

大学等における研究成果等のプロトタイピング及び社会実装に向けた実証研究事業
(CI3 : Center for Idea Interacted Innovation)

報告書

2014年5月26日

(受託者)

国立大学法人北海道大学

(業務主任者)

北海道大学大学院工学研究院 教授 船水 尚行

目 次

1. 当初の業務計画とその仮説・狙い	2
(1)当初の業務計画の仮説・狙い	
(2)当初の業務の実施方法	
(3)当初業務計画を設定するまでの検討方法・考え方	
2. 業務の実施状況	6
(1)ワークショップ等の開催とファシリテーターと組織	
(2)プロトタイプを選定・設計・製作	
(2-1)ビジネスモデルの選定・設計	
(2-2)トイレのスケッチ段階での評価	
(2-3)トイレのモック段階での選定・設計・製作・評価	
(2-4)モック映像配信による評価	
(2-5)実スケールトイレの設計・製作・現地評価	
(3)プロトタイプのプレゼンテーション, 情報発信	
3. プロトタイピングの効果	18
(1)プロトタイピングの実施による具体的効果の検証	
(2)当初業務計画の仮説・狙いのプロトタイピングによる変更点	
4. 業務実施により得られた効果・課題・改善点	22
(1)製品化イメージを有する研究シーズやアイデアの発掘	
(2)プロトタイプ製作に向けた産学官による対話の実施	
(3)プロトタイプの設計, 製作	
(4)プレゼンテーション, 情報発信等	
(5)検証と再構築	
(6)グローバルなサニテーション問題解決の立場から	

本報告書は、文部科学省の平成25年度産学官連携支援事業委託事業による委託業務として、国立大学法人北海道大学が実施した平成25年度「大学等における研究成果等のプロトタイピング及び社会実装に向けた実証研究事業（CI3：Center for Idea Interacted Innovation）」の成果を取りまとめたものです。

1. 当初の業務計画とその仮説・狙い

(1) 当初の業務計画の仮説・狙い

① シーズとニーズの組み合わせには、多様な階層性がある

大学等で有するシーズのパターンの一つに次のようなものがある：「フィールド研究の結果から明確なニーズやニーズの構造が明らかになっている。しかし、このニーズに対する対応策がアイデアやシーズの段階にとどまっている場合」である。この場合には簡単にプロトタイプを作成や事業化に進んでいくように思われるが、大きなギャップがシーズとニーズの間に存在していると実感している。すなわち、実施担当者が行っているサニテーションのプロジェクトにおいては、社会実装や事業化という全体最適化のレベルにおけるプロトタイピングや社会実装への努力が必要であることに加え、モデルを構成する個々の要素に関するレベルにおけるプロトタイピングにむけた努力も必要となっている。例えば、トイレ機能（有機物分解、資源回収、病原微生物不活化）の設計はできても、トイレそのもののデザインや低コスト化が難しく、使用する材料とそのサプライチェーンも考慮したプロトタイプ製作は困難を極めるということを経験している。シーズとニーズの組み合わせは、これら多様な階層において検討されねばならないこととなる。

今回の業務では、サニテーション問題（世界の人口の約 40%に相当する 26 億人が適切なサニテーションを利用できない）を世界の貧困問題に対するソーシャルイノベーションと位置づける。そして、インドネシアにおけるフィールド研究の成果による現地のニーズと課題解決のための技術的なシーズの両者を有する大学研究者の立場を利用し、これらのニーズとシーズの間のギャップを埋めるための試みとして、本実証研究を実施する。

② 事業化への道—1： 全体最適化のデザイン

事業化・社会実装では、単純な製品開発のみではなく全体最適化のデザインが必要である。特に途上国のサニテーションでは、トイレの開発に加え、トイレに関わる利用者・財政制度・融資制度・維持管理制度・販売体制・トイレ材料の調達・部品化・組み立ての製造プロセスのすべての全体システムの最適化デザインが必要である。別の言葉で表現すると、これはトイレに関わるステークホルダーを同定し、これらをつなぐバリューチェーンを明確化し、このバリューチェーン全体の最適化という形で事業化を進めることを前提としなければならない。

③ 事業化への道—2： 全体最適化のための中間主体の協創

このバリューチェーンの最適化のためには、「価値の連鎖の最適化、社会的受容の普及に寄与し、全体最適化のデザインを進める中間主体との協創が必要」であることが、イノベーションの現場において指摘されている（私信）。今回の申請においても、この中間主体の構築に最大の努力を払う。

④ 事業化への道—3： プロジェクト参加者による生態系の構築

この中間主体はダイナミックに成長する組織である。そして、イノベーションへの参加者はそれぞれの分野の専門家として自律（自立）し、かつ、互いに影響を及ぼして成長し

ていく構造を包含する必要がある。この構造は、自然界の生態系とまさに同じ構造と内部の相互作用を持つものである。生態系構築なしには、プロトタイピングや社会化を効率的に進めることができないし、全体最適化のデザインも難しい。

⑤ 事業化への道—4： プロトタイプ製作とリスク分担

実際の事業では、プロトタイプ製作時のリスクを「だれがどのように分担するか」かも大きな課題である。この解決策として、大学のシーズとそれを実現する企業等に加え、投資家もステークホルダーとして当初から中間主体に加える必要があると考える。すなわち、投資家も生態系を構成する主要な要素と考える。ただし、本事業では、実証実験として若干の経済的援助を受けることから、このプロトタイプの製作に関するリスクの問題は検討の範囲には加えない。

⑥ 事業化への道—5： イノベーションのサイクル構築

アイデア・シーズ段階→プロトタイプ製作→社会的受容性の評価→アイデア・シーズ段階へのフィードバック→プロトタイプ製作→社会的受容性評価というイノベーションのサイクルを「1回まわす」ことにも大きな労力が必要であることを実感している。特に、開発途上国におけるサニテーションのようなソーシャルイノベーションでは実装のための実証研究による社会的受容性評価とフィードバックを得る努力そのものを多くの専門家より成る生態系の中で実施する必要がある。

⑦ 仮説のまとめと本事業のねらい

ソーシャルイノベーションは問題解決型で進める必要がある。社会で生じている課題には多様な主体が関係し、これらの主体のバリューチェーンの最適化と社会的な受容性を確保する必要がある。このためには「要素技術開発とシステム化」→「プロトタイピング」→「実証・評価」→「要素技術開発」というイノベーションサイクルを回していくための主体として、「全体最適化の中間主体」というべきダイナミックに成長する組織を構成する必要がある。また、この「全体最適化の中間主体」を支える組織として、プロジェクトの参加者が自立する専門家として、異なる分野の専門家と有機的にネットワークを構成して一定の機能を発揮する、自然界の生態系と似た構造を有する「プロジェクト参加者による生態系」が必要であると考えられる。

そこで、本委託業務ではこれらの「全体最適化の中間主体」と「プロジェクト参加者による生態系」構築とその有用性の検証を行い、プロトタイピング、社会実装のためのシステム構築に寄与することを目指す。ただし、時間的制約のある本委託業務においては、サニテーションのビジネスモデルを例に、都市スラム域向け資源回収型トイレのプロトタイプ作成を行い、プロトタイプの有効性を検証する。また、プロトタイプ作成過程で組織（「プロトタイプ製作タスクフォース」（上記「中間主体」に対応）、産官学の「トイレに関わる生態系」）の育成を行う。

(2) 当初の業務の実施方法

- ① 製品化イメージを有する研究シーズやアイデアの発掘
目的の項で記載した通り、本委託事業の時間的な制約からサニテーションのビジネスモデルを例に、都市スラム域向け資源回収型トイレについて、トイレ機能（有機物分解、資源回収、病原微生物不活化）、人とのインターフェースデザイン、低コスト化、使用する材料とそのサプライチェーンも考慮したプロトタイプ製作にむけて、「タスクフォース」や「トイレに関わる生態系」構築を行う。
- ② プロトタイプ製作に向けた産学官による対話の実施
この項では、プロトタイプ案作成のためのワークショップの実施と、「タスクフォース」の結成、「トイレに関わる生態系の芽の形成」を行う。インドネシア・スラム地域へのトイレ導入に関するビジネスモデルに関する議論を基礎とし、インドネシアのスラム地域を対象に、資源回収型トイレのコスト条件を定め、ワークショップを開催して、そのプロトタイプ案を作成する。なお、ここでのプロトタイプとは、インドネシアのスラムを例にした途上国都市スラムに適したビジネスモデルとこのビジネスモデルに適したトイレの2つである。また、もう一つの地域としてザンビア等のアフリカ地域の都市スラムを想定する。なお、インドネシア以外の地域については、ワークショップを通して検討する。このワークショップでは工学系以外の人材を積極的に参加していただくようにする。
また、ワークショップにおいて、プロトタイピングのための「タスクフォース」を構成する。加えて、ワークショップ参加者の間のネットワーキングを行い、「トイレに関わる生態系構築の芽」とする。
- ③ プロトタイプ的设计、製作
ここでは、プロトタイプ的设计、製作と「タスクフォース」の育成、「トイレに関わる生態系」の形成を行う。具体的な手順として、(1)ビジネスモデルの選定・设计、(2)トイレのスケッチ段階での評価、(3)トイレのモック段階での選定・设计・製作・評価、(4)実スケールトイレ的设计・製作・現地評価をふむ。3次元プリンター等を用いて、プロトタイプの一次製作（モック）を行う。この一次製作結果をもとに議論を行う。最終的に、スラム地域に適した資源回収型トイレのプロトタイプを製作する。この過程においても、「タスクフォース」の育成と「生態系」の拡張を行う。
- ④ プレゼンテーション、情報発信等
ここでは、プレゼンテーション、情報発信と「タスクフォース」の育成、「トイレに関わる生態系」の形成を行う。情報発信として、「使用体験イベント（現地評価会）」と「動画配信」を行う。「使用体験イベント（現地評価会）」はインドネシア、ザンビアならびに北海道大学内で実施する。動画配信は多国語で実施する。この過程においても、「タスクフォース」の育成、「生態系」の拡張を行う。
- ⑤ 検証と再構築
ここでは、検証と再構築と「タスクフォース」の育成、「トイレに関わる生態系」の形成及び報告書の作成を行う。検証のために第3回ワークショップを開催する。その結果をもとに報告書を作成する。また、外部評価委員会の開催し、評価を得る。

(3) 当初業務計画を設定するまでの検討方法・考え方

業務実施者は衛生工学の専門家であり、現在、地球規模課題対応国際科学技術協力事業（SATREPS）の援助を受け、アフリカブルキナファソにおいて、「アフリカサヘル地域の

持続可能な水・衛生システム開発」と題する共同研究を実施している。この共同研究は新しいサニテーションシステムの開発とその社会実装を目的としている。この西アフリカのブルキナファソにおけるフィールド研究から、「サニテーションの普及が進まない原因は、低コスト技術だけの問題ではない。日本など先進諸国のサニテーションのモデル（サニテーションの目的とその政策、財政制度、人材育成制度とそれを支える技術のトータルモデル）は開発途上国には適しておらず、新しいビジネスモデルが必要である」という、結論を得ている。特に、この過程において、(1)新しいビジネスモデルに関する考え（「アイデア」）を「社会実装」、もしくは「事業化」という段階に発展させるプロセス、(2)ビジネスモデルに適した「トイレそのもののプロトタイプ試作」という技術的課題等に、多くの労力を費やしてきており、プロトタイピング及び社会実装と研究室における研究成果の間には極めて高いハードルがあることを実感・体験している。

このような経験を基に、今回の委託業務計画の狙いや業務実施方法を設定した。すなわち、「『フィールド研究の結果から明確なニーズやニーズの構造が明らかになっている。しかし、このニーズに対する対応策がアイデアやシーズの段階にとどまっている場合』からどのようにして『社会実装』に近づけていくか」をブルキナファソやインドネシアを例に想定し、今回の狙いや実施方法を設定した。

2. 業務の実施状況

(1) ワークショップ等の開催とファシリテーターと組織

「プロトタイプ案作成」、「タスクフォースの結成」、「トイレに関わる生態系の芽の形成」を目的として、合計3回のワークショップを開催した。参加者は、「サニテーションビジネスモデル研究会」のメンバーを核にして集めた。同研究会は、サニテーションの課題をビジネスの力で解決するための方策を研究するための会として2013年4月に業務担当者らが構成したもので、主たる構成メンバーは、BOPビジネスに経験のある国内の大手企業およびベンチャー企業、途上国向けビジネスに関心が高いコンサルタントおよび研究者である。ワークショップを通じて彼らをネットワーキングし、各々の背後にあるネットワーク同士をつなげることで、普段は顕在化しないが必要に応じて様々なアクターを引き出していくことができる多様で大きな生態系のポテンシャルを構築した。事実、後述するように、タスクフォースメンバーとなるプロダクトデザイナーも、試作を行う専門業者も、当初の業務担当者のネットワーク内には存在せず、本事業によって構築された「トイレに関わる生態系」のネットワークの中から発掘された。なお、参加者間のネットワーキングを促進する仕掛けとして、第1回および第2回のワークショップ後には懇親会（会費制）も開催した。

プロトタイプ案作成については、当初、ワークショップ内で詳しく議論することを想定していたが、第1回ワークショップにおいて観測されたことは、ワークショップ参加者からはプロトタイプ案そのものについて意見を求めるよりも、プロトタイプ案の作り方や作業の進め方、誰とどのように組むべきかといったメタな部分について意見を求めた方が、参加者の持つ知恵やノウハウを効果的に引き出せるということであった。そこで、プロトタイプ案作成は主にタスクフォースおよび勉強会において実施するものとし、第2回以降のワークショップではタスクフォースの示すプロトタイプ案をベースに、その後の試作・評価検証プロセスやさらに将来のビジネス化を見据えたプロトタイプ案の修正意見などを参加者に求め、彼らの持つ知恵やノウハウを引き出すことができた。

ワークショップを含め、プロジェクト全体のファシリテーターは、中間主体のコアであるデザインタスクフォースが務めた（第1回ワークショップについては、デザインタスクフォースがまだ構成されていなかったが、のちにデザインタスクフォースメンバーとなる北大の研究者がファシリテーターを務めた）。

各回のワークショップの詳細な内容と成果を以下に示す。

① 第1回ワークショップ

【日時・場所】2013年11月15日 14:30~17:00 住友化学本社ビル会議室

【企画者】牛島(北大)、伊藤(北大)、渡部(北大)、濱田(北大)

【参加者】企業等9名、大学5名

【内容】プロジェクトコンセプトの共有、タスクフォースメンバー構成および生態系構成

の方向性に関するアイデア出し

【成果】

(a) 製品化イメージを有する研究シーズやアイデアの発掘：幅広い立場からの参加者から、今後の進め方について次のようなアイデアをいただいた。

- 北大としてどこまでやるつもりかをクリアにすべき（→中間主体の明確なイメージの必要性）
- 必ずしも早くから企業と組む必要は無いが、現地で実際に動いてくれる人は早めに見つけた方がよい（→現地を巻き込んだ生態系拡張の重要性）
- 試作そのものは専門の業者が存在する。凶面と費用さえ準備できれば、試作そのものはそれほど難しいことではない。（→国内生態系に巻き込むべきアクターの候補）
- 具体の世帯を決めてデザインを考えるべき。（→ユーザー・ペルソナ特定の重要性）

以上のアイデアは、この後、「タスクフォース作り」「生態系作り」において、こういったアクターを巻き込む必要があるかを検討するベースの情報となった。

(b) プロトタイプ製作に向けた産学官による対話の実施：ワークショップを通じて、幅広い立場からの参加者とネットワークを作ることができた。また、コンセプトを共有することで、それぞれの立場からの関与を考えてもらい、「トイレに関わる生態系構築の芽」を作ることができた。さらに、会合において「タスクフォース」に必要な人材についての議論を行ったことで、結果として、後述するように、参加者および参加者からの紹介者によってタスクフォース構成、生態系の拡張が実現するきっかけとなった。

② 第2回トイレ試作ワークショップ

【日時・場所】2014年2月7日 15:00~17:00 3×3 ラボ会議室（東京）

【企画者】牛島(北大), 伊藤(北大), 山本(Granma), 吉泉 (TAKT PROJECT), 今井 (Granma), 渡部(北大), 濱田(北大)

【参加者】企業等5名, 大学3名

【内容】インドネシアでのトイレ買い換え意思決定についての研究成果発表, 世界を変えるトイレプロジェクトについての発表, インドネシア現地モック検証会の報告, モックの展示, 評価（国内評価会）

【成果】

(a) 製品化イメージを有する研究シーズやアイデアの発掘：トイレ買い換え意思決定に関する発表に基づくディスカッションでは、人とのインターフェースデザイン、低コスト化、材料とサプライチェーンを検討する材料が提供された。

(b) プロトタイプ製作に向けた産官学による対話の実施：今回新たなメンバーとして、企業等から2名、大学から1名出席いただき、参加者ネットワークおよび生態系の拡張が行われた。

(c) プロトタイプ的设计, 製作：一次製作として、NC 切削機による実物大モックを会場に

持ち込み、先行して実施したインドネシアでの検証会の結果を合わせて示すことで、試作機の改良に向けた議論を行うことができた。

(d)ワークショップにあえて休憩時間を設けて、参加者には実際に実物大モックに腰かけてもらい、「使用体験イベント」を実施した（当初、北海道大学内での実施を予定していたが、ワークショップ参加者を対象とする形に変更した）。

③第3回トイレ試作ワークショップ

【日時・場所】2014年3月31日 10:00~12:00 北大東京オフィス

【企画者】牛島（北大）、伊藤（北大）、山本(Granma)、吉泉（TAKT PROJECT）、今井（Granma）、船水(北大)、濱田(北大)

【参加者】企業等2名

【内容】試作機全体経過報告、ブルキナファソ・モデル報告、ザンビア検証会報告、インドネシア現地評価会報告、今後の展開について

【成果】

(a)検証と再構築及び報告書の作成：試作機の実物を示すとともに、インドネシアでの検証会の結果を報告した。インターフェースデザインは従前のものから大きく進化し、おおむね現地の人々の使用形態に受け入れられうると評価された。参加者からは、さらなる改良のための提案も示された。

また、試作を行っていく過程でダイナミックに形成されていった「タスクフォース」「トイレに関わる生態系」のその経緯、構成についても、報告がなされ、本プロジェクトで形成された「タスクフォース」「トイレに関わる生態系」を活かして、今後どのように展開していくかについても議論を行うことができた。



(2)プロトタイプを選定・設計・製作

(2-1)ビジネスモデルの選定・設計

既存のサニテーションビジネスモデルと呼ばれるものは、そのほとんどがユーザーからトイレの設置費用もしくは使用料金を徴収する形で費用回収を行うことを考えるモデルで

ある。しかし、業務担当者らはこれまでのフィールド研究を通じて、本事業の対象のように低所得スラム住民を対象とするに当たっては、「ユーザーがその資金を稼ぎ出す仕組みも含めたビジネスモデルが必要である」と認識している。そこで、ビジネスモデルの選定に当たっては、「ユーザーの初期負担額をできるだけ小さくし、かつユーザーもしくはそれに代わる費用負担者が費用を回収できること」を評価の第一の基準として行った。

冒頭で述べたとおり本業務ではインドネシア都市スラムにおけるビジネスモデルを検討した。都市スラムにおいて、コンポストトイレから供給される尿液肥および糞便コンポストを利用するためには、人口の密集している都市スラム域から郊外の農地まで何らかの形で収集運搬を行い、そして農家がこれを使って農産物を作り、市場から利益を得て、その利益が、システムに参与する輸送業者、収集作業員、ユーザーまで還元されるバリューチェーン(ビジネスモデル)が必要である(下図)。

都市スラム向け資源循環型サニテーションシステム 4



そこで以上のコンセプトを起点に、本事業では、主に、11月～12月にかけて行われた第1回～第3回の勉強会においてビジネスモデルの選定・設計とそれに基づくコンセプトの作り込みを行った。

- ①ビジネスモデルの代替案の作成：
- ②ビジネスモデルの選定
- ③ビジネスモデルを実現するトイレデザイン要件の決定

(2-2) トイレのスケッチ段階での評価

トイレのスケッチ作成と評価は次の段階を追って実施した。①タスクフォース内での前

提条件・コンセプト共有，②海外協力者および留学生の協力によるトイレ内行動の分析，③トイレオペレーションフローの決定，④トイレ機構部の基本コンセプト決定，⑤インターフェースデザイン案の提案，⑥インターフェースデザイン案の絞り込み。なお，最終的に⑥で絞り込んだ全てのインターフェースデザインについてモックを製作し，インドネシアで評価を行った。

- ① タスクフォース内での前提条件・コンセプトの共有
- ② 海外協力者および留学生の協力によるトイレ内行動の分析



インドネシア人留学生の参加

シミュレーションのための仮設空間

- ③ トイレオペレーションフローの決定
- ④ トイレ機構部の基本コンセプト決定
- ⑤ インターフェースデザイン案の提案
- ⑥ インターフェースデザイン案の絞り込み

(2-3) トイレのモック段階での選定・設計・製作・評価

(2-3-1) モックの設計・製作

仮説に基づいて提案されたトイレのインターフェースデザインについて，図面化し，高密度ウレタンフォームを NC 切削することで，モックを作成した。モックは，部品を組み替えることでこれらのデザイン案を全て再現できるように作成した。

北大研究者にとって，モック作成は初めての経験であり，材料選定，切削方法，表面仕上げの方法などについて，北海道立総合研究機構・工業試験場・デザイン・人間情報グループから情報・ノウハウの提供を受けた。またタスクフォースメンバーであるプロダクトデザイナーも，NC 切削用の図面作成方法について，同グループからアドバイスを受け，スキル向上につながった。

(2-3-2) インドネシアでのモック評価

インドネシアにモックを持ち込み，モックの評価会を実施した。インドネシア科学院で働くガードマンおよびその婦人等の比較的低所得者層 15 名をテスターとし，モックを用いた使用テスト，トイレ内行動のシミュレーション観察，テスターへのインタビュー，テス

ター宅の訪問（2 件のみ）を実施した。モックについては、使い勝手やすわり心地などを聞くとともに、便座、ステップ、スイッチのバリエーションをすべて試してもらい、比較評価をお願いした。また、サイズが自宅のトイレに収まるか否か、支払い意思額はいくらか、についても聞いた。

トイレ内行動も、コンポストトイレのオペレーションも、おおむね設定した仮説の通りであったが、次の課題が明らかとなった。①排せつ後に体を洗うには、現状の便器(トイレットボウル)は小さすぎると感じる、②トイレそのものが自分の家のトイレ部屋に対して大きすぎると感じる、③足置きは、踏み台型が好まれ、パイプ型は「滑りそうで怖い」という意見が多く聞かれた。



キアラチョンドン地区役所



Adnan 氏宅トイレ



キアラチョンドン地区内の風景



共同トイレ

(2-3-3) ザンビアでのモック評価

ザンビアにモックを持ち込み、モックの評価会を実施した。



説明会の様子



モックの見学と質疑応答



説明会の様子

(2-4) モック映像配信による評価

モック映像を用いてコンセプトを紹介する動画(英語版)を、3月21日にYoutube上に公開した。3月29日には、インドネシア語版を同じくYouTube上に公開した。3月31日の時点での再生回数は、フルバージョンが英語版50回、インドネシア語版7回、ショートバージョンが英語版14回、インドネシア語版6回であったが、モックに関する評価コメント等は得られなかった。(なお、5月20日現在で、それぞれ176回、28回、21回、15回の再生回数となっているが、コメントは得られていない)。

(2-5) 実スケルトイレの設計・製作・現地評価

(2-5-1) 実スケルトイレの設計と製作

モックの検証結果を踏まえて、インターフェースデザインに改良を加えた上で設計を行った。設計はインターフェース部分をGranmaおよびTAKT PROJECTが担当し、機構部を北大(伊藤)が担当した。

この改良版設計に従い、試作機の製作を行った。製作は、デザイナーからの紹介による国内試作業者と、インドネシア科学院Neni氏の紹介によるインドネシアの試作業者の両方に発注した。国内での製作は、デザインタスクフォースの設計を高い精度で再現することを目的としたのに対し、インドネシアでは工作技術の低さを補う工夫や、現地ユーザーのセンスからの改良案を引き出すことを一つの目的とした。

国内試作機については、図面通りに仕上がり、クオリティの高い試作機が出来上がった。一方、インドネシアでの製作は、CADソフトウェアの互換性の問題から図面がうまく読み取れなかったこともあり、試行錯誤をしながらの製作となった。指定した納期までにコンポストイレ1台の試作は完了したが、現在はこの業者が自主的にもう1台の試作を行っている。国内で製作した試作機の実物を見た上で再度試作に着手したこともあり、1台めの試作よりもクオリティが高くなっている。



国内で製作した試作機



インドネシア業者が自主的に製作しているモデル(途中経過)。

(2-5-2) 実スケールトイレの現地評価

実スケールのトイレ試作機をインドネシアに持ち込み、①農業関係者・大学関係者・宗教関係者などを対象としたワークショップおよび評価会、②モックテストと同じLIPIのガードマンなどを対象とした評価会、③都市スラム住民を対象とした評価会、をそれぞれ実施し、複数のステークホルダーからの評価をうけた。評価のポイントは、見た目、すわり心地、使い勝手の他に、自宅トイレへの設置可否（サイズの的に）、支払い意思額、とした。

「①農業関係者・大学関係者・宗教関係者などを対象としたワークショップおよび評価会」では、トイレの機能や使用方法に関する詳細な質問が多数寄せられた。

「②モックテストと同じLIPIのガードマンなどを対象とした評価会」では、試作機の評価はおおむね良好であった。また、モック評価会の際には「大きすぎて自宅に置けない」というコメントが多かったが、今回は大半のテスターが設置可能と回答した

「③都市スラム住民を対象とした評価会」では次の成果を得た。

(1)現状のトイレに関する情報を得た。大半が陶器製しゃがみ式で、床はタイル張り。水源は、水道+ポンプまたは地下水+ポンプが主であった。

(2)インプレッション：良好であった。ただし、しゃがみ式から変えたくないという人もいた。老人介護用に寝室に置きたいという人もいた。

(3)色は大半が白を好んだが、中にはピンクや青を選ぶケースもあった。

(4)現状手桶で流している人も、シャワーガンを好んだ（シャワーガン設置を前提としたデザインは妥当と考えられた）。

なお、都市スラム住民のうち 1 つの世帯で実際に試作機を仮設置させてもらった。その結果、この家庭では、今あるトイレのスペースに収まることが確認できた。尿タンクの設置位置、リアクターの運び出し経路などを具体的にシミュレートできた。夫人のインプレッション（サイズが十分小さく設置が可能、水が使えるのは大きなメリット、など）を聞くことができた。



スラム住宅に仮設置した試作機



キーノートスピーチ



試作機見学

(3)プロトタイプのパレゼンテーション、情報発信

(3-1)映像タスクフォースによる動画製作・情報発信

Web上で発信する動画を作成するため、映像を制作するための映像タスクフォースを構成し、デザインタスクフォースと連携しながら映像を制作する体制を準備した(2014年1月23日)。1月30~31日のインドネシア・モック評価会およびスラム現地視察、第2回ワークショップではデザインタスクフォースに同行して撮影を行うとともに、デザインタスクフォースのディスカッションにも参加し、単なる撮影者ではなく、プロジェクトのコンセプトを共有した上で映像制作を行うタスクフォースとして機能した。

1月31日(於・インドネシア)に実施したデザインタスクフォースと映像タスクフォースの合同打合せでは、「ターゲットを誰にするのか」について議論を行った結果、一般トイレユーザー(候補)をターゲットとするよりも、プロジェクトと協働してくれるアクターもしくはプロジェクトに出資してくれる人に訴えることが現時点では効果的と判断し、その後の映像制作は、この方針で実施した。

2月26~27日には、映像のシナリオを仮決定し、説明部分の撮影を行い、編集を行った。その後、デザインタスクフォースメンバーとも映像を共有しながら、改良を加え、3月21日には約5分間のフルバージョンと、約1分間のショートバージョンをYoutube上に公開した。

ロングバージョン：<https://www.youtube.com/watch?v=o-8VJmItIaw>

ショートバージョン：<https://www.youtube.com/watch?v=5sZ1S-HWsrk>

また、3月18~29日の間、インドネシア人留学生に依頼してインドネシア語翻訳版を作成し、3月29日に、同じくYouTube上に公開した。

ロングバージョン：<https://www.youtube.com/watch?v=lxzOJaWBjTQ>

ショートバージョン：<https://www.youtube.com/watch?v=VabXZhgZws4>

3月31日の時点での再生回数は、フルバージョンが英語版50回、インドネシア語版7回、ショートバージョンが英語版14回、インドネシア語版6回であった(なお、5月20日現在で、それぞれ176回、28回、21回、15回の再生回数となっている)。

(3-2)その他のパレゼンテーション・情報発信

2014年3月25日にインドネシアにおいて、農業関係者・大学関係者・宗教関係者などを対象としたワークショップおよび評価会を実施し、試作機を用いてパレゼンテーションを行った。

2014年6月には、ブルキナファソで開催されるAfrica Water Forum 2014において展示を予定している。

2014年7~10月には、日本科学未来館において開催される企画展「トイレ?行っトイレ!~ボクらのうんちと地球のみらい」において展示を予定している。

(<http://www.miraikan.jst.go.jp/spexhibition/toilet/>)

3. プロトタイピングの効果

1. (1)において述べたように、「フィールド研究の結果から明確なニーズやニーズの構造があきらかとなっているが、このニーズに対する対応策がアイデアやシーズの段階に留まっている場合」に事業化を進めていくために必要な方策として事業開始当初には、次の5つのステップあげた。

- ① 事業化への道—1：全体最適化のデザイン
- ② 事業化への道—2：全体最適化のための中間主体の協創
- ③ 事業化への道—3：プロジェクト参加者による生態系の構築
- ④ 事業化への道—4：プロトタイプ製作とリスク分担
- ⑤ 事業化への道—5：イノベーションのサイクルの構築

ここでは、これらの5つのステップについて、プロトタイピング実施による効果の検証と当初計画の変更点を整理する。

(1)プロトタイピングの実施による具体的効果の検証

(1-1)事業化への道—1：全体最適化のデザイン

プロトタイピング実施により、ビジネスモデル（ステークホルダーの同定、バリューチェーンの明確化、運営主体）を選択・設計することができ、具体の試作機のデザイン方針を明確に定めることができた。ただし、ワークショップにおける議論の進め方については、ワークショップ参加者からはプロトタイプ案そのものについて意見を求めるよりも、プロトタイプ案の作り方や作業の進め方、誰とどのように組むべきかといったメタな部分について意見を求めた方が、参加者の持つ知恵やノウハウを効果的に引き出せることも判明した。

(1-2)事業化への道—2，3：全体最適化のための中間主体の協創とプロジェクト参加者による生態系の構築

2. 業務の実施状況において時系列的な業務実績で示した活動の相互関係とその業務の中でどのように生態系が拡張していったかを下図に示す。

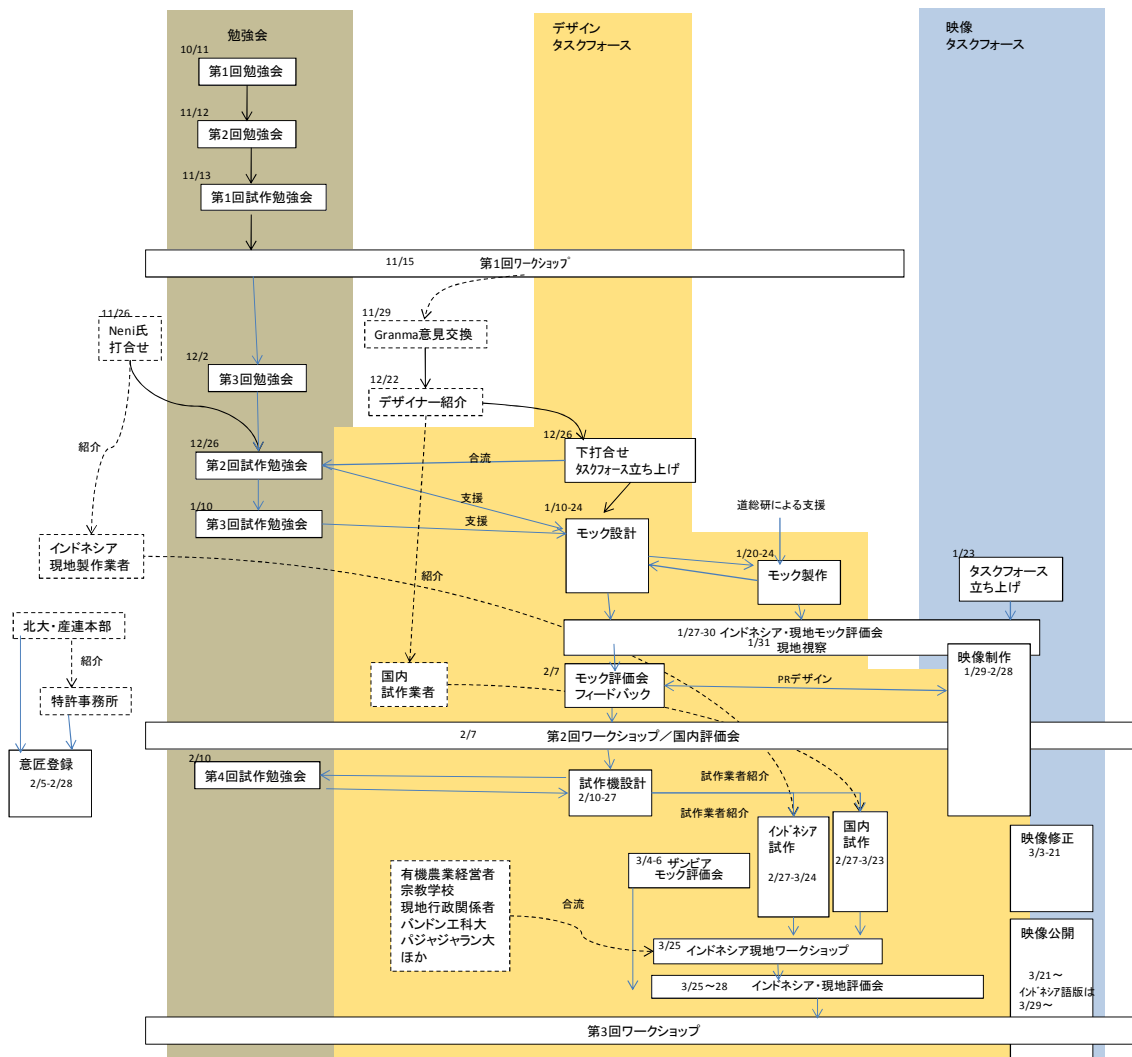
今回のトイレ試作に関わる生態系は2013年10月11日の段階で3名で構成されていた。11月15日に開催した第1回ワークショップにおいて、その構成員は12名に増加した。第2回ワークショップ開催時点では、インドネシアの研究者、インドネシアからの留学生等が加わり、22名の構成員とインドネシアLIPi周辺住民が加わった。ザンビアにおけるモック現地評価会、インドネシアにおける試作と試作機評価会を経て、第3回ワークショップ時点では、28名の構成員とインドネシア・キアラチョンドン地区住民、ザンビアkanyama地区住民が生態系を構成するに至った。

この生態系ネットワークは、現時点で顕在化しているネットワークの他に、個々の構成員が背後にそれぞれのネットワークを持っていることがもう一つの重要な点であり、これにより、必要に応じて各自のネットワークから必要な生態系構成員を巻き込んでくること

が可能となる。デザインタスクフォースの構成経緯はまさにこの生態系ネットワークのポテンシャルからメンバーが発掘されたケースであった。すなわち、ワークショップ参加者であったGranmaの山本氏が、自分自身もタスクフォースに参加するとともに、自身のネットワークの中からプロダクトデザイナーを紹介し、実施の中間主体としての位置づけであるタスクフォースが出来上がった。さらに、このプロダクトデザイナーのネットワークから、試作の専門業者を見つけ出し、生態系に組み込むことができた。

タスクフォースについては、デザインタスクフォースを中間主体と認識し、北大から伊藤、牛島、Granmaから2名、TAKT PROJECTから2名の合計6名で構成した。タスクフォースメンバーはそれぞれサニテーション工学（北大・伊藤）、サニテーションシステムデザイン（北大・牛島）、ビジネスデザイン（Granma）、プロダクトデザイン（TAKT PROJECT）の専門家として自律（自立）しつつ、互いのノウハウを吸収しながら影響しあい、スピード感を持ってタスクを遂行した。また、デザインタスクフォースの拡張的な位置づけとして、北海道立総合研究機構を加えたトイレデザイン勉強会を定期的で開催することで、デザインについての方法論、テクニック、ノウハウが同機構から提供され、タスクフォースとしてのスキルが向上していった。デザインタスクフォースは、試作ワークショップ、モック作成、試作（国内、インドネシア）、現地評価会、情報発信のための映像作成の全てに関わり、これらを通して、タスクフォース全体としての社会的、技術的情報量が増加し、現地住民のフィードバックにより、現地文化・習慣に関する知見を得ることができ、タスクフォースの育成が達成されたと判断している。

以上のように、中間主体の構築、生態系の拡張において、プロトタイピングは有効であると考えられた。



生態系の拡張

(1-3) 事業化への道—4：プロトタイプ製作とリスク分担

リスク分担とはプロトタイプ製作時のリスクを「だれがどのように分担するか」であるが、本事業では実証実験のための経済的援助を受けたことから、このプロトタイプの製作に関するリスクの問題は検討の範囲には加えていない。ただし、本事業は約半年間と極めて短い期間で実施しなければならないものであり、本事業により次項で述べるイノベーションのサイクルでいえば、プロトタイプ製作→社会的受容性評価→アイデア・シーズ段階へのフィードバックという1サイクルを回したのが現状である。本事業で構築した中間主体、生態系を維持し、イノベーションのサイクルを回していくことを想定すると、本事業においても、投資家のグループを当初から中間主体に加えておく必要があると強く認識した。このことが、プロトタイピングの本点に関する効果であると考える。

(1-4) 事業化への道—5：イノベーションのサイクルの構築

当初想定していたイノベーションのサイクルと、実際に事業化する際に求められるス

スピード感には5~10倍ほどの開きがあった。このスピード感で動くために、機動性のあるタスクフォースの存在と、必要に応じて柔軟にリソースを求めることができる生態系の構築が必要であることを強く認識した。

実際、タスクフォースは当初計画以上に機動性を持って自律的に機能した。ビジネスモデルの選択からはじめて、ザンビア、インドネシアにおけるモック段階での評価の実施、インドネシアにおける実スケールトイレの現地評価の実施、動画制作と配信までを半年未満の期間で達成できたことは、プロトタイピングの具体的効果を明らかにしていると判断している。

(2)当初業務計画の仮説・狙いのプロトタイピングによる変更点

(2-1)生態系の重要性について

生態系についても、「プロジェクト参加者による生態系」の構築が当初の想定であったが、プロトタイピングを進めてわかったことは、「プロジェクト参加者をネットワーキングすること」の価値は、彼らによって生態系を構築するというだけでなく、個々の参加者が背後に持っているネットワークも潜在的に取り込むという事であり、必要に応じてそのリソースを活用できるということであった。

本プロジェクトを実施していく中では、この潜在リソースを利用して、新たなタスクフォースメンバーや試作業者、次のプロジェクトでの提携先の候補を見つけ出すことができた。

(2-2)イノベーションサイクルのスピード

先に述べたように、当初想定していたイノベーションのサイクルと、実際に事業化する際に求められるスピード感には5~10倍ほどの開きがあった。このスピード感で動くために、機動性のあるタスクフォースの存在と、必要に応じて柔軟にリソースを求めることができる生態系の構築が必要であることを強く認識した。

4. 業務実施により得られた効果・課題・改善点

1. (2)において述べたように、本事業では次の5つのステップの業務の実施を計画した。

- ① 製品化イメージを有する研究シーズやアイデアの発掘
- ② プロトタイプ製作に向けた産学官による対話の実施
- ③ プロトタイプ的设计, 製作
- ④ プレゼンテーション, 情報発信等
- ⑤ 検証と再構築

ここでは、これらの5つの業務実施により得られた効果・課題・改善点をまず、整理する。続いて、本プロジェクトで対象としたグローバルなサニテーション問題解決という観点からの整理も記す。

(1)製品化イメージを有する研究シーズやアイデアの発掘

先に述べたように、本事業の時間的制約から、業務の前提として、都市スラム向けの資源回収型トイレのプロトタイプングを行うこととした。このため、この段階は事業開始前に発掘を終えているという認識で本事業を進めたため、効果等の整理は行わない。

(2) プロトタイプ製作に向けた産学官による対話の実施

このステップでの目的を「プロトタイプ案作成」、「トイレに関わる生態系の芽の形成」、「中間主体となりうるタスクフォースの結成」とした。

プロトタイプ案作成については、当初、ワークショップ内で詳しく議論することを想定していたが、第1回ワークショップにおいて観測されたことは、ワークショップ参加者からはプロトタイプ案そのものについて意見を求めるよりも、プロトタイプ案の作り方や作業の進め方、誰とどのように組むべきかといったメタな部分について意見を求めた方が、参加者の持つ知恵やノウハウを効果的に引き出せるということであった。また、参加者のサニテーションに対する考え方や認識、現地（インドネシアやザンビア）情報の有無、専門の違いをどのように共有化し、共通の認識のもとで議論を実施していくか、検討の余地があると認識された。そこで、プロトタイプ案作成は主にタスクフォースおよび勉強会において実施するものとし、第2回以降のワークショップではタスクフォースの示すプロトタイプ案をベースに、その後の試作・評価検証プロセスやさらに将来のビジネス化を見据えたプロトタイプ案の修正意見などを参加者に求めることとした。これにより、彼らの持つ知恵やノウハウを引き出すことができた。

生態系構築にはこの対話は極めて有効であった。主たる構成メンバーは、BOPビジネスに経験のある国内の大手企業およびベンチャー企業、途上国向けビジネスに関心が高いコンサルタントおよび研究者であった。対話を通じて彼らをネットワークし、各々の背後にあるネットワーク同士をつなげることで、普段は顕在化しないが必要に応じて様々なアクターを引き出してきてくれることができる多様で大きな生態系のポテンシャルを構築できる

ことが判明した。事実、タスクフォースメンバーとなるプロダクトデザイナーも、試作を行う専門業者も、当初の業務担当者の生態系内には存在せず、本事業によって構築された「トイレに関わる生態系」のネットワークの中から発掘された。

この対話の実施にあたり、自由な発想に基づく発言を保証するために、知的財産に関する取り決めを行った。具体的には、本学の産学連携本部の法務担当者に、会合出席者の発言の権利を確保し、会合での内容の守秘義務を明示した書類を作成いただき、会合参加者全員がこの書類に署名したうえで会合に出席することとした。この書類への署名は、本事業におけるすべての会合において使用した。

(3) プロトタイプ的设计, 製作

具体的な手順として、(1)ビジネスモデルの選定・設計、(2)トイレのスケッチ段階での評価、(3)トイレのモック段階での選定・設計・製作・評価、(4)実スケールトイレの設計・製作・現地評価の段階を踏んだ。

この段階での効果、課題、改善点を以下に列記する。

- ビジネスモデル選定・設計段階では、新しいビジネスモデル案を作成することができた。
- 民間のモノづくりのスピード感を体感し、研究者側のスピード感が変わった。
- 生態系の構築により、極めて効果的なタスクフォースを組織できることが判明した。
- そして、各タスクフォースメンバーは、それぞれの自律した専門家どうしとして影響しあい、情報、仕事の方法や思考方法などのノウハウが交換されることが実証された。
- 特許・意匠登録への迅速な対応：本プロジェクトでは、プロトタイピングにより質の高いインターフェースデザインを用意できた。モック段階のデザインを映像化し情報発信することも行った。この情報発信を行うためには、プロトタイピングの過程で作られた意匠や発明を迅速に権利化することが必要であることが判明し、かつ、実行した。
- その結果、次の意匠登録（全体意匠 1 件、部分意匠 1 件）を行った。
 - ①意願2014-4238（全体意匠）
物品の名称「トイレ」
出願日：平成26年2月28日
 - ②意願2014-4239（部分意匠）
物品の名称「トイレ」
出願日：平成26年2月28日
- また、内部機構・オペレーションのデザインについても、プロトタイピングのプロセスを経て洗練された。この点については、大学に発明届の申請を 1 件予定している。
- 産官学の対話の過程や産官学からのメンバーによるタスクフォースの成果として特許や意匠を申請する場合、個々の権利の持ち分により申請費用を負担することが必要となる。同一の大学関係者のみが申請する場合には、大学の発明委員会で認められれば

研究者に費用負担は生じない。しかし、今回のような場合には、大学関係者以外には費用負担が生じる。費用負担を必要としないようにするためには、権利の放棄を求め必要がある。この点は、特許・意匠登録にあたり、検討すべき課題である。

- 特許・意匠申請，業者との試作契約，海外業者への発注業務など，研究者と事務担当者が有機的に協働する場面がプロトタイピングの過程で何度も出現した。本事業では，事業開始時から，産学連携部門の事務官も事業参加者として登録し，ワークショップ等のすべての活動に参加した。これにより，事業内容についての共有化がはかられ，事務作業がスムーズに進むことが判明した。
- 当初予定していた三次元プリンターは，トイレのように大きなものを作る場合にはまだまだコスト的に高く，また強度の面でも問題があることがわかった。そこで，高密度発泡ウレタンをNC 切削機で精密に切削することで実物大モックを作成した。

(4) プレゼンテーション，情報発信等

このステップでは「使用体験イベント(現地評価会)」開催と「多言語での動画配信」を計画した。

インドネシアにおけるモック段階での「使用体験イベント」では，デザインを便座2案，足置き2案，スイッチ2案の合計8種類のすべてを体験してもらい，デザイン絞り込みのための意見をを得ることができた。また，現地のトイレ設置環境の視察，トイレ行動シミュレーションの実施，ならびに，動画作成など，デザインタスクフォース，映像タスクフォースが有機的に活動するイベントとすることができたことが大きな効果と判断している。また，ザンビアでのモックの使用体験イベントは，家に設置できるトイレに対する評価を得た。

実スケールのトイレを用いた現地評価会では，①知識人（農業関係者，大学関係者，宗教関係者），②モック段階で評価を行ってくれた LIPI 関係者，③都市スラム住民を対象とした3回の会合を開催することができた。特に，モック段階と改良後の実スケールトイレの両者を評価した会合は有効であり，評価→改良→評価により，より，受容性の高いモデルへと進化させることができることが確認された。また，知識人による評価会では，詳細な質問が多数寄せられ，さらなる改良への情報が蓄積された。

2か国語による動画配信が極めて短時間により達成されたのも本事業の効果と考えている。それは，本学のeラーニング教材作成チームも生態系に加わり，事業の内容，技術の意味，グローバルなサニテーション問題等を共有する環境を用意したことがその理由であると判断している。動画は英語とインドネシア語の2か国語で配信されているが，5月20日現在での再生回数はそれほど多くなく（英語版で176回，インドネシア語版で28回），検索ソフトにより容易に検索できるように適切なキーワードの配置とプロジェクトのブランド化を含めた広報戦略が必要である。

(5) 検証と再構築

トイレの試作という意味では、モック段階の評価→改良→実スケールトイレ評価と現地住民等による評価を2段階得ることができたことを、前項で述べた。

ここでの検証と再構築は本プロトタイプ事業全体の検証と再構築についてである。検証のためのワークショップは2014年3月31日に開催し、試作機の実物を示し、かつ、インドネシアでの検証会の報告後、さらなる改良のアイデアが参加者から示された。また、「生態系」、「タスクフォース」の経緯、構成について報告がなされ、本事業で構築した「生態系」、「タスクフォース」を活かしてどのように今後展開していくか議論した。

ここで、得られた本事業の評価は

- 試作機を製作し、現地評価会を実施するところまでで達成できたことは評価される
- しかし、ハードひとつとっても、5か月では最終製品まで持って行くことは難しく、さらなる改良が必要である。

と整理することができる。

本事業で構築した「生態系」、「タスクフォース」の今後の展開については、「本事業が2014年3月に終わった途端、予算の工面がつかずプロトタイプの改良が失速する」というのが現状であり、プロトタイプ継続のための資金調達について検討する必要があると認識を強くしている。先に述べたように、投資家のようなプロトタイプ製作におけるリスク分担をするグループが現在の「生態系」に加わっていないことが極めて大きな課題となっている。

(6) グローバルなサニテーション問題解決の立場から

2010年の国連のレポートは、(1)2008年時点で適切なサニテーションシステムを有していない人口の割合は48%（人口で26億人）にのぼり、特にサブサハラアフリカと南アジア地域において事態が深刻でそれぞれ69%、64%となっている、(2)2015年にはさらに悪化して27億人に達し、ミレニアム開発目標の達成が難しい、と報告している。新しい考え方に基づいたサニテーションシステムとその社会化・導入モデルが必要とされている。

このような状況の中で、水処理に代表されるサニテーション技術に対する日本への期待は大きく、膜技術のような高コストかつ高技術な分野では世界的に高い評価を得ている。しかし、貧困層を対象とするなど多様な社会経済状況にも対応できる技術も求められており、日本の有するサニテーション技術のスペクトルを広げる必要があると考えられる。本プロジェクトは日本のサニテーション技術への世界貢献の幅を広げることを意味する。

本事業において形成された「トイレに関わる生態系」、「中間主体となりえるタスクフォース」はこの日本の貢献を達成するための一つの核となり得るグループと考える。それは、目的を共有する多様な専門を持つ者の自律・分散グループだからである。

また、トイレに関わるイノベーションのサイクル（(1)ビジネスモデルの選定・設計、(2)トイレのスケッチ段階での評価、(3)トイレのモック段階での選定・設計・製作・評価、(4)

実スケールトイレの設計・製作・現地評価)を極めて短時間で1サイクル回すことができることを実証したことも大きな成果である。

今後は、本事業で構築した「生態系」をより拡張し、グローバルなサニテーション問題の解決に直接寄与できるよう活動を継続していくことが重要と考える。