

ベトナム国

ベトナム国
環境保全に資する干満式人工湿地による
水質浄化システムの案件化調査

業務完了報告書

2023年11月

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

株式会社ウエスコ
株式会社安井建築設計事務所

中国セ

JR

23-003

<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

写真	i
地図	iii
図表リスト	iv
略語表	vi
案件概要	vii
要約	viii
はじめに	xi
1. 調査名	xi
2. 調査の背景	xi
3. 調査の目的	xi
4. 調査対象国・地域	xi
5. 契約期間、調査工程	xii
6. 調査団員構成	xiv
第1. 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	4
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	5
(1) 我が国の ODA 事業	5
(2) 他ドナーの先行事例分析	5
第2. 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. 提案法人、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	17
3. 提案製品・技術の現地適合性	18
(1) 現地適合性確認方法	18
(2) 現地適合性確認結果（技術面）	25
(3) 現地適合性確認結果（制度面）	40

(4) セミナーの実施	43
(5) 本邦受入活動	45
4. 開発課題解決貢献可能性	48
第3. ODA 事業計画	49
1. ODA 事業の内容	49
(1) ODA 事業内容	49
(2) 対象地域	55
(3) C/P 候補機関	56
(4) C/P との協議状況	58
(5) 他 ODA 事業との連携可能性	59
2. 新規提案 ODA 事業の実施における課題・リスクと対応策	60
(1) 制度面にかかる課題/リスクと対応策	60
(2) インフラ面にかかる課題/リスクと対応策	60
(3) C/P 体制面にかかる課題/リスクと対応策	61
3. 環境社会配慮等	62
(1) 環境社会配慮、用地取得・住民移転の有無の確認	62
(2) ジェンダー配慮	62
4. ODA 事業実施を通じて期待される開発効果	62
第4. ビジネス展開計画	64
1. ビジネス展開計画概要	64
2. 市場分析	64
3. バリューチェーン	64
4. 進出形態とパートナー候補	64
5. 収支計画	64
6. 想定される課題・リスクと対応策	64
7. ビジネス展開を通じて期待される開発効果	65
8. 日本国内地元経済・地域活性化への貢献	65
(1) 関連企業・産業への貢献	65
(2) その他関連機関への貢献	66
英文要約	67
英文案件概要	71

写真



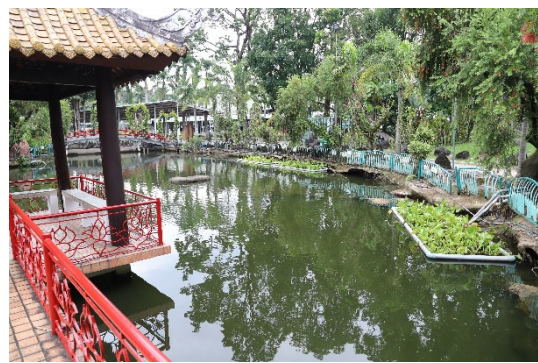
2022年8月 ハノイ土木大学での室内実験



2022年10月 ハノイ土木大学での打合せ



2022年10月 ハノイ土木大学でのろ材選定



2022年10月 ダムセン公園視察



2022年10月 コイ養殖池管理者ヒアリング



2022年10月 エビ養殖池の視察



2022年12月 Saigontourist での打合せ



2023年2月 ダムセン公園での打合せ



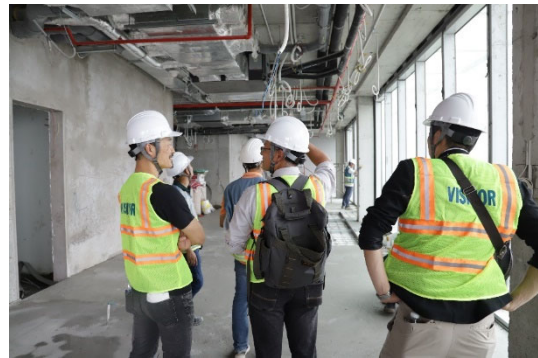
2023年2月 ダムセン公園視察



2023年2月 養豚場視察



2023年4月 農園視察



2023年4月 ホテル建設現場視察



2023年4月 ダムセン公園での打合せ



2023年4月 ダムセン公園でのセミナー開催



2023年6月 本邦受入れ活動



2023年9月 ダムセン公園視察

地図



【出典】 右上図： 白地専門店 (<http://www.freemap.jp/>)、左下図：世界地図・SekaiChizu (<http://www.sekaichizu.jp/>)

図表リスト

図 1-1	ベトナム国 排水発生量の推移	1
図 1-2	ホーチミン市における汚泥発生量の見込み	1
図 1-3	セプティックタンクの一例	2
図 2-1	既設提案技術と競合技術の処理水量	15
図 2-2	既設提案技術による BOD 濃度の浄化結果	16
図 2-3	実験で使用した 5 種類のろ材	20
図 2-4	ろ材選定のための室内実験装置	21
図 2-5	実験装置の構造	22
図 2-6	ろ過実験のための供試排水の採水地点	23
図 2-7	溶出試験に用いたフラスコと活性炭の様子	24
図 2-8	川や池などの公共水域の汚染状況	25
図 2-9	公共水域と生活排水の採水地点	26
図 2-10	水産養殖池の調査箇所	27
図 2-11	ダムセン公園の池（調査箇所）	28
図 2-12	養豚場の調査地	29
図 2-13	集落からの排水調査箇所	30
図 2-14	単層底面自由排水条件ろ床の模式図	31
図 2-15	SS 除去率と COD 除去率の関係	32
図 2-16	空隙率と SS 除去率の関係	33
図 2-17	Bay Mau 湖の処理水の外観	33
図 2-18	供試した湖水と河川水の外観の違い	34
図 2-19	To Lich 川の処理水の外観	34
図 2-20	HUCE 汚水樹原水の外観	35
図 2-21	ココナッツ殻活性炭からの溶出色度の推移	36
図 2-22	活性炭体積当り溶出色度量（近似曲線）	36
図 2-23	近似データと実データの一致の程度	36
図 2-24	異なる活性炭層別の色度上昇幅（活性炭層厚 H=0.1,0.2,0.3,0.4,0.5）	37
図 3-1	導入する人工湿地型浄化施設のイメージ	51
図 3-2	導入する施設の断面図	51
図 3-3	実施体制図	53
図 3-4	ダムセン公園内の実証場所の配置図	56
図 3-5	Saigontourist Group 組織概要	57

表 1-1	国別開発協力方針への適合性	4
表 1-2	排水処理分野における我が国 ODA の先行事例.....	5
表 2-1	浄化の仕組み.....	9
表 2-2	競合技術との比較.....	11
表 2-3	日本国内における導入実績一覧.....	13
表 2-4	実験で使したろ材の基本的な物性.....	23
表 2-5	調査察団における水質確認結果（湖沼及び河川）	25
表 2-6	ろ材実験で使した排水（原水）の水質.....	26
表 2-7	調査察団における水質確認結果（養殖池）	27
表 2-8	調査察団における視察時の水質確認結果（ダムセン公園）	28
表 2-9	現地水質検査機関における室内水質分析結果（ダムセン公園）	28
表 2-10	現地視察時の生活排水の水質調査結果（Waste water from Thieng Lieng island）	30
表 2-11	ろ材の透水係数.....	31
表 2-12	処理水中の汚濁物質濃度.....	32
表 2-13	地表水に関する国家技術基準.....	40
表 2-14	生活排水に関する国家技術基準.....	42
表 2-15	セミナー実施概要.....	43
表 2-16	セミナー開催状況.....	44
表 2-17	質疑応答内容.....	44
表 2-18	本邦受入活動日程表.....	46
表 2-19	本邦受入れ活動実施状況.....	47
表 3-1	提案する ODA 事業の概要（PDM）	50
表 3-2	想定される投入リスト.....	51
表 3-3	活動計画・作業工程表.....	54
表 3-4	C/P 機関候補と選定結果.....	58
表 3-5	Saigontourist Group との協議の経緯.....	58
表 3-6	制度リスクとその対応策.....	60
表 3-7	インフラリスクとその対応策.....	60
表 3-8	体制リスクとその対応策.....	61

略語表

略語	正式名称	日本語名称
BOD	Biochemical Oxygen Demand	生物化学的酸素要求量
CECT	Centre for Environmental Consultancy and Technology	環境技術移転センター（天然資源・環境省傘下）
COD	Chemical Oxygen Demand	化学的酸素要求量
C/P	Counterpart	カウンターパート機関
DONRE	Department of Natural Resources and Environment	天然資源・環境局（地方政府）
HUCE	Hanoi University of Civil Engineering	ハノイ土木大学
JETRO	Japan External Trade Organization	(独)日本貿易振興機構
JICA	Japan International Cooperation Agency	(独)国際協力機構
MARD	Ministry of Agriculture and Rural Development	農業・農村開発省
MONRE	Ministry of Natural Resources and Environment	天然資源・環境省
NIAPP	National Institute of Agricultural Planning and Projection	国立農業計画立案研究所
NUCE	National University of Civil Engineering	ハノイ土木大学（ベトナム国立建設大学）
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
ORP	Oxidation-reduction Potential	酸化還元電位
QCVN	Quy Chuẩn kỹ thuật Việt Nam	ベトナム国家技術基準
SDGs	Sustainable Development Goals	持続可能な開発目標
SS	Suspended Solid	懸濁物質
T-N	Total Nitrogen	全窒素
TOC	Total Oxygen Demand	全酸素消費量
T-P	Total Phosphorus	全りん
VAST	Vietnamese Academy of Science and Technology	ベトナム科学技術アカデミー
VEA	Vietnam Environment Administration	ベトナム環境総局（天然資源・環境省傘下）



ベトナム国 環境保全に資する干満式人工湿地による 水質浄化システムの案件化調査

株式会社ウエスコ(岡山県)、株式会社安井建築設計事務所(大阪府)



ベトナム国汚水処理分野における開発ニーズ(課題)

- ・ 経済成長に伴う生活・産業排水の増加の一方で、浄化施設の整備が追いついておらず、汚水が河川や湖沼などの公共水域に直接放流されている。
- ・ 水源となる河川や湖沼の水質悪化により、人の健康や生活環境の悪化、またエビ等の水産養殖業にも被害が生じている。

提案製品・技術(干満式人工湿地による自然浄化システム)

- ・ 潮が満ち引きする干潟の自然浄化システムを応用した手法であり、ろ床内の水位変動や植物・水生動物の働きにより、高い水質浄化能力を実現する。
- ・ 電気や薬品、フィルターなどを使用しないため、維持費や管理の労力が小さく、温室効果ガスの排出もなくクリーンかつ省エネという特徴を有する。

本事業の内容

- ・ 契約期間: 2022年3月～2024年2月
- ・ 対象国・地域: ベトナム国ハノイ市、ホーチミン市およびその近郊地域
- ・ カウンターパート機関: 公益法人Saigontourist group
- ・ 案件概要: 干満式の人工湿地によって水質の有機汚濁を改善する自然浄化システムの案件化調査。本事業を通じて、公共・民間へのビジネス展開を図り、持続可能な環境保全社会への貢献を目指す。



干満式人工湿地による自然浄化システム

開発ニーズ(課題)へのアプローチ方法(ビジネスモデル)

- ・ 現地法人を設立し、①都市湖沼の浄化を行う行政機関(県、市・省)および、②エビ等水産養殖業者などの民間業者へ提案技術の導入を行う。
- ・ 当社は提案システムの基本計画、設計を担当し、施工は事業パートナーの現地建設会社が行う。
- ・ 施設建設に必要な資材は、原則としてろ材、植物を含め現地調達を行う。

対象国に対し見込まれる成果(開発効果)

- ・ 都市湖沼を含む公共水域の水質浄化により、周辺住民の健康被害を軽減し生活環境を向上させる。
- ・ ベトナム経済を支える水産養殖業の経済的損失を軽減し、付加価値・収益性を向上させる。
- ・ 温室効果ガスを排出せず、また、グリーンインフラとして整備されることで、環境を意識したライフスタイルへの変革、生態系の回復と持続的土地利用へ貢献する。

2023年9月現在

要約

I. 調査要約

1. 案件名	<p>(和文) ベトナム国環境保全に資する干満式人工湿地による水質浄化システムの案件化調査</p> <p>(英文) SDGs Business Model Formulation Survey with the Private Sector for Wastewater Treatment System by Tidal Artificial Wetlands for Environmental Conservation in Vietnam</p>
2. 対象国・地域	ベトナム国ホーチミン市、ハノイ市、タイビン省、ドンナイ省、ビンフオック省、バリア・ブンタウ省
3. 本調査の要約	干満式の人工湿地によって水質の有機汚濁を改善する自然浄化システムの案件化調査。電気・薬品・機器を使用しない省エネ・低コストなシステムで、施設表面は環境・生活に配慮したグリーンインフラとして整備できる。本事業を通じて、公共、民間へのビジネス展開を図り、持続可能な環境保全社会への貢献を目指す。
4. 提案製品・技術の概要	自然の生態系機能を活用した人工湿地による水質浄化システム。干満により水位が変動する干潟の自然浄化システムを応用した手法であり、重力や植生のはたらきにより、電気や薬品、特殊なフィルターなどを使用せずに高い水質浄化能力が持続的に得られる。そのため、①維持費が安い、②維持のための労力をほとんど必要としない、③炭素の排出がなくクリーンかつ省エネという特徴を有している。
5. 対象国で目指すビジネスモデル概要	ベトナム国における、生活排水（污水、雑排水）や養殖排水等の有機性排水の汚濁源を主なターゲットとし、提案技術である干満式人工湿地による水質浄化技術を実装した浄化施設の導入を現地ビジネスとする。(株)ウエスコと、(株)安井建築設計事務所（現地法人を含む）が共同で、浄化施設導入に係る基本計画・コンサルティングおよび施設の設計を行い、施工は事業パートナーとなる現地建設会社が行う体制とし、施工後の施設の保守作業は施設の所有者（＝発注者）が行うことを想定する。施設建設に必要な資材については、ろ材を含め原則としてベトナム国内での調達を予定する。
6. ビジネスモデル展開に向けた課題と対応方針	ベトナム国内において、グリーン成長政策の推進により需要が拡大している、集合住宅（エコタウン）および観光・リゾート施設をはじめ、魚類・エビ等の水産養殖池、長期的には、下水道でカバーされない地域における集落排水（下水・雑排水処理）や公共施設向けの導入を目指す。事業開始当初は、日本本社からの出張および現地企業との連携（技術者の出向含む）により事業を行うが、その後、現地での安定的な受注により事業規模の拡大が見込まれる段階で、現地での柔軟で機動的な事業運営を可能とするため、現地法人の設立を想定している。

7. ビジネス展開による対象国・地域への貢献	<p>本事業では、自然と調和し生態系機能を活用した浄化システムの導入により、生活排水や産業（養殖等）排水による汚染が進むベトナム都市部の水質および周辺住民の生活環境改善への貢献を目指し（SDGs ゴール 6.3、6.4 および 12.4）、地域本来の生態系の回復・保護（同 6.6、15.1、15.5、15.9）及びその啓発（同 6.b および 12.8）に寄与することから、以下の SDGs ゴールの貢献を目指すものである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ⑥水・衛生 ⑫消費と生産 ⑮森林・生物多様性貢献
8. 本事業の概要	
① 目的	提案製品・技術の導入による開発課題解決の可能性及び SDGs 達成に貢献するビジネスアイデアの検討や ODA 事業での活用可能性の検討を通して、ビジネスモデルが策定される。
② 調査内容	<p>①開発課題・SDGs への貢献</p> <ul style="list-style-type: none"> ア) 対象国・地域の開発課題 イ) 国別開発協力方針との合致性 ウ) ビジネス展開を通じた開発課題や SDGs への貢献可能性・開発効果 エ) 既存 ODA 事業との連携及び新規 ODA 案件化の可能性 オ) 日本国内地元経済・地域活性化への貢献 <p>②ビジネスモデル策定</p> <ul style="list-style-type: none"> ア) 開発計画・政策・規制等 イ) 市場分析（経済・社会動向、競合等） ウ) 現地適合性（価格、ニーズ、スペック、サービス等） エ) 進出形態やパートナー候補 オ) 収支・資金計画 カ) ビジネスモデルの策定 キ) 本調査終了後のビジネス展開方針 ク) 想定される課題・リスクと対応策
③ 本事業実施体制	提案企業：株式会社ウエスコ、株式会社安井建築設計事務所 外部人材：プエルト株式会社、個人
④ 履行期間	2022年3月～2023年9月（19ヶ月）
⑤ 契約金額	29,175千円（税込）

II. 提案法人の概要

1. 提案法人名	株式会社ウエスコ（代表法人） 株式会社安井建築設計事務所
2. 代表法人の業種	[④サービス業]（ ）
3. 代表法人の代表	代表取締役社長 北村 彰秀

者名	
4. 代表法人の本店所在地	岡山県岡山市北区島田本町2丁目5番35号
5. 代表法人の設立年月日（西暦）	1970年9月21日
6. 代表法人の資本金	10,000万円
7. 代表法人の従業員数	670名
8. 代表法人の直近の年商（売上高）	11,424,000千円（2022年7月期）

はじめに

1. 調査名

ベトナム国環境保全に資する干満式人工湿地による水質浄化システムの案件化調査

(SDGs Business Model Formulation Survey with the Private Sector for Wastewater Treatment System by Tidal Artificial Wetlands for Environmental Conservation in Vietnam)

2. 調査の背景

ベトナム国の都市部では、産業排水及び生活排水が公共水域に直接流入しており、河川・湖沼の汚染が課題となっている。急速な都市化に伴う排水の増大に対して、その処理整備が追い付かないためである。同国の「国家環境報告書(2018年)」によれば、ハノイ市内のほとんどの公共水域において、有機物質の含有量が同国の環境基準値を大きく上回っている。河川・湖沼の汚染は、周辺住民の健康や生態系、それらを水源とする農業や水産養殖業にも悪影響を及ぼす。また、水産養殖業では水質悪化を原因とする病気が蔓延し、生産性が低下している。同時に、養殖池からの排水には化学物質が大量に含まれており、水産養殖業自体が汚染の一因にもなっている。

同国政府は2012年に「2020年に向けた国家環境保全対策」を発表し、河川・湖沼等の水質改善を目標に掲げ、課題解決に取り組んできた。具体的に、同国の天然資源環境省傘下のベトナム環境総局は、2019年に「都市の湖沼における環境および生態的景観保護に関するプロジェクト」を発表し、ハノイ市などで汚水処理設備に関するパイロット事業を実施している。このような状況に対して、我が国はベトナム国に対する国別開発協力方針において「気候変動・災害・環境破壊等の脅威への対応」を開発課題として掲げ、上下水道等の施設整備、水質汚濁等の都市環境問題への対応を支援している。

本調査においては、提案技術「干満式人工湿地による水質浄化システム」の現地適合性、ODAを通じた提案製品の現地活用可能性の確認を行い、ビジネス展開にかかる検討を行うことを目的としている。環境負荷の少ない提案技術を集落排水や養殖池等の汚濁源に導入することにより、同国の河川・湖沼の水質が改善され、ひいては都市環境の改善や生態系の回復、水産養殖業の生産性向上に寄与することが期待される。

3. 調査の目的

提案製品・技術の導入による開発課題解決の可能性及びSDGs達成に貢献するビジネスアイデアの検討やODA事業での活用可能性の検討を通して、ビジネスモデルが策定される。

4. 調査対象国・地域

ベトナム国 ハノイ市、タイビエン省、ホーチミン市、ドンナイ省、ビンフオック省、バリア・ブインタウ省

5. 契約期間、調査工程

契約期間：2022年3月18日～2024年2月15日

調査工程：

① 第1回現地調査（2022年7月31日～8月5日）

日数	年月日	曜日	都市	内容	訪問先
1	2022/7/31	日	—	移動（関空、成田→ハノイ）	
2	2022/8/1	月	ハノイ	調査計画共有、意見交換	JICA ベトナム事務所
				水質調査予備実験協議	国立ハノイ土木大学
3	2022/8/2	火	ハノイ	開発課題調査、ODA 協議	天然資源環境省(MONRE)
				現場視察	ハノイ市ザーラム県 Da 池
4	2022/8/3	水	ハノイ	現場視察	ハノイ市トーリック川
				開発課題調査、ODA 協議	ハノイ市 DONRE
5	2022/8/4	木	ハノイ	資料整理	
6	2022/8/5	金	ハノイ	移動（ハノイ→関空、成田）	

② 第2回現地調査（2022年10月2日～10月15日）

日数	年月日	曜日	都市	内容	訪問先
1	2022/10/2	日	—	移動（関空、成田→ハノイ）	
2	2022/10/3	月	ハノイ	ODA、水質調査予備実験協議	国立ハノイ土木大学
3	2022/10/4	火	ハノイ	開発課題調査、ODA 協議	クオックアイ県環境局
				現場視察	クオックアイ県内の池
				開発課題調査、ODA 協議	ロンビエン区環境局
				現場視察	ロンビエン区内の池
4	2022/10/5	水	ハノイ	調査活動報告	JICA ベトナム事務所
				ビジネス環境調査	JETRO ハノイ事務所
5	2022/10/6	木	ハノイ	開発課題調査、ODA 協議	ベトナム国立農業計画研究所 (NIAPP)
				ビジネスパートナー調査	現地民間企業
6	2022/10/7	金	タイビン省	現場視察	コイ養殖池
				現場視察	エビ養殖池
7	2022/10/8	土	ハノイ	移動（ハノイ市→HCM）	
8	2022/10/9	日	HCM	ビジネスパートナー調査	現地民間企業
9	2022/10/10	月	HCM	開発課題調査、ODA 協議	ダムセン公園
10	2022/10/11	火	HCM	開発課題調査、ODA 協議	国立ノンラム大学
11	2022/10/12	水	ドンナイ省	開発課題調査、ODA 協議	ドンナイ自然保護区
			HCM	調査活動報告	JICA ホーチミン出張所
12	2022/10/13	木	HCM	ビジネス可能性調査	現地民間企業
			HCM	現地投資環境調査	現地賃貸オフィス等
13	2022/10/14	金	HCM	資料整理	
			HCM	移動（HCM→成田）	
14	2022/10/15	土	HCM	移動（HCM→関空）	

③ 第3回現地調査（2022年12月10日～12月14日）

日数	年月日	曜日	都市	内容	訪問先
1	2022/12/10	土	—	移動（関空、成田→HCM）	
2	2022/12/11	日	HCM	実証候補地視察	ダムセン公園
3	2022/12/12	月	HCM	ダムセン公園における ODA	Saigontourist Group

日数	年月日	曜日	都市	内容	訪問先
				事業に係る協議	
				ODA 事業、現地セミナー、ビジネス連携に係る協議	国立ノンラム大学
4	2022/12/13	火	HCM	現地ビジネスに係る調査・協議	現地民間企業
			HCM	調査活動報告	JICA ホーチミン出張所
5	2022/12/14	水	HCM	移動 (HCM→関空、成田)	

④ 第4回現地調査 (2023年2月9日～2月18日)

日数	年月日	曜日	都市	内容	訪問先
1	2023/2/9	木	—	移動 (関空、成田→HCM)	
2	2023/2/10	金	ハノイ	水質浄化予備実験に係る協議	ハノイ土木大学
			ハノイ	特許・登録商標等ビジネス環境調査	JETRO ハノイ事務所
3	2023/2/11	土	ハノイ	移動 (ハノイ市→HCM)	
4	2023/2/12	日	HCM	資料整理	
5	2023/2/13	月	HCM	実証候補地の現地調査	ダムセン公園
6	2023/2/14	火	HCM	ビジネスパートナー調査	Silver Dragon 社/S2S 社
7	2023/2/15	水	HCM	ODA 協議、実証候補地視察、セミナー会場視察	ダムセン公園
8	2023/2/16	木	ビンフ オック 省	実証候補地視察およびビジネス パートナー調査	ビンフオック省内の養豚 場 (2 か所)
9	2023/2/17	金	ビンフ オック 省	開発課題調査、ビジネス可能 性確認の現地調査	ビンフオック省 DONRE
				現地視察	下水処理場
			HCM	調査活動報告	JICA ホーチミン出張所
10	2023/2/18	土	HCM	移動 (ハノイ→関空、成田)	

⑤ 第5回現地調査 (2023年4月15日～4月23日)

日数	年月日	曜日	都市	内容	訪問先
1	2023/4/15	土	—	移動 (関空、成田→HCM)	
2	2023/4/16	日	HCM	ビジネスパートナー調査	ホテル建設現場
				ODA 事業に係る現地調査	ダムセン公園
3	2023/4/17	月	HCM	セミナー開催	ダムセン公園 (セミナーホ ール)
4	2023/4/18	火	HCM	ODA 協議、MOU 締結、本邦 受入活動協議	Saigontourist Group
5	2023/4/19	水	バリア ブン 省	ビジネス可能性調査	Silver Dragon 社バナナ農園
6	2023/4/20	木	HCM	移動 (HCM→ハノイ)	
			ハノイ	水質浄化予備実験の結果に係 る協議	ハノイ土木大学
7	2023/4/21	金	ハノイ	現地ビジネスに係る協議	Dai Nam Son Group
				ビジネスパートナー調査	現地民間企業
8	2023/4/22	土	ハノイ	現地ビジネスに係る協議、現 地視察	現地民間投資家、民間開発 会社
9	2023/4/23	日	ハノイ	移動 (ハノイ→成田、関空)	

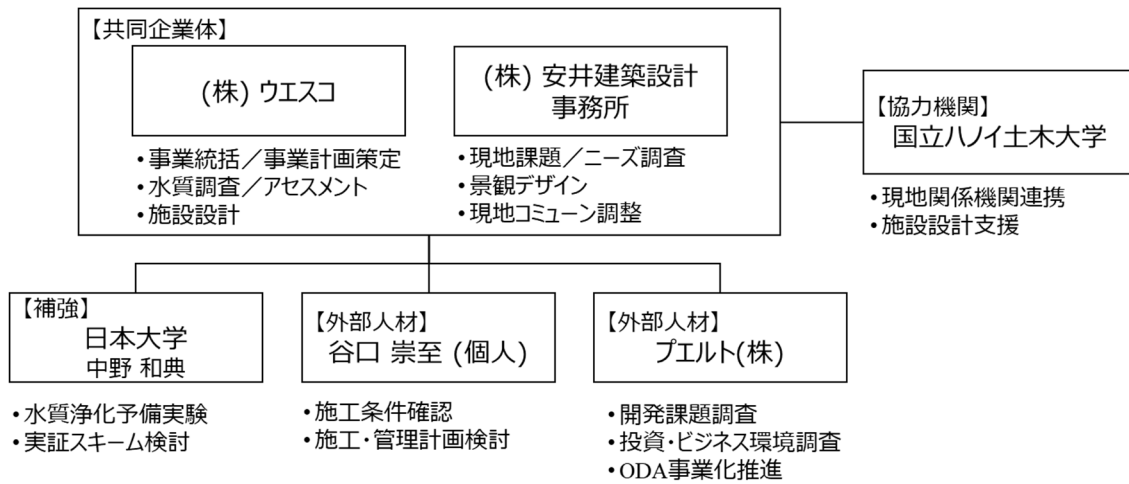
⑥ 第6回現地調査（2023年9月6日～9月12日）

日数	年月日	曜日	都市	内容	訪問先
1	2023/9/6	水	—	移動（関空→HCM）	
			HCM	ビジネスパートナー調査	現地民間企業
2	2023/9/7	木	HCM	ビジネス可能性確認の現地視察	ロンタイン空港建設現場
3	2023/9/8	金	HCM	ビジネス可能性確認の現地視察	Thieng Lieng island の生活排水
				ビジネス可能性確認の現地視察	Vam Sat eco park
4	2023/9/9	土	HCM	資料整理	
5	2023/9/10	日	HCM	開発課題調査	国立ノンラム大学
6	2023/9/11	月	HCM	実証候補地の現地調査・協議	ダムセン公園
			HCM	調査活動報告	JICA ホーチミン出張所
7	2023/9/12	日	HCM	移動（HCM→関空）	

6. 調査団員構成

組織（所属）	団員名	担当業務	業務内容
(株)ウエスコ (提案法人)	渡辺 敏	業務主任者・技術適合性検証（生態系）	<ul style="list-style-type: none"> 事業統括管理
	松下 太郎	技術適合性検証（水質）	<ul style="list-style-type: none"> 水質・水系条件把握 水質法令・基準確認
	齋藤 ももか	環境社会配慮 ・関係機関連携	<ul style="list-style-type: none"> 政策、法令、許認可把握 現地敷地条件等調査 浄化施設の協働管理計画
	栗原 誠	施設設計	<ul style="list-style-type: none"> 実証施設の設計、維持管理検討 現地適用条件確認
(株)安井建築設計事務所 (提案企業)	Quang Nguyen Huy	開発課題調査 ・市場調査	<ul style="list-style-type: none"> 現地開発課題調査 民間需要等調査 現地の住民、関係者など調整
	杉野 卓史	景観デザイン	<ul style="list-style-type: none"> 現地の空間特性の把握 景観デザイン検討
(株)安井建築設計事務所 (補強：Yasui Sekkei Vietnam)	水上 文藝	現地住民ニーズ調査	<ul style="list-style-type: none"> 現地要望把握 現地生活様式、文化など確認
(株)ウエスコ (補強：日本大学)	中野 和典	水質浄化スキーム基本計画	<ul style="list-style-type: none"> 予備実験（ラボ）計画 実証スキーム検討
個人 (外部人材)	谷口 崇至	施設施工・管理検討	<ul style="list-style-type: none"> 施工条件確認 予備実験（ラボ）の設計と指導 施工・管理計画検討

組織（所属）	団員名	担当業務	業務内容
プエルト(株) (外部人材)	小澤 泰介	ビジネス展開計画策定 支援・ODA 事業計画・ 調査業務総括	<ul style="list-style-type: none"> 関係機関調整 ODA 事業化推進



第1. 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

ベトナム国では、経済成長に伴い生活排水・産業排水の増加が続いており、近年は、大都市圏を中心に下水処理場の整備が進められてはいるが、都市周辺や地方部では施設の整備が追いついておらず、依然として汚水が河川や湖沼などの公共水域に直接放流されている。そしてこれら地域に多数ある湖沼等の水質浄化は多くが手つかずのままの状況である。

ハノイ市街地を流れる河川や湖沼等の公共水域の多くでは、都市住宅地からの生活排水の大部分が流入しており、河川流域のほとんどの地点において有機物質の含有量が「ベトナムの地表水質に関する国家基準」(QCVN08:2015/BTNMT)に定める基準を大きく上回っている(国家環境報告書 2018)。特に生活排水由来の有機性汚濁物質による影響が大きく、BOD₅、COD、アンモニア性窒素(NH₄⁺)、亜硝酸性窒素(NO₂⁻)の値において乖離が大きい。ベトナム科学技術アカデミー(VAST)によれば、水質汚染に起因する死者数は年間9,000人以上であり、毎年10万人以上の汚染水利用を原因とするがんの罹患者数が報告されるなど、周辺住民の健康に重大な影響を与えており、劣悪な衛生環境による経済損失は年間でGDPの1.3%に相当する約7億8,000万ドルと推定されている(世界銀行)。

また近年は、下水処理施設の整備に伴い発生する下水汚泥の処理が新たな問題となっている。整備が進む下水道や国内に広く普及するセプティックタンクからの汚泥の増加が続いており、ホーチミン市における下水汚泥発生量は、現在の数百トン/日程度から、2050年には2,000トン/日以上にまで増加すると予想されるなど、増え続ける汚泥への処理が課題となっている。

公共水域の汚染はエビ等の水産養殖にも影響を及ぼしている。汚染された河川や湖沼からの引水に含まれる細菌等が養殖池内に侵入し、それがエビ類等の病気発生の原因になっている。このような水源となる河川や湖沼の水質汚染による水産養殖業への被害額は、年間約1兆4,000億ドン(約85億円)と算定されており、さらには病気発生を防ぐための薬品使用に対する出荷先での薬品残留規制が厳格化され、2019年は2.5%の輸出額減少となるなど水産養殖業への経済的影響が出ている。また、養殖池からの排水には、濃縮された栄養素、浮遊物質、化学物質などが大量に含まれているため、水産養殖自体がさらなる公共水域の汚染を引き起こす要因にもなっている。

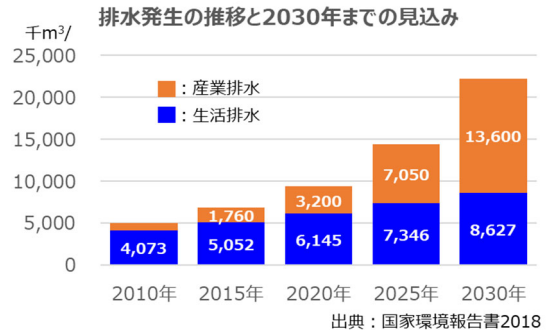


図 1-1 ベトナム国 排水発生量の推移

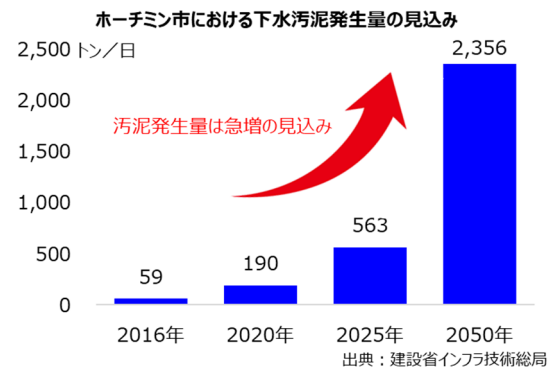


図 1-2 ホーチミン市における汚泥発生量の見込み

(2) 開発課題の背景・原因

① 排水インフラ建設の遅れ

ベトナムでは、経済の急成長に伴い、全国 888 の都市圏における人口（都市人口）は約 3,670 万人を超え人口の約 37%を占めるなど都市化が急速に進んでおり、この急速な都市化に排水インフラの建設が追い付いていないことが要因に挙げられる。ベトナム国内では、現在、43 の集中都市廃水処理施設が稼働しており、総設計容量は 926,000 m³/日であるが、依然として全国的に廃水処理のための技術的インフラが不足しており、適正に処理される廃水の割合は、総排水量のわずかに約 13%にとどまっている（建設省 2022 年）。また、下水処理施設の建設が進むホーチミン市においても、都市活動に伴う排水量約 1,579,000m³に対し、市内の 3 か所の処理場（ビンフンフェーズ 1、ビンフンホア、タムルオン-ベンキャット）の処理能力の合計は 302,000m³/日（約 19.1%）であり、こうした排水処理のための技術的インフラの不足が、河川、運河、池、湖などの水域の深刻な汚染の原因となっている。

② 分散型排水処理技術の不足

上述のとおり、ベトナムにおける公共下水道の整備は遅れている状況であるが、国内では、分散型のトイレ排水の処理施設であるセプティックタンクが広く普及している。現在、各住戸にセプティックタンクの設置が義務づけられていることもあり、その設置率は約 90%に達している。しかしながら、セプティックタンクは、処理能力を維持するために汚泥の定期的な引き抜きを行わなければならないが、多くのケースでこの維持管理が適切に行われていないことにより、処理能力が低下し、処理が不十分な排水が周囲の土壌や公共水域に染み出すという問題を起こしている。また、セプティックタンクは原則、トイレ排水の処理のみに使用されており、生活雑排水についてはほぼ未処理の状態

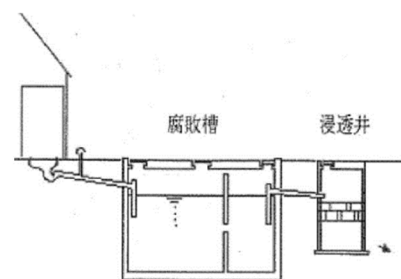


図 1-3 セプティックタンクの一例

の状態に公共水域に放流されている状況にある。

その他、一部、高級住宅街などを中心に日本式の浄化槽の導入も始まっているが、一戸あたり 100~200USD 程度といわれるセプティックタンクに比べて、導入費用や維持費用が高額であることや、同様に定期的な汚泥の引き抜きの手間が必要であることから、一般の住宅への普及は難しい状況にある。

人口が密集する都市中心部においては、生活排水を下水処理場に集約して処理する集中型の排水処理が効果的である一方、都市近郊や人口密度が比較的低い地域では、このような分散型の処理施設が有効であるといえるが、現時点では、ベトナム国内において、持続可能で有効な分散型排水処理技術が不足しており、公共水域の水質汚濁の原因の一つとなっている。

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

ベトナムでは、共産党政治局が党の最高意思決定機関として、10 年ごとの国家の基本方針・方向性及び人事を決定し、政府がそれに基づいた政策の実施計画を 5 年ごとに策定している。

2021 年 1 月の共産党大会において、今後 10 年間の党と国家の方針となる「社会経済発展 10 ヵ年計画（2021~2030 年）」が採択され、2030 年までに近代的工業を有する上位中所得国となり、さ

らに 2045 年までに高所得の先進国となるといった野心的な目標を掲げている。社会主義市場経済の質的改善や高度人材の育成、交通・エネルギー・デジタル・都市・気候変動対応といったインフラ整備に注力するとしており、優先分野として、経済、社会に加え、環境を 3 つの柱の一つに位置付けている。

同 10 ヶ年戦略に基づき、政府が策定した「**社会経済発展 5 カ年計画 (2021~25)**」においては、経済、社会、環境面での指標を定めており、環境面では以下の指標を定めている。

- ・ 集中型給水システムを通じて清潔な水にアクセスできる都市住民の割合は 95~100%、農村住民の割合は 93~95%とする。
- ・ 都市部の日常生活における固形廃棄物の収集・処理の割合を 90%とする。
- ・ 環境標準を満たす集中型排水処理システムが整備された工業団地・輸出加工区の割合を 92%とする。
- ・ 深刻な環境汚染を引き起こす事業所は完全撤廃。
- ・ 森林被覆率は 42%を維持。

さらに、解決すべき課題として 12 の課題を挙げており、その中の「自然災害の積極的予防、気候変動への適応のための資源管理と環境保護の強化」では、自然生態系の保護、自然と生物多様性保全のための持続可能な開発、グリーン経済モデル・循環経済・低炭素経済の形成が解決策として挙げられるなど、環境保全への対策に重点が置かれている。

(2) 政策

ベトナム政府は、2016 年に首相決定 589 号として、「**2025 年までの都市部および工業団地の排水開発計画と 2050 年に向けたビジョン**」を策定し、その中で、2025 年までに、グレード II (人口 20 万人以上など) 以上の都市において総排水量の 50%、グレード V (人口 4,000 人以上など) 以上の都市において同 20%以上を収集し、技術基準及び規制を満たすよう処理してから排出することを目標と設定し、さらに 2050 年までには、都市計画と排水システムが同期され、都市部における浸水を廃絶し、すべての排水が水源に排出される前に技術基準を満たすよう処理することを目指している。

上記目標達成に向けた対策としては以下の 8 分野が挙げられている。

- ・ 排水分野のメカニズム、政策の策定
- ・ 排水システム開発の計画、企画
- ・ 排水システム開発への投資
- ・ 排水処理に関する技術開発研究
- ・ 人材開発
- ・ 排水管理組織の構築
- ・ 教育と情報伝達
- ・ 国際協力

同排水開発計画はベトナム建設省が責任機関となり、計画の実施にあたっては、中央所轄都市および各省の人民委員会が具体的なプログラムと計画を策定し実施することとしている。

また、2021 年 10 月に発表された「**2050 年に向けた 2021 年から 2030 年までの国家グリーン成長**

戦略（首相決定 1658 号）」においては、「人々のライフスタイルのグリーン化と持続可能な消費の促進」を4つの具体的な目標のうちの一つに掲げており、その中で、2030年までに大都市における都市廃水の収集・処理率を50%以上とすることを目標に定めている。

（3）法令等

① 環境保護法（Law on Environmental Protection: Law No. 72/2020/QH14）

本法律はベトナム国における環境保護に関する基本法であり、1994年に施行され、その後2005年、2014年、2020年の3回にわたり改訂されている。

同法の第2章にて水環境（地表水、地下水、海洋）の保護について記載されており、地表水の環境保護活動の内容やそれに対する天然資源環境省や地方の人民委員会の責任（第8条）、地表水の水質管理計画の必要性とその内容について規定されている（第9条）。また、2020年の改定により、初めて排水に係る規制内容の厳格化や罰則の強化が盛り込まれており、水質改善への取り組みを進めている。罰則については、「環境保護分野における行政違反に対する制裁に関する政府議定（Decree No.45/2022/ND-CP）」において、排水の汚濁レベルと排出量に応じて詳細に定められている。

② 排水及び排水処理に関する政府議定（Decree No. 80/2014/ND-CP）

本政令は、都市部や工業団地、農村部における排水活動と排水処理について、さらには排水および排水処理に関わる活動に従事する個人や世帯、企業などの責任について定めている。集中型の下処理システムに加えて、提案技術が対象とする分散型排水処理に関しても、住宅地や市場、学校、リゾート、村落などを含む、土地や地形によって集中排水システムへの接続が困難なエリアについて、分散型排水処理の導入が可能である旨規定されている（第23条）。また、下水汚泥についても、下水汚泥を分類して管理し、適切な処理技術によって処理・処分することが定められている（第25条）。

3. 当該開発課題に関連する我が国の国別開発協力方針

本事業では、自然と調和し生態系機能を活用した浄化システムの導入により、生活排水や産業（養殖等）排水による汚染が進むベトナム都市部の湖沼水質および周辺住民の生活環境改善への貢献を目指すとともに、地域本来の生態系の保護・回復にも寄与するものである。

上記開発課題は、それぞれ、「対ベトナム国別開発協力方針」、「事業展開計画」における以下の分野・課題に合致する。

表 1-1 国別開発協力方針への適合性

開発協力方針	内容
重点分野（中目標）	重点分野2：脆弱性への対応（成長の負の側面への対応）
開発課題（小目標）	開発課題2-1：気候変動・災害・環境破壊等の脅威への対応
関連する協力プログラム	都市環境管理プログラム
プログラムの概要	上下水道等の施設整備、水質汚濁及び廃棄物や大気汚染等の都市環境問題への対応を支援する

関連プログラムとの連携可能性	下水道整備だけでは対応できない汚濁源に対して、本提案技術である干満式人工湿地による水質浄化システムの導入により、下水処理のエリアを補完しあうことが期待できる。
----------------	---

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

急速な都市化・工業化に伴い水質汚濁等の環境問題が顕著化するベトナム国では、開発協力支援として、これまでに都市部を中心に、以下の下水道整備に関する ODA 事業が実施されてきている。

表 1-2 排水処理分野における我が国 ODA の先行事例

事業名	事業スキーム	期間等
下水道計画・実施能力強化支援技術協力プロジェクト	技術協力プロジェクト	2016年1月～2019年5月
第2期ホーチミン市水環境改善計画(3)	有償資金協力	2016年5月 借款契約調印
ハノイ市エンサ下水道整備計画(I)	有償資金協力	2013年3月 借款契約調印
ハイフォン都市環境改善計画(I)	有償資金協力	2005年3月 借款契約調印
南部ビンズオン省水環境改善計画(フェーズ2)	有償資金協力	2012年3月 借款契約調印
フエ市水環境改善計画	有償資金協力	2008年3月 借款契約締結
ビエンホア市下水排水計画(第1ステージ)	有償資金協力	2017年8月 借款契約締結
ハロン市水環境改善計画(E/S)	有償資金協力	2015年7月 借款契約締結
クアンニン省ハロン湾地域のグリーン成長推進プロジェクト	技術協力プロジェクト	2016年11月～2019年11月
ハイフォン市アンズオン浄水場改善計画	無償資金協力	2016年2月 贈与契約締結
ホイアン市日本橋地域水質改善計画	無償資金協力	2015年12月 贈与契約締結
流域水環境管理能力向上プロジェクト	技術協力プロジェクト	2015年11月～2019年5月

(2) 他ドナーの先行事例分析

世界銀行は、2018年から2022年を対象とした対ベトナム「カンントリー・パートナーシップ・フレームワーク」において、都市水環境の改善を三つの重点分野の一つである「環境持続性及び弾力性の確保」の中に位置づけており、これまでも複数の省・市において下水道整備事業を実施して

いる。また、アジア 開発銀行は、2016 年から 2020 年を対象とした「カントリー・パートナーシップ・ストラテジー」において、環境持続可能性の促進と気候変動に対する対応 を三つの柱の一つとして掲げており、都市化に伴う環境負荷の軽減、及び将来的な民間参入の促進を視野に入れた上水供給・下水処理に係るインフラ整備と上下水道事業者の体制強化に重点を置いている。

第2. 提案法人、製品・技術

1. 提案法人の概要

(1) 企業情報

① 株式会社ウエスコ

- ・ 代表取締役社長： 北村彰秀
- ・ 所在地： 岡山県岡山市北区島田本町2丁目5番35号
- ・ 設立年月日： 1970年9月21日
- ・ 資本金： 1億円
- ・ 事業内容： 代表企業であるウエスコは、道路・鉄道・橋・港湾・空港などの交通インフラや、電気・上下水道などのライフライン、ダムや堤防・防波堤などの防災施設などの「社会資本」の整備において、主に官公庁などの公的機関から委託を受け、計画・調査・設計・施工管理・運営に関わる技術的なコンサルティングを行っている。特徴として、川や森林の自然再生や農村環境整備など、生態系サービスを活かしたインフラ整備を強みとしている。
- ・ Webサイト： <https://www.wesco.co.jp/>

② 株式会社安井建築設計事務所

- ・ 代表取締役社長： 佐野吉彦
- ・ 所在地： 大阪府大阪市中央区島町2丁目4番7号
- ・ 設立年月日： 1924年4月1日
- ・ 資本金： 8,000万円
- ・ 事業内容： 共同事業者である安井建築設計事務所は、官公庁及び民間の様々な建築物の設計監理業務を主として、そのほか建築に関連する都市計画、BIMコンサルタント、環境デザイン、ファシリティデザインなどの事業を行い、良好な社会資本の整備に貢献している。また、海外外拠点として、現地法人 Yasui Sekkei Vietnam と、台湾事務所、ホーチミン事務所を有しており、中国及びアジア各国で建築設計業務を実施している。
- ・ Webサイト： <https://www.yasui-archi.co.jp/>

(2) 海外ビジネス展開の位置づけ

① 経営方針における海外ビジネス展開の位置づけ

株式会社ウエスコ、及び株式会社安井建築設計事務所は、半世紀にわたって国内建設・建築分野における多様な社会インフラの整備に取り組んできたが、今後の国内需要の伸び悩み予測を踏まえ、より大きな市場規模をもつ海外に活路を求めることを中期経営計画の重点戦略と位置づけ、事業継続を行うことにしている。また、海外で実績を持つことで自社のブランドイメージが向上し、国内市場における事業拡大にも役立つと考えている。

② 提案技術に係る海外展開の目的

当社の独自技術である提案システムは、低い維持コストで優れた浄化機能を持つが、日本国内では、①水質保全にかかる資金的余裕があること、②家庭排水を公共水域に放流する際に下水道や浄化槽での処理が義務付けられているなどの理由により、現状では急速な普及拡大は難しい状況にある。一方で、維持管理に専門的技術やコストをほぼ必要としない提案システムは開発途上国でのニーズが大きく普及の可能性があると考え、当提案技術による海外展開を図るに至った。

当提案システムは、場の状況やニーズを踏まえたウエスコによる浄化スキームの計画と土木設計、それに安井建築による人にとって心地の良い空間デザインの融合によって形成されるオーダーメイドの設計・コンサルタントを売りとしている。導入ニーズの高い海外で経験を積み、実績を重ねることによる新たなアイデアやノウハウが両社の技術を進化させ、商品価値を高める。そのような異分野技術の融合、経験の積み重ねによる事業領域拡大も期待している。

③ 海外ビジネス展開の方針

水浄化事業が軌道に乗り一定の知名度を得た後には、同事業を足掛かりに、経済成長に伴い建設ラッシュが続くベトナム国での景観デザイン、建築設計、道路設計、河川設計、造成、測量、地盤調査、補償等の設計コンサル分野への事業拡大を図る予定である。昨今ベトナム国でも環境に配慮したグリーンビルディングの普及、生態系サービスを活用したグリーンシティ、環境にやさしいエコシティ等を目指す政策がつつぎつつぎに策定されている。当提案技術はそのようなグリーンインフラの一翼を担うものであり、それらはウエスコと安井建築がこれまでに培ってきたノウハウを最も活かせる分野である。さらに将来的には、ベトナム国での実績と経験を応用し、ベトナム国以外の開発途上国、新興国へもグリーン技術を活用し事業を展開していきたいと考えている。

2. 提案法人、製品・技術の概要

(1) 提案製品・技術の概要

① 技術の概要と特長

ア) 概要

提案技術は、自然の生態系機能を活用した干満式人工湿地による水質浄化システムである。干満により水位が変動する干潟の自然浄化システムを応用した技術であり、水質・水量や現地の地形条件等に合わせて、生物活動がより活発化するように施設の形状と通水方法をデザインすることで浄化機能が増し、人工湿地内の生物群集の営みが浄化能力を持続させ続ける。

メカニズムとして、人工湿地に流入した汚濁成分は、植生とろ材によって吸収・ろ過され、ろ材の内部に生息する土壌動物や微生物の働きにより分解される。

また独自開発の自動サイフォン装置¹により、人為的に人工湿地内の水位を変動させることで、湿地内の嫌気性処理と好気性処理の両方が行われ、従来の人工湿地と比べて高い浄化能力を発揮させることができる²。

¹ 独自開発の自動サイフォン装置の代替として電動水位センサーを使用することもできる。わずかな電力を必要とするが、その場合でも太陽光発電などで賄うことでノーカーボン、エコフレンドリーな運用を可能にすることができる。

² 複数の人工湿地（好気槽と嫌気槽）を組み合わせる必要がある従来型の伏流式人工湿地に比べて、敷地面積を約 1/5 に縮小することが可能となった。また、好気性菌と嫌気性菌が最も活発化するように満水時間と干水時間を最適な比率に制御することで、従来型に比べて約 10 倍（ラボ実証）の浄化性能を実現した。

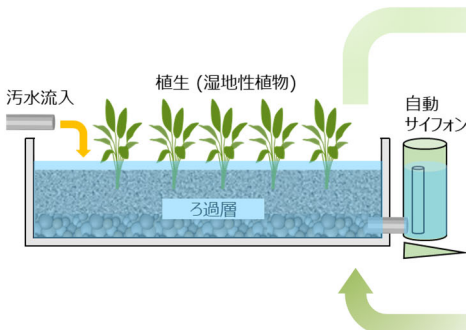
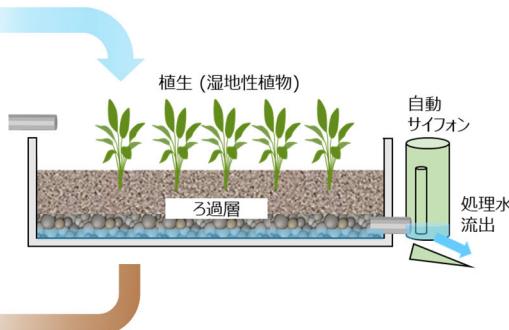
イ) 浄化の仕組み

干満式人工湿地は、表層にヨシなどの湿地性植物を植栽したろ床(砂利や炭等の多孔質素材の層)と汚水・処理水を送る配管、および湿地の水位をコントロールするサイフォン装置で構成される。

人工湿地内に流入した汚水はろ床に浸透し、浸透の過程で、ろ過作用や吸着作用により汚濁成分が分離・捕捉される。ろ床にたまった汚水・汚濁物質は、ろ材や水生植物の根圏に生息する微生物群によって分解される(嫌気処理)。

人工湿地内の汚水が一定の水位に達すると、サイフォンの働きにより、ろ過された湿地内の水が強制的に排出される。水位が下がっていく過程でろ床へと酸素が供給され、ろ材に付着した好気性微生物によって層内に残った有機物やアンモニアが分解される(好気処理)。

表 2-1 浄化の仕組み

汚水流入時 (嫌気処理)	流出時 (好気処理)
 <ol style="list-style-type: none"> 1) 流入した汚水は、ろ材が敷き詰められたろ床に浸透する 2) 汚濁成分は浸透の過程でろ床に貯留される 3) 汚水に満たされたろ床は酸素を失う 4) ろ材や植物の根圏で生息する嫌気性微生物がろ床内の汚濁成分を分解する 	 <ol style="list-style-type: none"> 1) 湿地内の汚水が一定水位を超えると、サイフォンの働きにより湿地内の水が一気に排出される 2) 水位が下がると、ろ床へ酸素が強制的に供給される 3) 排出時に汚濁成分はろ床内に残る 4) 好気性の微生物が、ろ床に残った汚濁物を分解する

これまでの説明で分かるように、当該浄化技術は薬品添加や部品交換を必要としない。また大きな電力を必要とする曝気装置も不要で、CO₂も排出しない。

また施設内では時間の経過に伴い、植生、動物群集、微生物群が発達することで、人工湿地の汚水処理能力は増し、浄化機能は安定する。同時に、自然界と同様の多面的機能を持つ生態系基盤(=グリーンインフラ)が形成されることから、地域本来の自然回復や景観形成(緑の創出)にも役立つ。また、極端な汚濁固形物の流入³などがなければ、長期において汚泥を除去する必要はない。

³ 固形物が多い場合は、人工湿地への汚水流入の前処理として固液分離槽を設置する場合もある。それにより人工湿地の目詰まりは防がれる。また固液分離槽を適切に設計することで、ろ過された固形物は好氣的に分解・消滅し、一方向的には堆積することはない。

ウ) 4つの特長

提案する水浄化システムは以下の特長を有している。

1

維持費が安い



- ・ 干満で強制曝気するため、電気代の大きい曝気装置は使用しない
- ・ 薬品を使用しない
- ・ 特殊なフィルターも購入しなくてよい
- ・ 施設を更新しなくても機能が低下しない（実績 20 年以上）

2

管理が楽である



- ・ 特殊な機械は使用せず、専門家による管理や点検は不要である
- ・ 汚泥成分は分解されるため、除去の必要がない
- ・ 管理は、植物の収穫と通水状況を時々確認する程度でよい

3

クリーンで省エネ



- ・ 温室効果ガスを排出しない
- ・ エネルギー消費の大きい曝気装置は使用しない
- ・ 化学薬品は使わず、生物活動が汚水を浄化する
- ・ 自然に定着した地域の生物の営みが、浄化機能を持続させ続ける

4

地域が幸せになる



- ・ 都市景観を改善する
- ・ 生活環境が改善し、健康被害が軽減される
- ・ 自分達で管理することで、自分達が出す汚物の処理過程に関心を持つ人が増える
- ・ 浄化施設で花卉や野菜を育てて、利益を上げることができる
- ・ 化学薬品を使わないので、養殖池の延命や回復につながる

② スペックと価格

ア) 従来型の人工湿地との比較

複数の人工湿地（好気槽と嫌気槽）を組み合わせる必要がある従来型の浸透流式人工湿地に比べて、提案する干満式人工湿地は敷地面積を 1/5 にコンパクト化することが可能である。また、技術協力者である日本大学の中野和典教授は、さらに人工湿地の重層化技術をこの干満式人工湿地技術に導入し、従来型の人工湿地と比べて敷地面積を約 1/10 にする手法を社会実装水準で開発しており（中野ら⁴）、従来型の人工湿地技術と比較して圧倒的な省面積化によるアドバンテージがある。これは、人工湿地の省エネルギー、省労力化のメリットを打ち消しかねない“広い面積を要する”という弱点が改善されたものであり、日本のみならず世界中の人工湿地技術と比較しても、普及・ビジネス展開において優位性をもつ。

イ) その他競合技術との比較

現状のベトナム国の水質汚濁における最大の原因のひとつは、経済成長・都市化に伴う家庭や商工業排水の増加とされている。本質的な課題解決には汚染源対策が必要になるが、ベトナム国内で競合するオンサイト型污水处理施設として、以下5つが挙げられる。

- ①小規模下水処理場（日本での呼称：農村集落排水施設）
- ②浄化槽
- ③セプティックタンク
- ④膜ろ過
- ⑤薬剤投入

以下では、上記①～⑤の競合技術と提案技術である干満式人工湿地とを比較する。

表 2-2 競合技術との比較

比較項目	提案技術	①小規模下水処理場	②浄化槽	③セプティックタンク	④膜ろ過	⑤薬剤投入
概要	人工湿地のろ過と湿地内の水位変動	凝縮沈殿、活性汚泥法（高度処理なし）	嫌気と強制曝気による好気の処理	嫌気性処理	細かい膜の穴で不純物除去	微生物製剤、殺藻剤等の投入
長所	薬剤、電気、汚泥引き抜き不要、生態系サービス、景観向上	安定した水質浄化と有機物の高い浄化能力	省スペースで有機物浄化能力高い	低コスト、ベトナム実績多い	膜の種類では塩分も除去できる	手軽、底質に施せば底質の改善もできる
短所	他と比べて広めの設置面積が必要	施設の建設と維持管理のコストが大きい	汚泥引抜、薬剤など業者の管理	浄化効果が小さい、汚泥引抜が必要	専門家による頻繁な保守が必要	地域固有の微生物相・生態系バランスを乱し、時に回復を不能とする
性能	○ BOD、SS、窒素、リン	◎ BOD高、SS	○ BOD、SSのみ	△ BOD低、SS	○ SS、プランクトン	○ BOD
初期費用（150人規模）	○ 約1,200万円（設計600万円、施工600万円）	× 約2,200万円（約1億円/700人規模）	○ 約2,000万円	◎ 約600万円（15万円/1基(3.6人)）	× 約2,000万円	◎ 基本は薬剤投入のみ
管理労力・コスト	◎ 通水確認、除草程度	× 薬剤、電気(曝気)、汚泥引抜、専門家の管理	△ 薬剤、電気(曝気)、汚泥引抜	△ 汚泥引抜	× 高圧エネルギー、汚泥除去	△ 薬剤投入の繰り返し

ウ) 競合技術の課題

ベトナム国内で使用される主なオンサイト型污水处理施設①～⑤との比較を表 2-2 に示した。

⁴ 鈴木援・谷口崇至・中野和典（2021）ろ床の重層化が多段型人工湿地の下水浄化性能に及ぼす影響、水環境学会誌, No.4, pp.85-93

①は高い浄化能力を持つが、高額な建設費用に加え、維持管理の手間とコストが大きい。②も曝気のための電気代がかかり、定期的な汚泥引抜や点検のための維持コストが生じる。③はベトナム国内でよく見られるが、タンク内の汚泥が適正に処理されずに機能不全になっているなどの問題が多い。④は建設費、維持費ともコストが大きく現実的でない。⑤は薬剤を使用する浄化手法自体が水質汚染の原因とされている。

工) 提案システムの強み

提案システムは高い浄化能力を持ちながらも環境負荷をかけない水質浄化技術で、汚泥処理や曝気等の電力が不要である等、管理の省力化や費用逓減が図れる点において上記①～⑤と比較して優位性が高い。提案システムの強みについて、もう少し詳しく述べる。

提案システム(干満式人工湿地)は、比較対象の①～⑤と比較すると必要な敷地面積は大きくなるが、窒素除去能を有することも含めて水質浄化のメリットは大きい。管理面においても、定期的な薬品の添加が不要で、曝気のための電力を使用しない、汚泥処理が不要ということからメリットが大きい。

スペックを一概に比較することは難しいが、温室効果ガスを排出しないグリーンインフラとして整備できるなど、環境負荷をかけずに多様な副次的効果を生み出すことから、上記①～⑤と比較して優位性が高い水質浄化システムといえる。

それだけでなく、提案システムでは汚泥脱水・分解をオンサイトで行うことが可能で、水処理工程に付随する廃棄物問題を解消させることもできる。下水道や浄化槽では、数カ月に一度の汚泥引抜・脱水(・焼却)まで行う必要がある。しかし、提案システムでは汚泥脱水に特化したろ床(汚泥分離ろ床)をシステム内に配置し、そこに住み着いた植物や土壌動物等によって分離した汚泥を分解させることができる。その実証実績として、小規模下水道の原水を扱う国内既往施設では、5年を超える長期にわたって汚泥除去を必要としていない⁵。

なお、提案技術;干満式人工湿地の稼働に必要なエネルギーは、水を輸送するためのポンプの駆動分が大半であり、そのエネルギーは汚水の流入量が日量 10m³ 程度の既設人工湿地なら約 0.3kWh/m³ の電力消費である⁶。これに対し、競合技術である 5~10 人槽の省エネ型浄化槽;前記②のエネルギー消費量は約 2kWh/m³ であり、比較すると提案技術は浄化槽の約 1/7 のエネルギー消費量になる。また、小規模下水道;前期①でも処理水量 300m³/d 未満では 1.3kWh/m³⁷ となり、人工湿地はその約 1/4 のエネルギー消費量で処理できていることになる。さらに浄化メカニズムが前記①、②と同様の養豚場の排水処理;活性汚泥法と比較すると消費電力は 1/20 以下になるとされる⁸。

⁵ 鈴木 援・谷口 崇至・中野 和典(2021) ろ床の重層化が多段型人工湿地の下水浄化性能に及ぼす影響、水環境学会誌, No.4, pp.85-93

⁶ 中野 和典 (2021), 機能性ろ材が多段型人工湿地の下水浄化性能に及ぼす影響, 土木学会論文集 G, Vol.77(7), III_61-III_69.

⁷ 濱田 知幸, 田中 裕大, 藤井 都弥子, 高村 和典 (2023), 小規模下水処理場のエネルギー使用量実態, 下水道協会誌, Vol.60(726), pp.132-140.

⁸ 辻 盛生ほか(2015) 鶏舎洗卵所排水に適用した間欠鉛直流式人工湿地の開始 3 年間の浄化効果, 水環境学会誌 Journal of Japan Society on Water Environment Vol.38, No.5, pp.149-157.

③ 導入実績など

ア) 導入実績

当社は国内において、提案システム（干満式人工湿地による水質浄化システム）の設計から施工、保守・点検までをトータルで提供しており、これまでは主に公共事業として地方自治体や水族館への導入実績を有している。技術協力機関である日本大学においては、東北地方を中心に公共、民間へと当該システムを導入している。

表 2-3 日本国内における導入実績一覧

No	発注者	事業概要	価格	事業者
1	大阪府豊中市	下水処理水の農地利用のための自然浄化施設の設計・整備	約 6,000 万円	株式会社ウエスコ
2	神戸市立須磨海浜水族園	干満式人工湿地による動物飼育水の浄化の展示と啓蒙活動	約 200 万円	株式会社ウエスコ
3	兵庫県神戸市	最終処分場滲出水の浄化のための人工湿地の設計・整備	約 1,000 万円	株式会社ウエスコ
4	日本大学	花壇型干満式人工湿地による学食排水の浄化	約 700 万円	日本大学
5	日本大学	地中埋め込み型干満式人工湿地によるメタン発酵消化液の浄化	約 1,500 万円	日本大学
6	東北大学	多段型干満式人工湿地による搾乳パーラー排水処理	約 1,500 万円	日本大学
7	日本大学	干満式人工湿地による下水原水の浄化@湖南浄化センター	約 800 万円	日本大学
8	松原キャンプ場	人工湿地による洗い場排水の浄化、及び浄化槽汚泥の乾燥湿地整備	約 80 万円	AW エンジニアリング株式会社
9	菊池医院	アクアポニック型花壇式人工湿地	約 50 万円 (No.4 の移設費)	日本大学
10	日本大学	仮設トイレ体型干満式人工湿地	約 250 万円	日本大学
11	日本大学	干満式人工湿地による公衆トイレ浄化小処理水の高度処理@葛尾村	約 250 万円	日本大学
12	民間 parkPFI	干満式人工湿地による池水の浄化	約 2,000 万円	日本大学

イ) 特許

- ・ 特許第 2020-028815 号 「水浄化システムおよび水浄化方法」
… 従来の人工湿地と比べて高い浄化性能・省スペース化を実現する「干満式人工湿地水浄化システム」
- ・ 特許第 2015-149783 号 「水質改善用の人工湿地」
… 電気を使用しない間欠送水システム;自動サイフォン装置を含む[人工湿地水質浄化システム]

ウ) 学術論文発表

- ・ 松下太郎・渡辺敏他 (2016) 水族園における水質浄化技術の開発と生物多様性の普及啓発, 応用生態工学会.

- ・ 松下太郎・渡辺敏他 (2017) タイダル (干満流) 方式による水質浄化の可能性と課題, 応用生態工学会.
- ・ 松下太郎・渡辺敏 (2018) 生態系を活用した下水処理水の窒素除去, 人工湿地シンポジウム.
- ・ 松下太郎・渡辺敏他 (2018) 生態系による窒素除去の持続性に関する考察, 応用生態工学会.
- ・ 渡辺敏・中野和典 (2016) 生態系の自然浄化機能の理解と活かし方, 第 20 回応用生態工学会全国大会自由集会.
- ・ 渡辺敏・中野和典 (2015) 自然の浄化機能を活かした水質浄化技術, 第 19 回応用生態工学会全国大会自由集会
- ・ 中野和典 (2010), 自然生態系の浄化機能の限界と応用 ～人工湿地を事例として～, 環境バイオテクノロジー学会誌, Vol.10 (2), pp.53-57.
- ・ Kazunori Nakamura, Kazunori Nakano et al. (2017) A novel design for a compact constructed wetland introducing multi-filtration layer coupled with subsurface superficial space, Ecological Engineering.
- ・ 中野和典他 (2017) 花壇型人工湿地による学生食堂排水の処理, 環境技術.
- ・ 中野和典 (2018) 重層型人工湿地の導入による既存污水处理施設のグリーンインフラ化, 用水と排水.
- ・ 中野和典 (2020) 曝気に依存しない人工湿地による下水処理のグリーン化, 月刊下水道.
- ・ 鈴木援・谷口崇至・中野和典 (2021) ろ床の重層化が多段型人工湿地の下水浄化性能に及ぼす影響, 水環境学会誌.
- ・ 中野和典・鈴木援・谷口崇至 (2021) 機能性ろ材が多段型人工湿地の下水浄化性能に及ぼす影響, 土木学会論文集 G (環境) .

ほか多数

④ 処理能力

ア) 処理水量

既設提案技術の処理水量の範囲を、競合技術である小規模下水処理場及び浄化槽のそれと合わせて図 2-1 に示す。小規模下水処理場の処理水量は日本で一般的とされるオキシデーションディッチ法の水量^{*1}を基に作成した。浄化槽の処理水量は、ベトナムで 2011～2015 年にかけて設置された浄化槽の報告⁹による。

既設提案技術の処理水量の範囲は、ベトナムで設置された浄化槽（5 人槽から集落排水施設規模）及び小規模下水道の範囲までを網羅しており、水量に関係なく処理が可能であることが実証されている（図 2-1）。

⁹ JICA (2016) ベトナム国浄化槽維持・管理技術の導入による生活排水処理水準の向上に向けた案件化調査

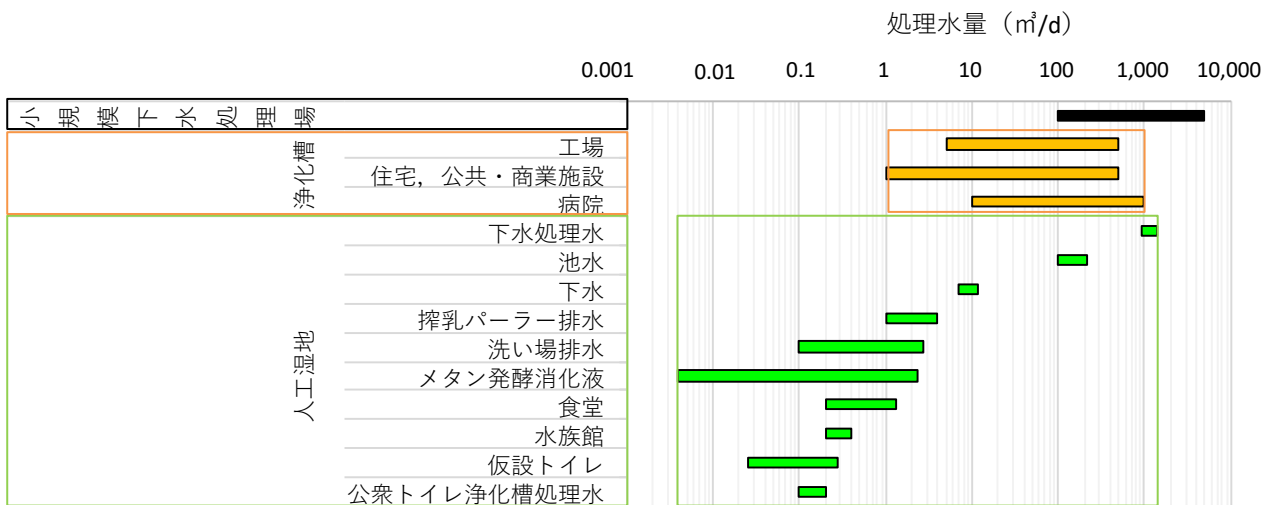


図 2-1 既設提案技術と競合技術の処理水量

イ) 処理水質

ベトナム国の生活排水や産業排水に対しては、それぞれ異なる排水基準が設けられている。既設の提案技術による処理水質について、ベトナム国で設定された基準との比較により説明する。

【生活排水の処理施設の場合】

生活排水処理施設の放流水の排水基準は以下のように規定されている（生活排水：QCVN14）。

$$C_{max} = C \times K$$

ここで BOD₅ の計算基準濃度 C は、受け入れ水域の生活用水への利用の有無によって異なり、生活用水として利用される水域 A に対しては 30mg-BOD/L、利用されていない水域 B では 50mg-BOD/L になる。これに施設規模の係数 K （小規模施設 1.2，大規模施設 1.0）がかかることで、現場ごとの最大許容濃度 C_{max} が決定される。本事業の主たる対象地域は都市内の河川や湖沼等の公共水域やそこに接続し水産養殖等に利用される水域であり、生活用水としての使用はほとんどないため、類型化された係数は水域 B のもの（計算基準濃度 $C=50\text{mg-BOD/L}$ ）が妥当と判断できる。

これまで日本において設置し稼働させてきた既設人工湿地施設の処理水 BOD 濃度を図 2-2 に示す。なお、生活排水を処理するこれらの施設は全て小規模施設 ($K=1.2$) であり、 C_{max} は 60mg-BOD/L となる ($C_{max} = C; 50\text{mg} \cdot \text{BOD/L} \times K; 1.2 = 60\text{mg} \cdot \text{BOD/L}$)。図 2-2 に示すように、生活排水に係る既設提案技術の BOD 処理性能はベトナム国の基準をすべて満たしている。

大規模なシステムの場合、 K が 1.0 で、 C_{max} は 50mg-BOD/L と小規模システムよりも基準が厳しくなるが、この場合でも既存の実績においては基準をクリアできている。このことは、ベトナム国において、処理性能を維持したまま提案システムの大規模化を図ることが可能なことを意味している。また、それぞれの現場の条件と要求に合わせて設計する提案システムは現地適用性が高いことから、生活排水の処理における水質での導入課題は小さいと考える。

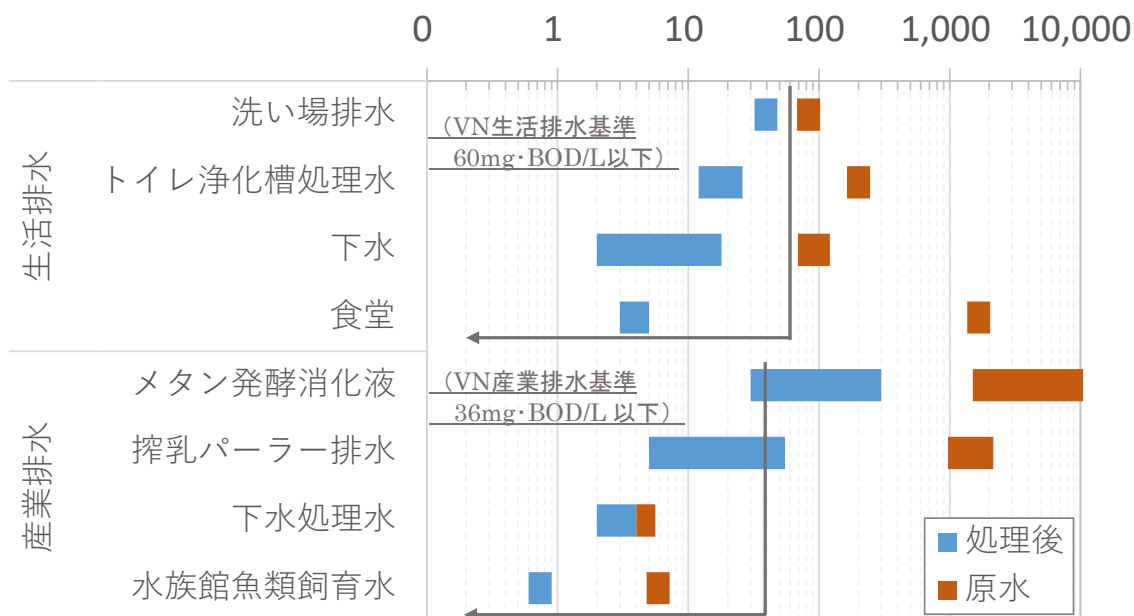


図 2-2 既設提案技術による BOD 濃度の浄化結果

【産業排水の処理施設の場合】

産業排水処理の人工湿地の場合、放流水の最大許容濃度は以下の式で決定される。

$$C_{max} = C \times K_q \times K_f$$

ここで、計算基準濃度 C は生活排水と同様である。係数 K_q は放流水の受け入れ水域の流量係数であり、年内の最小 3 カ月間の流量を元に与えられ、都市域の池湖沼のような閉鎖性水域に対しては 0.6、河川・水路・運河においては 0.9 が最小である。その際に、たとえばハノイ市近傍の最大河川である紅河は最大 9,000 m³/s を超える流量に達するが、最小 25 m³/s まで低下することがある¹⁰ことから、事業において採用する係数は 0.6 が妥当と判断した。

係数 K_f は排出源の流量係数である。事業において対象とするのは、最大規模において小規模下水処理場水準の水量 5,000 m³/d とするが、これは毎秒流量で 0.058 m³/s であり、流量係数の範囲のうち最小 (≦50 m³/s) に該当するため、係数 K_f は 1.2 になる。したがって、非生活利用の池湖沼に放流される施設の最大許容 BOD は 36mg・BOD/L となる ($C_{max} = C; 50\text{mg} \cdot \text{BOD/L} \times K_q; 0.6 \times K_f; 1.2 = 36\text{mg} \cdot \text{BOD/L}$)。

以上の基準をふまえた上で図 2-2 を参照すれば、既存の提案技術の実証浄化能力として、メタン発酵消化液を除いては、ベトナム国の基準をクリアすることが可能といえる。

以上のように、日本での既設提案技術の浄化実績は、生活排水、産業排水ともにベトナム国の基準をクリアする水準に達している。

留意すべきは、日本にはないベトナム国の雨季のような多雨の時期の透水性の確保や、日本国内と同等の処理性能を確保できるろ材調達が可能であるかといった点であり、この点については次節 3. (1)②で検討した結果を述べる。

¹⁰ 春山成子, 船引彩子, ルー・バン・ティム (2003), Landform and Flood in the Northern Part of Red River Plain, Water Science, Vol.47(5), pp. 50-55.

(2) ターゲット市場

ア) 日本国内の市場

前で述べたように、当社が提案する浄化システム（干満式人工湿地）は、維持コストが小さく優れた浄化性能を持つ。さらに従来型の人工湿地技術と比較して、必要な敷地面積が約 1/10 という圧倒的な面積の優位性があることから、提案技術の適用可能な範囲は拡大する。また、提案システムは下水の原水の処理も可能で、日本国内のその実装施設では 5 年を超える運用実績も積んでいることから技術的信頼性も高まっているが、下水については、現状における国内の法規制による導入制限があるため、急速な普及は難しい状況にある。

しかし一方で、日本国内においても、①人口減少¹¹、②政府の投資力の低下¹²といった課題、③持続可能な国土の形成¹³といった目標を踏まえれば、当社が提案する浄化システムの国内市場は拡大すると予測している。すなわち、人口減少に伴い使われていない土地は増加し、提案システムの唯一の弱点であった敷地条件の制約が緩和される。また、投資余力の低下に伴う地方の経済的困窮は、既存下水処理システムの更新を困難にし、維持コストの小さい提案システムの需要は増大すると考える。また、提案システムは大きなエネルギーや化学薬品を必要とせず、生態サービスを活用したグリーンインフラとして整備できることから、持続可能な国土形成に貢献できる。つまり、今後近い将来において、提案システムの国内需要は高まると考えている。

イ) 対象国への展開

例えば、ベトナムと同様の政治・社会体制を持つ中国では、地方都市での極端な環境汚染を改善できないまま高齢化社会に直面し、日本よりも急速な上記①人口減少、②政府の投資力低下が進行したためグリーンインフラの採用が至上命題となっているとの報道が近年散見される。

そのような事例からも、ベトナムでも特に地方では、グリーンインフラ整備の要求が国全体の経済成長とは関係なく高まる可能性があり、提案システムのような持続可能なインフラ技術への需要は、長期的かつ広域において継続すると考える。

ウ) ビジネス展開の上での本技術の位置づけと優位性

以上は希望的観測の域を超えないが、上記ア) 項で述べた①～③の課題や目標を考慮すれば、進むべき方向性に間違いはないと考える。加えて、提案システムの機能・効用は、汚水処理に限らず、地域の景観向上や生態系の回復、食物や花卉の生産にも役立ち、さらには水資源利用や住みたくなる地域づくり、またそのような環境啓発にも役立つことから、これからのニーズやマーケットは広がる。

¹¹ たとえば、庵功雄（2020）やさしい日本語 多文化共生社会へ：日本の総人口は 2005 年から減少に転じており、2050 年には一億人を割り、2060 年には 9,000 万人を切ると予測されている。都道府県別にみても既に 38 都道府県で人口減少は始まっており、2025 年以降は全ての都道府県が人口減少となる。特に地方部においては人口減少の問題は深刻である。ある調査（広井良典 2008 土地・住宅政策に関する全国自治体へのアンケート調査）によると、人口規模の小さい市町村ほど「空き地の増加」が最大の課題になっている。すなわち近い将来の使われていない土地の増加は問題視され、その有効活用が課題になると予測できる。（一部加筆）

¹² たとえば、広井良典（2011）創造的福祉社会：人口減少が経済力の低下に直結するかについては議論の余地があるが、今の日本国内ではこの先少なくとも 40 年間は生産年齢人口がかなりの速度で減少し続けると予測されている（2020 年;6,600 万人→2060 年;3,850 万人）。さらには全国の 1,800 ある市区町村のうち、半数近くが 2040 年には人口が 1 万人を割り込み消滅可能性都市になるとされる。すなわち地方経済は疲弊し、これまで強調されてきた生産性重視の下水処理システムを維持、更新することは困難になる。そして今、お金や物に溢れる時代（いわゆる生産過剰）から、自然、コミュニティ等に関する人々の欲求や関心が生成されつつあり、労働生産性から環境効率性へとシフトさせるような政策が求められている。（一部加筆）

¹³ 国土形成計画，平成 27 年 8 月閣議決定：国土の適切な管理による安全・安心で持続可能な国土の形成への対応策として、グリーンインフラの推進が盛り込まれている。

提案システムの導入では、自分たちの営みによる汚水が排出された場所で、現地のヒト自らがその処理にかかわり、汚濁の発生原因と処理に関する情報を知ったうえで行動を変え、決定することができるようになる。生活排水は行政が対応するもの、下水処理施設に任せるものとだと考えるようになっていくであろう新興国において、提案システムはそのような分断され壊れた関係に対処し、本質的で根本的な課題解決への道筋を与える可能性が秘められている。そういう意味においても、今後ニーズが途絶えることが無い。

なお、当提案システムにかかる国内特許は、技術開発の協力者である日本大学の中野和典氏が有することからも、日本国内においてはより優位に市場開拓を進めることができると考えている。

3. 提案製品・技術の現地適合性

(1) 現地適合性確認方法

本項では、①現地汚濁水域の調査及び、②現地ろ材選定のための室内実験の方法を述べる。

① 現地汚濁水域の調査

ベトナム国内では現地の水質汚濁状況を確認するため、主にはハノイ市及びホーチミン市において、DONRE、VEA、NIAPP等の紹介により16湖沼（ダムセン公園及び養殖池4箇所を含む）、河川1か所、養豚場2か所、集落排水1か所を視察した。視察の際は、紹介者を通じて現地管理者からヒアリングを行うと共に、写真撮影、簡易水質計やパックテストによる水質の確認を行った。現地に提案技術を適用可能かについては、敷地条件の確認や汚染源の観察等により判定した。なお、現地ろ材の選定のための室内実験や実証計画のための水質調査については、ハノイ土木大学や現地水質検査機関を活用し、我々の現地調査とは別日に現地採水のうえ、屋内試験室により、精度の高い水質分析を行った。



② 現地ろ材選定のための室内実験

ア) 室内実験の必要性

人工湿地で使用するろ材は現地で調達する方針を持つ。特殊なろ材ではなく、現地で普遍的に存在し調達しやすいもの（現地で廃棄物とされるがろ材として有効なものを含む）を使用し、提案システムがより受け入れられやすく、より広く普及することを望んでいる。その際、これまで日本で使用してきたろ材と現地のろ材では、性質の違いがあることに留意しなければならない。たとえば、川砂でも流域の地質や河川勾配によって粒度組成が異なる。色や臭いの除去に有効な木炭にしても、素材や作り方によって性状に違いが発生する。そのため、ろ材に現地素材を使用する場合は、ろ過、吸着、透水性等について事前に検証しておくことが不可欠となる。

さらに、対象とする汚水について、ろ材の透水速度や物理的反応は、排水の固形分や懸濁分の

割合、性質に強く影響される。そのため、日本とは汚水性状が異なるかもしれない現地の汚水を用いて、室内実験によりその応答を予め検証しておくこととした。

イ) 実験協力機関の選定

以下を理由として、ハノイ土木大学を室内実験の現地再委託先として選定した。

提案する干満式人工湿地はベトナム国内に未だ存在しないものであり、今後のビジネス展開を図る上では水質浄化への効果を科学的に説明する必要がある。ハノイ土木大学は当技術に学術的な関心を寄せており、同大学の研究室が実験を行い、同大学の今後の研究成果として活用していくことが、当事業の有効性について現地の科学的な信頼を伴わせながら進めていく上で効果的となる。

また、本実験は、現地で調達できるろ材を用いて人工湿地システムを製作するものであり、人工湿地に関する科学的・技術的な深い理解が必須となる。ハノイ土木大学はベトナム国内で建設・土木系の最高峰の国立大学であり、環境科学工学研究所の LEU THO BACH 准教授は人工湿地を活用した水の浄化に関する研究に 20 年以上取り組み、複数の研究論文も発表している。同教授は、ベトナム環境総局 (Vietnam Environment Administration) 傘下の CECT (Center for Environment Consultancy and Technology) が実施するベトナム全土を対象にした水質調査事業にも参画している。

ウ) 実験概要

室内実験は以下 3 つの Phase に従い実施した。

Phase1 : 人工湿地ろ床のろ材別透水性評価と分析

Phase2 : 人工湿地ろ床のろ材別ろ過性能の評価と分析

Phase3 : 活性炭色度溶出試験と溶出量許容可能な条件の推定

Phase 1 では、透水性を評価することで実証施設の構造やサイズを決定するパラメータの収集を行った。たとえば、ろ床上に自由水面が常時出現すると、ろ床上で藻類が繁殖し悪臭の発生源となる等のネガティブな現状が起こるため、そうした状況が発生しない条件を推定した。Phase 2 では、Phase 1 の結果と Phase 2 で得たろ材別のろ過性能の結果とを併せて考察し、実証施設のろ床構造に必要な知見を構築することを目的とした¹⁴。Phase 3 では、ろ材候補の 1 つとした活性炭を人工湿地に投入する場合、運用した初期段階において処理水を着色する可能性が示唆されたため¹⁵、その影響の定量化と経時的な変化を把握した。

エ) 室内実験で使用する各ろ材、及び供試体（複数の汚濁水）を選定するに至った理由

実験では図 2-3 に示した 5 種類のろ材を用いた。図 2-3 のろ材のうち、A と B はろ材として日本でも人工湿地で使用している資材である。ろ材としての基本的な特徴は日本とベトナムではほぼ相違がない。一方、C、D、E はベトナム固有の特長を持った多孔性資材であり、ろ材としては表面に無数の微小な穴が存在することで比表面積が大きく、A や B と比較して沈殿・吸着効果が高

¹⁴ ろ床の「透水性」は汚水中の固形分・懸濁分の除去と関係があることが知られており、ろ床に汚水を浸透させる量に依存して変化する。また、「ろ過性能」も透水性によって変化する。そのため、透水性とろ過性能を正確に評価するには、ろ過性能と透水性を分離して実験する必要がある。そこで実験は透水性とろ過性能それぞれについて 2 つのフェイズに分けて行うこととした。

¹⁵ フェイズ 2 において、活性炭からの色度溶出がみられたため、補足的にフェイズ 3 として追加実験を行った。

いと想定し選定した資材である。

A、Bは地域固有の物理化学的特性を持たないことから、同じ粒径や粒度分布であれば、日本の川砂・珪砂とほぼ同じ性質をもつとみなすことが出来る。そのため、A、Bは日本で使用されるろ材と性能を比較しやすい標準ろ材と位置づけた。

Cはベトナム国で農業生産され、多量に廃棄が生じるココナッツ殻を元にしたバイオ炭である。吸着資材として活用が出来るだけでなく、ろ材使用による炭素貯留効果も評価される。

Dはいわゆる現地の造礁サンゴ由来の自然素材であるが、アクアリウムろ過材として一般的に流通する資材であり、多孔性でカルシウムやマグネシウムを含んでいる¹⁶。そのため、溶存態リン酸を化学沈殿する共役酸として期待ができる。

Eの焼粘土は現地でアクアリウムろ過材として一般的に流通する人工資材である。



図 2-3 実験で使用した 5 種類のろ材

オ) 実験方法

【実験装置】

実験 Phase1, 2 で使用した装置の構造を図 2-5 に示す。上記ろ材 5 種を実験装置にセットした状況を図 2-4 に示す。

¹⁶ 藤村弘行 (2016)、サンゴ礁の化学、化学教育、Vol.64 (11)、pp.560-563 ; 渡邊剛、島村道代、山崎敦子 (2007)、造礁サンゴの骨格構造と化学組成、地質ニュース、Vol.632、pp.29-34



図 2-4 ろ材選定のための室内実験装置

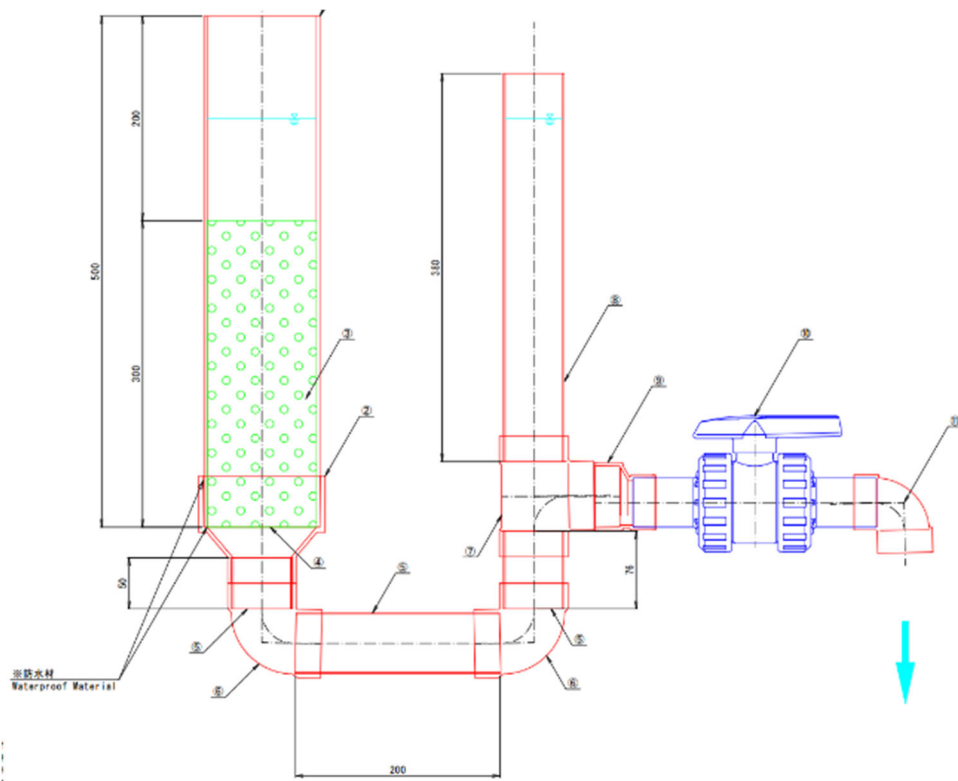
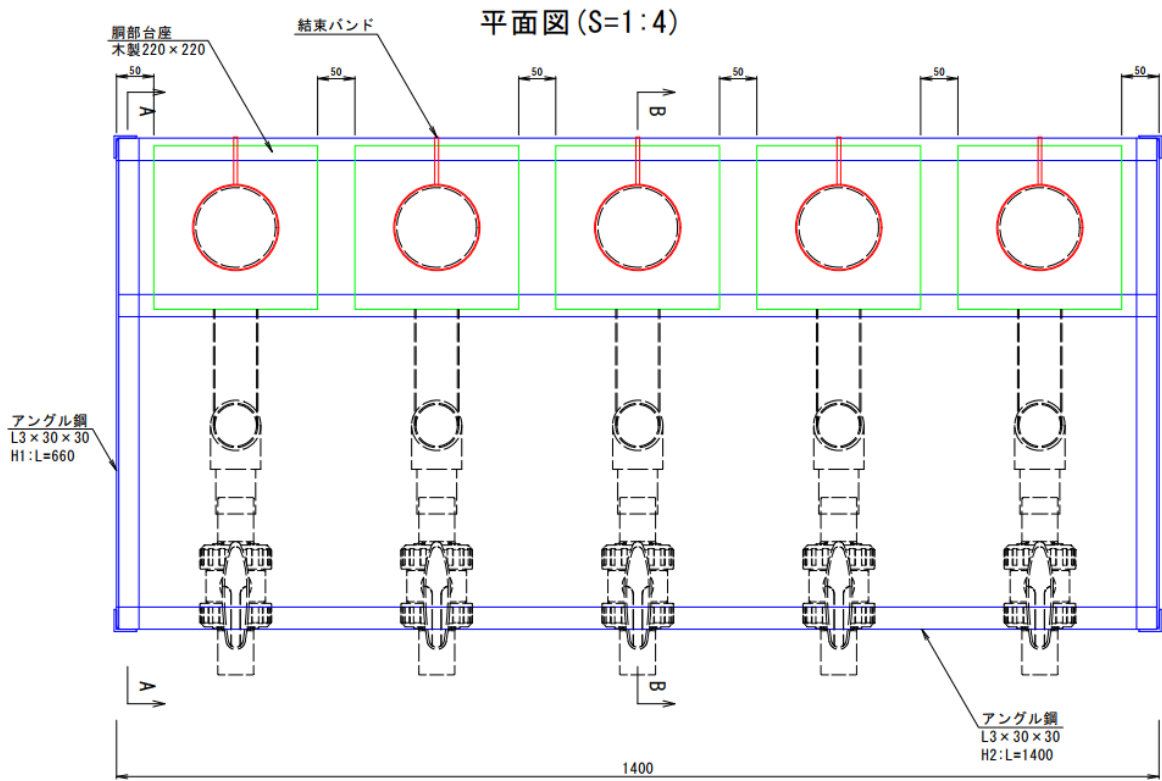


図 2-5 実験装置の構造

【ろ材物性 (Phase1)】

表 2-4 に各ろ材の嵩密度と空隙率、透水係数の測定方法を示す。透水係数の測定は定水位透水試験により行った。ただし、ろ材 D.サンゴは透水性が高く測定が出来なかったため、変水位透水試験と画像解析を組み合わせ測定した。

表 2-4 実験で使用したろ材の基本的な物性

ろ材	嵩密度 (kg/m ³)	空隙率 (m ³ -void/m ³ -Bed)	透水係数測定方法
A 川砂	1,311	0.14	定水位
B 珪砂	1,290	0.52	定水位
C ココナッツ殻原料活性炭	467	0.64	定水位
D サンゴ	635	0.76	変水位・画像解析
E 焼粘土	553	0.53	定水位

【ろ過実験のための供試排水 (Phase2)】

本実験では、池湖沼を代表して Bay Mau 湖、河川水を代表して To Lich 川、生活排水を代表してハノイ土木大学 (HUCE) の汚水柵;セプティックタンクからサンプリングを行い、それぞれ供試排水とした。水質項目は TOC、SS、TN、NH₄⁺-N、TP を測定した。なお、有機物の測定は TOC で行い、測定値に 3 を掛けることで COD (Chemical Oxygen Demand) に変換した¹⁷。



図 2-6 ろ過実験のための供試排水の採水地点

【ろ過実験の方法 (Phase2)】

室内実験では、生物反応のような長期的なプロセスの評価ではなく、ろ材のふるい効果・沈殿効果といった短期的ろ過性能を評価する。この場合、ろ材の処理性能の違いが不明瞭となることが想定されるため、処理時間を出来るだけ長く取ることにした。処理時間の最大は生活排水を処理する人工湿地の流入条件の最大値 (制限) の指標となる。人工湿地では投入頻度が少ないほど

¹⁷ 藤井ら、CODCr 測定及び利用に関する 2,3 の知見、水質汚濁研究、Vol.10(10)、pp.631-634」を参考

処理時間が長く確保できるが、生活排水は毎日汚水が排水されるため、人工湿地への流入頻度は1日1回まで引き延ばすのが限度である。また、ろ材空隙率0.76のろ床（実験カラムろ床面積85cm²×厚さ30cm）を完全に飽和させるには約2L必要であることから、実験ではろ床投入水量を2Lとし、1日後の処理水を採水・分析することでろ材それぞれの処理性能を評価した。

【溶出実験の方法（Phase3）】

サンプリング回ごとに準備した三角フラスコにそれぞれ10gの活性炭を入れ、投入した活性炭の表層高さまで蒸留水を注入し、その水量を記録した。サンプリングでは、ろ材を洗いながら全ての水を回収し、洗浄による希釈水量も記録した。

分析は希釈された水に対して行い、希釈倍率に基づきろ材から溶出する色度の濃度を推定した。溶出量は、投入水量と乗算して活性炭量で割り、時間ごとの単位溶出量を求めた。

蒸留水が活性炭の表層まで満たされたフラスコは、サンプリングのタイミング（15min後、30min後、1hr後、3hr後、6hr後、12hr後、24hr後、48hr後、96hr後）で採水し、採水した水をろ過して色度（下水試験法）を分析した。

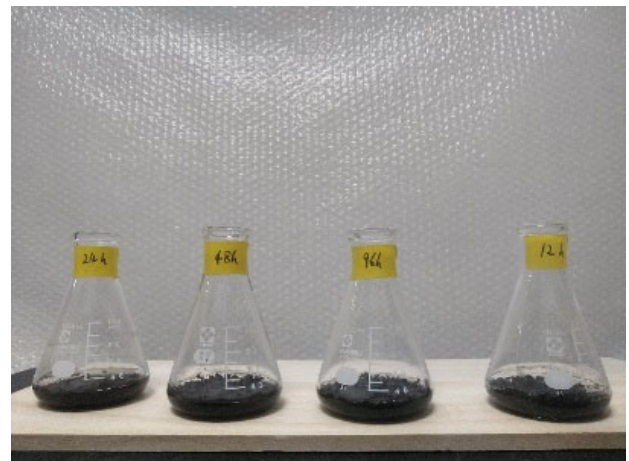


図 2-7 溶出試験に用いたフラスコと活性炭の様子

(2) 現地適合性確認結果（技術面）

本項では、①提案技術の現地適合可能性と②現地ろ材選定のための室内実験、及び③必要資材の現地調達可能性について調査した結果を述べる。

① 提案技術の現地適合可能性

ア) 河川、池などの公共水域

視察を行った公共水域の 11 湖沼と To Lich 川の水質調査結果を表 2-5 に示す（ろ材選定実験及び実証計画のための水質分析を行った 4 つの公共水域は後述①イ) エ) で結果を述べる）。湖沼では、植物プランクトンが大量発生している箇所が多く、周辺の住戸や商業施設からの排水を原因として水質汚濁が進行していた。有機物の指標である COD は 5~50mg/L であり、周辺に住戸が多い湖沼は濃度が高い傾向にあった。湖沼の水面は植物プランクトンにより緑色（ラン藻等）か茶色（珪藻等）になっており、視察時は嫌気的な状況ではなかった（ORP は 35~246mV で好気の状態）。河川は To Lich 川のみ視察であるが、視察時に COD が 100mg/L 以上を示しており、住戸から直接汚水が流入している状況も確認できた。河川の水面に近づくと白濁して腐乱臭がしていた。河川内から気泡も多く発生しており、底泥が嫌気化（ORP は-329mV で貧酸素状態）しメタンガス等が発生していると考えられた。下水道や浄化槽の設置が義務化された日本に比べ、湖沼や池の水質汚濁はかなり進行している状況が確認できた。

なお、現地の湖沼及び河川の水質（有機物濃度）は、日本で実装してきた干満式人工湿地で対象にしてきた水質の範囲内であり、ベトナム国においても提案技術が適用可能と考えられた（図 2-2）。

表 2-5 調査察団における水質確認結果（湖沼及び河川）

No	item	unit	LAKE RESULT(11 Lake)			LIVER RESULT	standard	TESTING METHOD
			min	ave	max	To Lich		
1	Water temp	°C	29.4	30.8	34.8	30.8	-	水温計による計測
2	pH	-	7.55	8.28	8.83	-	5.5-9.0	pH計による計測
3	EC	mS/m	15.73	25.7	35.4	93.9	-	EC計による計測
4	COD	mg/L	5	16	50	100以上	-	パケットテスト
5	ORP	mV	35	164	246	-329	-	ORP計による計測
6	TDS	ppm	207	320	376	-	-	TDS計による計測

(注)QCVN08MT:2015/BTNMT（地表水水質に関する国家技術基準、B1類型を参考に記載）



図 2-8 川や池などの公共水域の汚染状況

イ) 公共水域と生活排水（ろ材実験の対象水）

ハノイ土木大学におけるろ材実験で使用する対象水は、提案技術が広く適用できるよう、視察した湖沼から代表的な1地点（Bay Mau lake）と市内で汚染が進行している To Lich 川を採水箇所として選定した。加えて、湖沼や河川の汚染源となる住戸等からの排水として、ハノイ土木大学からの汚水原水（Waste water from HUCE）も対象水に選定した。

水質分析結果を表 2-6 に示す。湖沼、河川とも大学からの汚水排水（汚濁源の排水）と概ね同程度の濃度となっている。特に湖沼と河川では有機物の指標である COD が 60mg/L 以上、SS 分も 100mg/L 以上であり、汚濁源として選定した汚水（大学内の汚水排水）よりも高濃度であった。河川に関しては、窒素成分（T-N、NH₄⁺-N）も大学内の汚水排水と同程度であった。

水質分析の結果より、対象とした湖沼や河川の周辺住戸にはセプティックタンク等が設置されているものの、ほとんど機能しておらず、汚水が湖沼や河川にほぼ未処理の状態流入していると考えられる。都市部でもあり、既に湖沼や河川の自助作用で浄化できる範疇を超過して水質汚染が進行している状況であった。

表 2-6 ろ材実験で使した排水（原水）の水質

No	item	unit	RESULT			standard		TESTING METHOD
			Bay Mau lake	To Lich river	Waste water from HUCE	QCVN08 MT:2015	QCVN14:2008	
1	pH	-	8.74	7.44	7.77	5.5~9.0	5~9	TCVN6492:2011
2	TOC (COD)	mg/L	20.7 (62.1)	21.73 (65.19)	11.8 (35.4)	- (30)	-	TCVN6634:2000 ()はCOD換算値
3	TSS	mg/L	131	102.86	97.14	30	100	SMEWW2540D:2017
4	TN	mg/L	19.29	55.9	61.9	-	-	SMEWW4500-N.C:2017 & TCVN6638 : 2001
5	TP	mg/L	6.8	19.9	3.7	-	-	APHA45000-PC
6	NH ₄ ⁺ -N	mg/L	8.5	47	53	0.9	10	SMEWW45000-NH3.B&C:2017
7	Water temp	°C	27.5	24.3	25.6	-	-	SMEWW2250B:2017
8	Nature temp	°C	28	28	26.9	-	-	TCVN46:2012
9	Humidity	%	82	82	72	-	-	

(注1)Waste water from HUCEは、QCVN14:2008/BTNMT（生活排水に関する国家技術基準、B類型を参考に記載）

(注2)Bay Mau lake及びTo Lich riverは、QCVN08MT:2015/BTNMT（地表水水質に関する国家技術基準、B1類型を参考に記載）

※HUCEで実験を行った際に、汚水排水として大学構内から排出する汚水を採水



図 2-9 公共水域と生活排水の採水地点

ウ) 水産養殖池

現地汚染された水域として、コイ等の魚類養殖場、エビの養殖場を視察した。現地で計測した COD は 6~30mg/L であり、養殖池の有機物量は周辺の湖沼と同程度の数値を示していた。養殖池では曝気タービンにより酸素供給¹⁸が行われているため、水質は好気的な状態（ORP 計の計測で約 200mV）であった。

なお、魚類やエビの養殖池の管理者への現地ヒアリングによれば、藻類やカビの発生の抑制、また殺菌のために、微生物資材と塩素などの抗菌剤を定期的に投入しているとのことであった。塩素などの抗菌剤の投入は、それ自体が水質汚染の原因となり、周辺の生態系への影響も懸念される。また、地域固有の生態系バランス保全の観点からは外来微生物の投入を避けるべきであり、本来なら地域にもともと存在した微生物群衆を有効に活かすべきで、即効性があるとはいえ外来微生物を投入し続けることには抵抗がある。

提案技術は薬剤等を使用しない環境にやさしい水質浄化方法であり、大きなエネルギー（電気代）や専門家によるメンテナンスを必要としない点からも、現地の養殖管理者からは大きな関心が寄せられた。

表 2-7 調査察団における水質確認結果（養殖池）

No	item	unit	RESULT				standard QCVN02-19:2014	TESTING METHOD
			①fish pond	②fish pond	③shrimp pond	④fish pond		
1	Water temp	°C	28.4	28.5	28.1	29.5	-	水温計による計測
2	pH	-	8.04	8.08	8.62	7.81	5.5-9.0	pH計による計測
3	EC	mS/m	26.7	22.4	676	26.6	-	EC計による計測
4	COD	mg/L	6	10	18	30	-	バックテスト
5	ORP	mV	209	223	218	198	-	ORP計による計測

(注)QCVN02-19:2014/BNNPTMT（汽水エビ養殖場に関する国家技術基準を参考に記載）



図 2-10 水産養殖池の調査箇所

エ) ダムセン公園の池水

ダムセン公園内の池では、大型魚（ピラルク）を飼育・展示している。200kg を超えるピラルク 8 匹を始めとする魚類が飼育されており、魚類のフンやエサなどにより汚染が進んでいる点においては、水産養殖（エビ、コイなど）の池と汚染原因は同じである。

同池は恒常的な汚染に伴う水の濁りにより、観賞用の池でありながらピラルク等の飼育魚を目

¹⁸ 現地視察を行ったエビの養殖池の運営者へのヒアリングにおいて、曝気タービンの電気使用量が大きいのではと尋ねたが、同タービンは酸素供給の目的ではなく、今は養殖池の底に堆積したエビの糞やエサの残渣を水流で集めて効率よく回収するために使用しており、その頻度は 1 日 10 分程度であるため電気の使用量は小さいとのことであった。

視することが困難になっている。現地視察時も透視度は 34~41cm であり表層しか視認できない状況であった。加えて、ヒアリングによると、降水量が小さい乾季には悪臭の発生や、魚類が斃死して水面に浮かぶ時もあるとのことであった。なお、これまでにオゾン装置など複数の水質浄化装置の導入を試みたが、成果はみられずいずれも取り止めたとのことであった。

有機物の指標である BOD は 9.6~25mg/L で、周辺湖沼と同様に高い状況であり、地表水水質に関する国家技術基準 (QCVN08MT/2015) を超過している。なお、水質調査時の池水は好気的な状況であり、窒素分もそれほど高くない状況であった。

表 2-8 調査察団における視察時の水質確認結果 (ダムセン公園)

No	item	unit	RESULT				standard	TESTING METHOD
			10月	2月	4月	9月		
			10月10日	2月15日	4月16日	9月11日	QCVN08MT:2015	
1	Water temp	°C	30.6	29.7	-	28.9	-	水温計による計測
2	pH	-	7.76	7.74	-	7.01	5.5-9.0	pH計による計測
3	EC	mS/m	39.5	45.2	-	31.6	-	EC計による計測
4	COD	mg/L	7	7	10	13	-	バックテスト
5	TN	mg/L	-	0~5	-	0~5	-	バックテスト
6	ORP	mV	237	-	-	199	-	ORP計による計測
7	透視度	cm	-	-	34	41	-	透視度計による計測

(注)QCVN08MT:2015/BTNMT (地表水水質に関する国家技術基準、B1類型を参考に記載)

表 2-9 現地水質検査機関における室内水質分析結果 (ダムセン公園)

No	item	unit	RESULT				standard	TESTING METHOD
			3月	4月	5月	6月		
			3月21日	4月5日	5月5日	6月2日	QCVN08MT:2015	
1	pH	-	7.07	7.3	7.8	7.5	5.5-9.0	TCVN6492:2011
2	TOC (COD)	mg/L	0.865 (2.595)	2.145 (6.435)	7.233 (21.699)	3.309 (9.927)	- (30)	TCVN6634:2000 ()はCOD換算値
3	BOD	mg/L	9.6	23	25	20	15	SMEWW5210B:2017
4	TSS	mg/L	15	15	12	8	30	SMEWW2540D:2017
5	TN	mg/L	0.276	0.347	0.325	0.416	-	SMEWW4500-N.C:2017 & TCVN6638 : 2001
6	TP	mg/L	0.832	0.512	0.642	0.565	-	APHA45000-PC
7	Coliforms	MNP/100mL	200	3300	200	200	7500	SMEWW9921B&C:2017
8	NH ₄ ⁺ -N	mg/L	0.113	0.096	0.198	0.247	0.9	SMEWW45000-NH3.B&C:2017
9	NO ₃ ⁻ -N	mg/L	0.094	0.102	0.074	0.095	10	TCVN6180:1996
10	DO	mg/L	9.27	7.4	10.76	5.22	>4	TCVN7325:2016
11	Water temp	°C	30.9	31.9	31	30.9	-	SMEWW2250B:2017
12	Nature temp	°C	32.9	32.7	32.2	31.8	-	TCVN46:2012

(注)QCVN08MT:2015/BTNMT (地表水水質に関する国家技術基準、B1類型を参考に記載)

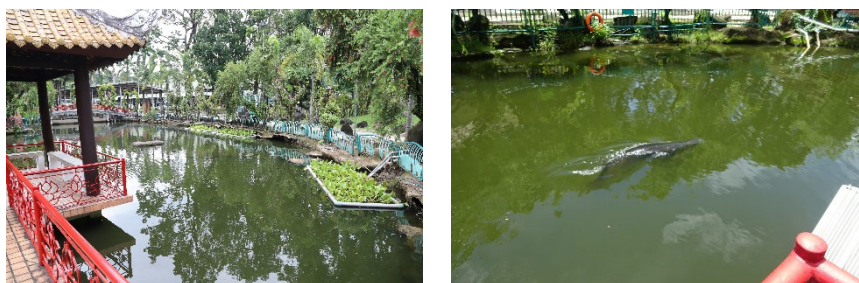


図 2-11 ダムセン公園の池 (調査箇所)

オ) 養豚場

養豚場は豚舎を清潔に保つ必要があり、定期的な清掃を実施することで糞尿等を含んだ汚水排水が発生する。そのため、ベトナム国においても大規模な畜産施設には排水基準が設けられてお

り、そこには養豚場ごとに水処理施設が設置されている。視察した豚舎でも、家畜排せつ物を集めてメタン発酵処理と、処理過程で発生する消化液の活性汚泥法による水処理が実施されていた。現地の簡易測定では、豚舎からの汚水の原水は COD が 100mg/L 以上、T-N が約 50mg/L であり、メタン発酵と活性汚泥法による浄化後の水質は、COD が 20mg/L、T-N が 5mg/L であった。

養豚場管理者へのヒアリングでは、消化液貯留池（メタン発酵と活性汚泥法による処理後の消化液が貯留される池）においても臭気や色度は高いため、貯留した処理水を再利用していないとのことであった。また、水処理施設の稼働状況が不安定な場合は、未処理水がそのまま貯留池に放流されることもあるとのことであった。

養豚場からの排水原水には多量の固形物が含まれるため、提案技術をダイレクトに適用することは難しい（固液分離の前処理を必要とする）。一方、消化液貯留池の水は既に固形物が分離済みであり、水質は前述の公共水域や水産養殖池と同様の性質と濃度であることから、提案技術の適用が可能と考えられた。また、提案技術によって処理された水はベトナム国の排水基準を満たした水質レベルに改善されることから、養豚場の施設内での清掃や手洗い等に再生用水（中水）として使用することもできる。



図 2-12 養豚場の調査地

カ) 集落排水

現地視察では Thieng Lieng 島における家庭排水を採水し水質を確認した（表 2-10 参照）。現況においては、75 世帯の各家庭のセプティックタンクからの排水が下水管によって集められ、自然河川の干潟へと直接排水されていた（図 2-13 参照）。なお、同排水に雨水は合流しておらず（島であることから雨水は貴重）、生活排水のみが集められていた。

水質は黒色をしており、嫌氣的（ORP は-309mV）で腐乱臭が発生している状況であった。COD は 15mg/l、T-N は 10～25mg/l と比較的高い濃度であり、前述の湖沼や養殖池等と同程度であった。各家庭のセプティックタンクでは十分に浄化できないまま排水されており、ヒアリングによると地元住民はその事に対して問題意識を抱えていた。

ろ過実験の家庭排水サンプルとしてハノイ土木大学構内の汚水排水（Waste water from HUCE）を表 2-6 に示したが、同排水は COD が 35.4mg/L、T-N が 61.9mg/L であり離島の家庭排水より高濃度な状況であった。各家庭のセプティックタンクを経由して集められた離島の集合排水と比較して、複数の部屋をもつ高層建造物から一斉に排水が集まる大学の集合排水はより原水に近く高濃度な状況にあるためと考えられる。

集落排水の有機物量は他の調査地の湖沼や河川と同様の性質、同程度の濃度であり、提案技術によってベトナム国の水質基準をクリアすることが可能と考えられた。

表 2-10 現地視察時の生活排水の水質調査結果 (Waste water from Thieng Lieng island)

No	item	unit	RESULT	standard	TESTING METHOD
			Waste water from Thieng Lieng island	QCVN14:2008	
1	Water temp	°C	30.2	—	水温計による計測
2	pH	-	7.29	5~9	pH計による計測
3	EC	mS/m	402	—	EC計による計測
4	COD	mg/L	15	—	バックテスト
5	TN	mg/L	10~25	—	バックテスト
6	ORP	mV	-309	—	ORP計による計測

(注)QCVN14:2008/BTNMT (生活排水に関する国家技術基準、B類型を参考に記載)

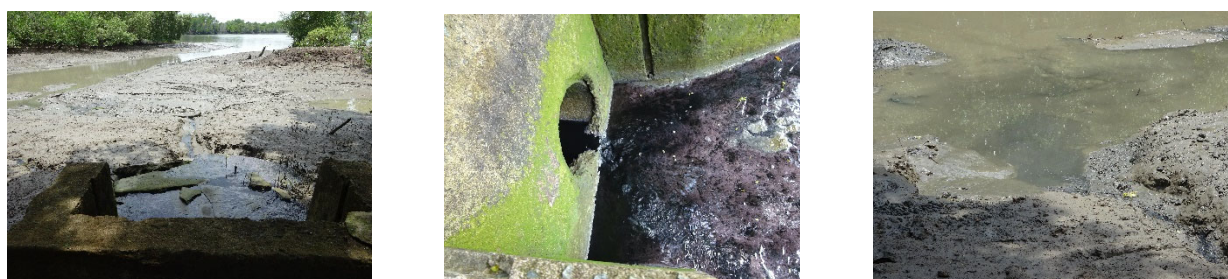


図 2-13 集落からの排水調査箇所

② 現地ろ材選定のための室内実験の結果

ア) ろ材別透水性評価と分析 (Phase2)

ろ材候補 5 検体の透水係数測定結果を表 2-11 に示す。

表 2-11 ろ材の透水係数

ろ材	透水係数 (m/d)
A 川砂	10
B 珪砂	950
C ココナツ殻原料活性炭	570
D サンゴ	3,300
E 焼粘土	3,000

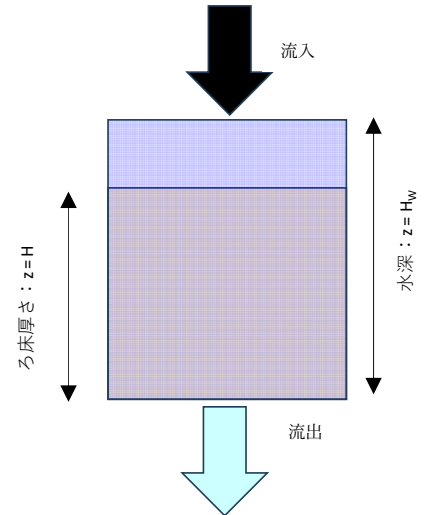


図 2-14 単層底面自由排水条件ろ床の模式図

自由水面非発生条件と推奨運用速度:透水速度が Darcy 則に従うと仮定すれば下式が成立する。

$$v = K \frac{H_w}{H} \quad \dots (1)$$

v : 透水速度【m/d または $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ 】、 K : 透水速度【m/d】、 H_w : 自由水面高【m】、 H : ろ床厚さ【m】

単一ろ材で構成される単層ろ床で、底面自由排水条件のろ床の場合(図 2-14)、式(1)において、 $H_w = H$ とすると、透水速度は $v=K$ となる。その場合、透水速度の最大はろ材 D の $3,300 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ で、最小はろ材 A の $10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ となる。この値は、自由水面がろ床上からぎりぎり消失する条件として、流入流量条件は透水係数より小さくしなければならないことを意味しており、ろ材 A だと 1 日に 1 m^2 当たり 10 m^3 の流入量に制限されることになる。

当実験から、A~E のろ材の水面積負荷は、それぞれ A 川砂=0.014、B 珪砂=1.357、C ココナツ殻活性炭=0.814、D サンゴ=4.714、E 焼粘土=4.286 $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ が得られた。

なお、生活排水を処理する日本の既設人工湿地では、ろ過進行に伴う汚泥層の堆積による透水速度の低下と汚泥の脱水と分解に伴う透水速度の回復、施設内で生育する植物の根の枯死や息息する土壤動物がつくる空隙による透水速度の増大の釣合が考慮され、二次・三次処理で使用するろ床では約 200m/d の透水係数のろ材に対し約 $1/700$ となる水面積負荷 $0.29 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ を基準にして運用している。

イ) ろ材別ろ過性能の評価と分析 (Phase2)

ろ過実験の結果一覧を表 2-12 に示す。

Bay Mau 湖の処理水中の COD 濃度は概ね $10\sim 20\text{mg/L}$ の範囲に収まった。しかし、ろ材 C のみ 150mg/L を超える水準の COD を示した。図 2-15 に示すように、ろ材 C を除けば SS 除去率と COD 除去率は比例関係にあった。空隙率が小さいろ材ほど、ろ材間隙が小さく比表面積が大きくなるため、ふるい効果(フィルタリング効果)や沈殿効果が増大し、SS 除去率が大きくなる(図 2-16 参照)。したがって、COD 除去率が SS 除去率と比例関係にある C 以外のろ材は、

表 2-12 処理水中の汚濁物質濃度

採水場所			COD (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	TP (mg/L)
Bay Mau湖	原水		62	131	19	9	7
	処理水	A	14	44	9	0	0
		B	16	50	15	0	0
		C	154	55	3	0	6
		D	20	57	11	1	1
		E	11	54	10	1	0
To Lich川	原水		65	103	56	47	20
	処理水	A	21	25	13	6	0
		B	17	34	25	22	1
		C	182	84	11	6	48
		D	36	69	25	17	2
		E	18	34	26	23	2
HUCE汚水楯	原水		35	97	62	53	4
	処理水	A	15	20	15	6	0
		B	13	24	14	13	0
		C	109	76	16	15	20
		D	27	40	19	18	6
		E	14	23	19	17	0

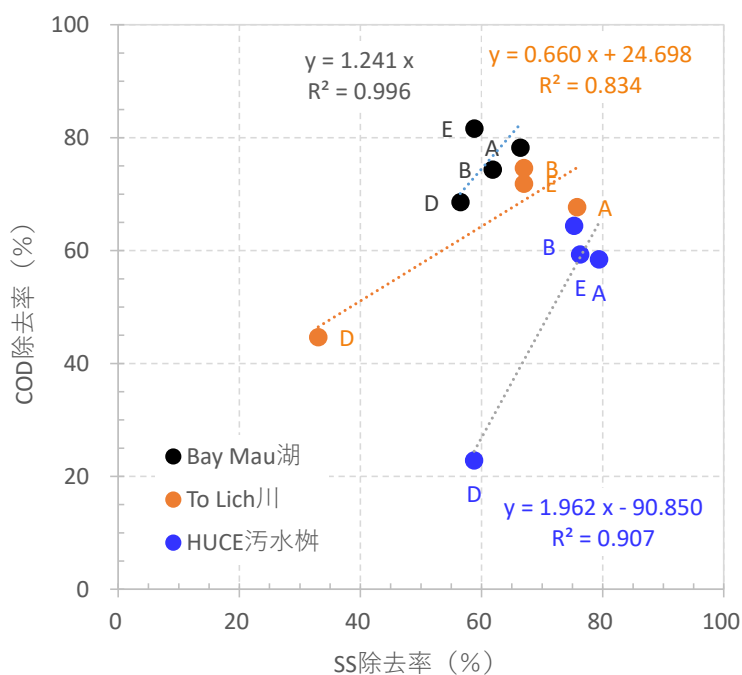


図 2-15 SS 除去率と COD 除去率の関係

このようなふるい効果や沈殿効果が COD の主な除去要因と考えられる。一方でろ材 C ; ココナツ殻活性炭については、処理水中の COD が大幅に上昇しても SS 除去率は極端な上昇を示さないこと、処理水の外観が濃茶色を呈していることから (図 2-17 参照)、ろ材 C の COD の上昇は、SS 計測用のフィルターでは分級出来ない 1 μ m 未満の色度成分が溶出したことが原因とし

て示唆される。

窒素除去においては、ろ材 C の T-N 除去率が 80%以上と高い状況であった。次いで空隙率の小さいろ材 A で T-N 除去率が 53%で、空隙率の大きなろ材 B、D、E で T-N 除去率が 50%未満となっており、SS や COD と同様に沈殿効果やふるい効果が主要な除去要因と考えられる。しかし、溶存態での吸着が主要な除去要因となる $\text{NH}_4^+\text{-N}$ に対して、吸着性能が低い川砂や珪砂のようなろ材でも $\text{NH}_4^+\text{-N}$ が 100%除去されていることから、沈殿効果やふるい効果に加え、ろ材表面の毛管水（毛管吸引力で固定）も窒素除去に寄与していると推測される。ろ材 C を除けば T-P も 85~100%と高い除去率となっており、リンの除去においてもそのような毛管水による除去効果が機能していることが示唆された。

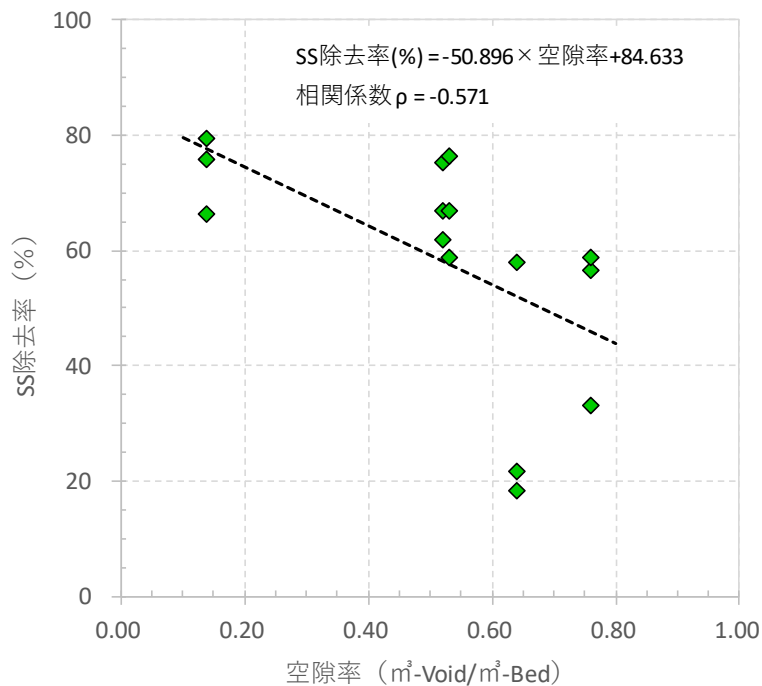


図 2-16 空隙率と SS 除去率の関係



図 2-17 Bay Mau 湖の処理水の外観

To Lich 川の COD 濃度は Bay Mau 湖と同様であったが、処理水の COD 濃度は全体的に Bay Mau 湖の処理水よりも高かった。SS 濃度が Bay Mau 湖よりも低いことから、SS 由来の COD が少ないと考えられた。図 2-18 に示すとおり、Bay Mau 湖の湖水は藻類（植物プランクトン）由来と思われる緑色を呈しているが、To Lich 川の河水は淡褐色である。湖水は河川と異なり流れがほとんどないため、藻類が増殖しやすい。Bay Mau 湖の水は、ろ過では取り除きにくい無機態の窒素やリンが光合成によって藻類に取り込まれ、その藻類がろ過されることによって窒素やリンの除去率が高くなったと考える。なお、このことが T-N 除去率も押し上げていると思われるが、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 除去率は To Lich 川では 50%~90%と Bay Mau 湖の 85~100%よりもやや低くなっている。これは To Lich 川の原水の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度が Bay Mau 湖の 5.2 倍の 47mg/L もあるために、毛管水によるろ材への固定効果に限界があったためと推測される。

To Lich 川のろ材 C による処理水は、Bay Mau 湖のろ材 C による処理水以上に T-P の濃度が高くなっている（表 2-12 参照）。これは、色度成分の溶出だけでなくココナツ殻活性炭由来のリンの可溶化の可能性もあると考えられた。活性炭からのリンの可溶化の要因として、溶媒となる水中の電解質濃度が高くなるほど溶出量が増える現象¹⁹が挙げられる。水中の電解質濃度が高いほど EC は高くなるが、To Lich 川の EC 94mS/m は湖沼の平均 EC 26mS/m の 3.6 倍と高く、より電解質濃度の高い To Lich 川の水がろ材 C；ココナツ殻活性炭からのリン溶出を促進したと考えられる。



図 2-18 供試した湖水と河水の外観の違い



図 2-19 To Lich 川の処理水の外観

¹⁹ 柳寿一、活性炭の性能評価方法。特開 2014-70958, 2014.

HUCE の汚水樹の SS 濃度は、Bay Mau 湖や To Lich 川と同程度であり、ろ材 C を除いては処理水の SS 除去率が 60～70% であった。

また COD 濃度は、ろ材 C を除いて 10～30mg/L と Bay Mau 湖の処理水と同程度まで低減されていた。同汚水樹の汚水でもろ材 C では Bay Mau 湖や To Lich 川の時と同様にろ材からの溶出を示し、処理水の COD 濃度は 109mg/L であった。また、T-P の溶出が To Lich 川の処理水と同様に確認できる。

窒素は、T-N 除去率 70～80%と他の汚水処理水よりも高い除去率を示したが、これは汚水中に目視できるほどの大きさの浮遊物質（図 2-20 参照）が存在するためと考えられる。処理水中の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度は To Lich 川と同程度の濃度であった。

以上のことから、当ろ過実験からは、湖沼のような藻類由来の有機物が多い汚水の方が COD を除去しやすく、また藻類が窒素・リンを固定することから窒素・リンのろ床への固定能力も高まることが分かった。特に、ろ材 C；活性炭には窒素の固定能力が高いことが示された。

一方で、活性炭からは色度成分が溶出するため、活性炭を使用する場合には、ろ床で使用する位置や量の工夫、接触時間を減らすなどの検討が必要である。また、電解質濃度；EC の高い汚水を処理する場合に活性炭をろ材に使用すると、色度だけではなく、リンも溶出してくることが示唆されたことから、リンの吸着除去能が高いろ材やリンを吸収する植栽等を合わせて使用するなどの工夫が必要になると考えられた。

これらを踏まえ、河川や湖沼の汚染を課題とするベトナム国での人工湿地の展開において、色度除去に効果的な活性炭を使用する場合は、まず藻類が多量に発生している湖沼のような閉鎖性水域からアプローチすることで、人工湿地による浄化効果（特に汚染原因物質である有機物、窒素、リンの除去）を説明しやすいと考えられる。

ここまでのろ材選定のための室内実験において、課題視されたのはろ材候補の一つである「ココナッツ殻活性炭」からの溶出である。そこで、事項においては Phase3 の実験として溶出試験を行った結果を述べる。実験では、同ろ材；ココナッツ殻活性炭の一部を日本大学に持ち帰り、単位活性炭使用量に対する溶出量の推定を行うとともに、許容できる色度成分の溶出程度（見た目に着色を感じない水の色）とその条件を探索した。



図 2-20 HUCE 汚水樹原水の外観

ウ) 活性炭色度溶出試験と溶出量許容可能な条件の推定 (Phase2)

活性炭ろ材 C に対して、溶出してきた色度成分の時間経過に伴う変化を図 2-21 に示す。色度は蒸留水を投入してから上昇し、約 48 時間で 1,000 度を超えた。生活排水処理する人工湿地の運用では、流入間隔を長く設定しても 24 時間程度で次の流入が開始されるため、当実験結果らココナッツ殻活性炭から溶出する色度は最大 800 度ほどになると考えられる。人工湿地処理水を再生水とした場合、修景用水の色度基準 40 度未満²⁰を基準とすれば、24 時間ろ材に接触させると、人が不快に感じない色度 40 度を 20 倍超過する水準の色度となるため、再生水として不適である。

再生水として適当な水準まで低減するには、ろ床単位容積当たりの活性炭量に対する溶出量総量を知る必要がある。そこで測定した色度データに溶出に要した蒸留水の量と嵩密度 467kg/m^3 をかけて、ろ床単位体積当たりの色度成分溶出量の経時変化を得ることにした(図 2-22 参照)。以下の近似曲線式を用いて実データを近似する。近似データの一致の程度は図 2-23 の通りである。

つぎに溶出量許容可能な条件(不快に思わない色度の溶出程度)を実験により確認した結果を述べる。

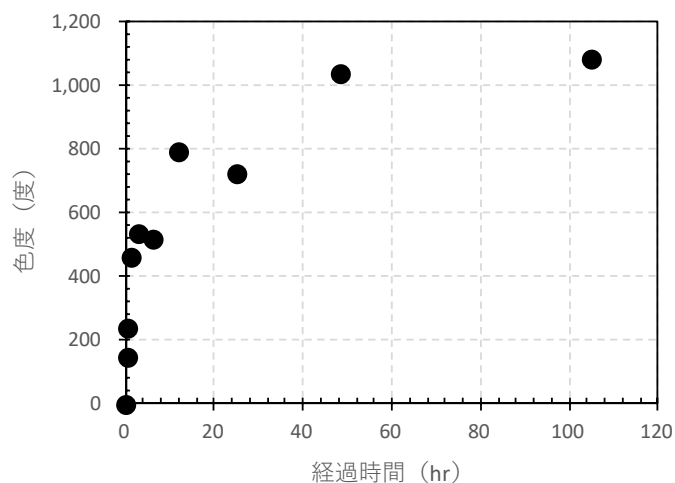


図 2-21 ココナッツ殻活性炭からの溶出色度の推移

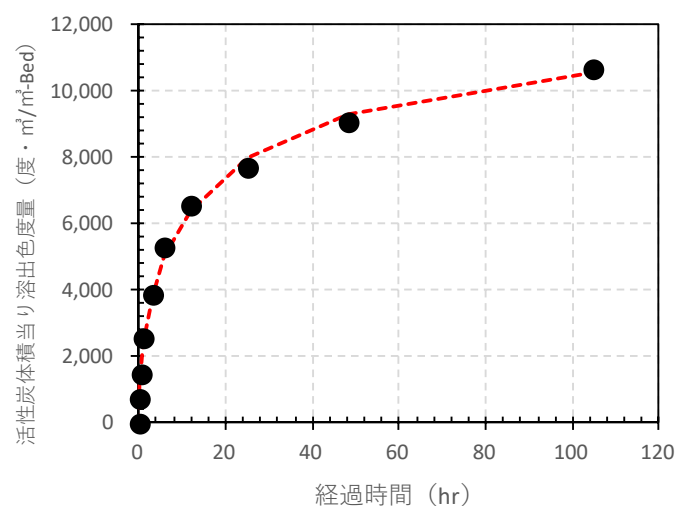


図 2-22 活性炭体積当り溶出色度量 (近似曲線)

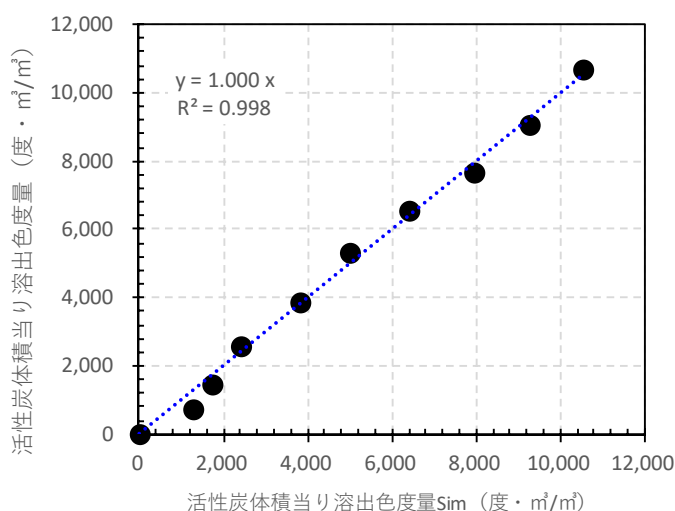


図 2-23 近似データと実データの一致の程度

²⁰ 横手亮太、谷口崇至、橋本純、中野和典 (2020)、自立型トイレの洗浄水を再生する浄化ユニットの水処理性能、水環境学会誌、Vol.43(3)、pp.69-78 ; 国土交通省 (2005)、下水処理水の再利用水質基準等マニュアル、p.12

$$M = C_{ex}(1 - e^{-k\sqrt{t}}) \times \rho \quad \dots (2)$$

M : 活性炭単位容積当り溶出色度量【度・m³-Void/m³-Bed】

C_{ex} : 平衡溶出色度量【度・m³-Void/kg-ac】

k : 速度係数【d^{-1/2}】

ρ : 活性炭嵩密度【kg-ac/m³-Bed】

係数 k および平衡溶出色度量 C_{ex} は、それぞれ $0.2294d^{-1/2}$ 、 $24,924$ 度・m³-Void/kg-ac。式(2)左辺の M に活性炭層の厚さを掛けると、異なる活性炭層厚さに対するろ床単位面積当たりの溶出色度量が得られる。この溶出色度を面積当たり1回当たりのろ床流入水量で割ると、1回の干満操作で溶出してくる色度成分が、どの程度処理水の色度濃度を上昇させるかが推定できる。

図 2-24 に、 200 m³/d を1日24回に分けて 12 m²のろ床に流入させる時の推定溶出色度量の結果を示す。同図は、 12 m²のろ床で、活性炭層を厚さ 0.1 m で敷設した場合に、接触時間を 106 分以下に制限すれば、今回実験で使用したココナッツ殻活性炭から溶出する色度は、人が不快に感じない 40 未満に抑えられることを示している。

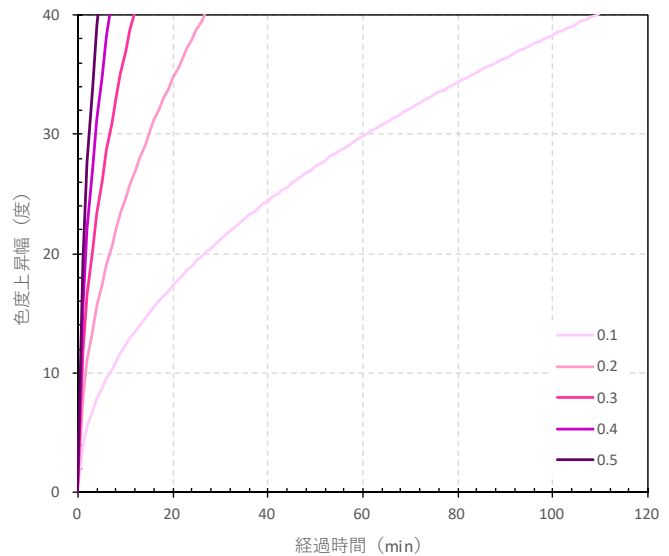


図 2-24 異なる活性炭層別の色度上昇幅（活性炭層厚 $H=0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$ ）

エ) まとめ

以上の調査結果と考察から、以下の結論を得た。

Phase1 : 人工湿地ろ床のろ材別透水性評価と分析

- ろ材別の透水係数は、A : 川砂、B : 珪砂、C : ココナッツ殻原料活性炭、D : サンゴ、E : 焼粘土それぞれ、10、950、570、3,300、3,000m/d。
- ろ床表面に自由水面を生じない実運用上の水面積負荷は、それぞれ A=0.014、B=1.357、C=0.814、D=4.714、E=4.286 m³/m²/d。

Phase2 : 人工湿地ろ床のろ材別ろ過性能の評価と分析

- ふるい効果や沈殿効果を確認するための短期的実験（生物的な除去効果は発揮されない）であったが、今回試した5種類のろ材には、ふるい効果や沈殿効果に加えて毛管水による吸着等の除去効果もある程度寄与していることが示された。
- 藻類が多量に発生している湖沼では、CODやSSだけでなく、藻類が同化する無機態の窒素やリンも同時に除去できる。
- ココナッツ殻活性炭は、湖沼の水の窒素の物理的除去効果が高い。
- 今回試したココナッツ殻活性炭からは色度成分が溶出した。
- 電解質濃度が高い河川水や生活排水では、ココナッツ殻活性炭から色度成分だけでなく、リンも溶出することがわかった。そのような場合、リンの吸着除去能が高いろ材やリンを吸収する植栽等を合わせて使用するなどの工夫が必要になる。

Phase3 : 活性炭色度溶出試験と溶出量許容可能な条件の推定

- 今回使用したココナッツ殻活性炭を12 m²のろ床に厚さ0.1mで敷設する場合、接触時間106分以下に制限すれば、同活性炭から溶出する色度は人が不快に感じない40未満に抑えられる。

③ 必要資材等の調達可能性

【ろ材について】

- ・ ろ材選定のための室内実験で使用したろ材5種は、いずれもベトナム国内で一般に流通しているものであり、現地で調達可能である。
- ・ 本浄化システム普及にあたっては、対象処理水によって適切なるろ材が異なるため、前項②で得られた透水係数や性能を参考にして、対象水質や施設内での使用の仕方に合わせたろ材選定を行うことが重要である。
- ・ 本浄化システムの導入先によっては、ろ材の調達にかかる労力が異なる場合が想定される。たとえば、川砂を使用するとき、円錐くさびが発生する地域（ベトナム国で河床の緩勾配を要因に下層に海水が流入）において採取されたものは塩分を多く含む可能性があり、人工湿地に用いる場合は塩分の洗い流しなどの前処理が必要となる。サンゴは内陸部と沿岸部では、運搬距離によって調達コストが大きく異なる可能性がある。

【施設建設資材について】

- ・ 浄化柵等の土木構造物の建設に必要なコンクリート骨材や鉄筋は、ベトナム国内で一般的に流通しており、現地で入手が可能である。
- ・ 建設資材の調達では、品質の確保が重要である。たとえば、川砂等のコンクリート骨材に塩分を含む場合、鉄筋の腐食を引き起こし、躯体の施工不良の原因となる。そのため、施工ではベトナム国の施工基準を満足しつつ、我が国の土木技術者としての視点に立ち資材調達を含めた施工管理を行う必要がある。
- ・ コンクリートや鉄筋等の建設資材は、近年価格上昇の傾向があるため、建設コストの上昇を見越した予算編成としておく必要がある。

【植栽種の選定について】

- ・ 浄化柵内に導入する植栽は、処理対象水の性質（栄養塩濃度等）を考慮した植物種を選定する必要がある。
- ・ 地域性を考慮し、対象地で一般的に調達可能な植物とする。
- ・ 可能な限り在来種を使用し、地域固有の生態系に配慮する（販売や景観形成等ではなく水質浄化を目的とする場合）。
- ・ 浄化施設の導入箇所周辺の土地利用（水田や畑地、自然公園など）に対して、迷惑な種子を飛散するなどの公害雑草とならないように留意する。
- ・ 提案システムの導入による作物の栽培や生態系回復は、水質汚染問題に対する住民の関心を高め、管理に関わるヒトの増加や、環境啓発活動にも寄与すると考えられる。よって、植栽植物の種類や植栽の仕方には、景観性、収穫物の利活用、導入地域のニーズ等を考慮するとともに、浄化施設の管理者や地域住民がその選定にかかわることが望まれる。

(3) 現地適合性確認結果（制度面）

本項では、提案システム導入にかかる①現地の水質基準と②許認可について調査した結果を述べる。

① 水質基準等

ベトナム国内においては、国家技術基準規則（QCVN）によりア) 公共用水域の水質と、イ) 発生源の排水基準等が定められている。以下に本事業で関連が想定される QCVN を示す。

ア) 環境基準（水質）

- ・ QCVN08-MT : 2015/BTNMT（地表水水質に関する国家技術基準）
- ・ QCVN09-MT : 2015/BTNMT（地下水水質に関する国家技術基準）
- ・ QCVN10-MT : 2015/BTNMT（海水水質に関する国家技術基準）

特に湖沼や河川、池等を対象にした浄化施設の導入にあたっては、地表水水質に関する国家技術基準が適用される。湖沼や河川、池等の公共用水域における水質の保護と適切な利用のため、地表水が常に適した状態になるよう品質（川や池などの公共用水域の水質）の評価・管理が求められている。

対象は 36 項目あり、生活用水に利用される水域では基準 A、生活用水以外に利用される水域では基準 B が適用される。

表 2-13 地表水に関する国家技術基準

No.	項目	単位	基準値			
			A ; 生活用水		B (A以外)	
			A1	A2	B1	B2
1	pH	—	6-8, 5	6-8, 5	5, 5-9	5, 5-9
2	BOD ₅ (20° C)	mg/l	4	6	15	25
3	COD	mg/l	10	15	30	50
4	Dissolved oxygen (DO)	mg/l	≥ 6	≥ 5	≥ 4	≥ 2
5	Total suspended solids (TSS)	mg/l	20	30	50	100
6	Amoni (NH ₄ ⁺ , N calculated)	mg/l	0, 3	0, 3	0, 9	0, 9
7	Clorua (Cl ⁻)	mg/l	250	350	350	—
8	Florua (F ⁻)	mg/l	1	1, 5	1, 5	2
9	Nitrit (NO ₂ ⁻ , N calculated)	mg/l	0, 05	0, 05	0, 05	0, 05
10	Nitrat (NO ₃ ⁻ , N calculated)	mg/l	2	5	10	15
11	Phosphat (PO ₄ ³⁻ , P alculated)	mg/l	0, 1	0, 2	0, 3	0, 5
12	Xyanua (CN ⁻)	mg/l	0, 05	0, 05	0, 05	0, 05
13	Asen (As)	mg/l	0, 01	0, 02	0, 05	0, 1
14	Cadimi (Cd)	mg/l	0, 005	0, 005	0, 01	0, 01
15	Lead (Pb)	mg/l	0, 02	0, 02	0, 05	0, 05
16	Crom VI (Cr ⁶⁺)	mg/l	0, 01	0, 02	0, 04	0, 05
17	Total Crom	mg/l	0, 05	0, 1	0, 5	1

No.	項目	単位	基準値			
			A ; 生活用水		B (A以外)	
			A1	A2	B1	B2
18	Copper (Cu)	mg/l	0, 1	0, 2	0, 5	1
19	Zinc (Zn)	mg/l	0, 5	1, 0	1, 5	2
20	Niken (Ni)	mg/l	0, 1	0, 1	0, 1	0, 1
21	Mangan (Mn)	mg/l	0, 1	0, 2	0, 5	1
22	Mercury (Hg)	mg/l	0, 001	0, 001	0, 001	0, 002
23	Iron (Fe)	mg/l	0, 5	1	1, 5	2
24	Surfactants	mg/l	0, 1	0, 2	0, 4	0, 5
25	Aldrin	µg/l	0, 1	0, 1	0, 1	0, 1
26	Benzene hexachloride (BHC)	µg/l	0, 02	0, 02	0, 02	0, 02
27	Dieldrin	µg/l	0, 1	0, 1	0, 1	0, 1
28	Total Dichloro diphenyl trichloroethane (DDTS)	µg/l	1, 0	1, 0	1, 0	1, 0
29	Heptachlor & ptachlorepoxyde	µg/l	0, 2	0, 2	0, 2	0, 2
30	Total Phenol	mg/l	0, 005	0, 005	0, 01	0, 02
31	Total oils, grease	mg/l	0, 3	0, 5	1	1
32	Total Organic Carbon, TOC	mg/l	4	-	-	-
33	Total radioactivity α	Bq/l	0, 1	0, 1	0, 1	0, 1
34	Total radioactivity β	Bq/l	1, 0	1, 0	1, 0	1, 0
35	Coliform	MPN or CFU /100 ml	2500	5000	7500	10000
36	E. coli	MPN or CFU /100 ml	20	50	100	200

出典：QCVN08-MT：2015/BTNMT

イ) 排水基準（水質）

- ・ QCVN40：2011/BTNMT（産業排水に係る国家技術基準）
- ・ QCVN14：2008/BTNMT（生活排水に係る国家技術基準）
- ・ QCVN62-MT：2016/BTNMT（畜産業における排水に係る国家技術基準）
- ・ QCVN11-MT：2015/BTNMT（水産物加産業における排水に係る国家技術基準）
- ・ QCVN25：2009/BTNMT（固定廃棄物埋立て場の排水に関する国家技術基準）
- ・ QCVN02-19：2014/BNNPTNT（汽水エビ養殖に関する国家技術基準）

特に池や河川へ流入する汚水は主に住戸等からの排水であり、分散型水処理施設として浄化施設を導入するにあたっては、生活排水に係る国家技術基準が適用される。公共施設、共同住宅、個別住宅、企業などの対象施設からの放流水に対して、対象施設別に設定された係数（1 若しくは 1.2）を乗じた数値を排水内の汚染物質濃度の最大値として適用される。対象は 11 項目あり、生活用水に利用される水域では基準 A、生活用水以外に利用される水域では基準 B が適用される。

表 2-14 生活排水に関する国家技術基準

No	項目	単位	基準値	
			A ; 生活用水	B (A 以外)
1	pH	—	5~9	5~9
2	BOD5 (20°C)	mg/l	30	50
3	TSS	mg/l	50	100
4	TDS	mg/l	500	1,000
5	H ₂ S (硫黄化合物)	mg/l	1.0	4.0
6	アンモニア	mg/l	5	10
7	硝酸塩 (NO ₃ ⁻)	mg/l	30	50
8	動物性・植物性油	mg/l	10	20
9	界面活性物質	mg/l	5	10
10	リン酸塩 (PO ₄ ³⁻)	mg/l	6	10
11	Coliforms (大腸菌群数)	MPN/100ml	3,000	5,000

出典：QCVN14：2008/BTNMT

② 許認可等

提案技術は、現地で調達するろ材やコンクリート等の資材と植物を使用して製作する半自然人工構造物である。メカニズムとして、ろ材や植物に付着する微生物や土壌動物、植物の力を活用し水質を浄化するものであり、これら生物は現地で調達または導入施設での自然発生に任せる。そのため、提案システムの製作において日本からの輸入する製品や生物等に係る許認可手続きは発生しない。

提案技術である干満式人工湿地はベトナム国内での実装事例はなく、現地の技術標準等も存在していないため、基本的に規格等に準拠するものではない。

提案技術の設置を予定するダムセン公園は民地であり、カウンターパート機関 (C/P) の Saigontourist Group からの設置等にかかる許可は得ている。

なお、提案技術の建設・施工にあたっては、工事等に伴う届出等の必要性が生じる可能性も鑑み、現地の建設会社に施工を協力・依頼する方針である。

(4) セミナーの実施

2023年4月17日に、ホーチミン市ダムセン公園内で関係者向けセミナーを開催した。ホーチミン市内の政府機関、大学・研究機関、民間企業、JICA ベトナムホーチミン事務所などから参加があった。

① 概要

ア) 実施日

2023年4月17日 14:00～17:30

イ) 参加者

主催者：Saigontourist、Damsenpark、株式会社ウエスコ、安井建築設計

共催：Nonglam 大学

その他：現地参加者 40 名、オンライン参加 10 ヶ所

② 実施内容

本セミナーは、当社が提案する干満式水質浄化（干潟の自然メカニズムを応用した持続可能なグリーンインフラ）の紹介を通じ、行政、研究者、民間企業とともにベトナムの水環境保全について考えることを目的として開催した。

セミナーの実施概要を表 2-15、開催状況を表 2-16 に示す。

表 2-15 セミナー実施概要

時刻	次第	講演者
14:00 ～ 14:20	開会挨拶	Mr. Nguyen Dong Hoa (Saigontourist group) 田島 久 氏 (JICAホーチミン)
14:20 ～ 15:10	基調講演：ベトナム国における排水問題の現状と 取り組み課題	Mr. Nguyen Tri Quang Hung (Nonglam 大学)
15:10 ～ 15:25	休憩	—
15:25 ～ 16:35	発表：干満式人工湿地を用いた水質浄化	渡辺 敏 (株式会社ウエスコ)
	発表：日本国内の実装事例	谷口 崇至 (AWエンジニアリング)
	発表：Damsenparkへの干満式人工湿地の適用	杉野 卓史 (安井建築設計事務所)
16:35 ～ 17:00	閉会挨拶：干満式人工湿地の導入と普及への期待	Mr. Hoang Van Ba (Damsen park)

(注)日越逐次通訳にて進行

表 2-16 セミナー開催状況



③ 実施成果

ベトナム国の政府関係者や大学などの研究・教育機関に加え、リゾート開発等の開発業者や建築業者などの民間企業からも出席があった。当社の人工湿地技術による水質浄化システムの紹介や日本国内での事例、ベトナム国内での実装イメージに対し多くの質問や意見があり、当社の技術への関心、及びベトナム国でのグリーンインフラ導入、持続可能な発展への意欲と積極性を感じることができた。

質疑応答内容の抜粋を以下の表 2-17 に示す。

表 2-17 質疑応答内容

質問	応答
<ul style="list-style-type: none"> ・干満式水質浄化システムの処理水量はどれくらいか。 	<p>→濃度の薄い汚水を扱う大阪空港（豊中）の事例では、1,150m³/日で、大量の利用可能な水を作り出している。濃度の濃い汚水を扱う湖南浄化センターは 10m³/日である。ここでは固形物を含む濃い濃度に対応するため、前処理のフィルタリング（固液分離）をしているが、5年経過した今も汚泥は堆積していない。植物やミミズが増え、固形物を完全に分解できている。</p>
<ul style="list-style-type: none"> ・水の汲み上げ量はポンプのキャパに依存するのではないか。日処理量をどの程度と考えているのか。 	<p>→アオコの増殖速度は最大でも 0.8 倍/日なので、池の水量を約 700m³ と仮定すれば、200m³/日程度で循環し続ければ、理論上水質は改善されると考えている。</p>
<ul style="list-style-type: none"> ・池に堆積する汚物も浄化施設に入れてよいか。 	<p>→入れてもよい。その方が微生物活性を維持できる。</p>
<ul style="list-style-type: none"> ・ピラルクの糞は池の底であちこちに分散してい 	<p>→汚れを一か所に集めるシステムを導入できれば</p>

質問	応答
<p>る。溜まった汚泥を攪拌すると巻き上がってさらに汚れの濃度が高くなるのでは。</p> <p>・浄化した水を見せるための足湯的な池があるが、バイ菌は繁殖しないか。</p>	<p>集まった汚泥を吸い上げて浄化施設に投入し、浄化することができる。池底に堆積した汚泥と池の水に溶け込んだ汚れの処理とは一緒に考えず、それぞれに対応策を考えるべきだと思う。まずは水を浄化して様子を見て、それでも底泥が起因する内部生産による汚濁速度が大きいようなら底泥への対策を講じるというような段階的対応が良いと思う。できれば池底の状況も事前に分かっているとやりやすい。</p> <p>→相当な量の水を循環させるため溜水にはならないのに加え、常に流れているためバイ菌は繁殖しないと考えている。干満式浄化システムでは細菌レベルは除去できるため、少なくとも浄化処理水の細菌数は減る。</p>

(5) 本邦受入活動

提案技術の干満式人工湿地による水質浄化システムに関して、カウンターパート機関(C/P)(後述)の理解を深めるため、本邦受入活動を実施した。

① 概要

ア) 受入期間

2023年6月15日(木)～2023年6月21日(水)

イ) 参加者

ベトナム側から以下4名が参加した。

- ・ Mr. Nguyen Dong Hoa (Saigontourist group Deputy Director)
- ・ Mr. Hoang Van Ba (Saigontourist group Director of Damsenpark)
- ・ Mr. Nguyen Tri Quang Hung (Nonglam university)
- ・ Mr. Nguyen Kim Hue (Nonglam university)

② 活動の内容

日本における干満式人工湿地の実装例を見学し、議論を行うことで本技術に関する理解をさらに深めていただいた。本活動を通して参加者が学習した項目は主に以下の5点である。

- 1) 干満式人工湿地の水質浄化メカニズム
- 2) 浄化システム導入に資する整備・運用上の注意事項
- 3) 現地の条件に合わせた人工湿地オーダーメイドの重要性
- 4) 日本における資源循環の流れ
- 5) 干満式人工湿地の研究、設計の取り組み環境

表 2-18 本邦受入活動日程表

日付	時刻	受入活動内容	講師又は見学先担当者等	
6/15(木)	0:10 ~ 7:20	移動 (VN320 ベトナム航空 HCM→関空)	—	—
	8:00 ~ 10:30	移動 (関空→ホテル→安井建築設計)	小島、前島	株式会社ウエスコ
	10:30 ~ 12:00	オリエンテーション	渡辺 敏	株式会社ウエスコ
	13:00 ~ 16:00	歴史文化探索	渡辺 敏	株式会社ウエスコ
6/16(金)	9:00 ~ 10:00	移動 (ホテル→豊中市干満式人工湿地)	渡辺 敏	株式会社ウエスコ
	10:00 ~ 12:00	豊中市干満式人工湿地 現地視察；実装例	渡辺 敏	株式会社ウエスコ
	13:00 ~ 16:30	豊中市クリーンランド視察；資源循環実装例	安藝 氏	豊中市クリーンランド
6/17(土)	9:00 ~ 10:00	移動 (ホテル→伊丹空港)	渡辺 敏	株式会社ウエスコ
	11:50 ~ 12:55	IBEX / ANA NH3179 伊丹空港→福島空港	渡辺 敏	株式会社ウエスコ
	13:00 ~ 14:00	移動 (福島空港→葛尾村)	渡辺 敏	株式会社ウエスコ
	14:00 ~ 16:00	葛尾村視察；実装例	谷口 氏	AWエンジニアリング
6/18(日)	9:00 ~ 10:00	移動 (ホテル→湖南浄化センター)	渡辺 敏	株式会社ウエスコ
	10:00 ~ 11:00	湖南浄化センター視察；実装例	谷口 氏	AWエンジニアリング
	11:00 ~ 12:30	移動 (湖南浄化センター→松原キャンプ場)	谷口 氏	AWエンジニアリング
	12:30 ~ 16:30	松原キャンプ場視察及び議論；実装例	谷口 氏	AWエンジニアリング
6/19(月)	9:00 ~ 9:15	移動 (ホテル→菊地医院)	渡辺 敏	株式会社ウエスコ
	9:15 ~ 9:45	菊地医院視察；実装例	中野 氏	日本大学
	10:00 ~ 11:00	移動 (菊地医院→翠ヶ丘公園)	中野 氏	日本大学
	12:00 ~ 13:00	翠ヶ丘公園；実装例	中野 氏	日本大学
	13:00 ~ 14:00	移動 (翠ヶ丘公園→日本大学)	渡辺 敏	株式会社ウエスコ
	14:00 ~ 15:30	議論座学	渡辺 敏	株式会社ウエスコ
6/20(火)	9:00 ~ 10:30	大内宿視察及び議論；提案技術の導入検討	渡辺 敏	株式会社ウエスコ
	10:30 ~ 12:30	移動 (大内宿→郡山駅)	渡辺 敏	株式会社ウエスコ
	13:06 ~ 14:24	移動 (郡山駅→東京駅 やまびこ58号)	渡辺 敏	株式会社ウエスコ
6/21(水)	6:20 ~ 7:30	お見送り (東京シティエアターミナル)	渡辺 敏	株式会社ウエスコ
	7:30 ~ 9:30	移動 (東京シティエアターミナル→成田空港)	—	—
	9:30 ~ 13:45	VN301 成田空港→ホーチミン	—	—

③ 活動成果（成果）

本邦受入活動を通じ、日本国内で運用している複数の人工湿地を実際に目で見て、現地で議論を交わすことにより提案システムの効果と水質浄化メカニズムの理解促進に寄与した。また、人工湿地の通水前後の水をその場で比較したり、人工湿地の水や土壌を手にとって見たりすることで、微生物だけでなく植物や土壌生物（ミミズなど）も含めた生態系サービスを実感し、施設管理者が浄化施設で野菜や花を栽培する様子からは副次的効果の理解が深まった。

病院等に設置した花壇式の浄化システムは実装例の中でも小型であり、ベトナム現地のホテル内でも設置できるのではというような適応幅を広げるための新たなアイデアの意見交換等も実施できた。

参加者4名はいずれの訪問先においても熱心に見学し、全ての現場、移動時間等においても活発な質疑応答が行われた。本浄化システムにかかる関心と理解、ウエスコ・安井のビジネス展開にかかる協力姿勢がより高まった。

表 2-19 本邦受入れ活動実施状況



4. 開発課題解決貢献可能性

本案件化調査において、ハノイ市やホーチミン市の周辺地域を中心に、水質汚濁が進む河川・池などの公共水域や、その汚濁源となる、水産養殖池（エビ、魚類）、養豚場および集落排水などを広く踏査し水質調査を行った結果、いずれの水域も、生活雑排水や養殖の餌供給等を原因とする有機性汚濁であり、提案技術である干満式人工湿地による浄化技術の適用が十分可能であることが確認できた。

提案技術は、高い水質浄化性能に加えて、維持管理の手間がほとんどかからないことから、現在、汚泥の引き抜き等の維持管理の不備により浄化性能が低下している既存の排水処理施設の問題を解消することが期待でき、また、電気や薬品を使用しないことから、養殖場などで問題となっている、維持管理コストや自然環境への悪影響といった問題解決への貢献も期待できる。

本提案技術が、持続可能な分散型の排水処理技術としてベトナム国内に普及していくことで、同国の政策において掲げる、排水が水源に排出される前に技術基準を満たすよう処理されるという目標達成に貢献することが期待できる。

第3. ODA 事業計画

1. ODA 事業の内容

(1) ODA 事業内容

ODA 事業として「中小企業・SDGs ビジネス支援事業ー普及・実証・ビジネス化事業」を提案する。本案件化調査において、ベトナム国内の汚染された河川や湖沼における実際の水質や汚染原因の調査や、ハノイ工科大学での水質浄化実験、施工パートナー候補である現地建設業者との協議、さらには各方面での提案システム導入に関心を持つ事業者との意見交換などを通じ、ベトナム国における、機能面や現地体制・インフラ面など様々な観点で提案システムの現地適合性を確認することが出来た。

そのうえで、提案技術である干満式人工湿地型水質浄化システムは、自然の生態系機能を活用した、これまでにベトナム国内で行われてきた水質浄化とは一線を画す新しい浄化技術であるため、ベトナム国内の多くの人々に見て、実感してもらうことが必要であることから、本 ODA 事業においては、提案技術・システムを汚染された池にパイロット導入し、実際に池の水質を基準値以下にまで浄化できること、また、提案技術のもつ「維持費が安い」「維持管理の労力が少ない」「クリーンで省エネ」「地域が幸せになる」といった特徴が実現されることを実証する。また、導入された浄化システムを提案技術のモデル（ショーケース）として活用し、提案技術の水質浄化・景観形成機能の優位性を PR し、ベトナム国内での普及およびビジネス展開を目指す。

① 事業の概要

ホーチミン市内のダムセン公園内の、大型魚の飼育などによって汚染された池に対して、提案技術である干満式人工湿地による水質浄化システムを導入し、池の水質を基準値以下にまで浄化できることを実証する。同公園を所有するホーチミン市人民委員会傘下の Saigontourist Group（サイゴン観光公社）をカウンターパート機関（C/P）とし、同公園を訪れる地元住民や観光客、教育機関などに対して、提案技術の水質浄化性能に加えて、景観形成機能（グリーンインフラ整備）について PR を行い、ベトナム国内での政策的な普及およびビジネス展開につなげることを目指す。

② PDM

本事業の目的、成果および活動内容を下記の PDM (Project Design Matrix) に示す。

表 3-1 提案する ODA 事業の概要 (PDM)

目的：	干満式人工湿地による水質浄化システムを、有機性汚濁物質によって汚染された水域に導入し、基準値（目標値）以下まで水質浄化できることを実証する。浄化性能に加えて、同システムの持つ運用容易性や環境性能、景観形成機能（グリーンインフラ整備）などの優位性を広く国内に PR しベトナム国内での普及を目指すとともに、国内での同システムの供給体制構築および販路開拓を通じて、収益性確保の目途を立て現地ビジネス展開の実現を目指す。
成果：	活動：
成果 1 干満式人工湿地システムによる水質浄化効果が実証される	活動 1-1：実証地における与条件の調査(地形、土地利用、水系統、対象水の量・質など)
	活動 1-2：干満式人工湿地型浄化システムの基本計画、施設の設計
	活動 1-3：浄化施設の建設
	活動 1-4：浄化施設の運用、水質・生物モニタリング、水質改善効果の評価
	活動 1-5：施設運用における課題の整理と改善策の提案
成果 2 浄化施設の維持管理手法が移転され、技術優位性が周知される	活動 2-1：浄化施設管理者(メンテナンス、モニタリング)に対する研修
	活動 2-2：政府機関、ホーチミン市関係者に対する技術紹介セミナーの開催
	活動 2-3：本邦受入活動による日本の施設視察および技術研修
	活動 2-4：人工湿地型水質浄化システムの設計・管理マニュアルの作成
成果 3 事業終了後のビジネス展開に向けた事業計画が策定される	活動 3-1：ベトナム国内の水質浄化ニーズ調査（公共水域、民間事業施設等）
	活動 3-2：政府関係機関、ビジネスパートナー候補との事業化に係る協議
	活動 3-3：事業戦略と現地事業計画の策定

本事業において導入を予定する、干満式人工湿地による水質浄化システムのイメージは以下のとおり想定している。ダムセン公園内の魚の飼育によって汚染された池を実証場所とし、池に隣接した場所に提案システムである干満式人工湿地による水質浄化施設を設置する。汚濁した池の水を浄化施設に取り込み、縦断的に複数設置された人工湿地を経て浄化がなされ、最終的に浄化された水を池へ戻す仕組みである。施設内には休憩所なども配置し、訪れた人が水の浄化工程を体験できるよう構築する。



図 3-1 導入する人工湿地型浄化施設のイメージ

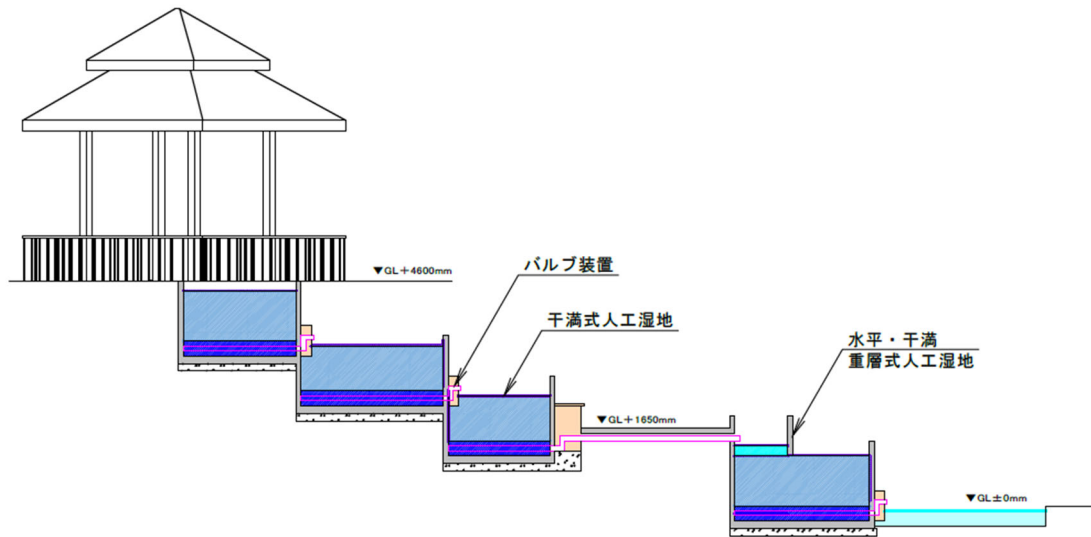


図 3-2 導入する施設の断面図

③ 投入

本事業の実施に係る人材、設備、費用等につき、日本側とベトナム側の分担を以下に示す。

表 3-2 想定される投入リスト

日本側投入	<p>① 提案企業・外部人材</p> <ul style="list-style-type: none"> ・業務主任／技術適合性検証（生態系）（提案企業） ・技術適合性検証（水質）（提案企業） ・環境社会配慮（提案企業） ・施設設計（提案企業） ・開発課題調査・市場調査（提案企業） ・景観デザイン（提案企業） ・現地市民/施設管理者ニーズ調査（提案企業）
-------	--

	<ul style="list-style-type: none"> ・水質浄化スキーム基本設計（補強） ・施設施工・運用管理（外部人材） ・開発効果検証／ビジネスモデル策定（外部人材） <p>② 浄化システム構築費</p> <ul style="list-style-type: none"> ・施工現場撤去費 ・浄化システム施工費 ・ろ材および植栽費 <p>③ 水質モニタリング費</p> <p>④ 本邦受入活動</p> <ul style="list-style-type: none"> ・参加者航空賃、宿泊費等
ベトナム (C/P) 側投入	<p>① C/P における担当者</p> <ul style="list-style-type: none"> ・技術評価者（1名） ・技術移転対象者（3名） ・その他プロジェクト運営に必要なスタッフ <p>② 事業実施場所</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ダムセン公園内の浄化施設導入場所（池とその周辺エリア） ・建設資機材の搬入経路、保管場所 <p>③ プロジェクト運営費</p> <ul style="list-style-type: none"> ・メンテナンス費用（除草、通水確認など） ・システム運転費（電気代など）

④ 実施体制図

実証場所であるダムセン公園を管轄するホーチミン市人民委員会傘下の Saigontourist Group（サイゴン観光公社）を C/P 機関、同傘下のダムセン公園を実施機関とする。浄化施設の設計にあたっては、提案企業であるウエスコと安井建築設計に加え、技術協力関係にある日本大学の支援を受けて行う。導入後の施設のメンテナンス（植生や通水状況の監視、水質モニタリング等）については、当社の監修のもとダムセン公園が担当する。また、定期的な水質モニタリングに基づく浄化性能評価や、現地で調達できるろ材や現地在来種を主体とした植物種の選定において、ベトナム国内で人工湿地技術の研究を行う国立ノンラム大学および国立ハノイ土木大学の支援を受ける。

また、C/P および同公園により、公園への来場者（教育機関など）に対して提案技術のもつ水質浄化機能に加えて、地域の生態系の回復を通じた都市景観の改善（景観形成機能）についての PR および啓蒙活動を行う。

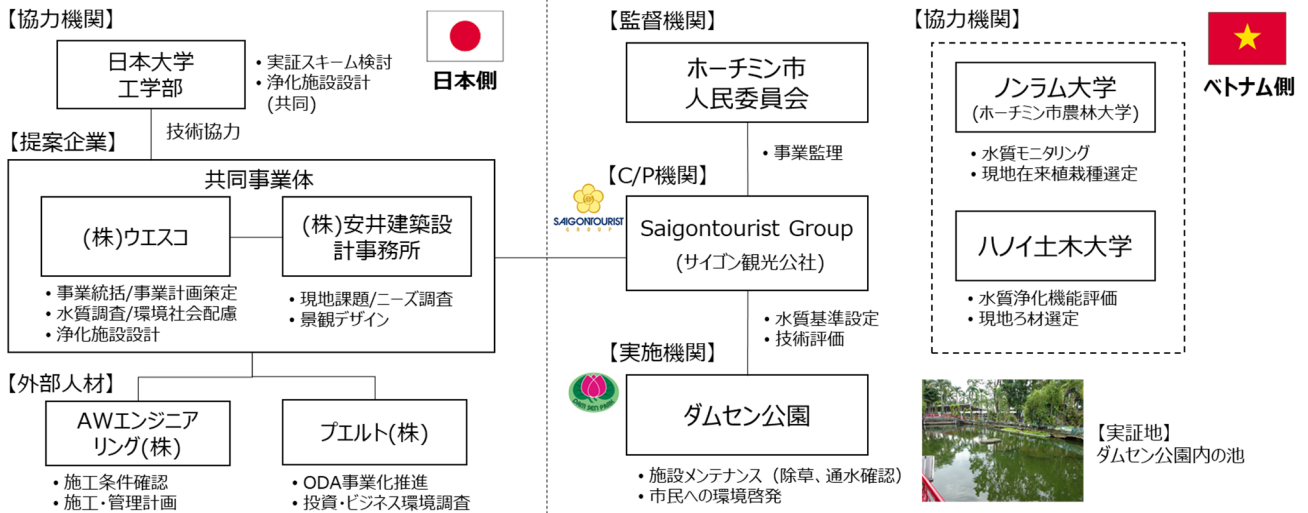


図 3-3 実施体制図



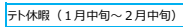
⑤ 活動計画・作業工程（スケジュール含）

上記 PDM で記述した本事業のスケジュールを以下に示す。

表 3-3 活動計画・作業工程表

作業工程計画

調査項目	2024年												2025年												2026年											
	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月					
1 干満式人工湿地システムの水質浄化機能の実証																																				
1-1 実証地における与条件の調査(地形、土地利用、水系、対象水の量・質など)																																				
1-2 干満式人工湿地型浄化システムの基本計画、施設的设计																																				
1-3 浄化施設の建設																																				
1-4 浄化施設の運用、水質・生物モニタリング、水質改善効果の評価																																				
1-5 施設運用における課題の整理と改善策の提案																																				
2 浄化施設の維持管理・モニタリング手法の移転/普及																																				
2-1 浄化施設管理者(メンテナンス、モニタリング)に対する研修																																				
2-4 人工湿地型水質浄化システムの設計・管理マニュアルの作成																																				
2-2 政府機関、ホーチミン市関係者に対する技術紹介セミナーの開催																																				
2-3 本邦受入活動による日本の施設視察および技術研修																																				
3 現地事業展開計画の策定																																				
3-2 政府関係機関、ビジネスパートナー候補との事業化に係る協議																																				
3-1 ベトナム国内の水質浄化ニーズ調査(公共水域、民間事業施設等)																																				
3-3 事業戦略と現地事業計画の策定																																				
報告書等提出時期	△業務計画書												△進捗報告書												△業務完了報告書(ドラフト) △業務完了報告書											

凡例
 国内作業
 現地業務
 テト休暇(1月中旬~2月中旬)

⑥ 事業額概算

事業費は、水質浄化施設の構築費、旅費、現地活動費（車両、通訳）、施設モニタリング費、外部人材人件費、本邦受入活動費など総額約 1 億円であり、その内、施設の構築費に約 2,134 万円を見込んでいる。構築費の内訳は以下のとおり。

- ・干満式人工湿地 敷地造成・施設建設…1,500 万円
- ・ " 配管・電気設備工事… 556 万円
- ・ " 施工準備費 … 78 万円

⑦ 本提案事業後のビジネス展開

提案技術である干満式人工湿地型水質浄化システムは、ベトナム国内では導入実績がない新しい技術であるため、興味を示した事業者であっても、実物を目にするまでは浄化のイメージが湧かずに、実際の導入にまでこぎつけることは非常に難しいことが想定される。本事業は、ベトナム国内でもっとも有名な公園のひとつであるホーチミン市街地のダムセン公園（詳細は後述）を実証サイトとすることで、ベトナム国内の多くの人々が、提案システムを目にし、水質浄化と自然環境・都市景観の改善を両立する様子を体験でき、事業後のビジネス展開においては、モデル施設（ショーケース）として活用することが可能となる。

また、本事業を C/P として共同で実施するホーチミン市人民委員会傘下の Saigontourist Group(サイゴン観光公社)は、ベトナム国内最大級の観光サービス会社であり、国内各地に 100 以上のホテルやリゾート施設、レストラン、公園などの運用を手掛けている。これらのホテルやリゾート施設では、人が滞在することから生活排水の処理が不可欠であり、観賞用の魚の飼育なども盛んにおこなわれている。特に、環境保護地域に立地する施設や、自然との共生をテーマとする施設などにおいては、自然浄化システムである提案技術は環境保護の PR にもなり大きな需要がある。本事業を通じてパートナー関係を構築することで、本事業終了後のビジネス展開において、Saigontourist Group の所有する施設は今後の新規開発も含め、提案技術の有力な導入先として期待できる。

以上より、当社のベトナムでのビジネス展開にあたっては、それに先立ち、C/P と共同での干満式人工湿地型水質浄化施設のパイロット導入を通じた実証試験と、ホーチミン市の中心部の公園におけるデモンストレーションおよび水質浄化体験を通じた PR 活動による普及活動が前提となると認識しており、本提案事業は、当社の現地ビジネス展開において不可欠なものであると認識している。

(2) 対象地域

提案技術の導入先は、ホーチミン市 11 区に所在するダムセン公園（Damsen Cultural Park）を予定している。ダムセン公園は、1989 年に開業したベトナム国内で最初にできた公園であり、現在、ホーチミン市内最大の公園である。旧正月（テト休暇）や同公園のお祭りの際には、市内だけでなくベトナム国内の各地から多くの観光客が訪れ、年間で約 400 万人が来場するホーチミン市民の憩いの場であり、またベトナムを代表する観光地となっている。公園は 32ha の広大な敷地であり、そのうち 10ha が池であり、2 つの大きな池を始めとして大小の池が存在する。

本事業では、その中で大型魚（ピラルク）を飼育・展示している約 1,000m²の池を対象とする。同池はピラルク 8 匹を始めとして魚類の飼育を行っていることで、魚類のフンやエサなどに起因

する汚染が進んでおり、池の水の汚濁が激しいことで、水面上からピラルクを見ることが困難になってしまっていることに加えて、乾季になると悪臭が発生している状況である。公園としても、これまでにオゾン発生機の設置などにより水質浄化に取り組んでいるが、効果が得られていないとのことであった。

実際に、同池の水質を分析した結果、提案システムがターゲットの一つと想定する水産養殖（エビ、コイなど）の池と汚染の原因がほぼ同じであり、適用が十分に可能であることと、ホーチミン市の中心部近くにあり多くの来場者が見込める場所であることで、導入された提案システム・技術を多くの人が目にするのが想定され、公園側も環境教育の一環として、来場者に対する同システムのPRや環境へ配慮した水質浄化システムとしての啓蒙活動を行う意向であることから、提案システム・技術の性能の実証およびベトナム国内での普及にむけて適切な場所であると判断し、同公園を実証場所として選定した。

本案件化調査にて、複数回にわたり現場の視察を行っており、施設建設のためのスペースや建設資機材の搬入経路および保管場所の確保、施設の運営に必要なユーティリティ（電気等）の確保についても公園側と協議・確認済みである。



図 3-4 ダムセン公園内の実証場所の配置図

(3) C/P 候補機関

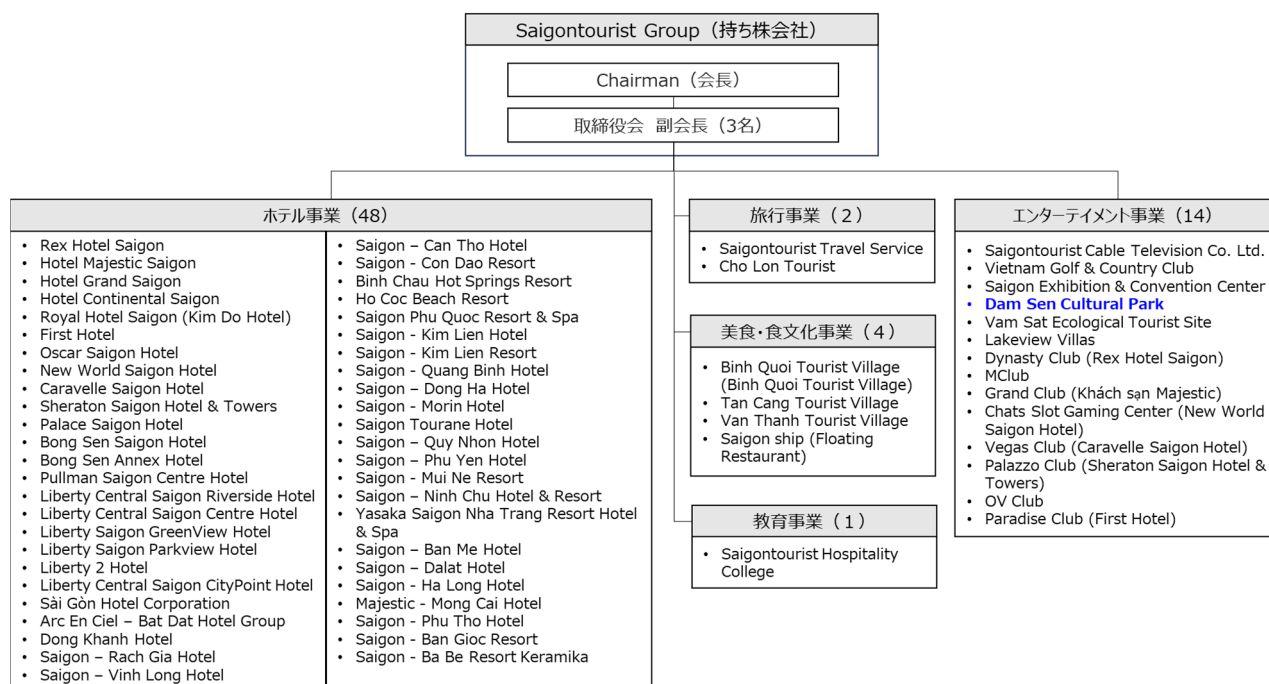
本事業においては、実証地であるダムセン公園を管轄し、ホーチミン市人民委員会傘下の国営企業である、Saigontourist Group（サイゴン観光公社）を C/P 候補機関とする。

① 基本情報及び役割

Saigontourist Group は、1975 年にホーチミン市人民委員会の決定 4 号によりホーチミン市初の観光会社として設立され、以来、同市人民委員会傘下の企業（公社）としてベトナムを代表する観光グループとして事業を展開している。主な事業領域としては、「ホテル&リゾート」「旅行」「美食」「アミューズメント」「教育」の 5 つを対象としており、ダムセン公園はアミューズメント事業に属する。現在、100 以上の、ホテル・リゾート施設、レストラン、旅行会社、テーマパーク、観光職業訓練学校、展示場および会議場、ゴルフ場、ケーブルテレビチャンネルなど幅広く事業を手掛けている。同社は持続可能な開発戦略の一つとして、「Saigontourist の観光事業は、利益の追求だけでなく、環境に優しい世界や人間の幸福のための持続可能性を発展させる」ことを掲げており、地域経済、環境、住民への貢献を重要視している。

② 組織図と ODA 案件担当部局

Saigontourist Group は、Chairman（会長）と 3 名の副社長（役員）をトップとした持ち株会社である。本事業は副社長の一人である Nguyen Dong Hoa 氏を総責任者とする。グループ傘下には子会社として 48 のホテル事業、14 のエンターテイメント事業、2 つの旅行事業、4 つの美食事業、1 つの教育機関を有しており、ダムセン公園（Dam Sen Cultural Park）はエンターテイメント事業に属し本事業を担当する。



(出典) Saigontourist Group ホームページより作成

図 3-5 Saigontourist Group 組織概要

③ 選定理由

本案件化調査にて、ハノイ市やホーチミン市の周辺地域における水質汚濁が進む河川や湖沼、その汚濁源である生活排水や養殖池などを広く踏査し水質調査を行った。その結果、いずれの水域も生活雑排水や養殖の餌供給等を原因とする有機性汚濁であり、提案技術による水質浄化が十

分可能と判断し、ダムセン公園、ハノイ市ロンビエン区の池、タイビエン省の魚の養殖池の3か所を候補とした。

本事業では、提案技術による機能面での有効性を実証することに加え、同技術のベトナム国内でのショーケースと位置づけ、国内での普及のためにできるだけ多くの人に見て体験してもらうことが重要になると考え、ホーチミン市街地に位置し年間約400万人の来場が見込めるダムセン公園が最適と判断した。また、同公園を管轄する国営 Saigontourist Group は、ベトナム国内に数多くの観光施設を有しており、本事業後のビジネス展開にあたり有望な導入先候補となることが期待できることから同社をC/Pとして選定した。

表 3-4 C/P 機関候補と選定結果

C/P 候補	Saigontourist Group (サイゴン観光公社)	ハノイ市 天然資源環境局 (DONRE)	タイビエン省 農業・農村開発省
実証地	ダムセン公園 (ホーチミン市11区)	Thach Ban 池 (ハノイ市ロンビエン区)	魚の養殖池 (タイビエン省ヴートゥー県)
汚濁原因	魚のえさ、フン等	生活雑排水 (レストラン排水)	魚のえさ、フン等
PR 効果	◎ ホーチミン市中心部にある公園であり年間400万人が来場する	○ ハノイ市街から車で15分ほどに位置する	△ 一般の住民が立ち入ることはほとんどない
ビジネス可能性	◎ 全国に観光施設を有し、提案技術の有力な導入候補となる	△ 市内の700以上の池を管轄するが、予算措置などに時間を要する	○ ニーズは高いが公共の養殖場では予算上の制約がある

(4) C/P との協議状況

C/P である Saigontourist Group は Nguyen Dong Hoa 副社長を責任者とし、下表のとおり、これまで同氏との協議を重ね、2023年4月に本 ODA 事業の事業内容や双方の役割や責任の分担、採択後の M/M 調印、事業後の継続的な維持管理や運営体制等に係る MOU (覚書) を取り交わし済みである。浄化施設の維持管理については、原則、定期的な通水確認や植生の確認のみであり、C/P 傘下のダムセン公園が担当することで合意している。具体的な方法は本事業において C/P 担当者向けに教育を行う予定である。

表 3-5 Saigontourist Group との協議の経緯

協議時期	協議内容
2022年10月	案件化調査の第2回渡航時にダムセン公園を初訪問。公園の管理会社社長である Ba 氏と公園内にある大小いくつかの池を視察し、現在の水質の状況やこれまでの水質改善の取り組み等について意見交換を実施。当社の技術や浄化にメカニズムを説明し、公園内の大型魚を飼育している池が最も適合性が高い旨伝えたと、前向きな反応であり、親会社である Saigontourist 社に対して報告するとのことであった。

協議時期	協議内容
2022年12月	Saigontourist Group 本社にて、本事業の責任者であるグループ全体の副社長の Hoa 氏と面談。公園内の池での水質浄化実験については、前向きであり、池の水の利用および施設の導入について問題ないとの回答を得た。公園内の池なので、天然資源・環境局(DONRE)は管理しておらず、実証実験に際しては同局の許可は必要ないことを確認した。
2023年2月	ダムセン公園にて、Hoa 副社長と Ba 氏と面談。池の水の取水方法や浄化施設の水位のコントロール方法、汚濁固形物の混入への対応、植栽の種類についてなど、水質浄化施設の具体的な内容について意見交換を実施。事業実施にあたっての Saigontourist 社の役割や負担内容について合意を取り付けた。
2023年4月	Saigontourist 本社にて、ODA 事業の事業内容や、双方の役割や責任の分担についての MOU の締結（調印）を行った。Saigontourist が所有するリゾート施設(Ba Be 湖など)での排水処理や、ホテルの厨房施設からの排水処理など、JICA 事業とは別個に、同社が所有する施設への提案技術の導入を共同で進めていきたい旨の打診を受けた。

(5) 他 ODA 事業との連携可能性

ベトナム国では、ハノイ市、ホーチミン市、ビンズオン省、ハイフォン市などの大都市圏において、有償資金協力(円借款)による下水道整備事業が進められている。

- ハノイ市エンサ下水道整備計画（第一期）
- ハイフォン都市環境改善計画（I）～（II）
- 南部ビンズオン省水環境改善計画（フェーズ2）
- 第2期ホーチミン市水環境改善計画（I）～（III）

上記 ODA 事業では、人口密度の高い市内中心部を対象地域として下水道システムを整備する一方、本提案システムは、下水処理施設の整備が届いていない比較的人口密度の低い地域を対象にして補完的に導入し汚水処理地域を拡げるとともに、都市部では汚濁源対策として導入し、公共水域への汚濁負荷抑制に貢献する。また、下水処理に伴って発生する汚泥（処理残渣）の増加が問題視されているが、提案システムは汚泥を分解する能力を持つため、下水道あるいは公共水域への汚泥流入量の削減に対しても貢献が期待できる。

2. 新規提案 ODA 事業の実施における課題・リスクと対応策

(1) 制度面にかかる課題/リスクと対応策

表 3-6 制度リスクとその対応策

課題/リスク	対応策
浄化施設の稼働後に、当初想定した水質浄化性能が発揮できない。	施設の稼働開始後は、定期的に浄化施設内外の水質モニタリングを行い、もし、浄化能力が足りない場合は、通水コントロールやろ過性能の高い粒度の細かいろ材を一部加えるなどして、適宜浄化性能の調整と改善を行う。
施設の設置や排水水質についてホーチミン市当局からの許認可を求められる。	本事業は公園の敷地内であるため、ホーチミン市当局からの許認可は必要ないことを確認しており、また C/P 機関を通じてホーチミン市人民委員会に対しても本事業について実施の許可を得ている。必要に応じて、事業開始前に、同市の建設局や天然資源環境局に本事業について確認の上事業を行う。

(2) インフラ面にかかる課題/リスクと対応策

表 3-7 インフラリスクとその対応策

課題/リスク	対応策
浄化施設建設に際し、不測の障害となる地下構造物等が判明する。	本事業での浄化施設の導入にあたり、既存設備の撤去費用の負担については C/P にて担当する旨合意済みであるが、念のため M/M 等の文書にて改めて明確にする。
ろ材等の人工湿地の構築に必要な原材料の資材が高騰する。	同等のろ過性能を有する複数の材料を抽出し代替可能な選択肢を現地で確保する。確保できない場合は、C/P と協議し、費用の増加分をお互いに負担しあうか、浄化施設の一部規模の縮小を検討する。
浄化施設の強度や通水性などの品質が確保されない。	躯体や配管の施工に際し、工程上重要なポイントにおいては当社の技術者が現地渡航し直接指導を行う。また、現地施工会社の現場監督員と密に連絡を取り報告を受けるようにする。
浄化スキーム検討段階で予測できなかった原因により水質浄化機能が発揮されず契約不適合責任等が発生する	当提案技術は自然の生物活動を活かすものであり、現場の状況により異なる水質課題に合わせて最適な浄化スキームを計画、あるいは供用後の最適化が可能である。そのため、当初から専門家による浄化施設供用後 1~3 年間のモニタリング及び浄化機能の調整（滞留時間、ろ材の変更など）と補完を契約事項に含めることにしている。また、施設の所有者（発注者）による運用上の工夫が浄化機能の向上やグリーンインフラ機能のような副次的効用の増大を可能にすることも当提案技術の特長の一つである。そのような事後の適応と柔軟性に係る事前説明と発注者の理解を前提として契約を行うが、契約不適合責任が問われた場合に備え、必要に応じては日本とベトナムの法律専門家の監修を受けた契約書を取り交わす。

(3) C/P 体制面にかかる課題/リスクと対応策

表 3-8 体制リスクとその対応策

課題/リスク	対応策
C/P の本事業の総責任者である Hoa 副社長が異動、退任になる。(担当者交代リスク)	責任者、担当者の交代があった場合でも事業の継続に支障がないよう、事業内容や役割分担などの双方で合意した内容については、M/M やその他覚書などの書面しておくようにする。

3. 環境社会配慮等

(1) 環境社会配慮、用地取得・住民移転の有無の確認

スクリーニングの結果、本調査はカテゴリ C に相当すると考えられる。本調査では、機材の設置、実証等は実施していない。また、普及・実証事業は半自然施設である干満式人工湿地を導入し、水質汚濁を軽減することで水環境の保全に貢献する目的で実施するものであり、環境社会面に与える負の影響は軽微だと考えられる。

干満式人工湿地の造成にあたっては、設置箇所の確保が必須となる。設置対象箇所はダムセン公園の用地であり新たな用地取得の必要はない。そのため、非自発的住民移転、土地造成、開墾、森林伐採等、設置対象施設外の環境社会に影響を及ぼす作業の発生は想定していない。

(2) ジェンダー配慮

本調査は、「ジェンダー主流化ニーズ調査・分析案件」に分類される。本案件化調査では、ビジネスの可能性及び実証候補地の調査を実施したが、男女双方から聞き取りを実施することに留意した。実際のところ、それら調査対象の代表者の大半は男性であったが、実務担当の代表者（部長クラス）の多くは女性であったことで、ヒアリングでは男女双方から意見を聴取し議論することができた（Saigontourist、Damsenpark、ハノイ市 DONRE、タイビン省の養豚場、農村リゾート開発 Tram Tue Co.、ドンナイ省自然保護区、ビンフオック養豚場、フルーツ農場 SiverDragon Co.、開発業者 Dai Nam Son Co.など）。

なお、本提案技術は、本質的にジェンダー中立なものである。環境が改善されることによる被益効果では、ジェンダーによる差異が生じる可能性は低く、配慮事項の前提となる負の影響は考えにくい。

また一方で、当ビジネス（自然浄化システムの導入）によるポジティブな変化として、提案する浄化施設は管理が容易であることに加え、花卉や野菜を育てて利益を上げることができるため、社会的弱者（収入のない主婦や女性、チャレンジドや高齢者等）への就労の場が提供され、インクルーシブな社会形成に役立つ。また、提案システムは水を循環利用できるトイレとして整備し活用することが可能で、その汚水を使用した花や野菜栽培の場として整備することができる。そして、自然エネルギー（太陽光）と生態系サービス（生物活動）をベースにした運用が可能のため、災害時にライフラインが途絶えた場合でも最低限の生活インフラが確保され、一時的な生活空間；エスケープとして機能させることができる。平常時の浄化施設管理を社会的弱者が担うことで、同弱者に対する社会的認知、理解が促される。

4. ODA 事業実施を通じて期待される開発効果

当 ODA 案件の実施によって提案システムの有用性が実証され、ベトナム国内での普及が進むことで、ベトナム国内の河川や湖沼などの公共水域の水質浄化に貢献する。また、現在、既存の ODA 事業を中心に、大都市部を優先的に整備が進む下水処理施設と汚水処理地域を補完し合うことで、汚水の公共水域への排出を削減し、湖沼・河川周辺住民の健康被害を軽減し、生活環境を向上させ、汚染水利用に起因する死者数（年間 9,000 人以上）、がん罹患患者数（年間 10 万人以上）の減少に貢献する。

経済的にも、前述のとおり、水質の汚染に起因するエビや魚の病気や斃死により損失を受けている養殖水産業の被害を軽減させ、同産業の発展に貢献する。また、水質改善による都市景観の向上は観

光客の増加をもたらす。毎年 250 万人の外国人が訪れるハロン湾では、生活排水の流入を主な原因とする水質汚染より世界自然遺産登録取り消しの危機にあるが、長期的にはこうした観光資源の水質問題に対しても貢献が期待できる。

第4. ビジネス展開計画

1. ビジネス展開計画概要

ベトナム国における、生活排水（汚水、雑排水）や養殖排水等の有機性排水の汚濁源を主なターゲットとし、提案技術である干満式人工湿地による水質浄化技術を実装した浄化施設の導入を現地ビジネスとする。国内でのグリーン成長の推進により需要が拡大している、集合住宅（エコタウン）および観光・リゾート施設をはじめ、魚類・エビ等の水産養殖池、長期的には、下水道でカバーされない地域における集落排水（下水・雑排水処理）や公共施設向けの導入を目指す。

（株）ウエスコと、（株）安井建築設計事務所（現地法人 Yasui Sekkei Vietnam を含む）が共同で、浄化施設導入に係る基本計画・コンサルティングおよび施設の設計を行い、施工は事業パートナーとなる現地建設会社が行う体制とし、施工後の施設の保守作業は施設の所有者（＝発注者）が行うことを想定する。また、施設建設に必要な資材については、ろ材を含め原則としてベトナム国内で調達することで事業の継続可能性を高める。

事業開始当初は、日本本社からの出張および現地 Yasui Sekkei Vietnam との連携により事業を行うが、現地での安定的な受注により事業規模の拡大が見込まれる段階で、現地法人を設立し、現地での柔軟で機動的な事業運営を目指す。

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

① 公共水域の浄化

当 ODA 案件の実施によって提案システムの有用性が実証されベトナム国内での普及が進むことで、国内の排水処理インフラが強化され、水質汚濁が深刻化しているハノイ市やホーチミン市などの大都市圏を流れる河川・湖沼等の浄化に貢献する。また、それにより河川・湖沼周辺住民の健康被害を軽減し生活環境を向上させ、汚染水利用に起因する死者数（年間 9,000 人以上）、がん罹患者数（年間 10 万人以上）、劣悪な衛生環境に起因する経済損失（年間約 7.8 億万ドル）の減少に貢献する。

また、下水処理施設の整備に伴い発生し、増え続ける大量の下水汚泥の処理が新たな問題となっているが、提案システムは生活排水の汚泥をほぼすべて分解できることから、本技術の普及により下水汚泥の発生量抑制が期待できる。

② 水産養殖環境改善

ベトナム経済を支える基幹産業のエビや魚類等の水産養殖産業では、現在、水源となる河川や湖沼の水質汚染により、年間約 1 兆 4,000 億ドン（約 85 億円）の被害を受けているが、提案技術の普及により、養殖池の水質改善が推進され、同産業の経済的損失軽減に貢献する。さらに、同産業からの河川や湖沼への化学物質や汚染水の排出を削減することができる。

また、提案システムは、排水の排出源である顧客や地域が自ら維持管理をすることから環境啓発・学習の効果があり、汚染物質排出の自主抑制など環境を意識したライフスタイルへの変革が促される。

③ 自然生態系保護

提案システムは、地域本来の自然回復や作物栽培地としてのグリーンインフラ整備が可能であり、自然生態系保全および都市景観の改善が期待できる。また、当自然浄化は養殖池の延命や再生に寄与することで、養殖池の放置や新たな養殖池のためのマングローブ林の開拓抑制につながり、自然生態系の保護に貢献できる。

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

提案技術は、SDGs にも合致した社会的要求度が大きい技術といえるが、高度な汚水処理技術が普及した日本国内においては、提案技術の新たな市場開拓は困難な状況にある。他方で、日本国内でも特に地方部では投資余力の低下、人口減少が予測されており、今後は提案技術のように自然の力を活用したローコスト、ローメンテナンスなインフラが要求されている。将来的には海外で積んだ実績を日本国内に技術還流することで、本邦においても自然にやさしく持続可能な社会インフラの整備、グリーンインフラ産業の活発化に寄与できると考える。

その際には当社だけでなく、地元の企業や NPO、大学・研究機関等と連携した新たな領域のビジネス²¹として発展させていくことを望んでいる。

²¹ たとえば、農業従事者人口の減少に伴い放棄耕作地が増えている状況や 2050 年までに有機農業 25%、100 万 ha とする政策の課題がある。そのような場所での持続的循環型農業に対して提案システムは親和性が高いと考える。たとえばそれは、放棄耕作地を使用した陸上水産養殖及びその飼育水の浄化、並びに養殖や養豚排水の浄化と循環による食物栽培（アクアポニック）等においては、地元農家や研究機関との協働による新たなビジネススキームの構築が必要になる。あるいは、都市部における産業排水や道路排水処理においても、空き地の緑化と当水浄化システムを組み合わせることで、住み心地の良い空間コミュニティづくりへと貢献できるが、そこには住

(2) その他関連機関への貢献

日本の自然科学・技術分野の学術成果は世界に誇れるものであるが、海外での応用的な実装事業例は多くない。国内学会等²²において、提案技術の海外適用事例の紹介、並びに適応のための課題、新たな学術的・社会的な取り組みの必要性を提起し、今ニーズが高まるグリーンインフラ技術等の開発活性化に寄与する。

また、海外進出の過程や成果を所属する協会や地元商工会、関連学会等においても情報発信することで、海外展開へと出だしが遅れた地元中国地方、県内企業に対する励み与え連携し、国内に限らない収益活動の道筋づくりに貢献したいと考える。

民や行政、様々な専門家による地域個性を尊重したソーシャルソリューション、デザインが要求される。すなわち、より良い事業へと発展させるためには、当社だけでなく地元企業等と連携することが不可欠と考えている。

²² 応用生態工学会、土木学会、生態学会、水環境学会等の学会、岡山大学、日本大学等の大学、(独)土木研究所、国土政策総合研究所、国土交通省グリーンインフラ官民連携プラットフォーム、西日本地域の府県・市町村自治体等との連携を想定している。

Chapter 1 Development Issues in Vietnam and the Target Areas of the Survey

In Vietnam, domestic and industrial wastewater has been increasing along with rapid economic growth. In recent years, sewage treatment plants have been constructed mainly in metropolitan areas, but the construction of facilities is still insufficient in the surrounding cities and rural areas, and wastewater is still discharged directly into rivers, lakes, and other public water areas. In many of the public water basins flowing through large cities such as Hanoi and Ho Chi Minh City, the most of the domestic wastewater from urban residential areas flows into the rivers, and in most of the river basins, the content of organic substances is higher than the national standard value that is specified in the "National Standards for Surface Water Quality in Vietnam (QCVN08:2015/BTNMT)". In particular, the impact of organic pollutants from domestic wastewater is significant, and deviations are large in the values of BOD₅, COD, ammoniacal nitrogen (NH₄⁺), and nitrite nitrogen (NO₂⁻). According to the Vietnam Academy of Science and Technology (VAST), water pollution has a serious impact on the health of the surrounding population, with more than 9,000 deaths annually due to water pollution and more than 100,000 cases of cancer caused by the use of polluted water reported annually. The economic loss due to poor sanitation is estimated at about US\$780 million per year, equivalent to 1.3% of GDP (World Bank).

In recent years, the disposal of sewage sludge generated as a result of the construction of sewage treatment facilities is becoming a newly emerging issue. The amount of sewage sludge generated in Ho Chi Minh City is expected to increase from the current several hundred tons per day to more than 2,000 tons per day by 2050.

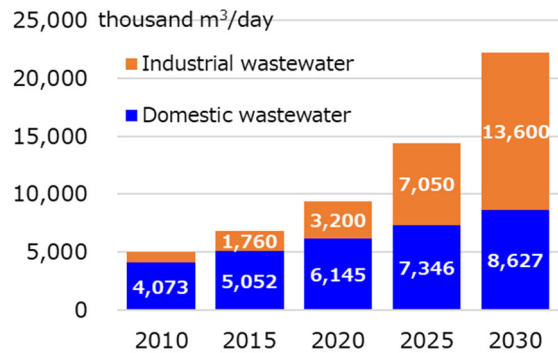


Fig.1 Trends in wastewater generation and estimates to 2030

Source : Ministry of Environment and Natural Resources (2018)

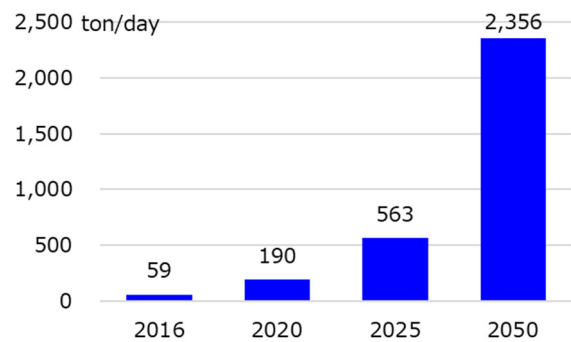


Fig.2 Estimated Sewage Sludge Generation in Ho Chi Minh City

Source : Administration of Technical Infrastructure, Ministry of Construction

Chapter 2 Products and Technologies

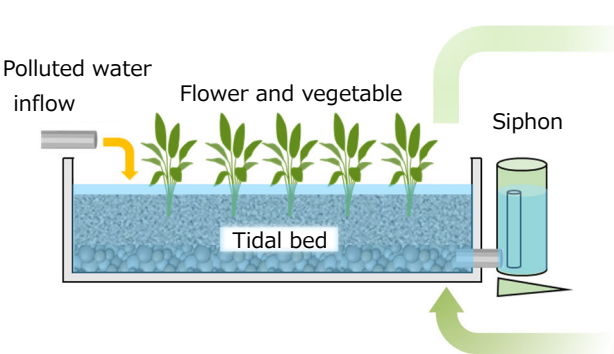
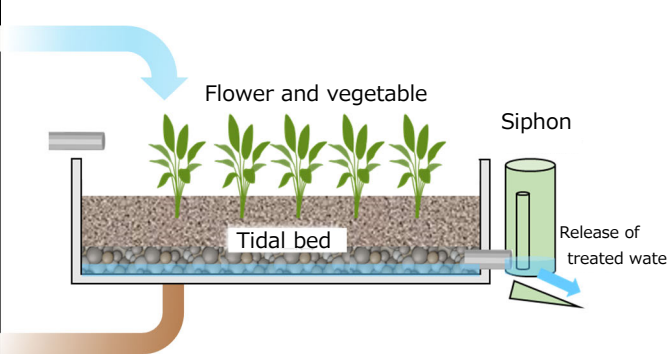
The proposed technology is "Tidal Artificial Wetland" that is a system to improve the organic pollution of water quality by utilizing the ecosystem functions. Pollutants entering the wetland are first filtered out through its filter bed, and then decomposed and removed by both aerobic and anaerobic microorganisms activated by artificial water level fluctuations in the wetland and plants and animals growing in the wetland.

By designing the shape of the facility and the method of water flow according to the conditions of polluted water quality and quantity, its purification performance can be increased, and a higher purification capacity can be

continuously performed compared to conventional artificial wetlands.

The system does not use electricity, chemicals, or filters, so maintenance costs and management efforts are low, and it is clean and energy efficient system with no greenhouse gas emissions. The purification facility (artificial wetland) can also be used to grow crops and can be developed as a green infrastructure that is favorable to living creatures, human life, and the landscape, thus contributing to a sustainable eco-society.

Table 1 Mechanism of purification

Anaerobic Processing Flow	Aerobic Processing Flow
	
<ol style="list-style-type: none"> 1) Polluted water flows into wetlands 2) Pollutants are filtered through the filter bed 3) As the filter bed filled with water, oxygen is lost. 4) Anaerobic microorganisms turn "nitric acid NO₃-N" in the filter bed into "nitrogen gas N₂" and release it into the atmosphere. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Water is forced out when a water level exceeds a fixed level 2) As soon as the water level falls, oxygen is forcibly supplied to the filter bed 3) Aerobic microorganisms decompose organic matter left on the filter bed 4) Furthermore, aerobic microorganisms decompose 「ammonia-form nitrogen NH₄-N」 into 「nitrate-form NO₃-N (which does not smell)」

Chapter 3 Proposal of the ODA project

The wastewater purification system using our proposed technology, "tidal artificial wetland technology" will be introduced to a pond in Dam Sen Park in Ho Chi Minh City that has been polluted due to the breeding of large fish, and it will be demonstrated that the water quality of the pond can be purified to below national standard values.

The Saigontourist Group, a tourism company under the Ho Chi Minh City People's Committee, which owns the park, will become the counterpart organization (C/P) to promote the water purification performance of the proposed technology.

The project also aims to promote the proposed technology to local residents, tourists, educational institutions, and other visitors to the park, and to disseminate the technology as a policy measure and to develop business in Vietnam.

Table 2 Outline of the proposed project

Objective	<p>The wastewater quality purification system using the "tidal artificial wetlands technology" will be introduced to water areas polluted by organic pollutants to demonstrate that the water quality can be purified to below the national standard/target value. In addition to the purification performance, the project aims to widely promote the system's superiority in terms of ease of operation, environmental performance, and landscape-forming function in Vietnam, as well as to establish a supply system and develop sales channels for the system in the country, with the aim of securing profitability and developing local business.</p>
Outcome	Activities
<p><u>Outcome 1:</u> Verification of water purification effect of tidal artificial wetland system</p>	<p>1-1 : Conduct survey of the conditions at the demonstration site (topography, land use, water system, quantity and quality of the target water, etc.)</p> <p>1-2 : Develop basic plan and design for the purification facility based on the tidal-flow artificial wetland</p> <p>1-3 : Construction of the water purification facility</p> <p>1-4 : Evaluation of "domestic product" conditions</p> <p>1-5 : Organize issues in facility operation and propose improvement measures</p>
<p><u>Outcome 2:</u> Transfer of water purification facility maintenance and management methods and dissemination of technological superiority</p>	<p>2-1 : Training for purification facility managers on maintenance and monitoring</p> <p>2-2 : Organize technology introduction seminars for government environmental authorities and Ho Chi Minh City officials.</p> <p>2-3 : Site visit to Japanese purification facilities and field technical training</p> <p>2-4 : Develop design and maintenance manuals for artificial wetland water purification systems.</p>
<p><u>Outcome 3:</u> Develop local business development plans</p>	<p>3-1 : Needs survey on water purification needs in other sectors in Vietnam (public water areas, private sectors, etc.)</p> <p>3-2 : Discussions with government authorities and prospective business partners regarding business development in Vietnam</p> <p>3-3 : Develop local business development plans</p>



Fig.3 Image of the wastewater purification facility to be introduced

Chapter 4 Business plan

The intended business is mainly targeting organic wastewater pollution sources such as domestic wastewater (sewage, household wastewater) and aquaculture wastewater in Vietnam, and introducing purification facilities that implement the proposed technology of tidal artificial wetlands technology.

In the short term, the business aims to introduce the system to housing complexes (eco-towns), tourist and resort facilities, which are in growing demand due to the promotion of green growth in Vietnam, fish and shrimp aquaculture ponds, and in the long term, to community wastewater (sewage and household wastewater treatment) and public facilities in areas not covered by the public sewage system.

The joint venture (JV) of Wesco Co., Ltd. and Yasui Architects & Engineers, Inc. including its local subsidiary, Yasui Sekkei Vietnam, will jointly conduct basic planning, consulting, and design of the water purification facility. The construction of the facility will be carried out by the local construction company that will be the local business partner, and the maintenance of the facility after construction will be carried out by the owner of the facility. Materials necessary for the construction of the facility, including filtration materials, will be procured locally in Vietnam to enhance the sustainability of the business.



Development Issues Concerned in field of sewage treatment in Vietnam

- Domestic and industrial wastewater is discharged directly into public water such as rivers and lakes due to the lack of appropriate treatment facilities, while the increase of the wastewater with rapid economic growth.
- Deterioration of water quality in rivers and lakes that serve as water sources has caused serious effect on human health and living environment, as well as damage to the aquaculture industry such as shrimp.

Products/Technologies of the Company

- **Tidal Artificial Wetland System** is a method that applies the natural water purification mechanism of tidal flats, which has high purification capability by changing the water level in the wetland and the action of plants and aquatic animals.
- Since the system can be operated without electricity, chemicals, filters, etc., it has the characteristics of being clean and energy-saving, with little maintenance and management effort, and no greenhouse gas emissions.

Survey Outline

- Survey Duration: 3, 2022~2, 2024
- Country/Area: Hanoi City, Ho chi minh city and suburban area
- Name of Counterpart: Saigontourist group
- Survey Overview: Conduct a feasibility survey for the introduction of the “Tidal Artificial Wetland System” that improves organic pollution of water quality. Through this survey, we aim to expand our business to the public and private sectors and contribute to a sustainable environmental conservation society.



Wastewater Treatment System by Tidal Artificial Wetlands

How to Approach to the Development Issues

- Introduce the Tidal Artificial Wetland System to government agencies (prefectures, cities, provinces) and private companies such as shrimp farmer
- Provide basic plans and designs of the system, while construction works are done by the local construction companies as business partners
- Materials required for construction of the facility, including filter media and plants, will be procured in Vietnam.

Expected Impact in the Country

- Mitigate the health hazards and improve the living environment of local residents by purifying the water quality of public water including urban lakes
- Reduce the economic loss and improve profitability of aquaculture industry that supports the national economy.
- No greenhouse gas emissions. And the system can be implemented as Green , it will contribute to a change in environmentally conscious lifestyles, ecological restoration, and sustainable land use.

As of September,2023