

ベトナム国

ベトナム国  
サイレントパイラーを用いた圧入工法によるアースダム・堤防の防災技術に関する案件化調査

業務完了報告書

2022年12月

独立行政法人  
国際協力機構（JICA）

株式会社 小澤土木

株式会社 橋本組

中部七
JR
22-007

<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

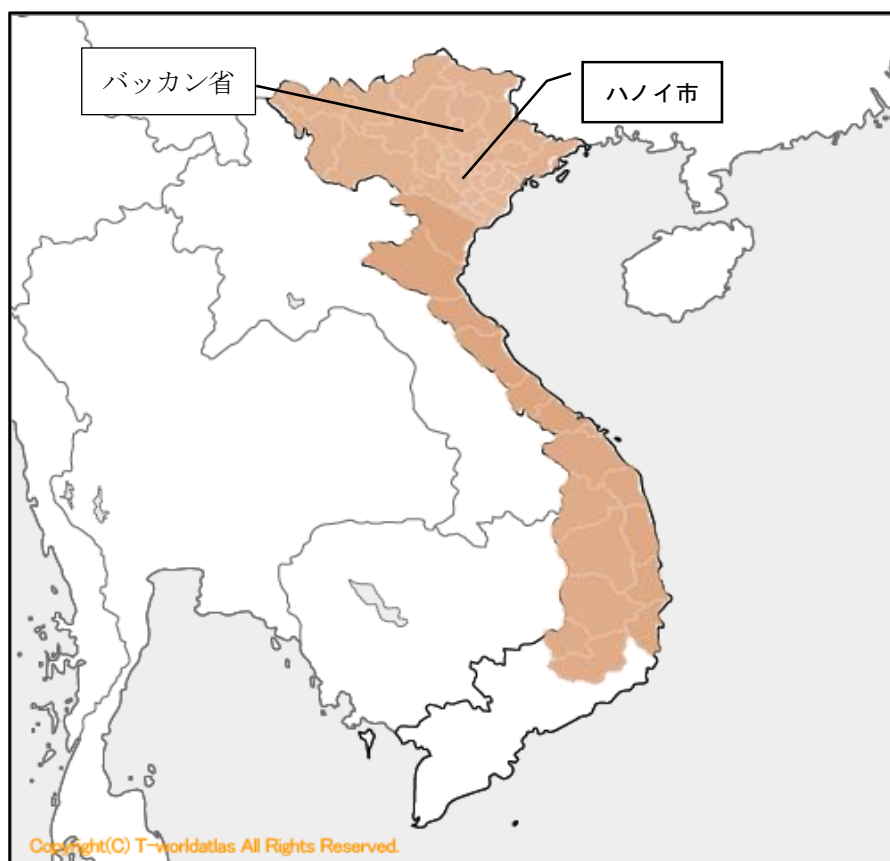
写真.....	1
地図.....	2
図表リスト.....	2
略語表.....	3
案件概要.....	4
要約.....	5
はじめに.....	8
1. 調査名.....	8
2. 調査の背景.....	8
3. 調査の目的.....	8
4. 調査対象国・地域.....	9
5. 契約期間、調査工程.....	9
6. 調査団員構成.....	9
第1 対象国・地域の開発課題.....	11
1. 対象国・地域の開発課題.....	11
2. 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令等.....	16
(1) 開発計画.....	16
(2) 政策.....	19
(3) 法令等.....	20
3. 当該開発課題に関連する我が国の国別開発協力方針.....	21
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.....	21
(1) 我が国の ODA 事業.....	21
(2) 他ドナーの先行事例分析.....	21
第2 提案法人、製品・技術.....	23
1. 提案法人の概要.....	23
(1) 企業情報.....	23
(2) 海外ビジネス展開の位置づけ.....	23
2. 提案製品・技術の概要.....	23
(1) 提案製品・技術の概要.....	23
(2) ターゲット市場.....	26
3. 提案製品・技術の現地適合性.....	27
(1) 現地適合性確認方法.....	27
(2) 現地適合性確認結果（技術面）.....	27
(3) 現地適合性確認結果（制度面）.....	27
4. 開発課題解決貢献可能性.....	27
第3 ODA 事業計画/連携可能性.....	28

1. ODA 事業の内容/連携可能性 .....	28
2. 新規提案 ODA 事業の実施/既存 ODA 事業との連携における課題・リスクと対応策 .....	35
3. ジェンダー配慮等 .....	36
4. ODA 事業実施/連携を通じて期待される開発効果 .....	36
第4 ビジネス展開計画 .....	37
1. ビジネス展開計画概要 .....	37
2. ビジネスモデル .....	37
(1) ビジネスモデル概要 .....	37
(2) ビジネスの実施体制 .....	37
(3) 調達・製造・販売計画 .....	37
(4) バリューチェーン .....	38
(5) 進出形態とパートナー候補 .....	38
3. 市場分析 .....	38
(1) 市場の定義・規模 .....	38
(2) 競合分析・比較優位性 .....	38
4. 収支計画 .....	38
5. 想定される課題・リスクと対応策 .....	38
(1) 法制度面にかかる課題/リスクと対応策 .....	38
(2) ビジネス面にかかる課題/リスクと対応策 .....	38
(3) 政治・経済面にかかる課題・リスクと対応策 .....	38
(4) その他課題/リスクと対応策 .....	38
6. ビジネス展開を通じて期待される開発効果 .....	38
7. 日本国内地元経済・地域活性化への貢献 .....	39
(1) 関連企業・産業への貢献 .....	39
(2) その他関連機関への貢献 .....	39
英文案件概要 .....	40
英文要約 (Summary Report) .....	41
別添資料 .....	51

写真

	
<p>2022/1/11 キックオフ ONLINE 会議</p>	<p>2022/2/17 第二回会議 国際協力局</p>
	
<p>パイロット候補地 リモート踏査 (カオ・タイン池 他 1 件)</p>	<p>HOPE による ドンバイ湖の現地踏査</p>
	
<p>2022/5/5 パイロットサイト現地踏査 (ケオ・コイ池 他 1 件)</p>	<p>2022/5/5 バックカン省 人民委員会訪問</p>
	
<p>2022/6/15 進捗報告 ONLINE 会議 科学技術・国際協力局他</p>	<p>2022/6/20 調査・設計 ONLINE 会議</p>

地図



出典：【世界地図・SekaiChizu】 <http://www.sekaichizu.jp/>

図表リスト

図の一覧表		
図 1	調査工程表	10 頁
図 2	WB8 の工事分布図	23 頁
図 3	圧入工法のメカニズム	25 頁
図 4	コンパクトなサイズの機械	25 頁
図 5	サイレントパイラーを用いた施工例	26 頁
図 6	PPTS の例	26 頁
図 7	サイレントパイラーF111 の規格	27 頁
図 8	サイレントパイラーF301 の規格	27 頁
図 9	HK 1 の土質柱状図	31 頁
図 10	LWL・HWL 時における鋼矢板圧入施工前後の地下水位・堤体安定性の比較	33 頁
図 11	事業実施体制図	34 頁
表の一覧表		
表 1	特別級貯水池・大規模貯水池が決壊した場合の被害予測	13 頁
表 2	2017-2021 年に漏水が原因で機能に問題が生じたダム	15 頁
表 3	ダム機能障害のうち、漏水の占める数量・割合	15 頁
表 4	2021 年に漏水が出た貯水池の運用状況	16 頁
表 5	2020 年～2025 年 MARD の公共事業投資計画（貯水池整備事業の抜粋）	17 頁
表 6	ダム・貯水池管理に関する法令	21 頁

表 7	候補地選定条件一覧	29 頁
表 8	現地踏査候補地サイト一覧	29 頁
表 9	室内土質試験及び現場透水試験により求めた主要な土性値	32 頁
表 10	現場透水試験結果表	32 頁
表 11	活動計画・作業計画案	34 頁

## 略語表

略語	正式名称	日本語名称
MARD	Ministry of Agriculture and Rural Development	農業農村開発省
CPO	Central Project Office	水資源プロジェクトマネジメントオフィス
DWR	Directorate of Water Resources	水資源総局
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
IDA	International Development Association	国際開発協会
WB8	Vietnam – Dam Rehabilitation and Safety Improvement Project	ベトナムダム改修・安全性改善プロジェクト
UNICEF	United Nations Children’s Fund	国連児童基金
WHO	World Health Organization	世界保健機関
UNDP	United Nations Development Programme	国連開発計画
DFAT	Department of Foreign Affairs and Trade - Australia	オーストラリア外務貿易省
WB	World Bank	世界銀行
ADB	Asia Development Bank	アジア開発銀行
KOICA	Korea International Cooperation Agency	韓国国際協力団
JICA	Japan International Cooperation Agency	日本国際協力機構
IDH	The Sustainable Trade Initiative	サステナブルトレードイニシアチブ
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations	国際連合食糧農業機関
KEXIM	The Export – Import Bank of Korea	韓国輸出入銀行
PPTS	Press-in Piling Total System	圧入自動運転システム
PMU	Project Management Unit	プロジェクトマネジメントユニット
QCVN	ベトナム語 Quy Chuẩn quốc gia Việt Nam 英語 National technical regulation	ベトナム国家技術規定
TCVN	ベトナム語 Tiêu Chuẩn quốc gia Việt Nam 英語 National Standard of Vietnam	ベトナム国家基準
TCCS	ベトナム語 Tiêu Chuẩn Cơ Sở 英語 Basic Standard	基礎基準
IBST	Vietnam Institute For Building Science And Technology	ベトナム国建設省建築材料科学技術研究所
MOST	Ministry of Science and Technology	科学技術省





## ベトナム国 サイレントパイラーを用いた圧入工法による アースダム・堤防の防災技術に関する案件化調査

株式会社 小澤土木(静岡県浜松市) 株式会社 橋本組(静岡県焼津市)



### 対象国 防災・災害分野における開発ニーズ(課題)

- アースダム・堤防の止水性能の高い漏水対策。
- 1960～80年代に建設された貯水池・ダム湖の多くに老朽化による漏水の症状がみられ、安全性に課題を抱えている。漏水を起因として、過去10年間に71件のダム破損事故が発生し、住民の生活や農業などの経済に悪影響を及ぼしている。
- ベトナム政府は、ダム補修の計画を持っているが、既存工法では十分な止水性能を確保できないケースも見られることから、止水性能を担保できる施工が求められている。

### 本事業の内容

- 契約期間: 2021年12月～2023年2月
- 対象国・地域: ベトナム国ハノイ市、北部及び中部地方(パイロットサイト候補地調査)
- カウンターパート機関: 農業農村開発省(MARD)
- 案件概要: 圧入工法による、貯水池・ダム湖などのアースダム及び堤防の漏水対策に関する案件化調査。本事業を通じ、サイレントパイラーを用いた圧入工法のビジネス展開を図り、ベトナム国における災害リスクの低減を図る。

### 開発ニーズ(課題)へのアプローチ方法(ビジネスモデル)

- MARDをはじめとしたベトナム国官庁を主なターゲット顧客として、アースダム・堤防の漏水対策を目的とした鋼矢板圧入工事の公共工事受注を目指す。同施工を通して、止水性能の高いダム補修工事サービスを提供する。それを実現するために、ターゲット顧客に対して、圧入工法の優位性に関するアピールと関係構築を行い、同工法を推奨技術として規定してもらうよう働きかけることにより、公共事業や現地ローカルゼネコンが施工する現場で採用される環境を整える。
- 将来的には、河川、港湾、橋梁下部等における止水対策を目的とした圧入工事へ展開し、防災分野での貢献を目指す。

### 提案製品・技術

- サイレントパイラーを用いた圧入工法とは、既に地中に押し込まれた杭(鋼矢板等)を数本掴み、その引抜抵抗力を反力にして油圧による静荷重で次の杭を押し込む工法である。
- 他工法と比べた主な優位性は、以下の通り:
  - ① 高い施工精度を発揮する
  - ② 無騒音・無振動で施工ができる
  - ③ 狭小地、水上施工、アクセス制限等がある現場で施工可能
  - ④ 様々な土質条件(軟弱地盤から硬質地盤まで)に対応できる
  - ⑤ 運転支援システムにより、オペレーターの習熟度によらない施工が可能



サイレントパイラーによる  
ため池堤体部への遮水鋼矢板圧入

### 対象国に対し見込まれる成果(開発効果)

- 本提案技術の採用により、既存技術では対応できなかった老朽化したアースダム・堤防の機能維持・保全が可能になる。ダム事故を減少させ、住民の生活・生命・財産を守る事に大きく寄与できる。治水だけでなく、農業・生活・工業用水の安定的な確保・利用も容易となる。
- 将来的に、海岸地域の高潮・高波災害対策、浸食対策に展開することで、防災に関するインフラ整備・投資が促進され、災害リスクの低減が図られる。

2022年7月現在



# 要約

## I. 調査要約

1. 案件名	<p>(和文) ベトナム国サイレントパイラーを用いた圧入工法によるアースダム・堤防の防災技術に関する案件化調査 (中小企業支援型)</p> <p>(英文) <b>SDGs Business Model Formulation Survey with the Private Sector for Disaster Prevention Technology of Earth Dams and Embankments by Applying Press-in Method with the Silent Piler in Vietnam</b></p>											
2. 対象国・地域	<p>ベトナム国ハノイ市</p> <p>また、パイロットサイト候補地は、北部地方 (24 省 2 市) 及び中部地方 (16 省 1 市) から 5 か所程度を選定の上、調査を実施する。</p>											
3. 本調査の要約	<p>圧入工法による、貯水池・ダム湖などのアースダム及び堤防の漏水対策に関する案件化調査。本事業を通じ、サイレントパイラーを用いた圧入工法のビジネス展開を図り、ひいてはベトナム国 (以下、ベ国) における災害リスクの低減に貢献する。</p>											
4. 提案製品・技術の概要	<p>提案技術であるサイレントパイラーを用いた圧入工法は、既製杭設置方法の一つで、既に地中に押し込まれた杭を数本つかみ、その引抜抵抗力を反力として次の杭を油圧による静荷重で地中に押し込んでいく工法である。1975 年(株)技研製作所によって世界で初めて実用化した日本のオリジナル技術である。以下の特長がある。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 高い施工精度を発揮する。</li> <li>② 無騒音・無振動で施工ができる。</li> <li>③ 機械サイズがコンパクトであるため、狭小地、上空制限、水上施工、アクセス制限等がある現場に於いて優位性を発揮する。</li> <li>④ 軟弱地盤から岩盤層を含む硬質地盤まで、様々な土質条件に対応できる。</li> <li>⑤ PPTS (Press-in Piling Total System : 運転支援システム) を付加することにより、オペレーターの習熟度によらない施工が可能である。</li> </ol>											
5. 対象国で目指すビジネスモデル概要	<p>第一段階 (2027 年までを目途) と第二段階 (中長期 : 2028 年以降の売上計上を目途) に分けて、ビジネスモデルを構想している。本調査では、第一段階のビジネスモデルに関する調査を対象とする。想定するビジネスモデル (第一段階) の概要は以下の通り。</p> <table border="1" data-bbox="459 1238 1353 2020"> <thead> <tr> <th></th> <th>第一段階</th> <th>第二段階 (中長期)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ターゲット顧客</td> <td> <p>ベトナム国官庁</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 農業農村開発省 (MARD)</li> <li>- 水資源プロジェクトマネジメントオフィス (CPO)</li> <li>- 水資源総局 (DWR)</li> <li>- 防災総局 (VNDMA)</li> </ul> <p>民間建設会社・設計会社 (本邦・ベトナム)</p> <p>※最終顧客はベトナム官公庁となる公共事業を対象とする</p> </td> <td> <p>ベトナム国官庁</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 農業農村開発省 (MARD)</li> <li>- 水資源プロジェクトマネジメントオフィス (CPO)</li> <li>- 水資源総局 (DWR)</li> <li>- 防災総局 (VNDMA)</li> </ul> <p>○ 天然資源環境省 (MONRE)</p> <p>○ 商工省 (MOIT)</p> <p>○ 交通運輸省 (MOT)</p> <p>○ 建設省 (MOC)</p> <p>民間建設会社 (本邦・ベトナム・ASEAN 諸国)</p> </td> </tr> <tr> <td>提供サービス</td> <td> <p>アースダム・堤防の漏水対策を目的とした鋼矢板圧入工事の実施</p> </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ アースダム、河川、港湾、橋梁下部等における止水対策を目的とした鋼矢板圧入工事の実施</li> </ul> </td> </tr> </tbody> </table>				第一段階	第二段階 (中長期)	ターゲット顧客	<p>ベトナム国官庁</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 農業農村開発省 (MARD)</li> <li>- 水資源プロジェクトマネジメントオフィス (CPO)</li> <li>- 水資源総局 (DWR)</li> <li>- 防災総局 (VNDMA)</li> </ul> <p>民間建設会社・設計会社 (本邦・ベトナム)</p> <p>※最終顧客はベトナム官公庁となる公共事業を対象とする</p>	<p>ベトナム国官庁</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 農業農村開発省 (MARD)</li> <li>- 水資源プロジェクトマネジメントオフィス (CPO)</li> <li>- 水資源総局 (DWR)</li> <li>- 防災総局 (VNDMA)</li> </ul> <p>○ 天然資源環境省 (MONRE)</p> <p>○ 商工省 (MOIT)</p> <p>○ 交通運輸省 (MOT)</p> <p>○ 建設省 (MOC)</p> <p>民間建設会社 (本邦・ベトナム・ASEAN 諸国)</p>	提供サービス	<p>アースダム・堤防の漏水対策を目的とした鋼矢板圧入工事の実施</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ アースダム、河川、港湾、橋梁下部等における止水対策を目的とした鋼矢板圧入工事の実施</li> </ul>
	第一段階	第二段階 (中長期)										
ターゲット顧客	<p>ベトナム国官庁</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 農業農村開発省 (MARD)</li> <li>- 水資源プロジェクトマネジメントオフィス (CPO)</li> <li>- 水資源総局 (DWR)</li> <li>- 防災総局 (VNDMA)</li> </ul> <p>民間建設会社・設計会社 (本邦・ベトナム)</p> <p>※最終顧客はベトナム官公庁となる公共事業を対象とする</p>	<p>ベトナム国官庁</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 農業農村開発省 (MARD)</li> <li>- 水資源プロジェクトマネジメントオフィス (CPO)</li> <li>- 水資源総局 (DWR)</li> <li>- 防災総局 (VNDMA)</li> </ul> <p>○ 天然資源環境省 (MONRE)</p> <p>○ 商工省 (MOIT)</p> <p>○ 交通運輸省 (MOT)</p> <p>○ 建設省 (MOC)</p> <p>民間建設会社 (本邦・ベトナム・ASEAN 諸国)</p>										
提供サービス	<p>アースダム・堤防の漏水対策を目的とした鋼矢板圧入工事の実施</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ アースダム、河川、港湾、橋梁下部等における止水対策を目的とした鋼矢板圧入工事の実施</li> </ul>										

			・ サイレントパイラー 関連機器の販売・メ ンテナンス等
	提携先	建設会社（ベトナム）	建設会社（ベトナム） レンタル・リース会社 （本邦・ベトナム）
	パートナー	㈱技研製作所、(一社) 全国圧入協会（JPA）、国際圧入 学会（IPA）	
	技術アドバイザー	国立大学法人金沢大学	
6. ビジネスモデル 展開に向けた課 題と対応方針	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ サイレントパイラーを用いた圧入工法がベ国の公共事業で広く採用されるには、技術認定が欠かせない。日本では圧入工法設計施工指針が発行され、法的、科学的根拠は既に成立しているものの、ベ国においては実証事例がないため、パイロット事業（施工）を実施し、効果の検証が求められる。その後技術認定がなされることになる。 →ビジネス展開の中で、パイロット施工を経て、圧入工法に関する技術基準（TCCS、TCVN）の策定を目指す。</li> <li>➤ パイロット施工に関しては、サイレントパイラーを用いた圧入工法の採用について C/P から大筋で同意を得ているため、パイロット施工の許可を得ることに大きな問題は生じないものと考えている。（バックカン省農業農村開発局から支援レターを受領している）ただし、パイロット施工は JICA による支援が前提であり、JICA からの支援が得られない場合は、ベトナム側予算でパイロット施工を行うことを提案することになる。ベトナム側がパイロット施工に予算をつけるまでに長い期間を要する可能性があり、その場合、技術基準の策定も大きく遅れ、ビジネス展開が大幅に遅延すると想定される。</li> <li>➤ ベトナム側も迅速な基準策定への協力を約束しているものの、基準の策定には長い期間を要する可能性もある。 →パイロット施工の完了を待つことなく、基準化の手続きを前広に進めることでこれに対応する。</li> <li>➤ 本提案工法が普及された後を見据え、現在、ベ国で確立されていないサイレントパイラーのメンテナンス体制を構築すべく現地パートナー、及び㈱技研製作所と協議を進める。更に、質の高いメンテナンス体制を実現するため、今後、サイレントパイラー特有の研修プログラムの導入を計画する事で対応する。</li> </ul>		
7. ビジネス展開に よる対象国・地 域への貢献	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ ベトナム国内のダムの中の殆どが、洪水調整のほか農業用水・生活用水等に使用される小規模灌漑ダム（貯水池）である。1960～80 年代に建設されているため、建設の質的レベルが低く、ダムの安全性に課題が多い。実際、過去 10 年で 71 件ものダム事故が発生していて、住民への被害が多発している。MARD を中心として 2019 年 8 月より中部高原地域から北部山岳地域に位置する貯水池の 200 池に対し緊急対策を計画、2030 年までに東南部及び中部高原地域における水利施設を整備する投資計画が決定している。他方、ベトナムの貯水池の多くは山岳部等で建設される場合が多く、現状では十分な止水性能を確保できない工法を採用しているケースが見られる。</li> <li>➤ ダム湖の破損の大半は、漏水原因であることが把握できている。アースダムの漏水対策において、本提案技術を導入することにより、既存技術では対応できなかった老朽化したアースダム・堤防の機能維持・保全が可能となり、台風や洪水の影響を受けやすい環境で暮らす住民や貯水池・ダム湖等の下流地域の住民の生活、生命、財産を守る事に大きく寄与できる。また、治水だけでなく、農業・生活・工業用水の安定的な確保・利用が容易となる。更に、将来的に海岸地域の高潮・高波災害対策、浸食対策に展開することで、防災に関するインフラ整備・投資が促進され、災害リスクの低減が図れる。また、施工技術の現</li> </ul>		

	<p>地移転を通して、標準工法化の促進が図れる。</p> <p>➤ 貢献を目指す SDGs のターゲット</p> <p>① 貧困を無くそう</p> <p>1.5 2030 年までに、貧困層や脆弱な立場にある人々のレジリエンスを構築し、気候変動に関連する極端な気象現象やその他の経済、社会、環境的打撃や災害に対するリスク度合いや脆弱性を軽減する。</p> <p>⑪ 住み続けられるまちづくりを</p> <p>11.5 2030 年までに、貧困層および脆弱な立場にある人々の保護に重点を置き、水害などの災害による死者や被災者数を大幅に削減し、国内総生産比で直接的経済損失を大幅に減らす。</p> <p>⑬ 気候変動に具体的な対策を 13.1 すべての国々において、気候変動に起因する危険や自然災害に対するレジリエンスおよび適応力を強化する。</p>
8. 本事業の概要	
① 目的	<p>本調査の目的は、以下の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 老朽化したアースダム・堤防に関する開発課題、対策工事に関する市場規模及び顧客候補企業の関心・ニーズが明確になる。</li> <li>・ ベ国政府における圧入工法の技術基準策定のためのプロセスが明確になる。</li> <li>・ (普及実証事業を前提とした)パイロットサイト候補地が選定される。</li> </ul>
② 調査内容	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. アースダム・堤防の漏水に関わる開発課題の調査 (漏水被害の実態)</li> <li>2. アースダム・堤防の漏水対策工事についての需要調査</li> <li>3. 漏水対策が必要と考えられる堤防・ダムに対する本工法の現地適合性の確認</li> <li>4. サイレントパイラーを用いた圧入工法に関連するガイドライン・積算基準の策定・認定の手続き、及び機材の輸出入規制に関する調査</li> <li>5. ODA 事業としてのパイロット施工を見据えた概略調査 (環境社会配慮調査・分析を含む)</li> <li>6. ビジネス展開計画の策定のための調査</li> </ol>
③ 本事業実施体制	<p>提案法人：株式会社小澤土木、株式会社橋本組</p> <p>外部人材：国立大学法人金沢大学、株式会社地球システム科学</p>
④ 履行期間	2021 年 12 月～2023 年 2 月 (15 ヶ月)
⑤ 契約金額	29,922 千円 (税込)

## II. 提案法人の概要

1. 提案法人名	株式会社小澤土木、株式会社橋本組
2. 代表法人の業種	[⑤その他⑤その他] (専門建設業)
3. 代表法人の代表者名	小澤智久
4. 代表法人の本店所在地	〒432-8048 静岡県浜松市中区森田町 6 番地
5. 代表法人の設立年月日 (西暦)	昭和 41 年 06 月 02 日
6. 代表法人の資本金	3,600 万円
7. 代表法人の従業員数	60 名
8. 代表法人の直近の年商 (売上高)	2,458 万円 (2020 年 7 月～2021 年 6 月期)

## はじめに

### 1. 調査名

(和文) ベトナム国サイレントパイラーを用いた圧入工法によるアースダム・堤防の防災技術に関する案件化調査

(英文) SDGs Business Model Formulation Survey with the Private Sector for Disaster Prevention Technology of Earth Dams and Embankments by Applying Press-in Method with the Silent Piler in Vietnam

### 2. 調査の背景

6,000 基以上に及ぶベトナム国内のダムのうちの殆どは、洪水調整のほか農業用水・生活用水等に使用される小規模灌漑ダムであり、土を盛り固めて造ったアースダムと呼ばれるものである。1960～80 年代に建設されたダムが過半であり、老朽化している。加えて、構造物の品質が高くないため、ダムの安全性における課題が多い。水資源総局 (DWR) によれば、ダム破損の大半は漏水が原因と考えられている。直近 10 年間においても 71 件のダム事故が発生しており、住民への直接被害が多発している現状である。

ベトナム政府はこの現状を深刻に捉えている。農業農村開発省 (MARD) よれば、2022 年までに緊急対策が必要とされるダムは 1,150 基に及ぶとされており、MARD を始めとしたベトナム政府は、短期的には中北部地方の 200 基に対する緊急対策計画を決定している。また中長期的には、2030 年までに 272 基のダム改修工事とともに、329 基のダム新規工事を含む整備事業計画を決定している。加えて世界銀行 IDA (国際開発協会) も、2015 年より、34 省において 450 基のダムを対象に、老朽化したダムの補修プロジェクトを実施している。しかしながら、ベトナム国内のダムの多くは山岳部で建設される場合が多く、現状では十分な止水性能を確保できない工法を採用しているケースが散見されることから、依然としてダムの安全性には課題がある。

以上の経緯を踏まえ、ダム・堤防の漏水対策工事において、受注者の有する「サイレントパイラーを用いた圧入工法技術」(以下、本提案技術)を導入することにより、既存技術では対応できなかった山岳部などの狭小地での施工が可能となり、また高い止水性能が発揮できることから、老朽化したダム・堤防の機能維持や保全に繋がることが期待できる。ひいては、台風や洪水の影響を受けやすい環境で暮らす住民やダムの下流地域の住民の生活、生命及び財産を守るとともに、農業・生活・工業用水の安定的な確保・利用が容易となり、ベトナムの経済発展に貢献し得る。

本調査においては、本提案技術を用いたアースダム・堤防の漏水対策工事の適用可能性の確認を行い、ODA を通じた提案技術の現地活用の可能性、およびビジネス展開にかかる検討を行うことを目的とする。

### 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

また、パイロットサイト候補地は、北部地方（24省2市）及び中部地方（16省1市）から5か所程度を選定の上、調査を実施する。

#### 5. 契約期間、調査工程

契約期間：2021年12月10日～2023年2月28日

調査工程：下図の通り。

	調査項目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
1	アースダム・堤防の漏水に関わる開発課題が理解できる(漏水被害の実態)	1-1 被害実態調査									
			1-2 課題認識								
2	アースダム・堤防の漏水対策工事についての需要把握		2-1								
			2-2 アースダム漏水市場規模推定								
3	漏水対策が必要と考えられる堤防・ダムに対する本工法の現地適合性の確認		3-1 適用性調査								
4	サイレントパイラーを用いた圧入工法に関するガイドライン・積算基準の策定・認定の手続き、及び機材の輸出入規制確認			4-1 文献調査							
					4-2 ヒアリング						
					4-3 輸出入規制						
5	ODA事業としてのパイロット施工を見据えた概略調査・候補地			5-1	計画地候補選定	候補地を1カ所に絞り込む					
				5-2 現地踏査							
						5-3 測量・概略設計					
										3-2/ 5-4	
6	ビジネス展開計画の策定	(調査団で実施)									セミナー開催

(出所：調査団作成、2022年10月時点)

図1 調査工程表

#### 6. 調査団員構成

氏名	担当業務内容	所属先
小澤 智久	【業務主任者】 サイレントパイラーを用いた圧入工法の現地適合性検討	株式会社 小澤土木
グエンティマイ タイン	【詳細市場調査/現地技術調査-2】 現地セミナーの企画・準備・運営（国内業務）、ブリッジ業務	株式会社 小澤土木
橋本 和記	【海外展開事業計画】 コーディネーション業務	株式会社 橋本組
三浦 英樹	【副業務主任者/現地技術調査-1】 オンラインセミナー企画・監修、業務調整	株式会社 橋本組
グエン クアン ハー	【現地関係機関との連絡・調整/現地技術調査-3】 会議のアレンジ、現地セミナー準備・運営（現地業務）	HOPE E&C JSC.

ファム デイン コイ	【フィールド調査/現地技術調査-4】 文献調査、C/P や関係部局に対する技術プレゼン	HOPE E&C JSC.
坂本 浩之	【チーフアドバイザー/ガイドライン・積算基準検討】 サイレントパイラー工法の技術基準検討、進捗報告書・業務完了 報告書作成支援	株式会社 地球システ ム科学
川上 京一	【パイロットサイトの概略調査・検討】 パイロットサイト候補地の選定、圧入工法の概略調査・検討	株式会社 地球システ ム科学
佐々木 新	【ODA 案件化検討】 防災に係る課題整理、普及・実証事業検討	株式会社 地球システ ム科学
松本 樹典	【技術アドバイザー】 工法検証、解析シミュレーション、(セミナー開催時) 技術顧問役	金沢大学 理工学部
船原 拓也	【製品及び工法紹介】 圧入製品紹介 (コンテンツ提供他)、圧入工法技術指導、普及活動	株式会社 技研製作所
斎藤 恭明	【現地技術調査】 現地日本関係機関との連絡・調整	HOPE E&C JSC.

補記：2021年12月13日付で業務従事者を以下の通り交代した。

交代者：業務従事者 斎藤 恭明 (HOPE E&C JSC 社)

引継者：業務従事者 三浦 英樹 (橋本組)、グエンティマイ タイン (小澤土木)、  
グエン クアン ハー (HOPE E&C JSC 社)、ファム デイン コイ (HOPE E&C  
JSC 社)

## 第1 対象国・地域の開発課題

### 1. 対象国・地域の開発課題

ベ国では 7,808 のダム湖があり、その内 6,836 の貯水池（水力発電所の貯水池を除く）が全国の 45 省/63 省に分布し（特別級貯水池 4 池、大規模 888 池、中規模 1,633 池、小規模 4,225 池）、総貯水容積が 145 億 $\text{m}^3$ といわれている。貯水池が農業用水、生活用水、工業用水を提供していると同時に洪水調節機能を担っている。

1960～80 年代に建設されているため、建設の品質的レベルが低く、ダムの安全性に課題を抱えているケースが多い。また、MARD 直下の水資源総局（DWR）が世銀 IDA の協力を受け開催した貯水池・ダムの安全管理セミナーで発表された内容によると、ダム湖の破損の大半は漏水原因と明らかになっている。実際、過去 10 年で 71 件ものダム事故が発生していて、住民への被害が多発している。MARD を中心として緊急対策が計画されているものの、ベ国の貯水池の多くは山岳部等で建設される場合が多く、現状では十分な止水性能を確保できない工法を採用しているケースが見られる。また、建設工事に伴う、振動・騒音・道路損傷等に対する問題意識が社会問題化しており、無振動・無騒音技術に関するニーズも高い。

ベ国における貯水池・ダム湖の主要な機能及び現状を下記に示す。

#### 給水機能：

農業耕地の 1,100,000 ha へ給水している他、生活用水・工業用水として 15 億 $\text{m}^3$ の水量を提供している。年間約 1,010 億 $\text{m}^3$ の水消費需要に対し、貯水池は発電所のダム湖（560 億 $\text{m}^3$ ）に次いで 145 億 $\text{m}^3$ を給水していることからベ国は既に水不足の状態に陥っている。工業化・都市化に伴い、水の需要が高まっているため 2030 年の需要は 1,110 億 $\text{m}^3$ に増加し、2045 年まで 1,300 億 $\text{m}^3$ も必要になることが予測される。

2021 年の夏秋作に農地への給水能力が低下したことにより 4,034 ha の面積は作物栽培できず、耕作停止または別の作物へ切り替えるなどの対応を余儀なくされた。

さらに都市化、工業化、インフラ整備の急増にともない、水利システム上の水質汚染問題が悪化していることから、利用可能な水質と水量を確保することが一層厳しい現状にある。

#### 洪水調節機能：

大雨の時、貯水池に流入する流水を安全に流下させ、下流域の安全を確保する。

現在、ベ国の主要河川流域のうち、ホン・タイビン川、マー川、フォン川の 3 つの流域しか貯水池の洪水調節容量が確保できていない。貯水池の老朽化に伴い、災害の影響を軽減させるため、貯水池の洪水調節機能を強化していく必要がある。

MARD は洪水に対応する能力を確保するため、法律に基づく技術基準である QCVN 04-05:2012 “水利施設の国家技術規定 - 設計に対する基本規定（National technical regulation on hydraulic structures - The basic stipulation for design）”を満たすように全国の大規模貯水池に対し改良工事を進めているものの、中には旧基準によって建設され、洪水調節機能を果たしていない貯水池が 65 池も残っている。中小規模の貯水池は、1960～1980 年代に建設された貯水池が多いだけでなく、建設の品質的レベルが低いことによってダムの安全性に課題が出ている。また老朽化された貯水池



が新基準に対応しておらず、運用計画上貯水の制限をかけたり、貯水を止めたりする状態になっている。

ベ国では災害に関するハザードマップが十分に整備されていないため、洪水等により貯水池のダム堤体が決壊した場合の被害を特定できていない。したがって、ベ国内の被害地を把握できるのは特別級貯水池及び大規模貯水池などの一部のみとなっている。

表 1 特別級貯水池・大規模貯水池が決壊した場合の被害予測

	貯水池の名称	所在地	規模/管理権	被害の予測
1	Núi Cốc	Thái Nguyên 省	省をまたがる貯水池 (MARD 管理)	決壊した場合の被害地 ・ Bac Giang 省 Hiệp Hòa 市の 3 町 ・ Ha Noi 都 Sóc Sơn 市の 3 町 ・ Thai Nguyen 省 Phố Yên 市の 4 町、Sông Công 市の 5 町、Thái Nguyên 市の 3 町。 浸水面積：約 1,300ha
2	Cấm Sơn	Bắc Giang 省	省をまたがる貯水池 (MARD 管理)	決壊した場合の被害地 ・ Lạng Sơn 省 Hữu Lũng 市 ・ Bắc Giang 省 Bắc Giang 市、Lạng Giang 市
3	Cửa Đạt	Thanh Hóa 省	特別級貯水池 (MARD 直轄)	決壊した場合の被害地 Thanh Hóa 省の Thường Xuân 市、Thọ Xuân 市、Triệu sơn 市、Thiệu Hóa 市、Đông Sơn 市、Thanh Hóa 市の 60 町が被害を受けることが予測する。 浸水面積：約 83,783ha 避難者数：180,000 人
4	Sông Mực	Thanh Hóa 省	大規模貯水池	決壊した場合の被害地 Thanh Hóa 省 Nông Cống 市、Như Thanh 市
5	Yên Mỹ	Thanh Hóa 省	大規模貯水池 82,000,000 m <sup>3</sup> 8,200 万 m <sup>3</sup>	決壊した場合の被害地 Thanh Hóa 省 Nông Cống 市、Tĩnh Gia 市
6	Đồng Chùa	Thanh Hóa 省	大規模貯水池	決壊した場合の被害地 Thanh Hóa 省 Nghi Sơn 市 Hải Hòa 町
7	Vực Mầu	Nghệ An 省	大規模貯水池	決壊した場合の被害地 Hoàng Mai 市の 10 町、Quỳnh Lưu 市の 3 町
8	Sông Sào	Nghệ An 省	大規模貯水池	決壊した場合の被害地 Nghĩa Đàn 市の 3 町
9	Ngàn Trươi	Hà Tĩnh 省	特別級貯水池 (MARD 直轄)	決壊した場合の被害地 Vũ Quang 市、Đức Thọ 市、Hương Sơn 市、Hương Khê 市の 64 町が浸水する。36,000 戸が被害を受けることが想定する。
10	Kẻ Gỗ	Hà Tĩnh 省	大規模貯水池	決壊した場合の被害地 Cẩm Xuyên 市、Hà Tĩnh 市

11	Sông Rác	Hà Tĩnh 省	大規模貯水池	決壊した場合の被害地 Cẩm Xuyên 市の 7 町
12	Kim Sơn	Hà Tĩnh 省	省をまたがる貯水池 (MARD 管理)	決壊した場合の被害地 : Kỳ Anh 市
13	Vực Tròn	Quảng Bình 省	大規模貯水池	決壊した場合の被害地 Quảng Trạch 市の 5 町
14	Phú Vinh	Quảng Bình 省	大規模貯水池	決壊した場合の被害地 Đồng Hới 市の 5 町
15	Thác Chuối	Quảng Bình 省	大規模貯水池	決壊した場合の被害地 Việt Trung 農場及び Bố Trạch 市の 5 町
16	Trúc Kinh	Quảng Trị 省	大規模貯水池	決壊した場合の被害地 Gio Linh 市の 4 町及び Cam Lộ 市の 1 町
17	Kinh Môn	Quảng Trị 省	大規模貯水池	決壊した場合の被害地 Gio Linh 市の 4 町と Vĩnh Linh 市 の 2 町
18	Bảo Đài	Quảng Trị 省	大規模貯水池	決壊した場合の被害地 Vĩnh Linh 市の 2 町
19	Tả Trạch	Thừa Thiên Huế 省	特別級貯水池 (MARD 直轄)	決壊した場合の被害地 : Phong Điền 市、Hương Trà 市、Quảng Điền 市、Huế 市、Phú Vang 市、Hương Thủy 市、Phú Lộc 市 被害を受ける戸数 : 約 71,000 戸
20	Suối Giai	Bình Phước 省	省をまたがる貯水池 (MARD 管理)	決壊した場合の被害地 ・ Bình Phước 省 Đồng Phú 市 Tân Lập 町 ・ Bình Dương 省 Phú Giáo 市 Phước Sang 町
21	Sông Ray	Bà Rịa-Vũng Tàu 省	省をまたがる貯水池 (MARD 管理)	決壊した場合の被害地 Sông Ray 貯水池から Lộc An 河口ま での Ray 川の両岸地域に影響が出 る。Châu Đức 市の Sơn Bình 町、 Suối Rao 町; Xuyên Mộc 市の Hòa Bình 町、Phước Tân 町、Phước Thuận 町、Hòa Hưng 町; Đất Đỏ 市 の Láng Dài 町、Lộc An 町、Tân Lâm 町、Bàu Lâm 町
22	Sông Hỏa	Bà Rịa-Vũng Tàu 省	大規模貯水池	決壊した場合の被害地 Sông Hỏa 貯水池から Lộc An 河口ま での Hỏa 川、Ray 川の両岸地域に影 響が出る。 Xuyên Mộc 市、Đất Đỏ 市
23	Đá Đen	Bà Rịa-Vũng Tàu 省	大規模貯水池	決壊した場合の被害地 Tân Thành 市、Châu Đức 市、Bà Rịa 市
24	Dầu Tiếng	Tây Ninh 省	特別級貯水池 (MARD 直轄)	決壊した場合の被害地 ・ Tây Ninh 省: Bến Củi 町、Hưng Thuận 町、Đôn Thuận 町 ・ Bình Dương 省: 1 市及び 13 町、

				Dầu Tiếng,市 Định Thành 町、 Thanh An 町、 Thanh Tuyên 町、 Phú An 町、 An Lập 町、 An Tây 町、 Tân Định 町、 An Điền 町、 Thới Hòa 町、 Long Nguyên 町、 Chánh Mỹ 町、 Tân An 町、 Tương Bình Hiệp 町 ・ Hồ Chí Minh シティ： An Phú 町、 Củ Chi 市 Phạm Văn Cội 町。 ※Dầu Tiếng 池が決壊してから 12 時間が経過した場合 Hồ Chí Minh シティは 1 m 浸水することが予測さ れる。
--	--	--	--	---

(出所：2021 年度洪水期に向けたダム・貯水池安全性検査結果報告書より作成)

ベ国内の貯水池は複数の機能を担っている一方、ほとんどは小規模灌漑ダム（貯水池）である。MARD 直下の水資源総局（DWR）が世銀 IDA の協力を受け開催した貯水池・ダムの安全管理カンファレンスで発表された内容によると、ダム湖の破損の大半は漏水が原因であることが明らかになっている。

MARD ダム安全局へのヒアリングによると、直近 5 年間（2017 年～2021 年）で 52 件ダム湖のトラブルが発生し、そのうち約 2 割の 10 件が漏水に起因するものであった。漏水が原因で機能に問題が生じているダムは以下の通りである。

**表 2 2017-2021 年に漏水が原因で機能に問題が生じたダム**

貯水池の名称	所在する省
Núi Cốc	Thái Nguyên 省
Cháu Mè	Hòa Bình 省
Phước Hòa	Quảng Ngãi 省
Hòa Hải	Quảng Ngãi 省
La Bách	Phú Yên 省
Gia Hoét	Bà Rịa 省 - Vũng Tàu 省
Nhiều Mua	Thanh Hóa 省
Ea Nao 2	Đắk Lắk 省
Hồ Thôn 2	Đắk Nông 省
Cây Gạo	Quảng Bình 省

(出所：DWR の資料より調査団作成)

その他、2021 年の統計によると、老朽化により洪水調節機能を果たしていない貯水池が 1,104 池存在する。うち、堤体または地盤の漏水が原因となっているものは下記のとおりであり、機能障害の原因に占める漏水の割合は 67.3%となっている。

**表 3 ダム機能障害のうち、漏水の占める数量・割合**

ダムの規模	老朽化しているダム	うち基礎地盤・堤体・	うち規模の大きな漏水
-------	-----------	------------	------------

		取水路の側部が漏水しているもの	が発生しているもの
大規模ダム	157	103	26
中規模ダム	264	198	49
小規模ダム	683	442	92
計	1,104	743	167
割合	100%	67.3%	15.1%

(出所：DWR のデータより調査団作成)

この他、世界銀行の WB8 プロジェクトにおいても、機能障害を起こしているダム・貯水池のうち、漏水が原因となっているものの割合は 311/450 の 69.1%となっている。

これらの情報からは、ベ国においては、ダム・貯水池の機能障害の原因は 60～70%が漏水によるものと推定される。

1,104 湖の内に、漏水現象が確認され、運用支障となった貯水池を下表にまとめた。

**表 4 2021 年に漏水が出た貯水池の運用状況**

貯水池の規模	貯水機能		防災機能 ダムが破壊した場合被害を受ける住民 (戸数)
	貯水能力への影響		
	貯水制限	貯水不可	
大規模	13	2	1,268
中規模	43	6	342
小規模	89	17	237
合計	145	25	※ベ国北部・中部一部のデータのみ

(出所：DWR のデータより調査団作成)

MARD を中心として緊急対策が計画されているものの、ベ国の貯水池は山岳部等で建設される場合が多く、現状では十分な止水性能を確保できない工法を採用しているケースが見られる。また、建設工事に伴う、水質汚染、道路損傷等に対する問題意識が社会問題化しており、環境性能・無振動・無騒音技術に関するニーズも高まる。

ベ国は年々台風と洪水に襲われ、国民の生命と財産に膨大な被害を与えている。既に水不足、水源環境汚染の問題に直面し、気候変動の影響を最も受けやすい状況の中で、生活や生産活動に対する水消費量を確保しながら、下流地域の住民の生命、生活や財産を守らなければならない。今後の貯水池の有効活用の為、アースダムに対する効果のある漏水対策の技術を基準化し、展開することが必要と考える。

#### 開発課題の背景・原因

MARD 水資源総局とのヒアリングにより背景と原因が明確になった。

ベ国の貯水池の中に中小規模の貯水池は総数の約 87%も占め、その多くは 1960 年～1980 年の間に建設された。技術が普及されなかった当時に作られた貯水池が老朽化してきたのだけではなく、そもそも貯水池としての機能が不十分であった。また、30～40 年前に建設された際の設計図や竣工図が保管されていないことが対策を検討する時の支障となっている。特に中小規模の貯水池によく見

かける築年数の古いアースダムは、様々な土材を集めて作られたものなので対策工事として対応できる施工工法が存在しない。

- ▶ 現地の施工技術が限定されるため、硬質な地盤や老朽化したアースダムに対して効果が低い。
- ▶ 多くの貯水池はアクセスの悪い山岳地方にあるため、点検・検査業務を初め補修・改修工事が困難な状況にある。
- ▶ 気候変動下で干ばつや大雨などが発生しているため、古いダムがその機能を果たせない。
- ▶ 予算の不足により、現状では引き続き世銀等の国際ドナーに対策を依存している状況にある。

## 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

ダム・貯水池に関わる開発計画として MARD 発行 2021 年～2025 年の公共事業計画にダム・貯水池の新規整備プロジェクトが 41 件計上されている（内訳：WB8、KEXIM 1、JICA 2 の ODA 事業 3 件、国内公共事業 38 件）。他に各地方が管理している貯水池に対し地方の財源により開発計画を立てることとなっている。また、MARD が管理している 13 湖及び大規模の貯水池の災害対応能力を向上するため、安全確保プロジェクトを計画し 1,500 Bil VND（約 84 億円）（2022 年 6 月 3 日時点の換算レート「VND1=0.0056 円」を採用）の予算額を組むこととなっている。

**表 5 2020 年～2025 年 MARD の公共事業投資計画（貯水池整備事業の抜粋）**

	プロジェクト名称	所在地	事業費 (Bil VND)	発注者
<b>ODA プロジェクト</b>				
1	WB8	全国	1,131.473	・ CPO ・ Dau Tieng 水利施設 運営管理一員有限会社
2	KEXIM1	Thanh Hoa 省 Nghe An 省	1,887.312	・ CPO ・ Thanh Hoa 省農業農 村開発投資建設プロジ ェクトマネジメントユ ニット
3	JICA2	Nghe An 省	1,853.056	・ CPO ・ 水資源アカデミー ・ Nghe An 省農業農村 開発局
<b>国内予算の公共事業</b>				
1	Ta Trach 池	Hue 市	1.96	MARD PMU No.5
2	Cua Dat 池	Thanh Hoa 省	2.48	Thanh Hoa 省
3	Da Han 水利システム	Ha Tinh 省	480	Huong Khe 市 人民委員会
4	北 Ben Tre 水利システム	Ben Tre 省	38	・ MARD PMU No.10 ・ Ben Tre 省
5	Tan My 水利システム	Ninh Thuan 省	635	・ MARD PMU No.7 ・ Ninh Thuan 省
6	Ngam Truoi- Cam Trang 水利 システム	Ha Tinh 省	64	・ MARD PMU No.4 ・ Ha Tinh 省

7	Canh Tang 池	Hoa Binh 省	1,602	・ MARD PMU No.1 ・ Hoa Binh 省人民委員会 Lac Son 市
8	Krong Pak Thuong 池	Dak Lak 省	1,350	・ MARD PMU No.8 ・ Dak Lak 省
9	Ban Mong 池	Nghe An 省	1,750	・ MARD PMU No.4 ・ Nghe An 省農業農村開発局（用地取得） ・ Thanh Hoa 省農業農村開発局（用地取得）
10	Song Cho 池 No.1	Khanh Hoa 省	564	MARD PMU No.7
11	Bac Quang 水利システム	Ha Giang 省	69.5	Ha Giang 省 農業農村開発局
12	ダム湖・貯水池の安全確保	全国	1,470	MARD PMU No.2
13	塩害・水質汚染・水不足地域へ生活用水を給水するための貯水及び給水システム	メコンデルタ	1,100	MARD 水資源総局 - 浄水及び農村部環境衛生センター
14	Cao Bang 省 Luc Khu 地区、Ha Giang 省の山岳地区、Lai Chau 省 Muong Te 市の貯水・給水工事	Cao Bằng 省、 Hà Giang 省、 Lai Châu 省	300	MARD 水資源総局 - 浄水及び農村部環境衛生センター
15	Giang Ma 池	Lai Chau 省	340	Lai Chau 省
16	Na San 水利システム	Son La 省	240	Son La 省
17	Bac Quang 水利工事	Ha Giang 省	270	Ha Giang 省 農業農村開発局
18	Cao Ngoi 池	Tuyen Quang 省	250	Tuyen Quang 省
19	Thuc Luyen 池	Phu Tho 省	450	Phu Tho 省 農業農村開発局
20	Cao Bang 貯水池群	Cao Bang 省	250	Cao Bang 省 農業農村開発局
21	Thác Huống 水利システム補修工事	Bac Giang 省	400	Nam Song Thuong 水利施設運営管理一員有限公司（委託者）
22	Nho Quan 水利システム改修工事	Ninh Binh 省	700	Ninh Binh 省 農業農村開発局
23	南 Sông Vân 水利工事	Ninh Binh 省	450	Ninh Binh 省 農業農村開発局
24	Đa Độ/ An Kim Hải 水利システム補修・改修工事	Hai Phong 省	380	ハイフォン農業施設投資建設プロジェクトマネジメントユニット
25	Tân An- Đập Đá 水利システム	Bình Định 省	300	Bình Định 省 農業農村開発局
26	Dau Tieng 池補修・改修（フェーズ2）	Tay Ninh 省	400	Dau Tieng- Phuoc Hoa 水利施設運営管理一員有限公司（委託者）
27	Tha La 池補修工事	Tay Ninh 省	280	Tay Ninh 農業農村開発投資建設プロジェクトマネジメントユニット
28	Bình Phước 省貯水池群	Bình Phước 省	240	Bình Phước 省投資建設プロジェクトマネジメ

				ントユニット
29	Bac Hung Hai 水利システム補修 (フェーズ 2)	Hung Yen 省、 Hai Duong 省	650	Bac Hung Hai 水利施設運営管理一員有限会社 (委託者)
30	Bac Nam Ha/Xuan Thuy 水利システム補修・改修	Ha Nam 省、 Nam Dinh 省	400	MARD PMU No.1
31	Cha Rang 池	Khanh Hoa 省	150	Khanh Hoa 省 農業農村開発局
32	Song Luy 貯水池のシステム完成工事	Binh Thuan 省	450	Binh Thuan 省 農業農村開発投資建設プロジェクトマネジメントユニット
33	Dak Gang 池	Dak Nong 省	600	Dak Nong 省 農業農村開発投資建設プロジェクトマネジメントユニット
34	Krong Pak Thuong 池 (フェーズ 2)	Dak Lak 省	900	Dak Lak 省
35	Bay Nui 水利工事	An Giang 省	350	An Giang 省 農業農村開発局
36	北 Bac Ben Tre 水利システム完成工事	Ben Tre 省	400	Ben Tre 省 農業農村開発投資建設プロジェクトマネジメントユニット
37	Nam Mang Thit 水利工事	Vinh Long 省、 Tra Vinh 省	593	MARD PMU No.10
38	Tac Thu/ 西海岸 水利工事	Kien Giang 省、 Ca Mau 省	400	MARD PMU No.10
		合計	24,141.78	

(出所：2021年12月31日付 MARD 発公文第 9159/BNN-KH 号の付録により調査団作成)

MARD は全国に老朽化した 934 池に対して洪水調節機能を強化するため 2025 年までと、2026 年～2030 年、2031 年～2035 年の 3 期に分け改修工事を進めていく計画がある。

2021 年 8 月 17 日に MARD から政府へ「2045 年を見据えた、2030 年までの水源安全確保及びダム・貯水池安全管理国家プログラム」を提案し、2022 年 6 月 23 日にベ国の政治局に承認され、実施計画の策定に進んでいる。ベ国政治局は 2025 年まで都市部の 95%、及び農村部の 60%の住民が浄水を利用できるようにすることと、基本的に貯水池の洪水調節機能を確保し、2030 年までに農村部の浄水利用率を 80%に引き上げ、貯水池の洪水調節機能を完備する目標が制定した。また、貯水池の水環境問題も取り上げられ、今後、水環境保全に向けた取り組みを進める方向である。

当プログラムの事業費としては 2030 年まで合計 610,000 Bil VND (約 3 兆 4,160 億円) を必要としている。その内訳は、中央政府予算 310,000 Bil VND (約 1 兆 7,360 億円)、地方政府予算の 250,000 Bil VND (約 1 兆 4,000 億円)、残りの 50,000 Bil VND (約 2,800 億円) を他の財源から調達することが想定される。

MARD としては、2021 年～2025 年の「気候変動の適応に向けたスマート灌漑システムを導入したダム・貯水池の安全性向上プログラム」、「2020 年～2030 年 浄水及び農村部の環境衛生国家プ



ログラム」及び「2050年を見据えた、2021年～2030年の防災・水利計画」の3つの開発計画を立案し、2022年以内に政府に提案する予定がある。

## (2) 政策

ベ国政府は、ダム・貯水池の安全が経済社会発展を目指すベ国にとって非常に重要であり、国民生活の質的向上、政治・治安の安定化を支えると認識している。そのため、気候変動の対応に向けた給水及び防災対策の2つの役割を果たすためにダム・貯水池の保全が急務となっている。

2020年1月7日に発行された首相の決定第33/QĐ-Ttg号「2045年を見据えた、2030年までのベトナム国家水利戦略」に4つの取り組みが決定された。

- ▶ どんな状況にあっても生活用水、生産活動に必要な農業用水、工業用水を十分に提供する。
- ▶ 災害特に水害の被害を軽減する。
- ▶ 水源地域を守り、水環境、生態系及び水生生物を保全する。
- ▶ 国民が平等に浄水を利用できるようにする。

水利施設保全管理を強化し、上記の取り組みを実現するために水利サービスを提供するという捉え方に転換し、料金制度を作り上げた。

ベ国では、産業経済発展を促進する目的として2007年に政令第154/2007/ND-CP号で水利費減免制度を制定した。それによって水利施設管理会社が水利費を徴収した上で、補助金を受給することにより、施設を運営する制度が続いてきた。2011年～2015年の間水利費減免制度を実施するにあたってベ国政府が毎年約6,200 Bil VND（約347億円）を補助金として支給した。その他、水利施設の補修・改修事業の金額は年間約48,000 Bil VND（約2,688億円）にも上った。しかしながら、2014年の調査では水利施設管理会社が運営費用の72.5%～141.9%の補助金を受給したのに対し、日常管理費（点検・メンテナンス）の割合は0.22%～19.54%と低い水準であることが分かった。この現状を変えるため、水利サービスの利用者に施設の維持管理費を負担してもらうよう料金制度を導入することとなった。

水利法が制定されてから2018年から2020年の間、ベ国政府は毎年、1年間あたりの水利費減免額に相当する6,346 Bil VND（約355億円）の金額を予算に組み入れた。2020年～2022年にわたり、ベ国政府は新型コロナウイルス感染対策に集中することと、ソーシャルディスタンスを厳格に実施することにより、水利サービス料金の上限価格や料金表の策定が遅れたものの、今後、水利サービス料金制度に完全にシフトすれば、料金収入は水利施設のインフラ整備や防災工事に必要な財源として活用されることが期待できる。

ベ国はこのように制度を改革し、財源確保に努力しながら国際開発機関の援助を呼び掛けている。急速な経済成長を遂げた一方、科学技術の進歩が遅れている面が見られることから、既存技術の向上及び普及だけでなく、新技術を取り入れることが開発課題の解決に欠かせない要素である。

MARDは、次の分野において、他ドナーと協調しながら国際協力事業を形成する役割を担っている。

- ▶ 持続的な開発事業：UNICEF、WHO、UNDP

- ▶ 農村部への浄水提供事業：DFAT、WB、ADB
- ▶ 技術協力事業：KOICA、JICA、IDH、FAO

### (3) 法令等

水利法が 2017 年に制定され、2018 年 7 月 1 日から発効した。この水利法及び 2013 年に公布された防災法がダム管理の根拠法となる。そしてベ国政府は 2018 年に政令第 114/2018/ND-CP 号「ダムの安全管理」を打ち出し、ダムの安全対策を重要政策に位置付けており、各地で防災対策や水利施設整備投資計画等の策定が進められている。

さらにベ国政府はダム・貯水池の開発、運営管理に関する法規定の整備を急ぐことからベ国ではダム保全が重要な位置づけであることが言える。

ダム・貯水池の運営管理保全に関する法令を下表に示す。

**表 6 ダム・貯水池管理に関する法令**

記号	内容	発行先	発行日
水利法実施に関して			
政令第 154/2007/ND-CP 号	水利費減免及び減免率	政府	2007/10/15
政令第 130/2013/ND-CP 号	公益サービス・商品の提供	政府	2013/11/29
法 08/2017 QH14	水利法	国会	2017/6/19
政令第 67/2021/ND-CP 号	水利法の詳細条項を定める 「団体・個人の能力に応じて水利施設管理業務を委託する」	政府	2018/5/14
通達第 05/2018/TT-BNN 号	水利法の詳細条項を定める	農業農村開発相	2018/5/15
政令第 96/2018/ND-CP 号	水利サービス料金及び公共施設サービスである水利サービス利用上の補助金	政府	2018/6/30
通達第 73/2018/TT-BTC 号	公共事業である水利施設にかかわる財政運営の案内	財務相	2018/8/15
指示第 32/CT-Ttg 号	公共施設共用管理法の施行強化	首相	2019/12/10
決定第 1477/QĐ-BTC 号	2021 年度水利サービス公共料金 の上限価格決定	財務相	2021/5/8
ダム安全管理に関して			
政令第 114/2018/ND-CP 号	ダム及び貯水池の安全管理	政府	2018/9/4
公文第 1346/BNN-TCTL 号	ダム・貯水池の共用効率、下流地域の安全アセスメント	農業農村開発相	2021/3/8
防災に関して			
法 33/2013 QH13	防災法	国会	2013/6/19
指示第 22/CT-Ttg 号	ダム・貯水池の安全管理、安全確保の強化	首相	2018/8/7
指示第 1611/CT-BNN-TCTL 号	2021 年度洪水期に向けダム水利施設の安全強化	農業農村開発相	2021/3/22
開発計画に関して			
決定第 33/QĐ-Ttg 号	2045 年を見据えた、2030 年までのベトナム国家水利戦略	首相	2020/1/7
決定第 2048/QĐ-Ttg 号	2022 年度公共事業投資計画	首相	2021/6/12
公文第 9159/BNN-KH 号	2022 年度 MARD の予算配分	農業農村開発相	2021/12/31

### 3. 当該開発課題に関連する我が国の国別開発協力方針

日本政府のベトナム開発協力方針では、以下の記載がある。

- 脆弱性への対応

成長の負の側面に対処すべく、急速な都市化・工業化に伴い顕在化している環境問題（都市環境、自然環境）、災害・気候変動等の脅威への対応を支援する。また、社会・生活面の向上と貧困削減、格差是正を図るため、高齢化や非感染症疾患などの新たな課題への取組も含め、保健医療、社会保障・社会的弱者支援等の分野で体制整備等の支援を行う。

#### 【現状と課題】

##### <防災・気候変動>

ベトナムの災害被害は GDP 比 1～1.5%であり、経済成長や気候変動に伴い被害が拡大する傾向にある。関連する国家戦略や法律は制定されてきており、防災に関する体制・能力強化のために農業・農村開発省防災総局も設立されたが、仙台防災枠組への対応、省庁間連携等課題は多い。気候変動については、パリ協定に基づく約束草案（NDC）を策定済であるが、温室効果ガス排出削減の実施体制の確立が必要とされている。

#### 【開発課題への対応方針】

##### <防災・気候変動>

防災については、仙台防災枠組に基づいた防災事業の支援のため、課題を分析し、中期的な支援方向性を検討する。気候変動については、2020年以降のNDC実施に向け、緩和・適応に資する事業の実施支援を重視する。また、緩和の取組の法的根拠となる政府政令等の策定支援を継続する。

### 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

ベトナムの貯水池の漏水対策に関係した JICA 事業として、2010年9月～2012年11月に実施された「クアンガイ省小規模貯水池修復計画」（コミュニティ開発支援無償資金協力）がある。このプロジェクトでは、①農業生産と農民の生計向上、②洪水時の貯水池決壊のリスク軽減を目的とした老朽化した7貯水池の修復・改善、③関係機関の技術訓練の3種の活動が実施され、7貯水池と関連施設の修復・改善の結果として、灌漑面積が551haから846haへと約53%増加した。

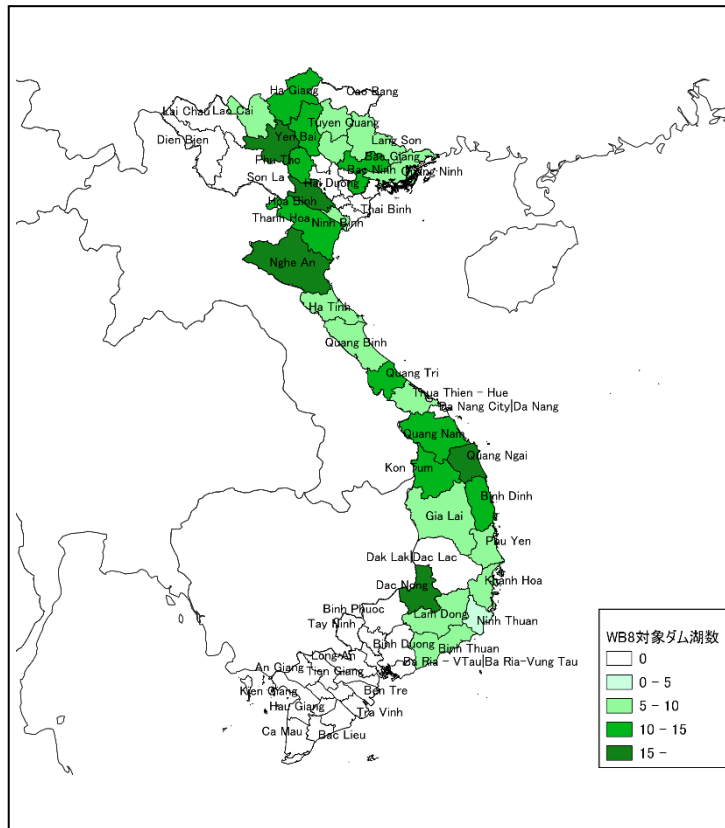
本案件化調査で設定している開発課題に直接関係するのは7貯水池の修復・改善であるが、貯水池の漏水対策だけを目的として修復・改善が実施されたわけではないため、洪水吐きの新設やダム堤体のかさ上げ、堤体の全面的な改修など、比較的大規模な改修工事が実施されている。

本案件化調査では漏水対策にターゲットを絞っているため、対策としての効果や効率性を直接比較することは難しい。

#### (2) 他ドナーの先行事例分析

世界銀行が2016年からWB8として、総額4億5,000万ドル（約619億円）（2022年7月11日時点の換算レート「USD1=137.47円」を採用）のダム改修・安全性改善プロジェクト（DAM

Rehabilitation and Safety Improvement Project) を実施している。対象となっているダムの 90% は堤体の高さが 15m 以下、湛水量が 300 万 m<sup>3</sup>以下のアースフィルダム、小規模ダムであり、リハビリテーションに構造変更や拡張は含まれていない。下図は 2022 年 6 月現在の WB8 が対象としているダムの分布状況であるが、南部は対象となっていない。



(出所：世界銀行 Web サイトで公開されている情報を元に調査団で作成)

図 2 WB8 の工事分布図

ベトナム側への聞き取りからは、アースダム堤体の漏水対策として、グラウチングや、トレンチソイルセメント工法等の現存技術が行われているが、鋼矢板遮水壁が採用された例はなく、品質管理に課題があるとのことである。本案件化調査で提案している鋼矢板圧入工法の採用による漏水対策の品質改善の余地は十分にある。

## 第2 提案法人、製品・技術

### 1. 提案法人の概要

#### (1) 企業情報

提案法人名	株式会社小澤土木	株式会社橋本組
所在地	静岡県浜松市中区森田町6番地	静岡県焼津市栄町5-9-3
設立年月日	昭和41年6月2日	昭和41年2月
事業内容等	土留・基礎杭工、仮設栈橋工、 土木工事	総合建設業 土木・建築工事設計施工及び請負 生コンクリート製造販売、蓄光製品販売 不動産の仲介・販売 注文住宅 デベロッパー事業

#### (2) 海外ビジネス展開の位置づけ

##### 海外ビジネス展開の位置づけと目的

これまでに独自に実施した F/S 活動において、ベ国は、魅力十分な市場規模があるだけでなく、河川・港湾プロジェクトといった、共同企業体が得意かつ目指す分野の市場が大きいことが確認できている。また、ベ国には日系企業も多く進出していることもあり、投資先として適しているとの経営判断により、進出を決定した。

加えて、ベ国の抱える防災の課題（ダム事故の多発等）に対して共同企業体の技術で解決に貢献することも、海外ビジネス展開の目的として挙げられる。本提案技術の採用により、既存技術では対応できなかった、山岳部等に建設された老朽化したアースダム・堤防の機能維持・保全、河川護岸、海岸地域の高潮・高波災害対策、浸食対策が可能になり、防災に関するインフラ整備・投資が促進され、災害リスクの低減を図ることができる。

##### 海外ビジネス展開の方針

短期的には圧入工法を中心とした市場開拓、中長期的にはより広範な建設事業への参画を視野に、下記の4つを活動目標として設定している。

- ▶ 現地公共機関及び民間企業による建設事業への参画
- ▶ 日系企業の海外進出に伴う建設事業への参画（食品関連工場・冷蔵倉庫、商業施設等）
- ▶ ODA 建設事業への参画（河川、港湾、橋梁下部、上下水道等）
- ▶ 人材育成（大学生のインターン、特定技能外国人の受入れ、高度人材採用等）

### 2. 提案製品・技術の概要

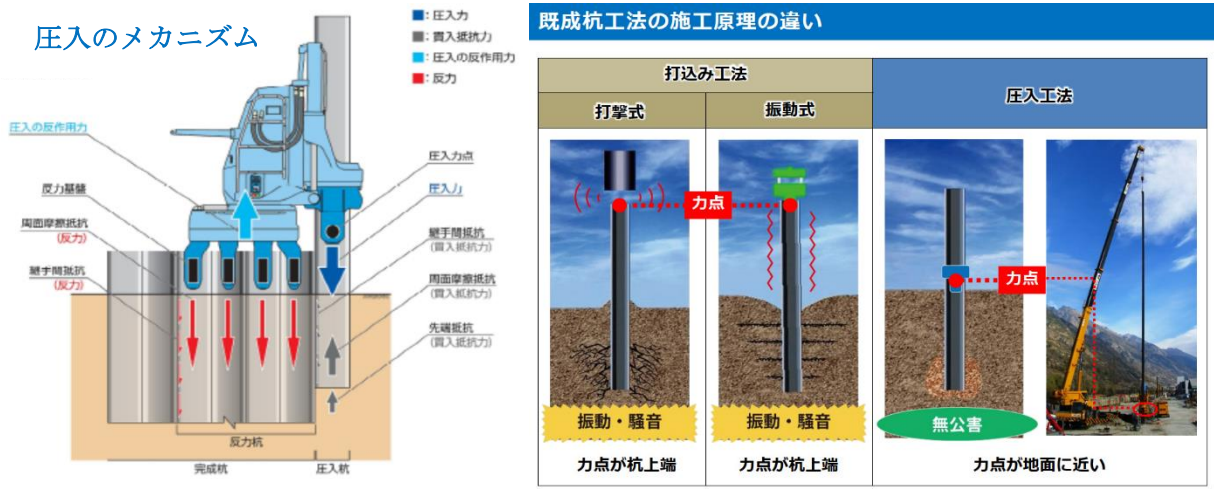
#### (1) 提案製品・技術の概要

##### 製品の特長

提案技術であるサイレントパイラーを用いた圧入工法は、既製杭設置方法の一つで、既に地中に押し込まれた杭を数本つかみ、その引抜抵抗力を反力として次の杭を油圧による静荷重で地中に押し込んでいく工法である。1975年(株)技研製作所によって世界で初めて実用化した日本のオリジナル技術である。以下の特長がある。

① 高い施工精度を発揮する。

施工機械（サイレントパイラー）は軽量コンパクト化が図られているだけでなく、従来工法よりも杭下端に近い箇所に力点があることで、精度の高い杭施工の実現が可能である。



(出典：(株)技研製作所)

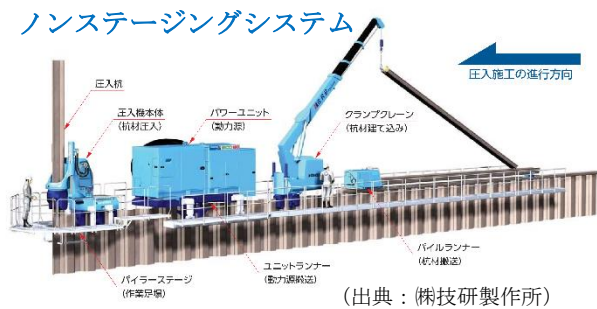
図3 圧入工法のメカニズム

② 無騒音・無振動で施工ができる。

打撃や振動による杭打設工法とは異なり、静荷重で杭を押し込む工法であるため、無騒音・無振動で施工可能である。

③ 機械サイズがコンパクトであるため、狭小地、上空制限、水上施工、アクセス制限等がある現場に於いて優位性を発揮する。

圧入機本体が完成杭上を自走移動しながら施工を進めることから、必ずしも大型クレーンを近傍に設置する必要はなく、狭小地やアクセス制限のある現場において優位性を発揮する。更に、完成杭を掴んだ状態の圧入機本体に杭を建て込み、機体の一部の上下動作によって圧入施工することから、短尺杭を溶接継ぎ施工することで、上空制限下においても支障なく求められた長さの杭施工を進めることが可能である。また、自走システムを併用することで、傾斜地や水上等の施工条件下において、完成杭の天端部を掴んで自走移動する圧入機本体と同様、全ての機械設備が完成杭上を自走することが可能となり、他工法では施工できない作業条件にも適応可能となる。



(出典：(株)技研製作所)

図4 コンパクトなサイズの機械

④ アタッチメントを変えることで軟弱地盤から岩盤層を含む硬質地盤まで、様々な土質条件に対応できる。



標準貫入試験<sup>注1</sup>の結果、N 値<sup>注2</sup>(Max.) $\leq 25$ では圧入機単独による圧入、 $25 < N$  値(Max.) $\leq 50$ ではウォータージェット併用圧入、N 値(Max.) $> 50$ ではオーガ併用圧入の中から施工対象地盤を踏まえて選定することが標準である。硬質地盤対象とした場合、日本国内において、一部の杭材では岩盤層を含む最大N 値 600 までの標準積算基準が整備されている。

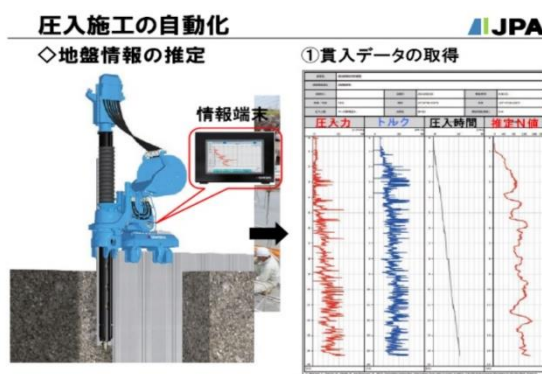


(出所：調査団作成)

図5 サイレントパイラーを用いた施工例

- ⑤ PPTS (Press-in Piling Total System : 運転支援システム) を付加することにより、オペレーターの習熟度によらない施工が可能である。

「PPTS システム」とは、作業中に自動取得できる圧入管理データの解析から地盤情報を推定し、サイレントパイラーに装備した圧入情報端末で推定結果をリアルタイムで表示することができる。さらに、リーディングガイドとなる施工基面からの深度 2.0m までを手動で圧入施工した後は、推定した地盤情報に基づいて最適で高品質な施工を自動運転で実現することが可能となる。



(出典：全国圧入協会 (JPA))

図6 PPTS の例

### 製品のスペック

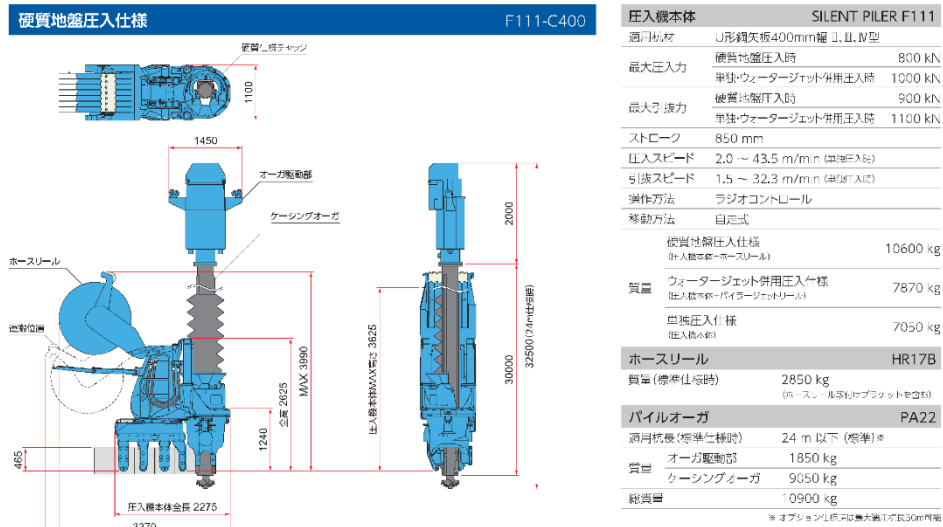
本提案の鋼矢板遮水壁構築のために使用するサイレントパイラーの寸法・仕様を下記に示す。ただし、本調査においては現地調査を実施した結果を踏まえて試設計する予定であり、鋼矢板の仕様を決定していない現時点において、想定される代表的な 2 機種を掲載する。

注1 標準貫入試験 (英語: Standard Penetration Test, SPT) は、地盤の工学的性質 (N 値) 及び試料を求めるために行われる試験。本試験は、あらかじめ所定の深度まで掘進したボーリング孔を利用して行われる。

注2 N 値 (英語: N-value) とは、標準貫入試験 (JIS A 1219) によって求められる地盤の強度等を求める試験結果 (数値) である。標準貫入試験値とも言う。N 値を用いて、地盤の硬さや締まりの程度を評価したり、基礎や地盤反力等の設計に必要な地盤定数 (土質定数) の推定に利用したりする。



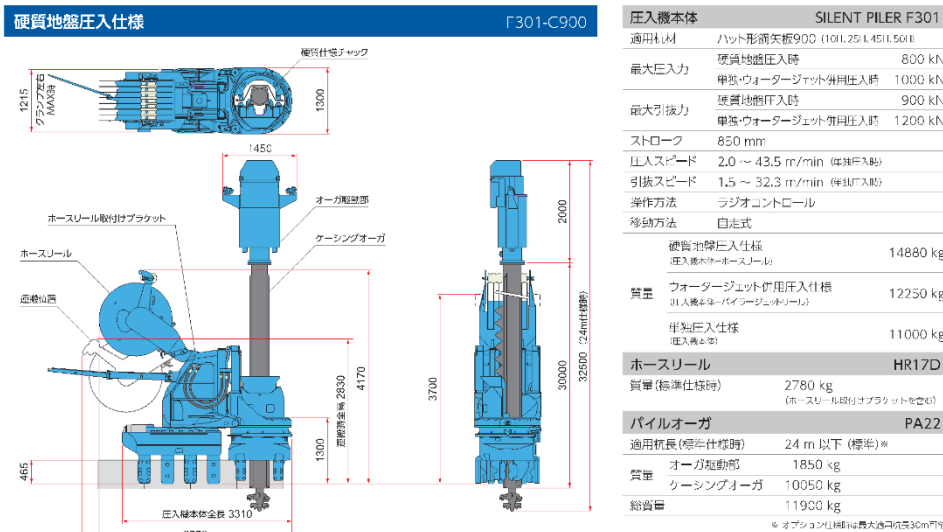
【サイレントパイラーF111（普通鋼矢板（W=400mm）対応型）】



(出典：(株)技研製作所)

図7 サイレントパイラーF111の規格

【サイレントパイラーF301（ハット形鋼矢板（W=900mm）対応型）】



(出典：(株)技研製作所)

図8 サイレントパイラーF301の規格

国内外の販売実績

「サイレントパイラー」は1975年の1号機開発以降、国内外で累計3,400台超を出荷。(株)技研製作所の2019年度機械販売の売上高は約210億円。日本国内の市場シェアは90%超と考えられる。

(2) ターゲット市場

盛土堤体の漏水対策・止水を目的として、鋼矢板を盛土堤体に鋼矢板を打設する工事全体をター

ゲット市場とする。鋼矢板を打設する工法として従来はバイブロハンマーによる振動式が多く採用されてきたが、近年では環境に配慮した鋼矢板圧入引抜機を使用した圧入工法の採用が増え、統計データは無いものの、全体の50%を超えているものと推測される。

また、国内で流通する鋼矢板圧入引抜機の内、提案製品であるサイレントパイラーのシェアは90%を超えるものと推測される。

### 3. 提案製品・技術の現地適合性

#### (1) 現地適合性確認方法

企業機密情報につき非公表

#### (2) 現地適合性確認結果（技術面）

企業機密情報につき非公表

#### (3) 現地適合性確認結果（制度面）

企業機密情報につき非公表

### 4. 開発課題解決貢献可能性

ベ国では漏水対策を行う際ハードウォールとソフトウォールという概念から区別することが多い。ハードウォールとは鉄筋コンクリート矢板または鋼矢板といった剛性の高い材料による遮水壁を示す。そして粘土やアスファルト混合砂、ベントナイトやセメント混ざりの土質材料で構築されるダム的心壁をソフトウォールという。

粘土によるソフトウォールは環境にやさしく、経済性が優れるため新設工事において主流となっている。アスファルト混合砂は有害物と見られるため近年採択されないものの、ソイル-ベントナイト、ソイル-セメントによる構造はダム・貯水池堤体の漏水対策として実績が多数である。

ベトナム側への聞き取りからは、鉄筋コンクリート矢板や鋼矢板遮水壁のようなハードウォールを施工するために適切な工法が存在しない中でグラウト注入を初め、ベントナイトトレンチ工法、ソイル-セメント柱列工法のソフトウォール工法を中心に対策が実施されてきたが、品質の管理が難しく、確実な効果が得られないため、ベ国としても対策に頭を悩ませていることがわかった。

2. (1) 提案製品・技術の概要で述べた特長を有するサイレントパイラーによる圧入工法は、鋼矢板を圧入することにより、漏水対策として確実な効果が期待できるため、上述の課題を解決することができると思う。

ベ国の既存基準では、鋼矢板の施工対象が比較的軟弱な地盤に限定されていることが分かった。

これは、現地に存在する施工機械・工法の施工能力を踏まえた範囲であり、硬質地盤への鋼矢板施工が可能な工法が存在しないことを示している。一方、本提案では、サイレントパイラー専用のオーガタッチメント（サイレントパイラーに装着することで圧入施工とオーガ掘削を連動させ、硬質地盤に鋼矢板を圧入することが可能となる）を併用することにより、岩盤を含む硬質地盤にも鋼矢板の施工が可能な圧入工法を前提としている。

このため、ベトナム従来工法では対応できない土質条件下のアースダム、また老朽化したアース

ダムに対し、無振動かつ軽量コンパクトな機械設備を用い、品質が担保された鋼矢板遮水壁の構築をすることで漏水対策を実現できる。これによって、増加するベ国の水消費需要に対応した機能を有するアースダムへと増強を図ることが可能となる。

関係機関へのヒアリングにより、設計コンサルタント会社の実務担当者は、ベトナム従来工法で施工可能な地盤条件を前提にダム建設箇所を選定せざるを得ない状況であることが分かった。しかし、本提案工法であれば、従来工法では施工できない硬質地盤を含め、広範囲の条件に適用可能であるため、制約を受けずに本来必要な場所に対してダム建設が可能となる。

農業・工業・生活用水が必要な場所にダムの建設ができることにより、水路の建設及び維持管理費用の削減効果もあると考える。

現在のベトナムにおいては、鋼矢板の継ぎ手を嵌合させていない施工も常態化している。鋼矢板は遮水性能が高い杭材として設計採用される杭材であるのに対し、継手を嵌合させていないことは問題であると考え。実際に鋼矢板壁に隙間が生じて本来の遮水性や水密性が発揮されていないために、土砂が吸い出されて背後地が沈下・陥没する事例も発生している状況にある。鋼矢板の継ぎ手を嵌合させていない背景には、施工対象土質に対して適切ではないベ国の在来工法が採用され、土質条件によって施工が困難であっても妥当性のある代替工法が存在しないことがある。

本提案の圧入工法では、PPTS によって圧入施工時のデータがリアルタイムで表示され、これをモニタリングすることで継手の嵌合状態も推察し、管理しながらの作業が可能となる。

### 第3 ODA 事業計画/連携可能性

#### 1. ODA 事業の内容/連携可能性

サイレントパイラーを用いた圧入工法がベ国の公共事業で広く採用されるには、技術認定が欠かせない。他方、ベ国においては実証事例がないため、パイロット施工を実施し、効果の検証がなされた後に技術認定されることになる。パイロット施工に関しては、C/P から大筋で同意を得ているものの、JICA からの支援が得られない場合は、ベトナム側予算でパイロット施工を行うことを提案することになる。ベトナム側がパイロット施工に予算をつけるまでに長い期間を要する可能性があり、その場合、技術基準の策定も大きく遅れ、ビジネス展開が大幅に遅延することが想定される。

以下の通り、本案件化調査の結果を踏まえ、普及・実証・ビジネス化事業を提案する。

- 対象地域：バクカン省ナリ市クーレ地区ケオ・コイ池
- C/P 候補機関：農業農村開発省水資源総局（DWR : Directorate of Water Resources）、及びバクカン省  
ダムの監督機関であり、ダムの維持管理に責任を負う。当普及・実証・ビジネス化事業では、ダム補修工法の認証やサイレントパイラーを用いた圧入工法の技術基準（案）の策定を行う。
- C/P との協議状況：  
「第1 2. (1) 開発計画」で記載したように、C/P が直接管理しているのは 13 の大規模ダムのみであり、それ以外のダム・貯水池は、立地する行政機関が管理している背景により、C/P の了解のもとでベ国北部地域の山岳地域を中心にパイロットサイト選定を実施した。

また、選定にあたっては効果検証や施工の実現性を加味し、下表の条件を設定して踏査した。

**表 7 候補地選定条件一覧**

	項目	詳細事項
①	漏水の有無	・堤体からの漏水が確認できること ⇒施工後の効果検証のため
②	施工対象土質	・対象地盤が硬質地盤であること (砂礫または玉石混り、岩盤層)
③	搬入路・作業ヤードの有無	・作業に使用する資機材の搬入路有無 ・施工機械の組み立て作業ヤード有無 ・資機材の仮置きヤード有無
④	施工規模	・予算内での施工が可能であること (概ね50m程度以内の施工延長が目安)
⑤	施工に対する支障	・撤去できない構造物など無く、施工に必要なスペースが確保できること。

(出所：調査団作成)

7件の貯水池をサイト候補地として踏査し、上表(表7)の条件に照らし合わせて検討した結果、バックン省に存在するケオ・コイ池を候補地として絞り込んだ。踏査方法としては、HOPE E&C JSC.のローカルスタッフが現地に行き、日本側調査団メンバーは会議システムを使用してライブ中継を視聴する形式をとった。(表に記載していない2件のサイトについては、進入路がなく現地に辿り着くことが出来なかった)

**表 8 現地踏査候補地サイト一覧**

	項目(指標)	ドンバイ池	タオ池	ナドン池	カオティン	ケオ・コイ池	コメント
1	総貯水容量	4,880,000m <sup>3</sup>	不明	400,000m <sup>3</sup>	750,000m <sup>3</sup>	520,000m <sup>3</sup>	
2	給水(配水)面積	323.00ha	40.00ha	15.00ha	13.00ha	8.00ha	
3	規模	大規模	中規模	中規模	中規模	中規模	
4	ダム(堤体)延長 高さ	270.0m 21.0m	90.0m 13.0m	47.0m 11.0m	43.80m 13.2m	91.0m 4.0m	
5	堤頂の幅員	3.00m	3.0m	3.50m	3.50m	3.50m	
6	進入路の有無	有り 集落通行協議	無し 進入できない	有り 現道拡幅が必要	有り 現道拡幅必要	有り 地耐力確保必要	ケオ・コイ池のみ 現道の通行が可能
7	漏水の有無 ※目視による	無し	不明	無し	有り 水量非常に多い	有り 水量多い	
8	堤体(堤頂)の現状 ※目視による	正常	不明	正常	正常	老朽化	
9	堤体(前法)の現状 ※目視による	正常	不明	正常	正常	老朽化	
10	堤体(後法)の現状 ※目視による	正常	不明	正常	正常	老朽化	
11	取水口の現状 ※目視による	正常	不明	正常	正常	老朽化	
12	洪水吐の現状 ※目視による	正常	不明	正常	正常	正常	
13	作業スペースの有無	有り	不明	無し	無し	有り	
14	評価及び理由	△ 通行協議リスク 漏水無し	× 現場への アクセス路無し	× 現道拡幅による コスト増	× 現道拡幅による コスト増	○ サイト候補地 として適切	漏水の確認は必須 事項

(出所：調査団作成)

ケオ・コイ池については、日本側調査団の一部が現地再踏査を実施し、同日には当該貯水池を管理するバックカン省を訪問、人民委員会のビン委員長を始めとする幹部に挨拶をしたが、本事業に対する理解を示し歓迎すると共に、普及実証での採択を期待する旨の言葉をいただいた。



その後、ケオ・コイ池を対象として、現地再委託契約にて地質調査を行い、漏水対策施工のための概略検討を実施した。



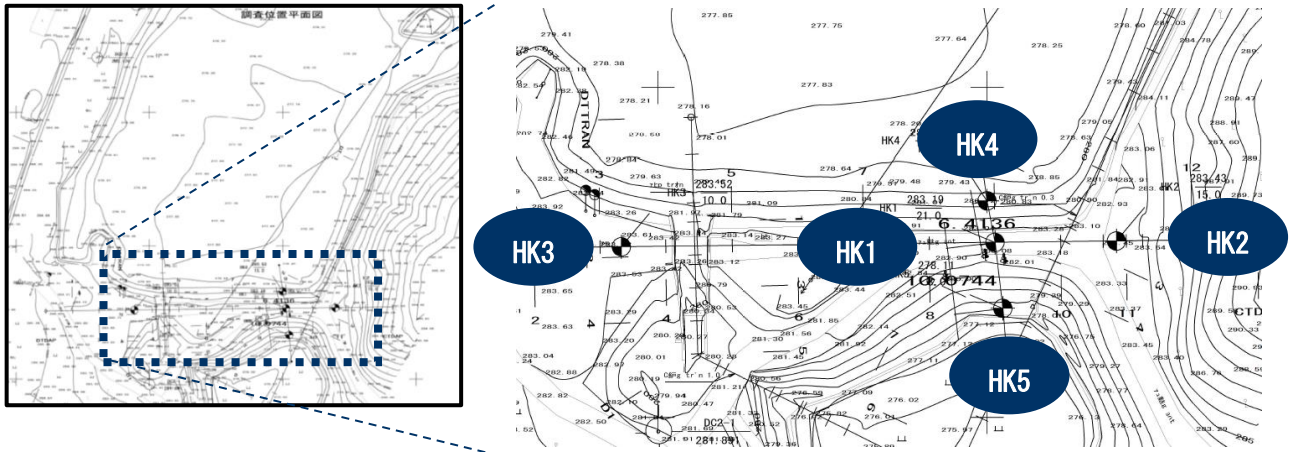
#### 再委託業務（測量及び土質調査）成果概要

- ・ 鋼矢板遮水壁の試設計に必要な、ダム堤体の測量及び土質調査（ボーリング調査・標準貫入試験 5 か所、室内土質試験）を実施した。
- ・ 調査の結果、硬質な岩盤層の存在が判明し、本提案技術である硬質地盤対応の圧入工法の検証に適していることが確認できた。



① ボーリング調査位置図

- ・ダム軸方向に3か所、ダム軸直角方向に2か所の計5か所とした。



② 土質柱状図

- ・調査結果に基づき各ボーリング地点の土質柱状図を作成した。
- ・堤体盛土高が最も高いHK1の土質柱状図は図9のとおり。

灌漑工学・政策センター		ボーリング柱状図										ボーリング番号: HK1							
プロジェクト: 湖やダムの安全を確保するための緊急修繕		位置: ダム天端・川床										ページ: 01/01							
住所: バックカン省ナリ市のクーレ地区		開始日: 2022/...../.....										完成日: 2022/...../.....							
項目: 地質調査		傾斜角 (水平に対して): 90°										作成者: NGUYEN VAN LOI							
段階: 施工可能の確認		地下水面: 4.60 (m)										地質責任者: NGUYEN VAN LOI							
高さ: 283.19 (m)		深度: 21.0 (m)																	
<b>コアサンプル記述</b> - 土: 土質区分、色、状態 (粘性土)、 相対密度 (非粘性土)、可塑性、湿度、 成分、起源 - 石: 石質区分、色、石学、構造		層名	層厚	風化度	面	土・石の割合	深	柱状図	透水係数	コアサンプル	R	ひび割れ	標準貫入試験 (SPT)				供試体		
							縮尺 1/100	(cm/s)	(%)	(%)		記号	15cm毎の打設回数	N値	N = N2 + N3	記号	深度		
												試験深度	N1 - N2 - N3	N	N = N2 + N3		天端	下端	
ダム表面の玉石。不均一な成分と状態		16	0.2		1-3	0.2						SPT1	0.0-1.25	2/5/7	12		UD1	1.5	1.7
ダムの盛土材: 含水量が低い、灰褐色及び赤褐色、細粒混じり凝結土。剛塑性状、中位の相対密度		1	6.4		1-3	1.0						SPT2	1.0-2.25	4/4/5	9		DD1	2.0	2.2
												SPT3	2.0-3.35	3/3/5	8		DD2	2.7	2.9
												SPT4	4.2-4.65	2/3/4	7		DD3	3.0	3.2
												SPT5	5.0-5.45	4/4/5	9		DD4	3.2	3.4
												SPT6	6.1-6.55	3/6/9	15		DD5	5.2	5.4
暗灰色の埴土。所々腐植が混じる。半固状及び剛塑性状。堆積土。		2	1.2		1-3	6.8						SPT7	7.0-7.45	3/6/8	14		DD6	6.3	6.5
												SPT8	8.0-8.01	>50			DD7	6.8	7.0
												SPT9	9.2-9.2	>50			DD8	7.0	7.2
中風化の泥灰土、ライトグレー色、ひび割れが多くて、程度が大きい。黄褐色の酸化鉄で満たされた亀裂。ある程度強い		48	3.4	MW	H4	8.0						SPT10	10.0-10.0	>50			DD9	7.4	7.6
												SPT11	11.4-11.44	>50			DD10	7.8	8.0
												SPT12	13.5-13.52	>50			R1	9.8	10.0
中風化の泥灰土、ライトグレー色、岩石の欠片		DV	2.1	MW	H4	4-6													

図9 HK1の土質柱状図

③ 土性値一覧

- ・室内土質試験及び現場透水試験により求めた主要な土性値は下表のとおり。
- ・本土性値に基づき、試設計（浸透解析、堤体安定計算）を実施した。

表 9 室内土質試験及び現場透水試験により求めた主要な土性値

指標	単位	層名				
		1	D1	2	3a	3b
土の粒度						
粘土	%	13.4	20.0	27.5	10.7	6.2
シルト	%	24.1	25.6	31.9	13.3	6.7
砂	%	42.4	39.3	35.2	30.9	21.6
礫	%	20.1	15.1	5.5	45.1	65.5
液性指数	%	0.33	0.45	0.33	-	-
塑性指数	%	12.38	13.78	15.11	-	-
自然含水比	%	29.6	31.6	31.5	18.0	8.9
湿潤密度	t/m <sup>3</sup>	1.92	1.9	1.89	2.01	1.94
乾燥密度	t/m <sup>3</sup>	1.49	1.45	1.46	1.69	1.62
単位体積重量	t/m <sup>3</sup>	2.67	2.68	2.68	2.70	2.71
間隙比		0.810	0.832	0.840	0.598	0.662
飽和度	%	97.4	96.9	96.5	87.3	71.4
粘着力	kg/cm <sup>2</sup>	0.092	0.267	0.162	-	-
内部摩擦角	度	23° 16'	10° 40'	24° 03'	-	-
変形係数	kg/cm <sup>2</sup>	91.0	103.0	74.0	-	-

表 10 現場透水試験結果表

No	ボーリング番号	試験区間の深度		試験区間の長さ m	透水係数 K <sub>th</sub> (cm/s)
		上端 (m)	下端 (m)		
1	HK1	0.2	2.9	2.7	2.01E-05
2	HK1	8.0	9.2	1.2	8.37E-04
3	HK1	9.2	14.1	4.9	1.20E-03
4	HK2	0.2	3.0	2.8	9.13E-06
5	HK2	3.0	5.0	2.0	3.39E-06
6	HK2	5.0	7.0	2.0	2.37E-05
7	HK2	7.0	15.0	8.0	3.46E-06
8	HK3	0.0	7.0	7.0	3.71E-05
9	HK5	0.0	3.0	3.0	3.42E-04
10	HK5	3.0	8.0	5.0	1.60E-05

また、上記の調査結果をもとに地形、地質、地下水条件をケオ・コイ池について 2 次元モデル化し、斜面の安定解析と浸透流解析を行ない、鋼矢板のアース ダムへの設置のあり／なしの条件における堤体の安定性と地下水の挙動について解析を行った。解析の結果、堤体の安定性は鋼矢板の圧入によって上昇するとともに、遮水機能も信頼できるものであることが示された（図 10 参照）。つまり、サイレントパイラーによる鋼矢板の圧入工法は、遮水と斜面の安定性を高めるのに非常に効率的なものである。これらの解析結果を現地セミナー発表用に纏めた資料を巻末資料として収録した。

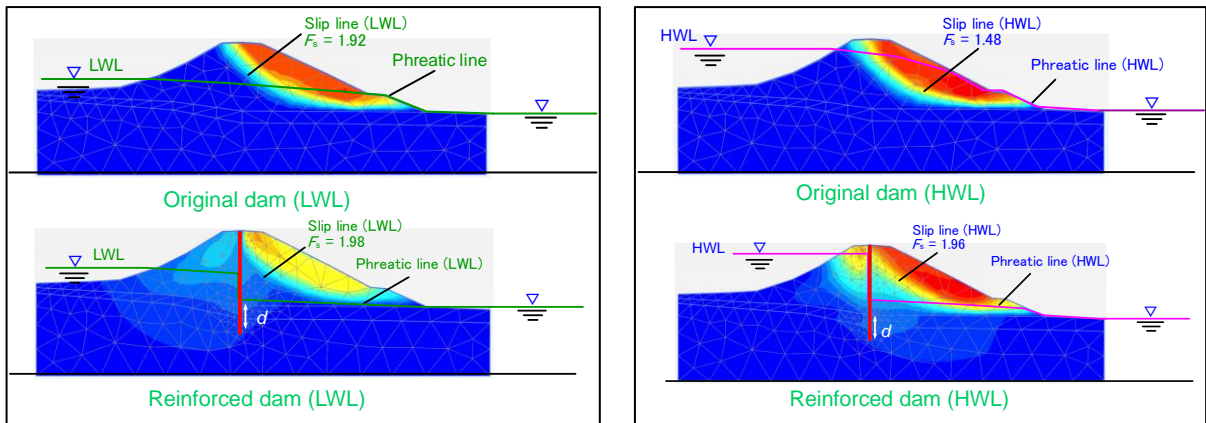


図 10 LWL・HWL 時における鋼矢板圧入施工前後の地下水位・堤体安定性の比較

・ 他 ODA 事業との連携可能性 :

世界銀行が 2016 年から WB8 として実施しているダム改修・安全性改善プロジェクト (DAM Rehabilitation and Safety Improvement Project) にも本工法が適用可能な事例もあり得るが、パイロット施工を経て技術基準や積算基準が整備されない限り、本工法が採用されることは難しいと考える。まずは普及・実証・ビジネス化事業でのパイロット施工と基準策定に注力する方針とする。

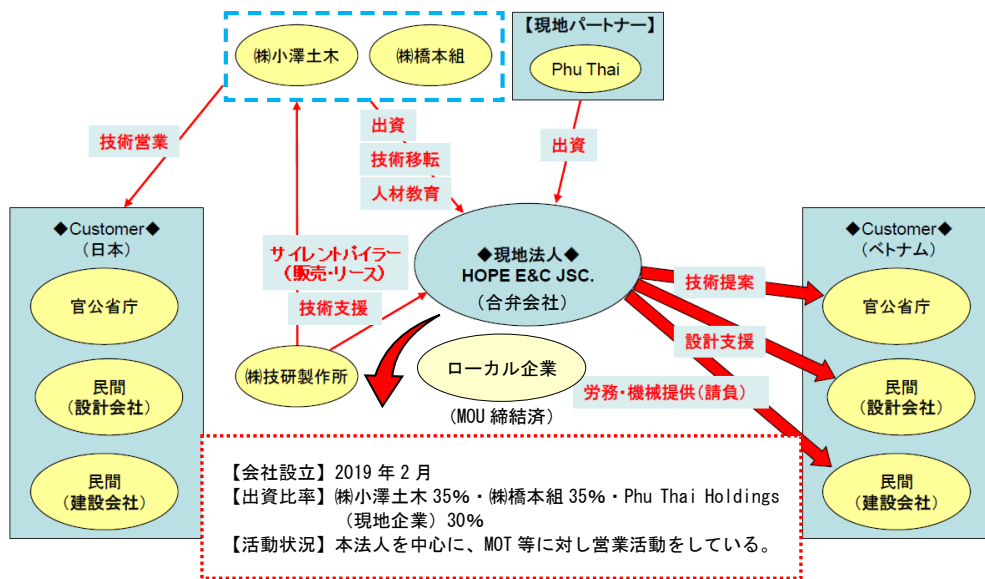
<普及・実証・ビジネス化事業提案>

スキーム	普及・実証・ビジネス化事業 (中小企業支援型)
目的	アースダム、堤防の防災対策に用いるサイレントパイラーを用いた圧入工法が、ベ国に対する国別開発協力量針の基本方針重点分野である「脆弱性への対応」に示された、「災害・気候変動等の脅威への対応」に有益な工法技術であることがパイロットサイトでの施工を通じて実証され、ベ国政府関係機関に認知されて、技術基準案 (ガイドライン・基準書等) が作成される。
成果/活動	<p><b>【成果 1】</b> 本工法による老朽化したアースダム・堤防に対する漏水対策の、ベトナムにおける施工方法・体制が確立される。</p> <p>活動 1-1: 本工法によるパイロット施工の詳細設計及び施工計画を立案する。</p> <p>活動 1-2: 本工法によるパイロット施工における現地協力業者の情報を収集し、業者を選定する。また、施工に必要な資機材、人材を選定し、確保する。</p> <p>活動 1-3: 本工法によりパイロット工事を施工する。</p> <p><b>【成果 2】</b> C/P 機関にて本工法を用いた漏水対策の TCCS が発行される。また、TCVN 発行に向けた情報が収集される。</p> <p>活動 2-1: 施工された対策工の効果を一定期間モニタリングし、止水効果を検証する。</p> <p>活動 2-2: TCCS の現状に関する情報を収集、及び TCCS (案) を作成する。</p> <p>活動 2-3: TCCS (案) について C/P 機関と協議し、認証に向けて必要なフォローアップを続ける。(TCCS の申請及び承認は C/P 機関内部での手続き)</p> <p>活動 2-4: TCVN 発行に向けた情報収集及びパイロット施工に関する効果の検証結果をもとに TCVN (案) を作成する。</p> <p><b>【成果 3】</b> 防災関連事業における本工法の有用性が、ベ国の産官学関係者の中で認知される</p> <p>活動 3-1: 本邦受入れ活動を実施する。</p> <p>活動 3-2: 現場 (パイロットサイト) 見学会を開催する。</p> <p>活動 3-3: 工法の PR 活動 (技術セミナー等) を実施する。</p> <p><b>【成果 4】</b> 中長期事業計画が策定される。</p>



	<p>活動 4-1：パイロット施工の実績を基に、本工法の歩掛かりを算出し、日本国内の標準歩掛と比較検証を行う。</p> <p>活動 4-2：パイロット施工の実績を基に、一工事あたりの経費を含めた収支モデルを作成し、ベ国内事業計画に反映する。</p> <p>活動 4-3：本事業を通じて本技術のローカル化を見据えた課題（人的資源、機械・材料調達、下請調達等の分野）を抽出し、解決方針と時間軸を定めた上で中長期事業収支計画に反映する。</p>
投入(案)	パイロット工事：工事用資材（鋼矢板、コンクリート、その他）サイレントパイラー、技術基準・ガイドライン：専門家投入、全体事業費：約 2.0 億円

・ 実施体制図：



(出所：調査団作成)

図 11 事業実施体制図

・ 活動計画・作業工程（スケジュール含）：

活動計画・作業工程案を下記の表 11 に示す。

表 11 活動計画・作業計画案

		2023年					2024年												2025年								
		7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	
成果 1	パイロット施工	設計	申請業務				施工																				
成果 2	技術基準策定																										
成果 3	工法普及活動																										
成果 4	中長期事業計画																										

・ 事業額概算：

約 2.0 億円

・ 本提案事業後のビジネス展開：

ベ国にとって、本提案技術の採用により、既存技術では対応できなかった老朽化したアースダ

ム・堤防の機能維持・保全が可能になる。ダム事故を減少させ、住民の生活・生命・財産を守る事に大きく寄与できる。治水だけでなく、農業・生活・工業用水の安定的な確保・利用も容易となる。また、将来的に、海岸地域の高潮・高波災害対策、浸食対策に展開することで、防災に関するインフラ整備・投資が促進され、災害リスクの低減が図られる。

提案企業にとっては、本提案技術（サイレントパイラーによる圧入工法）を推奨技術として規定して貰うことにより、公共事業や現地ローカルゼネコンが施工する現場で採用される環境を整えることができ、工法普及が促進される。将来的には、河川、港湾、橋梁下部等における止水対策を目的とした圧入工事へ展開し、鋼矢板圧入工法のニーズのある防災分野以外にもビジネス展開を目指す。

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

### 制度面にかかる課題/リスクと対応策：

想定している普及・実証・ビジネス化事業では、パイロット施工として、ベトナム側の現行の設計・施工の基準から外れた新工法が採用されることとなるが、ベトナムの基準として採用されていない工法であっても、妥当性や安全性などについて十分に実証されていれば、用いることが可能である。

本案件化調査における政府機関（MARD、バクカン省 DARD）との協議では、鋼矢板圧入による漏水対策について説明し、圧入工法の採用について既に大筋で同意を得ているため、施工の許可を得ることに大きな問題は生じないものと考えられる。しかし、ベトナムでは前例のない施工法となるため、万が一の変状の発生に備え、変状監視用の計測機器を用いたモニタリングシステムの設置も検討する。

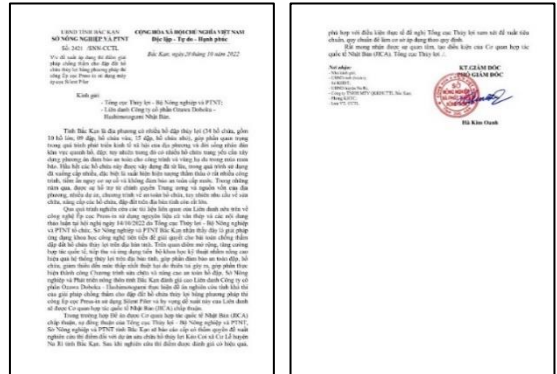
### インフラ面にかかる課題/リスクと対応策：

想定している普及・実証・ビジネス化事業においては、インフラ面に関しては特段の課題/リスクはない。

### C/P 体制面にかかる課題/リスクと対応策：

想定している普及・実証・ビジネス化事業における C/P 候補機関は MARD 水資源総局ダム安全部、並びにバクカン省 DARD となる。ベトナムでは、ダム・貯水池の維持管理自体は、それぞれの管理者が実施可能な範囲で適切に行われている。たとえば、漏水の問題を抱えるダム・貯水池については、湛水を中止する、水位を下げて運用する、などの対応が取られている。そのため、パイロット施工での鋼矢板圧入による漏水対策についても適切に維持管理されると考えられ、施工や維持管理の上での特段の課題はない。

また、MARD 水資源総局・バクカン省ともベ国への本工法の普及に強い期待を寄せており、本事業の実施について合意済である。バクカン省農業農村開発局からは、右記とおり、支援レターを受領している。レターでは、本提案事業の採択への期待、ケオ・コイ湖のパイロットサイトとしての推薦、また、ベ国で実施中のダム安全プログラムへの圧入工法の導入に向けて努力していくことが表明されるとともに、MARD 水資源総局に対し、本提案技術の基準化を進めるよう依頼されている。



その他課題/リスクと対応策：

想定している普及・実証・ビジネス化事業においては、その他の課題/リスクはない。

3. ジェンダー配慮等

ジェンダー配慮：

本案件化調査は「GI(ジェンダー主流化ニーズ調査・分析案件)」に相当することからジェンダー視点を持って調査を行った。アースダム、堤防の損傷による災害等に起因してジェンダーにかかる負荷が生じていないか、影響を受ける男女比など具体的なデータ収集をインターネットの情報によって試みたが現時点では評価が可能な数値を含む情報の収集には至っていない。

サイレントパイラーの施工による工法展開にともなう非熟練労働者部分に地元住民や女性の雇用を創出することの可能性について以下に示す。特にベトナムの山間部の施工サイトであれば少数民族の食住環境における工事となり、地元との連携は必須である。山間部では所得が不十分なため世帯収入を都市部への出稼ぎで賄っていることが多く、昼間人口は女性、子供、老人が主体となっている。とくに、子育てを終えた女性たちは農産物等を除けば働きたくても適切な働き口がないことから、臨時雇いであっても住居の近くでサラリーを得られる仕事があれば進んで働くことが予想される。可能な職種としては軽資材の運搬、サイトや通勤路、工事用道路の整備・清掃、労働者を対象とした賄い、工事宿舎での雑務などであり、サイレントパイラー工事のサイトコンディションや施工規模にもよるが、ジェンダーを対象とした労働機会を創出する可能性がある。

その他配慮：

想定している普及・実証・ビジネス化事業においては、パイロットサイトでの施工時に、アクセス道路の拡幅（延長 50m 程度、拡幅幅 2~3m）、および鋼矢板圧入作業の支障となる、堤体近傍の立木の伐採、架空線と電柱の移設が必要となることが判明している。これらの作業の実施の可否については C/P 及び周辺住民代表に確認し、了解を得ている。

4. ODA 事業実施/連携を通じて期待される開発効果

2021 年のベトナム統計によると、老朽化により洪水調節が機能していない貯水池が 1,104 池存在

し、そのうち漏水を原因とするものの割合が 67.3%とされている。また、世界銀行の WB8 プロジェクトにおいては、機能障害を起こしているダム・貯水池のうち、漏水を原因とするものの割合が 61.9%であることから、ダム・貯水池の機能障害のうち 60～70%が漏水を原因とするものと類推することが出来る。

上記を踏まえ、MARD を中心として緊急対策が計画されているものの、ベ国の貯水池は山岳部等で建設される場合が多く、現状では十分な止水性能を確保できない工法を採用しているケースが見られ、また、建設工事に伴う水質汚染、道路損傷等に対する問題意識が社会問題化してきている事も手伝って、環境性能・無振動・無騒音技術に関するニーズも高まっている現状がある。

それらを解決できる工法が本提案技術（サイレントパイラーを用いた圧入工法）であり、ベ国において、将来的にダム・貯水池の老朽化の改修に活用されることが期待できる。

MARD としては、2021 年～2025 年の「気候変動の適応に向けたスマート灌漑システムを導入したダム・貯水池の安全性向上プログラム」、「2020 年～2030 年 浄水及び農村部の環境衛生国家プログラム」及び「2050 年を見据えた、2021 年～2030 年の防災・水利計画」の 3 つの開発計画を立案し、2022 年内に政府に提案する予定としている。

## 第 4 ビジネス展開計画

### 1. ビジネス展開計画概要

MARD をはじめとしたベトナム官公庁を主なターゲット最終顧客（B2G、B2B2G）として、アースダム・堤防の漏水対策を目的とした鋼矢板圧入工事の公共工事受注を目指す。同施工を通して、止水性能の高いダム補修工事サービスを提供する。それを実現するために、ターゲット顧客に対して、圧入工法の優位性に関するアピールと関係構築を行い、同工法を推奨技術として規定してもらうよう働きかけることにより、公共事業や現地ローカルゼネコンが施工する現場で採用される環境を整える。将来的には、河川、港湾、橋梁下部等における止水対策を目的とした圧入工事へ展開し、防災分野でのビジネス展開を目指す。

2026 年までを第一段階とし、アースダム・堤防の漏水対策に絞った工事の受注を目指し、2027 年以降を第二段階として、河川や港湾を含む広範な止水対策工事にビジネスの範囲を拡大することを目指すこととしている。

### 2. ビジネスモデル

#### (1) ビジネスモデル概要

企業機密情報につき非公表

#### (2) ビジネスの実施体制

企業機密情報につき非公表

#### (3) 調達・製造・販売計画

企業機密情報につき非公表

(4) バリューチェーン  
企業機密情報につき非公表

(5) 進出形態とパートナー候補  
企業機密情報につき非公表

### 3. 市場分析

(1) 市場の定義・規模  
企業機密情報につき非公表

(2) 競合分析・比較優位性  
企業機密情報につき非公表

### 4. 収支計画

企業機密情報につき非公表

### 5. 想定される課題・リスクと対応策

(1) 法制度面にかかる課題/リスクと対応策  
企業機密情報につき非公表

(2) ビジネス面にかかる課題/リスクと対応策  
企業機密情報につき非公表

(3) 政治・経済面にかかる課題・リスクと対応策  
企業機密情報につき非公表

(4) その他課題/リスクと対応策  
企業機密情報につき非公表

### 6. ビジネス展開を通じて期待される開発効果

ベ国にとって、本提案技術の採用により、既存技術では対応できなかった老朽化したアースダム・堤防の機能維持・保全が可能になる。ダム事故を減少させ、住民の生活・生命・財産を守る事に大きく寄与できる。治水だけでなく、農業・生活・工業用水の安定的な確保・利用も容易となる。

また、将来的に、海岸地域の高潮・高波災害対策、浸食対策に展開することで、防災に関するインフラ整備・投資が促進され、災害リスクの低減が図られる。

アースダムの破堤による被害額の算出は立地や周辺の社会条件により大きく異なるため容易では

ない。他方、アースダム・ため池の機能の回復による灌漑面積の増加は、ある程度定量的に推測することが可能である。ベ国全土には 10 万個程度の未集計のため池が存在するとされており、それらのうち、10%が機能不全を起こしていると仮定する。そのうち 70%が漏水により湛水機能を喪失しており、さらにそのうちの 10%がサイレントパイラーを用いた圧入工法以外の工法では漏水対策が困難であると仮定した場合、圧入工法により機能の回復が見込めるため池は 700 個となる。ケオ・コイ池の灌漑面積は 20ha であり、これを標準的なサイズの灌漑面積と仮定すると、ため池の機能回復により灌漑可能となる面積は 14,000ha となる。

提案企業にとっては、本提案技術（サイレントパイラーによる圧入工法）を推奨技術として規定して貫うことにより、公共事業や現地ローカルゼネコンが施工する現場で採用される環境を整えることができ、工法普及が促進される。将来的には、河川、港湾、橋梁下部等における止水対策を目的とした圧入工事へ展開し、防災分野以外でもビジネス展開を目指す。

## 7. 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

- 本提案企業が率先して、地元企業のグローバル化推進にも繋がると思われる。
- 現地での技術者育成を行うにあたり、現地指導のみならず日本の現場で実習生としてベトナム人を雇用することで、技能実習生が安心して働ける環境づくりに貢献すると共に、労働人口が減少する中で貴重な人材を確保でき、安定的に土木建築工事業を進めることができる。

### (2) その他関連機関への貢献

- ベトナム人技能実習生やベトナム人大学生のインターン採用。
- 採用したベトナム人と地域社会との交流を促進する事で中部地区（静岡県）のイメージアップにつながり、インバウンド需要の創出が見込める。
- 提案企業が在日ベトナム人留学生の就職先としての機会提供することで、地元大学（他府県大学）との連携強化が図れる。





**SDGs Business Model Formulation Survey with the Private Sector for Disaster Prevention Technology of Earth Dams and Embankments by Applying Press-in Method with Silent Piler in Vietnam**

Ozawa Civil Engineering and Construction Co., Ltd. (Hamamatsu City, (Shizuoka Pref.)) · Hashimotogumi Corporation (Yaizu City, (Shizuoka Pref.))



**Development Issues Concerned in Disaster prevention Sector**

- Measures against water leakage with high-performance of WATER CUT-OFF for earth dams and embankments.
- Many of the reservoirs and dam lakes constructed in the 1960s to 1980s have occurred of water leakage due to aging, and they probably have safety issues. Due to water leaks, 71 dam damage accidents have occurred in the past 10 years, affecting the lives of residents and the economy such as agriculture in that area.
- The Vietnamese Government has a plan to repair the dam, but there are some cases where the existing construction method cannot secure sufficient WATER CUT-OFF performance. Therefore, construction method that could guarantee the measures against water leakage performance is required.

**Products/Technologies of the Company**

- "PIM" with Silent Piler is a method of grasping several piles (steel sheet piles, etc.) that have already been pushed into the ground, utilizing the pull-out resistance as a reaction force, and pushing the next pile with the hydraulic pressure as a static load.
- The major advantages of the "PIM" with Silent Piler against other construction methods are as follows;
  1. To provide high construction accuracy
  2. To be able to reduce the generation of noise and vibration during construction
  3. To be able to install in narrow areas, on-water, with access restrictions, etc.
  4. To have flexible various soil conditions (from soft to hard)
  5. To have Press-in Piling Total System (PPTS) enables construction without relying on the proficiency of the operator

**Survey Outline**

- Survey Duration : December, 2021 ~ February, 2023
- Country/Area : Hanoi City, Northern and Central regions in Vietnam
- Name of Counterpart : Ministry of Agriculture and Rural Development
- Survey Overview : Business model formulation survey for leakage measures technology of earth dams and embankments by applying Press-in Method (hereinafter called "PIM"). For reducing disaster risks in Vietnam, it aims at a business development on PIM with Silent Piler, through this survey.



**How to Approach to the Development Issues**

- It tries to receive orders of public works for steel sheet pile press-fitting work for the purpose of preventing water leakage of earth dams and embankments, targeting Vietnamese Government offices such as MARD. Through the construction work, it provides dam repair work services with high-performance of WATER CUT-OFF. For this purpose, it makes an appeal for the target customers about the advantages of the "PIM", and encourages a Government body to designate "PIM" as a recommended technology. It will facilitate an environment that could be adopted at construction sites of public works and local general contractors.
- In the future, it expands to the "PIM" work for the purpose of water stoppage measures in rivers, harbors, substructure work of bridges, etc., aiming to contribute to the field of disaster prevention.

**Expected Impact in the Country**

- By adopting the proposed technology, it could be possible to maintain and improve functions of deteriorated earth dams and embankments that cannot be maintained by existing technologies. It could greatly contribute to reducing dam accidents and protecting the lives, lifestyle and property of residents. Not only flood control but also stable securing and use of Agricultural water, daily life water, and industrial water will be facilitated.
- In the future, by expanding to storm surge / high wave disaster countermeasures and erosion countermeasures in coastal areas, Infrastructure development and investment related to disaster prevention will be promoted, and disaster risk will be reduced.

As of December, 2021

英文要約 (Summary Report)

# Summary Report

Socialist Republic of Viet Nam

SDGs Business Model Formulation Survey with  
the Private Sector for Disaster Prevention  
Technology of Earth Dams and Embankments by  
Applying Press-in Method with the Silent Piler in  
Vietnam

February 2023

Japan International Cooperation Agency

Ozawa Civil Engineering and Construction Co. Ltd

Hashimotogumi Corporation



## 1. BACKGROUND

There are more than 6,000 dams in Vietnam. Most of them are small irrigation dams used for flood control, agricultural and domestic water supply. They are called earth dams, which are constructed by filling up the soil. In addition, the quality of the structures is not high, and there are many issues related to dam safety. According to the Directorate of Water Resources (DWR) in the Ministry of Agriculture and Rural Development (MARD), most dam failures are believed to have been caused by leakage. In the last ten years, 71 dam accidents have occurred, resulting in a high number of direct damages to residents.

The Vietnamese government takes this situation very seriously, and according to the MARD, there will be 1,150 dams that will require emergency measures by 2022. In the medium to long term, the government has decided on a maintenance project plan that includes the rehabilitation of 272 dams and the construction of 329 new dams by 2030. In addition, the World Bank International Development Association (IDA) has been implementing a project to repair 450 deteriorated dams in 34 provinces since 2015. However, dam safety remains an issue in Vietnam, as many dams are constructed in mountainous areas, and in some cases, construction methods are used that do not currently ensure sufficient water sealing performance.

Based on the above background, the introduction of the "Press-in method technology using the Silent Piler" in the construction of dams and levees to prevent water leakage will enable construction in mountainous areas, where existing technologies could not be applied. In addition, since it can demonstrate high water sealing performance, it is expected to help maintain and preserve the functions of deteriorated dams and levees. In addition, the project will protect the lives, livelihoods, and property of residents living in an environment vulnerable to typhoons and floods, as well as those living downstream of the dam, and will facilitate the stable securing and use of water for agriculture, daily life, and industrial use, thereby contributing to Vietnam's economic development.

The purpose of this study is to confirm the applicability of the proposed technology for leakage control work on earth dams and levees, and to examine the possibility of local application of the proposed technology through ODA and business development.

## 2. OUTLINE OF THE PILOT SURVEY FOR DISSEMINATING SME'S TECHNOLOGIES

### (1) Purpose

- To clarify development issues related to deteriorated earth dams and levees, the size of the market for countermeasure constructions, and the interests and needs of potential client companies.
- To clarify the process for establishing technical standards for the Press-in method in the Vietnamese government.
- To select a candidate pilot site for the project that assume a demonstration project.

### (2) Activities

- i. Investigation of development issues related to leakage of earth dams and levees (actual conditions of leakage damage)
- ii. Demand survey on leakage prevention works for earth dams and levees

- iii. Confirmation of local suitability of the method for earth dams and levees where requires leakage control
- iv. Research on the establishment of guidelines and estimation standards related to the Press-in method using the Silent Piler, procedures for certification, and regulations on import and export of equipment
- v. Schematic survey for pilot construction as an ODA project (including environmental and social considerations survey and analysis)
- vi. Research to develop a business development plan

(3) Information of Product / Technology to be Provided

- Carried on steel sheet Press-in construction to prevent leakage of earth dams and levees.
- Carried out steel sheet Press-in for water sealing measures in earth dams, rivers, harbours, lower parts of bridges, etc.
- Sales and maintenance of the Silent Piler related equipment, etc.

(4) Counterpart Organization

Ministry of Agriculture and Rural Development (MARD)

(5) Target Area and Beneficiaries

Hanoi City, Northern and Central regions in Vietnam

As candidate pilot site, the survey will be conducted after selecting about 5 sites in the northern region (2 cities and 24 provinces) and the central region (1 city and 16 provinces).

(6) Duration

From 2021/12/10 to 2023/2/28

(7) Survey Schedule

The survey schedule is shown in the figure below.

	Survey Items	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
1	Investigation of development issues related to leakage of earth dams and levees (actual conditions of leakage damage)	Damaged survey					Narrow down the pilot site to one				
			Issues' recognition								
2	Demand survey on leakage prevention works for earth dams and levees		Hearing								
			Market size estimation for the earth dam leakage								
3	Confirmation of local suitability of the method for earth dams and levees where requires leakage control		Applicability study								
4	Research on the establishment of guidelines and estimation standards related to the jacked pile method using the silent piler, procedures for certification, and regulations on import and export of equipment			Literature review							
					Hearing						
					Import / export controls						
5	Schematic survey for pilot construction as an ODA project (including environmental and social considerations survey and analysis)			Selection of pilot site							
				Field survey							
					Surveying and schematic design						
									Seminar		
6	Research to develop a business development plan	Conducted by the study team									

(Source: the study team, as of October, 2022)

### 3. ACHIEVEMENT OF THE SURVEY

#### i. Investigation of development issues related to leakage of earth dams and levees

From interviews with the DWR in the MARD, small and medium-sized reservoirs account for about 87% of the total number of reservoirs in Vietnam, and most of them were constructed between 1960 and 1980. Not only have the reservoirs built at that time when technology was scarce become obsolete, but the old dams themselves have not been able to function due to droughts and heavy rainfall under climate change. In addition, the fact that the design drawings and as-built drawings from when the reservoirs were constructed 30 to 40 years ago have not been archived is an obstacle when considering countermeasures. Older earth dams, which are often found in small and medium-sized reservoirs, are not effective against hard ground and aged earth dams, because they were built by collecting various soil materials, there is no construction method that can be applied as countermeasure work, and the local construction technology is limited. Furthermore, many reservoirs are in inaccessible mountainous regions, making it difficult to conduct inspection and inspection work, as well as repair and renovation work, and the lack of budget has also contributed to delays in development.

#### ii. Demand survey on leakage prevention works for earth dams and levees

While reservoirs in Vietnam serve multiple functions, most are small irrigation dams (reservoirs), and according to a presentation at a conference on reservoir and dam safety management organized by the DWR under the MARD in cooperation with the World Bank IDA, most dam lake failures are due to leakage. The presentation also revealed that the majority of dam lake failures are due to leakage. In addition, according to interviews with the Dam Safety Department in the MARD, 52 dams' problems occurred in the last five years (2017-2021), of which about 20% were caused by leaks. Other statistics in 2021 show that there are 1,104 reservoirs that are not performing their flood control functions due to deteriorate. Of these, 67.3% were caused by leaks in the levees or ground. In addition, in the WB8

project of the World Bank, 69.1% of the dams and reservoirs that malfunctioning are due to leakage. Based on the above, it is estimated that 60 to 70% of the functional failures of dams and reservoirs in Vietnam are caused by leakage, and it is therefore necessary to standardize and deploy effective leakage prevention technology for earth dams.

iii. Confirmation of local suitability of the method for earth dams and levees where requires leakage control

According to the Hydraulic Engineering Consultant Corporation (one of the Top 3 consultants in the water conservancy/river sector in Vietnam, with extensive design and construction experience in dam and reservoir leakage control), in WB8, since many small and medium-sized dams were addressed, grouting was used to control leakage. In the case of small and medium-sized dams, the leaks were often prevented by grouting. The reason is that it is difficult to excavate trenches for small and medium sized dams because the load on the levees is an issue. On the other hand, grout injection is difficult to control quality and is often not fully effective as a leakage countermeasure. In addition, there was a case where a bentonite trenching method was tried, but the foundation was too hard to excavate, and the method was changed to grout injection.

The opinions were exchanged about using this method to implement leakage control measures for earth dams in reservoirs, Bureau of Dam Safety in MARD; Hydraulic Engineering Research Institute; Water Resources Technology and Application Centre; Institute of Hydrology, Environment, and Climate Change; Hydraulic Engineering Consultant Corporation; Hydraulic Engineering Consultant Corporation 2 (HEC2); Hydraulic Engineering Consultant Corporation 11 (HEC11), all of which provided positive responses.

As revealed in (ii), two types of leakage control measures have been mainly implemented in reservoirs in Vietnam: the bentonite trenching method and grout injection. Empirically, these methods are effective for dams and reservoirs built on soft ground but are not effective for those built on hard ground such as sand and gravel. In addition, although there have been cases where steel sheet piles have been used to intercept water in rivers and other bodies of water, it has been found that leakage and sediment runoff have occurred due to the lack of joint fit, and in some cases, serious damage has occurred. The Press-in method is highly effective under these conditions, and all parties concerned showed a high level of interest in this method. On the other hand, some concerned parties expressed concern about the possibility of loosening of the levees due to the installation of steel sheet piles in dams and reservoirs. The survey team explained that this method has not caused any problems in other countries.

iv. Research on the establishment of guidelines and estimation standards related to the Press-in method using the Silent Piler, procedures for certification, and regulations on import and export of equipment

For this construction method to be adopted in public works projects in Vietnam, it must be in line with the technical standards of the country. There are three types of standards in Vietnam, starting with the higher-level standards: QCVN, TCVN, and TCCS. QCVN is a legal standard that must be met, TCVN is a national level standard, and TCCS is a standard applied by the central ministries to provincial

structures. It was told at a later hearing that MARD no longer proactively budgets for the issuance of TCCS; however, each department has budgeted for it. At the closing of seminar on October 14, 2022, "Introduction of Leakage Control of Earth Dams in Reservoirs by Press-in Method with the Silent Piler", Mr. Nguyen Toan Anh of MARD's Department of Science, Technology and Environment suggested that to establish a quick and effective standard, it would be desirable to aim to establish the following in order: 1) TCCS in Bac Kan province or MARD, and 2) TCVN. In addition, for example, the bentonite trenching method required a very long time to formulate the TCVN because there were only a few examples of construction, and it took time to accumulate the construction results needed to formulate the TCVN and to verify the effectiveness and stability of the method. MARD and Bac Kan Province have high expectations for the spread of this method, and have agreed to implement the project, and have received a letter of support from Bac Kan Province. To develop and revise the standards in line with the proposed technology, the study team firstly identified the following standards related to "barrier walls and steel sheet piles" through interviews with relevant parties.

- TCVN 8216:2018 (Hydraulics structures - Design requirement for compacted earth fill dam)
- TCVN 8297:2018 (Hydraulic structures - Compacted earth fill dam - Construction and acceptance)
- TCVN 12633:2020 (Hydraulic structures – Impermeability sheet pile - Requirements for design)
- TCVN 12634:2020 (Hydraulics structures - Impermeability sheet pile - Construction and acceptance)
- TCVN 9394:2012 (Pile driving and static jacking work - construction and acceptance)

Next, the standards were found to be divided into two major groups (design and construction / inspection). Since these are interrelated, it is desirable to establish them at the same time. Based on the research activities to date, the following standards are assumed to be necessary at this time to revise existing technical standards for the proposed technology or to establish new ones.

#### TCVN8216:2018

This standard only covers dam design, and for steel sheet pile barrier walls, 9.2.3.2 in the standard describes them for alluvial layers. The proposed technology (Press-in method using the Silent Piler) is intended to construct steel sheet pile barrier walls in hard ground that cannot be constructed by conventional on-site methods, targeting not only the alluvial layers but also the diluvial layers.

#### TCVN 9394:2012

This standard does not include the Press-in method with the Silent Piler for steel sheet.

- v. Schematic survey for pilot construction as an ODA project (including environmental and social considerations survey and analysis)

#### Target Area

Keo Khoi Pond at Cu Le commune in Na Ri district in Bac Kan province

Candidate counterpart

DWR in MARD and/or Bac Kan Province

Status of discussions with C/P

With the consent of C/P, pilot sites were selected mainly in mountainous areas in the northern region of Vietnam, because only 13 large dams are directly managed by C/P, and other dams and reservoirs are managed by local government agencies. Seven reservoirs were selected as candidate sites, and after examining the above conditions, Keo Khoi Pond in Bac Kan Province was selected as a candidate site. Local staff by the HOPE E&C JSC conducted the site inspection, and the survey team watched a live webcast of the inspection. After that the survey team visited Ba c Kan Province, which manages the reservoir, and met with the Chairman of the People's Committee and other senior officials to gain their understanding of the project.

vi. Research to develop a business development plan

With MARD and other Vietnamese public offices as the main target end customers (B2G and B2B2G), the company aims to win public works orders for steel sheet Press-in works to prevent leaks in earth dams and levees. Through this work, the company will provide dam repair services with high water sealing performance. To achieve the above, the company will appeal to its target customers regarding the superiority of the Press-in method and build relationships with them and encourage them to specify the method as a recommended technology, thereby creating an environment in which the method can be adopted in public works projects and at sites where local general contractors are constructing. In the future, the company aims to expand its business in the field of disaster prevention by expanding into Press-in works for water sealing measures in rivers, ports, and under bridges.

Business Model

Possible business models are currently as follows:

	First Step	Second Step (mid to long term)
Target customer	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Government office</li> <li>● Ministry of Agriculture and Rural Development (MARD)               <ul style="list-style-type: none"> <li>· Central Project Office (CPO)</li> <li>· Directorate of Water Resources (DWR)</li> <li>· Vietnam Disaster Management Authority (VNDMA)</li> </ul> </li> <li>● Private construction company and design company in Japan and Vietnam</li> </ul> <p>* Targeting public works projects where the end customer will be the Vietnamese public sector</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Government office</li> <li>● Ministry of Agriculture and Rural Development (MARD)               <ul style="list-style-type: none"> <li>· Central Project Office (CPO)</li> <li>· Directorate of Water Resources (DWR)</li> <li>· Vietnam Disaster Management Authority (VNDMA)</li> </ul> </li> <li>● Ministry of Natural Resource and Environment (MONRE)</li> <li>● Ministry of Information and Communication (MOIT)</li> <li>● Ministry of Transport (MOT)</li> <li>● Ministry of Construction (MOC)</li> <li>● Private construction company and design company in Japan, Vietnam, and ASEAN</li> </ul>

		countries
Providing service	Steel sheet Press-in work to prevent leakage of earth dams and levees	Implementation of steel sheet pile press-in works for water sealing measures in earth dams, rivers, harbours, lower parts of bridges, etc. Sales and maintenance of the Silent Piler and related equipment, etc.
Business partner	Construction company in Vietnam	Construction company in Vietnam Rental and Leasing company (both Japan and Vietnam)

### Business Implementation Structure

Prior to this feasibility study, the joint venture established a local joint venture company, HOPE E&C JSC. in February 2019. The MOU already signed with the local firm relates to construction cooperation (e.g., arrangement of workers, materials, and equipment, etc.). Proposal-based sales will be conducted through partnerships with local design consultancy firms with proven track records in public works projects such as the MARD.

### Procurement, Manufacturing, and Sales Planning

- Procurement of construction machinery: Machinery and equipment that are difficult to procure locally will be shipped from Japan. Other locally available machinery and equipment will be procured locally after confirming quality and cost balance.
- Construction system: A local company with which an MOU has been concluded will provide workers and heavy construction equipment other than the Silent Piler. In addition, to ensure construction quality in Vietnam, a construction manual will be prepared and technology transfer to local companies will be promoted.
- Human resource education: Group training in Japan and on-site training have already been conducted for technical employees of the local joint venture company (already established). In the future, the company will consider using the support program of AOTS (Association for Overseas Training of Human Resources) and focus on training local employees hired locally, aiming to develop sales of the Press-in method and activities to win orders, as well as to reduce costs and achieve a sustainable business by transferring construction technology in the future.
- Machinery maintenance: Local contractors will handle the maintenance to the extent possible, while Japanese subcontractors can handle the rest. In the future, the company aims to develop partner companies and build a system that can respond to local needs.
- Sales and Leasing: After the Press-in method is widely used in Vietnam, the company plans to promote sales of equipment and parts and leasing business in the country.

### Value Chain

	Pilot construction		⇒	The first stage	
	Japan	Vietnam		Japan	Vietnam
Silent Piler	Lease			Self-owned	
Steel Sheet Pile	Japanese manufacturer			Japanese manufacturer	
Construction management	Hashimotogumi	Local Consultant		Hashimotogumi	HOPE E&C
Construction	Ozawa Civil Engineering	Local construction company		Ozawa Civil Engineering	Local construction company
Temporary equipment	Lease	Lease		Lease	Lease

(Source: the study team, as of mid-June)

#### 4. FUTURE PROSPECTS

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

Through this feasibility study, the technical issues that the Vietnamese side is facing in preventing water leakage from dams and reservoirs were clarified.

- Leakage prevention technology applicable to hard ground has not been introduced.
- Steel sheet pile casting technology has been introduced, but it is not applicable to hard ground.
- In many cases, the press-in method of steel sheet piles using the Silent Piler will make it possible to implement leakage prevention measures that could not be applied with existing technologies.

In the future, when leakage prevention measures for reservoirs using steel sheet pile press-in become widely used, the following effects on development issues related to dams and reservoirs will be realized.

- Effective leakage prevention measures can be applied to dams and reservoirs constructed in inaccessible mountainous areas, which have quality problems and do not maintain their prescribed functions.
- Effective leakage control measures will enable dams and reservoirs to function as expected and meet the ever-increasing demand for water. In addition, flood control functions of dams and reservoirs will be restored and flood risks in downstream areas will be reduced.
- Effective leakage control measures will increase the stability of dams and reservoirs and reduce the risk of dam/reservoir breaches. Safety of downstream areas will be improved.
- Calculating the amount of damage caused by an earth dam break is problematic because it varies greatly depending on the location and surrounding social conditions. It is possible to quantitatively calculate the increase in the irrigated area due to the restoration of the earth dam and reservoir functions. It is said that there are about 100,000 uncounted ponds in Vietnam, and in case we assume that 10% of them are malfunctioning. Of these, 70% have lost their impoundment function due to water leakage. If it is assumed that 10% of them are difficult to prevent water leakage by construction methods other than the



press-in method with the Silent Piler. So that there are 700 ponds that can be expected to recover their functions by applying the press-in method with the Silent Piler. The irrigated area of the Keo Khoi Pond is 20ha, and assuming that this is a standard-size irrigated area, So the irrigated area will be 14,000ha after the functional recovery of the reservoir.

- Adoption of the relatively low-cost and highly effective steel sheet pile press-in method of leakage control, when life cycle costs are taken into account, will increase the efficiency of the dam/reservoir safety projects planned by the government of Vietnam. This will result in budget savings.

## (2) Lessons Learned and Recommendation through the Survey

Vietnam government has invested heavily in safety measures for reservoirs and dams, and plans to make further large investments in the future, but no effective countermeasure method has yet been introduced especially on hard ground. It is desirable to adopt a steel sheet pile press-in method that can be used to prevent water leakage on hard ground in mountainous areas as soon as possible.

別添資料

企業機密情報につき非公表