

**平成24年度政府開発援助
海外経済協力事業委託費による
「途上国政府への普及事業」**

ファイナル・レポート

ブータン王国

**小規模生活排水処理による河川の
水質改善及び生活改善事業**

平成25年3月

(2013年)

毛管浄化システム株式会社

本調査報告書の内容は、外務省が委託して、毛管浄化システム株式会社が実施した平成24年度政府開発援助海外経済協力事業委託費による途上国政府への普及事業(小規模生活排水処理による河川の水質改善及び生活改善事業)の結果を取りまとめたもので、外務省の公式見解を表わしたものではありません。

目 次

・ 巻頭写真	.....
・ 略語表	.....
・ 要旨	.....
1. はじめに	.....1
2. 開発課題の現状及びニーズの確認	.....5
2.1 政治・経済の概況	.....6
2.2 開発課題の現状	.....6
2.3 関連計画、政策及び法制度	.....8
2.4 対象分野のODA事業の事例分析および他ドナーの分析	.....10
3. 技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し	.....11
3.1 活用が見込まれる提案技術の強み	.....11
3.2 事業展開における海外進出の位置づけ	.....14
3.3 海外進出による地域経済への貢献	.....14
3.4 想定する事業の仕組み	.....14
3.5 想定する事業実施体制・具体的な普及に向けたスケジュール	.....14
3.6 リスクへの対応	.....15
4. 技術に関する現地適合性の検証	.....17
4.1 技術の紹介、試用、実証・パイロット調査の概要	.....17
4.2 技術の現地適合性検証の結果	.....23
4.3 採算性の検討	.....31
5. ODA案件化による対象国における開発効果及び提案企業の事業展開効果	.....32
5.1 提案技術と開発課題の整合性	.....32
5.2 ODA案件化による技術等の当該国での適用・活用・普及による開発効果	.....33
5.3 提案企業が事業展開した場合の開発効果	.....33
6. ODA案件化の具体的提案	.....36
6.1 ODA案件概要	.....36
6.2 具体的な協力内容及び開発効果	.....38
6.3 他のODAとの連携可能性	.....41
6.4 カウンターパート機関との協議状況	.....41
現地調査資料	
・ ブータン各種調査	
・ ブータン土壌浄化法モデル施設設置	
・ ブータン全国下水道整備計画	
・ 土壌浄化法セミナー・技術研修報告書	
・ 日本における土壌調査	

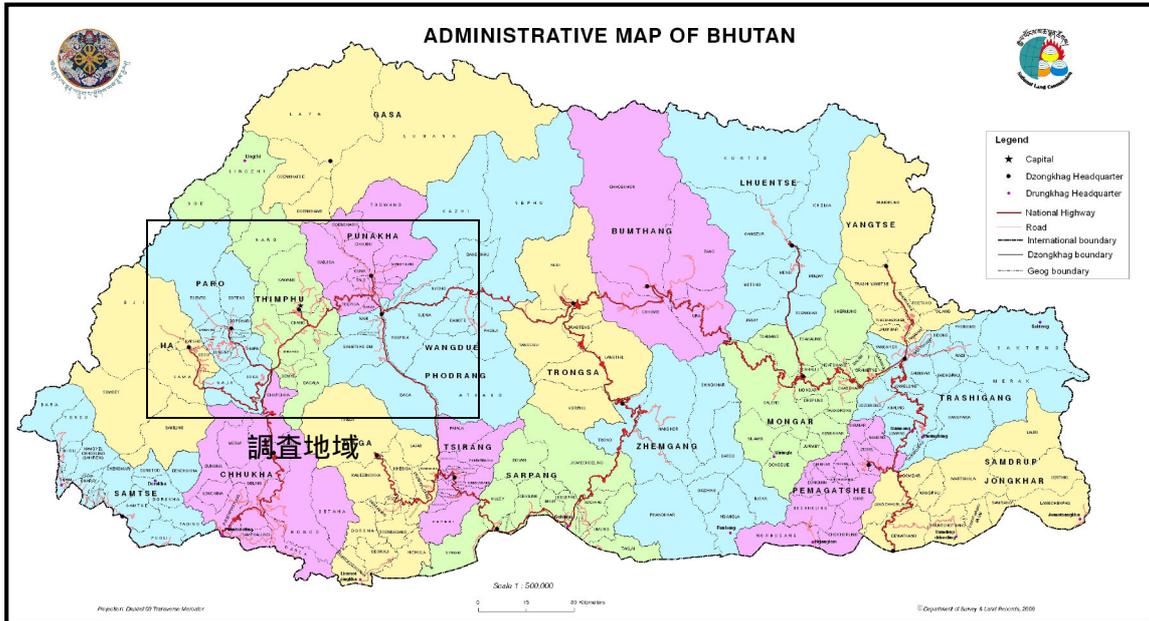


図 - 1 ブータン全体図

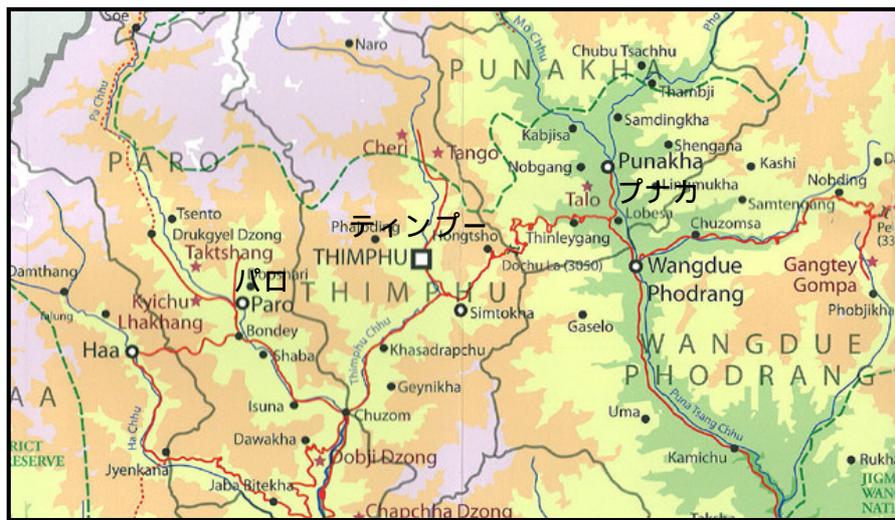


図 - 2 調査地域地図



ティンブー全景



ティンブー全景



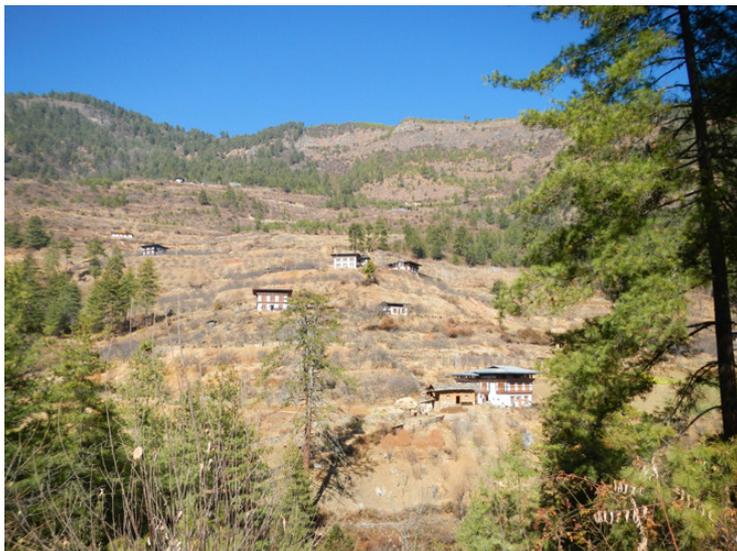
ティンブー周辺の集落



農村集落



農村集落のトイレ



山間集落

略 語 表

BOD	Biochemical Oxygen Demand (生物化学的酸素要求量)
COD	Chemical Oxygen Demand (化学的酸素要求量)
GNHC	Gross National Happiness Commission (国民総幸福委員会)
GNH	Gross National Happiness (国民総幸福量)
MOA	Ministry of Agriculture (農務省)
MOEA	Ministry of Economic Affairs (經濟省)
MOE	Ministry of Education (教育省)
MOF	Ministry of Finance (財務省)
MOFA	Ministry of Foreign Affairs (外務省)
MOH	Ministry of Health (保健省)
MOHCA	Ministry of Home and Cultural Affairs (内務・文化省)
MOIC	Ministry of Information and Communications (通信情報省)
MOLHR	Ministry of Labour and Human Resources (労働・人的資源省)
MOWHS	Ministry of Works and Human Settlement (公共事業省)
NEC	National Environment Commission (国家環境委員会)
TCB	Tourism Concil of Bhutan (観光省)
m ³ /d	Cubic meter per day (立方メートル/日)
T-N	Total Nitrogen (全窒素)
T-P	Total Phosphorus (全磷)

要 旨

1. はじめに

ブータンは、九州位の面積に約70万人が生活する国で、自然と共存する生き方を推進し、国民総幸福量を基本理念においた国である。経済成長に伴う都市周辺の人口増加により、生活排水等の排出により河川の水質汚染が深刻化している。首都ティンブー市には、デンマークの援助により、し尿を対象にした下水処理場が設置されているが、酸化安定池法であるために、処理場周辺環境の悪化と放流河川の水質汚染が深刻化している。又、住宅内にトイレがない場合もあり、日常生活の不自由さがある。

国の財政力は、大型の下水処理場を建設できる状況にはなく、小規模な地域を対象に、すぐ利用できる生活排水処理施設が求められている。ブータンの地方都市でも、地域によっては同じような状況になりはじめている。このようなことから二次公害がなく、建設費が安く、維持管理費の安い汚水処理技術が求められている。

土壌浄化法は、日本で開発された二次公害の発生を自然の力(土壌)を利用して防止する汚水処理技術で、国土交通省や農林水産省の補助事業にも設置されている処理方式である。今回は、日本の実績をもとに、ブータンに適した設計基準を設定することを目的の一つとする。

事業方針と事業内容は以下の通りとする。

- 1) ブータンにおける生活に関する水使用の状況調査や排水基準の調査
- 2) 上水道の整備状況と生活排水の整備状況調査(ティンブー市とパロ県を対象)
- 3) 河川の汚染に関する状況調査(ティンブー市とパロ県を対象)
- 4) 土壌の分解能力調査(ティンブー市とパロ県を対象に50ヶ所を実施)(分解能力は、深さ10cmと20cmにちくわ等を埋設し、1ヶ月後に取り出し、分解状況を調査する)
- 5) 土壌の浸潤能力調査(ティンブー市とパロ県を対象に10ヶ所を実施)(トレンチ設置可能調査・土壌の分布、土質調査、地下水位調査、減水速度調査等)
- 6) 個人住宅に、セプテックタンクの臭気を防止する土壌脱臭床を設置する。
- 7) 個人住宅の雑排水を浄化するために、ニイミトレンチを設置する。
- 8) 小規模な地区を対象にした処理施設を、テストプラントととして、高校に設置する。
- 9) 土壌浄化法の技術を理解するためにブータンの関係者を日本に招聘し、福島県会津坂下町と山梨県身延町の土壌浄化法の施設見学を実施する。
- 10) 土壌浄化法の技術、維持管理方法等、ブータンの担当者2名が日本で研修する。
- 11) 土壌浄化法の技術を説明するために、ブータンにて土壌浄化法のセミナーを開催する。
- 12) 設置したテストプラントについて、継続的に処理水質の調査を実施し、河川の調査と合わせて処理施設の設置による水質改善効果を確認する。
- 13) ブータン全域を対象にして、効率の良い処理区を設定し、生活排水処理(下水道)の基本計画を策定する。
- 14) ブータンにおける小規模生活排水処理(下水道)への提案を取り纏める。

2. 開発課題の現状及びニーズの確認

ブータンにおける小規模生活排水処理の開発課題の現状は、急激な人口増加を背景とした都市並びに周辺集落の公衆衛生の向上を図る事にあるが、現在のブータンの環境を考えると公衆衛生の概念を広く国民に理解してもらう事から始める必要があり、教育の一環として推進して行く事も必要である。

都市部における生活排水処理の現状は、下水道整備区域外では、し尿はセプテックタンクで一次処理した後、雑排水と合わせて河川や水路に放流しており、水路は汚水が流れ、冬でも悪臭を放っている。都市における一般家屋のトイレは、建物内に設置されている事が多く、しゃがみこみ式のトイレで、桶やタンクに汲み置きした水で手桶を用いて洗浄(ペーパーの使用はしない)後、手桶で汚物を流す仕組みである。ホテルなどは腰掛け式の水洗便所で、使用後は紙で拭き使用した紙は流さず専用のゴミ箱に捨てている。

農村部における生活排水はもっと劣悪で、早急な改善が必要となっている。

生活環境の改善として居室とは別に設置されているトイレを、建物内に設置する必要がある。

小さな集落では、汚水が路肩を流れている事が多く、衛生的でなく、汚染が進行している。

セプテックタンクからは臭突が出ており、臭気対策等の課題が残る。

学校のトイレ等の現状

学校のトイレは、トイレ専用の建物が校舎脇に建てられているのが一般的であり、男子・女子・教員用に区別されている。いずれのトイレも汲み置き水により洗浄し、紙を使わない場合には、その水で洗浄し、汚物を流す仕組みになっている。高校のトイレは、清掃も不十分で汚物やゴミが便器内部や周辺に散乱している状況で、まず子供達からトイレ教育や下水道整備の必要性を伝えることが必要な時代である。

トイレ専用の建物の脇にはセプテックタンクが設置されており、し尿は本タンクに貯留され、その後段に設置されているソックピット（浸透枘）により地下浸透されているが、重力水による浸透のため目詰まりして機能不全になっている場合が多い。排水はそのままオーバーフローしてあふれ、雨水用の側溝などに排出されて、地域の汚染の元凶となっている。

3. 技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し

土壌浄化法とは、農学者新見正によって開発された日本独自の汚水処理技術である。土壌が持っている自然の力を利用する技術で、主に三つの技術が利用されている。

- ・ニイミトレンチ（土壌被覆型沈殿分離槽と毛管浸潤トレンチを組み合わせた無動力の技術）
- ・ニイミシステム（土壌被覆型沈殿分離槽と土壌被覆型接触酸化槽を組み合わせた技術）
- ・土壌脱臭床（セプテックタンクの臭気を、土壌に導入して脱臭する無動力の技術）

上記の技術は、個人住宅に利用されるだけでなく、地域の困っている環境問題に対して組み合わせることができる技術となっている。小規模下水道の整備や中心市街地をいくつかに分割して、地域の特性を生かした形で整備ができる

事業展開における海外進出の位置づけ

木村弘子は土壌浄化法開発者の新見正の娘である。

毛管浄化システムは土壌浄化法を専門に取り扱う建設コンサルタントである。

昭和 55 年 3 月 会社創立

昭和 58 年 3 月 建設大臣の一般認定取得 ニイミシステム 20・30（51 人～500 人）

昭和 63 年 3 月 建設大臣の一般認定取得 ニイミシステム 20・30（501 人～2,000 人）

平成 2 年 12 月 資本金増資 4,000 万円

平成 2 年 4 月 国土交通省補助事業北海道占冠村供用開始

平成 12 年 4 月 自治体の組織「全国市町村土壌浄化法連絡協議会」が設立される
個人を正会員とした民間組織「土壌浄化法ネットワーク」が設立される

平成 21 年 1 月 「さいたま輝き荻野吟子賞」を受賞し、埼玉県知事より表彰される

平成 22 年 7 月 環境省を窓口にした中国でのモデル施設が、高い評価を受けて泰州市に引渡される

平成 24 年 7 月 JICA の事業として、メキシコで土壌浄化法のモデル施設が、専門家にて建設中

ブータンの環境整備はこれからで、土壌浄化法は適する技術として期待されている。

4. 技術に関する現地適合性の検証

毛管浸潤トレンチ工法（ニイミトレンチ）

毛管浸潤トレンチ工法は、汚水を不飽和流動によって生物的活性の高い土壌部分に導く工法で、有機物を酸化分解させることで処理をする工法である。

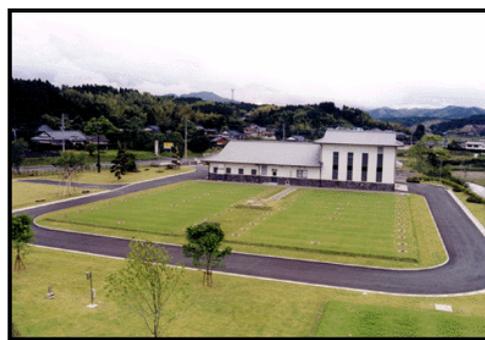
維持管理が容易である事、放流水が流れ出ない自然にやさしい工法である。その反面、広い土壌空間を必要とすると共に浄化能力を自然の力にたよる装置であるため設置場所での土壌調査を必要とする。この結果から設置が可能であるか判断する等、設置場所の診断が重要となる。個人住宅と高校にテストプラントを設置した。

土壌被覆型工法（ニイミシステム）

在来の下水処理場は、二次公害対策として消泡装置や脱臭装置などを建設することが必要になっている。土壌被覆型工法はこれ等の二次公害を被覆土壌によって簡単に防止することができる汚水処理技術である。



京都府南丹市園部町



鹿児島県南九州市知覧町

土壌脱臭

臭気ガスを土壌中に導き土壌粒子に接触させることにより、臭気成分を土壌粒子及びその表面の土壌水に吸収させ、土壌中の微生物により臭気成分を分解し無臭化するものである。脱臭に適した土壌は、土粒子の比表面積が広く、微生物、土壌動物や植物の生活圏として適した土壌であることが条件となる。また基本的に、処理風量に合わせて適切な脱臭床面積を確保し、土壌に対して高負荷をかけない事が重要となる。

土壌脱臭は、他の脱臭法と異なり脱臭処理に必要な薬品や活性炭等の消費や交換が無いため維持管理コストを低く抑える事ができる。セブテックタンクの臭気を、土壌脱臭床で解決した。

プータンでの各種調査

土壌浄化法は、土壌生態系の持つ機能を汚水処理システムに適用した工法であるため、設置に当たっては、現地の自然環境とともに土壌の状況を把握する事が重要となる。

土壌の分解能力調査（調査対象地域：ティンブー県、パロ県、ブナカ県）

調査概要：調査は、2本のちくわを、深さ10cmと20cmの2ヶ所に埋設し、1ヶ月後に掘り出して、その地域での分解能力を調査した。冬季間の調査であったために、ほとんどが分解していなかった。日本で調査を行ったが、10ヶ所で完全に分解されていた。

土壌浸透能力調査（調査対象地域：ティンブー県、パロ県）

調査概要：毛管湿潤トレンチの設計が基準に則って行われたとしても、その設置箇所を選定が不適切であれば機能しない。今回の調査は毛管湿潤トレンチ設置箇所の適正判定の為、減水速度測定を行ったが、調査では、数ヶ所設置不適な場所があった。

河川の状況調査（調査対象地域：ティンブー県）

調査概要：河川の汚染に関する状況調査を行うことを目的とする。

既存下水処理場の現状調査（調査対象地域：ティンブー県）

調査概要：ティンブーの処理場の規模や設計諸元を把握し、今後の計画に反映させ、また、土壌浄化法による改築計画を提案する。

生活環境状況調査（調査対象地域：ティンブー県、パロ県）

調査概要：都市における生活環境や汚水排水の状況を現地にて調査した。

5. ODA 案件化による対象国における開発効果及び提案企業の事業展開効果

土壌浄化法は日本で開発された省エネルギー型の汚水処理技術である。従って、下水道が未整備の国や開発途上国には、適した技術といえる。土壌の分解能力は、各地で評価されている。小規模汚水処理施設に要望される項目は、「二次公害の発生がなく、維持管理が容易で、建設金額も維持管理費用も安価で、きれいな処理水質を確保出来る事」。土壌浄化法は小規模下水処理場に要望されている項目を全て満足できる汚水処理技術である。従って、生活排水等によって、河川の汚染が進んでいる地域では、極めて有効な方法といえる。

事業展開した場合の開発効果

提案する水処理技術「土壌浄化法技術」を展開する事で設置した地域の環境への汚濁負荷が削減でき、側溝や河川の水質改善が期待できる。

「土壌浄化法技術」は土壌被覆されているため臭気の発生や害虫の発生を少なくする事で良好な生活環境を提供できる。

公衆衛生に対する理解を深めることや腰掛け式トイレの使用方法を体験することで、生活改善に効果がある。

6. ODA 案件化の具体的提案

(1) JICA の民間提案型普及・実証事業（普及事業展開型）

ブータンにおいて緊急に整備で要望があるものを、民間提案型普及・実証事業にて検討を進める。

教育省を窓口にして、ブータンの学校に、沈殿分離槽とニイミトレンチを設置する。

観光省を窓口にして、観光地の水洗トイレに、沈殿分離槽とニイミトレンチを設置する。

保健省を窓口にして、病院や保健施設に、沈殿分離槽とニイミトレンチを設置する。

各県を窓口にして、公共施設に、沈殿分離槽とニイミトレンチを設置する。

(2) JICA の技術協力プロジェクトを利用して、設計と現場指導を行う

都市及びその周辺の集落の集合処理を実施する。

保健省を窓口にして、小規模下水道計画による農村における環境整備を実施する。

公共事業省を窓口にして、小規模下水道計画による都市集合処理を行う。

ブータン王国、小規模生活排水処理による河川の水質改善及び生活改善事業

企業・サイト概要

- 提案企業：毛管浄化システム株式会社
- 提案企業所在地：東京都板橋区
- サイト・C/P機関：ティンプー市及びパロ市・教育省

ブータン国の開発課題

- 急激な都市部の人口増加により生活排水が原因の環境汚染が深刻
- 郊外では屋外にトイレがあり生活環境の改善が必要
- 学校で環境に対する教育が行われていないため環境教育を行う必要がある

中小企業の技術・製品

- 小規模かつ安価で、環境にもやさしい土壌浄化法を用いてブータンの環境問題を解決
- ニイミトレンチ（土壌の分解力を利用した処理技術）
- ニイミシシステム（被覆土壌で公害を防止する処理技術）
- 土壌脱臭床（土壌の脱臭力を利用した処理技術）

企画書で提案されているODA事業及び期待される効果

- 想定されるODAスキーム]民間提案型普及・実証事業、草の根技術協力、民間提携ボランティア
- ブータン国内の学校のトイレ及び処理施設を改築することで、公共用水域の水質が改善される
- 環境教育により生徒及び生徒の保護者の環境問題認識を改め、ブータンの環境が改善される

日本の中小企業のビジネス展開

- 環境保全の意識の高まりにより、下水道の早期整備が求められ土壌浄化法の技術が採用されて、建設コンサルタントとしての業務の拡大につながる



1. はじめに

1.1 事業の目的

ブータンは、九州位の面積に約70万人が生活する国で、自然と共存する生き方を推進し、国民総幸福量を基本理念においた国である。経済成長に伴う都市周辺の人口増加により、生活排水等の排出により河川の水質汚染が深刻化している。首都ティンブー市には、デンマークの援助により、し尿を対象にした下水処理場が設置されているが、Waste Stabilization Ponds（日本語では酸化安定池法）であるために、処理場周辺環境の悪化と放流河川の水質汚染が深刻化している。又、住宅内にトイレがない場合もあり、日常生活の不自由さがある。

国の財政力は、大型の下水処理場を建設できる状況にはなく、小規模な地域を対象に、すぐ利用できる生活排水処理施設が求められている。ブータンの地方都市でも、地域によっては同じような状況になりはじめている。このようなことから二次公害がなく、建設費が安く、維持管理費の安い汚水処理技術が求められている。

土壌浄化法は、日本で開発された二次公害の発生を自然の力（土壌）を利用して防止する汚水処理技術で、国土交通省や農林水産省の補助事業にも設置されている処理方式である。日本の実績をもとに、ブータンに適した設計基準を設定することを目的の一つとする。

小さな集落を対象に、家庭から排出される生活排水を収集し、処理施設の効果を確認するために、二つに分水し、土壌被覆装置と毛管浸潤装置を設置して、水質調査等を行い、ブータンに適する土壌浄化法による汚水処理技術の確認を行う。

モデル施設の状況確認を行い、それをもとにブータンの生活排水処理施設に利用して、河川の水質改善及び水洗トイレによる生活改善を図る事を目的にした事業である。

1.2 事業の概要

人間が生活しているところでは、生活排水の処理が課題になる。住宅から排出される台所排水や洗濯排水等の他に、トイレを住宅内に設置して、水洗トイレを設置する文化的な生活が求められる時代が来る。土壌浄化法は日本で開発された汚水処理技術で、小規模生活排水処理に要望される項目をすべて満足する事ができる技術となっている。

小規模生活排水処理は、住宅の密集した地域を一つの処理区とするために、管の口径は小さく、土被りも浅く、建設金額も安価にでき、すぐ利用する事が可能になる。又、土壌被覆装置は、汚水槽全体を土壌で被覆する事により、簡単に二次公害を防止できる技術であるために、住宅の密集した地域ごとに、管渠の効率の良いところを一処理区にする下水道事業が可能になる。

土壌浄化法をビジネスとしてブータンで具体化するには、生活排水処理施設だけを設置するのではなく、水洗トイレ、宅地内排水設備、管渠、生活排水処理施設、維持管理までを含めて、パッケージにした方法でインフラ整備事業とする事が必要になる。

1.3 事業方針と事業内容

事業方針と事業内容は以下の通りとする。

- 1) ブータンにおける生活に関する水使用の状況調査や排水基準の調査
- 2) 上水道の整備状況と生活排水の整備状況調査（ティンブー市とパロ県を対象）
- 3) 河川の汚染に関する状況調査（ティンブー市とパロ県を対象）
- 4) 土壌の分解能力調査（ティンブー市とパロ県を対象に50ヶ所を実施）（日本でも実施する。会津坂下町町内で50ヶ所、日本全国50ヶ所を実施する。分解能力は、土壌にちくわ等を埋設し、二週間後、一ヶ月後に取り出し、分解状況を調査する）
- 5) 土壌の浸潤能力調査（ティンブー市とパロ県を対象に10ヶ所を実施）（トレンチ設置可能調査・土壌の分布、土質調査、地下水位調査、減水速度調査等）
- 6) 小規模な地区を対象に、汚水を収集し、流入水量を二つに分割し、一つを毛管浸潤装置に導入し、一つを土壌被覆装置に導入する。同じ原水を対象にして、建設金額、維持管理費、汚泥の発生量、処理水質等の調査を実施する。月2回の水質分析を実施する。
- 7) 土壌浄化法の技術を理解するためには、施設を見学する事が一番の早道となるために、ブータンの関係者を対象に、福島県会津坂下町の土壌浄化法の施設見学を実施する。
- 8) 土壌浄化法の技術、維持管理方法等、ブータンの担当者2名が日本で研修する。
- 9) 土壌浄化法の技術を説明するために、ブータンにて土壌浄化法のセミナーを開催する。
- 10) 継続的に処理水質の調査を実施し、河川の調査と合わせて処理施設の設置による水質改善効果を確認する。
- 11) ブータン全域を対象にして、効率の良い処理区を設定し、生活排水処理（下水道）の基本計画を策定する。
- 12) ブータンにおける小規模生活排水処理（下水道）への提案を取り纏める。
- 13) 緊急に整備が必要な地域から、ODA予算やJICAの事業と組み合わせた土壌浄化法によるパッケージ型インフラ整備事業を進める。

1.4 調査団の構成及び調査日程

調査団の構成及び調査日程は以下の通りである。

1 - 表1 調査団の構成

役 割	氏 名	所 属
業務主任者	木村 弘子	毛管浄化システム(株)代表取締役
プロジェクトマネージャー	木村 恭彦	毛管浄化システム(株)取締役副社長
報告書・記録	木村 正二郎	毛管浄化システム(株)
調査・計画	中出 正一	毛管浄化システム(株)
調査・計画	川崎 千史	毛管浄化システム(株)
調査・計画	渡邊 真人	毛管浄化システム(株)
調査・計画	速水 伸哉	毛管浄化システム(株)
調査・計画	中原 盛仁	毛管浄化システム(株)
調査・計画	岩崎 俊二	毛管浄化システム(株)
調査・計画	原 光暢	毛管浄化システム(株)
コーディネーター	高橋 直子	(株)伝統建築研究所
コーディネーター	プブ テンジン	(株)伝統建築研究所
セミナー講師	甲斐 光威	福島県会津坂下町
セミナー講師	小林 悦郎	特定非営利活動法人日本土壌浄化法ネットワーク
セミナー講師	和田 ひろ子	特定非営利活動法人日本土壌浄化法ネットワーク
セミナー講師	稲垣 茂	全国市町村土壌浄化法連絡協議会
セミナー講師	滝田 久満	特定非営利活動法人日本土壌浄化法ネットワーク
セミナー講師	鎌田 浩	特定非営利活動法人日本土壌浄化法ネットワーク

1 - 表2 調査日程表

調査日程

作業項目	24 年度												
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
事業準備										□			
水利・汚染状況を調査										■	■		
土壌の分解能力を調査										■	■		
土壌の浸潤能力を調査										■	■		
土壌浄化法の施設設置											■	■	
処理水等の水質の調査										■	■	■	
生活排水処理施設計画										□	□	□	
レポート作成										□	□	□	
現地担当者日本での研修												□	
土壌浄化法セミナー開催											■		

凡例： ■ 現地業務期間 □ 国内作業期間

2. 開発課題の現状及びニーズの確認

2.1 政治・経済の概況（外務省のHPより）

政治概要

第4代国王主導により、90年代末から憲法制定委員会の設置など、議会制民主主義への移行準備が進められ、2006年12月に即位した第5代国王の下、2007年12月に上院議員選挙が、2008年3月に下院議員選挙が実施された。これを受け、憲法草案に基づき、2008年4月、下院議員選挙において勝利したプータン調和党（DPT）のジグミ・ティンレイ党首が国王により首相に任命され、新内閣が発足した。2008年5月、新国会が召集され、憲法等の法案審議が開始され、7月、憲法が採択された。

2011年5月、民主政権下初の地方選挙が予定されていたが、立候補者の政党離脱手続きの不備問題が相次ぎ、実施が危ぶまれた。これに対し、関係者からの訴えに応えるかたちで、国王から、国家の調和、憲法の尊厳、法の強化、民主主義の成功の観点から関係者間の協議を促す布告が発出され、最終的に同年6月に地方選挙を実施。全国20県にまたがる205郡議会、16県の県庁所在地代表（ティンブー県、チュカ県、サルパン県、サムドゥブ・ジョンカル県を除く）、欠員となっていた地区長が選出された。同年12月には欠員補充のための第2次地方選挙が実施された。

インドと国境を接する南部地域では、90年代末以降インド・アッサム州での分離独立運動を行っている過激派組織が進入したため、2003年にプータン政府により掃討のための軍事作戦が行われていた。

経済概要

1960年代以降の近代化政策の推進により、自給自足経済から市場経済への堅実な移行が進められている。GDP成長率は2002年～2008年（第9次五カ年計画、08年まで一年延長）で平均9%、2007年には、タラ水力発電所稼働開始に伴い18%の高成長を達成したが、2008年は4.7%、09年は6.7%、10年は11.8%、2011年は8.5%であった。2011年のGDPは16.89億ドル、一人あたりGDPは2,287ドルを記録した。産業別のGDP構成比（2010年）は、電力セクター17.6%、農林業16.8%、建設14.2%、製造業8.7%、鉱工業2.2%、サービス業が36.5%となっている。

2010年の貿易額は、輸出額293.24億ニュルタム（約6.29億ドル、輸入額390.84億ニュルタム（約8.38億ドル）であり、貿易収支は975.97万ニュルタムの赤字であった（09/10年度平均為替レート：1米ドル=46.65ニュルタム）。主要輸出相手国（2010年）は、第1位から順に、インド、香港、バングラデシュ、日本、ネパール、主要輸入相手国（2010年）は、インド、韓国、タイ、シンガポール、日本となっている。主要輸出品目（2010年）は、電力、珪素鉄、鉄または非合金鋼、セメント等であり、全輸出品目の84%を占めている。主要輸入製品（2010年）は、軽油、ガソリン、金属製品、小型掘削機、石炭、米等であり、全輸入品目の30%を占める。

プータンは、ほとんど全ての消費財や資本財をインド及び他国からの輸入に依存しているため、貿易収支は恒常的に赤字で推移し、1990年代後半以降、大規模な水力発電プロジェクトの推進によりこの傾向に拍車がかかった。インドからの大型水力発電プロジェクトが一段落した2007年は、経常収支が黒字に転じたが、2008年以降は再び赤字となっている。2012年1月の国会では、外貨準備高のインド・ルピー不足問題が取り上げられ、財務大臣の下に対策を検討するためのタスクフォースが設置された。インドとの輸出入が圧倒的なシェアを占める中で、インド・ルピー以外の外貨収入を得る手段として豊かな観光資源の開発も重要な課題となっている。

プータンでは引き続き人口の7割が農村地域に居住し、小規模な地域自給自足型の労働集約的農業を中心とした農業に従事している。経済活動を行う労働力は全人口の67.4%（約33万4千人（2010年））である。

業種別・形態別では、農業が依然として労働力の59.4%を占める主要セクターとなって

いるほか、急速に拡大する労働市場において民間セクターが雇用機会を創出する重要なセクターとして現出してきている。失業率は3.1%（2011）であり、失業者全体に占める15歳～29歳の年齢層の割合は65.45%となっている。また、都市部においては、雇用機会を求める若者の増加を背景として、失業率は比較的高くなっている（5.8%、2011年）。

識字率は59.8%（2011年）、初等教育就学率は95.1%（2011年）となっている。乳児死亡率は、43.7人/1,000人（2010年）。

対外債務は1990年代後半以降増加傾向を強めており、2011年6月現在、840.7百万ドルとなっている。対GDP比率は、2008年には67%、2009年には70.3%、2010年には63.5%を記録した。ブータンの対外債務の特徴として、インドからのルピー建債務の割合が58.1%（2010年6月）を占めること、政府借入れの大半がODAローン（ソフト・ローン）であり、中長期の譲許的債務であること、商業借入はわずかであること（ドル建て債務の3.4%、2010年6月）等があげられる。

ブータンでは、通貨ニュルタムがインド・ルピーに連動（ニュルタム:ルピー=1:1）しているうえ、インドからの輸入が7～8割を占めることから、国内の物価がインドのインフレの影響を強く受ける性質がある。ブータンの消費者物価指数は、2008年の8.31%から2009年の4.41%に一旦下落したが、2010年は9.1%となった。

ブータンは開発の原則として、国民総生産（GNP）に対置される概念として、国民総幸福量（GNH:Gross National Happiness）という独自の概念を提唱している。経済成長の観点を過度に重視する考え方を見直し、経済成長と開発、文化遺産の保護と伝統文化の継承・振興、豊かな自然環境の保全と持続可能な利用、良き統治の4つを柱として、国民の幸福に資する開発の重要性を唱えている。

2.2 開発課題の現状

ブータンにおける小規模生活排水処理の開発課題の現状は、急激な人口増加を背景とした都市並びに周辺集落の公衆衛生の向上を図る事にあるが、現在のブータンの環境を考えると公衆衛生の概念を広く国民に理解してもらう事から始める必要があり、教育の一環として推進して行く事も必要である。

都市部における生活排水処理の現状

都市の生活排水処理の状況は、首都ティンブー、プンツォリン、サルパン、サムドゥブ・ジョンカルの4箇所においてデンマークの国際開発援助により下水処理場が整備されている。その他の都市並びに下水道整備区域外では、し尿はセプテックタンクで一次処理した後、雑排水と合わせて河川や水路、路肩に放流しており、水路は汚水が流れ冬でも悪臭を放っている。

都市における一般家屋のトイレは、建物内に設置されている事が多く、しゃがみこみ式のトイレで、桶やタンクに汲み置きした水で手桶を用いて洗浄（ペーパーの使用はしない）後、手桶で汚物を流す仕組みである。またこの他に、フラッシュ弁が付いたホースが設置されている所もあった。ホテルなどは腰掛け式の水洗便所で、使用後は紙拭きで使用した紙は流さず専用のゴミ箱に捨てる。

首都ティンブーでは、1993年から1996年にかけて下水道整備（管渠、処理場の整備）が行われ現在稼動している。下水の排除方式は分流式が採用されている。日本における分流式とは排水と雨水を分けることであるが、日本の分流式とは違いトイレの排水と生活排水を分けている方式となっている。下水道計画区域については、明確な区域が示されていないのが現状であるが計画人口としては12,500人となっている。

処理施設の規模は1,750m³/日であり、処理方式は酸化安定池法を採用し、放流水質はBOD50mg/lを確保しているとされている。（現在の排出基準値は次頁の表の通り30mg/lであるが、既存処理場の資料では放流水質はBOD50mg/l以下となっている。これは処理場の建設時期（1996完成）と排出基準（September 2010）の設定時期に違いがあるため

と考えられる。) 実流入量は施設規模の 1.95 倍に達し、現在は改築計画の設計業務が終了したところである。

都市部における生活排水処理の課題

ブータンの河川は、急峻な地形と豊富な河川水量によって多少の汚水であれば、河川がまたたく間に汚水を流下してしまい河川の汚濁が進行することは少ないが、人口の増加とともに都市部では水路、小河川、主要河川の順で汚濁が進行しつつあり、都市部における生活排水処理が急務となっている。

下水整備が行われている地区であっても、人口増加に対応しきれないため処理能力以上の汚水が流下してきており下水道整備が追いついていない状況で、面整備や処理能力の拡大、新たな処理区域の追加等を図る必要がある。

地形的に居住空間の少ない国土の中で、首都ティンブーでは人口の増加と観光客誘致のため集合住宅やホテルの建設ラッシュが起こっており、処理場周辺にも多くの建物が建設されている。処理場周辺では、処理方式が酸化安定池法である事から通年にわたり臭気の発生や夏季の蚊や蠅の発生等、二次公害が生じている。

汚水処理性能確保や処理状況確認のための水質試験を実施する機関が少なく、かつ水質試験に精通者が少ないため適切な試験結果を得る事が困難な状況にある。

農村部における生活排水処理の現状

ブータンでは現在人口の 7 割が農村地域に居住しており、自給自足の生活を営んでいるが DPP (DZONGKHAG POPULATION PROJECTIONS 2006-2015) の予測では 2030 年頃にはその割合は 5 割程度となると予測している。

農村部における生活排水処理の現状は、し尿はセブテックタンクで一次処理し、雑排水と一緒に水路や路肩に放流、場合によっては自然浸透により処理されている。基本的に環境容量が大きく、豊富な河川水量と掃流力によって将来的に環境汚染を招く事は少ないものと考えられる。

農村部におけるトイレは、住居用の建物とは別に設置されている事が多く、洗濯場などと一緒にしている。汚物を流す方法は都市部と同様に汲み置きした水をタンクに溜め手桶で洗浄し汚物も流す仕組みである。

農村部における生活排水処理の課題

生活環境の改善として居室とは別に設置されているトイレを建物内部に設置する必要がある。

数軒まとまった集落では、汚水が路肩を流れている事が多く衛生的でない。

セブテックタンクからは臭突が出ており臭気対策等の課題が残る。

学校のトイレ等の現状

学校(ティンブー周辺の高等学校)のトイレは、トイレ専用の建物が校舎脇に建てられているのが一般的であり、男子・女子・教員用に区別されている。いずれのトイレも汲み置き水により洗浄し汚物を流す仕組みになっており、紙を使わない場合にはその水で洗浄するようである。しかし、便器個室と水溜までの距離が有り少量の水を個室に持込むので、汚物等を流すのが不便である。そのためか、清掃も不十分で汚物やゴミが便器内部や周辺に散乱している状況であった。

トイレ専用の建物の脇にはセブテックタンクが設置されており、し尿は本タンクに貯留され、その後段に設置されているソックピット(浸透枘)により地下浸透されているが、重力水による浸透のため現在は機能しておらず排水がそのままオーバーフローしてあふれ、雨水用の側溝などに排出されているのが多く確認できる。

学校のトイレ等の課題

学校のトイレや公衆トイレ等自宅以外のトイレでも衛生的に使用する事などについて教

育する事が求められる。

セプテックタンクから放流された汚水は殆どが未処理であるため衛生的でない。これらが水路や路肩に流出しており大規模な施設では大きな環境問題となることから汚水処理を行う必要がある。

2.3 関連計画、政策及び法制度

関連計画

関連計画としては、これまでデンマーク国際開発援助によるティンブー、ブンツオリン等の下水処理場が整備されてきたが、首都ティンブーでは、施設規模に対して 1.95 倍の汚水が入り込んでおり改築計画が進行している。得られた資料によると現在の計画人口の倍に当たる 25,000 人まで拡大して MBBR 法の下水処理場を新たに建設する計画である。この改築計画は、現在設計が終了している状態である。

管轄のティンブー市にて話を聞いたところ、現在設計は終了しているが発注をしていないので良い計画があれば提案してくれと依頼があった。

政策及び法整備

ブータンにおいて環境行政を司っている機関は NEC である。ここでは河川の環境基準や事業場や下水処理場からの放流水の排出基準を定めている。一方、下水道法などは未整備の状態である。下水道施設からの排出基準を以下に示す。

Standard for final effluent from Sewerage Treatment Plant (STP)

SI #	Parameters (Max Permissible Limit)	Concentration not to exceed
1	BOD(mg/L)	30
2	TSS(mg/L)	100
3	Fecal Coliform(MPN/100 ML)	1000

2 - 表 1 ENVIRONMENTAL STANDARDS(NEC:November2010)
上記諸元は 1 .BOD : 生物化学的酸素要求量 2 .TSS : 総浮遊物質量
3 .Fecal Coliform : 大腸菌群数

日本では下水道法施行令第六条にて放流水の水質の技術上の基準が決められている。

下水道法施行令

第六条 法第八条（法第二十五条の十において準用する場合を含む。次項において同じ。）に規定する政令で定める公共下水道又は流域下水道からの放流水の水質の技術上の基準は、雨水の影響の少ない時において、次の各号に掲げる項目について、それぞれ当該各号に定める数値とする。この場合において、当該数値は、国土交通省令・環境省令で定める方法により検定した場合における数値とする。

- 一 水素イオン濃度 水素指数五・八以上八・六以下
- 二 大腸菌群数 一立方センチメートルにつき三千個以下
- 三 浮遊物質量 一リットルにつき四十ミリグラム以下
- 四 生物化学的酸素要求量、窒素含有量及び燐含有量 第五条の五第二項に規定する計画放流水質に適合する数値（生物化学的酸素要求量は 15 mg/L 以下となっている。）

また、水質汚濁防止法にて生活環境項目に係る排水基準（国の定める全国一律基準）が決められている。

2 - 表2 一律排水基準（環境省 HP より）

■生活環境項目

生活環境項目	許容限度
水素イオン濃度(pH)	海域以外 5.8-8.6 海域 5.0-9.0
生物化学的酸素要求量(BOD)	160mg/L (日間平均 120mg/L)
化学的酸素要求量(COD)	160mg/L (日間平均 120mg/L)
浮遊物質(SS)	200mg/L (日間平均 150mg/L)
ノルマルヘキサン抽出物質含有量 (鉱油類含有量)	5mg/L
ノルマルヘキサン抽出物質含有量 (動植物油脂類含有量)	30mg/L
フェノール類含有量	5mg/L
銅含有量	3mg/L
亜鉛含有量	2mg/L
溶解性鉄含有量	10mg/L
溶解性マンガン含有量	10mg/L
クロム含有量	2mg/L
大腸菌群数	日間平均 3000個/cm ³
窒素含有量	120mg/L (日間平均 60mg/L)
燐含有量	16mg/L (日間平均 8mg/L)

- 備考 1. 「日間平均」による許容限度は、1日の排出水の平均的な汚染状態について定めたものである。
2. この表に掲げる排水基準は、1日当たりの平均的な排出水の量が50立方メートル以上である工場又は事業場に係る排水水について適用する。
3. 水素イオン濃度及び溶解性鉄含有量についての排水基準は、硫黄鉱業(硫黄と共存する硫化鉄鉱を掘採する鉱業を含む。)に属する工場又は事業場に係る排水水については適用しない。
4. 水素イオン濃度、銅含有量、亜鉛含有量、溶解性鉄含有量、溶解性マンガン含有量及びクロム含有量についての排水基準は、水質汚濁防止法施行令及び廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令の一部を改正する政令の施行の際現にゆう出している温泉を利用する旅館業に属する事業場に係る排水水については、当分の間、適用しない。
5. 生物化学的酸素要求量についての排水基準は、海域及び湖沼以外の公共用水域に排出される排水水に限って適用し、化学的酸素要求量についての排水基準は、海域及び湖沼に排出される排水水に限って適用する。
6. 窒素含有量についての排水基準は、窒素が湖沼植物プランクトンの著しい増殖をもたらすおそれがある湖沼として環境大臣が定める湖沼、海洋植物プランクトンの著しい増殖をもたらすおそれがある海域(湖沼であって水の塩素イオン含有量が1リットルにつき9,000ミリグラムを超えるものを含む。以下同じ。)として環境大臣が定める海域及びこれらに流入する公共用水域に排出される排水水に限って適用する。
7. 燐(りん)含有量についての排水基準は、燐(りん)が湖沼植物プランクトンの著しい増殖をもたらすおそれがある湖沼として環境大臣が定める湖沼、海洋植物プランクトンの著しい増殖をもたらすおそれがある海域として環境大臣が定める海域及びこれらに流入する公共用水域に排出される排水水に限って適用する。

2.4 対象分野のODA事業の事例分析及び他のドナー分析

対象分野のODA事業事例分析

我が国によるブータンに対する支援は、1964年の農業開発（農村の近代化）に始まり、経済基盤整備（道路網整備、電化促進、情報普及等）、社会開発（教育サービスの向上、保険医療サービスの向上等）、良い統治（地方分権の強化、メディア機能強化）に重点をおいて行われてきた。外務省発表の諸外国の対ブータン経済協力実績によると2006年以降、日本は首位を保っている。

しかしながら、今回提案する生活排水による水質改善事業に対しては、これまでに類似事業の実施事例が無い状況である。

他のドナー分析

ブータン政府は外国からの援助に対して強い自立性を持っており、援助受入国をインド、日本、欧州諸国等に限定している。そのため、ブータンで活動する国際ドナーは少なく、ドナー間の援助協調は必ずしも十分に行われていない。また、ブータンが順調な経済成長を遂げていることから、2006年にドイツが撤退し、デンマークやオーストリアも今後数年以内に撤退する事を決定しているなど、欧州諸国のドナーの撤退の動きが見られる。

他のドナーによる類似性の高い援助事業としては、デンマークによる下水処理場建設事業がある。この事業は、首都ティンブーとプンツッオリン等に酸化安定池法による下水処理場を建設する物であり、首都ティンブーでは改築工事も進められている。今回調査で入手できたティンブーの施設データとプンツッオリンの一部データを示す。

2 - 表3 デンマークの支援による下水処理場の概要

項 目		Thimphu	Phuentsholing
計画目標年次		2005	2005
処理方式		waste stabilization ponds 酸化安定池法	waste stabilization ponds 酸化安定池法
下水道計画人口 population served		12,500 人	13,950 人
汚水量原単位		140 l/人	155 l/人
流入水量 Influent Flowrate		1,750 m ³ /d	2,157 m ³ /d
現在の流入水量		3,400 m ³ /d	(今回調査で未入手)
汚濁負荷量 (BOD) Per Capita BOD		45 g/pcl/d	45 g/pcl/d
流入水質 (BOD)		325mg/L	291mg/L
放流水質	BOD	50mg/L	(今回調査で未入手)
	TSS	60to120mg/L	(今回調査で未入手)
	Coli	(MPN/100ML)	(今回調査で未入手)
将来計画		有り	(今回調査で未入手)

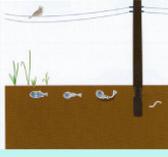
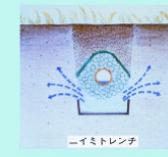
3. 技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し

3.1 活用が見込まれる提案技術の強み

土壌浄化法とは、農学者新見正によって開発された日本独自の汚水処理技術である。以下、土壌浄化法について概要説明する。



土壌浄化法の誕生（農学者新見正が開発した日本独自の汚水処理技術）

技術名	自然現象	新見正のひらめき	技術構造	設置事例
ニイミシステム	 <p>犬や猫が用を足した後に土をかける。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・汚水処理場は必ず悪臭が発生する ・臭いものに土で蓋をしよう 	 <p>ニイミシステム</p>	 <p>福島県会津坂下町 坂下東浄化センター</p>
ニイミトレンチ	 <p>ゴミを土に埋めるといつの間にか無くなる。 木製の電柱の地表付近が腐る。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・土の中の生き物を利用しよう ・毛管サイフォン現象を利用しよう ・汚水や汚泥は有機物だから土壌によって分解や浄化ができるはず 	 <p>ニイミトレンチ</p>	<p>韓国</p>  <p>無動力のため 管理棟不要</p>



**これならできる！
こんな下水道がほしかった！**

下水処理場がイベント会場



福島県会津坂下町で毎年開催されている「下水道まつり」の様子。下水処理システムは、土壌で覆われているので、安心して軽食を楽しめる。



普段の様子。芝生の下にある下水処理システムが20年間活躍し続けている。

土壌浄化法は、二次公害が発生しないために小規模下水道を可能にする技術である。

ニイミシステムによる小規模下水道

小規模下水道に要望される項目

- ・ 悪臭の発生や泡の飛沫など二次公害が発生しないもの
- ・ 無人運転が可能で、維持管理の容易なもの
- ・ 機械や設備が少なく、省エネルギー型のもの
- ・ 汚泥の発生量が少なく、汚泥管理が容易なもの
- ・ 維持管理費が安く、きれいな処理水質を確保できるもの
- ・ 建設金額が安く、財政的な負担を軽減できるもの

ニイミシステムにより二次公害を防止

在来の下水処理場



消泡装置



覆蓋型処理場



脱臭装置



病原菌飛散防止装置

土壌被覆構造にて簡単に二次公害を解決



市街地の中に終末処理場



住宅に隣接して処理場建設

安くできる管渠の下水道計画

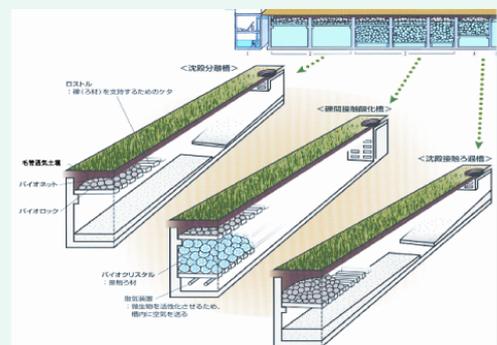
管渠建設金額



管径を小さく、土被りを浅く、開削工法で管渠の効率の良いところを1処理区にして、土壌浄化法で処理場を建設すると、どこでも下水道を実施できます！

安い建設金額	高い建設金額
管径 ○ 管径 小さい	管径 ○ 管径 大きい
土被り — 浅い	土被り — 深い
工法 — 開削工法	工法 — 推進工法

ニイミシステム



沈殿分離槽+接触酸化槽

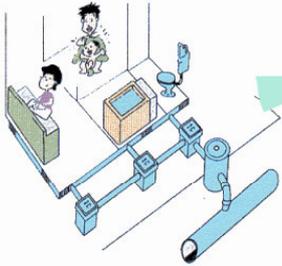
沈殿分離槽：流入下水を固液分離するための槽、被覆土壌により臭気対策を行い汚泥を長期間貯留できる。

接触酸化槽：汚水を浄化するために空気を送って微生物の力で汚水を浄化する槽。被覆土壌により二次公害の発生が防止されている。

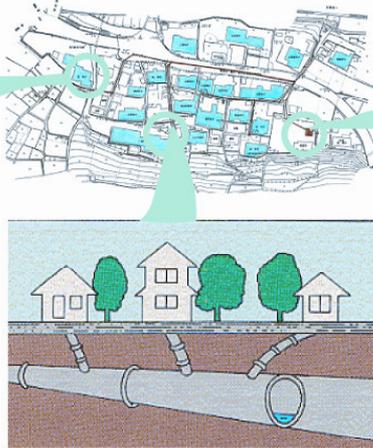
途上国には、自然の土壌の分解力を生かした省エネルギー型技術が強みである。

ニイミトレンチによる下水道のしくみ（無動力の省エネルギー型下水処理場）

住宅からの排水



集落と管渠

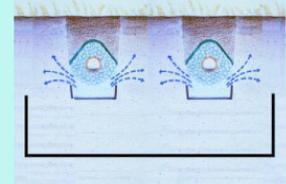
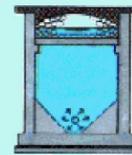


ニイミトレンチの
下水処理場



（開発途上国では上澄液を直接土壌に導入）

- ・ニイミトレンチは沈殿分離槽とトレンチの組み合わせ技術
- ・管渠の効率の良い区域を対象とする。
- ・計画地域は2、3年で完成する小規模とする。
- ・ニイミトレンチは、モデル施設として集字型とする。



沈殿分離槽+集字型ニイミトレンチ

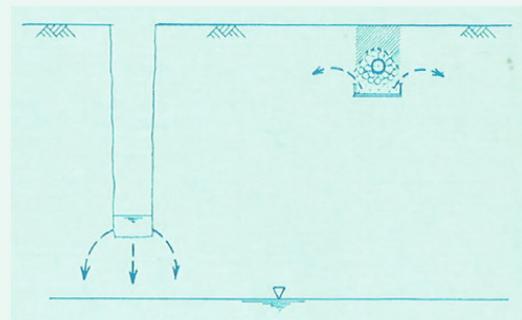
ニイミトレンチとたて穴浸透の違い（直接上澄液を土壌に導入する場合のポイント）

- ①有機物を分解する能力を有する土壌圏に、
確実に汚水を導入する。

自然生態系の活躍の場

土壌動物	地表面下30cm位まで
土壌微生物	地表面下60cm位まで
植物の根（毛根）	地表面下50cm位まで

- ②土壌の中の水の流れが、不飽和流動を利用し、
重力浸透を防ぎ浸潤させる。



- ③目詰まり対策には休止用トレンチを設置する。

不飽和流動：土中の水分が飽和状態でない状況で毛管サイフォンにより水分が流動する現象
（上図右側のトレンチの図での矢印が水の動き）

重力浸透：重力により水が下方へ引込まれ、土中に浸透していく状態。常に水が下方へ向かうので飽和状態になり無酸素な状況になるため、土壌生物などの関与ができず土粒子間に汚染物質が詰まっていき浸透しなくなっていく。（上図左側のたて穴の図の矢印が水の動き）

3.2 事業展開における海外進出の位置づけ

毛管浄化システム株式会社は、土壌浄化法を具体的に設置するために、昭和55年に開発者新見正の長女が設立した建設コンサルタントである。日本においては、水洗トイレの原水を扱う場合は、建築基準法や下水道法で詳細な基準が設定されているために、土壌で被覆した構造は特別な浄化槽としての大臣認定を必要とした。従って、毛管浄化システム株式会社が申請者となり、現在では、51人から4,000人規模までを建築基準法で扱う合併浄化槽として、日本全国どこにでも設置出来るようになっている。

又、国土交通省の補助事業は、下水道法で運用されている。土壌浄化法は、小規模設計指針には未掲載の処理方式になっているが、自治体が強く土壌浄化法を要望した場合に、補助事業として採択されるようになっている。

このような形で、日本における実績が増えるようになり、各地で土壌浄化法の視察見学が頻繁に行われている。日本国内の自治体や議員、住民の見学などが各地で行われているが、その中でも海外からのJICAの研修生を積極的に受け入れている地域は、北海道の占冠村、福島県会津坂下町、京都府南丹市（園部町）、沖縄県読谷村等の市町村である。

中国では、環境省を窓口とする「農村地域等における分散型排水処理モデル事業」において江蘇省泰州市に2ヶ所土壌浄化法のモデル施設が設置され、すでに引渡が行われ、建設金額の安価な事や、維持管理が容易という事で、土壌浄化法は高い評価を受けている。

土壌浄化法の技術を利用した汚水処理システムを日本で設置できるようにしたので、土壌浄化システム開発者とよばれている木村弘子は、「地域の困っている環境問題に、土壌浄化法を利用して解決する活動を行う」という事で、活動を続けている。

海外において土壌浄化法の関心が高くなる事を、開発者として喜んでいるものの、技術の基本を押さえて設置するためには、どのような方法があるのかを模索している状況である。開発途上国における要望は高くなっているが、貨幣価値の違いが大きく、中国でモデル施設として設置した装置の建設金額は、日本における設計料金にもならない金額で、企業として海外へ技術を展開するには、新たなビジネスモデルが必要と感じているところである。

3.3 海外進出による地域経済への貢献

土壌浄化法をビジネスとしてブータンで具体化するに当たり、生活排水処理施設だけを設置するのではなく、水洗トイレ、宅地内排水設備、管渠、生活排水処理施設、維持管理まで含めたパッケージ型のインフラ整備事業を提案する事によって、日本国内の多くの企業にブータンでのビジネスチャンスを提供することができる。またパッケージ型とすることでODA事業への参加企業も増え国内経済の活性化に貢献できる。

3.4 想定する事業の仕組み

流通・販売計画についての販路の確保状況、販売方法・販売網の構築、売り上げ規模等に関する考え方。

- ・ブータン政府に、生活排水処理の必要性と土壌浄化法による小規模生活排水を伝える。
- ・社会資本整備事業は、国の政策として具体化するが、小さな規模は、自治体などの独自予算で実施
- ・規模の大きな処理区は、ODAを活用して具体化
- ・ブータン全域を対象にした生活排水基本計画を策定し、緊急性の高い地区から具体化。
- ・ブータンの水事情から考えると、日本で設置した国土交通省と農林水産省の土壌浄化法の事例位が、全域の事業規模と想定される。
- ・需要の見込みについては、ブータンの全国下水道整備計画の中でまとめる。

3.5 想定する事業実施体制・具体的な普及に向けたスケジュール

想定する事業実施体制

毛管浄化システム株式会社は、土壌浄化システム開発者という立場で、事業を推進するが、土壌浄化法に関与する組織として、福島県会津坂下町（自治体） 特定非営利活

動法人日本土壌浄化法ネットワーク（民間の組織）が協力体制をとり、JICAの青年海外協力隊でブータンに滞在した隊員が代表を務める株式会社伝統建築研究所が、ブータンとの窓口として協力体制を組む。

具体的な普及に向けたスケジュール

2013年4月以降、パッケージ型インフラ整備として集合処理に関しては、生活排水処理の緊急性並びに地域の要望が高いところから、ODA事業化を具体化して行く。

3.6 リスクへの対応

法務、知的財産権等の留意点

- ・土壌浄化法開発者新見正は、土壌浄化法に関する多くの特許を取得していた。
- ・特許を利用して、単独浄化槽として認定を受けたのが昭和42年である。
- ・合併浄化槽に対して、新たな認定を取得する事が必要になり、昭和55年に木村弘子が毛管浄化システム株式会社を設立した。
- ・昭和58年に、ニイミシステムという名称で、大臣認定を取得し、木村弘子は土壌浄化システム開発者と呼ばれるようになる。
- ・土壌浄化法に関する特許は既に期限が切れているため、現在は認定という行政手続権をベースに土壌浄化法の設置が具体化されている。
- ・毛管浄化システム株式会社は、建設コンサルタントであるために、施工は行わない。大臣の認定は、設計、施工、維持管理までを含めて、処理水質を確保をするという特別な浄化槽となるために、施工企業をニイミシステム代理店として組織する事によって、運用が行われている。
- ・海外における土壌浄化法の具体化は、韓国では韓国企業がニイミシステム代理店として登録し、積極的に活動し、すでに韓国各地に数百の施設が建設されている。
- ・中国においては、環境省を窓口とする「農村地域等における分散型排水処理モデル事業」で江蘇省泰州市に2ヶ所土壌浄化法のモデル施設が設置され、すでに引渡が行われている。技術を守るために、特定非営利活動法人日本土壌浄化法ネットワークの正会員が設計、施工監理、維持管理に関与して完成している。
- ・メキシコでは、メキシコ国家水委員会（CONAGUA）発注のもと、土壌浄化法の処理施設が二ヶ所で建設中である。特定非営利活動法人日本土壌浄化法ネットワークの正会員である専門家が派遣されていた期間で工事が完了しなかったために、JICAの水質保全計画/汚水処理技術フォローアップ協力専門家派遣業務にて毛管浄化システム株式会社の取締役副社長が、正しい施設として完成するためにメキシコに派遣された。

ビジネスとして取組むための課題

土壌浄化法によって海外で環境整備の事業を展開する時、一番の障壁になっているのが貨幣価値の違いである。韓国や中国において土壌浄化法は設置されているが、中国で設置したモデル施設の建設金額は安く、日本の貨幣価値で考えると、建設金額をもってしても、コンサルタント料金にすら充当できない金額となっている。

海外への展開をする場合は、「パッケージ型インフラ整備」という形で、「節水型水洗トイレ、敷地内排水設備、地区内の管渠の敷設、小規模生活排水処理施設、維持管理の運用等」をすべて対応できるような共同企業体が必要になる。又、汚水処理技術については土壌浄化法が簡便な処理方式であることから本質を理解させて技術を正しく伝えるために、ODA予算やJICAの技術支援などの関係を組み合わせる事によって、それぞれの地域の環境を整備出来るようにする事が今後の課題となる。

汚水を収集するための管渠工事は現地施工業者で十分に施工可能なので現地での業務機会の拡大に繋がることになる。その一方水洗トイレについては現状でインド式の便器が主流を占めているので日本の企業の関与の余地があると思うが採算性などが課題となってくる。

土壌浄化法を正しく海外で設置するための対策

- ・日本で土壌浄化法の認定を取得するためには、各種の調査が必要となり、今までに数億円の調査費が投入されている。
- ・海外で土壌浄化法を設置する場合に、特許を取得して独占的に運用する予定は、全くない。
- ・正しい土壌浄化法を設置し、技術を守るために現地での正しい運用を望んでいる。
- ・土壌浄化法の失敗事例は、臭気の発生、汚泥の処理が困難、ろ材の閉塞等、技術の基本が理解されていない時に生じる現象で、それを防止するには正しい技術の伝達しかない。
- ・特定非営利活動法人日本土壌浄化法ネットワークは個人を正会員にした民間の組織で、退職した後の活躍の場を求めている会員が多い。JICAやODA予算を確保して、意義のある活動が出来るように望んでいる。

ブータンにおける想定リスク

- ・ブータンでは開発援助を無条件で受入れるという国ではなく、GNHの考え方により援助を受入れるかどうかが決まってくる。小規模生活排水処理によって生活環境の改善や公共用水域の水質保全が図られるが、ブータンにあった援助となっているかが重要となる。
- ・ブータンは国境をインドと中国と接しているが、通常の流通としてはインド国境のプンツォリンを経由してくる。その他は空路による輸送となるが重量制限や価格の問題がある。資機材などの入手や施設設置後のメンテナンスなどを想定して現地調査を行う必要がある。
- ・治安が良いといわれているが、土壌浄化法が簡便な技術のため模倣や不十分な技術の習得で設置をされる可能性がある。正しい技術を持っていないと二次公害の防止ができなく土壌浄化法の悪評が出ることになるので注意する必要がある。

4. 技術に関する現地適合性の検証

4.1 技術の紹介、試用、実証・パイロット調査の概要

技術の紹介

土壌浄化法とは、土壌生態系の持つ独特の機能を汚水処理システム等の中に意識的に適用した工法である。また土壌浄化法は、民間が開発した日本独自の汚水処理技術で、この汚水処理技術は、穴を掘って生ごみ等を埋めておくというの間にか分解するという現象や、悪臭のするものに土壌をかぶせると臭わなくなるという、一般に知られた自然現象を応用したものである。

土壌浄化法は、大きく分けて以下に示す3つの技術がある。

- 1) 汚水や処理水を直接土壌に導入して浄化させる毛管浸潤トレンチ工法（ニイミトレンチ）
- 2) 水処理施設の水処理槽を特殊な土壌で被覆する土壌被覆型工法（ニイミシステム）
- 3) 悪臭を土壌で処理する土壌脱臭

これらの工法は、単一あるいは組み合わせて用いられている。以下に適用範囲を示す。
各工法の計画処理水質

4 - 表1 土壌浄化法の技術

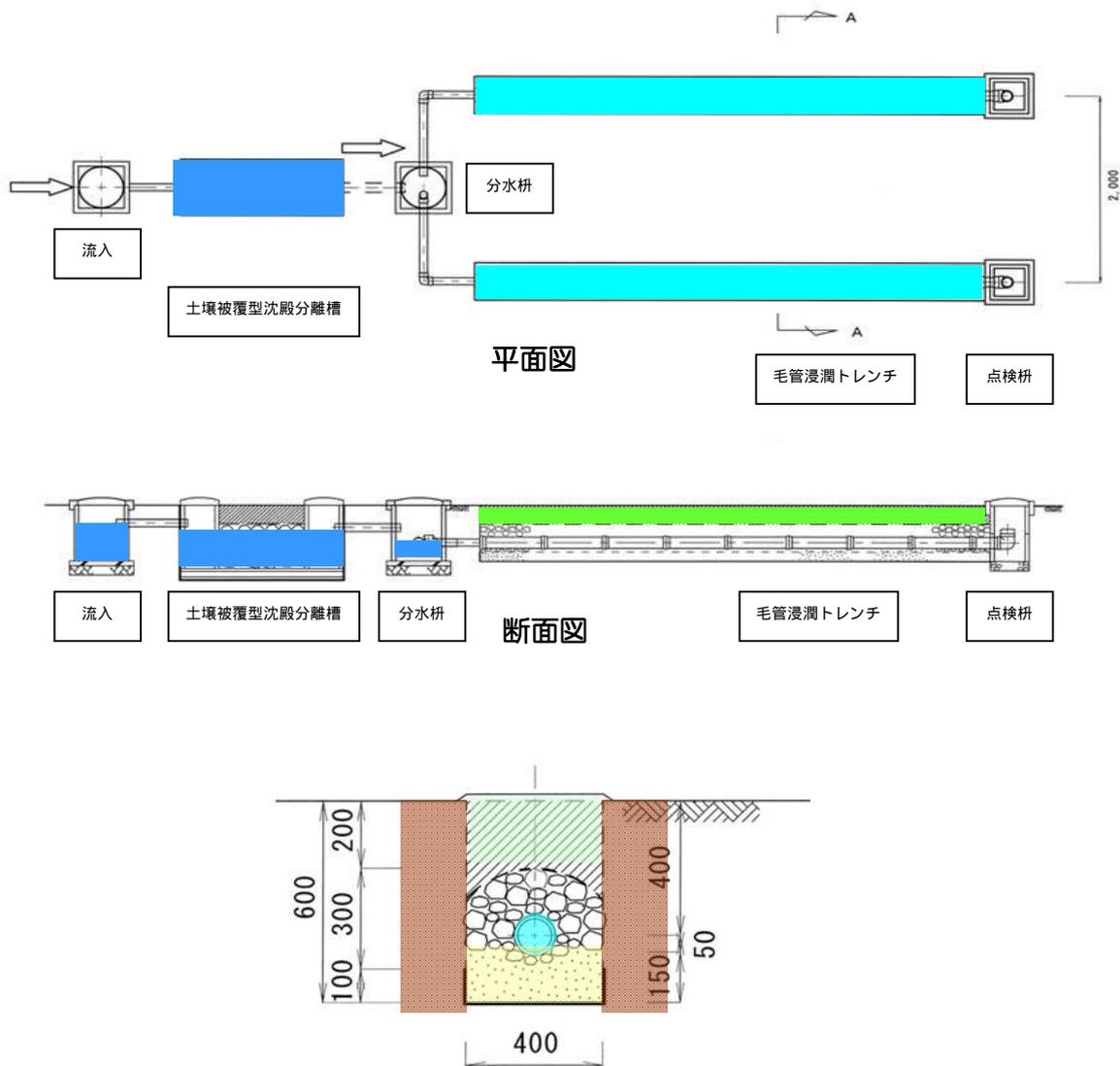
工 法		基 準	処 理 能 力
毛管浸潤トレンチ工法 (ニイミトレンチ)	流入水質	BOD	10 ~ 100 mg/l程度
	放流水質	BOD	10 mg/l以下
土壌被覆型工法 (ニイミシステム)	流入水質	BOD	200 mg/l程度
	放流水質	BOD	15 ~ 20 mg/l以下
土壌脱臭	臭気ガス	臭気指数	25 ~ 125 程度
	処理ガス	臭気指数	10 ~ 15 以下

毛管浸潤トレンチ工法（ニイミトレンチ）

毛管浸潤トレンチ工法は、比較的濃度（一次処理または二次処理した後の処理水）の汚水を不飽和流動によって生物的活性の高い土壌部分に導き、有機物を酸化分解させる工法である。

毛管浸潤トレンチ工法の特徴は、電気エネルギーなどを使用しないで高度な処理水が確保できる事にある。また、維持管理が容易である事や放流水が流れ出ないので水域への負担が少なく自然にやさしい工法である。その反面、広い土壌空間を必要とすると共に浄化能力を自然の力にたよる装置であるため設置場所での土壌調査を必要とする。この結果から設置が可能であるか判断する等、設置場所の診断が重要となる。

日本での毛管浸潤トレンチの処理能力は、トレンチ 1m 当り 1 日 100 ㍓とし、必ず休止用トレンチを併設し交互使用する。休止用トレンチの併設は、長期間の使用により目詰りが生じ処理能力の低下した毛管浸潤トレンチを土壌生物によって再生させる事により継続的に使用するためのものである。以下に毛管浸潤トレンチの構造を示す。



図中の単位：mm

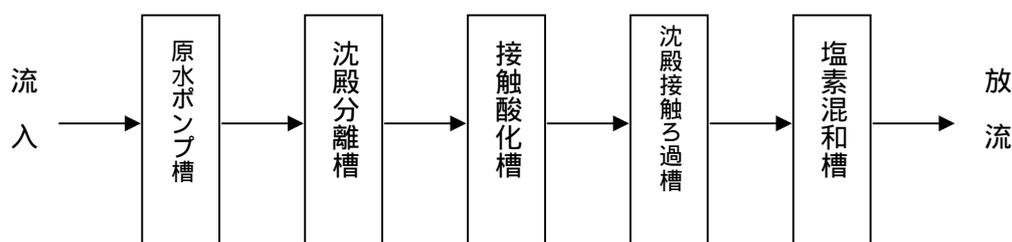
断面図

4 - 図 1 平面図、断面図

土壤被覆型工法（ニイミシステム）

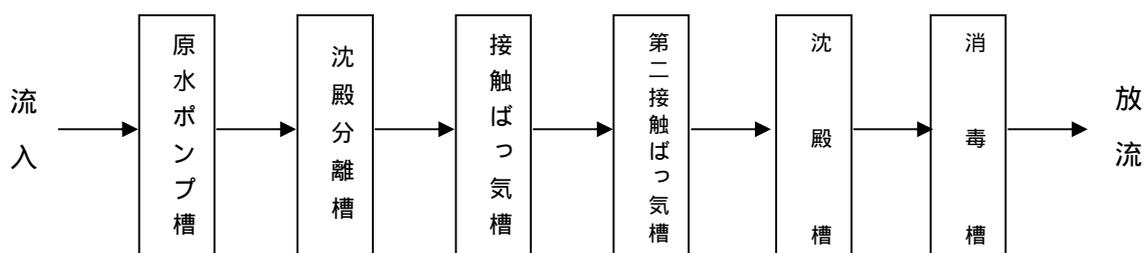
土壤被覆型工法は、接触酸化法の水処理槽を土壤で被覆したものであり、臭気や処理によって発生する泡の飛散など二次公害を防止する事が可能な処理方式である。汚水が水処理槽に流入した後は、水槽の中を押し流されて移流する事によって処理する技術である。

日本における国土交通省の補助事業の場合は、下水道法によって運用され土壤被覆型礫間接触酸化法とよばれている。以下に処理フローを示す。



4 - 図2 土壤被覆型礫間接触酸化法フローシート

日本における農林水産省の補助事業（農業集落排水事業）などの場合は、建築基準法（浄化槽法）により運用されており、特別な浄化槽として国土交通大臣より認定を受けニイミシステムと呼ばれ、全国どこでも設置可能である。以下に処理フローを示す。

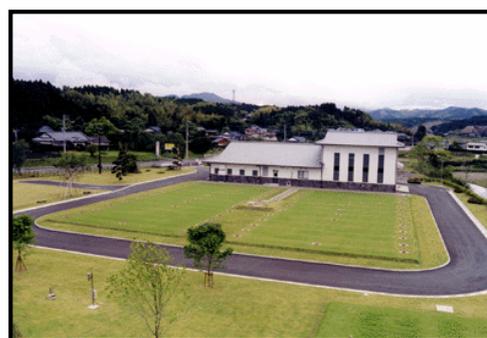


4 - 図3 ニイミシステムフローシート

一般的な下水処理施設は二次公害として、悪臭の発生、処理に伴う泡や病原菌の飛散等が問題となり、通常問題を解決するために脱臭装置や消泡装置を設置している。一方、土壤被覆型工法は、水処理槽全体を土壤被覆しており、被覆土壤が二次公害防止装置を兼用しているため、別途、脱臭装置や消泡装置等の機器を必要としない事が技術上の特徴となっている。



京都府南丹市園部町



鹿児島県南九州市知覧町

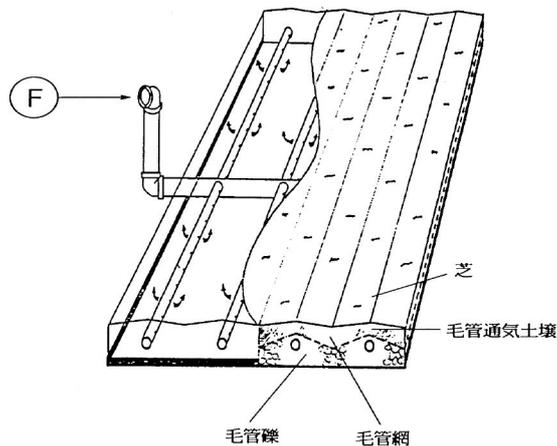
土壌脱臭

土壌脱臭は、臭気ガスを土壌中に導き土壌粒子に接触させることにより、臭気成分を土壌粒子及びその表面の土壌水に吸収させ、土壌中の微生物により臭気成分を分解し無臭化するものである。よって脱臭に適した土壌は、土粒子の比表面積が広く、微生物、土壌動物や植物の生活圏として適した土壌であることが条件となる。また基本的に、処理風量に合わせて適切な脱臭床面積を確保し、土壌に対して高負荷をかけない事が重要となる。

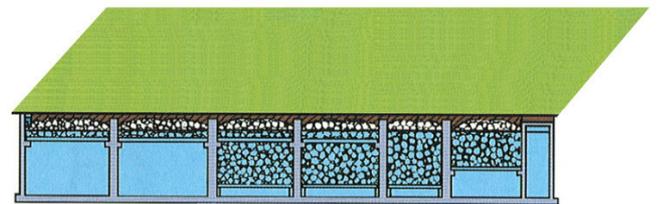
土壌脱臭には、管理棟内部の臭気を集めて土壌脱臭床に導き臭気単独で処理するものと、土壌被覆型工法として水処理槽上部を被覆し水処理槽から発生する臭気を脱臭するものがある。

土壌脱臭は、他の脱臭法と異なり脱臭処理に必要な薬品や活性炭等の消費や交換が無いため維持管理コストを低く抑える事ができ、最近では下水処理場などでの採用が増えている。

土壌脱臭の管理ポイントは脱臭床上部の芝の管理と手入れにあり、定期的な芝への散水や除草、芝刈りなどが必要となる。これは、土壌脱臭床の土壌を雨や風による侵食から防ぐため、土壌が乾燥すると臭気が短絡して悪臭がすること、芝の根の吸水作用により土壌粒子に付着した臭気物質を洗浄することなどの目的がある。



土壌脱臭床



土壌被覆型工法

4 - 図4 土壌脱臭図

試用、実証・パイロット調査等の概要

ブータンにおける調査は、以下に示す調査及び計画を行った。これらの調査、計画の詳細は、現地調査資料中に添付する。ここでは、その概要を示す。

(1) ブータン各種調査

土壌浄化法は、土壌生態系の持つ機能を汚水処理システムに適用した工法であるため、設置に当っては、現地の自然環境とともに土壌の状況を把握する事が重要となる。特に毛管浸潤トレンチ工法は、直接汚水を土壌中に導き処理する工法であるため土壌調査は欠かす事のできない調査である。また、毛管浸潤トレンチ工法や土壌被覆型工法を採用設置する場合、河川環境や生活環境及び既存の類似施設を調査する事は、その後の環境状況をモニタリングする上で非常に重要なことである。よってここでは以下に示す調査を実施した。

土壌の分解能力調査（調査対象地域：ティンブー県、パロ県、プナカ県）

調査概要：土壌浄化法は、土壌の持つ自然の力を利用した技術であり、土壌の分解能力や浄化能力は地域によって異なる。今回の調査は、2本のちくわを、深さ10cmと20cmの2ヶ所に埋設し、1ヶ月後に掘り出して、その地域での分解能力を調査するものとする。

土壌浸透能力調査（調査対象地域：ティンブー県、パロ県）

調査概要：毛管浸潤トレンチの設計が基準に則って行われたとしても、その設置箇所の選定が不適切であれば機能しない。地表水が集まるような低い場所、日蔭でじめじめしているような場所、地下水位の高い所、草の生えていないような所は原則的に避けるべきであり、とくに造成地に設置する場合には細心の注意を要する。今回の調査は毛管浸潤トレンチ設置箇所の適正判定の為、減水速度測定を行った。

河川の状況調査（調査対象地域：ティンブー県）

調査概要：ブータンでは一部の都市を除いて下水処理が行われてないのが現状である。その為、河川の汚染に関する状況調査を行うことを目的とする。また、今回の調査においては、ティンブー川の市街地における河川の水質調査を行うこととし、採取場所は、今後の調査の指標とする為に、ブータンで水質調査を専門に行っている「National Environment Commission」の採取場所と同じ箇所とする。

既存下水処理場の現状調査（調査対象地域：ティンブー県）

調査概要：今回の小規模生活排水処理による河川の水質改善及び生活改善事業と関連する施設として下水処理場がある。ブータンには4箇所の下水処理場が既に供用している。これらの規模や設計諸元を把握し、今後の計画に反映させる必要があることからMOWHSにおいてヒアリングを行うとともにティンブーの処理場においては、現地調査を実施した。

生活環境状況調査（調査対象地域：ティンブー県、パロ県）

調査概要：都市における生活環境や汚水排水の状況を現地にて調査した。

(2) ブータンにおける土壌浄化法モデル施設の設置（調査対象地域：ティンブー県、パロ県）

小規模な地区を対象に、汚水を収集し、流入水量を二つに分割し、一つを毛管浸潤装置に導入し、一つを土壌被覆装置に導入する。同じ原水を対象にして、建設金額、維持管理費、汚泥の発生量、処理水質等の調査を実施する。

当初予定していたモデル施設対象集落の選定（協力者の選定）に時間を要し第一次調査において集落選定が困難との結論に達した。しかし、その後も候補地探しを行った結果ティンブー市の協力を得て、同市の高等学校が、この調査対象となることが決定し、施設設置のための調査と具体的な作業に入る段取りをつけた。またこの他に、パロ県でこの事業に理解のある協力者を見つけ、その個人宅に調査用のトレンチを設置することになった。以下調査概要を述べる。

Motithang Higher Secondary School（ティンブー市 西部）

概要：モティタン高校のトイレ棟AとB（生徒用トイレ男子A、女子B）の排水を対象に沈殿分離槽と接触ろ過槽で沈澱処理した処理水を毛管浸潤トレンチで処理する施設を設置する。調査内容としては、長期的な調査となる内容も有るが以下の点を確認する。

建設コスト、維持管理コスト、汚泥発生量の確認。

流入水と処理水を比較する事により所定の水質が確保されているか確認し、トレンチの処理能力の確認を行う。

パロ市個人宅（パロ市 西部）

概要：個人宅の排水を対象にセプテックタンクで沈澱処理した処理水を毛管浸潤トレンチで処理する施設を設置する。調査内容としては、と同様の調査とする。

(3) ブータン全国下水道整備計画（調査対象地域：ブータン全域）

ブータンでは、首都ティンブー市をはじめ4箇所下水道整備が行われているが、ティンブー市での下水処理人口普及率は概算で30%程度と推定される。（ティンブー県の人口が約10万人、下水処理場の計画人口が12,500人だが流入水量は倍程度入ってきている。そのため25,000人程度の計画人口と考えると25%となる。下水処理区域内に現在新築で建設されている建物も多いため普及率は30%程度と推察した。）

今までは、自然との共生をテーマに、生ごみ等も土壌で分解できる範囲の生活が行われていた。

テレビやコンピューターの利用により、近代的な情報が入手出来るようになると、生活様式も変化しはじめている。

土壌浄化法は、小規模下水道を可能にする技術であるために、整備率の低い今の状況だからこそ有効な手法といえる。

今回の調査において、ブータン全域を対象にした生活排水処理（下水道）の基本計画を策定することは、今後の環境整備の一つの指標になる。また、今後ODA案件化について事業展開する上での戦略を立案する基礎資料となる。

ブータン全域を対象にした生活排水処理（下水道）の基本計画は、資料の収集を行い報告書として取り纏める。

4.2 技術の現地適合性検証の結果

(1) ブータン各種調査結果

土壌の分解能力調査結果（調査対象地域：ティンプー県、パロ県、プナカ県）

4 - 表 2 土壌の分解能力調査

場 所	現 状	位 置	掘出状況(深 10cm)	掘出状況(深 20cm)
ティンプー市 郊外 民家	畑地 谷地 土砂 標高 約 2560m	T01	かなり残り	やや残り
		T02	かなり残り	やや残り
		T03	かなり残り	やや残り
		T04	やや残り	かなり残り
		T05	やや残り	かなり残り
ティンプー市 ヤンチェンプ高校	畑地及び人工地盤 谷地及び平坦 土砂 標高 約 2500m	T06	ほとんど残り	-
		T07	ほとんど残り	-
		T08	ほとんど残り	ほとんど残り
		T09	-	-
		T10-1	ほとんど残り	ほとんど残り
		T10-2	変化なし	変化なし
		T10-3	変化なし	変化なし
ティンプー市 JICA 事務所	畑地及び人工地盤 谷地及び平坦 土砂 標高 約 2300m	T11	かなり残り	かなり残り
		T12	ほとんど残り	ほとんど残り
		T13	ほとんど残り	ほとんど残り
		T14	ほとんど残り	ほとんど残り
		T15	ほとんど残り	ほとんど残り
ティンプー市 モティタン高校	畑地及び人工地盤 谷地及び平坦 土砂 標高 約 2480m	T16	ほとんど残り	かなり残り
		T17	かなり残り	かなり残り
		T18	-	-
		T19	-	-
		T20	ほとんど残り	ほとんど残り
		K01	ほとんど残り	
		K02	ほとんど残り	
		K03	ほとんど残り	
パロ市 郊外 民家	人工地盤 平坦 土砂 標高 約 2300m	P01	ほとんど残り	ほとんど残り
		P02	ほとんど残り	ほとんど残り
		P03	ほとんど残り	ほとんど残り
		P04	ほとんど残り	ほとんど残り
		P05	かなり残り	ほとんど残り
パロ市 郊外 畑	畑地 谷地 土砂 標高 約 2330m	P06	ほとんど残り	ほとんど残り
		P07	ほとんど残り	ほとんど残り
		P08	かなり残り	ほとんど残り
		P09	ほとんど残り	ほとんど残り
		P10	ほとんど残り	ほとんど残り
ティンプー県 ドチュラ峠	畑地 谷地 土砂 標高 約 3040m	M01	ほとんど残り	ほとんど残り
		M02	ほとんど残り	ほとんど残り
		M03	ほとんど残り	ほとんど残り
		M04	ほとんど残り	ほとんど残り
		M05	-	-
プナカ県 ロベサ郊外 民家	人口地盤及び原野 谷地 土砂 標高 約 1460m	R01	かなり残り	かなり残り
		R02	ほとんど残り	ほとんど残り
		R03	かなり残り	-
		R04	やや残り	ほとんど残り
		R05	やや残り	ほとんど残り

T-1 はホトチップス、T-2 ビニール、T-3 はペーパー、T-4 はちくわ

K01 ~ 04 は分解限界調査 深さ 30cm にちくわ 5 本をまとめて設置

「-」は野犬等に掘り起こされていた為、状況確認不可

完了	完全に分解し、ネットのみが残っていた。
少し残り	ネットに付着物があるようだが、土との区別は不可能で、腐敗臭がする。
やや残り	わずかに残っているのが確認できる。
かなり残り	半分程度に小さくなっている。うじ等がついている。
ほとんど残り	形はくずれているが、容積や重量はわずかに変化しているだけ。

土壌浸透能力調査結果（調査対象地域：ティンブー県、パロ県）

4 - 表3 土壌の浸透能力調査

場所	現 状	位 置	透水係数 (cm/sec)	判定
ティンブー市 郊外 民家	畑地 谷地 土砂 標高 約 2560m	No.1	1.09×10^{-2}	
		No.2	3.68×10^{-3}	
		No.3	3.38×10^{-3}	
ティンブー市 モティタン高校	畑地及び人工地盤 谷地及び平坦 土砂 標高 約 2480m	No.1	5.39×10^{-4}	
		No.2	4.05×10^{-3}	
		No.3	1.06×10^{-3}	
パロ市 郊外 民家	人工地盤 平坦 土砂 標高 約 2300m	No.1	4.00×10^{-3}	
		No.2	3.46×10^{-4}	×
		No.3	3.85×10^{-3}	
		No.4	3.94×10^{-3}	
ティンブー市 モティタン高校	畑地及び人工地盤 谷地及び平坦 土砂 標高 約 2480m	No.12	1.13×10^{-3}	
		No.13	浸透せず	×

判定基準：適正範囲 5×10^{-2} cm/sec ~ 4.5×10^{-4} cm/sec

河川の状況調査結果（調査対象地域：ティンブー県）

4 - 表4 河川の状況調査...ティンブー県ティンブー川

場所	位 置	pH	NH ₄ mg/l	PO ₄ mg/l	COD mg/l
Bridge near India House	No.1	7.83	0.2	0.2 以下	18
Chuba chhu	No.2	7.5	0.2	0.267	18
near Veg.market Ditch	No.3	7.5	10	4	20
Ola rongchhu	No.4	7.0	0.2	0.2 以下	4
Babesa	No.5	7.83	0.5	0.2	4
Sewage Treatment Plant	No.6	8.0	0.5	0.4	5

pH : 水素イオン濃度指数（酸性、アルカリ性の判別）

NH₄ : アンモニウムイオン 正式表記 NH₄⁺（水中の窒素の測定、NH₄⁺ N アンモニア態窒素）

PO₄ : リン酸イオン 正式表記 PO₄³⁻（水中のリンの測定、PO₄³⁻ P リン酸態りん）

COD : 化学的酸素要求量（Chemical Oxygen Demand）

既存下水処理場の現状調査結果（調査対象地域：ティンブー県）

ブータンには下水処理場が 4 箇所あるが、現状で把握できている諸元等は以下のとおりである。なお、Samdorup Jongkhar、Sarpang にも下水処理場は存在している。

4 - 表 5 既存処理場諸元

項 目		Thimphu	Phuentsholing
計画目標年次		2005	2005
処理方式		waste stabilization ponds 酸化安定池法	waste stabilization ponds 酸化安定池法
下水道計画人口 population served		12,500 人	13,950 人
汚水量原単位		140 l/人	155 l/人
流入水量 Influent Flowrate		1,750 m ³ /d	2,157 m ³ /d
現在の流入水量		3,400 m ³ /d	(今回調査で未入手)
汚濁負荷量 (BOD) Per Capita BOD		45 g/pcl d	45 g/pcl d
流入水質 (BOD)		325mg/L	291mg / L
放流 水質	BOD	50mg/L	(今回調査で未入手)
	TSS	60to120mg/L	(今回調査で未入手)
	Coli	(MPN/100ML)	(今回調査で未入手)
将来計画		有り	(今回調査で未入手)

生活環境状況調査（調査対象地域：ティンブー県、パロ県）

ティンブー市

ブータン西部に位置し、ブータンの首都である。国内最大の人口を持ち、人口の増加率が世界でトップクラスの都市である。その為、県内のいたる所で建設工事が行われている。通りを中心に市街地が形成されており、平日でも多くの人で賑わっている。しかし、パロ以上に野犬やゴミ等の散乱が見られる為、観光都市とは言いがたい一面もある。

生活排水に関しては、パロ同様に各建物にセプティックタンクが設置されており、そこからオープン排水路を経由して河川に放流されており、排水路からの悪臭が確認できた。郊外においては、セプティックタンクからそのまま地下浸透されている箇所も多く見られた。また、この県にはバベサ地区に下水処理場があり一部の区域の汚水が流入しているものと考えらるが、計画処理量をはるかに上回る水量を受け入れている為、処理機能を満たしていない。その為、放流水の透視度が明らかに良くない事が遠目からでも確認できた。トイレは屋内に設置されている箇所もあるが、ほとんどが屋外に設置されている。また、パロ同様に、当調査は冬場の低温時に行ったものである為、蠅等は確認できなかったが現地の人のお話では夏場は悪臭もひどく、蠅等も多く見られるとのことであった。

パロ市

ブータン西部に位置し、国内で唯一の国際空港がある都市である。パロの市街地の目抜き通り沿いには商店や飲食店、市場等があり、多くの人で賑わっているが、郊外では10～20戸程度の集落が点在している。また、市街地には野犬が多く見られ、一般ゴミ等が散乱している箇所も多く見られた。

生活排水に関しては、各建物にセプティックタンクが設置されており、そこからオープン排水路を経由して河川に放流されており、排水路からの悪臭が確認できた。郊外においては、セプティックタンクからそのまま地下浸透されている箇所も多く見られた。また、この県には下水処理場がない為、河川の汚染等が懸念される。トイレは屋内に設置されている箇所もあるが、ほとんどが屋外に設置されている。

当調査は冬場の低温時に行ったものである為、蠅等は確認できなかったが現地の人のお話では夏場は悪臭もひどく、蠅等も多く見られるとのことであった。

セプティックタンク

直訳すると浄化槽。日本の単独浄化槽に近い構造となっている。

インドの様式で建設されることが多く、建物規模ごとに人槽別の標準図がある。

原水を貯留して固液分離し上澄みを後段に送る構造になっている。

基本的にはトイレの排水のみを受入れて通常後段にソックピット（浸透枘）を設置し地下浸透をさせている。

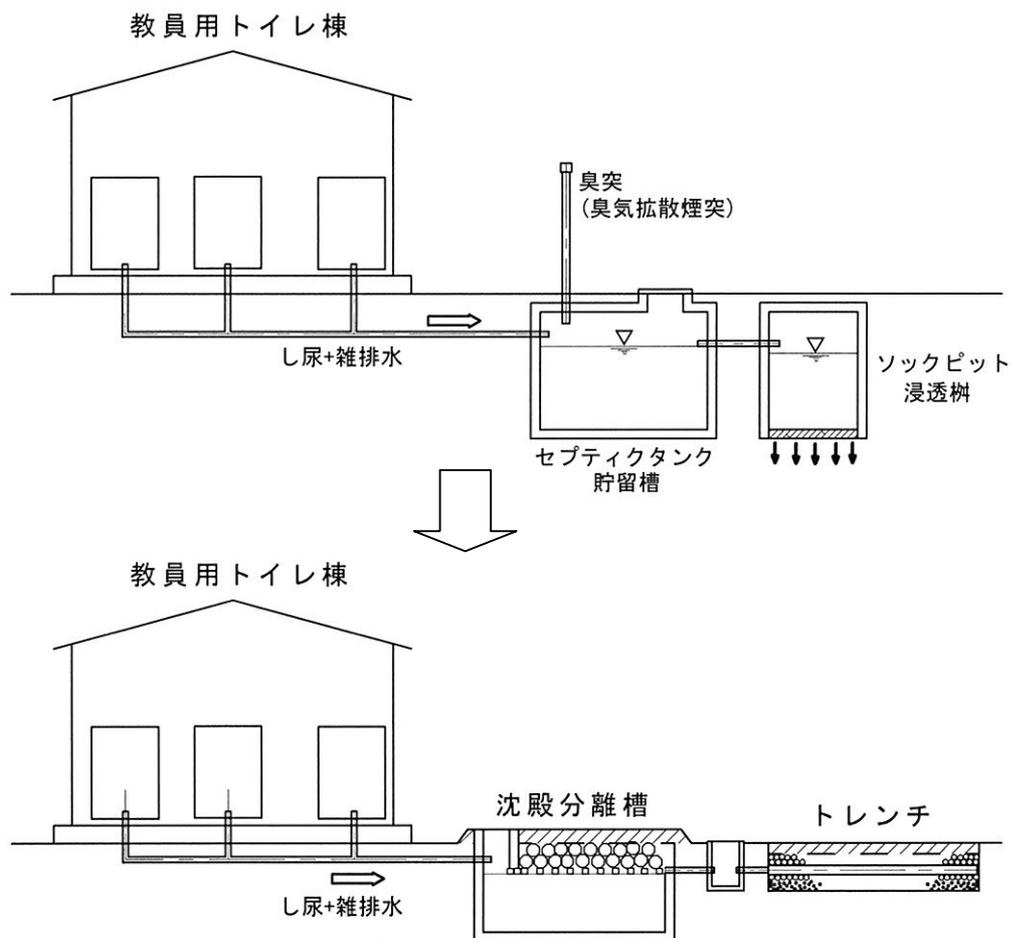
運用的には設置した後ほとんど管理をしておらず、浸透枘も目詰まりして排水がオーバーフローしているものが見られる。

臭気対策としてコンクリートのスラブに臭突（パイプ）をたて上空で拡散させるような構造が一般的である。

(2) ブータン土壌浄化法モデル施設設置 (調査対象地域: ティンブー県、パロ県)

Motithang Higher Secondary School (ティンブー市 西部)

小規模集合処理のモデルとして学校のトイレを用いてモデル施設を設置した。集合住宅やホテル等についても雑排水については未処理のまま放流され、し尿についてはセプティックタンクに貯留後ソックピットと呼ばれる浸透枳にて重力浸透されているため、汚染水が直接地下に浸透し、雑排水と合わせて最終的に河川等に排水され、環境汚染が進んでいる。セプティックタンクの除去率は、日本の基準 (浄化槽の構造基準 日本建築センター) によれば BOD 除去率 55% である。一方、今回設置した土壌浄化法による沈殿分離槽+毛管浸潤トレンチの BOD 除去率は 97% であり環境負荷低減につながる。またセプティックタンクには臭突が設置され臭気が周辺に拡散するが、土壌浄化法の施設は、土壌被覆されているため臭気の発生を抑える事ができる。以下に施設計画概要図と設計概要を示す。



4 - 図 5 施設計画概要図

設計概要

排水量の算定

- ・排水量の算定: 現有の便器数が大便器 2 個、小便器 2 個であることより、下記の原単位を仮定し算出する。
- ・大便器 1 個当り使用人数: 10 人/日
- ・小便器 1 個当り使用人数: 20 人/日
- ・大便器 1 回当り使用水量: 10 ㍓/回
- ・小便器 1 回当り使用水量: 5 ㍓/回
- ・以上により予定排水量は $10 \text{人} \times 10 \text{㍓/回} \times 2 \text{個} + 20 \text{人} \times 5 \text{㍓/回} \times 2 \text{個} = 400 \text{㍓/日}$
- ここで床排水等の雑排水を 100 ㍓/日考慮し、合計 500 ㍓/日とする。

沈殿分離槽容量

- ・沈殿分離槽容量は1日当り排水量を24時間滞留する事としている。
よって必要容量は500 $\text{t}/\text{日}$ となるが、今回余裕を見込んで約1,000 $\text{t}/\text{日}$ 容量とした。

トレンチ必要延長

- ・トレンチ原単位：100 $\text{t}/\text{m}\cdot\text{日}$
- ・以上によりトレンチ必要延長は5mとなり2系列敷設のため、総延長は10mとする。
- ・トレンチ設置場所の透水試験は平成24年2月1日に実施。
結果は減水速度測定 -85頁より 12地点測定により、平均 $1.13 \times 10^{-3} \text{cm}/\text{sec}$ であり、
判定基準(適性範囲) $5 \times 10^{-2} \text{cm}/\text{sec} \sim 4.5 \times 10^{-4} \text{cm}/\text{sec}$ を満足している。

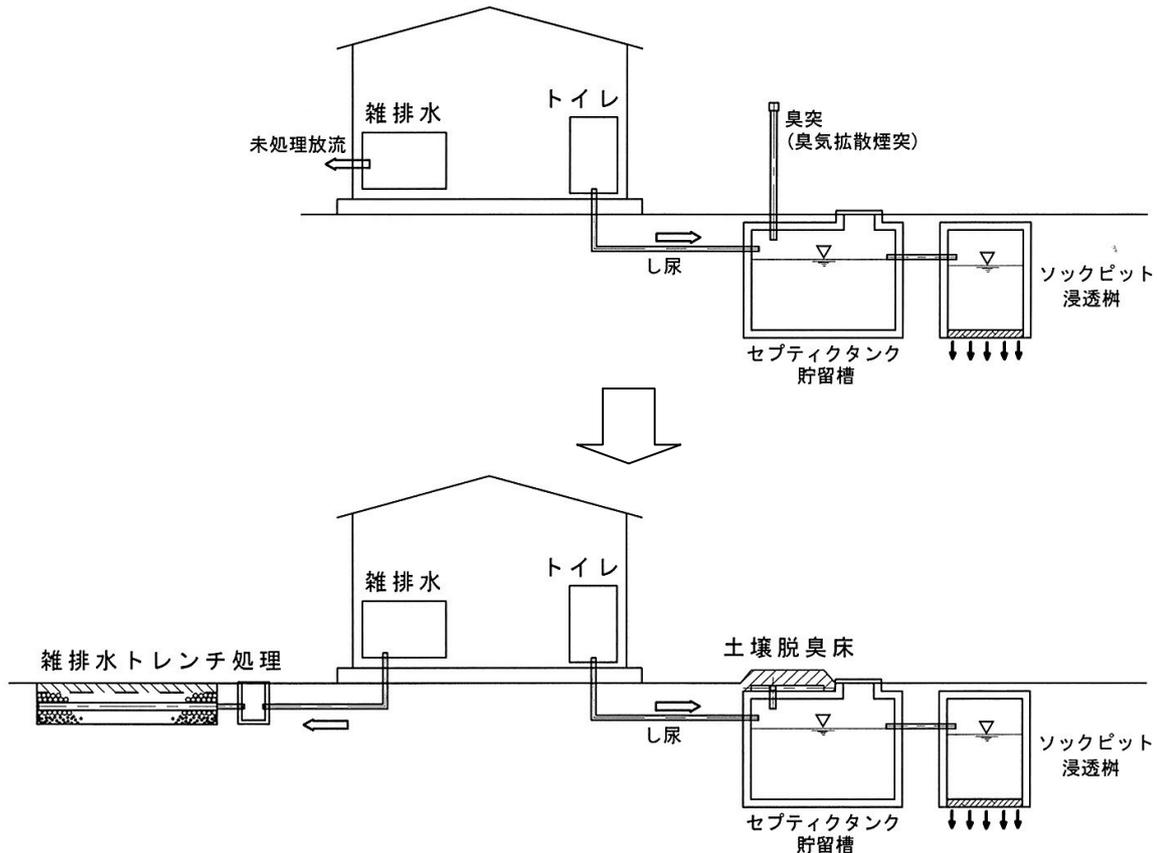
集合処理における応用

- ・沈殿分離槽とトレンチ工法の組み合わせはし尿及び雑排水の合併処理を目的として計画したものである。
小規模集落の問題点は3.2- で述べたとおりであるが本工法は小さくまとまった集合区域に対しても個別に対しても組み合わせが出来る事により、小規模集落全体を処理区域とし、その中を区域の特性に合わせて整備する事が可能と考えられる。

パロ市個人宅（パロ市 西部）

個別処理のモデルとして個人宅にモデル施設を設置した。個人宅の場合、雑排水については未処理のまま放流され、し尿についてはセプティックタンクに貯留後ソックピットと呼ばれる浸透槽にて重力浸透されているため、汚染水が直接地下に浸透し、雑排水と合わせて最終的に河川等に排水され、環境汚染が進んでいる。

ここでは、既にセプティックタンクとソックピットが新設されたばかりの状態であったため、雑排水のみを毛管浸潤トレンチで処理する事とした。未処理の雑排水に対して毛管浸潤トレンチの BOD 除去率は 97%程度であり環境負荷低減につながる。またセプティックタンクには臭突が設置され臭気が周辺に拡散する状況にあったが、土壤脱臭床を設置し臭気の発生を抑える対策を施した。以下に施設計画概要図と設計概要を示す。



4 - 図 6 施設計画概要図

設計概要

土壤脱臭床

- ・必要面積：今回は送風機を使用しない無圧の脱臭となるため日本における土壤脱臭床の設計基準とは異なっているが、処理風量 $1.0\text{m}^3/\text{分}$ 当りの脱臭床原単位 6.7m^2 を当てはめ、さらに必要土壌厚さを土壌被覆構造の最小値である 200cm とする。
- ・今回必要面積はセプティックタンク水面積約 10m^2 に対して時間当り処理風量の $3\text{m}^3/\text{時間}$ を当てはめると $30\text{m}^3/\text{時間}$ ($0.5\text{m}^3/\text{分}$) となる。
ここで処理風量 $1.0\text{m}^3/\text{分}$ 当りの脱臭床原単位 6.7m^2 であることより、今回必要面積は $6.7\text{m}^2 \times 0.5 = 3.35\text{m}^2$ 以上とする。
今回の設置土壤脱臭床は 6.3m^2 である。

雑排水トレンチ

- ・排水量の算定：個人宅の人員数 5 人(聞き取りによる)
- ・1 人当り雑排水量 $100\text{L}/\text{人} \cdot \text{日}$ (ティンブー市原単位より算出)

- ・1日当り処理水量：5人×100ℓ/人・日=500ℓ/人・日となる。
- ・トレンチ原単位：100ℓ/m・日
- ・以上によりトレンチ必要延長は5mとなり2系列敷設のため、総延長は10mとする
- ・トレンチ設置場所の透水試験は平成24年12月22日に実施。
結果は減水速度測定 -76頁より 1地点測定により、平均 $4.0 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ であり
判定基準(適性範囲) $5 \times 10^{-2} \text{cm/sec} \sim 4.5 \times 10^{-4} \text{cm/sec}$ を満足している。

(3) ブータン全国下水道整備計画(調査対象地域：ブータン全域)

ブータンの各県において、集合処理と個別処理に分けて下水道整備計画を立案した。これまでのブータン国内での集合処理の事業実績等から、都市における集合処理(いわゆる公共下水道)は、公共事業省(MOWHS)が所管し、都市周辺の集落における集合処理は保健省(MOH)が所管という区分で整備する計画とした。また、個別処理に関しては保健省(MOH)が所管するものである。尚、個別処理に付随するような数戸の小規模集合処理も個別処理としてカウントした。それぞれに適用する処理方式を以下に示す。

4 - 表6 集合処理と個別処理に適用する処理方式

項目	集合処理 (土壌被覆型工法)	個別・小規模集合処理 (毛管浸潤トレンチ工法)
概要	土壌被覆型工法は、接触酸化法の水処理槽を土壌で被覆したものであり、臭気や処理によって発生する泡の飛散など二次公害を防止する事が可能な処理方式である。汚水が水処理槽に流入した後は、水槽の中を押し流されて移流する事によって処理する技術である。	毛管浸潤トレンチ工法は、比較的低濃度(一次処理または二次処理した後の処理水)の汚水を不飽和流動によって生物的活性の高い土壌部分に導き、有機物を酸化分解させる工法である。毛管浸潤トレンチ工法の特徴は、電気エネルギーなどを使用しないで高度な処理水が確保できる事にある。また、維持管理が容易である事や放流水が流れ出ないので水域への負担が少なく自然にやさしい工法である。その反面、広い土壌空間を必要とすると共に浄化能力を自然の力にたよる装置であるため設置場所での土壌調査を必要とし、この結果から設置が可能であるか判断する等、条件が合わなければ設置できない。
フロー		
所管	都市：公共事業省(MOWHS) 集落：保健省(MOH)	保健省(MOH)
適用する規模等	都市の下水道 集落の下水道	個別処理 小規模集合処理

また、目標年次における、それぞれの人口割合を以下に示す。ブータン全土とした場合。

- ・都市集合処理(公共下水道) 14%
- ・集落集合処理 9%
- ・個別処理・小規模集合処理 77%

4.3 採算性の検討

今回のモデル施設の建設金額を基に採算性の検討を試みる。以下にモデル施設の仕様とコストを示す。

4 - 表7 モデル施設建設コスト

項 目		仕様・規模	コスト
個人住宅	土壌脱臭床	セプティックタンクからの臭気を脱臭する。 風量 1.0m ³ /分、面積 6.3m ²	約 50,000Nu
	雑排水 毛管浸潤トレンチ	人員 5 人の雑排水を対象に処理する。 処理容量 500 ㍻/日 トレンチ長さ 5m × 2 本 (1 本予備) = 10m	約 90,000Nu
学校 便所	沈殿分離 毛管浸潤トレンチ	学校の教師用トイレの汚水を浄化する。 沈殿分離槽の容量：1,000 ㍻/日 トレンチ処理容量 500 ㍻/日 トレンチ長さ 5m × 2 本 (1 本予備) = 10m	約 200,000Nu

個人宅における毛管浸潤とレンチの建設金額は、プータンの物価状況からすると高価なものではあるが、住宅建設時に国からの支援が得られる事が考えられるので設置することに問題はないものと考えられる。

企業としての採算性はモデル施設である事から低い状況にあるが、今後、資材の調達方法や効率的な施工方法の確立により十分に採算が取れるものと考えられる。

5. ODA案件化による対象国における開発効果及び提案企業の事業展開効果

5.1 提案技術と開発課題の整合性

ブータンにおける対象分野の課題を整理すると以下の通りである。

急速な人口増加と急速な都市化

国全体としての人口増加率は年間 1.8%程度であるが、都市部における人口増加率は4%程度と推測されている。

また、テレビやインターネットの利用が可能になった事により、海外の情報が入手でき、急速な都市化が起きている。

このような、急激な都市化のため、都市の水路、接続する小河川の水質汚濁が進行している。

河川の汚染問題

急激な人口増加のために、生活排水による河川の汚染が深刻化している。

ティンプー市の下水処理場

デンマークの援助により、し尿を対象にした下水処理場が設置されているが、酸化安定池法であり既に設計容量を大幅に越えているため放流口は、汚染が深刻化している。また都市化に伴い処理場周辺にも集合住宅やホテルの建設が急ピッチ進められ、処理場からの二次公害の発生等が顕在化しつつある。

トイレ問題

住宅内にトイレがない場合もあり、日常生活の不自由さがある。

公衆衛生上の問題

急激な都市化に対して公衆衛生の向上を図る必要があるが、ブータンは宗教上の理由から害虫駆除を積極的に行わない国民的事情がある事等、潜在的な問題を抱えている。害虫等の発生しにくい清潔な都市環境の整備を行う必要がある。そのためには、国民の公衆衛生に対する理解が必要不可欠である。

国の財政力

大型下水処理場を建設できる状況にないために、家庭や小規模な地区で処理する事が望まれる。

提案する技術が開発課題に整合する理由

土壌浄化法は日本で開発された省エネルギー型の汚水処理技術である。従って、下水道が未整備の国や開発途上国には、適した技術といえる。土壌はそれぞれの国で、土質や気象条件等が異なるが、地球にしか存在しないといわれているもので、土壌の分解能力は、各地で評価されている。

土壌被覆型工法は、その自然の持つ力を利用した汚水処理技術のために、評価をされると、装置として設置の要望が起こり、事業の発展性は極めて高い。

日本における実績は、国土交通省の補助事業として、50m³/日の規模から4,500m³/日、農林水産省では、30m³/日の規模から1,300m³/日、公共施設の浄化槽や個人住宅等多岐にわたる。

小規模汚水処理施設に要望される項目は、「二次公害の発生がなく、維持管理が容易で、建設金額も維持管理費用も安価で、きれいな処理水質を確保出来る事」というすべての項目を満

足する事が必要で、土壌浄化法はそれを可能にする技術といわれている。従って、生活排水等によって、河川の汚染が進んでいる地域では、極めて有効な方法といえる。

又、途上国では、住居内にトイレが設置されていないところもあり、密集した地域を一つにした小規模のインフラ整備が実施できると、緊急性が高く、地域の要望の高いところから分散して社会資本整備が実施できるようになり、河川の水質改善だけでなく、生活環境を改善する事にも繋がっていく。

提案する土壌浄化法の技術は、以下の技術を中心とするインフラ整備全体を包括するパッケージ型インフラ整備である。

提案する土壌浄化法技術

毛管浸潤トレンチ工法（ニイミトレンチ）

土壌被覆型工法（ニイミシステム）

土壌脱臭

これらのコア技術を単独ないし組み合わせて整備することにより、中心となる污水处理施設を構築する

5.2 ODA 案件化による技術等の当該国での適用、活用、普及による開発効果

土壌浄化法をブータン国で適用・活用・普及した場合の開発効果について以下に示す。

毛管浸潤トレンチ工法の効果

財政力が厳しい国においては大型の下水処理場の建設は、困難な場合が多い。土壌の浄化能力を把握できる個別、小規模な地域を対象に、毛管浸潤トレンチを設置して、発生源において環境改善を図る。

土壌被覆型工法の効果

土壌被覆装置は、污水处理から発生する悪臭などの二次公害を土壌で被覆して解決する技術。処理場用地として、土壌面積を確保出来ない場合は、公園のような処理場となるために、住宅地の中に緑地を兼ねた生活排水処理施設の設置が有効。都市部や周辺の集落を集合処理する事により深刻化する都市の環境改善を図る。

下水処理場への改善提案と効果

下水処理場の放流水により、汚染された河川の浄化や悪臭の発生を防止する改善提案を行う。（土壌被覆工法、土壌脱臭の提案）

5.3 提案企業が事業展開した場合の開発効果

開発効果内容について以下に示す。

提案する水処理技術「土壌浄化法技術」を展開する事で設置した地域の環境への汚濁負荷が削減でき、側溝や河川の水質改善が期待できる。

「土壌浄化法技術」は土壌被覆されているため臭気の発生や害虫の発生を少なくする事で良好な生活環境を提供できる。

公衆衛生に対する理解を深めることや腰掛け式トイレの使用方法を体験することで、生活改善に効果がある。

(1) 土壌浄化法による水質の向上の見通し

個別処理・小規模集合処理

現在家庭排水は、し尿についてはセプテックタンクで一次処理を行った後、浸透槽で地下浸透されている。また雑排水は、直接側溝や河川に放流されている。このような状況と土壌浄化法による水処理技術を導入した場合の環境へのBOD汚濁負荷量の削減効果等を以下に示す。

5 - 表1 土壌浄化法を導入した場合のBOD汚濁負荷量の削減効果比較

項目	現在のプータンの個別処理状況	毛管浸潤トレンチ設置の場合
1人当りの汚濁負荷量 (g/人・日)	45 [し尿 18、雑排水 27 とする] (現地調査資料: プータン全国下水道整備計画 5.3 下水水質より)	45 [し尿 18、雑排水 27 とする] (現地調査資料: プータン全国下水道整備計画 5.3 下水水質より)
処理フロー 負荷除去計算	<p>家庭からの汚濁負荷量</p> <p>雑排水 (27g) し尿 (18g)</p> <p>↓</p> <p>セプテックタンク (55%程度除去) 1 (8.1 8g)</p> <p>↓</p> <p>浸透槽</p> <p>↓</p> <p>雑排水 (27g) + し尿 (8g) = 35g</p> <p>↓</p> <p>35 g</p>	<p>家庭からの汚濁負荷量</p> <p>雑排水 (27g) し尿 (18g)</p> <p>↓</p> <p>27+18 = 45 g</p> <p>↓</p> <p>沈殿分離槽 + 毛管浸潤トレンチ (97%程度除去) 2 (1.4 1g)</p> <p>↓</p> <p>1 g</p>
除去率	<p>1 日本の浄化槽構造基準で示されている沈殿放流の浄化槽のBOD除去率を採用。</p> <p>2 日本での実績値より。</p>	
1人1日当り環境に放出される汚濁負荷量 (g/人・日)	35	1
2次公害対策 脱臭効果等	<p>セプテックタンクの臭突</p> 	<p>沈殿分離槽+毛管浸潤トレンチとも土壌被覆により臭気の発生が無い</p> 

集合処理（下水道等）

現在ブータン国内には下水処理場が4箇所稼働しており、滞留時間54日間の酸化安定池法が採用されている。この処理場は、オープン処理場で臭気や害虫の発生が生じている。このような状況の処理場と土壌被覆型工法による水処理技術を導入した場合の環境へのBOD汚濁負荷量の削減効果等を以下に示す。

5 - 表2 土壌浄化法を導入した場合のBOD汚濁負荷量の削減効果比較

項目	既設の酸化安定池法	土壌被覆型工法
1人当りの汚濁負荷量 (g/人・日)	45 [し尿 18、雑排水 27 とする] (現地調査資料: ブータン全国下水道整備計画 5.3 下水水質より)	45 [し尿 18、雑排水 27 とする] (現地調査資料: ブータン全国下水道整備計画 5.3 下水水質より)
処理フロー 負荷除去計算		
除去率 3: ティンブーの処理場の設計値を採用。 4: 土壌被覆型礫間接触酸化法設計基準を採用。		
1人1日当り環境に放出される汚濁負荷量 (g/人・日)	7	3
2次公害対策 脱臭効果等	<p>オープン処理場</p>	<p>土壌被覆型</p>

6. ODA 案件化の具体的提案

6.1 ODA 案件化概要

中小企業が海外へ事業展開を検討する場合の ODA スキームとしては以下に示す項目がある。

6 - 表 1 ODA スキーム概要 (出展 : JICA)

実施	スキーム名	概要	要請・申請者
外務省	草の根・人間の安全保障無償資金協力	草の根レベルに対する裨益効果が高い事業、小規模な支援によって特に高い援助効果を発揮する事業、人道上機動的な支援が必要な事業等を中心に、基礎生活 (Basic Human Needs) 分野及び人間の安全保障の観点から特に重要な分野を支援。	開発途上国で活動する NGO、地方公共団体、小・中学校等の教育機関、病院等の医療機関等の実施対象国・地域で草の根レベルの開発プロジェクトを実施する非営利団体
JICA	民間提案型普及・実証事業 (仮称 - 別称 / 普及事業 (展開型))	我が国中小企業からの提案に基づく事業。我が国中小企業等の技術・製品を活用した ODA 案件による当該国の開発をより具体化するために、当該技術・製品の普及・展開に必要な現地適合性を高めるために必要な取組、当該国への導入に向けた事業計画の作成及び事業実施方法の検討などを行うもの。	中小企業 (コンサルタントとの共同事業体も可)
JICA	草の根技術協力 (非収益事業に限る)	国際協力の意志をお持ちの日本の NGO、大学、地方自治体及び公益法人等の団体による、開発途上国の地域住民を対象とした協力活動を、JICA が政府開発援助 (ODA) の一環として、促進し助長することを目的に実施するもの	NGO、大学、公益法人、民間企業等
JICA	民間連携ボランティア	グローバルな視野や素養を備えた企業人材の確保のために各企業のニーズに合わせ、受入国や要請内容、職種、派遣期間等をカスタマイズするボランティア制度	民間企業
JICA	技術協力プロジェクト	開発途上国の課題解決能力と主体性 (オナーシップ) の向上を促進するため、専門家の派遣、必要な機材の供与、人材の日本での研修などを通じて、開発途上国の経済・社会の発展に必要な人材育成、研究開発、技術普及、制度構築を支援する取組。	途上国政府等
JICA	一般プロジェクト無償資金協力	開発途上国の経済社会開発に資する計画に必要な資機材、設備及び役務 (技術及び輸送等) を調達する資金の供与 (贈与) 。	途上国政府等

ブータンでは経済成長に伴う都市周辺の人口増加により、生活排水等の排出により河川の水質汚染が深刻化している。ここに土壌浄化法の処理施設を設置する事により、河川の水質改善を図り、合わせて水洗トイレによる生活改善を図る事を目的とした事業である。

ブータンにおける小規模生活排水処理の開発課題の現状は、急激な人口増加を背景とした都市並びに周辺集落の公衆衛生の向上を図る事にあるが、現在のブータンの環境を考えると公衆衛生の概念を広く国民に理解してもらおう事から始める必要があり、教育の一環として推進して行く事が必要である。

上記 ODA スキームを念頭に、ブータンにおいて現地調査を行った結果、以下に示すプロジェクトがブータンにとっても当社にとっても有意義なものと考えられた。

(1) JICAの民間提案型普及・実証事業（普及事業展開型）

ブータンにおいて緊急に整備が必要な項目に関して、民間提案型普及・実証事業にて、検討を進める。ブータンでは、担当する各省がそれぞれ汚水処理の問題解決を模索している状況であり、それぞれの省で必要とされるモデル施設の整備を行う。

教育省を窓口にして、ブータンの学校に、沈殿分離槽とニイミトレンチを設置する。

観光省を窓口にして、観光地の水洗トイレに、沈殿分離槽とニイミトレンチを設置する。

保健省を窓口にして、病院や保健施設に、沈殿分離槽とニイミトレンチを設置する。

各県を窓口にして、公共施設に、沈殿分離槽とニイミトレンチを設置する。

(2) JICAの技術協力プロジェクトを利用して、設計と現場指導を行う

都市及びその周辺の集落の集合処理を実施する。

保健省を窓口にして、農村における環境整備を実施する。数戸～数十戸の集落を対象に、集落集合処理施設を設置する。無動力のニイミトレンチを設置する。面積の確保が困難な場合は、ニイミシステムにより排水処理施設を設置する。

公共事業省を窓口にして、都市集合処理を行う。都市化された市街地は、汚染が深刻な状況になっている。現在排水が集中している場所に、都市集合処理施設を設置する。新たな開発計画が行われる地域には、水洗トイレと雑排水を対象に、管渠を整備して、下水処理場の設置を行う。

各県の地方都市に関しては、地域に適する形で排水処理施設を設置する。

これらのプロジェクトは、いずれもブータンにとって緊急性を要するものであるがカウンターパートとの合意形成の成熟度を考慮してここでは、JICAの民間提案型普及・実証事業（普及事業展開型）を活用した、ブータンの学校に、沈殿分離槽とニイミトレンチを設置する事業をODA案件化として具体的に提案する。ここでのカウンターパートは教育省とする。尚、本事業実施に向けてブータンにおいて教育省の大臣を招いて土壌浄化法セミナーを実施するとともに、教育省の建設部部長と副部長を日本に招き土壌浄化法の技術研修を行った。

6.2 具体的な協力内容及び開発効果

(1) 案件名

学校を対象としたパッケージ型汚水処理プロジェクト

(2) プロジェクト概要

ブータン国内には小学校から高校まで 551 箇所の学校があり、2011 年の生徒数は約 17 万人、教師数は約 7400 人となっている。生徒と教師の数は、実にブータンの人口の 25% を占めている。

便所の数は生徒 25 人に対して 1 基の割合で設置されており、し尿を手洗い水とともにセプテックタンクとその後段に設置された地下浸透槽に流し込み処理されている。ブータンではセプテックタンクと地下浸透槽の設置が法により定められている。セプテックタンクは東南アジア各地で普及しているが、BOD 除去率が 50% 以下であり地下浸透方式となっているため地下水汚染や河川の水質悪化につながっている。

ブータンにおける小規模生活排水処理の開発課題の現状は、急激な人口増加を背景とした都市並びに周辺集落の公衆衛生の向上を図る事にあるが、現在のブータンの環境を考えると公衆衛生の概念を広く国民に理解してもらう事が必要であり、教育の一環として推進して行く事が必要である。また、近年では先進諸国への留学などブータン人の海外進出も多くなってきているが留学先でのトイレの使用方法がわからない等の問題も生じている。更に今回モデル施設を建設するため数箇所の学校のトイレを視察したが、いずれもゴミなどがトイレの便器に捨てられている状況や宗教上の考え方から害虫の駆除も積極的に行わない国民的事情がある事など衛生面での潜在的問題も抱えている。

このようなことから、公衆衛生の向上を図るためのプログラムを学校教育の中に組み込み、学校生活の中で、実際にトイレを使用し、その水がどのように処理され環境負荷が低減されるのか実物によって示す事が有効である。また、実際にブータン国民の 25% に当る生徒や教師のトイレ排水を処理する事は、地下水汚染や河川の水質の改善に貢献する事ができる。

学校を対象としたパッケージ型汚水処理プロジェクトは、既設のトイレ棟を利用し現在設置されている便器 セプテックタンク 地下浸透槽を便器（腰掛け式の水洗便器+従来の便器） 沈殿分離槽 毛管浸潤トレンチに 1 式パッケージとして交換し、処理水質の向上を図るものである。

プロジェクト内容

本プロジェクトの対象となるモデル校を選定しカウンターパートとの契約を行う。

公衆衛生の向上や腰掛け式トイレの普及について学校で授業を行う。

土壌浄化法の技術的セミナーを実施する。

モデル校においてパッケージ型汚水処理を導入するための現地調査・測量を行う。

パッケージ型汚水処理の設計を行う。

パッケージ型汚水処理（便器 沈殿分離槽 毛管浸潤トレンチ）設置工事を行う。

(3) 案件の目標

ブータン国内にある 551 箇所の学校からモデルとなる 6 校程度を選定し、トイレの汚水処理システムを改築する事により処理水質を向上し地下水や河川の水質改善を図る。またトイレの使用方法や公衆衛生向上のための教育を行う。

(4) 案件の成果

現在設置されているBOD除去率は50%程度であるのに対して新設するシステムのBOD除去率は97%程度となり処理水質の改善が期待できる。 土壌被覆されているため臭気の発生や害虫の発生を少なくする事ができる。 生徒の公衆衛生に対する理解を深めることのきっかけを提供できる。 腰掛け式トイレの使用方法を体験することができる。

(5) 案件の投入

専門家 10M/M、プロジェクトマネージャー（下水道計画）、調整員、下水道設計、施工監理、学校の授業としての公衆衛生プログラム、セミナー

(6) 案件の先方実施機関

教育省の建設部 (School Planning & Building Division Department of School Education Ministry of Education)

(7) 実施体制

学校を対象としたパッケージ型汚水処理プロジェクトを実施するにあたり、具体的な検討や作業や現地での施工管理等は、申請者である毛管浄化システム株式会社が下記に示す体制で実施するが、学校の授業としての公衆衛生プログラム、セミナーに関しては下記の組織が外部協力者という形で役割を担う。

「特定非営利活動法人日本土壌浄化法ネットワーク」(民間の組織)

「株式会社伝統建築研究所」(設計並びにブータン政府との調整員)

学校を対象としたパッケージ型汚水処理プロジェクト実施期間中の社内体制を以下に示す。

6 - 表2 プロジェクト実施体制表

役 割	氏 名	所 属
業務主任者	木村 弘子	毛管浄化システム(株)代表取締役
プロジェクトマネージャー	木村 恭彦	毛管浄化システム(株)取締役副社長
調査・学校教育	社 員	毛管浄化システム(株)
設計監理	社 員	毛管浄化システム(株)
設計・施工監理	社 員	毛管浄化システム(株)
設計・施工監理	社 員	毛管浄化システム(株)
設計・施工監理	社 員	毛管浄化システム(株)
設計	社 員	毛管浄化システム(株)
設計	社 員	毛管浄化システム(株)
設計	社 員	毛管浄化システム(株)

(8) スケジュール

学校を対象としたパッケージ型汚水処理プロジェクト実施スケジュールを以下に示す。

6 - 表3 実施スケジュール

作業項目	期間	25年度											
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
事業準備													
モデル校選定調査			■	■									
公衆衛生普及授業					■								
セミナー					■								
調査測量					■	■	■						
設計							□	□	□				
施工										■	■	■	■
レポート作成											□	□	□

凡例： ■ 現地業務期間 □ 国内作業期間

(9) 協力概算金額

学校を対象としたパッケージ型汚水処理プロジェクト概算金額を下記に示す。概算金額には、パッケージ型汚水処理施設建設費6校分、資機材輸送費、調査設計費、コンサルタント費、再委託費、交通費・滞在費等が含まれている。

6 - 表4 学校を対象としたパッケージ型汚水処理プロジェクト概算金額 (単位：円)

項目	仕様	単位	数量	単価	金額
パッケージ型汚水処理施設建設費	便器数14個、水量8m3/日の沈殿槽+トレンチ 腰掛け式便器及び改造、1式パッケージ	基	6	9,000,000	54,000,000
調査・設計費	現地調査及び測量 国内での設計	式	1		10,000,000
コンサルタント費	契約交渉、現地承諾	式	1		14,000,000
再委託費	株式会社伝統建築研究所	式	1		6,000,000
旅費・現地交通費	航空運賃 現地移動車輦	式	1		15,000,000
資機材輸送費		式	1		1,000,000
合計					100,000,000

6.3 他のODA案件との連携可能性

ブータン国でこれまで実施されたODAにおいて施設の処理等を中心とした環境改善事業は行なわれてこなかった。このためこれまでのODA案件との連携可能性は低い物と考えられるが、今回提案する学校を対象としたパッケージ型汚水処理プロジェクトは、総合的な技術を必要とするため、関連性の高いODA案件も存在する事が考えられる。その際は、重複投資とならないよう相互協力の下、連携して事業を進めて行く。

6.4 カウンターパート機関との協議状況

カウンターパートである教育省の事務次官と学校を対象としたパッケージ型汚水処理プロジェクトについては具体的に協議しており、その内容は教育大臣に伝えられている。また、大臣とは、ブータン国内でセミナーを行った際、直接会い概要の説明を行った。

事務次官からトイレの便器の交換、現在座り込み式から腰掛け式への変更要望が出されるなど積極的な対応が伺われた。また、教育省学校計画建設部の部長、副部長が平成25年2月15日から25日まで来日し技術研修を行っている。

教育省としては本プロジェクトに対して大変期待をしており必要があればODAスキームへの要請も検討する状況にある。

現地調査資料

目 次

.ブータン各種調査

1. 調査の目的及び調査対象地域の概要	-1
1.1 調査の目的	-1
1.2 調査対象地域 2.2 開発課題の現状	-1
1.3 調査対象地域の概要 2.3 関連計画、政策及び法制度	-1
1.4 調査結果一覧	-2
2. 土壌の分解能力調査	-4
2.1 土壌の分解能調査概要	-4
2.2 調査方法	-4
2.3 調査結果	-4
3. 土壌浸透能力調査	-60
3.1 土壌浸透能力調査概要	-60
3.2 調査方法	-60
3.3 調査結果	-60
4. 河川の状況調査	-88
4.1 河川の状況調査概要	-88
4.2 調査方法	-88
4.3 調査結果	-88
5. 既存下水処理場の現状調査（ティンブー市下水処理場）	-103
6. 生活環境状況調査	-106
6.1 パロ市	-106
6.2 ティンブー市	-108

.ブータン土壌浄化法モデル施設設置

1. モデル施設設置の目的及び対象地域の概要	-1
1.1 モデル施設設置の目的	-1
1.2 モデル施設設置対象地域の概要	-1
2. 個別処理施設における土壌浄化法のモデル施設	-2
2.1 個別住宅における問題点	-2
2.2 土壌浄化法による個別生活排水施設	-2
2.3 モデル施設設計諸元	-2
2.4 モデル施設図面	-4
2.5 モデル施設建設現場写真	-10

3. 集合処理施設における土壌浄化法のモデル施設	-24
3.1 集合処理における問題点	-24
3.2 小規模集落における問題点	-24
3.3 土壌浄化法による小規模生活排水施設	-24
3.4 モデル施設設計諸元	-25
3.5 モデル施設図面	-26
3.6 モデル施設建設現場写真	-35
4. 建設コスト	-49
4.1 個別住宅における建設コスト	-49
4.2 集合処理における建設コスト	-49
5. 既設下水処理場の現状調査	-50
5.1 ティンブーの既設下水処理場の現状	-50
5.2 ティンブーの既設下水処理場の問題点	-50
5.3 ティンブーの既設下水処理場の改修案	-52
.ブータン全国下水道整備計画	
1. ブータン全国下水道整備計画の概要	-1
1.1 全国下水道整備計画の目的	-1
1.2 全国下水道整備計画対象地域	-1
2. ブータンにおける水質汚濁対策の現状	-1
2.1 ブータンにおける水質汚濁の状況	-1
2.2 ブータンにおける水質汚濁対策の現状	-1
3. 下水道セクターの制度的・組織的枠組み	-2
3.1 下水道セクターの制度	-2
3.2 組織的枠組み	-2
4. 下水道セクターの投資計画と財政状況	-2
5. 設計諸元	-3
5.1 計画策定における基本方針	-3
5.2 人口予測	-5
5.3 下水水量及び水質	-7
5.4 下水処理方式	-4
6. 下水道施設整備マスタープランの策定	-9
6.1 下水道整備区域の策定	-9
6.2 パロ県集合処理区域面積の算定	-9
6.3 処理区域人口	-11
6.4 個別・小規模集合処理人口	-11

6.5 各処理区域下水処理水量	-11
6.6 処理施設建設金額	-12
6.7 処理区域集水管路延長	-13
6.8 処理区域集水管路建設金額	-14
6.9 パロ県下水道整備概算事業費	-15
7. 概算事業費及び事業実施計画	-16
7.1 各県別の事業計画策定方法	-16
7.2 事業実施の効果	-21
. 土壌浄化法セミナー・技術研修報告書	
1. 土壌浄化法セミナー報告書	-1
1.1 セミナーの目的	-1
1.2 セミナー参加者	-1
1.3 セミナー内容	-7
1.4 セミナー発表資料	-13
2. 技術研修報告書	-52
2.1 技術研修の目的	-52
2.2 技術研修者	-52
2.3 技術研修内容	-52
. 日本における土壌調査	
1. 日本における土壌の分解能力調査	-1
1.1 日本における土壌の分解能力調査概要	-1
1.2 調査方法	-1
1.3 調査結果	-2