

ラオス国

ラオス国
高精度なひび割れ計測手法を用いた
ダムの安全性向上のための
案件化調査

業務完了報告書

2023年6月

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

クモノスコーポレーション株式会社

関西セ

JR

23-011

<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.....	3
図表リスト.....	4
略語表.....	4
案件概要.....	6
要約.....	7
はじめに.....	9
1. 調査名.....	9
2. 調査の背景.....	9
3. 調査の目的.....	9
4. 調査対象国・地域.....	10
5. 契約期間、調査工程.....	10
6. 調査団員構成.....	12
第1 対象国・地域の開発課題.....	14
1. 対象国・地域の開発課題.....	14
(1) ラオス国の概況.....	14
(2) 開発課題の状況.....	14
(3) 開発課題の背景・原因.....	15
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.....	16
(3) 法令等.....	18
3. 当該開発課題に関連する我が国の国別開発協力方針.....	18
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.....	18
(1) 我が国の ODA 事業.....	18
(2) 他ドナーの先行事例分析.....	19
第2 提案法人、製品・技術.....	20
1. 提案法人の概要.....	20
(1) 企業情報.....	20
(2) 海外ビジネス展開の位置づけ.....	20
2. 提案製品・技術の概要.....	20
(1) 提案製品・技術の概要.....	20
(2) ターゲット市場.....	21
3. 提案製品・技術の現地適合性.....	22
4. 開発課題解決貢献可能性.....	22
第3 ODA 事業計画/連携可能性.....	23

1. ODA 事業の内容/連携可能性	23
(1) 新規提案 ODA 事業の実施	23
(2) 他 ODA 事業との連携可能性	27
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	27
3. 環境社会配慮等	28
4. ODA 事業実施/連携を通じて期待される開発効果	28
第4 ビジネス展開計画	29
1. ビジネス展開計画概要	29
2. 市場分析	29
3. バリューチェーン	29
4. 進出形態とパートナー候補	29
5. 収支計画	29
6. 想定される課題・リスクと対応策	29
7. ビジネス展開を通じて期待される開発効果	30
8. 日本国内地元経済・地域活性化への貢献	30
(1) 関連企業・産業への貢献	30
(2) その他関連機関への貢献	30
別添資料	31

写真



エネルギー鉱業省(MEM)との協議



ラオス国発電事業会社(EDL-Gen)との協議



ラオス国家電力公社(EDL)との協議



パートナー候補との協議



ナンマン 3(NM3)水力視察状況



ナンマン 3(NM3)水力視察状況



ナムニアップ 1(NNP1)水力での協議



ナムニアップ 1(NNP1)水力視察状況



ナムテン 1(NT1)水力での協議



ナムテン 1(NT1)水力視察状況



民間企業での技術紹介



民間企業での技術紹介



EDL-Training Center 視察状況



ワークショップでの技術紹介



ナムグム 3(NNG3)水力での協議



ナムグム 3(NNG3)水力視察状況

地図



活動地域：ラオス国全域（ビエンチャンを中心に活動）

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

図表リスト

図リスト

図 2-1	シンクモノスの概要図.....	21
図 3-1	EDL-Gen 組織図.....	24
図 3-2	本普及実証事業の実施体制図.....	26

表リスト

表 1-1	ラオス国における水力発電所数.....	16
表 1-2	ラオス国でのダム・水力発電所に関わる日本の ODA 事業.....	19
表 3-1	本普及実証事業の PDM (案)	24
表 3-2	本普及実証事業の投入計画 (案)	25
表 3-3	活動計画・作業工程表.....	27

略語表

略語	正式名称	日本語名称
3D	Three Dimension	三次元
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AI	Artificial Intelligence	人工知能
BOT	Built-Operate-Transfer	建設-操業-譲渡
CFRD	Concrete Faced Rockfill Dam	コンクリート表面遮水式ロック フィルダム
DOE	Department of Electricity	電力部
DSTIA	Dam Safety Technical and Institutional Assistance	ダム安全技術・制度支援事業
EDL	Electricite du Laos	ラオス国家電力公社
EDL-Gen	Electricite du Laos – Generation Public Company	ラオス国発電事業会社
EPC	Engineering, Procurement and Construction	設計・調達・建設包括工事契約
F/S	Feasibility Study	実施可能性調査
GDP	Gross Domestic Product	国民総生産
GWh	Giga Watt Hour	1,000MWh、1,000,000kWh
HPO	Hydropower Office	水力開発室
IPP	Independent Power Producer	独立系発電事業者
JBIC	Japan Bank for International Cooperation	(株)国際協力銀行
JETRO	Japan External Trade Organization	(独)日本貿易振興機構/ジェトロ
JICA	Japan International Cooperation Agency	(独)国際協力機構

略語	正式名称	日本語名称
KC	KUMONOS Corporation	クモノスコーポレーション(株)
LEPTS	Lao Electric Power Technical Standard	ラオス国電力技術基準
LHSE	Lao Holding State Enterprise	ラオス国持株会社
MEM	Ministry of Energy and Mining	エネルギー鉱業省
MIH	Ministry of Industry and Handicraft	工業手工芸省
MOU	Minutes of Understanding	開発事業権/覚書
MW	Mega Watt (one million watt)	1,000 kWh
NEDSI	National Emergency Dam Safety Inspection	全国緊急ダム安全点検
NK	Nippon Koei Co., Ltd.	日本工営(株)
NPO	Non Profit Organization	非営利団体
NM3	Nam Mang 3	ナムマン 3 水力
NNG3	Nam Ngum 3	ナムグム 3 水力
NNP1	Nam Ngiep 1	ナムニアップ 1 水力
NT1	Nam Theun 1	ナムテン 1 水力
NSEDP	National Social-Economic Development Plan	国家社会経済開発計画
O&M	Operation and Maintenance	運転・維持管理
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
PDEM	Provincial Department of Energy and Mining	県エネルギー鉱業局
PPP	Public Private Partnership	官民連携
RCC	Roller Compacted Concrete	転圧コンクリート
SDGs	Sustainable Development Goals	持続可能な開発目標

案件概要

ラオス国 高精度なひび割れ計測手法を用いたダム の安全性向上のための案件化調査

クモノスコーポレーション株式会社(大阪府箕面市)



ラオスダム分野における開発ニーズ(課題)

均質な品質管理を行うために下記の取り組みを実施していく必要がある。

- ・組織・法令・規則・要員・技術・予算等のアセットマネジメント体制の整備
- ・膨大なダムを合理的に検査する手法の確立
- ・体制・手法の民間事業者への展開・普及

提案製品・技術

- ・遠方から構造物のひび割れを計測する技術。
- ・ひび割れの幅・位置・形状計測を正確に行う。
- ・自社開発のひび割れ計測システムKUMONOSにデジタル画像を組み合わせることで効率的に調査する。

本事業の内容

- ・ 契約期間: 2022年11月～2023年7月
- ・ 対象国・地域: ラオス国
- ・ 案件概要:
ダムのひび割れ計測を通じた品質管理・維持管理に関する案件化調査。
本事業を通じ、ひび割れ計測システム「シンクモнос」のビジネス展開を図り、ひいてはラオスのインフラ構造物としてのダムの安全性の向上と安定的かつ安心なエネルギー供給能力確保を通じて、経済成長への貢献を目指す。



開発ニーズ(課題)へのアプローチ方法(ビジネスモデル)

- ・ ひび割れ計測サービス事業によるビジネス展開。
- ・ 現地コンサルタント企業とパートナーを組み、現地技術者を交えてサービスを提供。
- ・ 国営ダムへの有用性実証結果をもって、民間事業者へのビジネス展開を促進する。

対象国に対し見込まれる成果(開発効果)

- ・ 品質管理を行う仕組みづくりの基礎となる点検技術が移転される。
- ・ 電力安定供給のための強靱なインフラが整備される。
- ・ 事故リスクのない安全に整備されたインフラによる外貨獲得で安定的に経済成長を行える。

2023年3月現在

要約

I. 調査要約

1. 案件名	(和文) ラオス国高精度なひび割れ計測手法を用いたダム安全性向上のための案件化調査 (英文) SDGs Business Model Formulation Survey with the Private Sector for Improving Dam Safety Using Highly Accurate Crack Measurement Method in Laos
2. 対象国・地域	ラオス国 ビエンチャン、パクセー郡
3. 本調査の要約	ラオス国のダムのひび割れ計測を通じた品質管理・維持管理に関する案件化調査。本事業を通じ、ひび割れ計測システム「シンクモノス」のビジネス展開を図り、ひいてはラオス国のインフラ構造物としてのダムの安全性の向上と安定的かつ安心なエネルギー供給能力確保を通じて、経済成長への貢献を目指す。
4. 提案製品・技術の概要	ダムや橋梁、トンネルといったコンクリート構造物のひび割れを計測するための、測量機器と画像解析を組み合わせたシステムである。国土交通省の「令和元年度 i-Construction 大賞」の優秀賞を受賞、ダムの管理者である独立行政法人水資源機構から優良業務表彰と優秀技術者表彰を受けており、国内ではその有効性・先進性・波及性が評価されている。
5. 対象国で目指すビジネスモデル概要	インフラ構造物のひび割れ計測技術であるシンクモノスと、構造物や地形の現状のありのままの形状を高精度でデジタル化する技術である 3D 計測技術の展開を行う。 ダムを主とするインフラ構造物の計測に対して、シンクモノスを主力製品として、機器販売・ひび割れ計測サービスのプッシュ型スタイルで展開を行いつつ、地上・水中の形状計測等のニーズに応じて、3D 計測サービスを組み合わせて提案を行っていく。
6. ビジネスモデル展開に向けた課題と対応方針	ひび割れ計測実施の根拠となる定期点検の制度がなく、普及が思うように進まないリスクが課題となる。この課題に対しては、普及・実証・ビジネス化事業を通して、政府機関やダム管理者に対して定期点検の制度化とひび割れ計測の重要性を啓蒙することで対応する。
7. ビジネス展開による対象国・地域への貢献	・貢献を目指す SDGs のターゲット： 7 エネルギーをみんなにそしてクリーンに 9 産業と技術革新の基盤をつくろう 8. 経済成長・雇用
8. 本事業の概要	
① 目的	本調査の目的は、ラオスのダム分野における開発課題解決に対する提案技術の現地活用可能性及び提案企業のビジネス展開可能性に関する調査・検

はじめに

1. 調査名

(和文) ラオス国高精度なひび割れ計測手法を用いたダムの安全性向上のための案件化調査

(英文) SDGs Business Model Formulation Survey with the Private Sector for Improving Dam Safety Using Highly Accurate Crack Measurement Method in Laos

2. 調査の背景

ラオス国では、「東南アジアのバッテリー」を目指して積極的な電源開発を行っている。総発電容量は2017年時点で7,076MWであり、うち73%が水力発電による。電力は同国にとって主要な輸出産品であり外貨獲得源として期待されており、近年では独立系発電事業者(IPP)による発電事業が盛んに進められている。特に、タイ国をはじめとした周辺諸国への販売を目的とした発電・送電設備の整備には、海外資本のIPPによる積極的な投資が行われており、2019年時点で63箇所の水力発電所は、2030年には200箇所を超える規模に拡大する計画となっている。我が国の国別開発協力方針では、「安定的かつ安全な電力供給の拡大」を開発課題の一つとして位置付け、「電力整備プログラム」の下で、電力運用の最適化や送電線網、配変電設備の整備に向けた協力が実施されている。

ダムの品質管理に関して、日本においては、ダムの施工直後から運用開始までに、計測時期に合わせて目的毎に複数回のひび割れ計測を実施しており、運用開始後も国土交通省の点検要領により、3年毎の定期点検でひび割れ計測を実施することが義務付けられている。一方で、ラオス国では水力発電目的に使用されるものを含めて、ダムの品質管理の基準が整備されておらず、ダムにおけるひび割れ計測は、近接して専用定規で幅を計測し、ひび割れの形状をスケッチで紙に写し取るなど、アナログな手法により行われていることが明らかになっている。このような方法では、手の届く範囲・目の届く範囲の計測しか行うことができないため、ダム全体のひび割れの発生状況を把握することは極めて困難である。2018年に発生した建設中のセーピアン・セーナムノイダムの決壊事故は、死者・行方不明者合わせて65人、1万4,000人以上に家屋流失や浸水被害の影響を及ぼした。ダムの事故は甚大な被害をもたらすものとしてラオス国内外に大きな影響を与え、ダムが新規建設ラッシュを迎えている中、ダムの品質管理問題がクローズアップされている。

このような状況に対し、シンクモノスはコンクリート構造物のひび割れを遠隔から計測することが出来るシステムであり、離れた場所から、ひび割れの幅、位置、長さを高精度で計測することが可能である。ラオス国のシンクモノスの導入により、ダムのひび割れ状況を早期にかつ高精度で把握出来るようになるなど、安全かつ安定的な電力供給を確保する上で、インフラの適正維持管理実現への貢献が期待できる。

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

ラオス国 ビエンチャン、パクセー郡

5. 契約期間、調査工程

■ 契約期間：2022年11月4日～2023年7月28日

■ 第1回現地調査

日時	訪問先	出席者	備考
11月28日 (月)	Lao Consulting Group	Ms. Manilay、Ms. Arouny、Mr. Soulachack	プレゼン、協議
	JICA 調査団（東京電力パワーグリッド(株)）	餘語氏、小藪氏、ミネジマ氏	協議
11月29日 (火)	Lao Association on Dams	Mr. Viraphanh、Mr. Khamphanh、Mr. Manoloth	プレゼン、協議
	Lao Holding State Enterprise	Mr. Vanthewa、Mr. Sonepasith 他2名	政府機関協議
	EDL-Gen	Mr. Siliphom、Mr. Touamoua、 Mr. Vannakone	政府機関協議
	MEM(DEPP)	Mr. Chansaveng、Mr. Sanya	政府機関協議
11月30日 (水)	Doctor Earth Sole Co., Ltd	Mr. Viradeth、Ms. Thanva	プレゼン、協議
	JICA 専門家（橋梁維持管理強化プロジェクト）	近藤氏	既存案件協議
	Lao Transport Engineering Consultant	Mr. Vandy、Mr. Sota Ms. Siamphone	プレゼン、協議
	AIDC Laos Co., Ltd.	Mr. Chanon、Ms. Thanida	プレゼン、協議
12月1日 (木)	CS ENERGY CO., LTD	Mr. Yuth、Mr. Phengxiong 他10名	プレゼン、協議
	Archineer associates survey design and consultant sole co.,ltd	Mr. Kengchalith、Mr. Bounvatsana、Mr. Khamhou	プレゼン、協議
	Xanglao Engineering and Construction Co., Ltd	Mr. ViengPhin、Mr. Keota 他1名	プレゼン、協議
12月2日 (金)	TETCHAN-NET TRAINING CENTER	吉田氏、Mr. Louangsaded	協議
12月5日 (月)	MEM(DESM)	Mr. Bouathep、Mr. Viengsay 他13名	政府機関協議
12月6日 (火)	CS ENERGY CO., LTD	Mr. Phengxiong、Mr. Louangsaded 他10名	協議
	Lao Consulting Group Ltd.	Ms. Manilay、Mr. Soulachack	パートナー候補協議

	EDL	Mr. Vilaphone、 Mr. Dalasene 他 5名	政府機関協議
	UNIQTEK CO., LTD	Ms. Amphaphone、 Ms. Bountavanh	パートナー候補協議
12月7日 (水)	JICA	長瀬所長、木内企画調査員、 Ms. Souksavanh	プレゼン、協議
	JETRO	山田健一郎氏、山田浩平氏	プレゼン、協議
	在ラオス日本国大使館	大森氏、石田氏 (いずれも二等書記官)	プレゼン、協議
	ラオス日本人商工会議所	中嶋会頭、藤堂氏	プレゼン、協議
12月8日 (木)	EDL-Gen	Mr. Vanseng、 Mr. Siliphom 他3 名	政府機関協議
	APA INCORPORATE	Mr. Vongphai、 Mr. Vipraseuth 他 4名	プレゼン、協議
12月9日 (金)	ナンマン3(NM3)水力	Mr. Sysouphanh、 Mr. Thonglee 他3名	プレゼン、協議、ダム 視察

■ 第2回現地調査

日時	訪問先	出席者	備考
2月6日 (月)	MEM(DESM)	Mr. Phoukhong 他11名	協議
	EDL-Gen	Mr. Touamoua 他8名	協議
2月7日 (火)	ナムニアップ1(NNP1)水力	中村氏、根井氏	プレゼン、協議、 ダム視察
2月8日 (水)	ナムテン1(NT1)水力	Mr. Ketsana、 Mr. Richard James 他7名	プレゼン、協議、 ダム視察
2月9日 (木)	CS ENERGY	Mr. Phengxiong 他4名	協議
	在ラオス日本大使館	石田氏、宇尾氏、大森氏 (いずれも二等書記官)	プレゼン、協議
	EDL-Traing Center	Mr. Vanxay、他12名	プレゼン、協議
2月10日 (金)	EDL-Gen	Mr. Siliphom、他10名	協議、情報交換
	Archineer associates survey design and consultant sole co.,ltd	Mr. Khamhou Mr. Adeside 他6名	協議
	CS ENERGY	Mr. Preechar 他2名	協議

	APA INCORPORATE	Mr. Vongphai, Mr. Phouthalack, Ms. Phonevanida 他 4 名	協議
2 月 11 日 (土)	APA INCORPORATE	Mr. Sengmany Mr. Sisangouane 他 60 名	ワークショップ
2 月 12 日 (日)	ナムグム 3(NNG3)水力	Mr. Phokham Mr. Anousith 他 16 名	プレゼン、 協議
2 月 13 日 (月)	ナムグム 3(NNG3)水力	Mr. Sorsouvan 他 6 名	ダム視察
2 月 14 日 (火)	JICA 調査団 (東京電力パワーグリッド(株))	餘語氏	協議
	JICA 専門家 (橋梁維持管理強化プロジェクト)	近藤氏	協議
	JICA	木内企画調査員、Ms. Souksavanh、富岡氏 (オンライン)	協議
2 月 15 日 (水)	UNIQTEK CO., LTD	Mr. Chanthavong 他 3 名	プレゼン、 協議
	MEM(DESM)	Mr. Bouathep、 Mr. Chanthaphone 他 4 名	協議
2 月 16 日 (木)	情報文化観光省遺産局	Mr. Paxa 他 4 名	プレゼン、 協議
	APA INCORPORATE	Mr. Airphet 他 8 名	プレゼン、 協議
2 月 17 日 (金)	Lao Kayama Sole Co.,Ltd	Mr. Souksavanh	プレゼン、 協議
	CS ENERGY	Mr. Phengxiong 他 4 名	協議

6. 調査団員構成

番号	氏名	所属先	担当業務内容
1	中庭 和秀	クモノスコーポレーション(株)	事業総括/業務主任者
2	船越 亮	クモノスコーポレーション(株)	ビジネスモデル検討/副業務主任者
3	西 乃輔	クモノスコーポレーション(株)	ODA 事業計画/業務調整

4	サイソンポン・ ケーンオーン	クモノスコーポレーション(株)	市場調査/業務調整
5	藤田 誠二	クモノスコーポレーション(株)	現地適合性調査
6	荒木 一郎	日本工営(株)	業務監理・ダム維持管理調査(ラオス)
7	沼田 宏一	日本工営(株)	ダム維持管理手法提案

第1 対象国・地域の開発課題

1. 対象国・地域の開発課題

(1) ラオス国の概況

ラオス国は、インドシナ半島の中央部にあって、四方を中国・ベトナム・カンボジア・タイ・ミャンマーの5ヶ国に囲まれた内陸国である。2021年12月に開通した高規格鉄道（中老鉄道）は、中国から幾多の川を越え山間を縫ってラオスの首都ビエンチャンまで至り、内陸国としてのイメージは変貌しつつある。総面積は、日本の本州に匹敵する236,800km²であり、南北約1,000kmの国土を中国から南下し、ベトナムで南シナ海に至る大河川メコン川が貫通している。

2021年時点の総人口は731.4万人で、首都ビエンチャンには96.9万人が暮らす。2011年には農家世帯率が77%という典型的な農業国だったが、都市化と共に2020年には52%に低下した一方で、2011年にUS\$1,205だった一人当たりGDPは同年US\$2,649と倍増した(出典：JETRO ビエンチャン事務所2022年11月資料)。これらは、主要輸出品目とされる電力と鉱物、農産品に支えられており、2020年以降ラオス国総輸出額で首位を維持し続けている電力輸出の堅調な増加に加え、近年は鉱物、木材の輸出割合の伸びが著しい。

(2) 開発課題の状況

ラオス国の電力は長年、1971年12月に日本の援助で運開したナムグム1水力発電のみに支えられてきた（当時は設備容量150MWだが、現在は275MWまで増設済み）。ただこれは、国内需要には余りあり、発電量の多くは電力不足に悩む隣国タイ国向けに輸出するための国営電力であった。小規模な国営発電所はその後も数件建設されたが、1998年4月に運開したテンヒンブン水力(260MW)や1999年運開のホワイホ水力を皮切りに民間資本による大水力開発時代が訪れた。

ラオス国の発電事業に民間資本を導入したことで画期的だったのは、設立する発電会社に民間資本を主に導入するものの、ラオス政府も世界銀行（世銀）やアジア開発銀行、JBICなどの低金利の国際機関による融資を原資に発電会社に資本参入し、出資比率に応じた売電益の一部が直接ラオスの国庫に入るといったものであった。特に、世銀による資金面、運営面、環境面での厳しい指導下で2010年3月に運用開始に至ったナムテン2水力(1,070MW)により、官民協調融資によるIPP事業として、BOT方式による開発ルールがほぼ定着した。

しかしその一方で、わずか20年間で80件を超える水力発電所が運開した背景には、住民移転を伴うことから環境面での審査が厳しく、開発に多大な時間と資金を要する世銀などの公的資金を避け、自国資金を潤沢に有する中国企業により、建設機械、労働者を本国から直接持ち込むEPC契約方式での開発が一気に進んだ面があることも否めない。

一般的なODAで建設されるダム・発電所は、自国政府が発注者となり、建設コンサルタント、建設企業、発電機器会社の各社連合体により、国際的な契約、技術仕様の下で建設される。従って、施工図面はもとより、設計報告書、各技術仕様書、施工管理記録、維持管理マニュアルは、それぞれのプロジェクトの現場事務所だけでなく監督官庁にも保存されている。

しかし、前述したEPC契約方式による開発で運開した発電所では、必ずしも厳密な管理下で施工されたとは言い難く、設計図書すら残されていない事例が多い。2019年にEDL-Genの要請で日本工

営(株)により実施された緊急ダム点検業務 (NEDSI) では、中国企業が完成させ EDL-Gen が運営する多くの発電所でこれらの図書が保管されていないことが判明している。

ラオス国の急速な水力発電所建設ラッシュに伴って、同国政府も各国の支援を得て、水力発電に関わる組織作りだけでなく、法整備も進めている。IPP 事業が本格化する 1995 年、電力監督官庁として、当時の MIH 下の DOE に水力開発を専門に担当する HPO が設置されたが、2006 年に MIH が現在の MEM に改組されるまでは小所帯であった。MEM には、水力以外の電力も含め、電力政策、発電計画、IPP 管理、安全管理などを司る 30 人程度の職員からなる各専門部局(Department)が設置されている。

一方で、ラオス国の発電事業は、1962 年に発足した純国営の EDL が発電/送変電/配電を一貫事業として担っていたが、2010 年に 25%株式を公開して EDL-Gen が分離独立し、5MW 以上の国内向け発電所を運営している。EDL は 5MW 以下の発電所の運営と IPP 事業会社への出資も行う一方、保守運転要員の派遣も行っている。EDL-Gen は半官半民の発電事業会社であり、自社が保有する発電所から EDL への売電、他の発電事業への投資、他の発電所への O&M サービス提供が業務である。なお、2020 年現在の EDL-Gen は、EDL51%、大口民間投資家 24%、証券取引所を介した一般投資家 25%の出資比率となっている。

以上の経緯から、ラオス国の電力は EDL が統括する発電所、EDL-Gen 所有の発電所、後述する PDEM (県エネルギー鉱業省) 運営の発電所、IPP 事業会社の発電所に分類される。各発電所は、自所に所属する保守運転員により維持管理されるのが一般的である。また IPP 発電所は、複数の国内外電力デベロッパーの出資で運営されており、それぞれが保守要員を派遣する一方で、外部の企業に委託する事例も見受けられる。

(3) 開発課題の背景・原因

ラオス国の電力インフラに関して、開発課題の現状から見えてくる今後の課題は、下記の 3 項目に集約される。

- ① 2000 年代から急増している BOT 方式で運営されている IPP 水力案件が、一般的なコンセッション期間 (25 年~30 年) の満期完了を迎え、ラオス側に順次償還される時期を迎えつつある。無償返還ではあるが、全案件を均質な品質管理が行えるアセットマネジメントとしての体制をラオス側で早急に整備する必要がある。組織・法令・規則・要員・技術・予算の多岐にわたる分野の体制確立が急務である。
- ② 国際的な技術仕様に基づかずに設計・施工され、施工図面・設計図書さえ残されていない構造物の維持管理は、現場技術者にとって手探りの管理となり、管理記録の手法・保持・評価に困難を伴う。特に、築 30 年を経たコンクリート構造物には損傷が多く発生しており、対象案件数が膨大となるだけに合理的な検査手法が求められる。
- ③ 多くの異なる IPP 企業体により、それぞれ独自の管理手法で運営されてきたダム・発電所を企業体から引き継ぎ、償還後もラオス側で安定的に運営するためには、統一された管理基準の適用が不可欠である。ダム安全管理基準が制定されているが、定期検査項目は漏れなく記述がある一方、具体的な検査方法などの規定はなく現場任せとなっているのが実情である。国が率先して模範となる維持管理のモデル発電所を指定し、構造物の診断に最先端技術を効果的・実践

的な手法で適用することで、EDL や EDL-Gen が管轄するダム・発電所だけでなく、IPP 企業体にも維持管理手法を広めていくことが望ましい。

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

2020 年時点の水力発電設備を、5 年毎の運用開始予定年で、件数、設備容量、年間発電量で示すと表 1-1 の通りとなる。発電容量 15MW 以上の開発が、MEM (Ministry of Energy and Mines) を中心とした国家レベルの開発権付与、開発許認可であるのに対し、同 15MW 以下は県レベル (PDEM: Provincial Department of Energy and Mines) での開発許認可で進められていることから、15MW 以上、以下で分類して集計している。但し、1MW 以下のミニ水力は含まない。2020 年時点で運開済みの水力は 85 件に過ぎないが、開発事業権 (MOU) 取得案件も含めれば現時点で 430 件にも達しており、これら全てが予定通り開発されれば、文字通りアジアのバッテリーとなる。

表 1-1 ラオス国における水力発電所数

No.	運用開始年	設備容量	件数	設備容量 (MW)	年間発電量 (GWh)
1	2020 年迄に運用開始済	15MW 以上	47	10,302	53,442
		15MW 以下	38	339	1,699
		小計	85	10,641	55,141
2	2020-2025 年運開予定	15MW 以上	8	2,321	10,910
		15MW 以下	8	83	346
		小計	16	2,404	11,256
3	2025-2030 年運開予定	15MW 以上	24	4,253	19,781
		15MW 以下	26	288	1,049
		小計	50	4,541	20,830
4	2030-2035 年運開予定	15MW 以上	21	3,636	16,441
		15MW 以下	37	270	707
		小計	58	3,906	17,148
5	開発事業権 (MOU) のみ締結案件	15MW 以上	50	9,051	30,133
		15MW 以下	171	1,368	1,401
		小計	221	10,319	31,534
全案件		15MW 以上	150	29,563	130,707
		15MW 以下	280	2,348	5,202
		総計	430	31,911	135,909

出所：2017 年版 MEM 資料を基に調査団が編集

(2) 政策

2001 年、MEM の前身の MIH は、「2020 年までに世帯電化率 90% を達成する」という大目標の下、

以下に示す4つの基本政策から構成される「電力セクター政策」を発表した。

- ・ 社会経済開発を促進するための電力安定供給。
- ・ 歳入確保のための海外輸出用の電源開発の促進。
- ・ 電力セクターの法制度整備の推進。
- ・ 電力セクター構造改革の推進。

この政策の下、多くのIPP事業者を招致し、国内の世帯電化率向上と国内需要確保のため、輸出電源が主体であってもその1割は国内用電源としてラオス電力公社(EDL)に販売することを義務付けた。また、JICAの支援を受けて、未整備であったラオス国独自の電力技術基準(LEPTS)を2004年に完成させた。更に、電力セクター改革は、2005年、IPP事業者社への出資を目的に国営持株会社(LHSE)を設立、2006年には多くの専門部局を有するMEMが設立された。

更に2008年、MEMにより「2006～2020年のエネルギー鉱業セクター開発戦略」が発表された。開発戦略の内容は、上述の電力セクター政策(2001年)を踏襲するものである。この政策の下、2010年、EDLから発電事業部門となるラオス発電事業会社(EDL-Gen)を分離独立させる構造改革を行った。また、2020年には目標を超える世帯電化率95%を達成した。

2015年、MEMは第8次国家社会経済開発5カ年計画(2016～2020年)の策定にあわせて、エネルギー鉱業分野の5カ年計画(2016～2020年)と2025年に向けた開発戦略及び下記4項目の2030年ビジョンを作成した。

- ・ 2030年までに世帯電化率98%を達成する。
- ・ 持続的、効率的及び競争力のある全ての国内資源を開発する。
- ・ 国内送電網の強化及びメコン地域の電力融通を促進する。
- ・ ラオス国の全てのセクターへの安定的な電力供給を進める。

2020年、ラオス政府は第9次国家社会経済開発5カ年計画(NSDP/2021～2025年)を策定した。同計画は、以下に示す2021～2025年度の大きな方向性となる6つの大目標を掲げている。

- ・ 経済が継続的、良質的、安定的、持続的に成長することを目指す。
- ・ 科学技術を研究、応用し、製造、サービスの付加価値を生み出せる人材の育成を図る。
- ・ 国民の物的、精神的な生活水準の一步ずつの改善を図る。
- ・ 自然環境の保全と災害リスクの低下を図る。
- ・ インフラ整備の強化、地の利を生かした積極的な地域または国際的な協力枠組みへの参加を推進する。
- ・ 国家運営の効率化、法治の権威と厳格性によって守られる平等かつ公正な社会の構築を目指す。

また、同計画には、後発開発途上国からの脱却や持続的開発目標2030に向けたグリーン成長戦略の実現なども掲げられている。これは、開発の目標が高度成長から持続的発展に切り替わったことを示しており、開発が進んだラオス国の水力発電計画では、新規開発よりも維持管理を重視する時代になったことを意味している。

(3) 法令等

「電力法」は1997年4月に制定され、2008年及び2011年12月、更に2017年5月に改正されて現在に至っている。2017年5月に改正された電力法は13章119条から構成されている。

JICAの支援により、電力法の実施細則として「ラオス国電力技術基準 (LEPTS) が2004年に制定され、その運用を図るため同じくJICA支援により「同基準運用ガイドライン (Guideline on O&M) 」及び「同保安規定 (Safety Roles on O&M) 」が2007年に制定された。2018年、JICAの支援業務で作成された図書は全て世銀の支援で改訂され、同基準運用ガイドラインと同保安規定は改訂の上、合冊されている。これらの図書は印刷物としてMEMを通じて購入できる。

また、2022年8月に「ダム安全法 (Dam Safety Law) 」が制定された。これは、ラオス国では、2017年9月のナムアオ・ナムポット水力での建設中のロックフィルダムの崩壊、2018年7月のセピアン・セナムノイ水力でのサドルダム崩壊の重大事故が相次いで発生したことが背景にある。2019年～2020年に世銀主導で全国の水力ダムで緊急ダム安全検査 (NEDSI) の実施を指示したことで、全国共通のダム安全指針が必要と判断して制定に至ったものである。

同法は、建設計画中を含め、ダム構造物が国際的な安全・品質基準を満たしているかを判断する基準となるもので、政府がダム事業者を監視する体制の整備を目的としている。高さ5m以上で総貯水容量10万m³以上のダムに適用される。この中で、ダムの安全運用のための管理組織だけでなく監査組織を規定し、ダムの規模 (堤高及び貯水容量) ・下流人口・社会影響に応じた4ランクのリスク分類に基づく監査と検査の頻度を規定している。なお、同法はラオス語版のみで英語版は発行されていない。また、検査項目の詳細は別途規定するとあるが、実際に規定されているのかを含め、本調査期間中には確認できなかった。

3. 当該開発課題に関連する我が国の国別開発協力方針

2019年4月の「対ラオス人民民主共和国国別開発協力方針」の留意事項に「民間企業 (中小企業含む)、地方自治体及び市民社会との連携による開発協力の促進ならびに日系企業の投資促進を図る」とある。また、「同事業展開計画」では、重点分野2 (中目標) として「周辺国とのハード・ソフト面での連結性強化」が挙げられ、その中の開発課題2-2 (小目標) として「安定的かつ安全な電力供給の拡大」が掲げられている。開発課題の対応方針として、電力事業の管理能力の向上に加え、規制枠組みの強化に言及している。

また、2016年9月の「日本・ラオス開発協力共同計画」の中でも「ラオスの豊富な水資源を最大限に活用し、電力の安定供給によって産業発展の基盤整備を促進するために、メコン地域の「バッテリー」として期待されるラオスの電源・送電網整備に取り組む」と明記されている。

4. 当該開発課題に関連する ODA 事業及び他ドナーの先行事例分析

(1) 我が国の ODA 事業

ラオス国でのダム・水力発電所に関わる我が国の ODA は、有償資金協力、無償資金協力、技術支援協力、民間連携事業に分類され、下表に示した。本表からわかるように、近年は民間連携事業が採択されており、本取り組みも ODA の一環として推進されることが望まれる。なお、ナムニアップ1水力 (NNP1) 発電計画、F/S 調査は ODA 事業として実施されたものの、後に民間事業として完成に

至った民間連携事業の成功事例と言える。

表 1-2 ラオス国でのダム・水力発電所に関わる日本の ODA 事業

スキーム	実施期間	案件名	備考
有償資金協力	1968～1971	ナムグム 1 水力発電計画	-
	1997～2000	ナムルック水力発電計画	ADB との協調融資
	2017～2022	ナムグム 1 水力発電拡張事業	第 6 号機増設
無償資金協力	2002～2003	ナムグム 1 水力発電補修計画	-
	2013～2014	ニャットウー小水力発電計画	-
技術支援協力	1998～2000	ナムニアップ 1 水力発電計画 F/S 調査	フェーズ I
	2001～2002	ナムニアップ 1 水力発電計画 F/S 調査	フェーズ II
	2004～2005	北部小水力発電計画マスタープラン調査	-
	2009～2010	ナムグム 1 水力発電拡張事業準備調査	その 1
	2012	ナムグム 1 水力発電拡張事業準備調査	その 2
民間連携事業	2013～2015	セカタム水力発電事業準備調査 (PPP インフラ事業)	協力準備調査 (海外投融资)
	2017～2018	遠隔モニタリング技術を活用した水力発電 所の運用・保守高度化に関する案件化調査	案件化調査 (中小企業支援型)

出所：JICA ホームページ等の資料により調査団作成

(2) 他ドナーの先行事例分析

スイス政府は、ラオス政府の要請に基づき、2019 年以降に実施された NEDSI の援助に続き、2022 年のダム安全法の成立を待ってダム安全技術・制度支援業務(DSTIA)を開始するとしている。同業務は、ダム安全にかかわる技術規制及び制度の枠組みを強化するための長期的なソフト支援である。スイス政府は、ニュージーランド、オーストラリア、フランス、日本、韓国、ドイツの各国、また EU、世銀と業務調整を図りながら実施するとしている。支援規模は、2026 年までの 5 か年計画で約 537 万スイスフランとしている。本支援の実施機関は、スイス国に本拠地を置く HELVETAS という同国の NPO である。同 NPO は、ラオス国での業務に際してはラオス国の電力事情に精通するスイス国の国際開発コンサルタントと雇用関係を結んだうえで協業するものと思われる。また、同 NPO が人材育成を支援業務の中心に据え付けると明言していることから、その一端を担うことを目的としている KC も同 NPO との協働を目指すことは重要である。

第2 提案法人、製品・技術

1. 提案法人の概要

(1) 企業情報

会社名 : クモノスコーポレーション株式会社
所在地 : 大阪府箕面市
設立年月日 : 1995年3月7日
事業内容 :

クモノスコーポレーション(KC)は、1995年に阪神大震災からの復興を目的とした測量会社として設立された。1990年代後半に発生した山陽新幹線トンネル崩落事故や福岡の大水害をきっかけに、「造る測量」から「守る測量」への転換を合言葉として、インフラ構造物の維持管理を目的とする計測事業を開始した。現在は、「森羅万象をデジタル化する」をモットーに、提案製品であるシンクモノスによるひび割れ計測の他、3Dレーザースキャナによる地上構造物の形状計測、水中ソナーによる水中構造物の形状計測など、最新の計測機器を用いたデジタル計測事業を中心に、計測機器の販売や自社開発も行っている。

(2) 海外ビジネス展開の位置づけ

日本のインフラ維持管理市場は拡大しており、KCもそれに合わせて業績を拡大してきた。しかし、KCのシステムは独自性が高いことから、一定のシェアは確保するものの、爆発的に拡大させるまでには至っていなかった。また、2014年に橋梁・トンネルなどの点検要領が改定され、5年に一度の近接目視が義務化されたことによる影響で技術提案が難しくなるなど、インフラ維持管理市場が拡大するが故の市場動向の変化に翻弄される面があった。

そこで、①国内の維持管理市場(約5兆円)の40倍と言われる海外の維持管理市場での売り上げの拡大、②海外で認知された技術として、国内での評価を高める、③日本の優れた維持管理技術の輸出による社会貢献、を動機として海外市場への展開を開始した。

KCでは2012年の海外展開の開始以来、ロシア・アメリカなどでもビジネスを行っているが、計測対象となるインフラの整備状況と日本の維持管理技術へのニーズ、地理的条件と社会貢献度の高さから東南アジアを最も主要な市場と設定している。

2. 提案製品・技術の概要

(1) 提案製品・技術の概要

インフラ構造物の大半を占めるコンクリート構造物に共通して発生する「ひび割れ」は、解析することで異常箇所・原因の特定ができることから最も重要で基礎となる点検項目となっており、有害なひび割れの発生は、コンクリート構造物の寿命やダム止水機能にも大きな影響を与える。

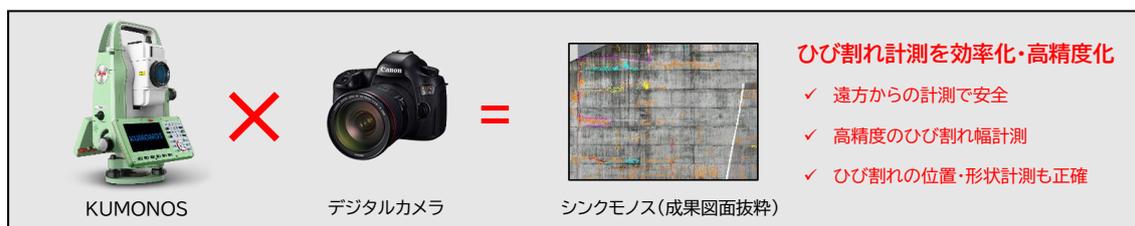
シンクモノスは、ダムや橋梁、トンネルといったコンクリート構造物のひび割れを計測するためのシステムであり、ベースとなる技術はKUMONOSによるひび割れ計測技術である。KUMONOSとは、ひび割れを計測するためのゲージ(目盛)と計算プログラムを内蔵し、ひび割れ幅・形状を精度よく計測できる測量用の機械であり、KCが独自に開発した。これにデジタル画像によるひび割れ解

析技術を組み合わせることで、精度と効率性を両立したシステムがシンクモノスである。

<国内外の販売・導入実績>

KC のひび割れ計測システムの国内外での実績は下記の通り。

- ・ 国内外販売実績：190 台（国内：168 台、海外：22 台）2006 年販売開始、2022 年 6 月現在
- ・ 販売売上高：8 億 5,500 万円（1 セット当たり約 450 万円）
- ・ 国内外計測業務実績：1,500 件以上



出所：調査団作成

図 2-1 シンクモノスの概要図

(2) ターゲット市場

インフラ構造物の老朽化は世界的に問題となっており、近年でもイタリア・ジェノバやアメリカ・ピッツバーグで道路橋が崩落したことが大きく報じられている。アメリカでは、2021 年に 5 年間で 1 兆ドル規模を投じるインフラ投資法が成立しており、老朽化した交通インフラの近代化が柱の一つとなっている。内閣府の資料によると、2012 年でもインフラメンテナンスの市場規模は国内で約 5 兆円、世界全体では約 200 兆円と自動車市場の 175 兆円を上回っており、現時点ではさらに拡大していると予想される。

我が国でもインフラ構造物は高度経済成長期に集中的に整備され、今後急速に老朽化することが大きな社会課題となっている。2012 年に起きた笹子トンネル天井板崩落事故など、インフラ構造物の老朽化が原因となる事故が発生しており、早急な対策が求められている。一方で、財政面・人員面の課題から一度に補修することは不可能であることから、戦略的に維持管理・更新していくための優先順位を決めていく必要がある。そのためには、老朽化の現状や進行度合いを正確に把握することが不可欠であり、インフラ構造物の点検の重要性が高まりを見せている。国土交通省もドローンや AI などの先端技術を活用すべく、点検支援技術性能カタログを作成して点検の効率化を推進している。

その中でも、インフラ構造物の大半を占めるコンクリートのひび割れを計測する技術として、画像（写真）の解析による方法は盛んに技術開発が行われている技術の一つであるが、シンクモノスは一般的なデジタル画像を用いたひび割れ画像解析システムに比べて幅計測に優れた手法として独自性が認められている。国土交通省の「令和元年度 i-Construction 大賞¹」優秀賞を受賞し、点検支援技術性能カタログにも掲載されている。また、ダム管理者である独立行政法人水資源機構から優良業務表彰と優秀技術者表彰を受けており、国内ではその有効性・先進性・波及性が評価されている。

¹ 建設現場の生産性向上を図る「i-Construction」に係る優れた取組を国土交通省が表彰

3. 提案製品・技術の現地適合性

企業機密情報につき非公表

4. 開発課題解決貢献可能性

ラオス国では第1章で整理した通り、均質な品質でのダムの管理という開発課題に対し、アセットマネジメント体制の整備、合理的な検査手法によるダムの安全性評価、IPPへの普及という3つのアプローチが求められている。シンクモノスは、コンクリート堤体のひび割れをデジタルデータとして記録する技術として、下記の点で合理的な検査手法による安全性評価に貢献することができる。

- ・ 計測結果の属人性を排することができ、均質な品質管理の基礎となる均質な点検結果を得ることができる。
- ・ 計測結果の正確性が高いことで、施工図面・設計図書などの設計・施工フェーズの記録や維持管理フェーズの管理記録が残っていないダムに対し、現時点の安全性の分析・評価の精度を向上させることができる。
- ・ シンクモノスで計測したひび割れは、経年変化が把握できるデジタルデータでの点検記録として蓄積できることから、IPPにも採用されることでIPPからラオス国への引き渡しに際して、管理者が変わってもシームレスに劣化の進展状況を把握することができる。

第3 ODA 事業計画/連携可能性

1. ODA 事業の内容/連携可能性

新規の ODA 案件として普及・実証・ビジネス化事業、既存 ODA 案件との連携として橋梁維持管理能力強化プロジェクトとの連携を提案する。

シンクモノスの普及のためには、ダム管理者への営業活動を継続する必要がある。単に KC のビジネス活動として機器・技術を普及させるだけでなく、すべてのダムの均質な品質管理という開発課題解決に繋げるためには、定期的にダムの安全性を評価する制度の下で、安全性評価の指標としてひび割れ計測を継続的に実施する仕組み作りを行う必要がある。そのため、MEM に対して直接実証活動を行える ODA 案件として、普及・実証・ビジネス化事業を活用することで、裨益効果を向上させることができる。

(1) 新規提案 ODA 事業の実施

スキーム名；

普及・実証・ビジネス化事業（以下、本普及実証事業）

対象地域：

ラオス国中部地域

選定理由：

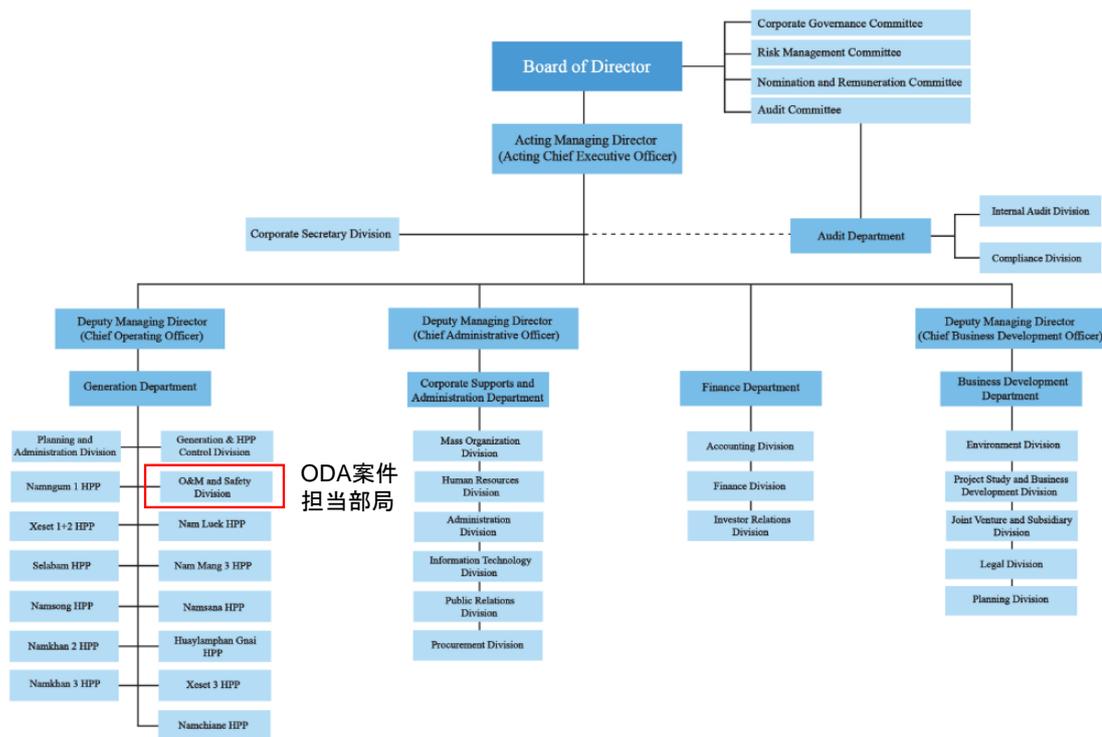
シンクモノスはハンドキャリー可能な機材であり、特定の場所に固定的に設置して使用するわけではないため、地域の選定に地理的な制約はない。計測対象のダムは C/P 候補機関である EDL-Gen との協議によって決定する計画であるが、政府関係者の視察、C/P スタッフの派遣を容易にすることで実証活動の効率が向上することから、ビエンチャンのあるラオス中部地域のダムを中心にビエンチャンとの地理的關係も考慮して選定する。

C/P 候補機関：EDL-Generation Public Company

ラオスのダムを管轄する省庁である MEM 傘下で純国営企業である EDL の子会社であり、EDL が過半数の株式を保有している。EDL-Gen は国有ダムの運営・管理を組織であり、現在は 13 基の水力発電所を管理している。また、IPP への出資も行っており、IPP のダムはコンセッション期間が切れた後にラオス側に移管され、国有ダムとして EDL-Gen が管理する方針であると考えられる。

ODA 案件担当部局は O&M and Safety Division であり、EDL-Gen が管理する各ダムからの点検結果の報告を受ける、国営ダムの安全性に責任を持つ部署である。

Organization Chart of EDL-Generation Public Company



出所：EDL-Gen 提供情報を基に調査団作成

図 3-1 EDL-Gen 組織図

C/P との協議状況：

EDL-Gen 及びその上位機関である MEM とは、今後も KC がラオス国のダム安全性向上にむけた活動を行うことに合意している。活動実施の形態の一つとして、本普及実証事業のスキームに関する説明も行っており、採択された場合にはラオス側の協力が得られることを確認している。両者に対し、KC のスキルを用いた堤体計測手法の提案や日本のダム管理情報を提供するとした協定書 (MOU) の締結を提案しているが、MEM の MOU への署名にはラオス国外務省、同計画投資省にも確認が必要であることなどから、現時点では締結には至っていない。

なお、本普及実証事業においてラオス側に求める具体的な負担事項、KC からの機材供与や実施スケジュールに関しては、今後詳細を協議していく予定である。

PDM：

本普及実証事業の PDM (案) を表 3-1 に示す。

表 3-1 本普及実証事業の PDM (案)

目的：	シンクモナスによるひび割れ計測技術がラオス国に移転され、その計測結果がダムの安全性評価に有用であると実証する。これによりひび割れを検査項目とした EDL-Gen が管理するダムの定期点検計画 (案) が作成される。これらをもとに、ひび割れ計測を実施するためのモデルおよび当社の事業計画案を策定する。
成果：	活動：

成果 1 シンクモノスを使用したひび割れ計測技術がカウンターパートの技術者に移転される。	活動 1-1 計測対象ダムを選定
	活動 1-2 計測チームの構築・作業計画の作成
	活動 1-3 パイロット計測
	活動 1-4 ラオス側人員のスキル評価
成果 2 シンクモノスを使用したひび割れ計測がラオスのダムの安全性評価に有用であることが実証され、現地関係者間で共有される。	活動 2-1 クラックマップの作成
	活動 2-2 クラックマップの分析・ひび割れの評価
	活動 2-3 評価結果の MEM への報告・IPP への共有
成果 3 構造物の維持管理に現状を正確に把握できるデジタル技術が有用であるとダム管理者・ダム以外の構造物の管理者に広く認知される。	活動 3-1 ダム管理者・ダム専門家向けの啓発
	活動 3-2 ダム以外の構造物管理者向けの啓発
	活動 3-3 民間企業（現地コンサル等）向けの啓発
成果 4 KC の現地でのビジネス展開の実現性が向上する。	活動 4-1 パートナー候補（計測・販売）の確保
	活動 4-2 潜在顧客の確保
	活動 4-3 シンクモノス以外の KC の技術のニーズ調査
	活動 4-4 ビジネス実施計画策定

出所：調査団作成

投入・事業額概算：

本普及実証事業の投入計画（案）を表 3-2 に示す。

表 3-2 本普及実証事業の投入計画（案）

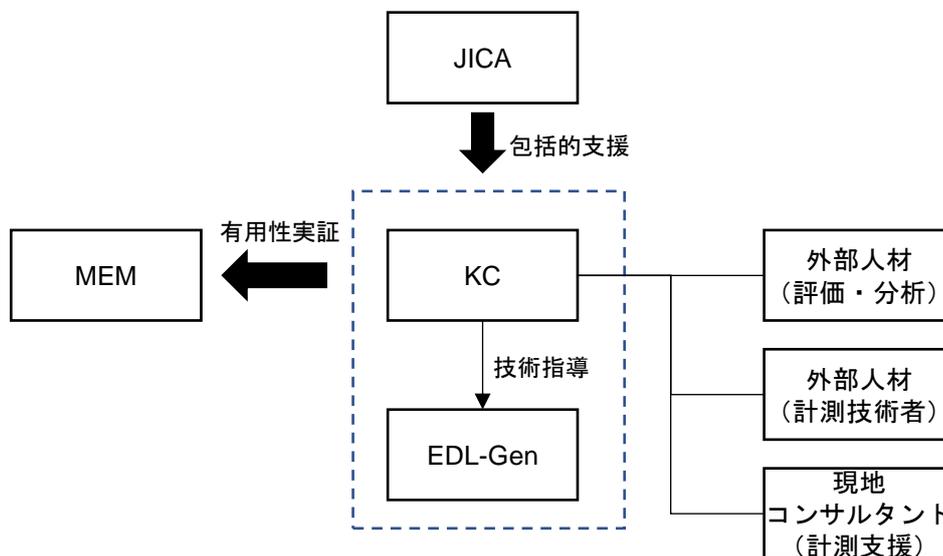
項目	数量	備考
日本側の投入		
KUMONOS	0.2 億円	4 台想定
その他機材費	0.1 億円	カメラ・測量用品・解析ソフトウェア
専門家派遣		
長期専門家 (総括・技術責任者)	1 名 12 人月	KC
短期専門家 (シンクモノス計測技術者)	4 名 8 人月	KC
短期専門家 (ドローン計測技術者)	2 名 (1.5 人月)	外部人材
長期専門家 (業務調整・現場監理)	1 名 12-15 人月	外部人材
短期専門家 (ひび割れ評価)	1 名	外部人材
計測支援費用、データ整理費用	3 構造物	現地コンサルタント会社、

		現地建設会社等
その他、諸経費	—	—
ラオス国側の投入		
カウンターパート人員の配置		
プロジェクトリーダー	1名	EDL-Gen
プロジェクトメンバー	3-5名	EDL-Gen
プロジェクト活動に必要な専門家職務スペースの提供	—	ビエンチャン市内
実証活動期間中の機材保管スペース	—	
その他、諸経費	—	—
概算予算規模	0.87億円	

出所：調査団作成

実施体制図：

本普及実証事業の実施体制図を図 3-2 に示す。JICA の支援の下で KC と EDL-Gen が協働して MEM に対して有用性実証活動を行う。有用性実証に当たって、KC の投入だけでは不十分となる活動に外部人材・現地コンサルタントを活用する。



出所：調査団作成

図 3-2 本普及実証事業の実施体制図

活動計画・作業工程（スケジュール含）：

本普及実証事業の活動計画・作業工程を表 3-3 に示す。

表 3-3 活動計画・作業工程表

		事業開始からの経過月数																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
活動 1	活動1-1	■	■	■	■																				
	活動1-2				■	■																			
	活動1-3								■		■														
	活動1-4										■														
活動 2	活動2-1										■	■	■												
	活動2-2													■	■	■									
	活動2-3																				■				
活動 3	活動3-1				■	■	■																■		
	活動3-2									■	■												■		
	活動3-3														■	■							■		
活動 4	活動4-1			■	■	■	■	■																	
	活動4-2													■	■	■									
	活動4-3													■	■	■									
	活動4-4																					■	■	■	

出所：調査団作成

本提案事業後のビジネス展開：

ラオスでの KC へのビジネス展開において、多くの異なる IPP により、それぞれ独自の管理手法で運営されている現状では、各 IPP に対してシンクモノス採用のための有用性実証を含めた営業活動を行っていく必要があり、採算性のあるビジネスモデルを軌道に乗せるための時間・労力が課題となる。

そのため、本普及実証事業を通じて、ラオス国政府に対してシンクモノスの有用性が実証された実績を作ること、ラオス国政府が IPP に対してシンクモノスによるひび割れ点検の採用を促す仕組み作りを働きかけることで、本普及実証事業の成果を横展開することができ、KC のラオス国でのビジネス展開の促進にも寄与するものとなる。

(2) 他 ODA 事業との連携可能性

他 ODA 事業との連携については、「橋梁維持管理能力強化プロジェクト」（2023 年よりフェーズ 2 実施予定）との連携が考えられる。シンクモノスは、ダムに限らずコンクリート構造物全般に適用できるため、橋梁のひび割れ調査でも活用できる。橋梁維持管理能力強化プロジェクトの JICA 専門家からもシンクモノスへの関心が示されたことから、2023 年 3 月に同プロジェクトのカウンターパート（公共事業交通省及び公共事業交通局及び大学）からなるワーキンググループへの技術紹介を行い、参加者からシンクモノスに対する高い関心と期待が示され、本邦受け入れ活動への協力など、継続的な連携可能性の協議を進めることになっている。

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

C/P の体制に関わるリスクとしては、C/P の EDL-Gen の背後に MEM を抱えるプロジェクト体制になることから、EDL-Gen が MEM に対して活動の可否判断を求め、プロジェクトの進行が停滞することがリスクとして考えられる。このリスクに対しては、個別事項について EDL-Gen が MEM に

都度判断を求めなくてもいいよう、本普及実証事業の計画段階から MEM、EDL-Gen を交えた三者で協議を行っていく。

事業実施上のリスクとしては、パイロット計測は天候に左右されることから、雨季（5月下旬～10月）を避けてする実施する必要があるため、乾季に活動が集中してしまうリスクや事業開始時期によってはパイロット計測までの活動期間が十分に取れないというリスクがある。このリスクに対しては、パイロット計測を最重要事項としてスケジューリングし、前後の予定をそれに合わせて設定できるよう柔軟性を持たせた計画とすることで対応する。

3. 環境社会配慮等

なし

4. ODA 事業実施/連携を通じて期待される開発効果

本普及実証事業の開発効果を波及させる道筋としては、まず本普及実証事業により EDL-Gen にリンクモノスが有用であると認められることである。そうすれば、計測対象となったダムから、EDL-Gen の管理する水力発電所 13 基に対して波及する。また、MEM も実証相手とすることで、MEM を通じて、IPP が管理する 100 基あまりのラオス国のダムに対しても開発効果が波及することが期待される。これにより、合理的な検査手法によるダムの安全性評価が IPP 管理のダムを含むラオス国のダム全体に普及することで、本普及実証事業が均質な品質でのダムの維持管理という開発課題解決に貢献することができる。

第4 ビジネス展開計画

1. ビジネス展開計画概要

インフラ構造物のひび割れ計測技術であるシンクモノスと、構造物や地形の現状のありのままの形状を高精度でデジタル化する技術である3D計測技術の展開を行う。

ダムを主とするインフラ構造物の計測に対しては、シンクモノスによるひび割れ計測を主力サービスとして、プッシュ型スタイルで展開を行いつつ、商談で地上・水中の形状計測のニーズを引き出せれば、KCのひび割れ計測と3D計測サービスを組み合わせた提案または3D計測サービスのみの提供に提案を切り替えることで、商談の成約率を向上させる。

また、3D計測サービスは、インフラ構造物以外の分野でも活用でき、国内では観光・プラントなどの分野で実績があり、特に観光はラオス国の主力産業と位置づけられていることから、潜在的ニーズがあると考えられるため、展開先が明確なインフラ構造物のひび割れ計測で現地ビジネスの足掛かりを作りつつ、3D計測サービスの需要を掘り起こしてビジネスの拡大を図る。

なお、本案件化調査の成果を普及・実証・ビジネス化事業の実施やKCの今後のビジネス展開に繋げるため、EDL-Gen及びMEMと下記の内容を骨子とした協定書(MOU)の締結に向けた協議を行っている。

- ① ラオス政府とKC(以下、両当事者)は、高度なデジタル(DX)機器を適用し、共同でダム検査を行うものとする。
- ② 両当事者は、政府及び民間IPP企業双方の技術者にDX機器を普及させることを目的として、セミナー、ワークショップ及びシンポジウムを共同で開催する。
- ③ ラオス国及び日本国におけるダムの安全管理に関する情報を交換する。
- ④ KCは、DX機器を扱う人材能力開発プログラムを作成し、機器の運用方法を技術移転する。

2. 市場分析

企業機密情報につき非公表

3. バリューチェーン

企業機密情報につき非公表

4. 進出形態とパートナー候補

企業機密情報につき非公表

5. 収支計画

企業機密情報につき非公表

6. 想定される課題・リスクと対応策

企業機密情報につき非公表

7. ビジネス展開を通じて期待される開発効果

シンクモノスは、ダム以外のコンクリート構造物にも活用できるシステムであることから、橋梁などのダム以外のインフラ構造物も KC のビジネス展開のターゲットとすることで、ダム分野での開発課題解決への貢献が、他のインフラ構造物にも横展開され、開発効果の裨益範囲拡大が期待できる。

また、KC のビジネス展開において、3D 計測技術など、シンクモノス以外の KC の計測技術も柔軟に提案していく方針であることから、現状の図面作成やひび割れ以外の劣化の計測についても、効果的・実践的な最先端の手法の提案による開発課題解決へのさらなる貢献が期待できる。

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

KC のビジネス展開により、ラオス国でのインフラ構造物の維持管理市場が開拓されれば、これまでラオス国に進出していなかったインフラ維持管理にかかる企業（ひび割れ以外の点検や補修業者など）が新たな市場としてラオス国に進出することが期待できる。

また、KC のビジネス展開ではラオス人技術者育成も視野に入れていることから、KC が現地で育成したラオス人技術者が本邦シンクモノスユーザー企業で就業することも考えられる。日本の建設業界は若手技術者の不足が問題となっており、日本の技術を身に付けた外国人技術者の活躍は地元建設業界に大きく裨益する。

KC の海外での活動については積極的に広報していく意向であり、その過程で、地元経済界に対して知見やノウハウの移転を行っていく。具体的には、箕面市と協力してセミナーなどを開催し、本事業実施中に蓄積した海外展開ノウハウやラオス国での人脈を本邦地元企業と共有する。これにより、将来的なビジネスマッチングによる新たな需要の創出も期待できる。

(2) その他関連機関への貢献

事業展開の過程において現地のニーズに即した改良・開発が発生した場合には、予てより共同研究関係にある大阪大学や立命館大学に協力要請を行うこととなる。さらに、事業が軌道に乗り資金面に余裕が出れば、新製品・新技術の共同開発・研究につながり、地元大学との連携がより一層深まる。

別添資料

企業機密情報につき非公表

英文要約 (Summary Report)

Summary Report

Lao PDR

SDGs Business Model Formulation Survey
with the Private Sector
for
Improving Dam Safety using Highly Accurate
Crack Measurement Method in Lao PDR

June, 2023

Japan International Cooperation Agency

KUMONOS CORPORATION

1. BACKGROUND

KUMONOS CORPORATION (as KC hereinafter) is located in Minoh-City, Osaka-Prefecture, Japan established in 1995. KC provides an inspection and measurement services for infrastructures. KC's main products are (i) a ground-shape measurement using 3D laser scanners, (ii) an underwater-shape measurement using underwater sonars, and (iii) a crack measurement of concrete structures by unique survey equipment. All kinds of structures shall be recorded as digital data and engaged in KC's business activities to preserve data that can be used in the future. KC's measurement technology has been highly evaluated in Japan. Since, in recent years KC has been commended by the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism in two (2) awards: (i) the "Japan Construction International Award," which recognizes its efforts to expand overseas to Thailand, and (ii) "i-Construction Grand Prize," which recognizes the efficient and accurate measurement of concrete cracks of dams in Japan.

In Lao PDR, they are actively developing the hydropower resources with the aim of becoming "Battery in Southeast Asia." As of 2022, the installed hydropower capacity and power generation were recorded 8,108MW and 21,000GWh, respectively. Electricity is expected to be a major export product and a source of foreign currency for the country revenue after commencement of Teun-Hinboun HPP (260MW), which was launched in April 1998, and Houay-Ho HPP (152MW) in September 1999. They had opened the new era of large-scale hydropower development by private capital as IPP (Independent Power Producer).

On the other hand, it is difficult to say that the dams built by such IPP were necessarily constructed under an adequate management with strict quality control. Since, there are some concerns at many cases where even the design documents/drawings have not been kept. Accordingly, the future challengeable issues related to power infrastructure in Lao PDR would be summarized in the following three (3) items:

- (i) Expiry of Concession Period: Many IPP hydropower projects operated by BOT (Built-Operate-Transfer) are about to be reimbursed sequentially to the Lao side upon expire of the general concession period (25-30 years). So, it is necessary to establish an asset management system to perform a uniform quality control for all reimbursed projects, which ranges in a wide range of all fields, such as organizations, laws, regulations, personnel, technologies, and budgets.
- (ii) International Standards: In future, it will become to be difficult to continue the smooth operation and maintenance after reimbursement of the hydropower structures, that were designed/constructed without the international technical standards/specifications. Because, for which even as-built drawings and design documents are not left. In particular, as the concrete structures had been damaged even with aged 30 years and more, the rational inspection methods would be required for the enormous number of the target structures.
- (iii) Unified Management Standard: In order to operate the dams and powerplants handed over from IPPs stably and safety, it is essential to apply the unified management standards. Since, they had been operated and maintained by many different IPPs under their own management methods. It is desirable for the government to take the lead in designating a model dam and powerplant for his O&M. They can disseminate the advanced O&M methods not only to EDL and EDL-Gen, but also to IPPs by applying the state-of-the-art technologies in effective and practical ways.

2. OUTLINE OF FORMULATION SURVEY FOR DISSEMINATING KC'S TECHNOLOGIES

(1) Purpose

This SDGs Business Model Formulation Survey by JICA was conducted to examine the potential use of Japanese companies' products and technologies for the further JICA projects. The scopes of the formulation survey include a network building and an information/data collection for his promotion.

(2) Survey Activities

The activities of this formulation survey are listed in the table below:

Activity 1: Development Issues in Target Countries and Regions	
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identification of development issues in target countries and regions 2. Collection of development plans, policies, laws and regulations, etc. 3. Confirmation of Japan's Development Cooperation Policy 4. Investigating precedent cases of ODA projects and other donors 5. Study of the possibility on contribution to solving development issues
Methodology	<p><In Japan></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Literature research through government documents, etc. 2. Survey of development cooperation policies by country 3. Survey of donor organizations' websites, etc. <p><In Lao PDR></p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Interview and consultation with government agencies, related organizations, IPPs, and universities 5. Collecting statistical data 6. Interview to Overseas public interest agencies (JETRO, Chamber of Commerce) and Japanese companies
Results	<ol style="list-style-type: none"> 1. Development issues in the target countries and regions will be organized in detail. 2. The development policy and current status of construction management and maintenance management standards, which serve as quality control standards for dams, will be clarified. 3. Japan's country-specific development cooperation policies related to the development issues and the possibility of contributing to them will be organized. 4. A table will be completed that lists the precedents of ODA projects and other donors related to the development issue, as well as the feasibility and actions to collaborate with them. 5. The possibility of contributing to solving development issues is organized.
Activity 2: Local Adoptability of Proposed Products	
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. On-site adaptability surveys of environmental conditions affecting the field measurement surveys. 2. On-site adoptability survey in terms of technology
Methodology	<p><In Japan> Literature survey through statistical data, etc.</p> <p><In Lao PDR> Dam site visits</p>
Results	By clarifying the influence of climate and the environment issues around the dam on measurement survey, the scale and type of the dam, the range of adoption is clarified.
Activity 3: Realization of Business Model	
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. Market research and analysis 2. Research and analysis on competitors 3. Potential partner survey 4. Examination of possible issues with risk and countermeasures 5. Survey of needs in fields other than dam inspections 6. Formulation of business model proposal
Methodology	<p><In Japan></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Literature survey through statistical data, etc. 2. Consider business model proposals based on the collected information. <p><In Lao PDR></p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Interviews with government agencies and related organizations, and statistical data collection 4. Interview to Overseas public interest agencies and Japanese companies 5. Discussions with potential partners 6. Information/data collection at seminars, discussions with private companies
Results	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dam statistical data and list 2. Competitor company profiles, products and services (contents, prices, etc.), domains, etc. are organized. 3. A table is created that organizes the proposal of the expansion form, the characteristics of partner candidates, and the advantages and disadvantages of collaboration. 4. A list of possible issues, risks, and countermeasures is prepared. 5. Based on this survey, a business model plan (entry form, sales plan, and monetization roadmap) will be prepared.
Activity 4: ODA Business Plan and Possibility of Collaboration	
Contents	<ol style="list-style-type: none"> 1. Feasibility study with existing ODA Projects 2. Feasibility study of new ODA Projects

Methodology	<In Japan> 1. Formulation of plans for new ODA projects <In Lao PDR> 2. Interview to Japanese companies and Overseas public interest agencies 3. Discuss ODA projects with counterpart candidate organizations
Results	1. Pilot study by Shin-Kumonos adapting to Nam Ngum 1 HPP Expansion Project by Japanese ODA 2. Achievement of implementation plan for promotion, demonstration and commercialization

(3) Information of Products

“Shin-Kumonos” shown in Figure1 is a system to remotely measure a width, a position, and a shape of cracks on concrete structures, combining the technologies of “KUMONOS” - a crack measuring equipment based on Total Station, and an image analysis. The edit accuracy of photo image and the extraction accuracy of cracks have been improved by Shin-Kumonos with the advantages shown in Table 1. These improvements of accuracies had been challengeable issues on the crack measurement by the conventional method. There is an advantage in an aging comparison and a shortening of the measurement period.

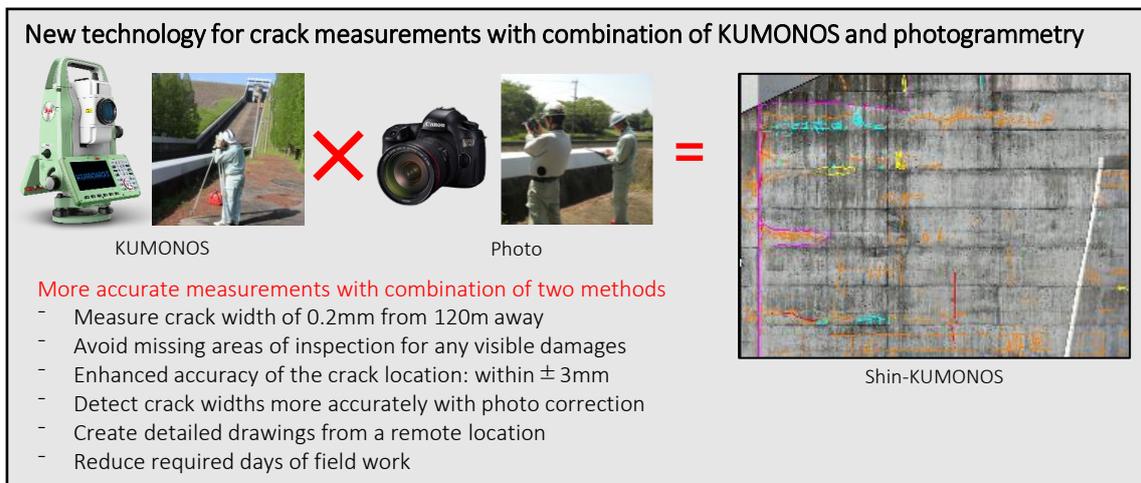


Figure 1: System Overview diagram of Shin-Kumonos

Table 1: Features and Advantages of Shin-Kumonos

<p><Features></p> <ul style="list-style-type: none"> - Since Shin-Kumonos will edit an image by using the shape of the structure took by KUMONOS as a parameter, the image straightening process can be performed without distortion even without drawings of structures. - Since Shin-Kumonos will extract cracks based on the cracks measured by KUMONOS, the crack width could be measured with high accuracy. <p><Advantages></p> <ul style="list-style-type: none"> - The digitized cracks with high accuracy by a periodical measurement will make it possible to compare the aging progress of cracks. - In order to eliminate the installation and removal works for scaffoldings, the work time will be shortened by about 33% compared with the conventional method.
--

(4) Counterpart Organization

The counterparts of this formulation survey are not organized yet. However, the prospective counterparts of this survey are as listed below:

- (i) Ministry of Energy and Mining (MEM)
- (ii) Electricite du Laos (EDL)
- (iii) Electricite du Laos – Generation Public Company (EDL-Gen)

(5) Target Area and Prospective Beneficiaries

The target area of this formulation survey is the dams and hydropower plants owned and operated by EDL and EDL-Gen. The prospective beneficiaries are the hydropower dam owners including IPPs in Lao PDR.

(6) Survey Duration

This formulation survey was started in November 2022 and finished in July 2023 (for 9 months).

(7) Field Survey Schedule

The 1st field survey was conducted in November - December, 2022 and the 2nd one in February, 2023 for an each half month.

3. ACHIEVEMENT OF THE SURVEY

(1) Introduction of Technologies and Consulting Status

KC introduced its technology to the authorities/organizations/consultants related to dams in Lao PDR, and received high interest from them on the technology. MEM and EDL-Gen agreed in principle that KC would continue the activities related to improving dam safety in Lao PDR.

As a result, KC proposes to conclude an MOU (Minutes of Understanding) to introduce the measurement methods using KC's skills and to show the information on the dam maintenance technology in Japan. However, since the signing by MEM on the MOU requires approval from MOFA (Ministry of Foreign Affairs) as well as MPI (Ministry of Planning and Investment) of Lao PDR, the MOU has not been concluded yet. Then, KC considers to make the alternative by LOI (Letter of Interest) for MEM.

(2) Local Adaptability of Proposed Technology

Through interviews with EDL-Gen's engineers and inspections to the four (4) dams shown in the figure below, KC confirmed the local adaptability of the technology as indispensable one.

In Lao PDR, as a regular crack measurement is not mandatory, it is not carried out at all, or performed only in the areas where easy to measure. It has been revealed for the crack measurement not to be performed efficiently.

Since Shin-Kumonos can efficiently measure cracks remotely even in places not close to each other, it can be said that the system is likely to satisfy the local needs to improve the efficiency of crack measurement.

In addition, as the cracks are not recognized one of the important inspection items, it is necessary to make a lecture the importance of analyzing and evaluating cracks. As Shin-Kumonos can visualize the crack development on a drawing overlapped by a photograph of the target structure for presenting to anyone in an easy-to-understand manner, the dam managers and engineers will understand deeply the importance of cracks. As a result, it is expected to improve the technical capabilities of dam engineering in Lao PDR.

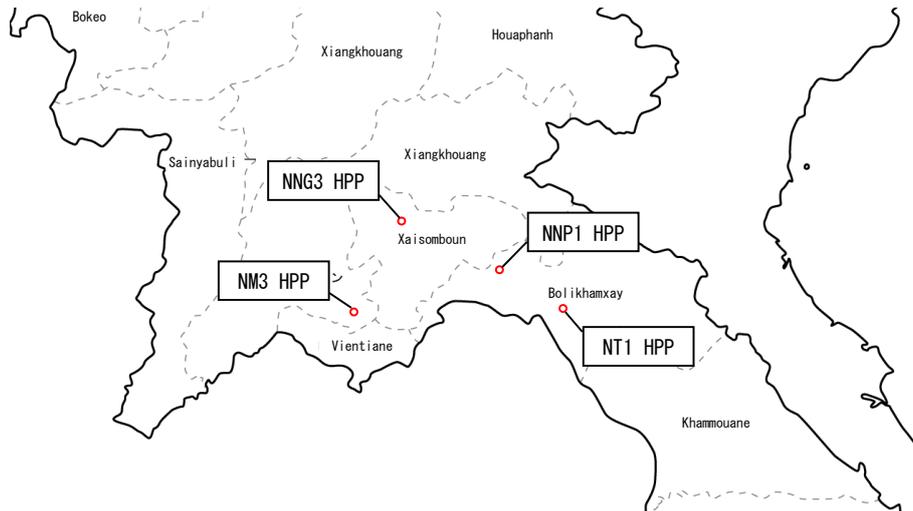


Figure 2: Location Map of Visited Dams in Lao PDR

4. FUTURE PROSPECTS

(1) Impacts and Effects on the Concerned Development Issues through Business Development of the Product/Technology in the Surveyed Country

As a technology for recording cracks in concrete structures with digital data, Shin-Kumonos can contribute to the dam safety management in Lao PDR in the following issues:

- The individuality of the measurement result can be eliminated, and a homogeneous inspection result as the basis of quality control can be obtained.
- Even for dams not having the historical records at the design and construction stages and the management records at the operation stage, the high accuracy of the measurement results can be expected to improve safety analysis and evaluation accuracy.
- Cracks measured by Shin-Kumonos can be digitally recorded and accumulated aging, so that the progress of concrete deterioration can be grasped continuously, even if the dam owners are transferred from the IPPs to the government.

(2) Lessons Learned and Recommendation through the Survey

(i) Legislation of Periodical Crack Measurement

Japanese regulation requires the periodic inspections for dams and other infrastructures every three (3) years in general, so the outsiders other than the dam owners could confirm whether maintenance and management are being carried out appropriately. In addition, as the evidence for the dam managers to explain the dam management adequately, the results of crack measurements are used for safety evaluation indicator. In Lao PDR, such a regular safety assessment system has not been established officially yet, then the apparent damages on dams occurred are to be solved with on a case-by-case basis only. At present, it may cause the physical difficulties for dam managers to measure cracks regularly, so KC would propose that a measurement and evaluation system on cracks is urgently established using the advanced technology as one of the safety evaluation guidelines.

(ii) Conduct of MOU

In order to proceed our proposal step by step, KC would request GOL (the Government of Laos) to conduct MOU (Minutes of Understanding) involving the following implement objects:

- Both GOL and KC (the Parties hereinafter) shall make the joint dam inspection in order to find a

possible application of the advanced digital (DX hereinafter) equipment,

- The Parties shall hold jointly the seminars, workshops and symposium with the aim of promoting the DX equipment to the engineers both of the governmental and the private IPP enterprises,
- The Parties shall exchange the information of dam safety management both in Lao PDR and Japan.
- KC shall make the capacity building programs of the DX equipment, and shall transfer how-to operate them, consequently.