is 2 kg/m^2 , but that for supplemental use with nitrogen

fertilizers (e.g. ammonium sulfate or urea fertilizer) is 0.5-1kg/m².

1.3 Maturation period and inactivation treatments

- If Ca-lime is available in locally, it is highly recommended that 700 g of the lime is add in one composting toilet, mixed well in the compost and keep 10 hours before removing the compost from the toilet reactor.
- If ash is available in locally, it is also recommended that XX-YY kg of the ash is add in one composting toilet and mixed well with the compost before removing the compost from the toilet reactor.
- Compost produced by the toilet has not phytotoxic factor after 10 days maturation.
- Humication of the compost is still progressed after 15 days maturation.
- At least, 2-3 month maturation in closed place is recommended in terms of inactivation for helminthes eggs and Enteromoeba, when the compost was not treated with alkaline agents or heating by solar or another energy sources.
- If solar collecting heating system for compost maturation is available in locally, it could shorten the maturation period in terms of pathogens inactivation.

2. Reuse of urine

Source-separated human urine is generally known as good liquid fertilizer, in particular good nitrogen supplying source for crop and vegetable growth. The source-separation from human feces let the urine safety without enteric pathogens contamination. However, the reusable source contains high Na⁺ and Cl⁻ content which may adversely affect the plant growth. In some cases, enteric pathogens from the feces may be accidentally contaminated. The reuse handling would need to be care about (2-1) applying way and amount, and (2-2) securing the pathogens inactivation as an option.

2-1. applying way and amount

- The urine can be recognized as good nitrogen supplying source
- The applying amount is highly recommended to be adjusted with a consideration of crop nitrogen requirement. For instance, 1-2 L/ m² of urine application is recommended for nitrogen sensitive crops such as beans, 8-10 L/m² of urine application is recommended for normal crops and vegetables.
- Frequent application is recommended for the fertilizer efficiency. For instance, 3 L/ m² × 3 times application for one cultivation of normal crops and vegetables.
- The urine application should be start from 2 weeks after the germination to avoid young root damage, since the young root is sensitive for high salt contained liquid.
- It is better to apply the urine just before daily irrigation, avoiding direct contact with plant stems and roots.
- Combination applying with phosphorus supplying source such as compost or ash is recommended for stable and high yields.

2-2. pathogens disinfection

- X - Y month storage in urine tank is recommended to inactivate pathogens. Urea in pure urine is hydrolyzed to ammonium accompanied with pH increase.
- Solar disinfection treatment for 1-2 weeks is optionally recommended.

3. On-site reuse of greywater for domestic garden.

Source separated greywater is available for irrigation source. The separation reduces organic matter load and pathogenic contamination. Since the irrigation sources also contaminated enteric pathogens and skin pathogens at low concentration, raw domestic greywater without any treatments is not recommended. In a case of the on-site domestic reuse, however, the probability of the enteric pathogens are lower than neighborhood greywater collection system. Most of restriction guideline such as in USA and Australia has not mention the criteria of pathogens indicators for the domestic reuse. On the other hand, the greywater possibly contaminates domestic chemicals such as detergents. The detergents may adversely affect plant growth, available soil microorganisms and agricultural ecosystems. In a case of Burkina Faso, furthermore, the available water amount strictly limits agricultural activity and the greywater

amount decides the available cultivation area. Therefore, recommendation of (3.1) available cultivation area, (3.2) detergents management was noted as following sections.

3.1 Available cultivation area (in a case of Burkina Faso)

In a rainy season, there is no limitation for cultivation area. But the greywater application would help as supplemental irrigation for germination and a break in the rain.

In a dry season, 2.3-4.4 m² per one daily user in Ouagadougou area and 2.9-6.9 m² per one daily user in Bobo Dioulasso area are available for cultivation are by complete greywater irrigation. These areas are corresponded to 14-26 m² per one shower room unit in Ouagadougou area and 17-41 m² per one shower room unit in Bobo Dioulasso area.

If there is another available water resources such as deep well the area can be expanded.

3.2 Management of domestic detergents

- Anionic surfactant in laundry detergents, which is possibly contained in domestic greywater may affect agricultural ecosystems.
- No-effective concentration of the surfactant is 10 mg/L in greywater as a direct adverse effect on young plant roots.
- In soil system cultivation, the surfactant of 135 mg/L would not affect the plant growth.
- In soil system cultivation, less than 60 mg/L surfactant would not affect an activity of nitrogen fixation by symbiotic rhizobium with beans.
- In soil system cultivation, the surfactant of 28 mg/L would not affect soil microorganisms such as nitrification bacteria.
- greywater contained the laundry detergents potentially increases soil pH in long-term. Therefore, compost amendment or gypsum application would be recommended to increase soil buffer action and the neutralization.

4. Reuse of urban greywater from middle scale collecting system.

Compared to the on-site domestic greywater reuse, the reuse of urban greywater from collecting system possibly has higher hygienic risks. Represented as an urban agriculture, furthermore, it is speculated that raw eating fresh vegetables such as lettuce, cabbage and cucumber possibly cultivated in the urban. Therefore, it would be recommended to follow the reuse guideline by WHO which has stated a criterion of *Escherichia coli* of less than 10³ in 100 mL in the treated greywater as an indicator of enteric pathogens contamination. To reduce the pathogenic contamination in the vegetable products, integrated irrigation systems such as drip irrigation systems or subsurface irrigation systems might be hopefully connected to the greywater treatment facilities. In this point, parameters for clogging in greywater would be also vital. Since land use is limited in the urban, an intensive agriculture such as frequent cultivation and high input of chemical materials is also expectable in the urban greywater reuse. In this words, nutrient and mineral salts may accumulated in the soil. As a summary of the section, therefore, important parameters for urban greywater reuse is noted as follows:

- It would be highly recommended to follow the criterion of hygienic parameters stated by WHO and/or other guidelines.
- Drip irrigation or subsurface irrigation is also one of option to reduce hygienic risks.
- Clogging parameters in greywater such as suspended solids, BOD, phosphorus concentration would be vital when the irrigation system is involved.
- Accumulation of undesirable minerals in soil may be also needed to be care.

5. Management of accumulated salt in soil surface

Both source-separated urine and greywater contain salts represented as EC, Na and sodium adsorption ratio (SAR). In semi-arid and arid area, particularly, plants demand much irrigation and the salts are easily accumulated in soil surface due to high evaporation in the area. In Burkina Faso climate, the monitoring and management are also recommended.

- It would be highly recommended to involve a lie fallow or cleaning crop such as sorghum cultivation in rainy season once per year.
- It is speculated that the rainy season lie fallow and the rainy season sorghum cultivation are enough

- to remove accumulated Na amount in three times continuous dry season cultivations.
- If the soil EC and SAR is more than 8 mS/cm and 6 after rainy season, it would be recommended to change the cultivation place or rotate the land use.

補足資料—6

Training workshops of the pilots families: utilization of composting toilet and gray water treatment system

1. Purpose of the Information workshops

After the information workshops, we have planned trainings' one for all the pilots families. During these workshops, the pilots' families have to know the sanitation technologies of the Project, its utilization and the behaviors to avoid when using them. The workshops will be held as follow:

2. Organization of the training workshops

2.1 Number of workshops to organize

Three (03) villages were selected in the area of Ziniare and Ouagadougou, to be pilots' one. These localities are:

- Barkoundouba
- Kamboinse
- Kolondiessé

It has been decided to organize six (06) workshops for all the pilots' families. It means that we will do one workshop per family.

2.2 Duration

Each workshop lasts half a day. For both workshops in each village, the time is divided as follows:

- 8:30 a.m to 11:05 p.m: training of the first family
- 3:00 p.m to 5:35 p.m: training of the second family

The workshop will be held in two (02) parts:

- Presentation of the sanitation infrastructures, its use and functioning
- Feedback of the participants

2.3 Materials/Tools

The main tools for the training workshops are

- Drawings
- Installing material (composting toilet, shower room with urinate bowl and the grey water treatment system) in concrete

In a participative approach, these materials should help the families to know the technology, its use and the behaviors to adopt or to avoid when they use it.

2.4 Animators

Two animators (a man and a woman) will conduct these activities per village. Both animators will speak in Fulfulde or Moore depending on the language spoken by the pilots' families.

We will organize pre-training in 2IE for the animators. This pre-training will be lead by the Researchers of the Project.

Here is the agenda of the pre-training:

This activity will be held few days before the first workshop. It's intended to provide suitable information to animators about Ameli-Eaur infrastructures in view of the preparation for the Workshops. After the pre-training, the animators will check a presentation.

Schedule	Activity	Responsible	Cost
----------	----------	-------------	------

8:00 to 8:30	Presentation of the Sanitation technologies: - Composting toilet - Shower Room - Urinate bowl - Grey water system	Mariam SOU, David MOYENGA Ryusei ITO & Ynoussa MAIGA	<i>Per diem/Animator :</i> 40 000f <i>Per-diem/Trainer :</i> 0F <i>Coffee for the break:</i> 18 000f Total : 58 000F
8:30 to 10:30	Utilization of the sanitation infrastructures		
10:30 to 10:40	Pause		
10:40 to 11:00	Behavior to avoid		
11:00 to 11:20	Use of the drawings and the agenda of the workshop	Seydou DICKO	

2.5 Pre-communication for the workshop

For the activities, we have met the pilots' families during the survey about the design of the technologies and during its construction (before the training). It's important to involve them in the planning of the workshops and to know the precise place/venue for the activity. Each family has to choose the period (Morning or Afternoon) of the training.

3. Workshop content

3.1 Activities

<u>Schedules/Village</u>		<u>Activity</u>	<u>Costs</u>
Morning- (1 st family)	Afternoon- (2 nd family)		
8:30 to 8:40	3:00 to 3:10	Opening session	<i>Drawn pictures:</i> 200,000f (The pictures will be print by JICA)
8:40 to 9:10	3:10 to 3:40	Presentation of the technology - Utilization of the technology - Functioning of the technology - Behaviors to avoid	
9:10 to 10:10	3:40 to 4:40	Fed back of the participants	<i>Animators :</i> 10,000f/day/ Animator= 60,000f Total : 260 000f
10:10 to 10:15	4:40 to 4:45	Closing session	
10:35 to 11:05	5:15 to 5:35	Debriefing with the animators- in 2IE	

3.2 Agenda content

Opening session

The Responsible of Améli-EAUR thanks the pilot families for their availability. After that, the animator will present this new step of the pilot test of the project: installation of the infrastructure in the pilot villages. The project starts each practical stage in the rural and periurban area.

Presentation of the technology

In this part, the animators present the sanitation technologies of the Project. The pilot families will see the technologies in concrete. They have also to know how to use each infrastructure. We should have to explain the functioning of the infrastructure, specially the principle of “don’t mix”.

All the behaviors to avoid will be listed for the pilot families according to the functioning of Améli-EAUR’s sanitation infrastructures.

Feedback of the participants

In this section, the animators discuss with the participants about all the presentation. The pilot families have to ask all questions related to the technology.

After that, it’s interesting to have the answer of the participants about all the questions. These answers will be completed by the animators or the members of the Project.

Before the next part, two members (1 man+1 woman) of the pilot family will replace the animators to explain the use of the technologies and the behavior to avoid for its well functioning.

Closing session

In this section, the animators will thank all the participants and give them the next step: installation of all the infrastructures in the three (03) pilots’ villages

Debriefing

At this level, we must evaluate the activity, its strengths and limitations. In order to improve the next workshop, a debriefing can see the limits and correct them while leveraging the strengths. This activity met the animators and members of the Project to analyze the present animation, and limitations of each workshop to correct them in the future

Estimated costs of the three workshops

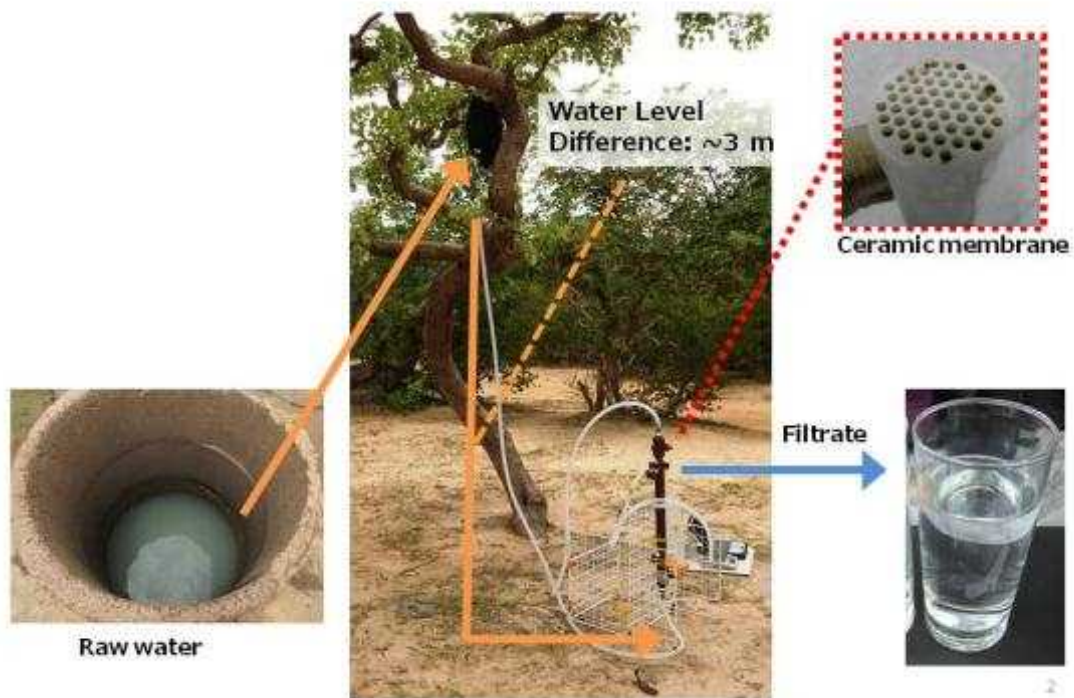
$8,000f + 260,000 f = 268,000$ <u>CFA franc</u>

補足資料－7

Manual for Drinking Water Supply System

1

Filtration flow overview

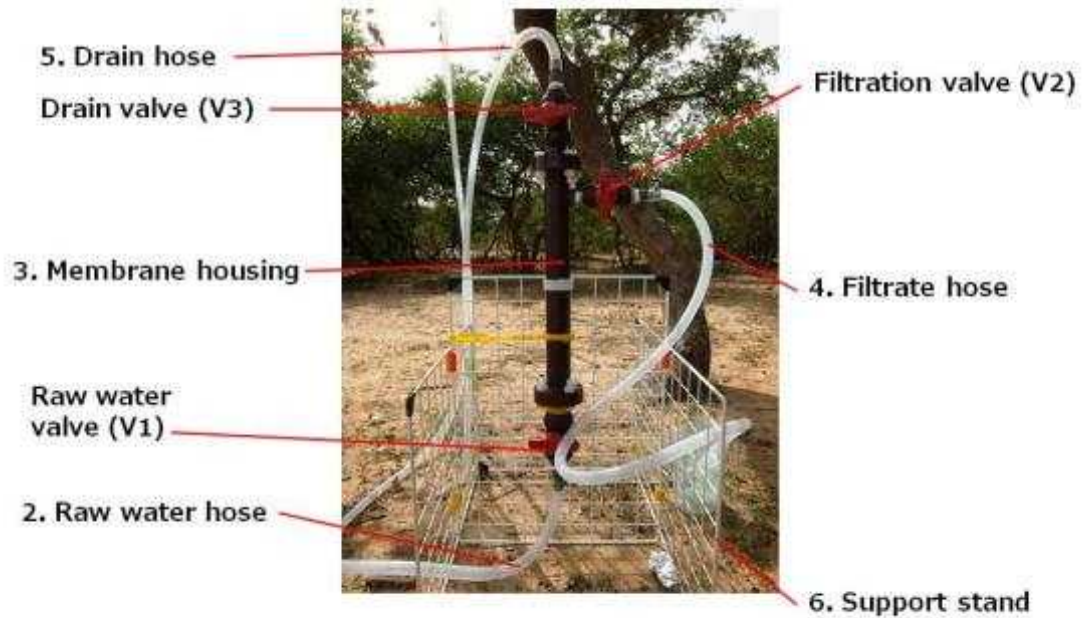


System configuration

No.	Item	
1	Raw water tank (>10L)	1 set
2	Raw water hose (>3m)	1 set
3	Membrane housing (Includes ceramic membrane and valves)	1 set
4	Filtrate hose (1-2 m)	1 set
5	Drain hose (-2 m)	1 set
6	Support stand	1 set
7	Manual pump for backwashing with pressure gauge	1 set

3

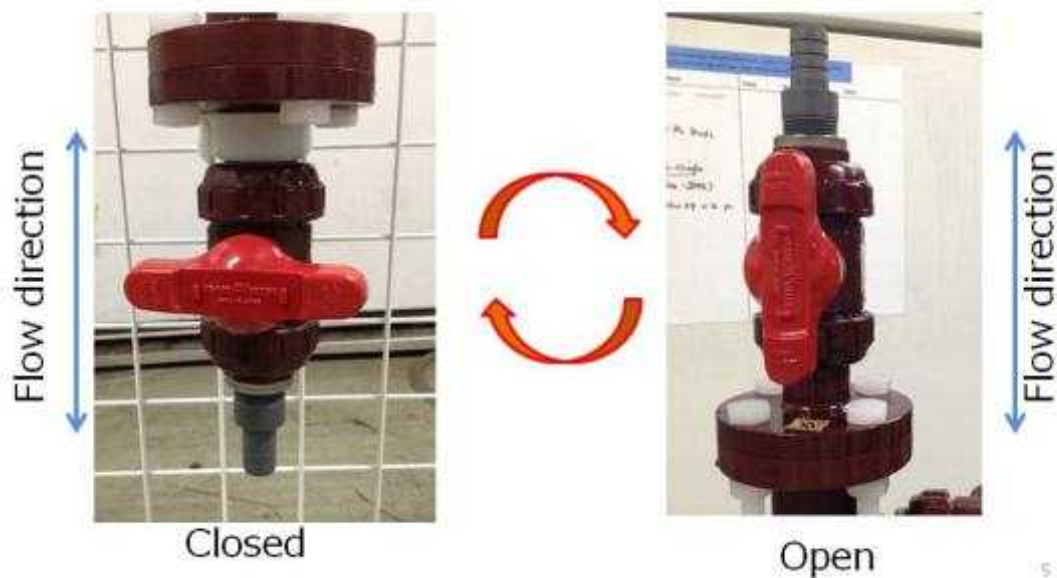
Membrane housing



4

Valve control

- Knob – Flow direction: Orthogonal -> Closed
- Knob – Flow direction: Parallel -> Open



5

Set up for filtration



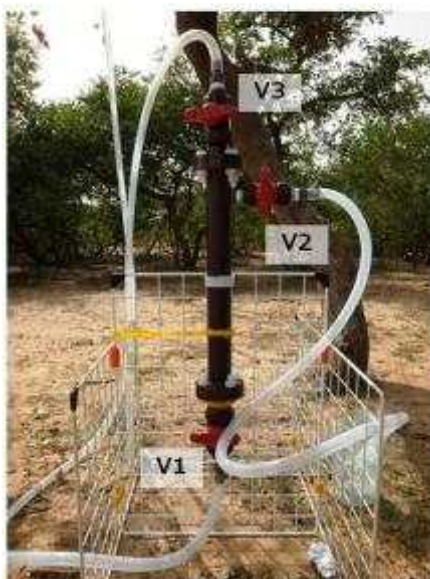
1. Assemble "Support stand(6)", and set up "Membrane housing(3)" on it.
2. Connect "Raw water hose(2)", "Filtrate hose(4)" and "Drain hose(5)" with "Membrane housing(3)".

(for Filtration)

3. Fill raw water in "Raw water tank(1)", and connect with "Raw water hose(2)"
4. Put "Raw water tank" on a higher position (ex. On tree, or on roof) with about 3 m height.

6

Filtration procedure



5. Open "Raw water valve (V1)".
6. Open "Drain valve (V3)" for air releasing.
7. Close V3 after raw water comes out from drain hose.
8. Open "Filtrate valve (V2)" and start filtration.
9. Collect filtrate in clean container or bucket.
10. Close V1 and V2, when you stop filtration.

7

Backwash procedure

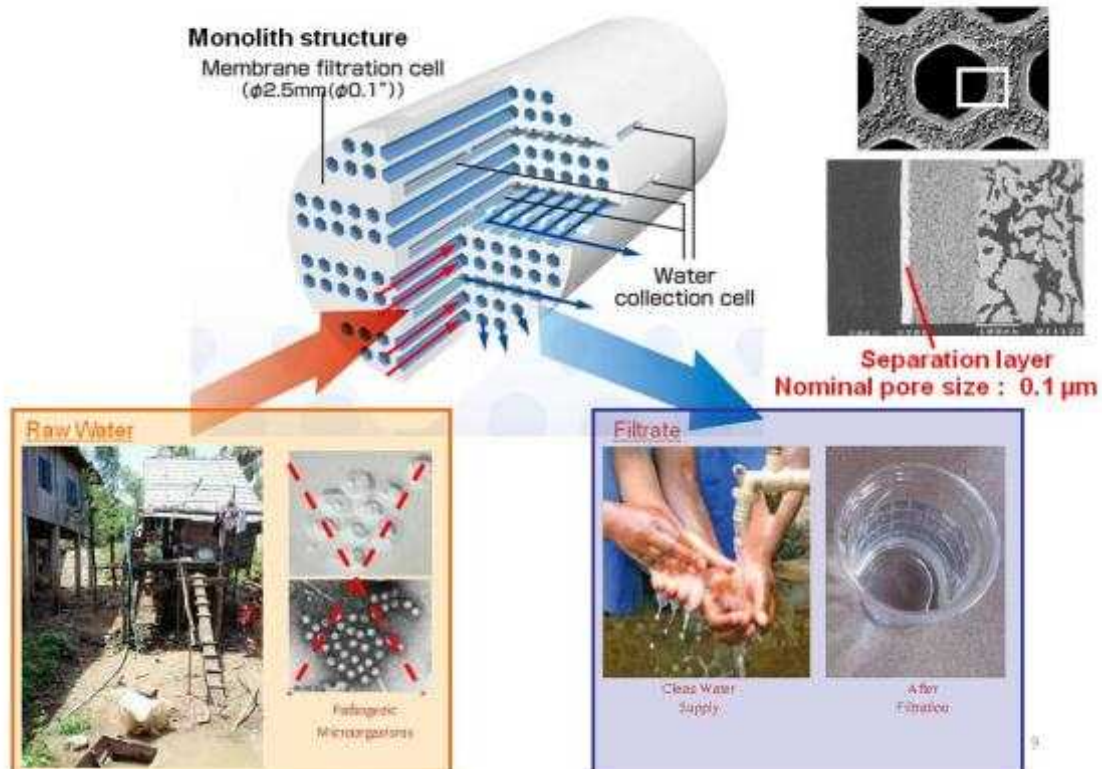


Manual pump(7)

1. Make sure that water remain in "Membrane housing(3)" and all valves (V1, V2, and V3) are closed.
2. Connect "Manual pump(7)" with "Filtration hose(4)".
3. Pressurize "Filtrate hose(4)" by pumping up until pressure become around 150 kPa.
4. Prepare a container or a bucket at the end of "Drain hose(5)" for collecting wastewater.
5. Open V2 and V3, and conduct backwashing.
6. After backwashing, dispose wastewater, and disconnect "Manual pump(7)".

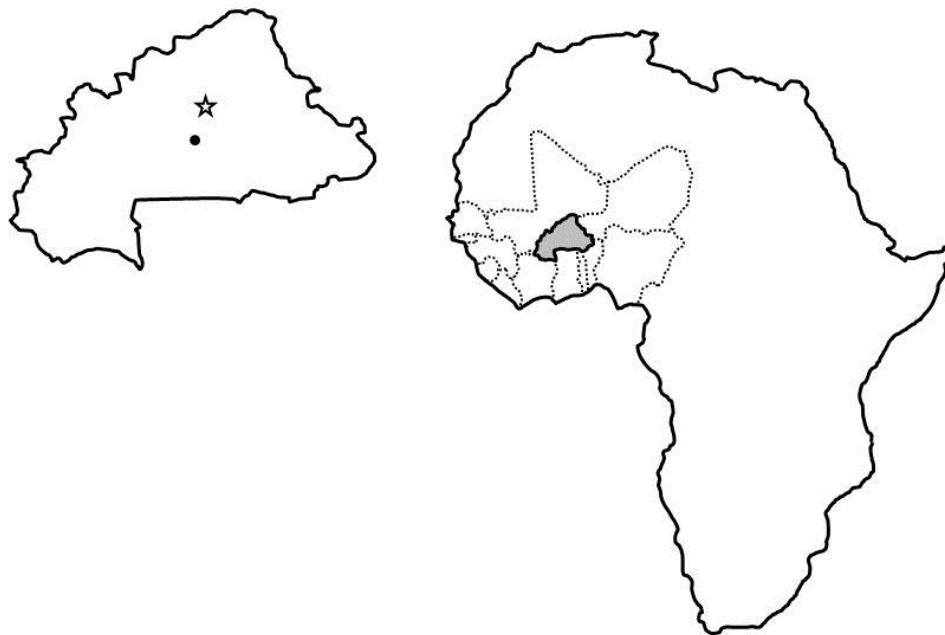
8

Appendix: Ceramic Membrane Filtration



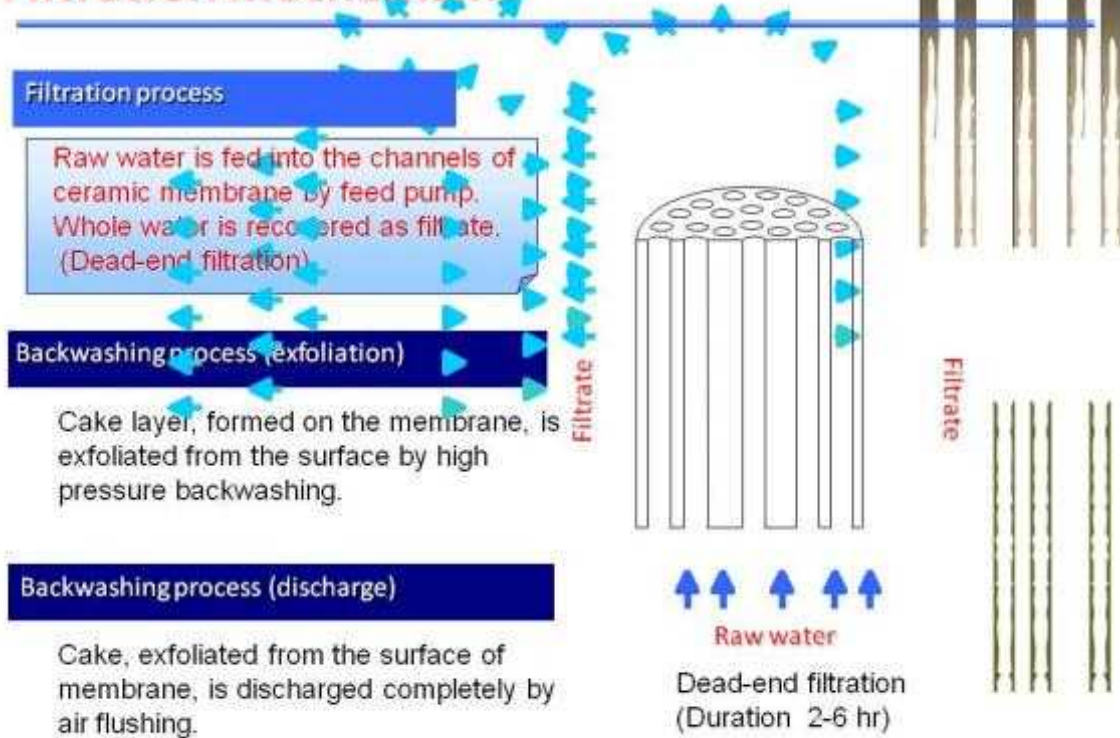
9





12

Filtration mechanism



13

Backwashing mechanism

Filtration process

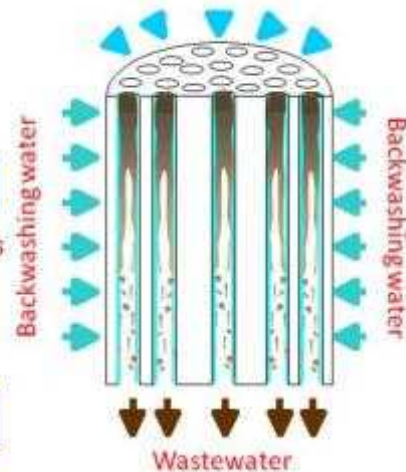
Raw water is fed into the channels of ceramic membrane by feed pump. Whole water is recovered as filtrate. (Dead-end filtration)

Backwashing process (exfoliation)

Cake layer, formed on the membrane, is exfoliated from the surface by high pressure backwashing.

Backwashing process (discharge)

Cake, exfoliated from the surface of membrane, is discharged completely by air flushing.



Applied pressure : max. 500kPa
(Duration 2-20 sec)

14

Backwashing mechanism

Filtration process

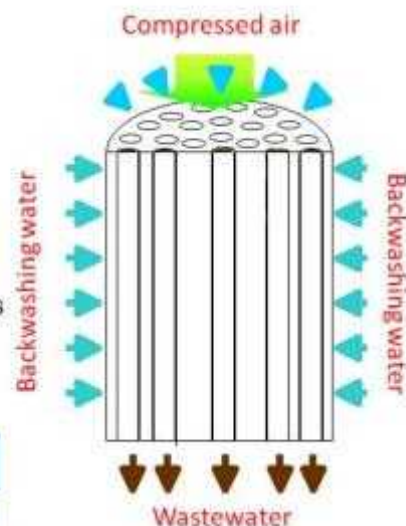
Raw water is fed into the channels of ceramic membrane by feed pump. Whole water is recovered as filtrate. (Dead-end filtration)

Backwashing process (exfoliation)

Cake layer, formed on the membrane, is exfoliated from the surface by high pressure backwashing.

Backwashing process (discharge)

Cake, exfoliated from the surface of membrane, is discharged completely by air flushing.



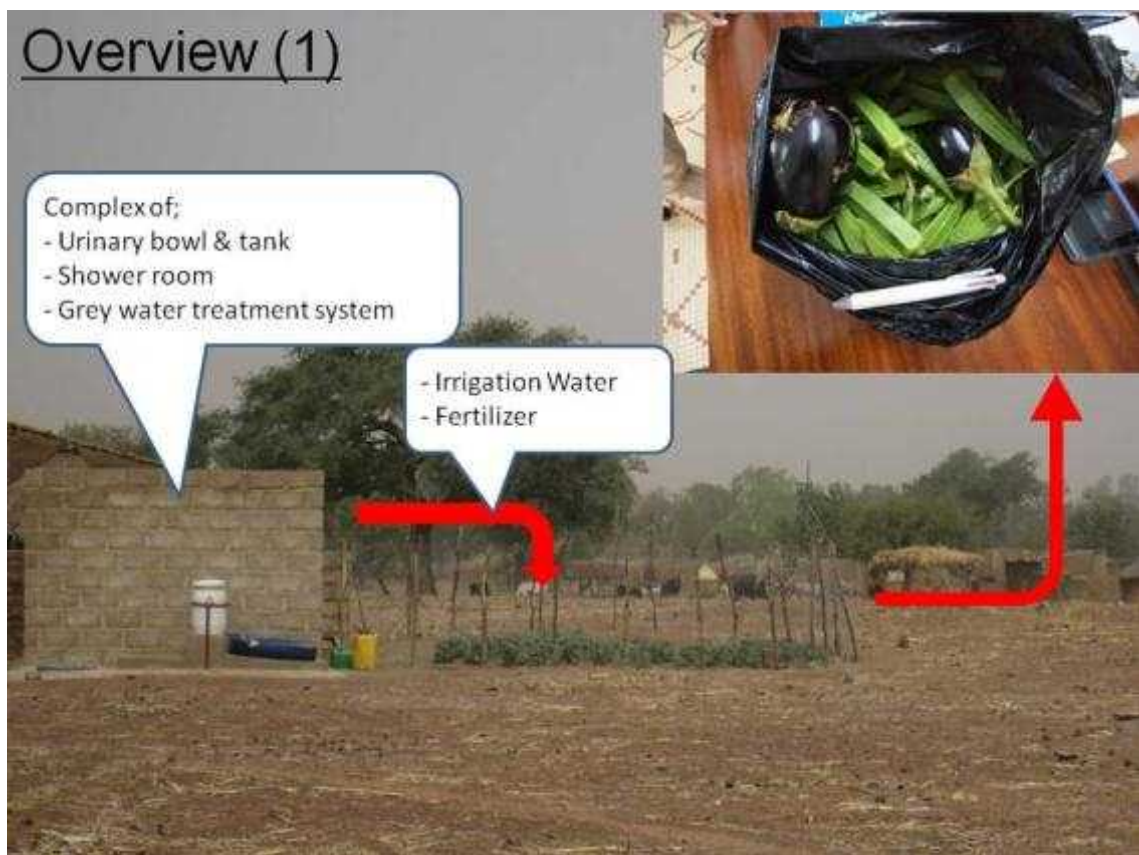
Applied pressure : max. 200kPa
(Duration 2-3 sec)

15

補足資料—8

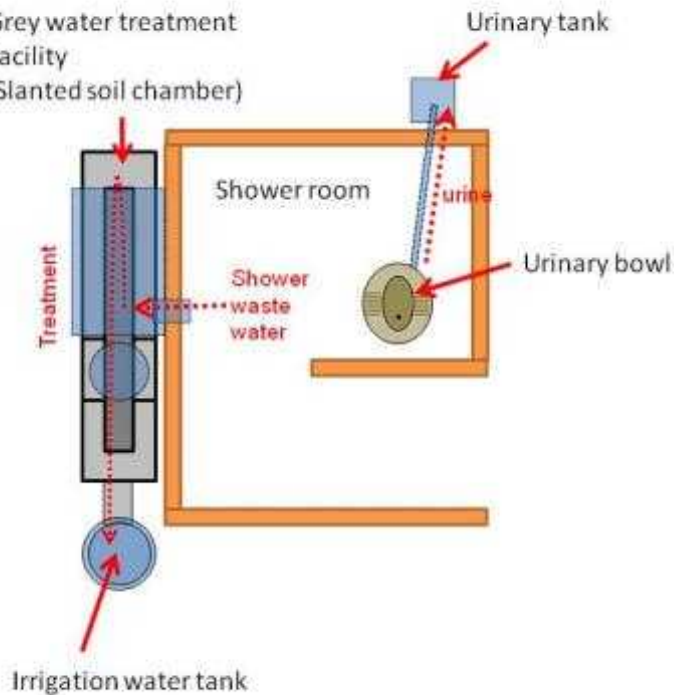
Manual for grey water treatment facility (with urinal)

Ver. 2014. Aug.

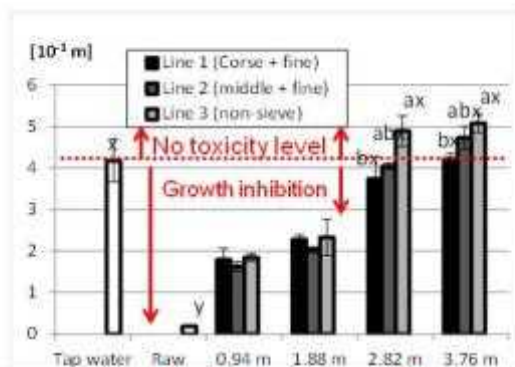


Overview (2)

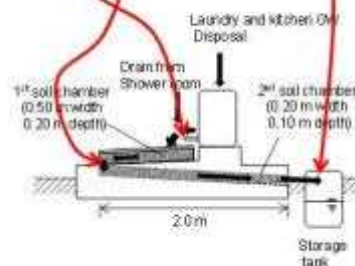
Grey water treatment
Facility
(Slanted soil chamber)



Overview (3)



Germination test by vegetable seeds.



- Phytotoxic components will be removed by slanted soil system with sufficient soil capacity.

Planning

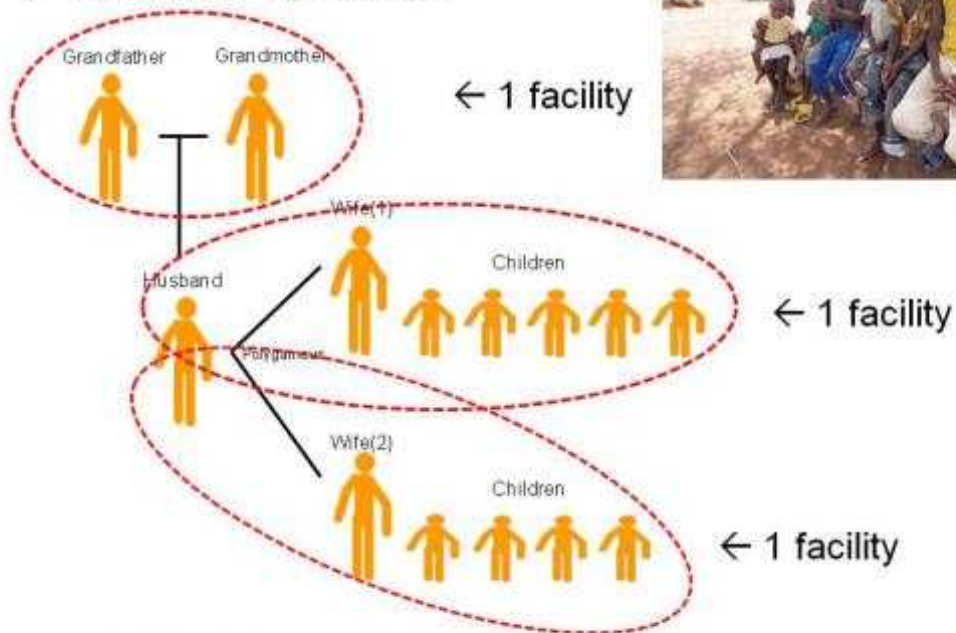
Planning (1)



- Basic model is designed for 5 persons

Planning (2)

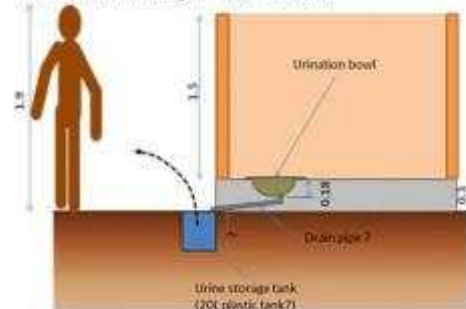
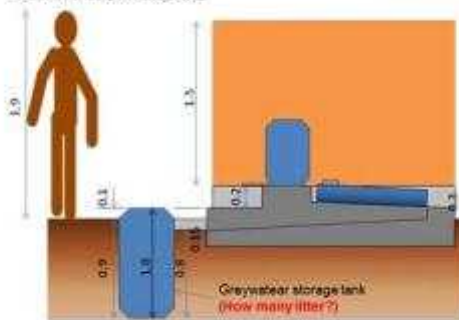
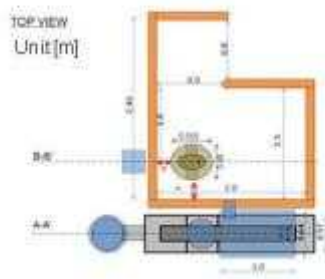
➤ If you have big family...



One facility for one wife is recommended

Design of grey water treatment facility

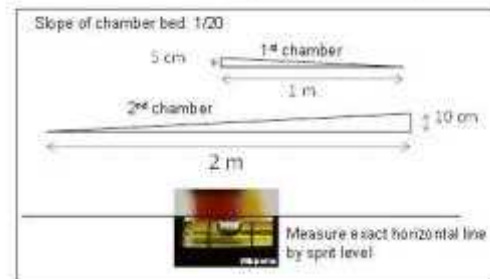
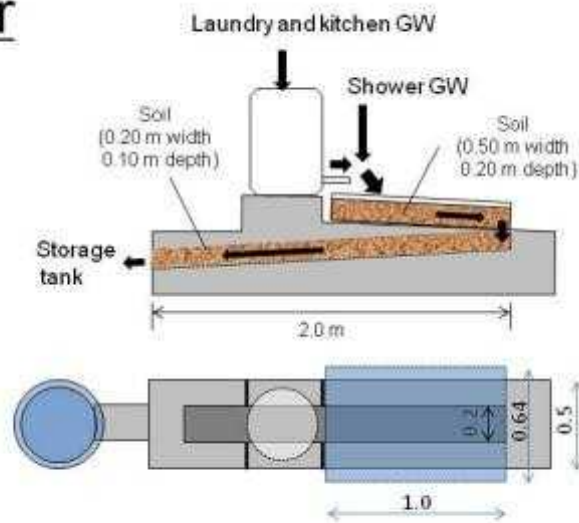
Basic design



Shower room



Slanted soil chamber

1st chamber2nd chamber
1-4 mm sieved sand

Irrigation water tank



- Not for drinking water, but sufficient quality for irrigation
- To avoid mosquito larva, take water every day

Urinary bowl



- Don't dilute urine.
- Avoid shower waste water and rain water to enter urine bowl as possible.

Urine tank



improvement



- Plastic jerry can (~20L)
- Transfer to transparent bottles for solar disinfection



Daily use and maintenance

Daily use



Don't defecate into urinary bowl!
Urinate only!



Soap → no problem!



Laundry detergent → no problem!

Maintenance (1)



- Cleaning the shower room and urinary bowl: frequently please.
- Taking irrigation water: every day is better.

Maintenance (1)



- Replacement of urine tank: before tank will be full.
Under basic design, every 4-5 days you have to do this.

Maintenance (2)



- Replacement of 1st chamber: every 1 month or when you observed clogging. You had better to have one more 1st chamber with new soil, and just replace. Used soil in 1st chamber should be left on the ground, then dry well and sieve it if dry season, or wash by rain if rainy season.

補足資料—9

開発途上国に適した高速藻類池 設計マニュアル

目次

1. 適用条件
2. 施設の構成
3. 構造物
4. 計画水量，計画水質
5. スクリーン
6. 沈澱池
7. 高速藻類池 及び 藻類沈澱池

1. 適用条件

本マニュアルは熱帯、亜熱帯地域の開発途上国にて、水道が整備された都市部の雑排水を処理し灌漑用水として利用する場合に適用する。水道未整備の地域では雑排水の発生量は極端に少ないため、配管を通じて収集することは困難である。

2. 施設の構成

高速藻類池は図-1 に示すように、雑排水中の粗大な固形物を除去するためのスクリーン、沈降可能な懸濁物を除去するための沈澱池、藻類プランクトンの光合成によって酸素を供給し、有機物を安定化させるとともに、病原体を不活化させる高速藻類池本体、藻類プランクトンを主体とする固形物を沈殿させ、沈降性の良好な藻類を高速藻類池に返送するとともに、固形物滞留時間の制御のため一部の返送固形物を系外に排出するための藻類沈澱池から構成される。高速藻類池本体にはレーストラック状の水路で水を周回させて藻類を混合するための攪拌機を設ける。余剰藻類は沈澱池に返送し流入水中の固形物と合わせて処理する。



図-1 高速藻類池の構成

3. 施設の構造

施設の構造は以下の点に留意する。

堅固で耐久性がある構造とすること

耐水性の材料で造るなど漏水や地下水浸入を防止する措置を施すこと

腐食しにくい材料で造るなど腐食防止措置を施すこと

雨水が混入する場合には雨天時に計画水量以上の水量が施設に流入しない処置を講ずること。

4. 計画水量，計画水質

4. 1 計画水量

雑排水を収集する計画処理区域の水道使用量，井戸水使用量を基本として計画水量を決定する。水道や井戸以外の水源（計画処理区以外からの水の移送）がある場合はその水量も考慮する。処理施設の計画水量は日平均水量（m³/日），ポンプ，堰などの水理施設の計画水量は時間最大水量（m³/時間）とする。

日平均水量＝（水道水日平均使用水量＋井戸水日平均使用水量）×日平均収集効率

日平均収集効率とは，使用された水道水などが雑排水収集施設に流入する割合から，雑排水収集施設内で浸透，蒸発などで減少する割合を差し引いたものである。余裕を見て 1.0 として構わないが，収集効率が低いと過大な処理施設となるため，計画処理区域の実態を考慮して，実測で求めることが望ましい。

時間最大水量＝（水道水時間最大使用水量＋井戸水時間最大使用水量）×時間最大収集効率
時間最大収集効率も日平均収集効率と同様である。

4. 2 計画水質

灌漑用水として雑排水の再生水を用いる場合の目標水質を表-1 にまとめた。目標は主に衛生学的な観点から定められているが、点滴灌漑の場合灌漑施設の目詰まりや腐食を防止する観点に加えられている。

そのほかに留意すべき水質項目としては、施設や土の目詰まりを防止するための TDS やマンガ、鉄などがあるが通常の雑排水で問題となることはない。栄養塩類は肥料分として再生水中に残留することが望ましい水質項目である。

表-1 再生水の目標水質

	寄生虫卵 ^a	大腸菌 ^a	SS ^b	pH ^b
単位	/L	/100mL	mg/L	
制限灌漑	<1	<10 ⁵		
非制限灌漑	<1	<10 ³		
点滴灌漑	<1	<10 ⁴	<50	<7

a: WHO GUIDELINES FOR THE SAFE USE OF WASTEWATER, EXCRETA AND GREYWATER VOLUME IV
EXCRETA AND GREYWATER USE IN AGRICULTURE, 2006, p63

b: Water quality in drip/trickle irrigation: A review, E S. Nakayama and D. A. Bucks, Irrig Sci (1991) 12:187-192

計画流入水質は生活習慣や水使用量によって大きく異なる。ケニア共和国のナクル地区における、台所排水、洗濯排水、混合後の雑排水、未使用の原水の水量・水質を表-2 に示す。使用水量は一家族当たり 65.5L/日と少ないため、水質は高濃度になっている。水道が使用できる場合には一人当たり 50L 程度使用すると考えられるので、各水質項目の濃度は数分の一になる。

表-2 雑排水の水質

Parameter	Unit	Kitchen	Laundry	Combined	Source
Amount	l/d	5.5	56	65.5	87.5
Temperature	° C	20.7	20	18.3	23.4
pH		8.1	9.4	8.4	7
DO	mg/l	2.17	3.98	1.16	3.5
BOD5	mg/l	445	449	455	13
EC	μ S/cm	974	1365	1247	323
Salinity	g/l	0.45	0.5	0.55	0.2
TDS	mg/l	800	993	981	223
TSS	mg/l	1255	1090	775	2
Org. content	mg/l	1200	870	545	1.6
Inorg. content	mg/l	80	260	220	n. d.
TP	mg/l	7.59	9.02	8.28	0.04
SRP	mg/l	3.82	2.77	4.96	0.05
NH4-N	mg/l	2.13	5.29	7.32	n. d.
NO3-N	mg/l	3.68	2.44	1.97	3.49
NO2-N	mg/l	2.63	8.61	2.71	n. d.
FC	log cfu/ 100ml	7.05	5.49	7.04	1.19

Household greywater treatment for peri-urban areas of Nakuru Municipality, Kenya, J. Raude, B. Mutua, M. Chemelil, L. Kraft, K. Sleytr, Sustainable Sanitation, Ecosan Club, Issue 1. 10/2009

流入水質で留意すべき事項としては工場排水などの影響で、BOD、塩分が極端に高くなることであるが、家庭雑排水を主として受け入れる場合には灌漑用水として支障のある水質になることはほとんどない。リンや窒素が制限となって藻類の増殖速度が低下する可能性もほとんどない。

大腸菌数や糞便性大腸菌群数が灌漑のために重要な指標となるが、表-2 に示された数であれば

高速藻類池内で灌漑用水の目標値まで不活化することができる。家畜の糞尿が大量に混入する場合には高速酸化池内の不活化速度を考慮して、滞留時間を決定する必要がある。

5. スクリーン

粗大な固形物が沈澱池や高速藻類池に流入すると、配管の閉塞やポンプ故障の原因となるため、沈澱池の前にスクリーンを設置する。スクリーンの目幅は 20～40mm とし、篩渣は手掻きのレーキで取り除ける構造とする。

篩渣が多量にたまると水路の水位が上昇し、水が水路から越流する危険があるため、スクリーンと並行して水位上昇時のバイパス水路を設置する。

6. 沈澱池

高速藻類池において藻類の光合成活性を高めるため、高速藻類池に流入する固形物を削減するため、沈澱池を設置する。

沈澱池の汚泥の管理頻度を少なくするため、インホフタンクを標準とする。インホフタンクは図-2 に示すように一つのタンク内に沈殿と汚泥消化の 2 つの機能を持つものであり、沈殿部は 2～4 時間の水理学的滞留時間で設計する。汚泥消化部は発生する汚泥を 4～12 か月分貯留する容量とするが、後述するように余剰藻類を汚泥消化部に貯留するため、余剰藻類も発生汚泥量に加えて設計する。

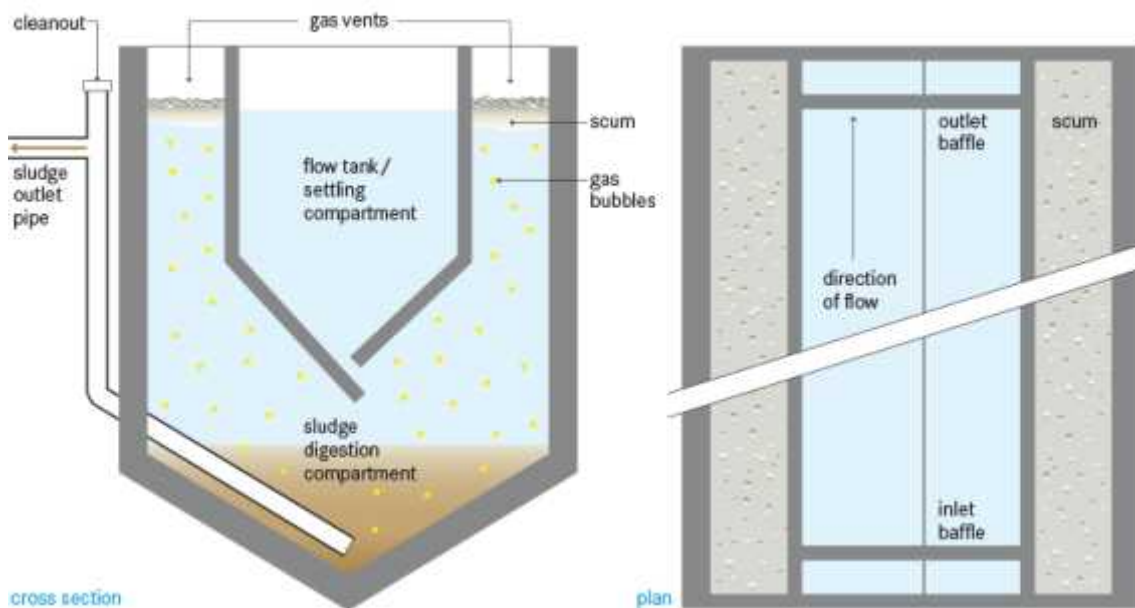


図-2 インホフタンクの構造

設計、運転管理の詳細は

Imhoff Tank,

<http://www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-treatment/hardware/site-storage-and-treatments/imhoff-tank>

を参照のこと。

7. 高速藻類池 及び 藻類沈澱池

本マニュアルの高速藻類池は、図-3 に示した Advanced Integrated Ponds,

<http://www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-treatment/hardware/se>

[mi-centralised-wastewater-treatments-1](#)

を改良したものである。

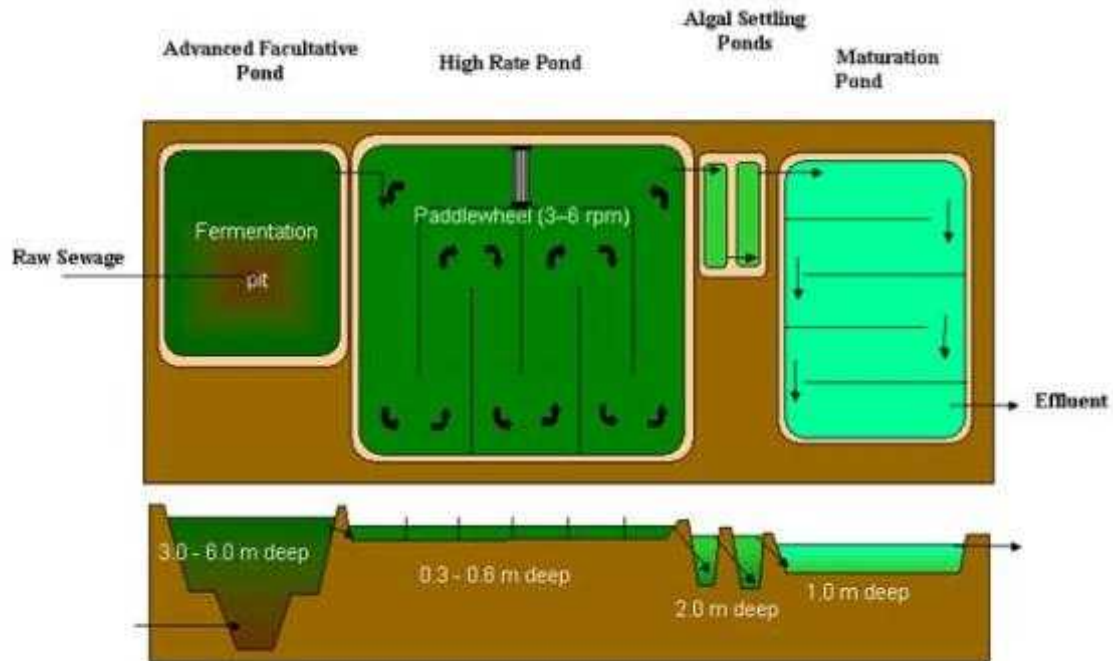


図-3 Advanced Integrated Ponds の構成

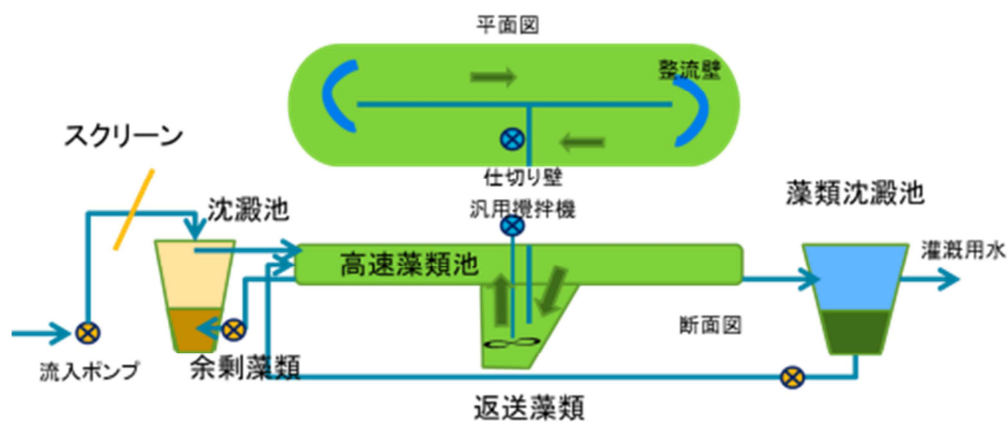


図-1 高速藻類池の構成（再掲）

本マニュアルの高速藻類池，図-1 と図-3 を比較すると

- ① 返送藻類ラインが図-3 にはない。
 - ② 余剰藻類ラインが図-3 にはない。
 - ③ 図-3 の Advanced Facultative Pond が沈澱池（インホフタンク）になっている。
 - ④ 図-3 の Maturation Ponds が図-1 にはない。
 - ⑤ 図-3 の High rate pond の攪拌装置はパドル型であり，図-1 は汎用攪拌機である。
- といった違いがある。

高速藻類池は水理的滞留時間 4～8 日で設計し，固形物滞留時間 10～20 日で運転する．藻類沈澱池の水理的滞留時間は 5 時間で十分である．活発な光合成が行われると，高速藻類池内の pH は 9 以上に上昇するため，病原体の不活化は 6Log 以上が期待できる。

①～⑤の相違点以外の，水深等その他の構造については，

<http://www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-treatment/hardware/semi-centralised-wastewater-treatments-1>

を援用する。

高速藻類池、および藻類沈澱池の改良点は以下のとおりである。

① 藻類返送ラインの設置；従来の High rate ponds には藻類の返送がなく、藻類沈澱池の水理学的滞留時間 1～2 日で、懸濁物の除去率は 50～80% であった。水理学的滞留時間を 5 時間にし、藻類の返送を行うことによって、沈降性に優れた藻類のみを選択的に系内に残留させ、良好な固液分離が可能となった。懸濁物の除去率は 90% 以上を期待できる。藻類沈澱池からの返送水量は流入水量の 50% を標準とする。

② 余剰藻類ラインの設置；藻類返送ラインを設けたため、高速藻類池内の藻類濃度を制御する必要がある。藻類濃度は (1) 式に従って固形物滞留時間を設定することで制御する。

$$\theta = \frac{C_{HRAP} V_{HRAP}}{C_{ex} Q_{ex}} \quad (1)$$

θ ：固形物滞留時間、 C_{HRAP} ：高速藻類池内固形物濃度 (mg/L)、 V_{HRAP} ：高速藻類池容積 (m³)、 C_{EX} ：余剰藻類濃度 (mg/L)、図-1 のラインを採用した場合 C_{HRAP} と等しい、 Q_{EX} ：余剰藻類引き抜き量 (m³/day)

固形物滞留時間は 10～20 日とするが、長くするほど処理水中にリンや窒素が残留しやすくなり、施肥効果が期待できる。一方、短くするほど処理水からの懸濁物除去率が高まり、清澄な処理水を得ることができる。点滴灌漑では処理水中の懸濁物濃度は 50mg/L 以下にすることが目標であるが、固形物滞留時間 20 日でも 50mg/L は達成可能である。処理水中の懸濁物濃度が管理目標値に達しない範囲で固形物滞留時間を長く保つような運転を行う。

③ インホフタンクの導入

Advanced Facultative Pond は下水中の懸濁物を高効率で沈殿除去するための施設である。雑排水は下水に比較して懸濁物濃度が低いため、滞留時間の短いインホフタンクでの懸濁物質除去で十分である。

④ Maturation Ponds の省略；Maturation Ponds は処理水中の懸濁物を除去するとともに、病原体の不活化の仕上げを行う施設である。改良された高速藻類池は十分な懸濁物質除去能力を有すること、雑排水中の病原体数が下水に比べ少ないことなどのため、Maturation Ponds を省略できる。

⑤ 汎用攪拌機による攪拌；従来の高速藻類池は写真-1 に示すようなパドル型の攪拌機で槽内に流速を生じさせ、槽内の混合、藻類の沈降防止を行っていた。



写真-1 パドル型攪拌機の例

この型の攪拌機は特注品であり、動力系の故障やパドルの破損などの問題を起こしやすいため、開発途上国での実績は全くなかった。本マニュアルでは汎用攪拌機を用いた槽内攪拌を提案する。

図-4 に示すように、池の底部に垂直の管を埋め込み、それに斜めから連結する穴を掘りこむ。垂直な管内に管の内径に近いインペラー径を有する汎用攪拌機を固定し、垂直管内に水を引き込む方向に回転させる。垂直管とそれに連結する穴の間の池内には仕切り壁を設け、壁を挟んで水位差が明確につくようにする。なお、垂直管から水を押し出す方向で攪拌機を回転させると、垂直管上部に渦が発生し攪拌エネルギーが損失する。連結する穴の小さいと同様のことが起きるので断面積はできるだけ大きくする。

高速藻類池のパイロットプラントで、水深 30cm、容積当たりの投入動力密度 $13\text{W}/\text{m}^3$ で攪拌機を運転した場合の槽内流速の例を図-5 に示す。平均流速は $0.18\text{m}/\text{sec}$ で必要とされる流速 $0.15\text{m}/\text{sec}$ を上回った。本パイロットプラントには池のコーナー部でのエネルギー損失を削減するため、ガイド壁が設けられている。ガイド壁の効果により曲率半径の小さな水路内側でも十分な流速が得られている。ただし、ガイド壁貯金の位置では大きな流速は得られなかった。なお、本パイロットプラントでは内径 500mm の垂直管に外径 400mm のインペラーを有する攪拌機を固定した。インペラー径を内径に近くするほどエネルギー効率は向上するが、攪拌機の固定精度を考慮して、適切な内径、インペラー径を定めるものとする。

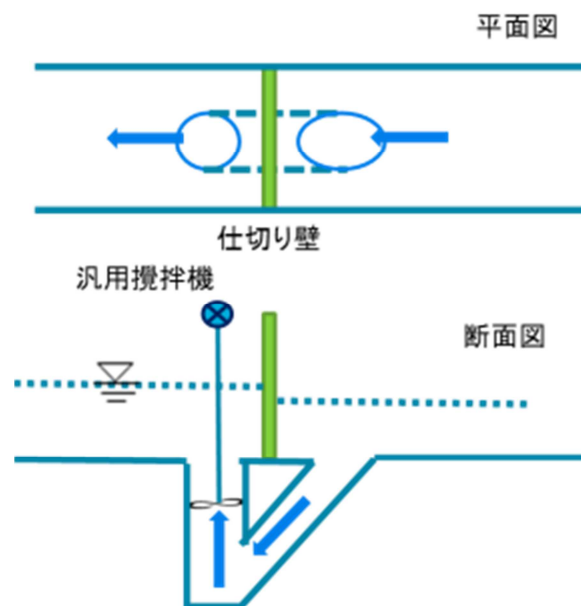


図-4 汎用攪拌機の設置方法

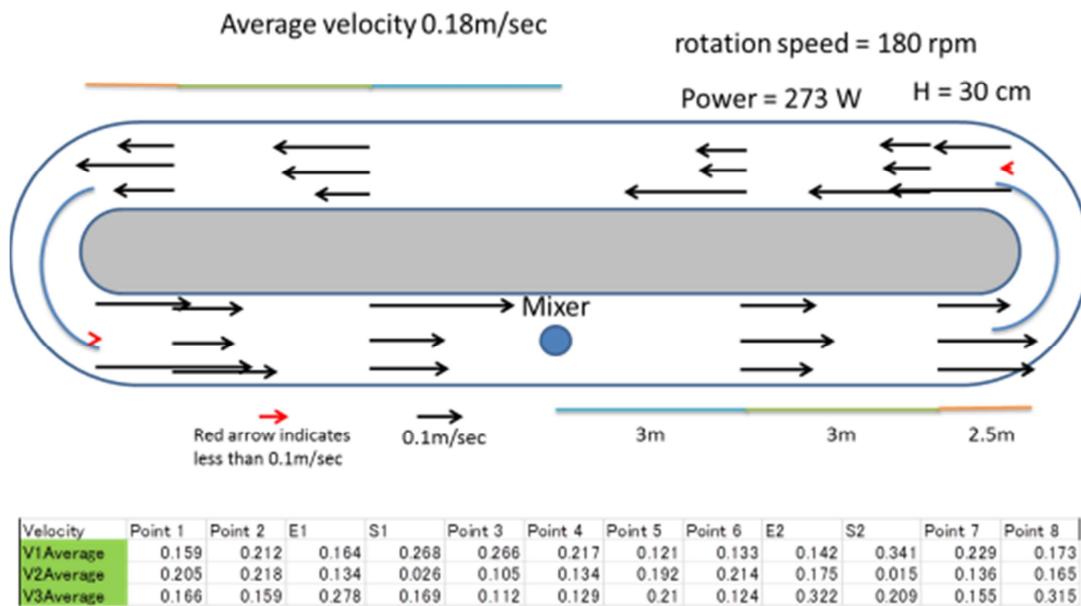


図-5 パイロットプラントの流速分布

Liffman らは computational fluid dynamics (CFD) を用いて、レーストラック型水路の形状を検討し、図-6 の e~g に示すようにコーナー部の断面積を絞ることによって、同一の投入エネルギーで、速くて均一な流速を得ることができることを示している。可能であれば、池の形状についても設計段階で検討する。

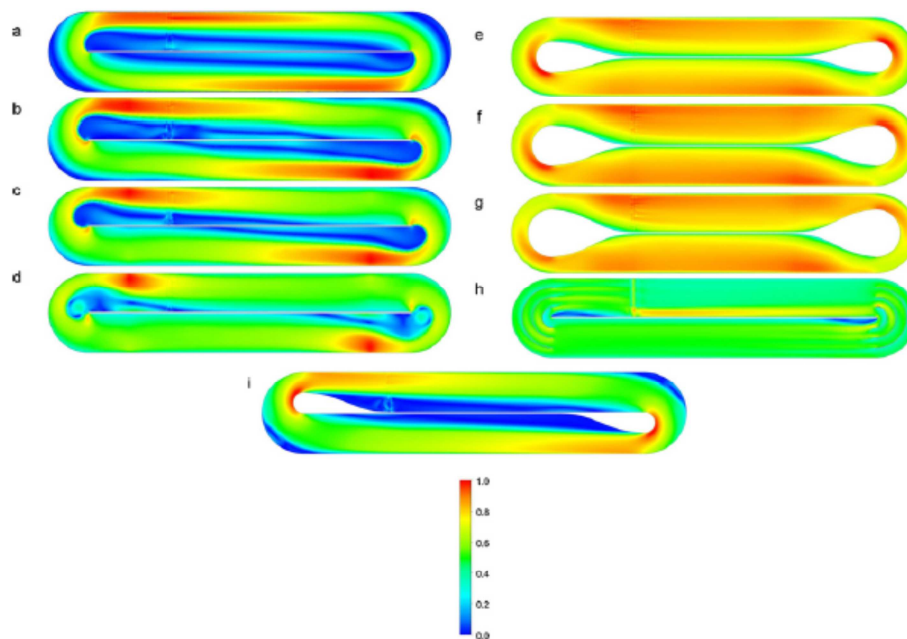
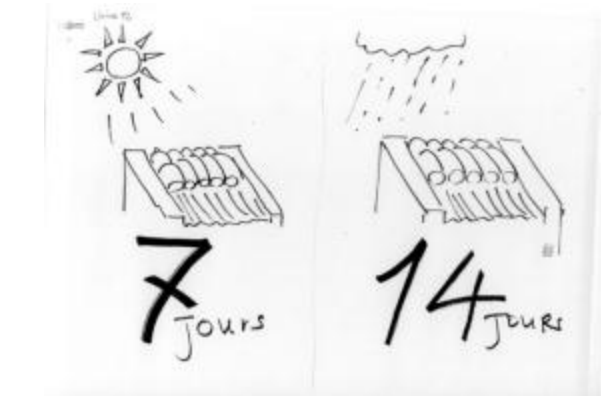
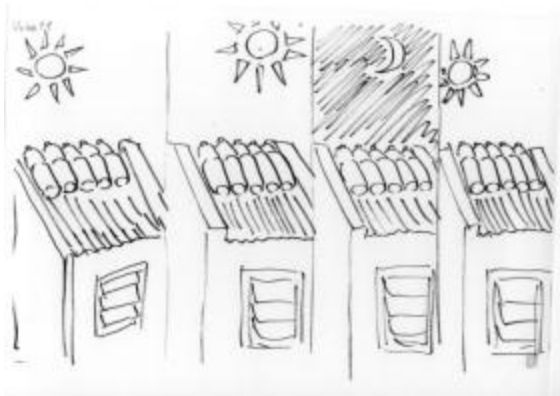
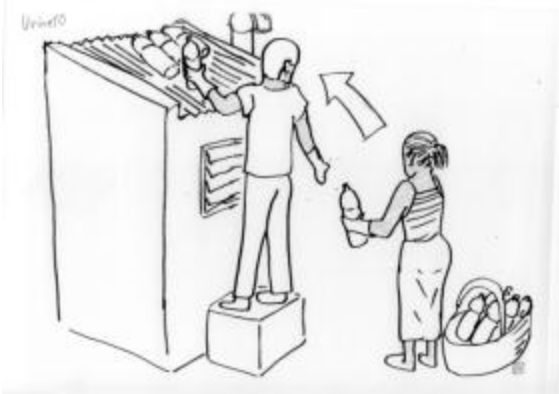
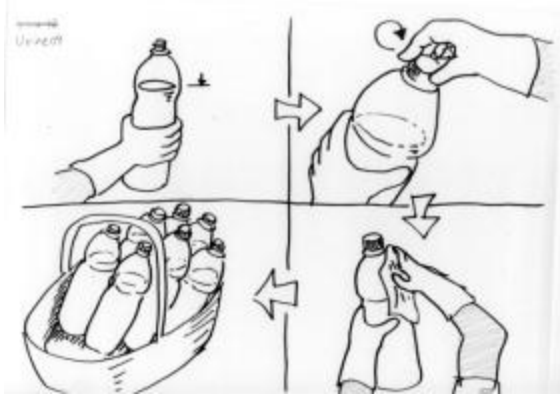


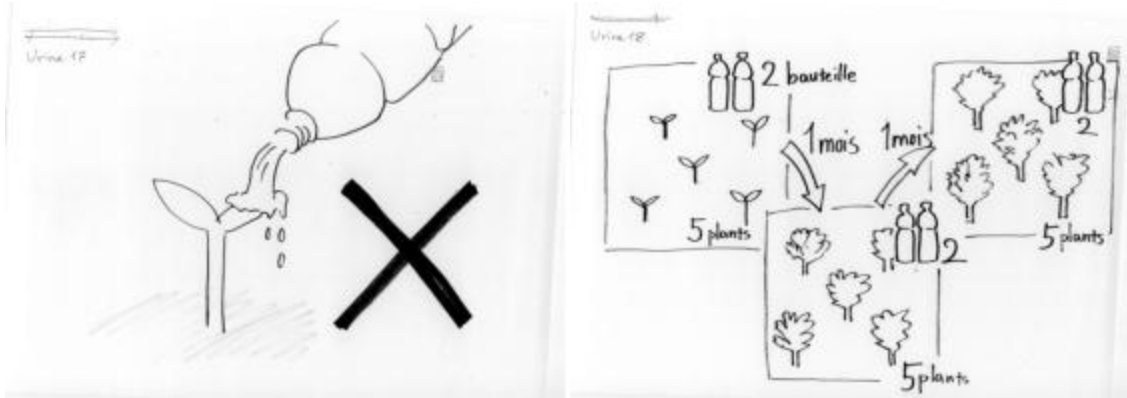
Fig. 5 – Normalized flow speeds at the surface of clockwise flow in all geometries, in which red is high velocity and blue is low velocity. A scale bar is provided in relative units with “1” representing the maximum speed value and “0” representing the minimum speed value. (For interpretation of the references to colour in text, the reader is referred to the web version of the article.)

図-6 池の形状の最適化の例

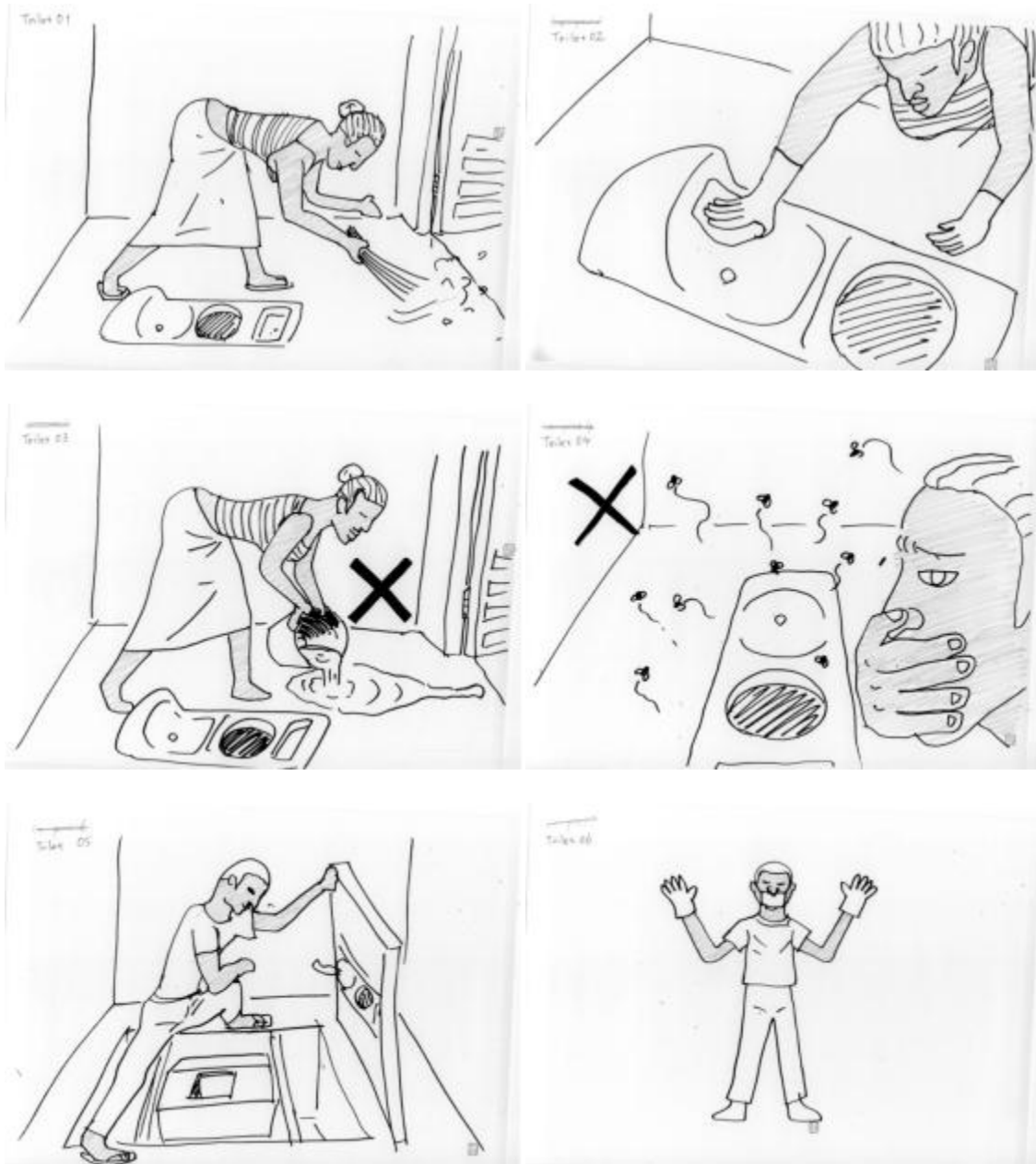
Comparing the energy efficiency of different high rate algal raceway pond designs using computational fluid dynamics, Kurt Liffman*, David A. Paterson, Petar Liovic, Pratish Bandopadhyay, Chemical Engineering Research and Design, 9 1, (2 0 1 3), 221-226

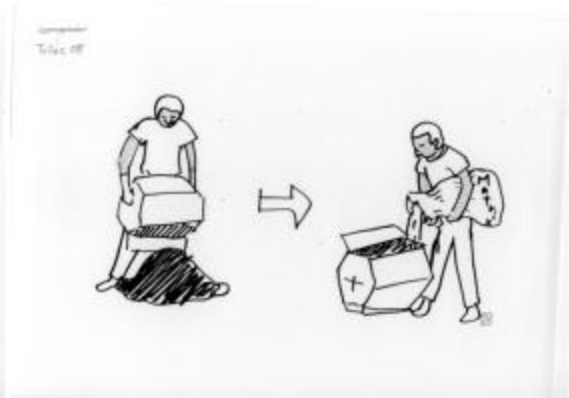
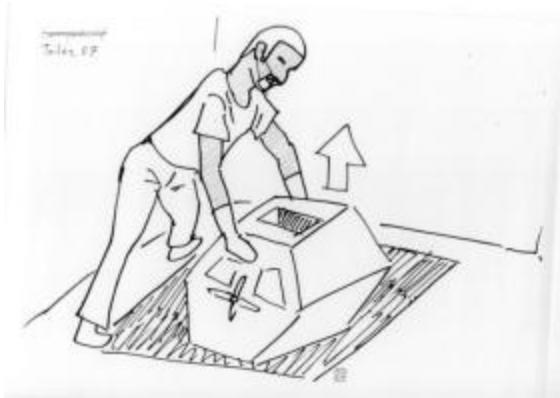






補足資料—11 コンポストトイレ使用マニュアル(使用者向け)





補足資料—12 セラミックポット使用マニュアル(使用者向け)



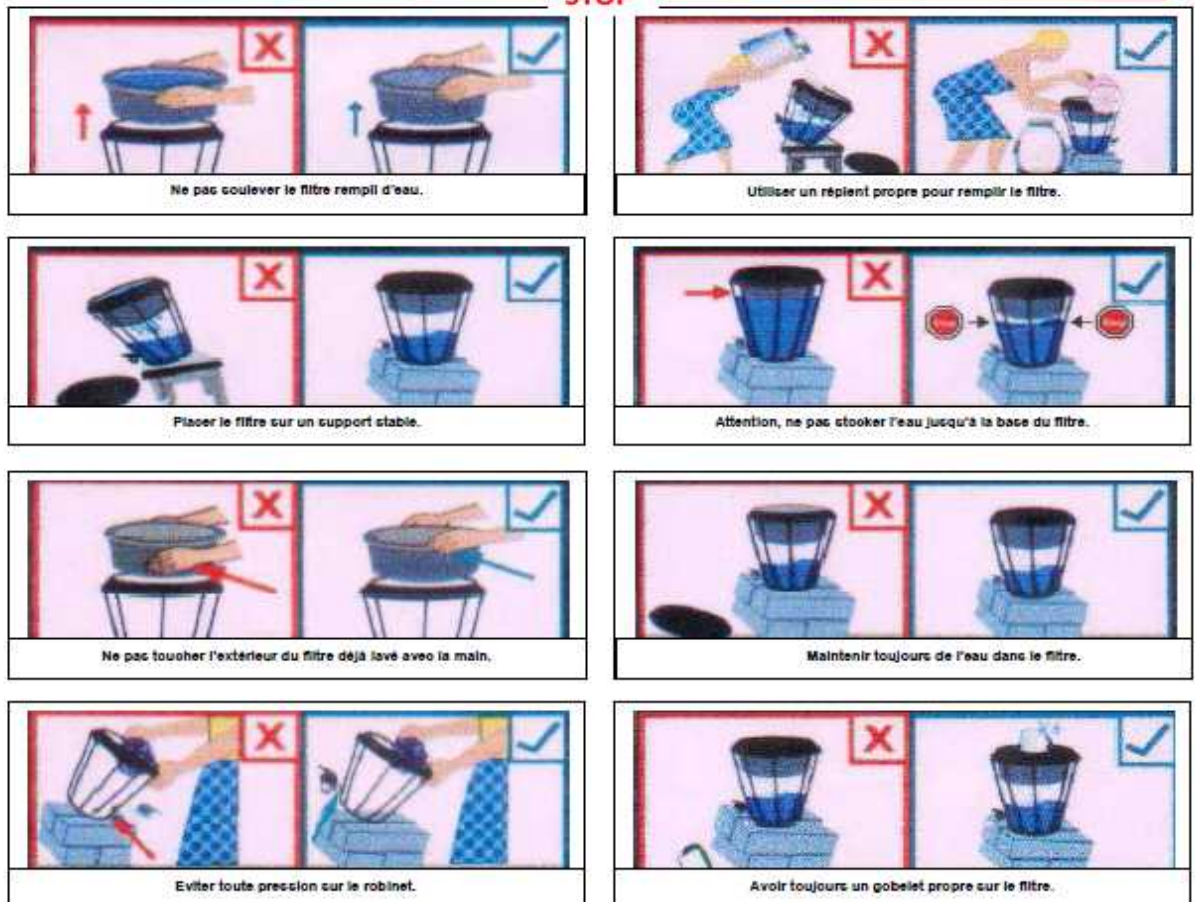
**Manuel d'Utilisation des Filtres en Céramique
pour le Traitement d'Eau à Domicile**

SATREPS For the Earth, For the Next Generation





STOP



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(2010.4-2015/3)
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)

付随的成果

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関連モデル構築に貢献	- 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X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

()内は、実績値。

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発展させ、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。

