

カンボジア国

公共事業運輸省

カンボジア国
集落排水処理への人工湿地技術の
活用による環境改善にかかる案件化調査
(中小企業支援型)

業務完了報告書

2022年11月14日

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 リードネット
有限会社 古建工業

民連
JR
22-060

<本報告書の利用についての注意・免責事項>

- ・ 本報告書の内容は、JICA が受託企業に作成を委託し、作成時点で入手した情報に基づくものであり、その後の社会情勢の変化、法律改正等によって本報告書の内容が変わる場合があります。また、掲載した情報・コメントは受託企業の判断によるものが含まれ、一般的な情報・解釈がこのとおりであることを保証するものではありません。本報告書を通じて提供される情報に基づいて何らかの行為をされる場合には、必ずご自身の責任で行ってください。
- ・ 利用者が本報告書を利用したことから生じる損害に関し、JICA 及び受託企業は、いかなる責任も負いかねます。

<Notes and Disclaimers>

- ・ This report is produced by the trust corporation based on the contract with JICA. The contents of this report are based on the information at the time of preparing the report which may differ from current information due to the changes in the situation, changes in laws, etc. In addition, the information and comments posted include subjective judgment of the trust corporation. Please be noted that any actions taken by the users based on the contents of this report shall be done at user's own risk.
- ・ Neither JICA nor the trust corporation shall be responsible for any loss or damages incurred by use of such information provided in this report.

目次

目次	i
写真	iii
地図（事業対象地域位置図）	v
図表リスト	vi
略語表	viii
案件概要	ix
要約	x
第1章 対象国・地域の開発課題	1
1. 対象国・地域の開発課題	1
(1) 開発課題の状況	1
(2) 開発課題の背景・原因	2
2. 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令等	2
(1) 開発計画	2
(2) 政策	3
(3) 法令等	3
3. 当該開発課題に関連する我が国の国別開発協力方針	4
4. 当該開発課題に関連する ODA 事業及び他ドナーの先行事例分析	4
(1) 我が国の ODA 事業	4
(2) 他ドナーの先行事例	4
(3) (1) (2) に係る分析結果	5
第2章 提案法人、製品・技術	7
1. 提案法人の概要	7
(1) 企業情報	7
(2) 海外ビジネス展開の位置づけ	7
2. 提案製品・技術の概要	8
(1) 提案製品・技術の概要	8
(2) ターゲット市場	9
3. 提案製品・技術の現地適合性	9
4. 開発課題解決貢献可能性	10
第3章 ODA 事業計画/連携可能性	11
1. ODA 事業の内容/連携可能性	11
(1) ODA 事業内容	11
(2) 対象地域	13
(3) C/P 候補機関	21
(4) C/P との協議状況	21

(5) 他 ODA 事業との連携可能性.....	21
2. 新規提案 ODA 事業の実施/既存 ODA 事業との連携における課題・リスクと対応策	21
(1) 制度面にかかる課題/リスクと対応策	21
(2) インフラ面にかかる課題/リスクと対応策.....	22
(3) C/P 体制面にかかる課題/リスクと対応策.....	22
(4) その他課題/リスクと対応策	22
3. 環境社会配慮等	22
4. ODA 事業実施/連携を通じて期待される開発効果.....	22
第 4 章 ビジネス展開計画	24
1. ビジネス展開計画概要	24
2. 市場分析	24
3. バリューチェーン	24
4. 進出形態とパートナー候補	24
5. 収支計画	24
6. 想定される課題・リスクと対応策	24
7. ビジネス展開を通じて期待される開発効果.....	24
8. 日本国内地元経済・地域活性化への貢献.....	25
(1) 関連企業・産業への貢献	25
(2) その他関連機関への貢献	25
参考文献	27
英文案件概要	28
英文要約 (Summary Report)	29
別添資料	36

写真



2020年2月29日

クローランの人工湿地実証予定地の水路



2022年2月8日

クローランの水路に続く側溝のゴミ



2022年4月25日

シェムリアップの資材店でろ材探し



2022年4月25日

シェムリアップの資材店でろ材に使う木炭の確認



2022年4月26日

クローランの水路の水質調査



2022年4月26日

クローランの排水溝の水量調査



2022年4月26日

クローランの排水溝からかき出したごみ



2022年4月27日

DPWT シェムリアップにて打ち合わせ後の集合写真



2022年4月29日
プノンペンのコベルコ(株)にて聞き取り調査



2022年6月14日
クローランの民間上水道事業所にて聞き取り



2022年6月14日
クローランの上水道の採水場所の調査



2022年6月15日
カンダールの養殖場の調査



2022年7月21日
ケップの浄化槽の調査



2022年7月26日
ラビットアイランドのバンガロー下の側溝のごみ

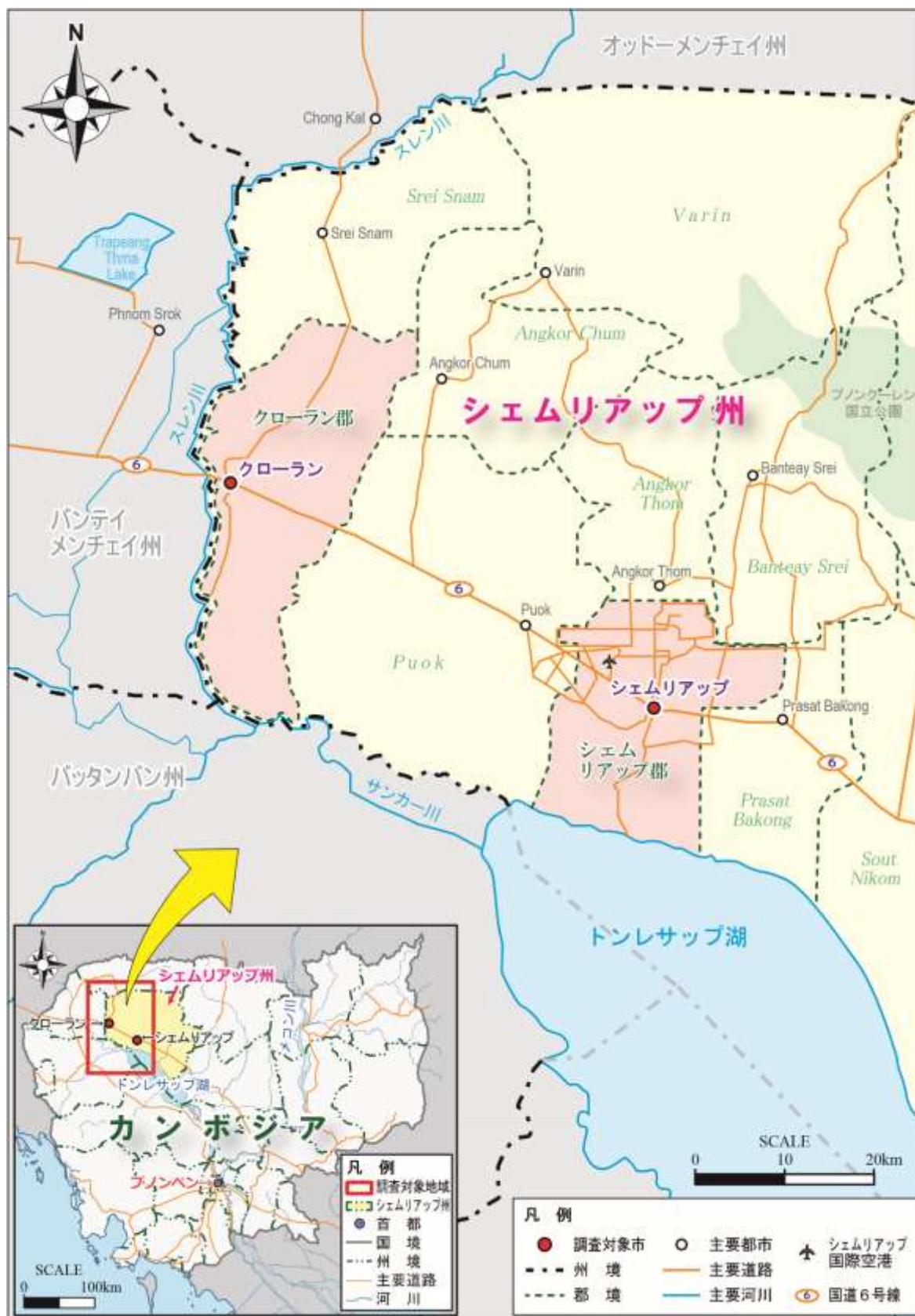


2022年8月15日
シェムリアップの雨期の冠水



2022年8月16日
クローランにて人工湿地セミナーを開催

地図（事業対象地域位置図）



出典：株式会社建設技研インターナショナル

図表リスト

表一覧

表 1-1	JICAによる雨水排水・下水排水分野の援助・協力一覧.....	4
表 1-2	他ドナーによる雨水排水・下水排水分野の援助・協力一覧（カンボジア全体・完了分）.4	
表 1-3	他ドナーによる雨水排水・下水排水分野の援助・協力一覧（カンボジア全体・継続分）.5	
表 2-1	提案法人の概要.....	7
表 2-2	人工湿地のスペック.....	9
表 3-1	普及・実証・ビジネス化事業（案）.....	11
表 3-2	普及・実証・ビジネス化事業工程表（案）.....	13
表 3-3	普及・実証・ビジネス化事業概算見積（案）.....	13
表 3-4	日本各地の人工湿地における処理水の水質.....	15
表 3-5	各方式の人工湿地における処理量、必要ろ床面積及びそのろ床体積の関係.....	18
表 3-6	年間の電気量及び電気代.....	20
表 3-7	人工湿地の保守管理内容.....	20

図一覧

図 1-1	アジアにおける上下水道の普及率.....	1
図 1-2	クローラン位置図.....	1
図 1-3	クローラン地区住民へのアンケート調査結果.....	2
図 2-1	人工湿地の仕組み.....	8
図 3-1	普及・実証・ビジネス化事業 実施体制（案）.....	12
図 3-2	クローラン市場周辺の排水状況.....	14
図 3-3	CR-1 横断面図（鉛直流式人工湿地）.....	16
図 3-4	CR-2 横断面図（鉛直流式人工湿地）.....	16
図 3-5	CR-2 横断面図(タイダルフロー式人工湿地).....	17
図 3-6	タイダルフロー式人工湿地の仕組み.....	17
図 3-7	人工湿地のイメージ図.....	18
図 3-8	人工湿地の処理フロー.....	19
図 4-1	屋上緑化と人工湿地.....	25
図 4-2	窒素除去速度と温度の関係（左）及び季節による微生物の働き（右）.....	26

写真一覧

写真 3-1	クローラン市場周辺の排水状況	14
写真 3-2	シェムリアップの石材店の砂利・木炭	21

略語表

略語	英文表記	日本語表記
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AFD	Agence Française de Développement	フランス開発庁
C/P	Counterpart	カウンターパート
DPWT	Department of Public Works and Transport	公共事業運輸局
EDCF	The Export-Import Bank of Korea-Economic Development Cooperation Fund	韓国輸出入銀行
EU	European Union	欧州連合
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
HP	Home Page	ホームページ
IDP	Industrial Development Plan	産業開発政策
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
JETRO	Japan External Trade Organization	独立行政法人日本貿易振興機構
MAFF	Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries	農林水産省
MPWT	Ministry of Public Works and Transport	公共事業運輸省
NSDP	National Strategic Development Plan	国家戦略開発計画
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
SDGs	Sustainable Development Goals	持続可能な開発目標
SNEC	Supreme National Economic Council	最高国家経済評議会
USD	United States Dollar	米国ドル
pH	Pouvoir Hydrogène	水素イオン濃度指数
TDS	Total Dissolved Solids	総溶解固形物
TSS	Total Suspended Solid	全懸濁物質
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
TN	Total Nitrogen	全窒素
TP	Total Phosphorus	全りん

案件概要



カンボジア国 集落排水処理への人工湿地技術の活用による環境改善にかかる案件化調査

株式会社リードネット(北海道札幌市)



対象国排水処理分野における開発ニーズ(課題)

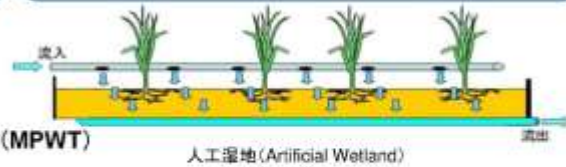
- ・カンボジアでは急速な経済発展にインフラの整備が追いつかず、生活環境、特に衛生面の悪化が深刻である。
- ・中でも下水を含む排水処理は喫緊の課題とされている。

提案製品・技術

- ・「人工湿地」は、生活排水や畜産業、食品加工業などで大量に排出される有機排水を、ろ過処理と人工的な生態系による処理を組み合わせることで、安価で手軽に、そして持続的に無害化する浄化システムである。

本事業の内容

- ・ 契約期間: 2020年2月～2022年12月
- ・ 対象国・地域: カンボジア国シェムリアップ州ほか
- ・ カウンターパート機関: カンボジア国公共事業運輸省 (MPWT) 公共事業運輸局 (DPWT)
- ・ 案件概要: 人工湿地 (Artificial Wetland) の導入可能性を検討するため、シェムリアップ州クローラン地区における排水処理の実態調査と同地区での普及・実証・ビジネス化事業に向けた案件化の検討ならびにカンボジア国各地域における人工湿地技術を用いたビジネス展開に関する調査を実施する。



開発ニーズ(課題)へのアプローチ方法(ビジネスモデル)

- ・ 人工湿地技術の集落排水処理への導入により、まずは小規模な地域の排水処理を行い、同技術の優位性を認識してもらい、これをショーケースとして他のクライアント・地域へ展開を図る。
- ・ 対象: 民間ホテル、レストラン、集合住宅
- ・ 人工湿地の建設と同施設の運営維持管理事業からの収入を想定する。

対象国に対し見込まれる成果(開発効果)




- ・ 人工湿地の導入により、事業系排水及び生活排水の適正な処理が行われる。
- ・ 排水の適正処理により、環境保全だけでなく、衛生面が改善され、伝染病や感染症の拡大を防止する。
- ・ 施設建設と共に調査、設計、施工、運用、保守管理をパッケージ化したビジネスモデルの確立により、カンボジアに雇用を創出することが可能である。

2022年10月現在

要約

I. 調査要約

1. 案件名	<p>(和文) カンボジア国集落排水処理への人工湿地技術の活用による環境改善にかかる案件化調査</p> <p>(英文) SDGs Business Model Formulation Survey with the Private Sector for Environmental Improvement Project by Utilizing Artificial Wetland Technology for Village Drainage Treatment in Cambodia</p>
2. 対象国・地域	カンボジアシェムリアップ州、カンダール州、バタンバン州、ケップ州、カンポット州
3. 本調査の要約	カンボジア各地域の集落排水処理への人工湿地技術導入に関する案件化調査。本調査後に実証のためのパイロット事業を実施し、そこで実証されたビジネスモデルをもとに、カンボジアでのビジネス展開を図り、ひいてはカンボジア国の環境保全だけでなく、衛生面の改善による伝染病や感染症の拡大防止への貢献を目指す。
4. 提案製品・技術の概要	提案する製品は提案企業リードネットと古建工業の排水処理技術の人工湿地である。「人工湿地」は、生活排水や畜産業、食品加工業などで大量に排出される有機性排水を、ろ過による物理的処理と微生物による生物学的処理、そして湿地環境を人工的に作ることによる生態学的処理の3つの段階で、持続的に無害化する浄化システムである。低コストで、自然の力を最大限に活用するため、極めてエネルギー消費の少ない浄化処理を実現できる。また管理も平易で、途上国にも導入しやすい技術である。
5. 対象国で目指すビジネスモデル概要	<p>想定するビジネスモデルは B to B である。普及・実証・ビジネス化事業を通じて、シェムリアップ州において実績を作り、それを活用して全国展開を図る。普及に際しては、株式会社リードネットと有限会社古建工業が共同で現地法人を設立し、まずは排水処理の課題を認識している上水道事業者などへの人工湿地技術の導入を推進する。また離島のホテルなど、公共事業運輸省 (MPWT) 及び各公共事業運輸局 (DPWT) が排水に懸念を示している箇所を重点に営業を展開していく。</p> <p>そして、公共事業運輸省 (MPWT) 及び各公共事業運輸局 (DPWT) とも引き続き連携を密にし、B to G として地方都市における下水排水改善事業の集落排水処理への人工湿地技術の活用も模索していく。</p>
6. ビジネスモデル展開に向けた課題と対応方針	2023年から2028年までの6年間で第1段階として、ビジネス展開の基礎となる民間市場への参入を図りつつ、地方部での集落排水に関しても現地のパートナー企業、各公共事業運輸局 (DPWT) 及び公共事業運輸省 (MPWT) との連携を深めながら、その可能性を模索していく。

7. ビジネス展開による対象国・地域への貢献	<ul style="list-style-type: none"> 貢献を目指す SDGs のターゲット：    低コストで省エネルギーな人工湿地の排水処理技術を活用することにより、環境保全だけでなく、衛生面を改善し伝染病や感染症の拡大防止に役立つ。
8. 本事業の概要	
① 目的	低コストで省エネルギーな人工湿地の排水処理技術の普及により、カンボジアに雇用を創りつつ、環境保全だけでなく、衛生面を改善し伝染病や感染症を拡大防止することを目指し、ビジネスアイデアの検討を行ない、ビジネス展開計画を策定する。
② 調査内容	<p>1. 対象国・地域の開発課題：政府機関・関係機関、その他ステークホルダー（現地土木・建設業者、調査・設計会社等）へのヒアリング及び関連資料の入手とそれらの整理・分析</p> <p>2. 提案法人、製品・技術：現地での資機材価格・工事費用に関する調査、現況水質の調査、政府機関・関係機関、住民へのヒアリング、現地生活環境の調査、施設運営維持管理を担当する職員の能力・技術レベルのベースライン調査、現地セミナーの実施</p> <p>3. ODA 事業計画/連携可能性：公共事業運輸省（MPWT）及びシエムリアップ公共事業運輸局（DPWT）との協議、施設建設候補地の基本情報の入手とそれらの整理・分析、土地所有者との協議、施設建設に係る費用の見積り取得及びそれらの整理・分析</p> <p>4. ビジネス展開計画：MPWT 及び DPWT との協議、JETRO、日系企業へのヒアリング、パートナー候補との協議、本件対象地域以外のニーズ調査、ビジネス展開にかかる基本方針（案）の策定、関係機関との協議ならびに連携強化の方策検討、情報発信ツールの検討</p>
③ 本事業実施体制	<p>提案企業：株式会社リードネット、有限会社古建工業</p> <p>外部人材：株式会社建設技研インターナショナル、AW Engineering（個人）</p>
④ 履行期間	2020年1月～2022年12月（3年0ヶ月）
⑤ 契約金額	29,168 千円（税込）

II. 提案法人の概要

1. 提案法人名	株式会社リードネット
2. 代表法人の業種	その他（環境保全技術コンサルタント）
3. 代表法人の代表者名	横田 岳史
4. 代表法人の本店所在地	北海道札幌市白石区栄通 19 丁目 11-43 栄建材ビル 4 号
5. 代表法人の設立年月日（西暦）	2010 年 9 月 29 日
6. 代表法人の資本金	400 万円
7. 代表法人の従業員数	0 名
8. 代表法人の直近の年商（売上高）	1,442 万 7,000 円（2021 年 8 月 1 日～2022 年 7 月 31 日）

第1章 対象国・地域の開発課題

1. 対象国・地域の開発課題

(1) 開発課題の状況

カンボジアでは、毎年雨季が訪れると、街が排水されない雨水・下水により浸水し、耐え難い臭気につつまれる。さらに、衛生状況の悪化により皮膚病などが発生している。特に地方の街では排水計画がない場合が多く、様々な海外の支援で無秩序に排水路が造られていたりするため、求められている機能が発揮されていない。

同国における下水道普及率（2015年資料）は図 1-1 に示す通り 11%程度であり、同じ東南アジア地域のインドネシア、ミャンマー、タイよりは高いものの、マレーシア、フィリピン、ベトナムと比べると低く、下水道の普及が遅れていることがわかる。

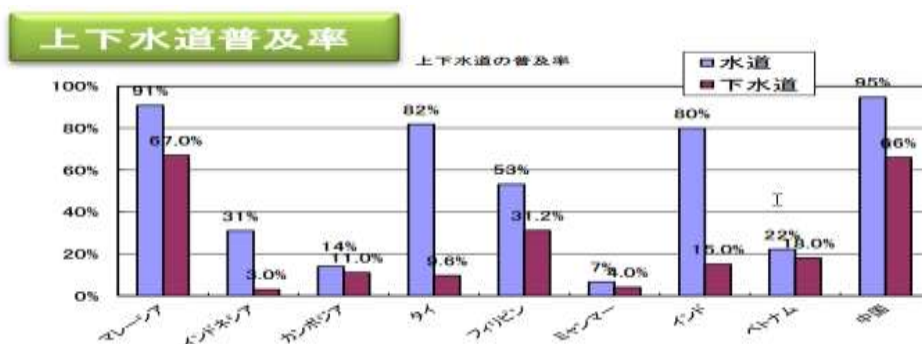


図 1-1 アジアにおける上下水道の普及率

出典：環境省水・大気環境局水環境課, アジアにおける水環境ビジネス展開について, 2015年5月25日

本調査の対象地域であるクローラン地区は、シェムリアップ市街地中心から約 55km、車で 1 時間ほど離れた地方の街である（図 1-2）。JICA シニアボランティアが「汚水トラブル」、「病気の発生」等についてのアンケートをクローランで 2014 年に実施した結果が図 1-3 である。これによれば、A 地区では「汚水トラブル」が 29 軒中 10 軒、「病気の発生」が 29 軒中 16 軒、「悪臭」に至っては 29 軒中 26 軒が問題に感じていた。その他の地区でも、各項目において高い割合で問題を抱えていることがわかった。このアンケート結果をもって 2016 年



図 1-2 クローラン位置図

出典：JICA 調査チーム（以下、出典の記載がないものは全て JICA 調査チームによる。）

6月14日にクローラン地区長、シェムリアップ公共事業運輸局下水道局、株式会社リードネットで、住民を集め、公聴会をクローランで開催した。

住民からは未処理の排水が、生活環境に重大な影響を及ぼしており、アンケート調査結果からもわかる通り病気の発生が高確率で報告されており、特に皮膚病の蔓延等が深刻化しているとの訴えがあった。

また、この地区にある総合病院の医師からは、水質汚染が蚊等の害虫の大発生を引き起こし、免疫力の低い子どもを中心に、コレラ等の伝染病、寄生虫病等が多くみられているとの報告もあった。そして地区長からは、現状の課題を総合的かつ持続的に解決する排水処理計画を、適正な調査をした上で策定して欲しいとの強い要望があった。

(2) 開発課題の背景・原因

上記地方都市における皮膚病や伝染病、寄生虫病の発生は、下水排水不良による生活衛生環境の悪化が原因と考えられる。



注：分数表記については（回答数／地区の班長数）

カンボジア政府は次項に述べる通り、下水道の整備を計画・実施しているが、政府や他のドナー国がインフラ整備に費やす資金には限りがあり、近年急速に都市化が進展するカンボジアの地方都市では、都市発達のスピードに追い付いていないのが現状である。

図 1-3 クローラン地区住民へのアンケート調査結果

また、下水道施設の運営・維持管理に係る費用を地方都市が負担することは財政的に極めて厳しいものがある。国全体の下水道を管轄する MPWT は、後述の通り、まずは首都プノンペンの下水処理を進めており、この中央集中型の処理システムを地方都市にまで展開するためにはかなりの時間がかかるものと考えられ、これに代わる下水処理システムの導入が早急に求められている。

また、下水道施設の運営・維持管理に係る費用を地方都市が負担することは

2. 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令等

(1) 開発計画

カンボジアの国家戦略開発計画（NSDP）2019-2023 は、カンボジアの国家戦略である「四辺形戦略」を実施するためのアクションプランとして位置付けられている。このため、四辺形戦略に沿った形で、前の 5 ヶ年の NSDP の主な達成事項と課題、並びに NSDP（2019-2023）のためのマクロ経済フレームワークについて分析し、2019-2023 年の期間に優先的に取り組む政策、指標、実施のタイムフレームなどを提示している。この四辺形戦略は、包括的な国家開発枠組みとして発表されたもので、持続的な経済成長と貧困削減を開発目標に置き、カンボジア版のミレニアム開発目標（CMDGs）を意識して策定されたものである。そのための重要な前提条件としてのガバナンスを最優先課題として核に据えた戦略となっており、4 つの課題を掲げている。同時に、目的達成のために 4 つの分野で環境整備を行い、成長のための戦略とし 4 分野（農業、民間セクター、インフラ整備、人的資源

開発・能力開発)での戦略を掲げている。この中の「インフラ整備」において、「上下水道分野」が挙げられており、本件で対象としている下水排水整備と合致している。

(2) 政策

持続可能な環境政策と気候変動への先見的な取り組みの優先政策及び優先アクションに、廃棄物の3R (Reduce, Reuse, Recycle) と並んで排水管理の強化が挙げられており、下水排水/下水処理セクターの開発は、その政策に沿っている。

(3) 法令等

カンボジアの都市洪水/雨水排水、下水排水/下水処理セクターの開発プロジェクトに関連する環境関連法規は下記の通りとなっている¹。

1) カンボジア王国憲法 (1993)

59条により環境及び水、大気、地質、生態系等自然資源の保護及び適正な管理を規定

2) 環境保護及び自然資源管理法 (1996)

保護すべき環境、国民の健康、環境計画の策定等について規定

3) 環境影響評価政令 (1999)

環境影響評価、適用事業、手続き等について規定

4) 水質汚濁管理政令 (1999)

水質の管理、排水規制等について規定

5) 固形廃棄物管理政令 (1999)

適正な固形廃棄物の排出等に関して規定

6) 保護区の創設及び指定に関する政令 (2008)

保護すべき地域及びその設定、管理、責務等について規定

7) 大気汚染及び騒音公害管理政令 (2000)

大気質(環境、排出)、騒音・振動について規定

8) 水資源管理法 (2007)

水資源管理、管理担当省等を規定。22条により公共用水への排水を規制

9) 農林水産省 (MAFF) による野生動物の区分にかかる省令(2007)

絶滅の恐れがある野生動物(哺乳類、鳥類、爬虫類)を保護対象として特定

10) 絶滅の恐れがある漁業生産魚種の決定にかかわる副法令 (2009)

絶滅の恐れがある水産資源を保護対象として特定

11) IEIA/EIA 実施のための一般的ガイドライン(2009)

初期環境影響評価 (IEIA) 及び環境影響評価 (EIA) 報告書作成のためのタイムフレーム、IEIA 及び EIA の手続きに必要な提出書類等を規定

12) 下水道/暗渠システムおよび排水処理場の管理に関する副法令 (2017)

下水道と排水処理場の管理について規定

13) 開発プロジェクトの環境影響評価分類に関する省令 (2020)

¹ 独立行政法人国際協力機構、「カンボジア国主要地方都市における洪水浸水及び雨水・下水排水に関する情報収集・確認調査 報告書」、平成28年11月、pp.12-13.

環境影響評価の作成が必要とされるプロジェクトの種類と規模を規定

3. 当該開発課題に関連する我が国の国別開発協力方針

当該開発課題に関連する我が国国別開発協力方針としては、「対カンボジア王国 国別開発協力方針」、平成 29 年 7 月の中の重点分野（中目標）において、「(2) 生活の質向上」として上下水道、排水、電力が挙げられており、本調査で提案する排水処理はこの方針に合致している。

4. 当該開発課題に関連する ODA 事業及び他ドナーの先行事例分析

(1) 我が国の ODA 事業

JICA による雨水排水・下水排水分野の援助内容を表 1-1 に示す。

表 1-1 JICA による雨水排水・下水排水分野の援助・協力量一覧

No.	プロジェクト名	プロジェクト 対象地区	終了年次
1	プノンペン市都市排水・洪水対策計画調査	プノンペン	1999
2	プノンペン市洪水防御・排水改善計画（フェーズ I～フェーズ III）	同上	2015
3	プノンペン都下水・排水改善プロジェクト	同上	2016
4	地方都市における洪水浸水及び雨水・下水排水に関する情報収集・確認調査	バットアンバン、シソボン、ポイペト	2016
5	プノンペン都洪水防御・排水改善計画（フェーズ IV）	プノンペン	2022
6	プノンペン都下水道整備計画	同上	2023

(2) 他ドナーの先行事例

他ドナーによる雨水排水・下水排水分野の援助内容は表 1-2、表 1-3 の通りである。

表 1-2 他ドナーによる雨水排水・下水排水分野の援助・協力量一覧

（カンボジア全体・完了分）

No.	プロジェクト名	機関名	借入額 土木工事分	プロジェクト 対象地区	終了 年次
1	Emergency Rehabilitation Project for Water Supply and Sanitation in Battambang	EU	Grant	バットアンバン 市中心部東地区 200ha	1994
2	Provincial Towns Improvement Project, (Part C: Wastewater Management System, and Part D: Local Governance and Resource Mobilization, in Sihanoukville	ADB	USD 11.19M	シアヌークビルの幹線管きよ整備 221.5ha（個別接続 3344 世帯含む）、下水処理場整備。	2007
3	Mekong Tourism Development Project, Part A1: Siem Reap Wastewater Management System	ADB	USD 14.37M	シェムリアップの幹線管きよ整備 264ha、下水処理場整備。	2009
4	Siem Reap Urban Development Project Drainage & Wastewater Master Plan Study, Priority Works	AFD	Grant	シェムリアップ東部の雨水排水整備。	2009
5	Siem Reap Sewerage System and Improvement of Siem Reap River	Korea EDCF	USD 26M	シェムリアップ市における排水管整備、合計 1,083ha（東部 397ha、西部 686ha）、中継ポンプ場整備。	2014

出典：独立行政法人国際協力機構、「カンボジア国主要地方都市における洪水浸水及び雨水・下水排水に関する情報収集・確認調査 報告書」、平成 28 年 11 月、p.18.

表 1-3 他ドナーによる雨水排水・下水排水分野の援助・協力一覧
(カンボジア全体・継続分)

No.	プロジェクト名	機関名	借入額	プロジェクト対象地区、事業コンポーネント	終了年次
6	Greater Mekong Subregion Southern Economic Corridor Towns Development (GMS)	ADB	USD 42M (Grant USD5.9M)	バタンバン市の下水処理場、洪水防御。 ポイベットの下水処理場、廃棄物処理場。 ネアックルンの洪水防御。 バベットの道路。	2018
7	Integrated Urban Environmental Management in the Tonle Sap Basin	ADB	USD 52M	ブルサットの排水・堤防護岸、廃棄物処理場。 コンボンチュナン市の洪水防御、廃棄物処理場。	2021
8	Second Greater Mekong Subregion Corridor Towns Development (GMS)	ADB	USD 38M	カンポットの下水処理場及び管きよ、廃棄物処分場及び雨水幹線。 シアヌークビルの廃棄物処分場の改良、雨水幹線整備。	2020
9	Provincial Water Supply & Sanitation Project (PWSSP)	ADB	USD 30M	シムリアップ市の下水幹線布設替え。 バタンバン市の下水処理場、上水道給水区域拡張 コンボンチャムの腐敗槽汚泥処理施設、上水道給水区域拡張	2022
10	Water Supply and Sanitation Improvement Project	WB	USD 57.5M	シムリアップ市における既存の主要な下水道送電線への二次・三次下水道の整備・建設。 下水道ポンプ場や糞便汚泥の受入・管理システムの改修・更新を含む、既存の下水道システムの改修・増強。	2024

出典：独立行政法人国際協力機構、「カンボジア国主要地方都市における洪水浸水及び雨水・下水排水に関する情報収集・確認調査 報告書」、平成 28 年 11 月、p.18.

The World Bank HP: <https://projects.worldbank.org/en/projects-operations/projects-home>

(3) (1) (2) に係る分析結果

- ① カンボジアでは下水は雨水排水と同時に処理する合流式が採用されており、援助も雨水排水を含めたものとなっている。
- ② JICA による援助は、プノンペンが主であり、地方への展開はまだこれからである。
- ③ 他ドナーによる援助は、基本的にはシムリアップ市への雨水排水・下水排水/処理の援助が中心であり、2010 年代より経済回廊に位置する地方都市への援助が開始されている。
- ④ いずれの援助も下水処理場を核とする中央処理方式のプロジェクトがほとんどであり、地方部における人工湿地のような小規模分散型の処理方式による下水排水処理はこれからである。
- ⑤ 本件の対象のクローラン地区での雨水排水・下水排水分野への援助はこれまでない。

カンボジアでは上述の如くプノンペンのような大都市における中央集中型の下水排水処理方式による整備が進められているものの、そのインフラ開発予算には限りがあり、また整備には長い時間を要することから、大都市郊外や地方では小規模分散型の処理による下水処理を進めることが求められている。また、JICA「プノンペン都下水・排水改善プロジェクト」(2014～2016年)では、プノンペン都における下水・排水のマスタープランとして、下水処理場を中心とする処理区と合併浄化槽のような小規模分散型による処理区の2つにプノンペン都を区分して処理を進めることが示されている。さらにカンボジアの下水・

排水を管轄する公共事業運輸省 (MPWT) もこの方針で今後の開発に関する検討を進めていくこととなっており、人工湿地のような小規模分散型の下水処理方式へのニーズは高いと言える。

第2章 提案法人、製品・技術

1. 提案法人の概要

(1) 企業情報

代表企業である株式会社リードネットは排水処理、ふん尿処理に人工湿地を提案し、設計から設置後の保守管理までの一貫したサービスを提供している。共同提案企業の有限会社古建工業と共に、北海道の人工湿地の普及をリードする実用的な人工湿地のフロンティア企業である。共同提案企業の有限会社古建工業は、畜産施設の建築に関わる中、農家の悩みの種である排水やふん尿処理に早くから人工湿地を活用している。全国の人工湿地の70%の施工実績を持っている。両社の概要は以下の表 2-1 の通りである。

表 2-1 提案法人の概要

1. 法人名	株式会社リードネット	有限会社古建工業
2. 法人の業種	⑤その他 (環境保全技術コンサルタント)	① その他 (一般土木建築業)
3. 代表者名	代表取締役社長 横田 岳史	代表取締役社長 古舘 信男
4. 本社所在地	北海道札幌市白石区栄通 19 丁目 11-43 栄建材ビル 4 号	北海道川上郡弟子屈町字弟子屈原野 484 番地
5. 設立年月日	2010 年 9 月 29 日	2002 年 3 月 26 日
6. 資本金	400 万円	500 万円
7. 従業員数	1 名	21 名
8. 直近の年商 (売上高)	1,442 万円	33,926 万円

(2) 海外ビジネス展開の位置づけ

① 海外進出の目的

人工湿地が排水処理として普及するヨーロッパでは、生活排水処理への活用が中心であるが、日本の汚水処理人口普及率の全国平均は 90.9%で、日本の生活排水処理市場はすでに閉塞している。そこで低コストで省エネルギーな人工湿地の技術は、新興国の排水処理にこそ需要があると考え、インフラが未整備のカンボジアでの排水処理ビジネスモデルの構築によって、人工湿地による排水処理を持続的なビジネスとすることを目的としている。

② 海外進出の位置づけ

ASEAN 諸国の潜在的な需要に向け、カンボジアでの人工湿地技術の実証は、将来にわたり広がる大きなマーケットの開拓及び獲得につながる。

2. 提案製品・技術の概要

(1) 提案製品・技術の概要

本調査で提案する人工湿地は、排水中の汚濁物質をろ過によって分離するだけでなく、脱水・分解する機能を有し、極めてエネルギー消費の少ない浄化処理を実現する技術である。

人工湿地とは、汚水をろ過やろ材への吸着により浄化し、ろ床の上に溜まった汚泥を微生物等の生物処理に委ねることで、ろ過層が目詰まりすることなく継続的な処理を可能とした排水処理システムで、多段化することで様々な排水を基準値まで浄化し放流することが可能となる。

このシステムでは、汚泥を分解する微生物が繁殖しやすい環境を整えるため、まず、ろ過層の上にヨシ等の植物を植える。そうすると植物の根の活動がろ過層に空気を取り込み、微生物分解を促進する。また、ミミズ等の小動物が汚泥を食べ消化排泄することで、微生物がさらに分解しやすい状態にする（図 2-1 参照）。

これらの人工湿地のスペックを表 2-2 に示す。

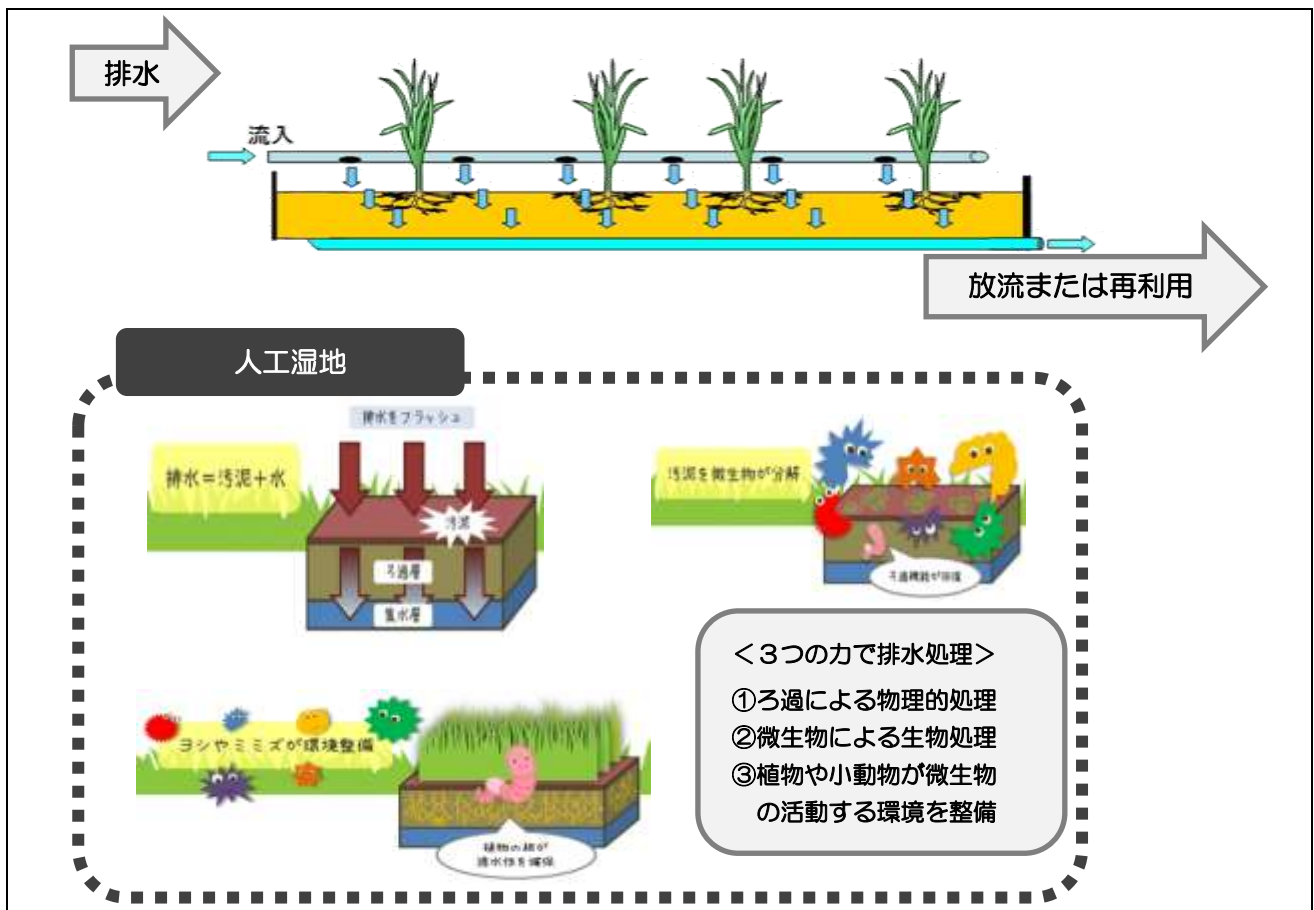


図 2-1 人工湿地の仕組み

表 2-2 人工湿地のスペック

対象物	排水処理（生活排水、畜産排水等）ふん尿処理（畜産ふん尿液等）
処理能力・規模	排水処理 日量 10m ³ ～100m ³ ふん尿処理 日量 10m ³ ～50m ³
処理物（原水性状）	排水処理 BOD<1,000mg/L、SS<2,000mg/L、TN<100mg/L 等 ふん尿処理 BOD<20,000mg/L、SS<20,000mg/L、TN<5,000mg/L 等
所要処理面積	排水処理 500m ² ～5,000m ² ふん尿処理 6,000m ² ～10,000m ²
施工	土木工事 ろ材（砂利、火山礫、木炭、ゼオライト、活性炭） その他資材（コンクリート柵、マンホール、水中ポンプ、遮水シート、散水用塩ビ管、送水用ポリエチレン管）
放流水性状（保証値）	現地排水基準を順守 ※人工湿地は好気と嫌気の組み合わせで TN（窒素）の除去をコントロールするため、農業利用する場合に窒素をあえて残すことが可能。
価格	排水処理 10,000 千円～20,000 千円 ふん尿処理 40,000 千円～80,000 千円
実績	畜産排水処理 6 件、畜産ふん尿処理 3 件、食品工房排水処理 1 件、ペットボトル洗浄排水処理 1 件、合併浄化槽二次処理 1 件

（２）ターゲット市場

カンボジアにおけるターゲット市場は、ホテル、ゲストハウス、レストラン、公共施設などの事業排水処理や、集合住宅、民間上水道事業者がサービスを展開している地域の集落排水などの生活排水処理である。

特にカンボジア政府が懸念している離島のホテルやゲストハウスの事業排水処理や、採水場所の汚染により、生活排水処理の重要性を認識している民間上水道事業者がサービスを展開している地域の集落排水処理がメインターゲットとなる。

3. 提案製品・技術の現地適合性

企業機密情報につき非公表

4. 開発課題解決貢献可能性

現地における排水問題と水質環境ならびに現地状況から、提案法人である株式会社リードネットと有限会社古建工業は、カンボジアが抱える排水処理の問題解決に対して、人工湿地技術が以下の点で貢献できると考えた。

① 水質汚染の改善

低コスト、低エネルギーな人工湿地技術の普及により、集落排水等を適切に処理することで、カンボジアの水環境を保全することが可能である。

② 生活環境の改善、感染症防止、健康被害予防

ASEAN 諸国で乳児死亡率が 2 番目に高いカンボジアにおいて、人工湿地技術の集落排水への活用が、地域住民の生活環境、特に衛生面を改善し、伝染病、感染症を防止、健康被害を予防することが可能である。

③ 排水処理技術者の人材育成と雇用の創出

カンボジアでは人々は環境汚染が深刻化しつつあることに漠然と気付きながらも、環境保全に関わる人材が少なく、特に水質検査を行う技師が不足しており、水質汚染の実態を把握できていない。本技術の普及に伴い、技術者の日本への招聘等を含め、排水処理技術者としての技術移転・人材育成を行うことが可能である。同時に調査、設計、施工、運用、保守管理をパッケージ化したビジネスモデルを確立し、カンボジアに雇用を創出することが可能である。

第3章 ODA 事業計画/連携可能性

1. ODA 事業の内容/連携可能性

(1) ODA 事業内容

<普及・実証・ビジネス化事業>

毎年の如く浸水が頻発しているシェムリアップ州クローラン地区を対象に、集落排水処理用人工湿地を整備し、この地区の排水の課題解決を通して、技術の現地適用化を図り、人工湿地をカンボジア全域に広く普及するに値する技術にブラッシュアップし、現地での収益化を促進するビジネスモデルの構築を行う。想定する普及・実証・ビジネス化事業（案）の内容を表 3-1 に示す。

表 3-1 普及・実証・ビジネス化事業（案）

目的	シェムリアップ州クローラン地区を対象に、集落排水処理を行い、同地区での環境保全及び衛生面の改善、伝染病や感染症の拡大防止に資するため、人工湿地の有用性、優位性、現地適合性を実証し、カンボジアにおけるビジネスモデルの構築及びビジネス展開計画を整理・検討する。
成果	<p>成果 1：対象地域における人工湿地の現地適合性が確認されると共にその有用性、優位性が実証される</p> <p>成果 2：所管機関である MPWT (DPWT) や民間企業が人工湿地の運営維持管理に関する知識・技術を習得するためのマニュアルが整備され、人工湿地に関する理解ならびに普及への必要性が醸成される</p> <p>成果 3：カンボジアにおける人工湿地の普及促進するためのビジネスモデルが構築され、その事業展開計画が策定される</p>
活動計画	
成果 1	活動 1-1 人工湿地の導入
	1-1-1 パイロットスケールの人工湿地造成工事に必要な資機材を調達し、納入する。
	1-1-2 人工湿地を建設する。
	活動 1-2 認識された課題の抽出及び対策の検討
	1-2-1 人工湿地を運用し、少なくとも 1 年間水質を検査し、認識された問題点を抽出する。
1-2-2 認識した課題に対して、改善策を検討する。	
1-2-3 カンボジアにおける人工湿地の導入可能性を評価する。	
成果 2	活動 2-1 人工湿地の普及のためのマニュアル作成
	2-1-1 施工マニュアルを作成する。
	2-1-2 運用及びメンテナンスマニュアルを作成する。
	2-1-3 上記マニュアルに関するトレーニングを実施する。
	2-1-4 人工湿地技術理解のための JICA 知識共創プログラム (PRIVATE PARTNERSHIP) の日本での実施。
活動 2-2 普及セミナー開催	
2-2-1 普及セミナーを企画し、開催する準備をする。	
2-2-2 セミナーを開催し、その効果を分析する。	
成果 3	活動 3-1 業務提携とコストダウンの検討
	3-1-1 地域資源を活用したビジネスバリューチェーンの最適化
	3-1-2 コストダウンの方法を検討する。
	活動 3-2 ビジネスプランの検討とまとめ
	3-2-1 得られた情報・結果を踏まえて、事業計画を策定する。
3-2-2 人工湿地の事業展開による開発効果を評価する。	

① 投入

日本側：人工湿地の建設、排水路整備（必要な場合）、提案法人専門家（業務主任、人工湿地技術/排水計画、設置工事/施設運営維持管理等、ガイドライン策定支援）、外部人材（チーフアドバイザー、排水計画策定支援、市場調査、普及計画策定支援、事業計画策定支援、現地セミナー実施支援、水量・水質・環境調査、業務調整）

カンボジア側：人工湿地の運営維持管理、モニタリング要員及びトレーナー（工事作業員・施設運営維持管理職員等）、人工湿地建設用地、必要に応じパイロットプロジェクトに必要な光熱水費の負担

② 実施体制

普及・実証・ビジネス化事業の実施体制（案）を図 3-1 に示す。

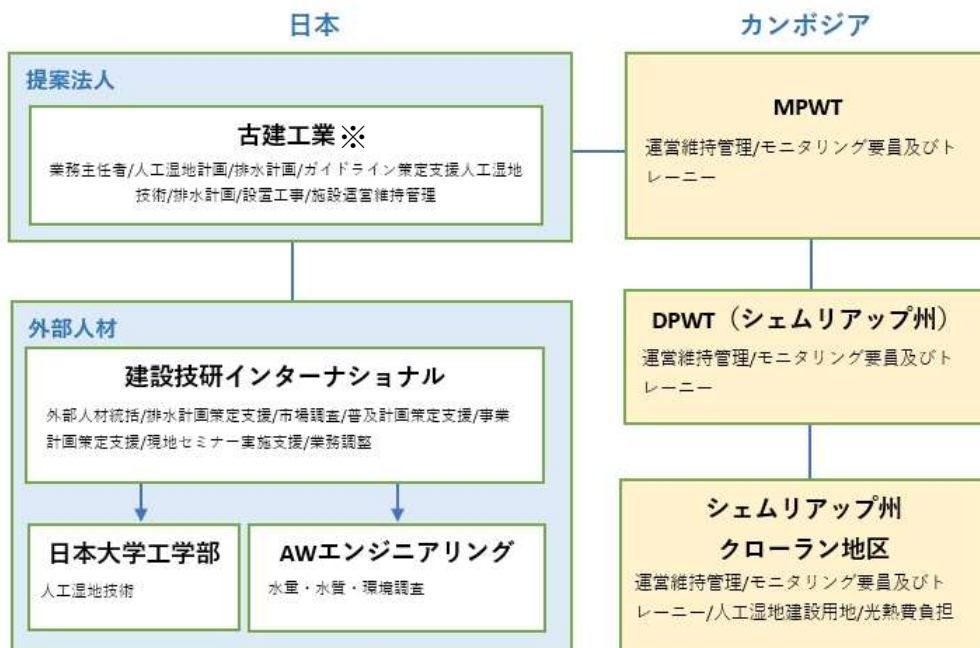


図 3-1 普及・実証・ビジネス化事業 実施体制（案）

注：※株式会社リードネットの横田岳史が有限会社古建工業の取締役として、引き続きこの事業に参加する。

③ 活動計画・作業工程

普及・実証・ビジネス化事業の実施工程（案）は表 3-2 の通りであり、34 ヶ月を予定する。

表 3-2 普及・実証・ビジネス化事業工程表（案）

工程表		物件名： ODA普及・実証・ビジネス化事業												作成日令和4年9月15日														
		23年度			24年度						25年度						26年度											
項目	年	月																										
		10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1-1-1	資機材の調達・納入																											
1-1-2	人工湿地の導入																											
1-2-1	水質検査及び問題点の抽出																											
1-2-2	改善策の検討																											
1-2-3	導入可能性の評価																											
2-1-1	施エマニュアルの作成																											
2-1-2	運用及びメンテナンスマニュアルの作成																											
2-1-3	トレーニングの実施																											
2-1-4	カンボジア人技術者の日本招聘																											
2-2-1	セミナーの企画・準備																											
2-2-2	セミナーの開催																											
3-1-1	バリエーションの最適化																											
3-1-2	コストダウン検討																											
3-2-1	事業計画の策定																											
3-2-2	開発効果の評価																											

※状況によって各項目の要否があります。

④ 事業額概算

普及・実証・ビジネス化事業の概算（案）は表 3-3 の通りであり、総事業費は 99,910,378 円である。

表 3-3 普及・実証・ビジネス化事業概算見積（案）

総金額 ¥99,910,378-

	品名	数量	単位	金額	備考
I	人件費				
	1. 直接人件費	-	式	6,360,000	
	2. その他原価	-	式	6,521,000	
	3. 一般管理費等	-	式	4,495,000	
II	直接経費				
	1. 人工湿地導入費	-	式	45,277,800	
	2. 旅費	-	式	13,228,760	
	3. 現地活動費	-	式	5,782,000	
	4. 本邦受入活動費	-	式	906,000	
III	管理費	-	式	8,257,056	
	□□ 小計 □□			90,827,616	
	□□ 消費税 □□			9,082,762	
	■ ■ 総合計 ■ ■			99,910,378	

(2) 対象地域

① 対象地域とその選定理由

対象地域は、シェムリアップ州クローランであり、その選定理由は以下の通り。

- 第1章に記載の如く、同地区住民から下水排水処理に対する強い要請があった。
- 同様に、カンボジア国における下水分野における課題である、地方都市における下水道の未整備とそれに伴う街の衛生環境悪化が顕在化している地区である。

② 対象地域の概況

クローランのメイン道路から市場の東側には開けた土地があり、以前は水田として利用されていた。この市場周辺とメイン道路の市場反対側は道路沿いに設置されている排水溝によって雨水排水が集まり、ため池になっている。市場周辺の地図を図 3-2 に示す。

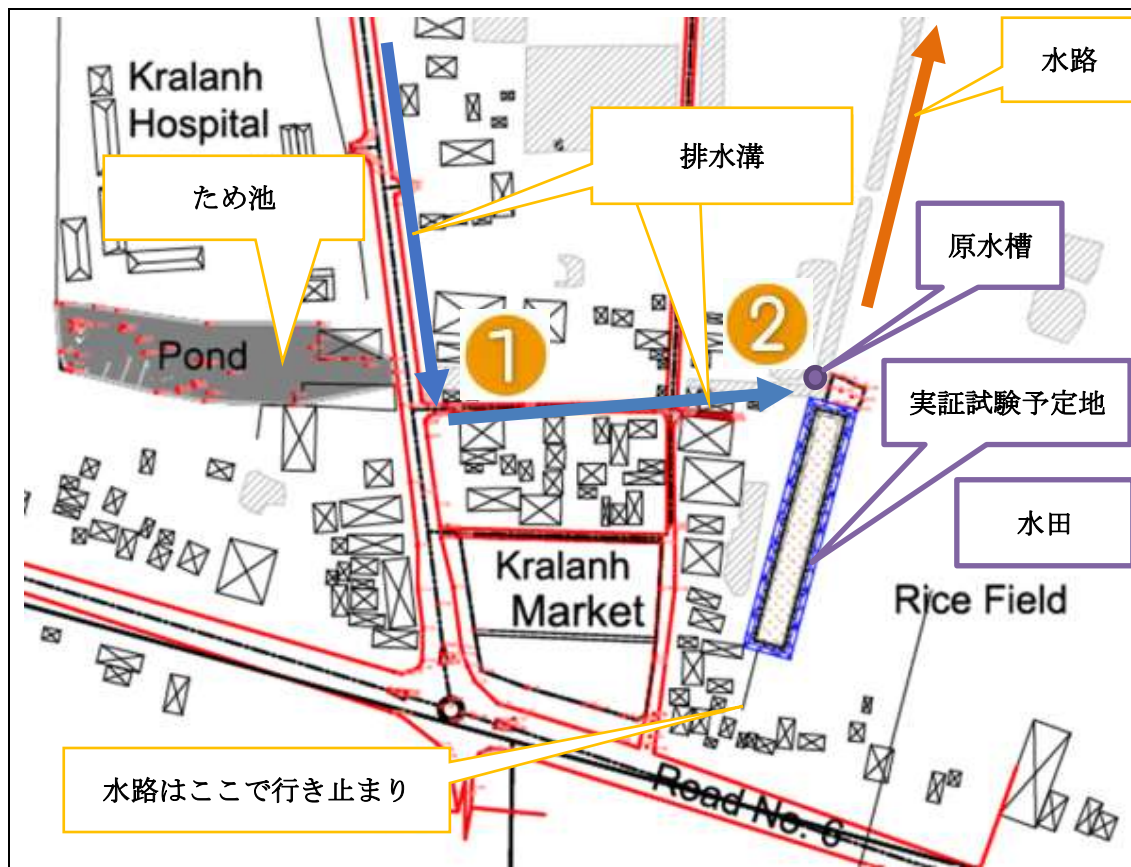


図 3-2 クローラン市場周辺の排水状況

上図の①、②の地点の写真を写真 3-1 に示す。道路沿いの排水はこのため池に一旦集まり、市場東側の水田方向に流れているものと思われるが、写真の通りごみが廃棄されており、水の流れを直接確認することはできなかった。



写真 3-1 クローラン市場周辺の排水状況

③ 対象地域の排水水質

簡易キットを用いて、上記①の場所の水質を検査した（検査日：2022年2月8日）。結果は、TDSが468ppmでpHが5.91であった。日本各地にある人工湿地における処理後の水質は表3-4に示す通りである。

表 3-4 日本各地の人工湿地における処理水の水質

導入年	処理対象	ろ材	TDS ppm	pH	SS mg/L	BOD mg/L	TN mg/L	TP mg/L	E. coli 個/cm ³
2013	パーラー排水	火山礫	634	7.6	41	350	70	19	810
2013	パーラー排水	火山礫	225	6.7	3	8.7	25	4.4	280
2017	パーラー排水	火山礫	474	7.5	30	92	46	11	2800
2018	パーラー排水	砂利	632	7.1	7	41	120	23	27
2021	パーラー排水	砂利	351	7.3	37	130	27	6.4	210

（※パーラー排水の原水水質は BOD1,000～1,500mg/L）

原水の性状が大きく異なるため TDS で単純に比較できないが、上記よりクローランの排水原水の水質を推測すると以下の通りである。

クローランの原水の想定 BOD 130mg/L
TN 50mg/L

上記に加え、排水の水質試験をローカルコンサルタントに現地再委託して実施した。サンプリングは雨期（2022年8月28日）と乾期（2022年4月26日）の2回行った。乾期、雨期のサンプリングの結果、試験ヶ所は巻末添付資料に示した。この結果から以下が言える。

1. 雨水流入による影響が小さい地点よりも大きな地点の方が、人工湿地システムによる水質浄化が、洪水時の水系感染症の抑制に寄与する効果が高くなると考えられることから、人工湿地システムの設置候補としては、候補3地点のうち、雨水流入による影響が最も大きいことが示された#W3（最下流部：図3-1に示す「実証試験予定地」）が最適と考えられる。
2. サンプリング地点では、不衛生な状態が年間を通じて恒常化していることが示唆され、このような衛生状況を改善する上では、大腸菌を除去することが最優先となる。大腸菌除去はBOD₅のような有機物指標を低減することと相関していることが知られているが、現地の状況からは、有機物が高濃度に残留していることから有機物分解に必要な酸素が不足していることが示唆されており、処理施設を設置する上では有機物酸化能力が高い施設が必要である。
3. 有機物酸化能力が高い人工湿地として鉛直流式やタイダルフロー式の人工湿地が挙げられる。しかし、最適候補地は水路のような狭小な土地であり、徹底した省面積化を図る必要があることから、鉛直流式よりもさらに有機物酸化能力が高く大きな省面積化が検討できるタイダルフロー式の人工湿地が適していると考えられる。

④ 対象地域の地形測量

対象地域の地形測量をローカルコンサルタントに現地再委託して実施した。平面図及び横断図は巻末添付資料に示した。この結果から以下が言える。

人工湿地は水路の中心から左右 10m 以内で作る必要がある（※水路の中心より左右 10m が公共用地）。そして人工湿地が洪水時にも冠水しないようにするためには、町側の道路よりも高い位置に人工湿地を設置する必要もあり（図 3-3）、その場合 CR-2 の横断面図（図 3-4）では、人工湿地が水田側で 10m を越えてしまうため、土盛りによる人工湿地の設置は難しいことが分かった。そこでコンクリート擁壁を使った人工湿地を設置することを検討した。コンクリート擁壁で作る場合には、タイダルフロー式人工湿地（図 3-5）を導入することが可能になるため、省面積化することでコストダウンを図ることにした。

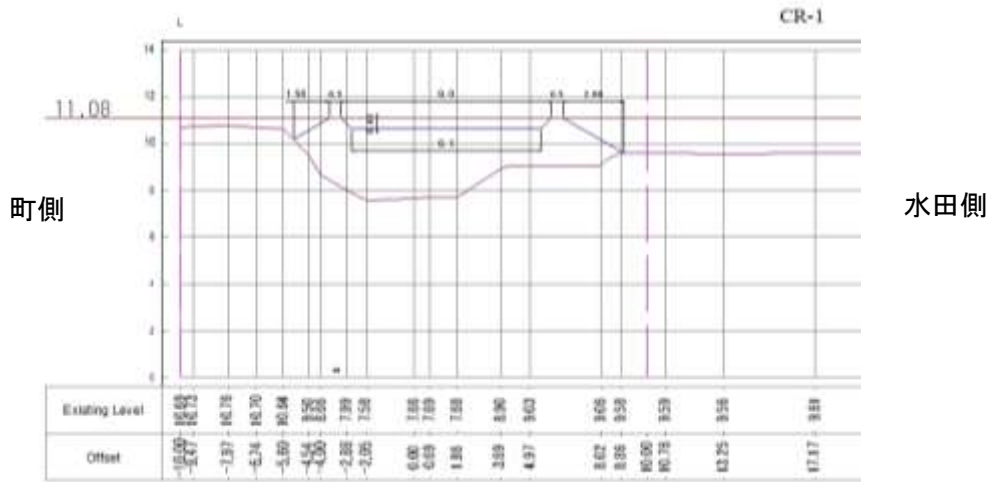


図 3-3 CR-1 横断面図（鉛直流式人工湿地）

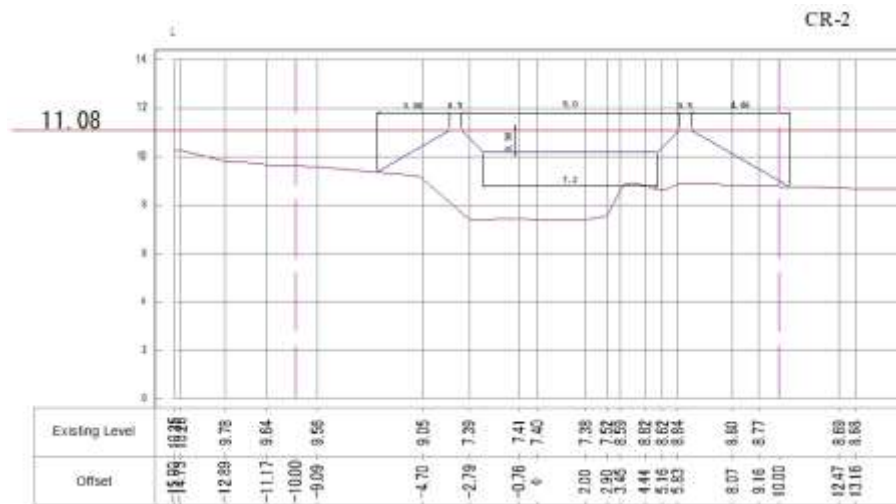


図 3-4 CR-2 横断面図（鉛直流式人工湿地）

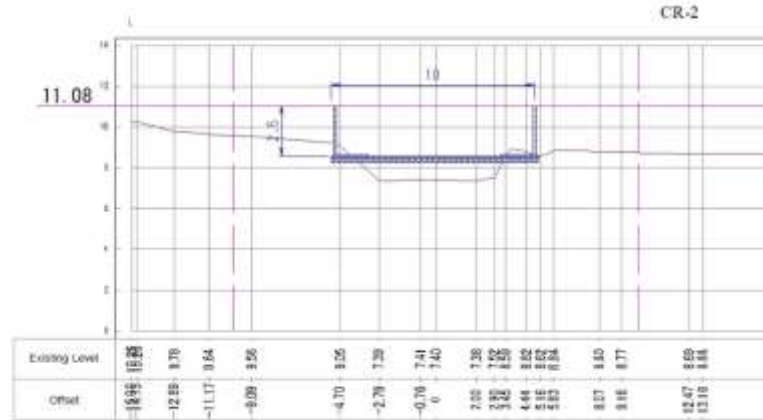


図 3-5 CR-2 横断図(タイダルフロー式人工湿地)

⑤ タイダルフロー式人工湿地

ろ床内の水位を潮の干満のように上下にコントロールすることで好気処理性能を強化した人工湿地（タイダルフロー式人工湿地、図 3-6 参照）が近年開発されており、本事業のメンバーである中野教授が特許を取得している。

水位が高い満潮状態から水位が低い干潮状態に移行する際、水位の低下に伴ってろ床内は陰圧となり、大気が強制的にろ床に吸引される。このような現象により、機械的なばっ気を使わずにろ床に酸素を取り込むことができるため、タイダルフロー式人工湿地の OTR は従来の人工湿地の数倍となり、好気処理に必要な人工湿地の面積をコンパクト化することが可能となる。中野教授の最新の研究により、タイダルフロー式人工湿地の OTR の値として 70～100 程度を設定することが可能であることが明らかになっている。

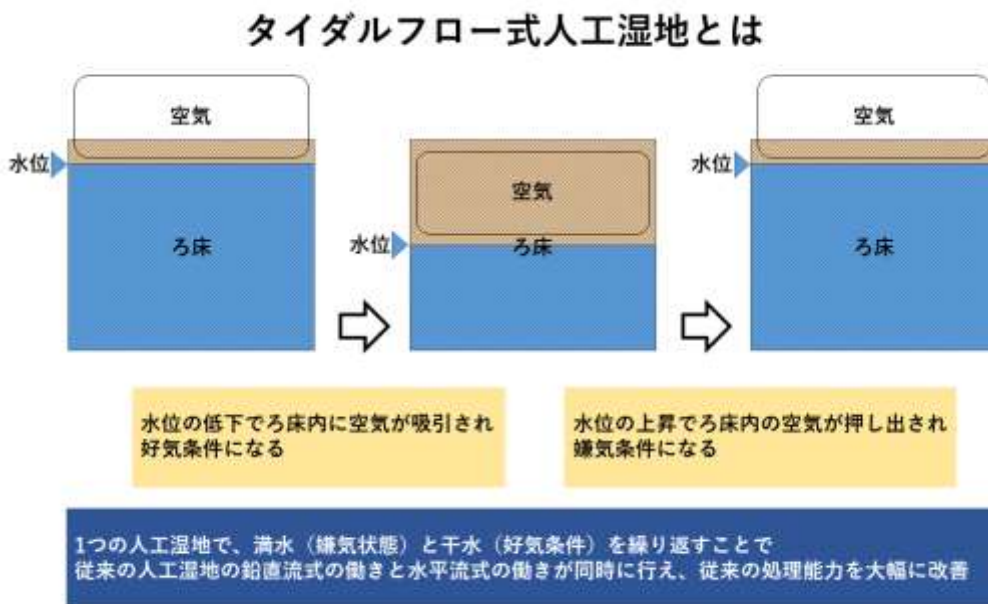


図 3-6 タイダルフロー式人工湿地の仕組み

⑥ タイダルフロー式人工湿地と鉛直流式人工湿地の関係

中野教授の研究成果を元として安全性を考慮した OTR の値として 68 を採用した場合、タイダルフロー式的人工湿地では、水量（一人当たり 80L/DAY）に対して必要な面積は 0.3 m²であることから、クロロランの場合における人工湿地の必要面積を表 3-5 に示す。ここでは、1,000 人分を対象とした人工湿地を提案する。

表 3-5 各方式の人工湿地における処理量、必要ろ床面積及びそのろ床体積の関係

処理性能		500 人分	750 人分	1,000 人分
日量		40 m ³	60 m ³	80 m ³
鉛直流式	必要ろ床面積	300 m ²	450 m ²	600 m ²
タイダルフロー式	必要ろ床面積	150 m ²	225 m ²	300 m ²

⑦ タイダルフロー式人工湿地の基本計画図

上記から人工湿地の設置のイメージ図を図 3-7 に示す。

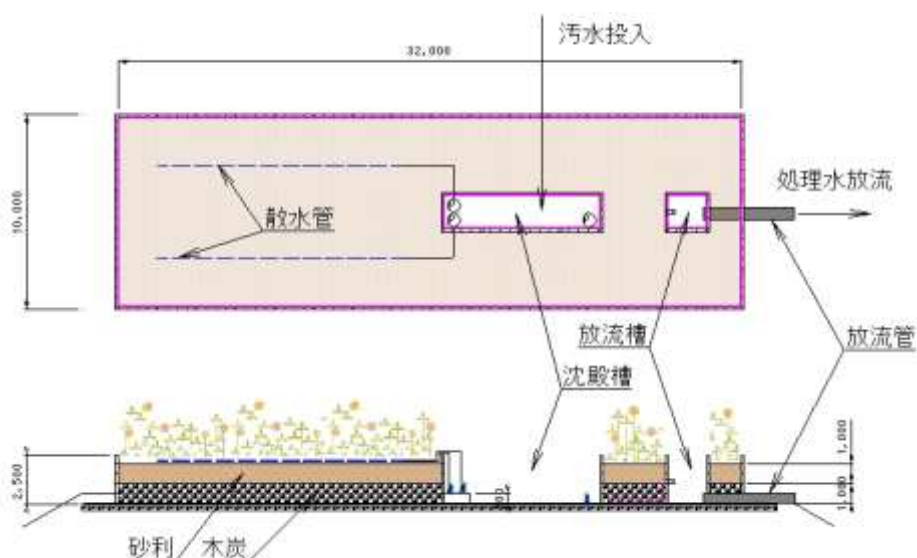


図 3-7 人工湿地のイメージ図

上記基本計画策定における設計条件は以下の通りである。

- ・ 事業候補地の排水を目標水質まで処理低減するために、好気処理を強化したタイダルフロー式ろ床と、処理水質の安定化と嫌気処理を行う水平流ろ床をひとつのろ床中に組み合わせた最新技術を採用することとした。処理水量を考慮して設計したろ床体積は表 3-5 に示す通りである。ろ床の上半分がタイダルフロー式ろ床となり、下半分が水平流ろ床となる。
- ・ 事業候補地そばの道路が嵩上げされることに伴い、人工湿地の土手のさらなる嵩上げが求められたため、当初計画していた土盛りによる人工湿地では公共用地内に設置することができないことが判明した。よって、土盛りによる土手ではなくコンクリート擁壁でろ床を作ること、設置面積を削減することを検討した。しかし、コンクリート擁壁でろ床を作った場合、大幅な価格の増加が懸念された。そこで鉛直流式人工湿地からタイダルフロー式人工湿地に

変更することで、設置面積を半分以下にし、価格を抑えることができると考えた。

- ・ タイダルフロー方式の人工湿地は SS 濃度が極端に高い排水の流入に弱いため、ろ床への散水の前に沈殿槽を設置することにした。またシステムの形状をシンプルにするため、沈殿槽及び最終放流柵を人工湿地のろ床内に設置することとした。これにより原水槽以外のすべてが長さ 32m、幅 10m、高さ 2.5m の構造物の中に納まり、スッキリとした見た目にする事が可能となった。

⑧ タイダルフロー式人工湿地の処理フロー

計画しているタイダルフロー式人工湿地の処理フローは以下の通りである（図 3-8 参照）。

1. 排水溝から原水を原水槽に取り込む
2. 原水槽からポンプで汚水を沈殿槽に移送
3. 沈殿槽で原水を沈殿処理
4. 沈殿槽の上濁水を人工湿地に散水
5. 人工湿地を汚水で満水にする
6. 電磁弁で汚水を最終放流柵に投入
7. 最終放流柵から処理水を水路に放流
8. 4～7 を 1 日 4 回繰り返す

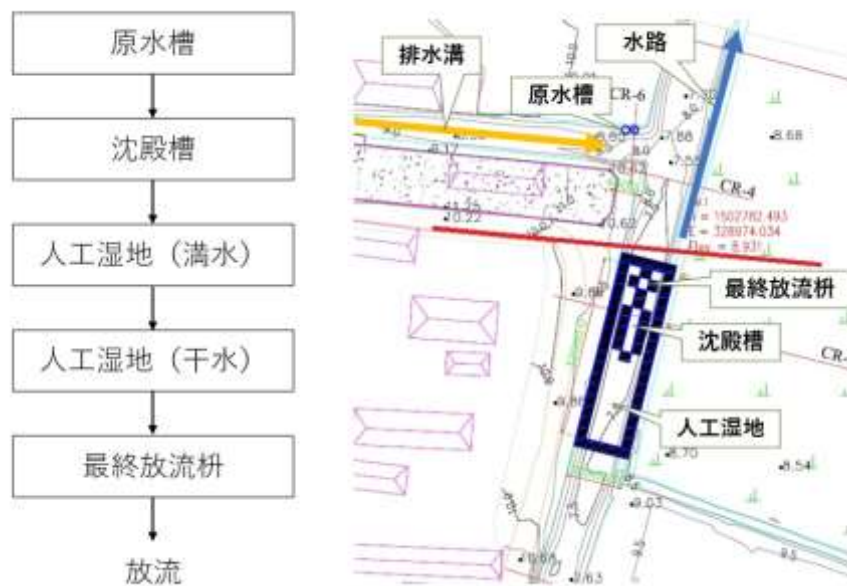


図 3-8 人工湿地の処理フロー

⑨ 人工湿地の基本仕様

現時点における人工湿地の基本諸元は以下の通りである。

- ・ 排水溝にごみ除去用スクリーンを設置
- ・ ろ材には砂利と木炭を使用
- ・ スクリーン後に原水槽を設置

- ・ 高さ 2.5m のコンクリート擁壁を利用してタイダルフロー式人工湿地を作成
- ・ 沈殿槽及び最終放流柵は人工湿地内に設置
- ・ 移送ポンプは原水槽、沈殿槽、最終放流柵に各 2 台ずつ設置
- ・ 原水槽、沈殿槽のポンプはタイマー運転とし、日処理量を調整
- ・ 沈殿槽に引き抜き用のポンプを 1 台設置
- ・ ポンプはソーラー発電及び蓄電システムで稼働

⑩ 人工湿地の運営・維持管理費

ランニングコストはポンプを動かす電気代及び保守管理に係る費用であり、処理量により変動する。年間の電気代を表 3-6 に示す。これより、クローランに設置を計画する人工湿地の年間の運営・維持管理費は、約 26 万円と想定される。

表 3-6 年間の電気量及び電気代

処理量	年間の電気量	年間の電気代	保守管理費
5	11kWh	275 円	30,000 円
10	26kWh	650 円	50,000 円
20	48kWh	1,200 円	60,000 円
30	73kWh	1,825 円	70,000 円
50	121kWh	3,025 円	90,000 円
100	245kWh	6,125 円	120,000 円
1,000	2,450Wh	61,250 円	200,000 円

保守点検は以下の表 3-7 に示す内容を行う。

表 3-7 人工湿地の保守管理内容

人工湿地保守管理	
年1回	・ ろ床の状態確認、点検、調整
	・ ヨシ等のろ床内の植生の確認、点検
	・ 給水ポンプの点検・作動方法の調整、不具合の修正
	・ 機器類の音・振動・発熱・電流・電圧・絶縁確認
通年対応	・ 電話サポート ・ 障害発生時の出張現場検証 ※出張現場検証は有料

「投入される汚水の有機物量 = 微生物が処理する汚水量」で設計するため、基本的には目詰まりなく長年使用することが可能であるが、投入汚水の量や質が設計時より大幅に変更されたり、洪水によりろ床上に土砂が溜まったりした際には、ろ床表面 20 cm 程度のろ材（5mm-13mm）をかき取り入れ替えることで、復旧が可能である。

また、ポンプは経年劣化するため通常 5 年～7 年程度での交換を推奨している。

⑪ ろ材

人工湿地に用いるろ材は、以下の理由から現地で調達可能な砂利や木炭を利用する（写真 3-2 参照）。

- ・ 砂利はどの地域でも容易に調達可能かつ径を指定することができるため、人工湿地のろ材として適しており、現地で安価に大量に調達が可能である。
- ・ 木炭は吸着効果が高く、ろ過では除去できないものを吸着で除去することができるため、人工湿地のろ材として適しており、現地では比較的安価に調達することが可能なため採用する。課題としては木炭の表面積を増やすために細かくする必要があるが、どのように裁断するかを現地の施工会社と検討していく。



写真 3-2 シェムリアップの石材店の砂利・木炭

(3) C/P 候補機関

カンターパート (C/P) 機関は、シェムリアップ公共事業運輸局 (DPWT) である。

(4) C/P との協議状況

上述表 3-1 に述べた事業案について、説明を行い、事業実施についての協力を全面的に得られることになっており、DPWT シェムリアップ及びクローラン地区と MOU (※巻末資料として添付) を締結した。

(5) 他 ODA 事業との連携可能性

既存事業との連携は今のところない。

2. 新規提案 ODA 事業の実施/既存 ODA 事業との連携における課題・リスクと対応策

(1) 制度面にかかる課題/リスクと対応策

カンボジアでは排水処理に関する制度、及びその運用が貧弱である。しかし環境基準が見直されると共に 2030 年を目標に下水道整備を推進する動きがでてきている。この動きは早く、2021 年には MEF

(経済財務省)が汚水のコストリカバリー案を作成し、続いて下水道法案が2022年5月に策定され、MPWTに提出されている。これらの運用を引き続き確認していく。

(2) インフラ面にかかる課題/リスクと対応策

排水の終末での人工湿地による処理を考えたとしても終末までの排水路・排水管が整備されていなければ排水は集まらず、処理の効果は薄い。現状における排水路・排水管の整備状況を確認して、事業を推進していく。

また、村落からの排水量(乾季・雨季)を考慮して適切な規模の施設を設置する必要があるが、雨季は降雨も汚水と一緒に排水しなければならないので、その設計排水量を十分検討して設置する必要があるため、雨量のデータ等や現地の写真を検証して、設計に反映させていく。

さらに、停電(計画停電も含む)などの不安定なインフラにより発生する運用上の問題点に関しては、ソーラー発電の利用など技術面でカバーしていく。

(3) C/P体制面にかかる課題/リスクと対応策

人工湿地が、その所要の機能を十全に発揮するためには、設置後の運営維持管理が極めて重要であるが、DPWTもしくは設置地区においては維持管理費の捻出が難しく、MPWTとしては維持管理費については受益者負担とするとのことである。従い、上水道事業者と連携して、下水処理費用の徴収を検討する。

(4) その他課題/リスクと対応策

現在、カンボジアでは需要面からのインフレ圧力は相対的に強くないものの、供給面からのインフレ圧力の高まりに伴う二次的影響(期待インフレや賃金上昇圧力の高まり等)が懸念され、人件費、資材費などが上昇する可能性があるため、それらを見越して事業計画を立案する。

3. 環境社会配慮等

本事業は村落の空き地にある池などに垂れ流しの汚水(排水)を集め、処理するというものである。現況の環境条件を改善するものである。よって、環境への負の影響は無視できる程度であり、環境社会配慮の категорияはCランクである。

4. ODA 事業実施/連携を通じて期待される開発効果

前述の通り、現在のカンボジアにおける下水道普及率は11%程度であるが、クローラン地区での実証により、集落排水処理に人工湿地が普及すれば、下水処理を補完し、排水量全体の処理率を上げること

で地域の環境を改善することができる。また、このパイロット事業での現地適合性の検証により、カンボジアのその他の地域で人工湿地技術を導入・普及させることにより、地域住民の衛生面の改善、伝染病、感染症の予防、健康被害の縮小、そして自然環境及び水産資源の保護を実現する。さらに将来的には副次的要素として、処理水の再利用を検討することにより、農業の活性化等、地域産業の成長を促す効果が期待できる。

第4章 ビジネス展開計画

1. ビジネス展開計画概要

想定するビジネスモデルは **B to B** で、普及・実証・ビジネス化事業を通じて、シェムリアップ州において実績を作り、模倣品などのリスクを低減するため、カンボジア政府の技術認証を得て、まずは排水処理の課題を認識している上水道事業者などへの導入や、離島のホテルなど、公共事業運輸省 (MPWT) 及び各公共事業運輸局 (DPWT) が排水に懸念を示している個所を重点に営業を展開しつつ、都市化が急速に進展している地方都市におけるホテルや住宅の新規開発に伴う排水処理として小規模なユニットを売り込んでいく。また、**B to G** として本調査でニーズが明らかとなった各地方の公共事業運輸局 (DPWT) と連携して、集落排水処理としての人工湿地の導入を模索していく。

カンボジア全域への普及に際しては、株式会社リードネットと有限会社古建工業が共同で現地法人を設立し、公共事業運輸省 (MPWT) と密に連携し、事業を推進する。

2. 市場分析

企業機密情報につき非公表

3. バリューチェーン

企業機密情報につき非公表

4. 進出形態とパートナー候補

企業機密情報につき非公表

5. 収支計画

企業機密情報につき非公表

6. 想定される課題・リスクと対応策

企業機密情報につき非公表

7. ビジネス展開を通じて期待される開発効果

この人工湿地がカンボジアの地方部に導入されることにより、これまで垂れ流されていた生活排水や事業排水が浄化され、衛生環境が向上し、水系伝染病等の発生が抑制されることが期待され、これらは地方部の人口およそ 1,458 万人に直接的に裨益する。またこれによりカンボジア社会経済の発展に間接的に裨益し、それはカンボジア全国の人口 1,671 万人に相当する。

8. 日本国内地元経済・地域活性化への貢献

(1) 関連企業・産業への貢献

① 東南アジアでさらに磨かれた人工湿地技術の逆輸入

現在、日本は世界一と称賛されるほど排水処理をしっかり行っている国の一つであるが、インフラは経年劣化するため、いずれは再構築する必要がある。

その時に、人工湿地がグリーンインフラとして日本に求められるよう、東南アジアでの取り組みを重ね、実績を上げていく。

カンボジアでの実証で軽量ろ材の木炭を使うことより、システムの軽量化が求められる屋上緑化（図 4-1 参照）で、建物を冷やししながら、その建物の排水を処理する「屋上緑化型人工湿地」の開発にも着手する。

これまでの排水処理に付加価値を高める取り組みをして、日本の未来に貢献する。

② 雇用の創出

北海道は人口減少・少子高齢化が国内他地域より進行しているため、道内の事業者は、道外はもちろん海外への市場を求める必要があり、それが今後の経済活性化に不可欠である。本提案事業のような新事業展開による雇用創出、人材育成を通じて、さらなる事業展開につながる好循環が生まれると考える。また、人材育成による国際交流の機会の増加や、それに付随するビジネスチャンスの拡大の可能性も期待できる。

提案企業のリードネットと古建工業も、カンボジアでのビジネスモデルの構築により、事業拡大を計画しており、人工湿地技術を専門とする新たな人材育成を視野に入れ、日本大学工学部環境生態工学研究室や AW Engineering との連携を強めている。

(2) その他関連機関への貢献

人工湿地をカンボジアで実証することにより、熱帯地方でも活用できる技術にブラッシュアップすることが可能となる。これらの評価及び検証は本事業メンバーの日本大学工学部環境生態工学研究室中野和典教授及び AW エンジニアリング(株)の谷口崇至博士とともに行う

人工湿地技術では汚泥（有機物）の処理を微生物の働きに委ねるため、図 4-2 に示す通り、気温の高い熱帯地方が有利と考えられる。特に気温の高いカンボジアでは、日本の夏のように、1年を通して微生物の働きが活発と思われ、人工湿地の省面積化が実現するのではないかと推測している。

これらが実証されれば、日本の人工湿地研究に大きく貢献するばかりか、省面積化が可能になるとわかれば、大幅なコストダウンにもつながり、熱帯の地域においては他の技術と比べて、よりアドバンテージを持つこととなり、東南アジア地域のマーケット獲得に貢献する。



図 4-1 屋上緑化と人工湿地

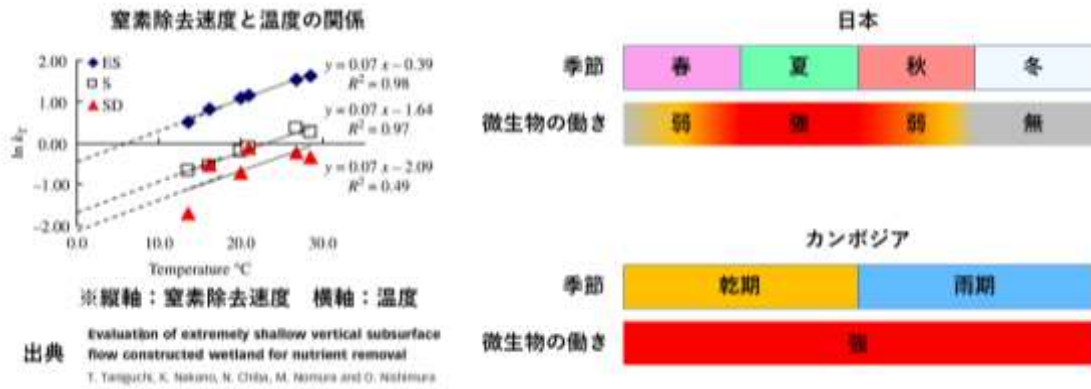


図 4-2 窒素除去速度と温度の関係（左）及び季節による微生物の働き（右）

参考文献

Evaluation of extremely shallow vertical subsurface flow constructed wetland for nutrient removal
T. Taniguchi, K. Nakano, N. Chiba, M. Nomura and O. Nishimura (2009年 IWA Publishing)

英文案件概要



SDGs Business Model Formulation Survey with the Private Sector
for Environmental Improvement Project by Utilizing Artificial
Wetland Technology for Village Drainage Treatment in Cambodia)
Reed NET Co.,Ltd. (Sapporo, (Hokkaido Pref.))



Development Issues Concerned in Water Treatment Sector

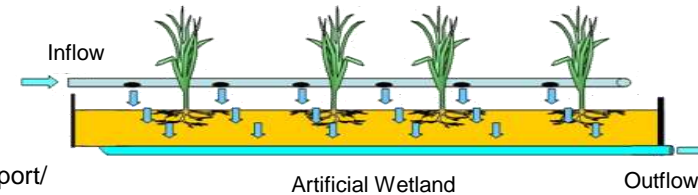
- In Cambodia, infrastructure development is far behind the rapid economic growth, which degrades living environment, especially in terms of sanitation.
- Treatment of wastewater including sewage is one of the urgent issues.

Products/Technologies of the Company

- “Artificial wetlands” are low-cost, easy, and sustainable wastewater treatment system which combines filtration and artificial biological treatment .
- It can process large amounts of organic wastewater discharged from domestic, livestock or food processing industries.

Survey Outline

- Survey Duration : Feb. 2020~December 2022
- Country/Area : Cambodia/Siem Reap Province
- Name of Counterpart : Ministry of Public Works and Transport/ Department of Public Works and Transport of Siem Reap
- Survey Overview : The purpose of this survey is to study on the feasibility for the introduction of artificial wetlands. This survey includes (1) the investigation of actual situation of wastewater treatment in the Kralanh district in Siem Reap Province, (2) the consideration to formulate a JICA verification survey and (3) the development of the business plan using artificial wetland technologies in Cambodia.



How to Approach to the Development Issues

- As a small-scale pilot project, apply and operate an artificial wetland treatment system to the wastewater discharged from the village in Kralanh. By showing the superiorities through the dissemination activities of artificial wetlands, expand the business to the other regions.
- Potential clients are hotels, restaurants, condos, etc.
- The supposed incomes are from the construction and O&M fees of artificial wetlands.

Expected Impact in the Country

- With the introduction of artificial wetlands, wastewater from the village can be properly treated.
- Appropriate wastewater treatment contributes to protection for the environment and improvement of the sanitation which prevents the spread of infectious diseases.
- By developing the business model providing the whole services including investigation, design, construction, and O&M, contributes to creating the job opportunities.

As of October, 2022

英文要約 (Summary Report)

Summary Report

Cambodia

SDGs Business Model Formulation Survey with the Private Sector for Environmental Improvement Project by Utilizing Artificial Wetland Technology for Village Drainage Treatment in Cambodia

November 2022

Japan International Cooperation Agency

Reed NET Co., Ltd.

Furuken Industry Co., Ltd.

I. Title of the Survey

SDGs Business Model Formulation Survey with the Private Sector for Environmental Improvement Project by Utilizing Artificial Wetland Technology for Village Drainage Treatment in Cambodia

II. Background

The main survey site, Kralanh in Siem Reap Province, is an area where sewage and wastewater treatment is a major concern and is the area where the proponent company, Reed NET Co., Ltd., has been conducting a series of site surveys together with the Department of Public Works and Transport (DPWT) in Siem Reap since 2016. Local hearings with residents have already raised the following urgent issues:

- Inundation during the rainy season;
- Bad odor problem; and
- Infectious diseases during the rainy season.

III. Outline of the Pilot Survey for Disseminating SME's Technologies

(1) Purpose

The purposes are to protect living environment, to improve sanitation and to prevent infectious diseases, by applying low-cost and energy-conservative artificial wetland technology to community wastewater treatment plant.

In addition, the purpose of this Survey is to study on formulating the project including the following items.

1. To install a pilot scale artificial wetland in Kralanh district of Siem Reap Province (hereinafter called “pilot project”) and to evaluate if it functions properly.
2. To draft a dissemination plan of artificial wetland.
3. To develop the business plan of the proponent for the extension of artificial wetland.

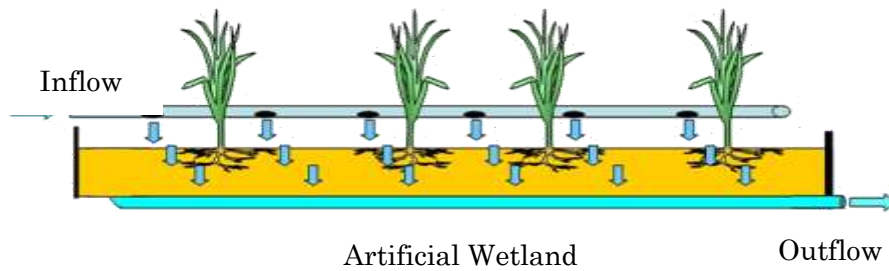
(2) Activities

The items listed below were studied in this survey.

1. Development issues in Cambodia
2. Suitability of proposed products in Cambodia
3. Drafting an ODA project
4. Business plan development

(3) Information of Product/ Technology to be Provided

Artificial wetlands are low-cost, easy and sustainable artificial wastewater treatment system by combining filtration and ecological functions for large amounts of organic wastewater discharged from domestic wastewater, livestock and food processing industries.



Artificial wetlands are one of the green infrastructures which consume quite few energy for water treatment and have the following features:

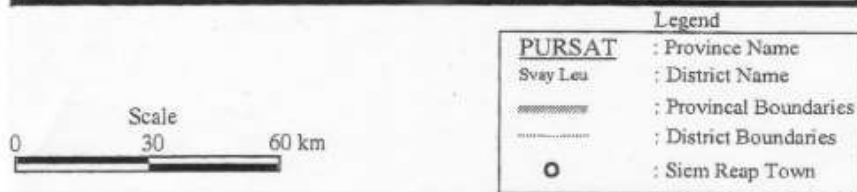
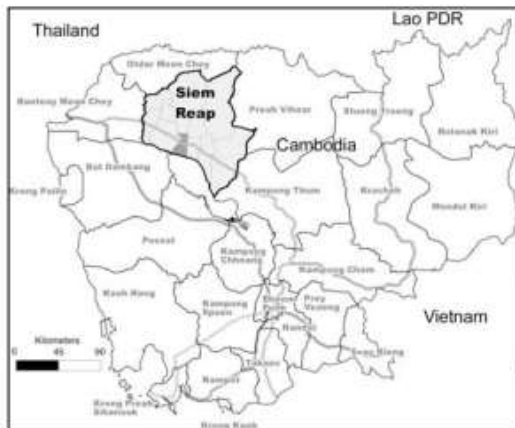
1. The treatment system can be constructed at lower initial cost compared to traditional activated sludge method or membrane method. The cost is below a half of mechanical treatment system, thanks to the utilization of natural degradation.
2. The cost for operation and maintenance is very low. It is below 1/5 compared to mechanical treatment system, as it does not require aeration or flocculant.
3. It is easy for users to manage the artificial wetland facilities. Just call an engineer once a month for the regular check-up.
4. Artificial wetlands can be designed for various influents with different concentrations.
5. Practical technologies are applied to our artificial wetlands, based on the know-how of the accumulated maintenance experiences.

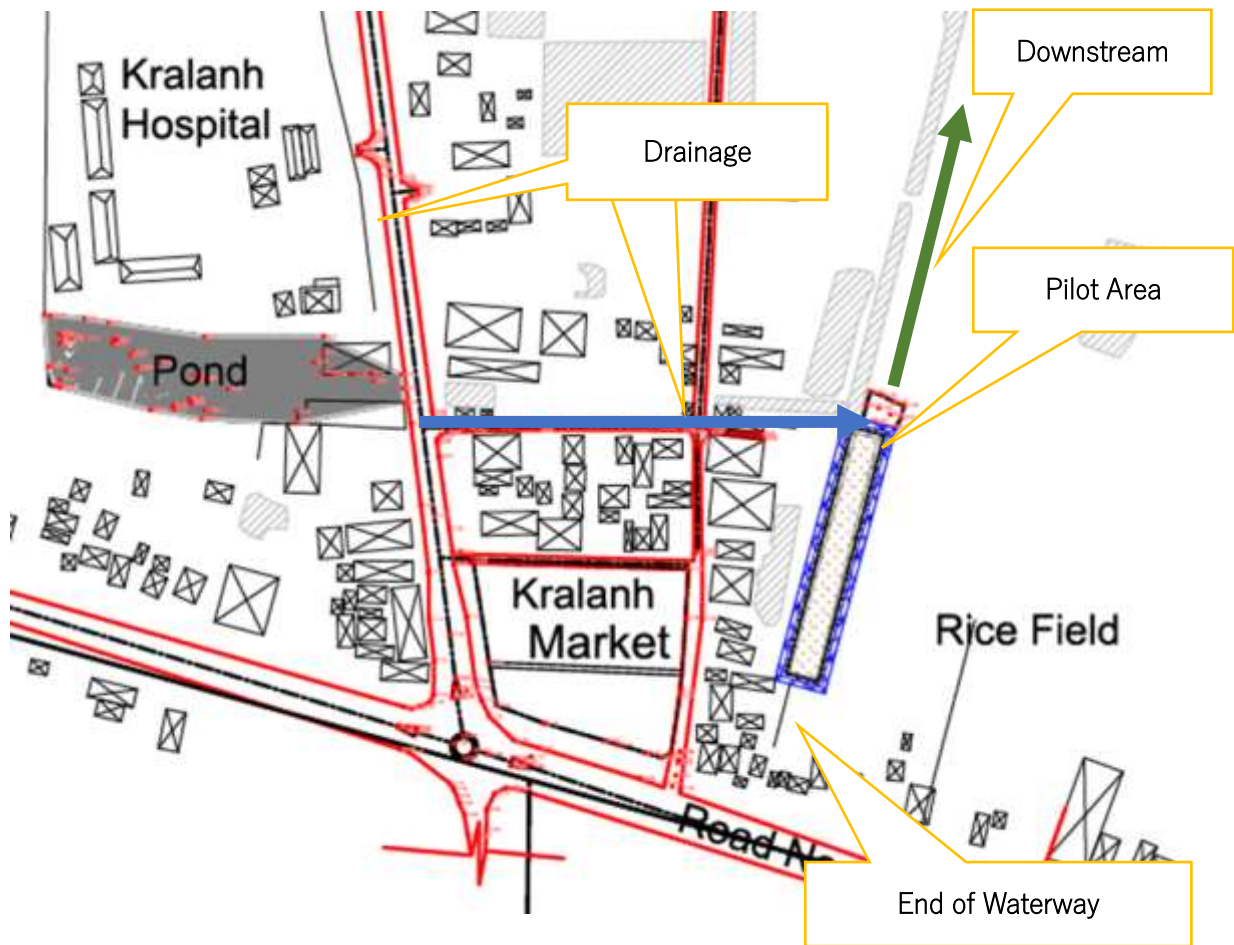
(4) Counterpart Organization
MPWT and DPWT Siem Reap

(5) Target Area and Beneficiaries

Target site of the pilot project has been determined in Kralanh, Shem Reap. The detailed area is shown in the following drawing.

The beneficiaries are the residents living around the upstream area of the pilot project site.





(6) Duration

From February 4, 2020 to December 16, 2022

(7) Survey Schedule

The Surveys were conducted during the period in the table below.

Number of trips	Schedule
1 st	February 26th to March 4th, 2020
2 nd	February 6 to 12, 2022
3 rd	April 24 to 30, 2022
4 th	June 12 to 18, 2022
5 th	July 19 to 25, 2022
6 th	August 14 to 20, 2022

IV. Achievement of the Survey

Development issues, suitability of artificial wetland technologies, ODA project formulation and business plan development were studied. As the survey results contain confidential information for the business development, only the outline of draft ODA verification survey project is described below in this section.

Reed NET & Furuken Industry are considering preparations and applications for implementation.

[Project Outline of Draft ODA Verification Survey]

This survey aims to achieve the following outputs including the installation of a pilot scale artificial wetland to treat wastewater.

Output (1) The suitability and effectiveness of the proposed artificial wetland are verified through the pilot project from installation to operation and maintenance.

Output (2) Manuals on artificial wetland are developed and the trainings are provided for the technical transfer to Counter Part (C/P).

Output (3) The business plan and the strategy are developed to contribute to solving wastewater issues.

Activities

The activities to achieve each output are summarized in the table below.

Output	Activities
Output 1	Activity 1-1 Artificial Wetland is installed.
	1-1-1 Procure and deliver the equipment and materials for the pilot scale artificial wetland construction work.
	1-1-2 Install the artificial wetland.
	Activity 1-2 Extract the recognized issues and consider the measures.
	1-2-1 Operate the artificial wetland and observe the water quality at least for one year and extract the recognized issues.
	1-2-2 Consider the measures for improvement against the recognized issues.
	1-2-3 Evaluate the adoptability of artificial wetland in Cambodia.
Output 2	Activity 2-1 Draft the manuals for the dissemination of artificial wetland.
	2-1-1 Draft the installation manuals.
	2-1-2 Draft the Operation and Maintenance (O&M) manual.
	2-1-3 Provide the training on the above manuals.
	2-1-4 Implement JICA Knowledge Co-Creation Program (PRIVATE PARTNERSHIP) in Japan for understanding the artificial wetland.
	Activity 2-2 Hold a dissemination seminar.
	2-2-1 Plan and prepare to hold a dissemination seminar.
2-2-2 Hold the seminar and analyze the effects.	
Output 3	Activity 3-1 Consider the business partnership and cost down.
	3-1-1 Optimize the business value chain using local resources.
	3-1-2 Consider the cost down method.

Output	Activities
	Activity 3-2 Consider and summarize the business plan.
	3-2-1 Develop the business plan taking into the obtained information and results.
	3-2-2 Evaluate the development effects by the business expansion of artificial wetland.

V. Future Prospects

- (1) Impact and Effect on the Concerned Development Issues through Business Development of the Product/ Technology in the Surveyed Country

The following effects are expected as an implementation result of the planned Kralanh community wastewater treatment project.

- Effectiveness of decentralized sewage treatment system is verified.
- It is verified that decentralized wastewater treatment system in rural/suburb area can complement the urban covered area of centralized sewage treatment system.
- The usefulness of wastewater treatment system is verified in rural areas where well water is mainly used.
- It is expected to operate the treatment system based on beneficiary pays principle.
- Smaller artificial wetlands and aquaponics are also utilized and extended.

- (2) Lessons Learned and Recommendation through the Survey

- If unexpected but useful information is obtained during the survey, modify the survey plan flexibly.
- Before starting this survey, the survey team supposed that potential customers were public entities only. However, throughout this survey, the team recognized customers in the variety of private sectors.

別添資料

企業機密情報につき非公表