

ラオス国

**ラオス国
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**

業務完了報告書

平成 30 年 7 月
(2018 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社ハイテックシステム

国内
JR
18-166

— 巻頭写真 —



Nam Dong 発電所 (EDL 所有)



Nam Khan 2 発電所 (EDL-Gen 所有)



Nam Khan 3 発電所 (EDL 所有)



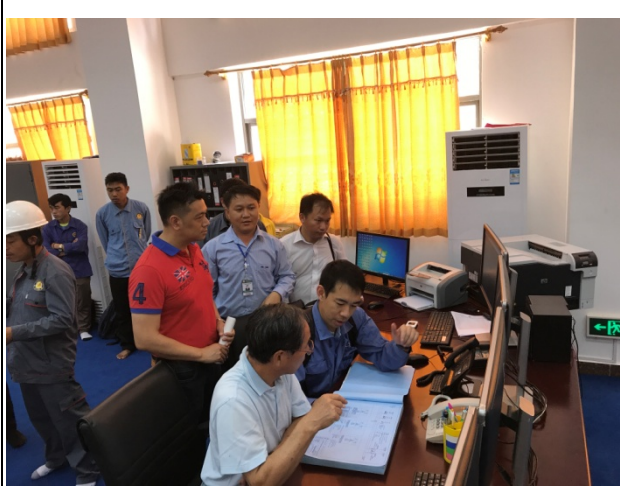
EDL-Gen の Rattana CEO との意見交換



EDL・EDL-Gen 本社でのキックオフミーティング



第 1 回現地調査団 (EDL-Gen 技術者と)



Nam Khan 3 既存監視・制御システムの調査



ルアンパバーン2変電所 通信線調査



提案製品の機能・導入効果プレゼン



Nam Khan 2 冷却水配管センサー取付調査



Nam Khan 2 水車軸受センサー取付調査



Nam Dong 現地調査の様子



Nam Dong SCADA ネットワーク調査



Nam Dong～Nam Khan 3 通信線調査



EDL・EDL-Gen 本社でのコンクルージョンミーティング



EDL・EDL-Gen 本社でのコンクルージョンミーティング

目次

略語表	i
要約	ii
はじめに	vii
第1章 対象国・地域の開発課題	1
1-1 対象国・地域の開発課題	1
(1) 対象国の概況	1
(2) 開発課題の状況	2
(3) 開発課題の背景・原因	4
1-2 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令等	5
1-3 当該開発課題に関連する我が国国別開発協力方針	9
1-4 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	9
(1) ODA 事業	9
(2) 他ドナーの先行事例	9
第2章 提案企業、製品・技術	10
2-1 提案企業の概要	10
(1) 海外ビジネス展開の位置付け	10
2-2 提案製品・技術の概要	11
(1) ターゲット市場	11
(2) 提案製品・技術の概要	11
(3) 国内外の販売実績	13
(4) 比較優位性	13
2-3 提案製品・技術の現地適合性	16
(1) 現地適合性確認方法	16
(2) 現地適合性確認結果	17
(3) 現地適合性確認結果（制度面）	23
2-4 開発課題解決貢献可能性	23
(1) 開発課題貢献可能性	23
第3章 ODA 案件化	25
3-1 ODA 案件化概要	25
(1) ODA 案件概要	25
(2) 対象地域	25
3-2 ODA 案件内容	27
(1) 成果と活動	27
(2) 投入	28

(3) 業務分担.....	29
(4) 活動計画・作業工程.....	30
(5) 事業額概算.....	30
(6) 本提案事業後のビジネス展開.....	30
3-3 C/P 候補機関組織・協議状況.....	31
(1) C/P 候補機関.....	31
(2) 協議状況.....	32
3-4 他 ODA 事業との連携可能性.....	32
3-5 ODA 案件形成における課題・リスクと対応策.....	32
(1) 課題・リスクと対応策（制度面）.....	32
(2) 課題・リスクと対応策（インフラ面）.....	33
(3) 課題・リスクと対応策（C/P 体制面）.....	35
(4) その他課題・リスクと対応策.....	35
3-6 環境社会配慮等.....	35
3-7 期待される開発効果.....	35
第4章 ビジネス展開計画.....	37
4-1 ビジネス展開計画概要.....	37
4-2 市場分析.....	38
(1) 市場の定義・規模.....	38
(2) 競合分析.....	40
4-3 バリューチェーン.....	42
(1) 製品・サービス.....	42
(2) バリューチェーン.....	43
4-4 進出形態とパートナー候補.....	44
4-5 収支計画.....	45
4-6 想定される課題・リスクと対応策.....	45
(1) 課題・リスクと対応策（法制度面）.....	45
(2) 課題・リスクと対応策（ビジネス面）.....	46
(3) 課題・リスクと対応策（政治・経済面）.....	46
(4) その他課題・リスクと対応策.....	46
4-7 期待される開発効果.....	46
4-8 日本国内地元経済・地域活性化への貢献.....	48
(1) 提案企業自体への裨益.....	48
(2) 関連企業・産業への貢献.....	48
(3) その他関連機関への貢献.....	48
Summary.....	49

－ 図リスト －

図 1-1	既存発電所位置図	6
図 1-2	2020 年までに運開予定の発電所	7
図 1-3	2020 年以降に運開予定の発電所	8
図 2-1	Hydro-CMS のシステム構成概略図	12
図 2-2	Hydro-CMS による複数発電所監視システム構成例	13
図 2-3	Nam Dong 発電所システム構成図	18
図 2-4	O&M 要員の集約化ステップ	23
図 3-1	実施体制図	30
図 3-2	EDL 組織図	31
図 3-3	EDL-Gen 組織図	32
図 4-1	Hydro-CMS の海外発電所への適用イメージ	37
図 4-2	ラオス国水力発電所開発計画	39
図 4-3	EDL-Gen O&M による O&M 受託計画	39
図 4-4	電力自由化に伴なう電力システムの概念図	40
図 4-5	東京電力パワーグリッド 次世代監視制御システム	41
図 4-6	Hydro-CMS の構成	42
図 4-7	バリューチェーン	43
図 4-8	Hydro-CMS の海外事業実施体制	45
図 4-9	提案製品により得られる効果	46
図 4-10	提案製品導入前後の故障対応	47

－ 表リスト －

表 1.1	ラオスの品目別輸出	単位：百万米ドル	1
表 1.2	ラオスの品目別輸入	単位：百万米ドル	1
表 1.3	ラオス輸出入・品目別トップ3（2015年）		2
表 1.4	EDL-Gen 要員採用計画（2016年-2020年）		3
表 1.5	EDL-Gen における既存発電所のO&M要員配置数（2017年）		4
表 1.6	ラオス国の水力案件（2017年6月30日時点）		5
表 2.1	SCADA と Hydro-CMS の機能比較		14
表 3.1	本事業の成果と活動		27
表 3.2	普及・実証事業における業務分担		29
表 3.3	活動計画・作業工程		30
表 3.4	EDL-Gen 水力発電所 O&M 要員数（2017年）		36
表 4.1	EDL-Gen 当期純利益推移		40
表 4.2	Hydro-CMS 価格例およびコスト削減効果予測		43

略語表

略語	正式名称	日本語表記
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
ASEAN	Association of South East Asian Countries	東南アジア諸国連合
CBM	Condition Based Maintenance	状態基準保全
C/P	Counterpart organization	カウンターパート機関
DEM	Department of Energy Management	エネルギー管理局
DEPP	Department of Energy Policy and Planning	エネルギー政策・計画局
EDL	Electricite Du Laos	ラオス電力公社
EDL-Gen	EDL-Generation Public Company	ラオス発電公社
EGAT	Electricity Generating Authority of Thailand	タイ発電公社
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
Hydro-CMS	Hydro power plant Central Management System	水力発電所集中管理システム (提案製品の呼称)
IEC	International Electrotechnical Commission	国際電気標準会議
IPP	Independent Power Producer	独立系発電事業者
ISO	International Organization for Standardization	国際標準化機構
JCIF	Japan Center for International Finance	国際金融情報センター
JEM	Japan Electrical Manufacturers' Association	日本電機工業会
JETRO	Japan External Trade Organization	日本貿易振興機構
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
MEM	Ministry of Energy and Mines	ラオス国エネルギー鉱業省
NDA	Non-Disclosure Agreement	秘密保持契約
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
OJT	On the Job Training	職場内教育
OPGW	Optical Ground Wire	光ファイバ複合架空地線
O&M	Operation & Maintenance	運転保守
PDM	Project Design Matrix	プロジェクト・デザイン・マトリクス
PDP	Power Development Plan	電源開発計画
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition	監視制御システム
TBM	Time Based Maintenance	時間基準保全

要約

1. 対象国・地域の開発課題

豊富な包蔵水力資源を有するラオス国では、水力発電は、国内の電力供給ならびに電力輸出による外貨取得のための重要な手段であり、これまで水力発電所の建設が積極的に行われてきた。2016年に承認された「ビジョン2030」でも電力の安定供給確保と開発促進がうたわれており、今後も多くの水力発電所の建設が計画されている。

一方、ラオス電力公社（以下、EDL という）、およびラオス発電公社（以下、EDL-Gen という）との意見交換で以下のような開発課題が浮き彫りとなった。近年のラオスにおける水力発電所の増加により、安定運転に欠かせない高度な知識や技術を持つ技術者（以下、「高度技術者」という）の育成が追いつかず、現時点の既設46箇所ですえ、その安定運転に支障が出ている。

ラオスの水力発電所における運用・保守は人の手によるところが大きく、全ての水力発電所が有人であり、保守員や運転員（以下、「一般技術者」という）のみならず、高度技術者も各発電所に配置してきた。しかし、近年の水力発電所の増加により、全発電所に高度技術者を配置することができず、故障発生時には、近隣の発電所から高度技術者が派遣されるまで、発電機を停止しておかなければならない状況が増えてきている。

加えて、国内電力需要への対応のため、乾季を中心に割高な電力をタイなどの周辺国から輸入していることから、高度技術者による日常の的確な保全により、発電所の計画外停止を極力避ける必要がある。万一、計画外停止が発生しても高度技術者の迅速な対応により停止期間を最小にすることが重要である。

今後、人口700万人に満たないラオスにおいて、電気工学や土木工学等の高等教育を受けた高度技術者を短期間で養成することは容易ではない。このため、現時点の限られた高度技術者が、複数の離れた発電所の管理を同時に行える環境整備が急務となっている。

2. 提案企業、製品・技術

このような状況下、ハイテックシステムが開発した“水力発電所集中管理システム（以下、「Hydro-CMS」という）”は、一人の高度技術者が複数の離れた発電所を同時に集中管理することが可能であり、上記開発課題の解決に大いに貢献できるものである。

Hydro-CMS は、水力発電所の数値情報・故障情報を収集する「子局装置（発電所内設置）」と、複数の子局装置から伝送されるデータを「見える化」し、高度技術者が複数の発電所を一拠点で遠隔集中管理を行う「親局装置（発電所外設置）」で構成されるシステムである。これにより、高度技術者は複数の発電所に対し、実際に発電所で確認するよりも詳細かつ定量的に状態を把握することが可能となる。また、Hydro-CMS は、故障時の詳細データ保存機能や故障データ解析機能を保有しているため、高度技術者は発電所に出向しなくても、その場で故障の原因を把握し、対策を講じることが可能となる。

Hydro-CMS の導入により、各発電所には運転操作と簡易な保守作業を行う一般技術者のみが従事し、数少ない高度技術者は一拠点に集約され、数多くの発電所を集中管理する体制の構築が可能となるほか、以下の効果も見込める。

- ① 故障の未然防止による発電所の設備利用率の向上（発電機会逸失の低減）を実現。
- ② 万一の設備障害発生時において、原因分析のために分解点検を実施するなど、多大な費用と時間をかける必要がなくなり、復旧費用や復旧時間の最小化を実現。
- ③ 機器の劣化状態を定量的に把握し、機器の継続使用限界で機器更新を行うことで、設備投資の最小化を実現。

ラオス国エネルギー鉱業省の資料によれば、既設の水力発電所が46箇所であるのに対し、建設中で2020年までに運転開始を予定する水力発電所が35箇所あり、既存発電所と合わせその数は81箇所となる。2030年までに運転開始を予定する水力発電所の計画数は156箇所に上り、これらが計画通りに進展すると、2030年にはラオスに200箇所超の水力発電所が存在することになる。一方、現時点で発電所の異常を的確に診断し、効率的な保守計画の策定を行う高度技術者は少なく、将来に向けてこの要員を養成・確保していくことは容易ではない。このため、今後限られた高度技術者でより多くの発電所を集中管理する Hydro-CMS の導入ニーズはよりいっそう高まっていくと想定される。

3. ODA 案件化

本案件化調査の中で、EDL、EDL-Gen の経営層、および技術者に Hydro-CMS の機能や導入効果を説明し、現地にてモデル機によるデモンストレーションを実施した。

その結果、Hydro-CMS は、前述の開発課題の解決に大きく貢献するシステムであるとの認識をいただき、EDL、EDL-Gen の経営層から Hydro-CMS の導入に向けた強い意向を確認することができた。

このため、今後、中小企業海外展開支援事業（普及・実証事業）を活用して Hydro-CMS の基本形である親局装置 1 台と子局装置 2 台を導入し、本製品の普及拡大に向けて、一人の高度技術者が複数発電所を遠隔地から集中管理することが可能であることを実証する。

実証に当たっては、Hydro-CMS を導入する発電所の候補として、EDL、EDL-Gen より Nam Dong 発電所、Nam Khan 2 発電所、Nam Khan 3 発電所が提案されている。調査の結果、EDL、EDL-Gen の要望通り、親局装置は Nam Dong 発電所の別館保守員研修・当直者用建屋、子局装置は Nam Dong 発電所の本館制御室および Nam Khan 3 発電所に導入する。

なお、EDL、EDL-Gen からは、全面的な協力が得られることを確認している。また、測定項目とデータ取得方法、及び Hydro-CMS の親局装置や子局装置の設置位置等についても詳細調査を実施し、導入に向けた技術的な課題は解決している。今後、発電所の停止時期等、Hydro-CMS の導入に向けてカウンターパートと導入に向けた手続きを進めていく。

4. ビジネス展開計画

EDL、EDL-Gen が保有または出資している水力発電所の全てに Hydro-CMS を導入し、高度技術者不足という開発課題の解決、ひいては発電所の安定運転によるラオスの経済成長に貢献するビジネスを展開する。

EDL、EDL-Gen が保有または出資している全発電所（27箇所）のうち、普及・実証事業で2箇所、ビジネス展開後4年間で15箇所に導入し、5年目に残り10箇所に導入することを目指す。6年目以降は、EDL-Gen の子会社に運転保守（O&M）を委託している独立系発電事業者（IPP）をターゲットとして Hydro-CMS のさらなる導入拡大を目指す。

EDL、EDL-Gen は Hydro-CMS の導入により、数少ない高度技術者でも全ての発電所をリアルタイムで監視することが可能となる。このため、発電機停止に至る故障が発生する前に、その兆候を把握し適切な対応を指示することで、発電機停止を回避することができる。万一、発電機停止に至る故障が発生した場合でも、現地に出向することなく詳細なデータを分析し、原因を的確に把握することができるため、早期の発電再開が可能となる。このことから、Hydro-CMS の活用により、発電機停止の機会が減り、従来に比べ販売電力量の増加による営業収益の改善を図ることが可能である。

Hydro-CMS の据付、センサーの設置、電気配線等の現地工事については、電気工事の許可を受けたラオスの現地業者で行う。候補となる現地業者は十分な施工レベルがあることを確認している。また、資機材の調達および製造は、在タイ日系企業で行い、Hydro-CMS 導入後のアフターサービスにも対応する。在タイ日系企業では、日本と同等品質の機器を調達し、ラオスの発電所への搬入が可能であることを確認している。

また、現在 Hydro-CMS と競合する製品はないため、普及・実証事業と並行してビジネス展開の準備を進める。その際、単に Hydro-CMS を導入するだけでなく、Hydro-CMS の「運用支援サービス」も展開する。これにより、Hydro-CMS の活用方法に関する技術支援サービスに加え、Hydro-CMS の詳細なデータの分析支援サービスを提供し、Hydro-CMS の導入事業者がこれを有効活用できる環境整備とブランド構築を図る。

ラオス人民民主共和国 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

企業・サイト概要

- 提案企業：株式会社ハイテックスシステム
- 提案企業所在地：北海道恵庭市
- サイト・C/P機関：ラオス電力公社・ラオス発電公社



ラオス国の開発課題

- 高度技術者不足により、全発電所に高度技術者を配置できず、故障発生時には高度技術者が派遣されるまで発電機を停止するため、発電機会の逸失が増加。
- 限られた高度技術者で複数の離れた発電所の遠隔監視を同時に行える環境整備が急務。

中小企業の技術・製品

- 水力発電所集中管理システム (Hydro-CMS)
- 高度技術者一人ですべての発電所の遠隔監視が可能。
 - 遠隔地でデータの収集や分析が可能となり、故障の原因究明と復旧作業にかかる時間が大幅短縮。
 - 異常の早期発見・早期対策による故障の未然防止。

調査を通じて提案されているODA事業及び期待される効果

- EDL、EDL-Genが所有する水力発電所に、Hydro-CMSの基本形である親局装置1台と子局装置2台を導入し、高度技術者一人が複数発電所を遠隔地から集中管理することが可能であることを実証する。
- 高度技術者が異常を早期に発見し、早期に対策を指示することで、故障を未然に防止できる。万一、故障が発生しても、現地に向わず原因を把握することができるため、早期の発電再開が可能となる。

日本の中小企業のビジネス展開

- EDL、EDL-Genが所有または出資している水力発電所の全てにHydro-CMSを導入し、高度技術者不足という開発課題の解決、ひいては発電所の安定運転によるラオスの経済成長に貢献するビジネスを展開する。
- 事業化5年以内に全箇所に導入し、6年目以降はEDL-Genの子会社にO&Mを委託しているIPPに導入していく。

はじめに

○ 調査名

ラオス国

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

Lao P.D.R

Feasibility Survey for the upgrading of operation and maintenance for Hydropower plant by utilizing remote monitoring technology.

○ 調査の背景

豊富な包蔵水力資源を有するラオス国では、水力発電は、国内の電力供給ならびに電力輸出による外貨取得のための重要な手段であり、これまで水力発電所の建設が積極的に行われてきた。一方、ラオス電力公社 (Electricite Du Laos、以下「EDL」という)、およびラオス発電公社 (EDL-Generation Public Company、以下「EDL-Gen」という) との意見交換で以下のような開発課題が浮き彫りとなった。近年のラオスにおける水力発電所の増加により、安定運転に欠かせない高度な知識や技術を持つ技術者 (以下、「高度技術者」という) の育成が追いつかず、現時点の既設 46 箇所ですえ、その安定運転に支障が出ている。

日本の電気事業者は、ほぼ全ての水力発電所を無人とし、保守拠点に集約された要員で運用・保守している。一方、ラオスでは全ての水力発電所が有人で運用・保守され、保守員や運転員 (以下、「一般技術者」という) のみならず、高度技術者も各発電所に配置せざるを得ない。

また、ラオスの水力発電所の保守については、設備の運転経過時間のみで取替・改修時期を判断しており、無用な運転停止による発電機会の逸失を招くなど、日本と比較し非効率的な運用・保守を行っている。

○ 調査の目的

本調査では、ラオスにおける水力発電所の現状および課題について調査し、提案製品である水力発電所集中管理システム (以下、「Hydro-CMS」という) の導入によりどのような効果が得られるかを明らかにする。また、本製品の普及拡大に向けて、中小企業海外展開支援事業 (普及・実証事業) を活用して Hydro-CMS の基本形である親局装置 1 台と子局装置 2 台を導入し、一人の高度技術者が複数発電所を遠隔地から集中管理することが可能であることを実証するため、パイロットプラントおよび資機材調達に関する調査を行い、ODA 案件形成 (効果的な Hydro-CMS 活用のための支援を含む) を検討する。

○ 調査対象国・地域

ラオス国 ルアンパバーン県

(上記地域でカウンターパート機関 (以下、「C/P」という) が所有する水力発電所に Hydro-CMS を導入するための調査を行う)

○ 調査概要・スケジュール・調査団員

本案件化調査は、EDL および EDL-Gen を C/P とし 2017 年 9 月から 2018 年 7 月の期間にて調査を実施し、期間中 2017 年 10 月、12 月、2018 年 3 月の 3 回にわたり現地調査を実施した。調査の概要は以下のとおりである。

<全体行程・調査概要>

主要な作業	年 月	2017年				2018年									
		9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
I 現地調査			■		■			■							
1-1 開発課題・効果調査			■		■			■							
2-1 実証サイトの詳細調査			■		■			■							
2-2 詳細ニーズ調査			■		■			■							
2-3 実証機仕様検討					■			■							
3-1 資機材調達調査			■		■			■							
3-2 パートナー調査			■		■			■							
4-1 市場調査			■		■			■							
II 国内作業															
1-1 開発課題・効果調査		■	■			■			■						
2-3 実証機仕様検討		■	■	■		■	■	■	■						
3-1 資機材調達調査		■	■	■		■									
3-2 パートナー調査		■	■				■	■							
4-1 市場調査		■	■	■			■		■						
III 報告書等															
			△業務計画書				△進捗報告書			△業務完了報告書(案)				△業務完了報告書	

1-1 開発課題・効果調査

- ・ラオスの電気事業を担う EDL および EDL-Gen を訪問し、保守体制、技術者の能力、発電所開発計画、技術者不足の実態などを調査し開発課題・想定される効果を明らかにする。
- ・合わせて、ラオス国内に水力発電所を所有する民間事業者へのヒアリングも行き、上記同様の課題の有無の確認を行う。

2-1 実証サイトの詳細調査

- ・各種図面確認、実機照合
- ・センサー類の既設流用の可否、新規取付け方法、数量の確認
- ・通信回線の使用可否、健全性確認
- ・工事・停電計画調整（時期・期間）

2-2 詳細ニーズ調査

- ・実際の運用・保守を担う現場の技術者層のニーズ調査
- ・日本の電気事業者から見た課題の抽出と実証機仕様への反映

2-3.実証機仕様検討

- ・「2-2 詳細ニーズ調査」結果を反映した、実証機仕様の作成

3-1. 資機材調達調査

- ・ラオス国内での資機材調達（日本製センサーまたはそれに準じた性能を満たすセンサー等）の調達可否。
- ・タイから調達する場合の課題抽出
- ・日本から調達する場合の課題抽出
- ・上記各ケースにおける構成パーツ単体の保証、アフターサービスの確認

3-2 パートナー調査

- ・ラオス国内業者による Hydro-CMS の据付作業可能な業者の確認
- ・EDL・EDL-Gen による直営作業の可否調査
- ・Hydro-CMS 導入の実績のあるタイ発電公社（以下、「EGAT」という）技術者による現地作業可否の調査

4-1 市場調査

- ・定量的な市場規模の把握
- ・Hydro-CMS のニーズ把握による新設発電所計画数に対する採用見込数の算定
- ・水力以外の再エネ電源への展開見込みの算定

<調査団員構成>

企業・団体名	役割	氏名	担当業務	業務内容
提案企業 (株)ハイテックシステム	<ul style="list-style-type: none"> ・調査進捗管理 ・海外ビジネス展開計画の策定 ・実証機導入に向けた詳細調査および実証機仕様案策定 ・報告書作成および取纏め 	酒井 智	事業計画策定	海外事業計画立案
		酒井 裕司	業務主任者	調査進捗管理
		熊倉 祐一郎	資機材調達検討/ 現地調査取纏め	資機材調達検討、 仕様案策定、 本邦受入活動
		仲村 紀之	現地調査 (ハードウェア担当)①	現地調査 (ハードウェア取付調査)
		霜鳥 匡史	現地調査 (ハードウェア担当)②	現地調査 (ハードウェア取付調査)
		山口 晃昌	現地調査 (ソフトウェア担当)	現地調査(ソフトウェア 改修ニーズ調査)
外部人材 北海道電力(株) 水力部	<ul style="list-style-type: none"> ・調査計画全体の企画 ・カウンターパートとの調整 ・水力発電所の運用ノウハウ指導 ・現地調査補助、実証機導入計画策定 ・本邦受入活動企画・実施 ・上記各業務に関する報告書作成 	佐々木 右介	チーフアドバイザー	外部人材統括、 事業計画策定助言
		高峰 尚	調査企画/ カウンターパート対応	調査計画調整、現地 活動統括、各種ヒア
		金井 俊介	現地調査補助/ 運用ノウハウ指導	ハードウェア取付調査、 運用ノウハウ指導
		梁田 将志	現地調査補助/ 運用ノウハウ指導	ソフトウェア改修ニーズ調 査、運用ノウハウ指導、 本邦受入活動
		イイチ・エンジニア リングシステムズ	<ul style="list-style-type: none"> ・調査実施に関する全般的助言 ・ODA案件化に係る調査 ・開発課題、効果の調査 ・上記各業務に関する報告書作成 	春川 博文

<各調査行程>

① 第1回調査

月日(曜日)	業務内容	人員
10月1日(日)	移動(札幌→羽田→バンコク)	酒井(智)、熊倉、高峰、梁田
2日(月)	資機材調達候補先調査(在タイ日系メーカー) 事業実施協力依頼(EGAT 本社訪問)	同上
3日(火)	移動(バンコク→ヒェンチャン) EDL 訪問、キックオフミーティング	同上
4日(水)	JICA ラオス事務所訪問 JETRO ヒェンチャン事務所訪問	同上
5日(木)	移動(ヒェンチャン→ルアンパハーン) 実証候補サイト調査①(Nam Dong 発電所)	同上
6日(金)	実証候補サイト調査①(Nam Khan 3 発電所) 実証候補サイト調査①(Nam Khan 2 発電所)	同上
7日(土)	資料整理 移動(札幌～バンコク)	酒井(智)、熊倉、高峰、梁田 金井
8日(日)	移動(バンコク→ルアンパハーン) 入替メンバー引継ぎ/資料整理 移動(札幌→羽田→バンコク→ヒェンチャン) 移動(ルアンパハーン→バンコク→羽田)	金井 高峰、金井、梁田 春川 梁田
9日(月)	移動(羽田→札幌) EDL/EDL-Gen との意見交換 施工業者調査(ラオス企業)	梁田 酒井(智)、熊倉、高峰、金井 春川
10日(火)	移動(ヒェンチャン→ルアンパハーン) 実証候補サイト調査②(Nam Dong 発電所)	春川 酒井(智)、熊倉、高峰、金井、春川
11日(水)	実証候補サイト調査②(Nam Khan 3 発電所) 実証候補サイト調査②(Nam Khan 2 発電所)	酒井(智)、熊倉、高峰、金井、春川
12日(木)	移動(ルアンパハーン→バンコク) 移動(ルアンパハーン→バンコク→羽田)	高峰、金井、春川 酒井(智)、熊倉
13日(金)	移動(羽田→札幌) 資機材調達候補先調査(在タイ日系メーカー) 施工業者調査(在タイ日系企業)	酒井(智)、熊倉 高峰、金井、春川 高峰、金井、春川
14日(土)	移動(バンコク→羽田→札幌) 資料整理 移動(バンコク→羽田)	高峰、金井 春川 春川
15日(日)	移動(羽田→札幌)	春川

② 第2回調査

月日(曜日)	業務内容	人員
12月10日(日)	移動(札幌→羽田→バンコク)	酒井(裕)、佐々木、高峰、梁田 春川
11日(月)	通訳打合せ	同上
12日(火)	施工業者・資機材調達候補先調査(在タイ日系企業) 市場調査(在タイ日系企業、邦銀) 移動(札幌→羽田→バンコク)	酒井(裕)、梁田、春川 佐々木、高峰 金井
13日(水)	移動(バンコク→ヒエンチャン) EDL・EDL-Gen 本社訪問(実証機導入計画説明他)	酒井(裕)、佐々木、高峰、金井、梁 田、春川
14日(木)	EDL・EDL-Gen 本社訪問(各種ヒアリング) JICA ラオス事務所訪問 開発課題・市場調査(ラオス国内 IPP 発電所訪問)	佐々木、金井、梁田、春川 酒井(裕)、高峰 上記全員
15日(金)	開発課題・市場調査(Nam Ngum1 発電所訪問)	酒井(裕)、佐々木、高峰、金井、梁 田、春川
16日(土)	移動(ヒエンチャン→ルアンパバーン) 移動(ヒエンチャン→バンコク→羽田) 資料整理 移動(札幌→羽田→バンコク)	酒井(裕)、高峰、金井 佐々木 梁田、春川 霜鳥、山口
17日(日)	移動(羽田→札幌) 移動(バンコク→ルアンパバーン) 資料整理	佐々木 霜鳥、山口 梁田、春川
18日(月)	開発課題・市場調査(MEM/DEPP 訪問) 施工業者調査(ラオス企業) 実証候補サイト調査(Nam Khan 2 発電所)	梁田、春川 同上 酒井(裕)、霜鳥、山口、高峰、金井
19日(火)	開発課題・市場調査(MEM/DEM 訪問) JICA ラオス事務所訪問 実証候補サイト調査(Nam Dong 発電所) 移動(ヒエンチャン→バンコク→成田/名古屋)	梁田、春川 同上 酒井(裕)、霜鳥、山口、高峰、金井 梁田、春川
20日(水)	移動(成田/名古屋→札幌) 移動(ルアンパバーン→バンコク) 移動(ルアンパバーン→バンコク→羽田)	梁田、春川 酒井(裕)、高峰、金井 霜鳥、山口
21日(木)	移動(羽田→札幌) 市場調査(在タイ日系企業) 資機材調達候補先調査(在タイ日系メーカー)	霜鳥、山口 酒井(裕)、高峰、金井 同上
22日(金)	移動(バンコク→羽田→札幌)	高峰、金井

③ 第3回調査

月日(曜日)	業務内容	人員
3月18日(日)	移動(札幌→羽田→バンコク)	高峰、金井
19日(月)	資機材調達候補先調査(在タイ日系メーカー) 開発課題・市場調査(在タイ日系企業)	同上
20日(火)	移動(バンコク→ヒェンチャン) 移動(札幌→関西→バンコク)	同上 熊倉、山口、梁田
21日(水)	移動(バンコク→ヒェンチャン) EDL・EDL-Gen 本社訪問(第3回調査計画説明他) 移動(札幌→バンコク→ヒェンチャン)	熊倉、山口、梁田 熊倉、山口、佐々木、高峰、金井、 梁田 春川
22日(木)	移動(ヒェンチャン→ルアンパバーン) 実証候補先調査(Nam Dong 発電所) 施工業者打合せ(ラオス企業) 移動(ヒェンチャン→ルアンパバーン)	熊倉、山口、佐々木、高峰、金井 同上 梁田、春川 同上
23日(金)	実証候補先調査(Nam Dong 発電所) 移動(ルアンパバーン→バンコク→羽田)	熊倉、山口、佐々木、金井、梁田、 春川 高峰
24日(土)	移動(羽田→札幌) 調査団内打合せ	高峰 熊倉、山口、佐々木、金井、梁田、 春川
25日(日)	移動(札幌→羽田→バンコク→ヒェンチャン) 移動(ルアンパバーン→ヒェンチャン) 移動(ヒェンチャン→バンコク→中部)	酒井(裕) 熊倉、山口、佐々木、金井、梁田、 春川 山口
26日(月)	移動(中部→札幌) EDL・EDL-Gen 本社訪問(コンクルーシヨンミーティング) システム関連業者調査(ラオス企業) JICA ラオス事務所訪問	山口 酒井(裕)、熊倉、佐々木、金井、梁 田、春川 同上 同上
27日(火)	移動(ヒェンチャン→バンコク→札幌) 在ラオス日本大使館訪問 移動(ヒェンチャン→バンコク) 移動(バンコク→羽田)	春川 酒井(裕)、熊倉、佐々木、金井、梁 田 同上 佐々木
28日(水)	移動(羽田→札幌) 資機材調達候補先調査(在タイ日系メーカー) 移動(バンコク→成田)	佐々木 酒井(裕)、熊倉、金井、梁田 酒井(裕)、熊倉
29日(木)	移動(羽田→札幌) 移動(バンコク→羽田)	酒井(裕)、熊倉 金井、梁田
30日(金)	移動(羽田→札幌)	金井、梁田

第1章 対象国・地域の開発課題

1-1 対象国・地域の開発課題

(1) 対象国の概況

ラオスは、東南アジア・インドシナ半島に位置する内陸国で、東はベトナム、西はミャンマー・タイ、南はカンボジア、北は中国と、5 か国と国境を接している。面積は、日本の本州とほぼ同じ 23 万 6,800 km²であるが、その約 7 割が山岳地域である。人口は約 676 万人（2016 年）で、約 50 の民族で構成される多民族国家であり、仏教を主な宗教としている。

ラオスの主要な輸出入品を表 1.1 および表 1.2 に示す。主な輸出品は鉱物資源（金・銀・銅など）、電力、木材・木製品などである。主な輸出先はタイ、中国、ベトナムであり、欧州向けには縫製品が輸出されている。また主な輸入品は電気機械、建設資材等で、これらは鉱山開発などに使用されている。主な輸入元は、タイ、中国となっている。貿易収支としては大幅な赤字となっており、赤字幅は今後拡大する見通しである。

表 1.1 ラオスの品目別輸出

単位：百万米ドル

	2015 年	2016 年		
	金額	金額	構成比	伸び率
鉱物・電気	1,727.71	2,026.44	52.6	17.3
木材・木製品	941.59	377.65	9.8	-59.9
農作物・家畜・食品	343.24	376.32	9.8	9.6
縫製品	258.06	264.03	6.9	2.3
その他	578.51	761.94	19.8	31.7
合計	3,849.11	3,806.38	98.8	-1.1

出典：JETRO 資料に基づき JICA 調査団作成

表 1.2 ラオスの品目別輸入

単位：百万米ドル

	2015 年	2016 年		
	金額	金額	構成比	伸び率
機械・部品	1,313.5	1,252.63	19.4	-4.6
化石燃料・電気	969.5	700.49	10.8	-27.7
車両および部品	1,126.6	959.70	14.9	-14.8
農産物・家畜・食品	743.4	837.85	13.0	12.7
鉄鋼	653.1	595.19	9.2	-8.9
その他	1,648.4	1,537.91	23.8	-6.7
合計	6,454.4	5,883.77	91.0	-8.8

出典：JETRO 資料に基づき JICA 調査団作成

ラオスは隣国のタイと社会的、経済的に深い関係性を有している。経済面では、タイの影響が大きく 2015 年時点における貿易取引では輸出入ともにタイが上位（金額ベース）を占めており（表 1.3 参照）、輸出の約 3 割、輸入の約 6 割を依存している。国内の経済活動においては、米ドルに続いてパーツが汎用されるなど、市場にタイ通貨が浸透している。貿易のほか、タイのテレビ番組の放映、両国の母国語も近いことからタイへの移民も多数存在する。

表 1.3 ラオス輸出入・品目別トップ 3（2015 年）

輸出				
	相手国	構成比	輸出品目	構成比
1	タイ	30.4%	鉱物	47.4%
2	中国	26.9%	電力	18.7%
3	ベトナム	17.5%	農作物・家畜・食品	10.2%
輸入				
	相手国	構成比	輸入品目	構成比
1	タイ	60.9%	機械・部品	30.4%
2	中国	18.6%	消費財	25.9%
3	ベトナム	7.3%	金・銀	3.4%

出典：JETRO, JCIF 資料に基づき JICA 調査団作成

輸出品目の 2 位である電力については、ラオスでは、電力の輸出を外貨獲得の重要な手段として位置付けており、民間資本によるタイやベトナムへの輸出用電源の開発を促進するため、BOT 方式（民間企業が資金調達を含めて建設を行い、完成後、一定期間所有し、借入金の償還・利益確保の後、設備の引き渡しを行う）による IPP（Independent Power Producer）電源開発を促す政策が採られてきている。また、タイへの電力輸出については、2020 年までに 7,000MW をタイに輸出する覚書を 2007 年に締結しているが、将来的にはこれを 10,000MW まで拡大する見込みとなっている。

(2) 開発課題の状況

豊富な包蔵水力資源を有するラオス国では、国内の電力供給ならびに電力輸出による外貨取得のため、多くの水力発電所の建設が計画されている。ラオスエネルギー鉱業省（以下、「MEM」という）の資料によれば、水力発電所数は、既設の水力発電所が 46 箇所であるのに対し、2020 年までに運開予定の建設中の水力発電所が 35 箇所あり、既存発電所と合わせその数は 81 箇所となる。建設中案件を含め 2030 年までに運開を予定する水力発電所の計画数は 156 箇所に上り、これらが計画どおり進展すると、2030 年にはラオスに 200 箇所超の水力発電所が存在することになる。

一方、EDL、EDL-Gen との意見交換では、近年のラオスにおける水力発電所の増加により、安定運転に欠かせない高度技術者の育成が追いつかず、水力発電所の安定運転に悪影響が出ているとの意見が示されている。ラオスの電力需要が急激に伸びてきたのはここ 10 年であり、それまでは水力発電所も少なかったことから、現時点においても高度技術者は少なく、今後も、人口 700 万人に満たないラオスにおいて、電気工学や土木工学等の高等教育を受けた高度技術者を短期間で養成することは容易ではない。

新規に開発されている発電所の多くは、タイやベトナムへの電力輸出用として IPP が所有する発電所であるが、これらは BOT により一定期間 (25~30 年) の後、ラオス政府に引き渡され、EDL または EDL-Gen がその O&M を担うことになることが想定される。また、EDL-Gen は自社所有の発電所だけでなく IPP が所有する発電所のメンテナンス等を請け負う O&M 専門会社を設立し、技術者の大幅な増員が必要な状況にある。

このような状況において、EDL-Gen では表 1.4 に示すように技術者を随時採用し対応する計画である。EDL-Gen では雇用する技術者の技術水準向上のために社内研修制度等が用意されているが、実際には現場で経験者から学ぶ OJT が主体となっており、急増する技術者の技術水準の向上も同様に課題となっている。

表 1.4 EDL-Gen 要員採用計画 (2016 年-2020 年)

水力プロジェクト	設備容量	年間必要要員数					部門別必要要員数			
		2016	2017	2018	2019	2020	管理者	運転	保守	総務
Nam Khan 3	60MW	29					2	9	9	9
Xeset 3	23MW	29					2	9	9	9
Xepian-Xenamnoy	440MW		39					13	17	9
Theun-hinboun	30MW		29				2	9	9	9
Nam Chien	104MW		37				2	13	13	9
Nam Bi	135MW	7	16		18		1	13	17	10
Nam Poun	45MW		7	16		5	1	9	9	9
退職者補充	—	2	7	9	10	7				
合計		67	135	25	28	12	10	75	83	64

出典：EDL-Gen 提供資料に基づき JICA 調査団作成

加えて、国内電力需要への対応のため、乾季を中心に割高な電力をタイなどの周辺国から輸入していることから、発電所の計画外停止を極力避ける必要がある。また、ラオスでは発電機器は輸入品であり、故障発生時は軽微なものを除きほとんどを国外の製造元メーカーに依頼する必要がある。このため、高度技術者による日常の的確な保全により設備の健全性を維持し、万一、計画外停止が発生しても高度技術者の迅速な対応により停止期間を最小にすることが重要である。

これに対し、現在の保全方法は、メーカー点検基準周期などに基づき点検・部品取替えなどを行う TBM (Time Based Maintenance : 時間基準保全) が中心であり、連続データの監視・解析により設備の劣化状態を把握または予知し、点検・部品取替えを行う CBM (Condition Based Maintenance : 状態基準保全) と比較し、実際の設備寿命に対して早すぎる点検・取替・改修によるランニングコスト増・発電所停止回数の増、反対に早期の対処が必要な機器の見過ごしによる障害範囲の拡大など、非効率な運用・保守となっている。

また水力開発が進むに従って、開発地点が都市部から離れた上流域・山岳地に広がっていくようになり、要員の住環境や雨季の発電所アクセス路遮断の問題などが発生してくることが想定される。この場合、これまでと同様に管理者、高度技術者、一般技術者、総務・管財部門をすべての発電所に配置することは非効率になるとともに、発電所運営の品質確保とコスト、労働安全上も問題とな

ってくることが想定される。

(3) 開発課題の背景・原因

ラオスの水力発電所における運用・保守は人の手によるところが大きく、全ての水力発電所が有人であり、一般技術者のみならず、高度技術者も各発電所に配置してきた。かつては電力需要がそれほど高くなかったこともあり、EDL および EDL-Gen 所有の主要な発電所は数えるほどしか無く、発電所の安定運転、補修作業の品質確保、人材育成のためにはむしろ最適であった。しかし、近年になり電力需要の増大とともに発電所数が増え、高度技術者を全ての発電所に配置することができず、安定運転に支障が出ている。一般技術者についてもこれまでと同様の配置を行うと多くの要員を確保しなければならない状況となり、例えば、EDL-Gen では所有する 10 発電所に合計 239 名の O&M 要員が従事している（表 1.5 参照）。

表 1.5 EDL-Gen における既存発電所の O&M 要員配置数（2017 年）

No.	発電所名（計 619MW）	運転員	保守員	合計
1	Nam Ngum1 - 155MW	13	36	49
2	Nam Khan 2 - 130MW	14	11	25
3	Houay Lam Phan Gnai - 88MW	11	11	22
4	Xeset 2 - 76MW	26	19	45
5	Xeset 1 - 45MW			
6	Nam Leuk - 60MW	13	18	31
7	Nam Mang 3 - 40MW	11	14	25
8	Nam Sana - 14MW	9	5	14
9	Nam Song - 6MW	6	6	12
10	Selabam - 5MW	9	7	16
	合計	112	127	239

出典：EDL-Gen 提供資料に基づき JICA 調査団作成

電力需要の増大とともに発電所の計画外停止を極力回避し安定運転が求められることに加え、発電所数の増加、開発地点の遠隔化に伴い効率的な運用・保守が必要になってきている。しかしながら、前述のとおりラオス国内の需要が急増したのはここ 10 年であり、古くから運用している大規模な発電所も数箇所に限られていたこともあり、効率的な運営のノウハウやそのための技術が不足している。

1-2 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令等

2016年1月に開催されたラオス人民革命党第10回党大会で承認された「ビジョン2030」では、2030年までの15年間で、一人あたりGDPを4倍にする目標を掲げている。ビジョン2030における電力に関する戦略目標は以下の通りであり、資源開発の促進と電力安定供給確保がうたわれている。

- ・適正なコストで電化率を全世帯の98%に到達させる
- ・競争力、持続可能性、効率性に基づき、利用可能な全ての資源を開発する
- ・電力網の強化、協調により、ASEAN地域との電力網の相互接続を促進する
- ・産業化と近代化の政策に沿って全てのセクターへ信頼できる電力供給を確保する

またMEMから入手した最新のラオス国における水力案件数（2017年6月30日時点）は、表1.6のとおりである。また、図1.1に既存水力発電所位置図、図1.2および図1.3に今後運開予定の発電所位置図を示す。

表 1.6 ラオス国の水力案件（2017年6月30日時点）

	箇所数	出力
既設水力発電所（15MW以上）	27	4,757MW
既設水力発電所（15MW未満）	19	127MW
小計	46	4,884MW
建設中水力発電所（15MW以上／2020年までに運開）	18	3,647MW
建設中水力発電所（15MW未満／2020年までに運開）	17	204MW
建設中水力発電所（15MW以上／2020年以降に運開）	7	1,721MW
建設中水力発電所（15MW未満／2020年以降に運開）	8	83MW
2025年までに運開予定の水力発電所（15MW以上）	22	2,753MW
2025年までに運開予定の水力発電所（15MW未満）	26	288MW
2030年までに運開予定の水力発電所（15MW以上）	21	3,636.MW
2030年までに運開予定の水力発電所（15MW未満）	37	270MW
小計	156	12,602MW
MOU段階の水力案件（15MW以上）	33	5,111MW
MOU段階の水力案件（15MW未満）	170	1,353MW
小計	203	6,464MW

出典：MEM資料に基づき JICA 調査団作成

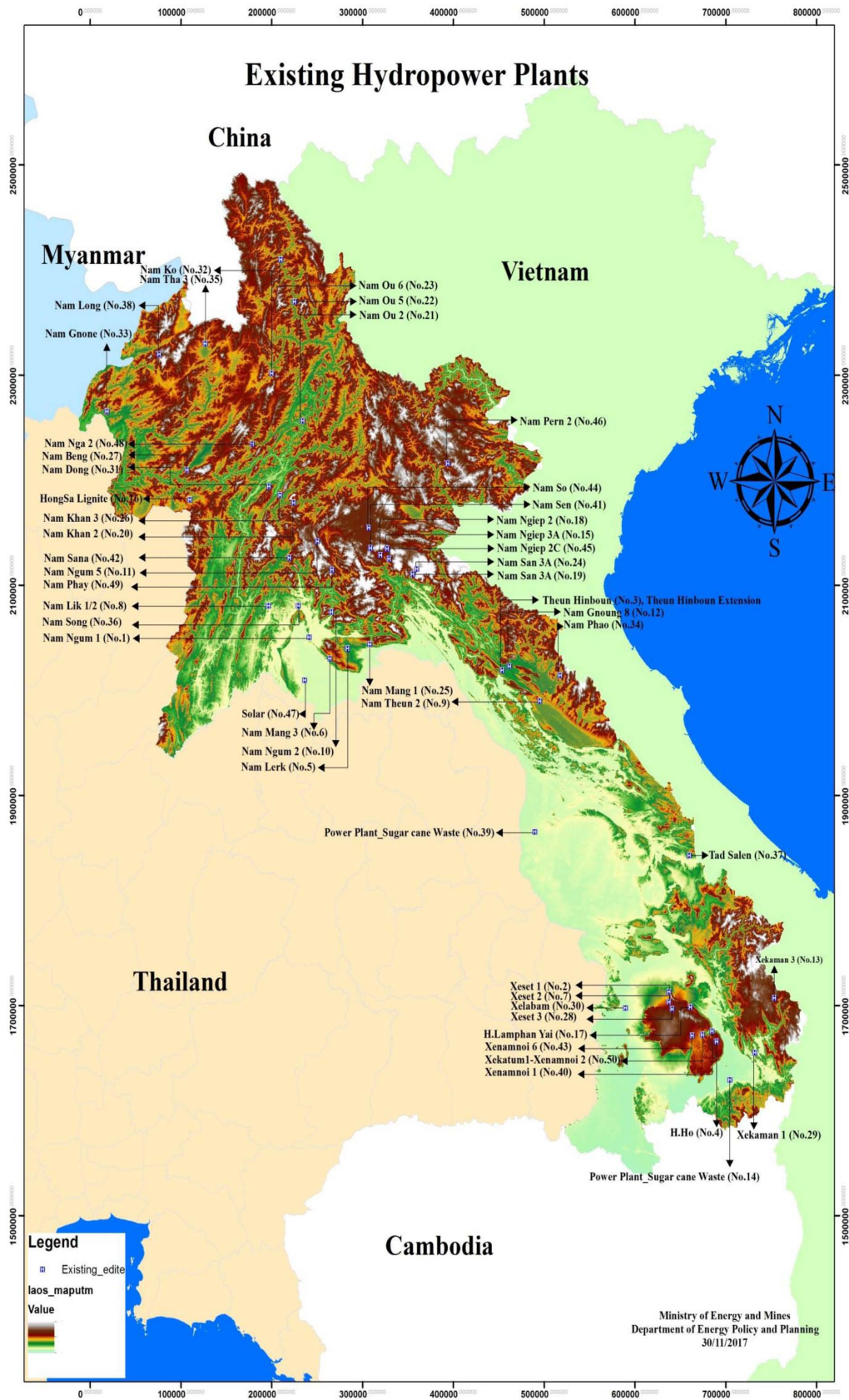


图 1-1 既存発電所位置图 (出典：Summarize of Hydropower projects in Lao PDR)

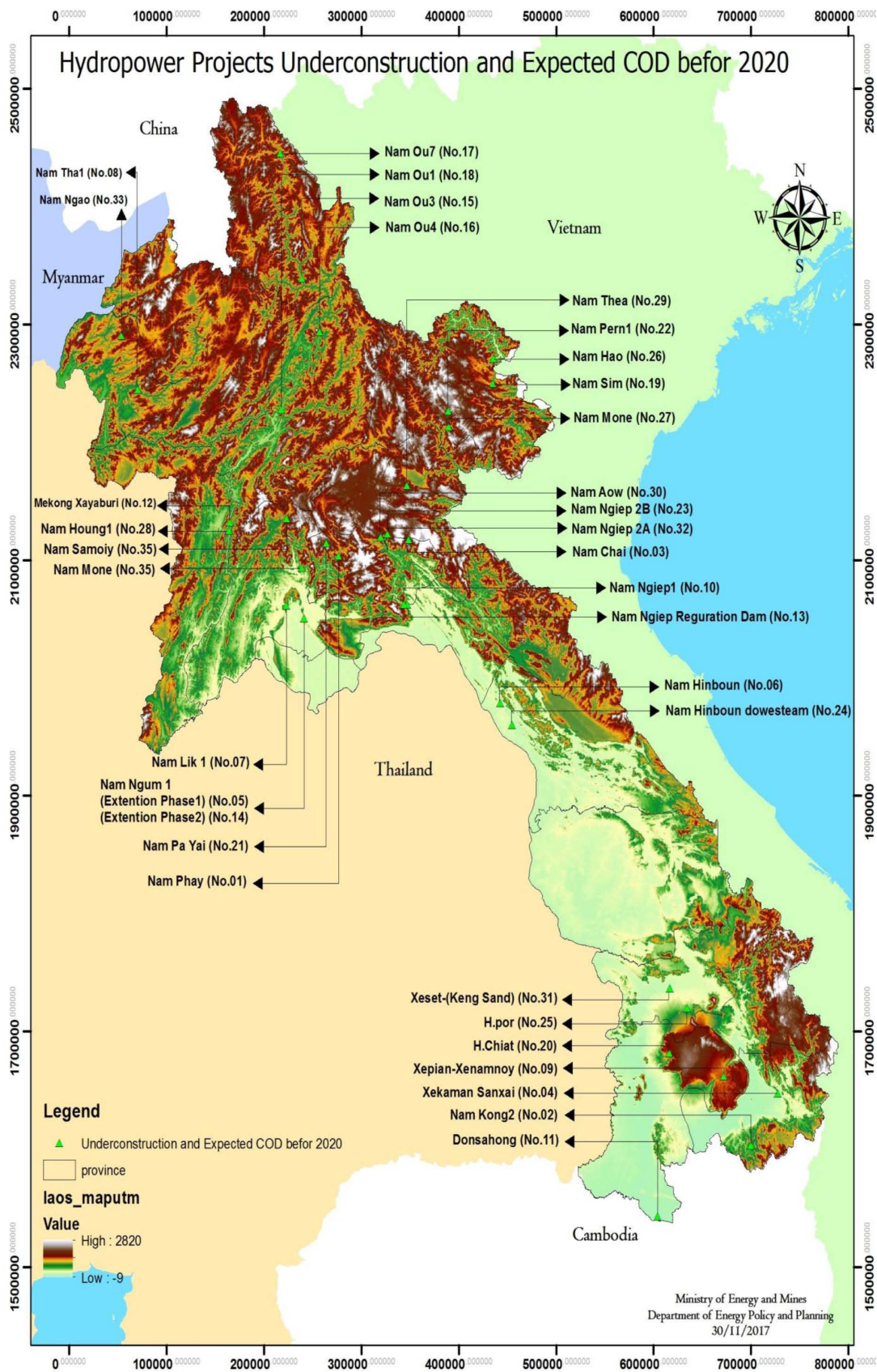


図 1-2 2020 年までに運開予定の発電所 (出典 : Summarize of Hydropower projects in Lao PDR)

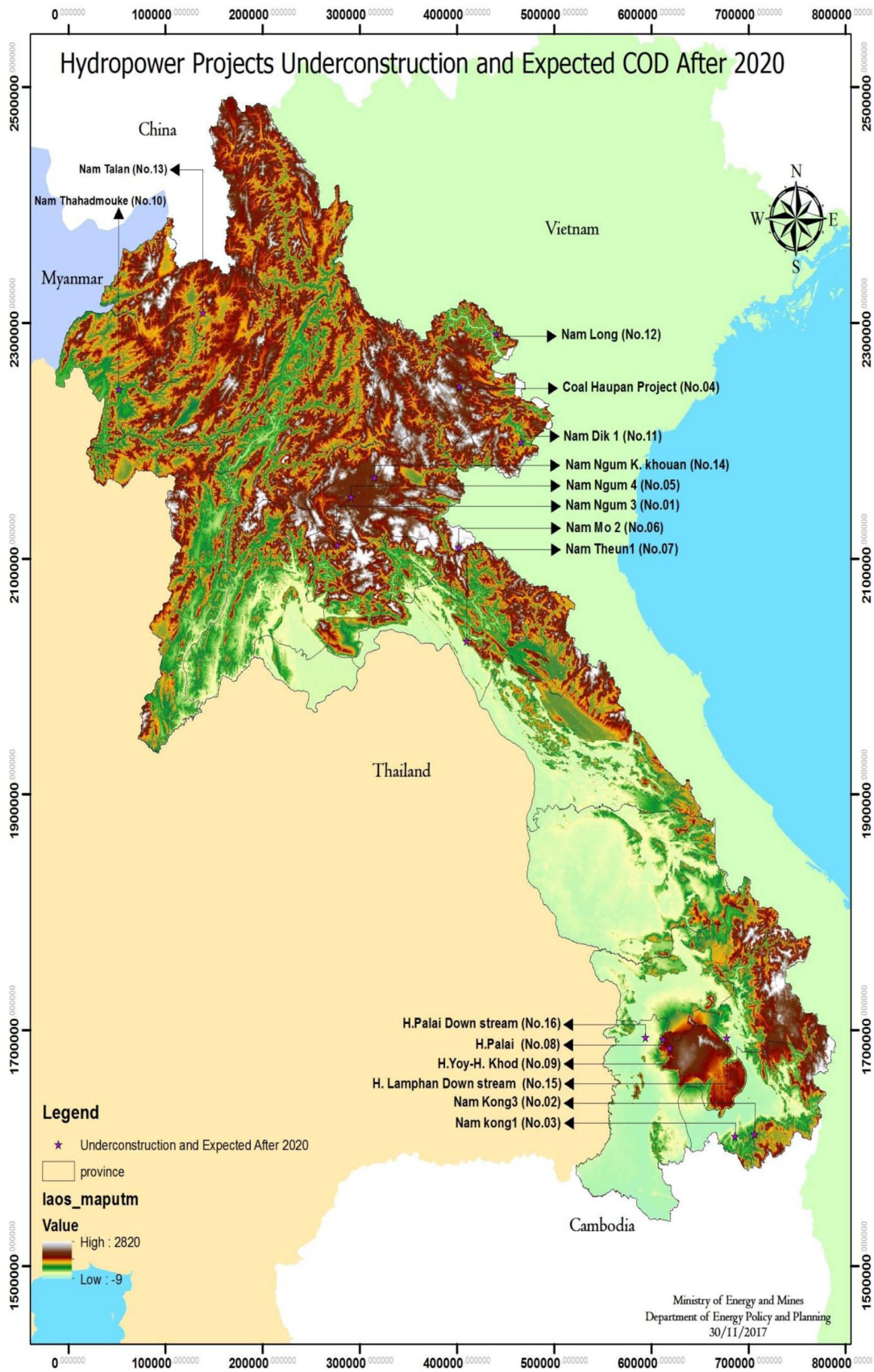


図 1-3 2020 年以降に運開予定の発電所 (出典 : Summarize of Hydropower projects in Lao PDR)

1-3 当該開発課題に関連する我が国国別開発協力方針

2016年4月の「対ラオス人民民主共和国 事業展開計画」では重点分野1として「経済・社会インフラ整備」、その開発課題1-2として、「安全かつ安定的な電力供給の拡大」が掲げられている。また、2016年9月の「ラオスの持続的な発展に向けた日本・ラオス開発協力共同計画」の中でも「電源開発の促進」「メコン地域への電力輸出の促進」が掲げられており、安全かつ安定的な電力供給の拡大は重要な課題の一つである。本事業は、ラオスの電源の主力である水力発電の開発促進と安定運用に資するものであり、我が国の開発協力方針に沿ったものである。

1-4 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) ODA 事業

ナムグム第一発電所補修計画（無償資金協力、2002年）、ナムグム第一水力発電所拡張事業（有償資金協力、2013年）のように、水力発電所の補修・拡張事業が ODA 事業として行われており、日常の維持管理についての技術移転も行われている。本事業は、遠隔監視や劣化状況の分析による設備の延命化や大規模分解点検周期の延長など、運用・保守を高度化することで発電所の安定運用を実現し、設備利用率向上による発電電力量の増加を図るものであり、過去に例がない。

(2) 他ドナーの先行事例

ADBの融資によるナムニアップ1水力プロジェクト（2019年運開予定）等の水力発電所の建設事業は複数実施されている。一方、本事業のように運用・保守を主眼とした事例は、過去に例がない。

上記のように、これまでは ODA ならびに他ドナーのいずれも、水力発電所の運用・保守を高度化することを主としたプロジェクトは無い。しかしながら、これらのプロジェクトや民間の投資によりラオス国の水力発電所数は増加し、今後も増え続ける見通しである。水力発電所の保守・運用を高度化し、限られた高度技術者が多くの発電所を安定的に保守・運用するニーズはますます高まってくるものと思われ、ハイテックシステムが提案するシステムを用いることで、同国の開発課題の解決に大いに貢献できるものと考えられる。

第2章 提案企業、製品・技術

2-1 提案企業の概要

<会社名>

株式会社 ハイテックシステム

<所在地>

北海道 恵庭市

<設立年月日>

1991年2月4日

<事業内容>

電気事業者や一般工場向けの各種制御システムおよび監視システムの製造や取付工事を主な事業としている。提案製品である Hydro-CMS は主力商品となっており、主要取引先である北海道電力(株)やほくでんエコエナジー(株)でのシェアは約8割を占めるに至り、水力発電所の安定運用に大きく貢献している。

(1) 海外ビジネス展開の位置付け

Hydro-CMS は、主要取引先である北海道電力(株)やほくでんエコエナジー(株)の発電所運用・保守に深く根ざしており、他社製も含め既に両社のほぼ全ての水力発電所に導入済みである。よって両社への販売は更新需要のみとなることから、ハイテックシステムでは、さらなる売上の増加を図るため、国内において販路拡大も検討している。しかし、Hydro-CMS は民生向け製品とは異なるニッチ製品でもあることから市場規模は限定されており、より大きな市場を獲得するために海外進出する必要がある。

調査対象国であるラオスは、豊富な包蔵水力資源を背景に、水力発電事業を中心に電源開発を精力的に推し進めている。MEM の「Summarize of Hydropower projects in Lao PDR」(2017年6月)によれば、EDL および IPP による、現在建設中の水力発電事業数は50事業(5,655MW)に上る。今後多くの水力発電所の建設が計画されており、その市場規模の将来性から、ハイテックシステムの事業拡大および中長期的収益の確保に貢献する事業と考えている。

また、製品販売に加え、北海道電力(株)の協力のもと、日本型の効率的な運用・保守の手法を浸透させていくことで、同国の主要な外貨取得産業のひとつである水力発電事業の収益改善および人材育成に寄与していきたいと考えている。

さらに、Hydro-CMS の導入実績および認知度の向上が図られれば、その後の展開としてタイ、ミャンマー、マレーシア、ベトナム等の水力発電の盛んな周辺各国への水平展開していくことも可能であると考えている。

2-2 提案製品・技術の概要

(1) ターゲット市場

Hydro-CMS は水力発電所の運用・保守をターゲットとしており、北海道内で多数の水力発電所を持つ北海道電力(株)やほくでんエコエナジー(株)でのシェアは約 8 割を占めている。しかしながら、「エネルギー白書」(経済産業省 2016 年)によれば、日本のエネルギー・発電の供給量割合における水力発電の割合は 10%弱程度と小さく、ダム建設時のコストと水没による社会・環境コストの大きさから、日本における水力発電市場の大きな成長は見込めない。

一方、経済成長が続く ASEAN 地域においては電源開発が盛んに行われており、とりわけラオスは建設中の水力発電所が 50 箇所、建設未着手で 2030 年までに完成予定の計画箇所が 106 箇所と多数の新設の計画(MEM「Summarize of Hydropower projects in Lao PDR」)があり、Hydro-CMS の需要が多く見込まれる。

(2) 提案製品・技術の概要

Hydro-CMS は、水力発電所の数値情報・故障情報を収集する「子局装置(発電所内設置)」と、複数の子局装置から伝送されるデータを「見える化」し、複数の発電所を一拠点で遠隔集中管理を行う「親局装置(発電所外設置)」で構成されるシステムである。収集された発電所情報は、数十年という長期間にわたり保存され、各種グラフやパネルから機器の現在の状態を詳細に把握するだけでなく、過去の状態との比較や傾向の監視も容易である。

ユーザーは、発電所に出向しなくとも、保守拠点にある親局で収集されたデータを分析し、その結果を基に、

- ・設備機器異常の早期発見や事故の未然防止
- ・事故原因究明・復旧の迅速化、的確な補修計画の策定
- ・詳細なデータを基にした点検周期の最適化

など、発電所の運用・保守の高度化が可能となる。

Hydro-CMS は、発電設備に取り付けられるセンサー類、発電所内の設備データを収集するプログラマブルコントローラー、収集した機器データを保守員が解析・判断しやすい形で表示・記録する汎用パソコン、そして、それらを制御するシステムプログラムで構成される(図 2-1)。

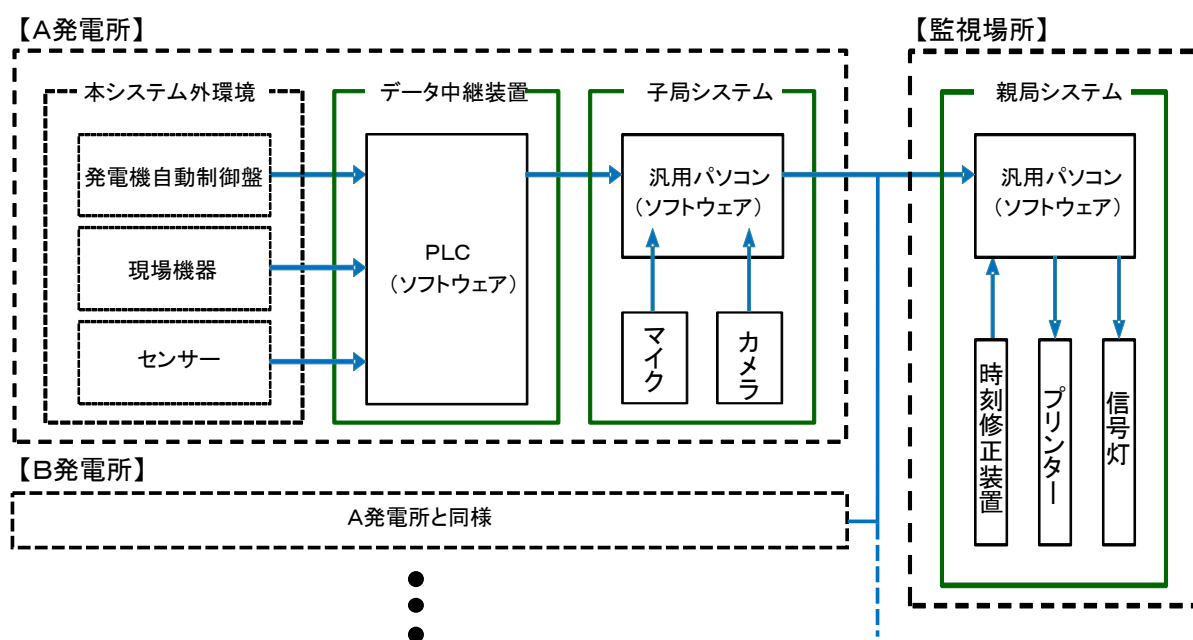


図 2-1 Hydro-CMS のシステム構成概略図 (出典：JICA 調査団作成)

Hydro-CMS を構成する機器はすべて市販品を使用しており、水車発電機の大手メーカーが供給していたオーダーメイド型の同種システムに比べ安価に構築が可能である。従来は 1 発電所あたり億単位の費用を要したが、発電所規模により異なるものの、おおむね数千万円程度で構築可能である。また、構成機器は海外においても容易に調達が可能であり、日本から装置を組み上げて輸出するという形をとる必要が無く、海外においても価格面のメリットやメンテナンス性を損なうことはない。

機能面では、データを「欠損なく」「詳細に残す」機能を実現するために、システムを構成するハードウェアの故障や、ネットワーク障害、停電などの欠損要因に対する対策を施しており、データ欠損を発生させないようにプログラムを工夫している。

データ収集は、通常時は 1 分周期であるが、必要に応じて 1 秒周期とすることも可能で、これらの詳細な数値や機器動作の履歴、故障発生前の警報等の様々なデータをマルチウィンドウにより複数並べることで、システム全体の状況を俯瞰することができる。これにより、あるデータの変化が異常かどうかを関連するデータとの比較により判断することや、突発的な故障発生時に機器動作履歴・データの変化の時系列をさかのぼって真の原因を突き止めること等が可能となり現在では水力発電所の高度な運用・保守に必要な不可欠なシステムとなっている。

実際の設置にあたっては、保守事務所や拠点発電所などに親局、監視対象発電所に子局を設置し、これをネットワーク回線でリンクする (図 2-2 参照)。子局を追加し、親局 1 台で複数の水力発電所の監視が可能で、必要に応じ制御機能を付加することもできる。また、セキュリティ確保に問題がなければ、日常業務で使用するビジネスパソコンやモバイルツール等でも子局のデータを閲覧する構成とすることが可能であるなど、Hydro-CMS は高い拡張性を有している。

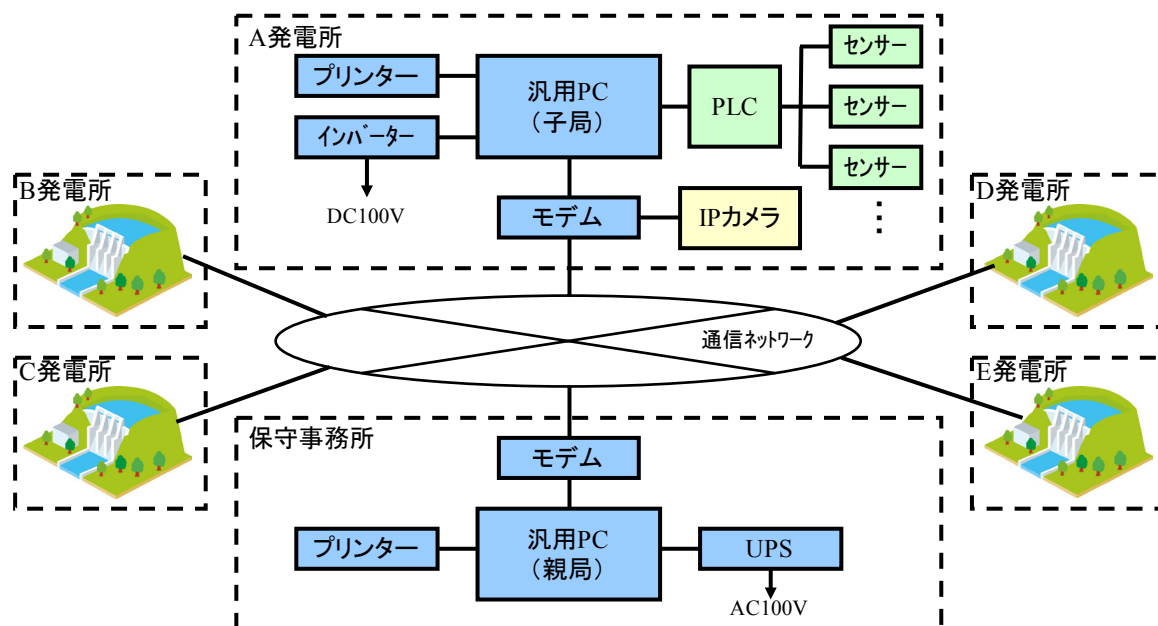


図 2-2 Hydro-CMS による複数発電所監視システム構成例（出典：JICA 調査団作成）

(3) 国内外の販売実績

○売上件数

北海道電力㈱・・・京極発電所、高見発電所、新冠発電所他 計 39 箇所

ほくでんエコエナジー㈱・・・虻田発電所、久保内発電所、飽別発電所他 計 16 箇所

○売上高

約 25 億 6 千万円（2017 年 1 月現在までの累積合計）

(4) 比較優位性

ハイテックシステムは、Hydro-CMS を約 20 年にわたり開発・納入してきた実績がある。北海道の広大な大地に散在する水力発電所を効率的に運用・保守するため、北海道電力㈱の運用・保守ノウハウや現場保守員の声を反映しながら改良を重ねてきており、高機能かつ信頼性の高い製品である。

国内の電力会社では、事象解析や故障予兆の把握のため、古くから発電所の詳細データ監視の必要性を認識していた。このため、発電所建設時などに水車発電機メーカー製のモニタリング装置を導入しているところもあるが、価格が高く、導入は大規模発電所に限られてきた。また拡張性に乏しく、発電所保守員のニーズを反映することやコンピュータのスペックアップなどへの対応などに膨大な費用を要すことから、未改修のままその機能を十分に果たしていないことも多い。これに対し Hydro-CMS は、国内他社（水車発電機等を製造している大手メーカー）製品と比較して、価格の安さ、取込みデータの追加や子局の追加などの拡張性、データ分析の容易さを実現したユーザーインターフェース、データ欠損対策などの面で大きな優位性がある。また、低価格で装置を構成可能であることから小規模発電所へも導入しやすく、太陽光、風力、地熱など水力以外の小規模発電所へも応用可能である。

今回、ビジネス展開を計画している東南アジアでは、中国やヨーロッパ製の SCADA（スキヤダ：Supervisory Control And Data Acquisition）と呼ばれる機器制御システムが広く導入されている。

SCADA とは、さまざまな設備のデータ収集と制御を行うコンピューターシステムの総称であり、製造や生産、精錬等の工業プロセスや、発電や上下水道、石油/ガスなどのインフラ、交通システムなどで使用されている。本調査対象の水力発電所では、いずれの発電所においても SCADA システムが導入されていることを確認している。

SCADA は設備データの監視が可能である点で、Hydro-CMS に類似した機能を有しているといえる。しかしながら、SCADA は運転制御を主な目的とし、発電所内での監視を基本としているのに対し、Hydro-CMS は設備の状態監視を主な目的とし、遠隔から複数の発電所を監視する機能を持っている。そのため、過去データとの比較や傾向監視といった保守のために収集したデータを活用するための機能や、監視対象発電所の追加・監視項目の追加の際の柔軟性の面で Hydro-CMS は優れている。SCADA と Hydro-CMS の機能比較を表 2.1 に示す。

表 2.1 SCADA と Hydro-CMS の機能比較

	SCADA	保守支援システム（今回提案製品）
目的	発電所の「 運転 」に主眼	発電所の「 状態監視 」に主眼 データ収集・分析、故障の予兆検出が可能
データ追加 容易性	ソフトウェアの改修が必要でコスト高	ユーザーが設定変更画面から容易に変更可能
ユーザー インターフェース	データ比較などが困難	関連データを比較可能で事象解析 & 故障予兆の分析が容易
ユーザビリティ	データの蓄積機能のみ	データ蓄積機能に加え、データ解析機能を具備
システム拡張性	システム導入後の子局追加に対応していない	子局の増設を想定した設計
導入コスト ／保守コスト	個別の発電所に特化したところが少ないため 比較的安価	拡張性にとんでおりライフサイクルコストで 考えると安価

出典：JICA 調査団作成

以下に具体的な相違点について記載する。

①データ追加容易性

例えば、新規にあるセンサーデータを取り込みたい場合、測定対象機器にセンサーを取付け必要に応じて何らかの信号変換を行う。SCADA にこのデータを取り込みたい場合、センサーの信号データを収集するデータ中継装置側のソフトウェアの改修を行い、SCADA 本体のソフトウェア改修も必要である。

一方で、Hydro-CMS においては PC 側のソフトウェア改修は必要無く、いくつかの簡単な設定を行うだけでデータ中継装置からデータを収集し画面にデータを表示することができる。さらに、データ中継装置のソフトウェアに関しても機能ごとにモジュール化されていることから、測定項目の追加等に伴う改修は非常に容易である。

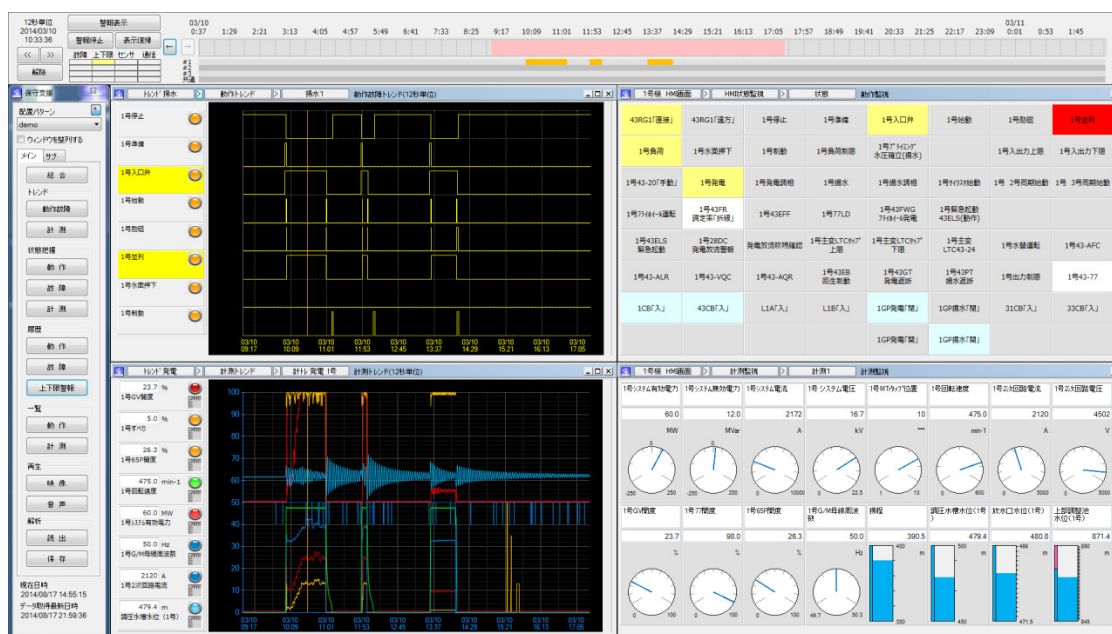
発電所の保守現場において、設備の経年劣化とともに監視すべき項目が増えることは良くあることであり、このニーズを的確に反映し、監視項目の追加が容易である Hydro-CMS には大きな優位性がある。

②ユーザーインターフェース

発電所保守員が発電所機器の測定データを容易に確認し、動作状態や異常状態をいち早く把握するためにはユーザーインターフェースの作り込みも重要である。

水力発電所は水車発電機を中心として、圧油や排油、潤滑油、冷却水、電気回路等々の多数の機器が密接な関連を持って構成されている。一方で、故障の発生は極めて局所的な部分で軽微な要因から発生することが多い。そのため、関連する複数の機器データの変化を同時に監視することは、予兆検知による機器故障の拡大防止や故障要因分析には不可欠である。

しかしながら SCADA は運転制御に主眼をおいたシステムであることから、機器の動作状態やセンサー等から取り込まれる数値データを複数同時に監視する機能を有していない。Hydro-CMS は発電所保守員が監視したい複数のデータを同時に表示し俯瞰することが可能である。



Hydro-CMS センサーデータ表示例

また Hydro-CMS は、個々の発電所に最適なデータ群の組み合わせを複数設定することが可能であり、それらをいつでも瞬時に読み出すことが可能である。これにより、発電所の監視業務を効率的にかつ的確に行うことが可能となるなど高度な保守業務を実行するためには、Hydro-CMS は SCADA に比べ大きな優位性がある。

③ユーザビリティ

Hydro-CMS は、発電所内でモニタリングしている機器に故障が発生した場合、それをトリガとしてすべての収集データを故障前後 1 時間程度の範囲で詳細にデータを収集し記録する機能を有している。また、故障一覧画面より、すぐにそれらのデータにアクセス可能である。一方で SCADA は常時同じ時間間隔でデータを蓄積する機能しかなく、収集される様々な数値データは故障履歴に紐付けされていない。よって Hydro-CMS は故障分析作業性において優位性を有しており、復旧作業や故障事象の分析から保守ノウハウへの落とし込みといった作業を行うためのユーザビリティに優れていることを確認した。

④ 拡張性

広範囲に点在した複数の発電所を保守する事業者において、発電所の安定運転を保ちつつ効率的で最大限の発電電力量を得る運用を行うためには、発電所毎に保守員が常時駐在し発電所の監視及び巡視を行う常時監視体制から、ある拠点をベースとし複数の発電所を監視可能とする集中監視体制への移行が望ましい。すでに導入されている SCADA は発電所内の機器制御を主な目的としていることから、クローズドなネットワーク環境においてのみ動作するような設計となっており、遠隔にあるベース拠点との通信のやり取りが可能な作りになっていない。Hydro-CMS は遠隔からの監視制御を前提とした設計となっていることから容易に集中監視体制を構築可能であり、監視対象となる発電所の追加作業も容易でシステム拡張性に非常に優れている。

ラオス国においては外貨獲得と経済発展のため、水力発電による国内への電力安定供給ならびに電力輸出を推進しているが、これを確実なものとするためには、的確な発電所の O&M 体制が求められる。水力発電所の設備利用率の増大（故障や工事による発電機停止の低減）および高度技術者不足の課題を解決するため、Hydro-CMS を適用した日本型の水力発電所保守の高度化は非常に効果的であり、既存のシステムに比べ Hydro-CMS が大いにこれに貢献することを確認した。

2-3 提案製品・技術の現地適合性

(1) 現地適合性確認方法

実際の運用・保守を担う現場の技術者層のニーズ調査と、実機またはサンプルデータによるデモンストレーションの2つのアプローチから調査を行い、Hydro-CMS の理解促進を図ってきた。

ニーズ調査にあたっては、C/P となる EDL、EDL-Gen の経営層及び現地調査を兼ねて技術者層と複数回にわたる製品説明及び意見交換を実施している。製品説明においては北海道電力で Hydro-CMS の視察・研修を受けた EGAT の技術者も同席してもらい、自社への適用の経験を踏まえその有用性について調査団とともにディスカッションを行った。その結果、C/P の経営層から「Hydro-CMS を用いて異常の兆候を把握し、発電機が故障により停止する前に対応を行うことで、電力の安定供給を実現したい」「高度技術者の数が限られている中、多くの発電所を少数の高度技術者が的確に監視できる体制を作れることがわかった。このような体制を構築するためには是非 Hydro-CMS を導入したい」といった意見が出され、対象発電所での現地調査に対し全面的な協力を得るに至っている。



事業概要及び提案製品説明



Nam Dong 発電所 SCADA システム調査

製品説明の際には、模擬動作可能な Hydro-CMS のソフトウェア環境を用意し、サンプルデータによるデモンストレーションを行い、Hydro-CMS の画面配置や操作性を体験することで Hydro-CMS に対する理解促進を図った。

また、本邦受入活動を 2018 年 1 月 29 日から 2 月 1 日の間で EDL および EDL-Gen より 4 名の技術者を招いて実施した。本受入活動では、北海道電力(株)で稼働中の Hydro-CMS でのデモンストレーション・操作体験ならびに北海道電力保守員との意見交換を行い、Hydro-CMS による水力発電所の効率的かつ高度な運用・保守のメリットについて説明した。さらには、北海道電力(株)の系統制御所や無人化された発電所を見学し、最終日の意見交換会では参加した高度技術者から「ラオスでは無人化は困難なものの、高度技術者が遠隔で発電所を監視する体制をイメージできた。Hydro-CMS があれば遠隔地にある発電所の事故復旧における時間短縮に役立つと思う」とのコメントを得た。

なお、北海道電力(株)と技術協力関係にあり、Hydro-CMS の有用性を理解している EGAT の技術者には引き続き導入経験のある立場から、ラオスにおける Hydro-CMS を活用した水力発電所の効率的な保守運用体制構築に向けたサポートをいただく予定である。

(2) 現地適合性確認結果

Hydro-CMS 導入の検討にあたり、これまで 3 回にわたり、対象となる 3 発電所 (Nam Dong、Nam Khan 2、Nam Khan 3) の現地調査を行っており、機器設備の電気図面、発電所平面図の入手及び制御盤等の現物確認、既存機器間通信網を流れるデータの活用可能性の検証を行った。

中でも Nam Dong 発電所は発電機出力も小さく、他発電所に比較して機器構成が非常に簡素でかつ SCADA システムに取り込んでいるセンサーデータをそのまま Hydro-CMS に取り込むことができることが確認できた。図 2-3 は、Nam Dong 発電所のシステム構成図である。各制御盤から得られるセンサー値や接点情報は、RS-485 と呼ばれる通信規約で各発電機横に設置される制御盤に集約され、その後、RS-485 から TCP/IP へ変換するメディアコンバーターを経て SCADA が導入された PC へ送られることを確認した。RS-485 は国際規格であることから通信プロトコル上の問題点はなく、接続されているセンサーや電力計等のデバイスの詳細がわかれば比較的容易に既存のデータを Hydro-CMS に取り込む可能である。これにより、新規センサー追加工事の数を削減すること

が可能となり、導入コストの削減だけでなく、工事に伴う発電所停止（発電機会逸失）期間の短縮を図ることが可能である。



Nam Dong 発電所全景

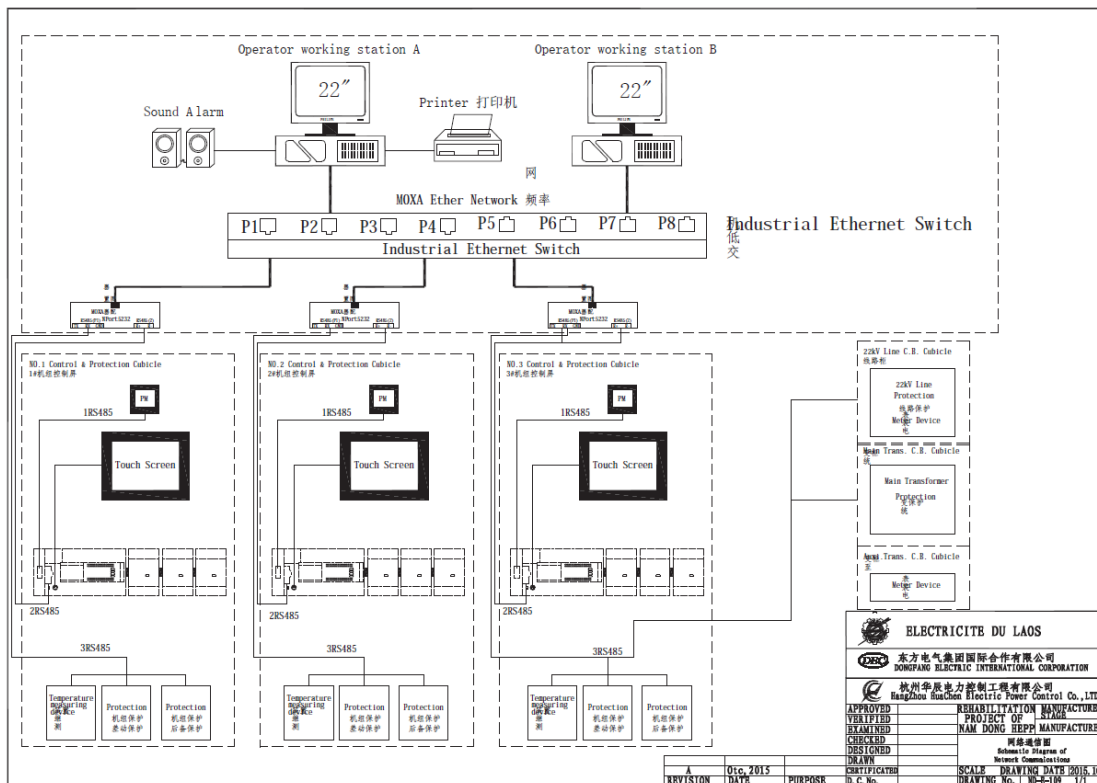


图 2-3 Nam Dong 発電所システム構成図

Nam Khan 2 発電所は、多くの同発電所職員が住むルアンパバーン市街地から車で3～4時間、船を活用しても2時間程度を要し、今回調査対象の3発電所の中で最も遠い発電所である。また、運開して2年程度の発電所であるが、軸受油や冷却水系統に問題を抱えていることなどから、Hydro-CMS の導入効果を最も感じやすい発電所であると言える。Nam Khan 3 発電所は、Nam Khan 2 発電所の下流にあり、ルアンパバーン市街地から1時間弱の位置にある。Nam Khan 2 及び3の保守は同じ技術者たちが担っており、技術者達は市街地に近い Nam Khan 3 発電所に月曜日及び金曜日に駐在し、週の中日に Nam Khan 2 発電所に移動し保守業務を行っている。そのため、Nam Khan 2 発電所に Hydro-CMS の子局を設置し、Nam Khan 3 発電所に親局を設置することで遠隔監視のメリットを享受しやすい環境にある。

しかしながら、Nam Khan 2 発電所は規模が大きく、高度な保守に必要な機器の接点情報やセンサーデータが膨大なため、Hydro-CMS を同発電所に導入する場合、工期の短縮による溢水（発電に使わずにダムから放流する水）の低減及び Hydro-CMS 導入コストの低減の観点から、可能な限り既存の発電所データやセンサーデータを Hydro-CMS に取り込むことがキーポイントとなる。これまでの調査にて、各制御盤から収集されたデータや接点情報は、発電機横に置かれる UNIT CONTROL PANEL 内に据え付けられたデータ集積装置に集約され、その後、制御室に設置されたデータ諸装置架を経由して SCADA システムに送られることがわかっている。

これらの機器は欧州メーカー製であるが、どのような通信規約でデータをやり取りしているのかを示す資料は発電所等では保管されておらず、既存設備からのデータの取得には更なる調査が必要である。



UNIT CONTROL PANEL



データ集積装置

また、現地技術者との意見交換より既存システムの問題点に対するヒアリングを行っており、既存の SCADA では対応できていない測定項目を確認した。Nam Khan 2 発電所においては発電機器の冷却に使う冷却水温度が未測定項目であったことや、Nam Dong では溢水や発電に関わるダム水位、発電機の制御を安全に行うために監視すべき鉄管水圧、集油槽の油面や油温、軸受油面などが SCADA に取り込まれず目視での監視項目になっており、発電機停止に至る重故障発生前の予兆を検知することが困難な状況であった。C/P には発電機を安定的に運用していくためには、あらゆる箇所故障を想定し、それらを直接的あるいは間接的に把握するためのセンサーや変換器を費用対

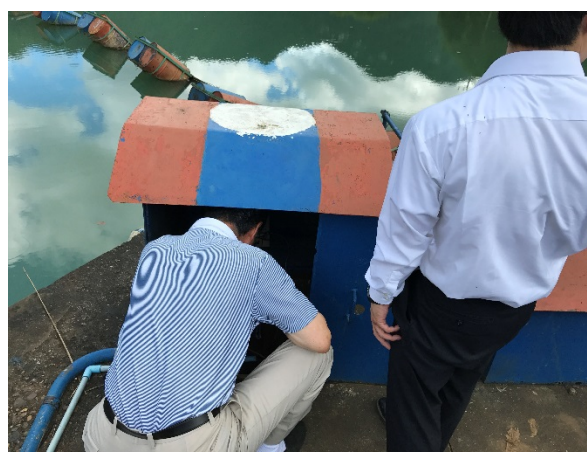
効果も考慮しながら設置していく必要がある旨の説明を行っている。その結果、これらの項目に関しては、Hydro-CMS の導入時にあわせて新規追加してほしい旨 C/P から依頼されている。これを受け、センサーの設置箇所の現地調査も実施済みである。

日本においては、国際規格である IEC や ISO に準じた JEM 規格に沿って図面が作成されているが、調査対象となる発電所で収集された図面はそれらに準じた図面となっていないものも多く、また発電所毎に図面品質が大きく異なる事もあり、図面による現設備の把握には多くの時間を費やしている。また、既存のセンサーや機器の説明書や技術資料、ソフトウェア関連の資料は非常に少なく、C/P を通じて問い合わせしなければならない状況にある。

これまでの調査結果を基に、Hydro-CMS が収集すべき測定項目の検討、新規追加センサー他データ収集に必要な機器の選定、および図面作成を行った。これに基づき第3回調査時には、調査した発電所への Hydro-CMS 導入に向けた具体的な提案として、測定項目やセンサー等の接続関係を示すシステム系統図等を提示し、また、センサーの取り付けや機器の据付といった工事内容や必要な期間等の説明を行い、C/P からは提案の通り導入したいという旨の意見をいただいた。また、発電所内における各機器の設置場所についても、機器の外形図を元に現地にて打合せを行い合意した。



Nam Dong ダム



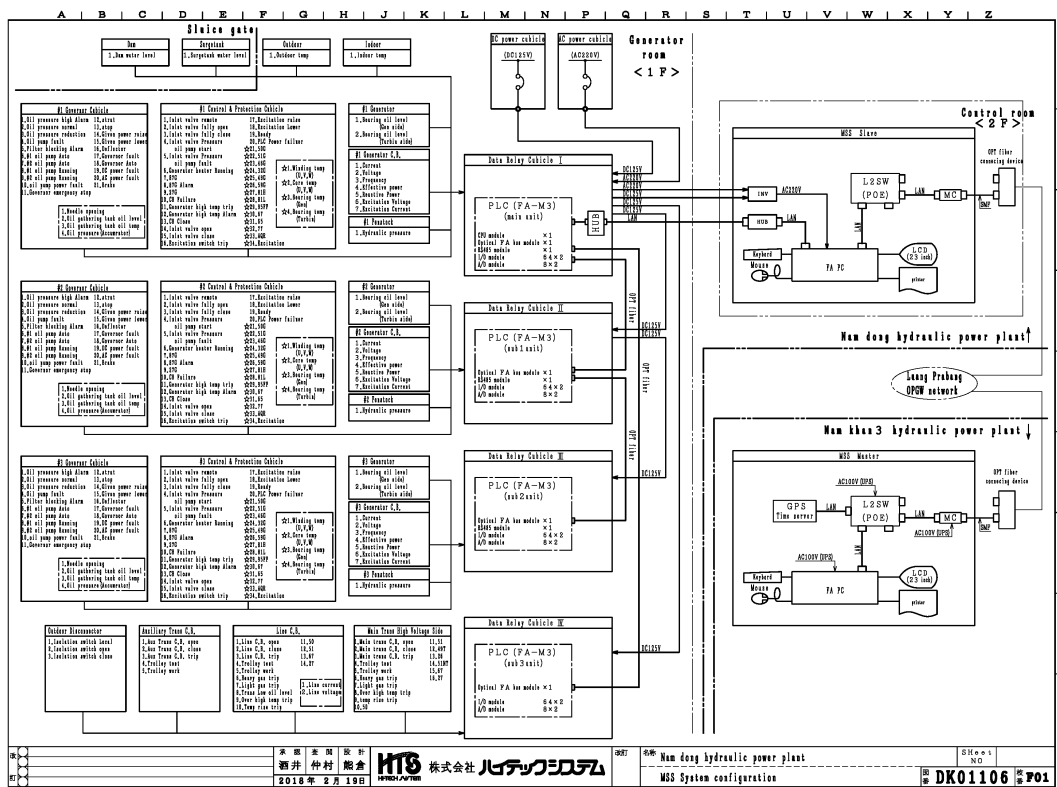
ダム水位計設置箇所 波防管の調査



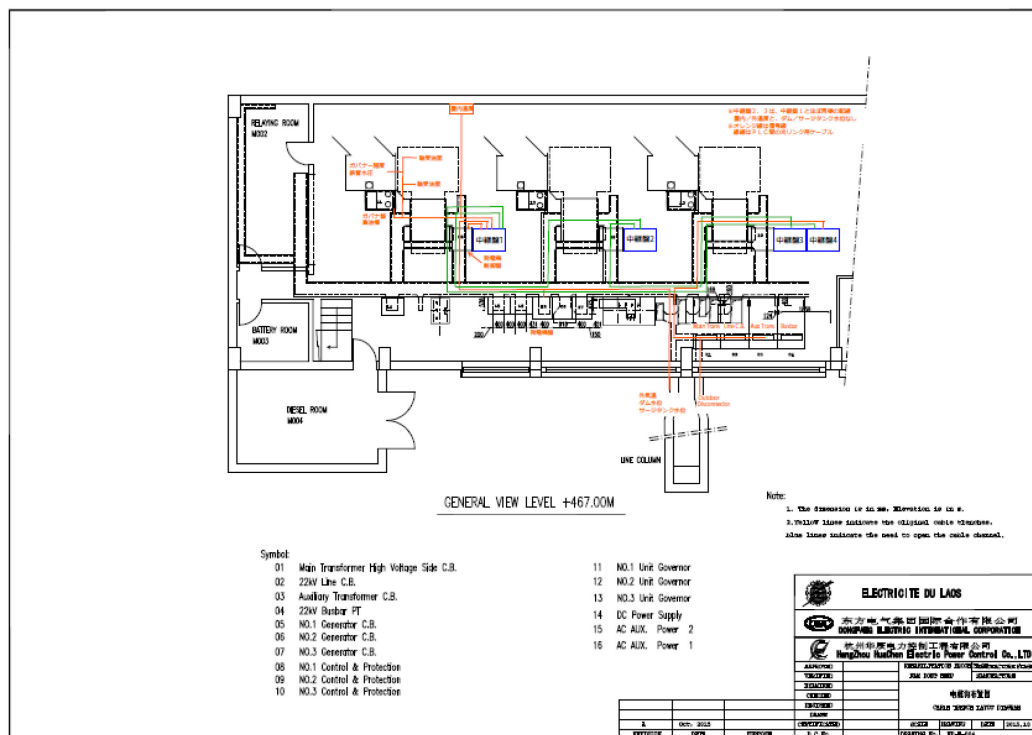
サージタンク調査



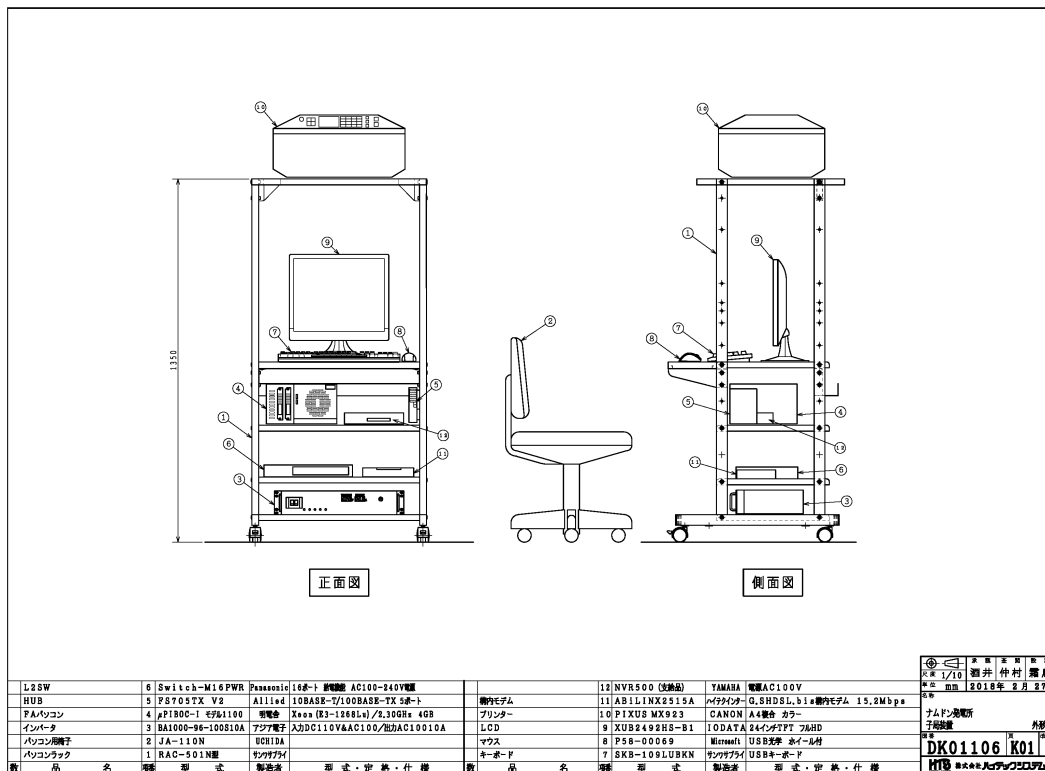
目視確認箇所確認 軸受油面



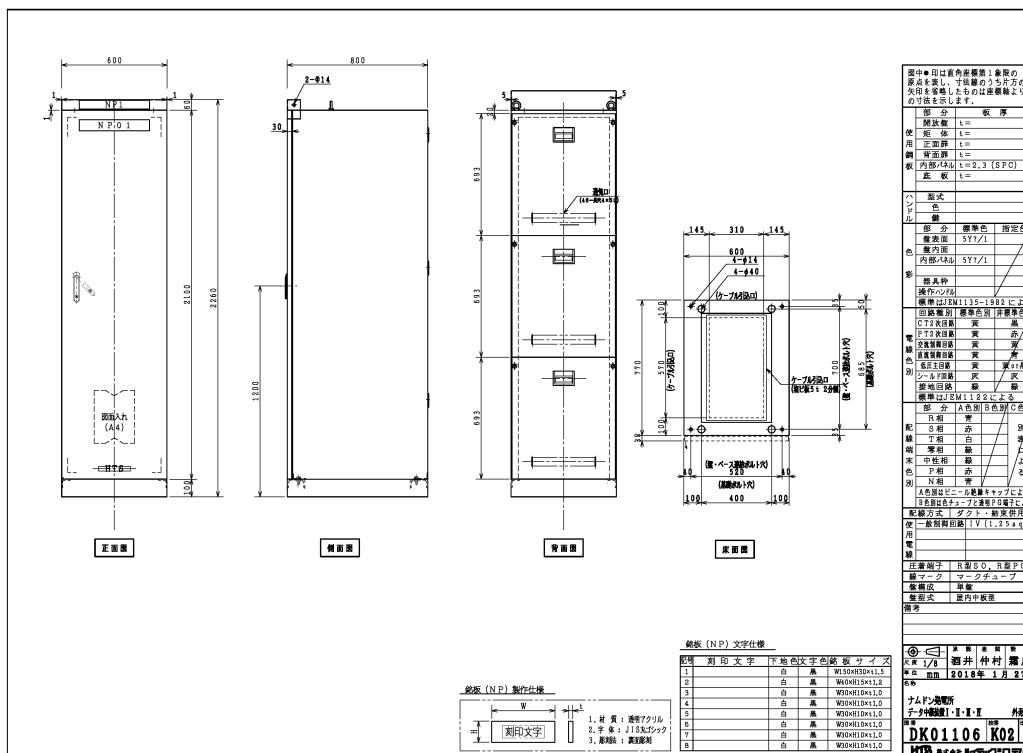
Hydro-CMS 導入計画案 (システム系統図)



Hydro-CMS 導入計画案 (Nam Dong 発電所平面図)



Hydro-CMS 導入計画案 (親/子局外形図)



Hydro-CMS 導入計画案 (データ中継装置外形図)

(3) 現地適合性確認結果（制度面）

Hydro-CMS は既設の水力発電所内に設置するものであり、環境負荷に関わる水及び水資源法、環境保護法、電力法や投資促進法が定めるコンセッション事業等の現地法規制・許認可の対象とならないことを確認した。ラオス国外からの調達品に関わる関税体系に関しては引き続き調査を実施する。

2-4 開発課題解決貢献可能性

(1) 開発課題貢献可能性

ラオス国内における水力発電所の開発が計画どおり進展すると、2030年には200箇所以上の水力発電所が運転を開始していることとなる。このため、発電所のO&Mを担う技術者のニーズは、高まっていくと想定される。一方、現時点で発電所の異常を的確に診断できる高度技術者は少なく、将来においてもラオス国内でこの要員を確保していくことは容易ではない。

Hydro-CMSはこの課題を解決する最適なツールである。ラオスにおいては、保安上の問題から、日本のように無人化することは現時点では難しいが、日常の巡視と指示に基づく保守作業が可能な一般技術者と保安要員のみを残し、保守拠点に高度技術者を集約し、複数の発電所の保守を効率的に行う体制をとることが可能となる。

Hydro-CMSは、遠隔で複数の発電所における詳細な運転状況をモニタリング可能なことに加え、機器故障時の詳細データ保存機能、故障データ解析機能を有している。よって、多くの技術者を必要とする常時監視体制から、少人数の技術者による遠隔からの随時監視制御を実現するための環境を提供することができ、C/Pが抱える技術者不足の課題解決に対し有効な手段となる。具体的には図2.4に示すようなステップで段階的に効率的な体制へ移行することを想定しており、最終的には、保安上の問題が解決できるところから順次、水系単位等で運転制御システムを整備し、日本型の監視制御体制とすれば、最低限の技術者で多くの発電所を監視制御できることとなる。

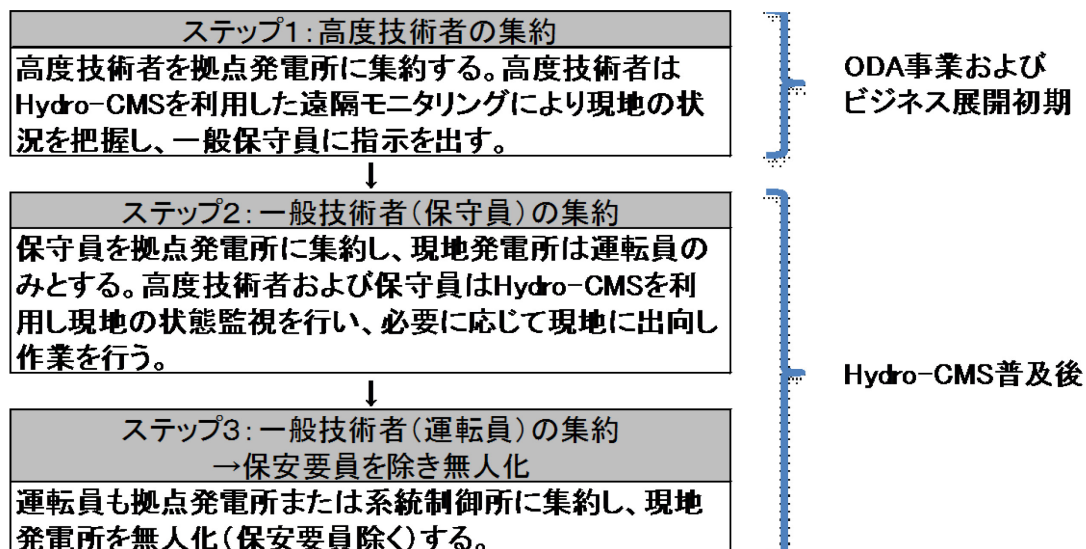


図 2-4 O&M 要員の集約化ステップ（出典：JICA 調査団作成）

また、Hydro-CMS を活用することにより、

- ①故障の未然防止による発電所の安定運転の実現（設備利用率の向上・溢水電力の低減）
- ②メーカー推奨点検基準周期などにに基づき点検・部品取替えを行う TBM から、連続データの監視・解析により設備の劣化状態を把握、それらのデータに基づき点検、部品取替えを行う CBM への転換
- ③万一の設備障害発生時においても、原因分析に詳細な運転データを活用することで、最低限の費用での早期復旧が可能。

などの効果を見込める。

実証機導入候補先の発電所におけるヒアリングでは、メーカー対応の必要な発電機故障は年 1～2 回程度で発生していることが確認された。この場合、メーカーへ調査と修理の依頼を行っているが、現状では伝達できる情報が少ないこともあり、対応までに多くの時間を要することも多いとのことである。この点においても、Hydro-CMS の導入によりユーザー自らが発電機の詳細データを分析し情報をメーカーと共有することで、より迅速な復旧につなげることが期待できる。

第3章 ODA 案件化

3-1 ODA 案件化概要

(1) ODA 案件概要

中小企業海外展開支援事業（普及・実証事業）

- EDL・EDL-Gen 所有発電所への Hydro-CMS の実証導入
- 同装置普及のため、上記導入機会を利用した現地施工技術者への技術指導
- EDL・EDL-Gen の技術者を日本に招請し、北海道電力㈱で稼働中の Hydro-CMS および日本方式の水力発電所保守体制視察の実施

(2) 対象地域

○地域

ラオス国 ルアンパバーン県

親局：Nam Dong 発電所（別館保守員研修・当直者用建屋）

子局：Nam Dong 発電所（本館制御室）、Nam Khan 3 発電所

○選定理由

Hydro-CMS を実証導入する発電所の候補として、EDL・EDL-Gen より Nam Dong 発電所、Nam Khan 2 発電所、Nam Khan 3 発電所が提案されていた。これまでの調査で、どの発電所への導入が最適であるか調査と検討を行った。

結論として、親局は Nam Dong 発電所本館と同一敷地内で離れた場所に位置する別館保守員研修・当直者用建屋、子局は Nam Dong 発電所の制御室および Nam Khan 3 発電所に設置する。これは EDL・EDL-Gen の希望にも合致し、また、複数の発電所を 1 台の親局で遠隔監視できるという Hydro-CMS の特長を活かすことができるため、最適である。

・親局

Hydro-CMS の導入により、親局を設置した保守拠点に高度技術者を集約し、保守拠点から必要に応じ監視対象発電所へ出向して保守を行う体制を目指す。そのため、高度技術者の居住する最寄りの都市（ルアンパバーン）に近く、都市部からのアクセス道路も整備されている Nam Dong 発電所が適している。また、これらの条件は、導入工事の施工性、導入後のメンテナンスの上でも有利となる。

Nam Khan 3 発電所はアクセス道路が悪路であり大雨等で通行不能となりうること、Nam Khan 2 発電所は Nam Khan 3 発電所のさらに奥地であることから、親局設置場所としては適さない。Nam Khan 3 発電所手前の集落にある Nam Khan 3 発電所の管理事務所への設置も検討したが、あくまで総務業務を行う事務所であり、技術者が常駐する計画はなく Hydro-CMS の活用は見込めない。

なお、EDL・EDL-Gen では、普及・実証事業にて導入された Hydro-CMS を有効に活用するため、Nam Dong 発電所を技術者の研修所として整備する検討を進めている。これにより普及・実証事業で Nam Dong 発電所に Hydro-CMS を導入することで、多くの技術者が Hydro-CMS に触れることが

でき、将来のビジネス展開で多くの発電所に Hydro-CMS を導入することに繋がっていくものと想定される。また、技術研修の一環として Hydro-CMS の活用方法・データ分析技術を繰り返し学ぶ環境ができることから、現地技術者による Hydro-CMS の活用拡大につながる。

以上の理由から、親局は Nam Dong 発電所別館保守員研修・当直者用建屋内に設置することが、最も適切と判断した。

・子局

複数の発電所を 1 台の親局で遠隔監視できるという Hydro-CMS の特長を活かすため、候補となっている 3 発電所のうち 2 発電所を選定する。

既設の発電所に Hydro-CMS の子局を導入する場合、既存のセンサーの活用・新設センサーの取り付けのいずれの場合も発電機の停止を伴う Hydro-CMS 設置工事が必要となる。

Nam Dong 発電所は発電機 3 基の総計 1MW の小規模な発電所であり、設備構成も単純であることから、センサー取り付けなど Hydro-CMS 設置の工期は短くて済む。また、出力が小さいことから需給への影響はほとんどなく、設置工事に必要な発電機の停止は容易である。

Nam Khan 2 発電所及び Nam Khan 3 発電所は、ラオスの電力需給上重要な大規模発電所であり、工事に伴う発電所の停止が可能な期間は渇水期の 3 月～6 月に限られる。一方でセンサー点数が多いため、各センサーから個別に信号を取り込む方法では、半年程度の工期を要し実現困難である。そのため、SCADA ネットワークからセンサーデータを一括して取得する方法をとる。この方法では、SCADA ネットワークのプロトコルやデータフォーマットの情報が必要となるが、独自に解析するには時間を要することから、SCADA メーカーから情報が得られることが望ましい。EDL-Gen によると、Nam Khan 3 発電所の SCADA メーカーからは協力が得られたことから、Nam Khan 3 発電所を選定する。また、Nam Khan 2 発電所は Nam Khan 3 発電所からさらに山奥に位置し、移動には船または山道の悪路を利用しなければならないことから、導入工事の施工性の面からも Nam Khan 3 発電所が有利である。

以上の理由から、子局は Nam Dong 発電所および Nam Khan 3 発電所に設置する。

・親局～子局間の通信線

Nam Dong 発電所の貯水池やサージタンクから親局設置予定建屋までの信号線が現状では確保されていないが、その工事費用は僅少であり導入コスト全体に占める割合は小さく、特に問題とならない。

Nam Khan 3 発電所から Nam Dong 発電所までは、通信線の整備されていない区間が約 4km ある。現地調査により、この区間に通信線の敷設が可能であることは確認したが、工事費用が比較的高いこと、今後のビジネス展開でも通信線が未整備の発電所への導入が想定されることから、より現地に適した形態として、携帯電話回線による親局～子局間の通信を実証し、現地適合性を確認する。

3-2 ODA 案件内容

<普及・実証事業>

(1) 成果と活動

表 3.1 本事業の成果と活動

目的	
ラオス国内の水力発電所にMSSを導入し、その現地適合性を実証し、実証後の普及確立を図る。	
成果	活動
1 MSSを導入・運用し、現地適合性が確認される。	<p>1.Nam Dong発電所およびNam Khan 3発電所にMSSを導入する。 F/Sで調査した、Nam Dong発電所(別館)にMSS親局、Nam Dong発電所(本館)およびNam Khan 3発電所にMSS子局を設置し、Nam Dong発電所(別館)から各発電所の遠隔監視が可能な環境を整える。</p> <p>2.現地に適した通信手段として、携帯電話による通信回線を構築する。 現地にはデータ通信回線が未整備の発電所が多いことから、MSSを普及するためにはMSS親局と子局の通信回線を安価に構築できることが必要である。普及実証事業において、Nam Dong発電所とNam Khan 3発電所との間の通信回線を携帯電話網を用いて構築し、運用上の問題がないか確認する。</p> <p>3.現地技術者により、遠隔で複数の発電所の監視が可能であることを確認する。 上記1.2.で導入したMSSを用いて、現地技術者による運用実証を行う。</p>
2 MSSの持続的な運用体制が構築される。	<p>4.MSSの運用マニュアル・活用事例集を作成する。 MSSの日常的な使用方法およびトラブル時の対応についてまとめた運用マニュアルならびに日本での実績を元にした活用事例集を作成し、継続的にMSSを活用するための資料を整備する。</p> <p>5.MSSに蓄積されたデータを活用した保守が出来るように研修を行う。 MSS導入時および導入後に、現地技術者に対してMSS活用の研修を行い、単なるデータ監視にとどまらず、蓄積したデータを活用した保守が可能となるよう現地技術者のスキルアップを図る。また、高度技術者に対し、本邦受入活動にて日本の電力会社における発電所の遠隔監視体制の視察研修を行う。</p> <p>6.データのクラウド化を実施し、日本からの随時監視およびアドバイスを可能とする。 クラウド化により、MSSで取得したデータをインターネットを通じて監視可能とする。運用実証期間を通じて日本からデータ監視を行い、MSS活用状況のモニタリングや発電所運用のアドバイスを行う。</p>
3 普及活動を実施し、ビジネス展開計画が策定される。	<p>7.実証導入を通じ、サプライチェーンを確立する。 実証導入するMSSは、構成する資機材の調達と組立を隣国(タイ)で行い、ラオス国内の工事業者により発電所内の据付工事を行う。これらの課題の抽出と対策を行い、MSSの導入拡大に向けたサプライチェーンを確立する。</p> <p>8.MEMと連携してワークショップを開催し、IPP事業者へのMSS導入促進を図る。 実証導入した発電所でIPP事業者に向けたデモンストレーションを行い、MSSの紹介と営業活動を行う。</p> <p>9.C/P以外の事業者の調査を行い、導入見込みを算定する。 IPP事業者が運営する発電所の視察およびヒアリングを行い、ニーズ調査および導入可能性の算定を行う。</p>

出典： JICA 調査団作成

(2) 投入

<日本側>

○業務内容

資機材調達、据付指導、提案システム導入、使用方法の指導等

○人員

株式会社ハイテックシステム 6名程度

外部人材 8名程度

○機材の仕様

- センサー類（発電設備に取付）
- プログラマブルコントローラー（データ収集）
- 汎用パソコン（保守員が解析・判断しやすい形で表示・記録）
- システムプログラム（統合制御）

○価格

1箇所あたり 3,000万円～4,000万円程度

（内訳例：Nam Dong 発電所）

データ中継装置	1式	18,500,000円
親局・子局	1式	2,000,000円
センサー	1式	2,000,000円
ソフトウェア	1式	6,000,000円
現地調査・工場試験・現地試験	1式	6,000,000円（渡航費用のみ計上）
現地工事費	1式	2,000,000円（ラオス業者による工事）

<C/P側>

○業務内容

パイロットプラントの提供、通信回線提供、センサー取り付けにともなう停電計画調整、調査協力、ODA 案件実施後の保守（通常の保守体制内）等

(3) 業務分担

表 3.2 普及・実証事業における業務分担

凡例) ●担当会社

項目		担 当	EDL/EL-GEN	ハイ テック システ ム	在 タイ 日 系 メ ー カ ー		北 海 道 電 力
					在 ラ オ ス 工 事 会 社		
準備 設計	発電所の停止調整	●					
	発電所の調査		●				●
	実証機の仕様検討		●				●
	実証機的设计		●				
資機材	発注		●				
	調達			●			
	製作			●			
	出荷前試験		●				
	運搬（納入）			●			
施工	発注		●				
	データ中継盤据付			●			
	ケーブル類の布設・配線・接続				●		
	センサー据付				●		
	センサー調整		●				
	通信線布設（Nam Dong 発電所）	●					
	携帯電話回線構築		●				
	実証機の各種調整・試験		●				
	日本からの遠隔監視調整・試験		●				
施工・工程管理		●					
運用	実証機の運用	●					
	実証機の保守	●	●				
	日本からの遠隔監視		●				
	各種セミナー等		●				●

出典：JICA 調査団作成

また、ビジネス展開のターゲットとするラオスの水力発電所を所有する事業者は、C/P である EDL・EDL-Gen のみならず、IPP も対象とする。今後、ラオスで新設される水力発電所の担い手の多くは IPP であることから、本事業では、これらの事業者へもヒアリングを行い、ニーズ調査を行う計画である。タイ輸出用の IPP やその出資会社には、EGAT 出身者が在籍していることも多く、過去に EGAT 所有の水力発電所で Hydro-CMS の実証を行った際に関与した同社幹部・技術者も少なくない。よって、これらの人的ネットワークを通じたアプローチが可能であり、ハイテクシステムにとって大きなアドバンテージとなる。

3-3 C/P 候補機関組織・協議状況

(1) C/P 候補機関

○ラオス電力公社 (Electricite du Laos)

100%ラオス政府出資。ラオス国内の送配電を担っている。

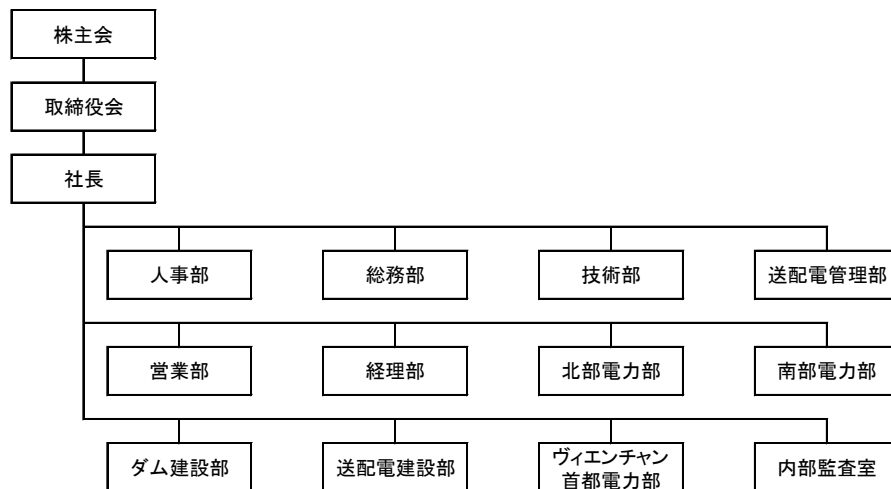


図 3-2 EDL 組織図 (出典：EDL アニュアルレポートに基づき JICA 調査団作成)

○ラオス発電公社 (EDL-Generation Public Company)

EDL から発電部門の一部を分離し 2010 年に設立。株式の 75% を EDL が保有 (25% を民間に公開)

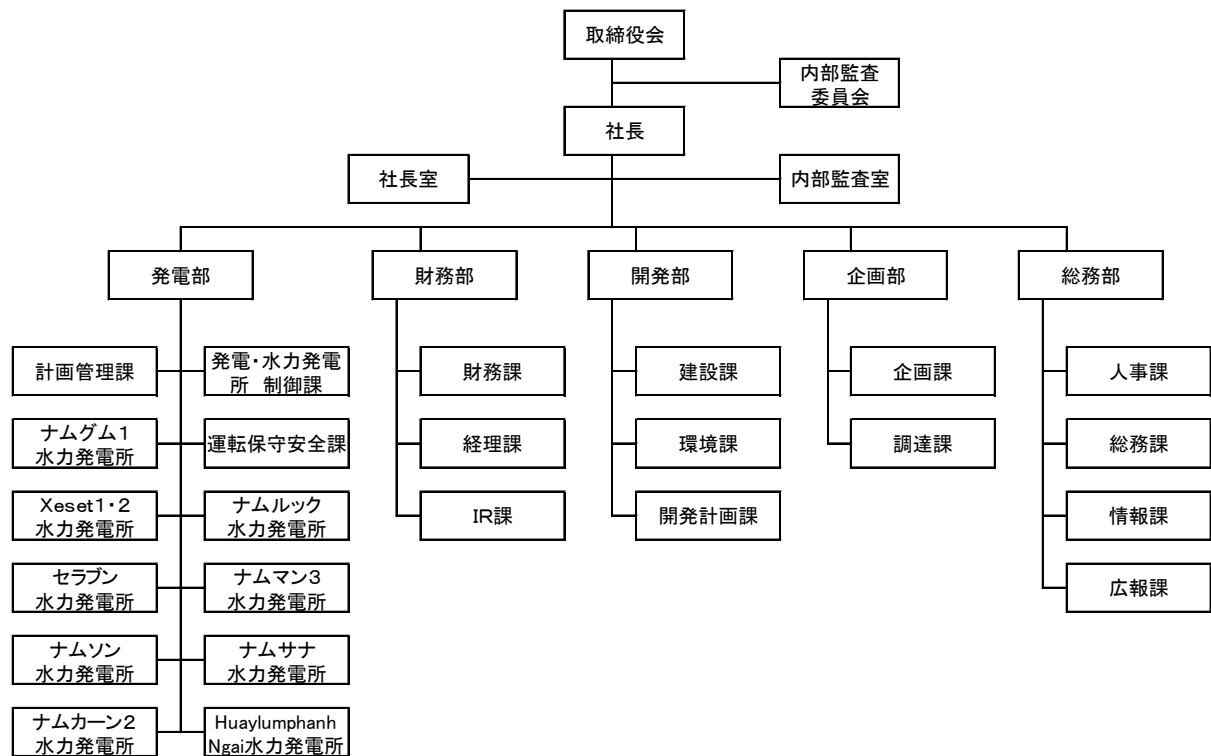


図 3-3 EDL-Gen 組織図 (出典: EDL-Gen ウェブサイトに基づき JICA 調査団作成)

(2) 協議状況

ODA 案件化に向けた全面的な協力が得られることを確認している。また、測定項目・センサー取り付け位置等についても詳細調査を実施し、技術的な課題は解決している。センサー取り付けを含む機器設置のための発電所停止時期について、C/P 内での手続きを含め詳細を詰めていく。

3-4 他 ODA 事業との連携可能性

ナムグム第一発電所補修計画 (無償資金協力、2002 年)、ナムグム第一水力発電所拡張事業 (有償資金協力、2013 年) のように、水力発電所の補修・拡張事業が ODA 事業として行われている。今後の同種事業において Hydro-CMS を採用することにより、事業後の発電所の安定運用により事業の効果が持続・向上する。

3-5 ODA 案件形成における課題・リスクと対応策

(1) 課題・リスクと対応策 (制度面)

制度面からの課題とリスクは 2 点掲げられる。

① システムソフトウェアのコピーリスクと対策

Hydro-CMS は汎用の機器を利用して、システムを構成する。従って重要なのは、システムを動かすソフトウェアであり、第三者にこのソフトウェアをコピーされてしまうと、模倣品があふれ Hydro-CMS 導入ビジネスの拡大に大きな支障と影響を及ぼす事となる。すでに日本国内においてハイテックシステムは機能の一部について特許を出願済みであり、日本国内では、コピー防止の観点から保護される事になる。この点をラオス国内での状況を確認したところ、JICA 現地事務所からの情報として、

- 1) 秘密保持契約 (Non-Disclosure Agreement, NDA) の締結が必要。
- 2) ラオスでの特許申請 (2017 年 3 月時点で登録された特許は 3 件) が必要。

※日本-ラオス間は特許無審査特例制度あり。日本で登録された特許権と同内容の特許出願をした場合、無審査でラオスにおける特許権を取得することができるが、取得まで長期間要する場合がある。

を頂いている。

C/P である EDL、EDL-Gen は、日本のほか、中国、欧州等々からの水力発電所開発、建設において様々な支援を受けている立場である。類似のシステムを導入する場合、C/P からハイテックシステムのソフトウェアのコピーが流失する恐れがあるので、NDA の締結は非常に重要である。また NDA の作成にあたり、法的防護と技術的防護の両面から専門家による支援を受けて対応する事が必要と考える。

また、USB ドングルを用いたコピー防止機能を実装し、技術的な面からも対策を行う。

②技術審査リスクと対策

MEM のエネルギー管理局によれば、2017 年 9 月にシェンクアン県において IPP により建設中の NamAo ダムが決壊し多くの被害を出したことから、同年 12 月より、IPP による 15MW 未満のすべての水力発電所の開発計画 (建設中も含む) を凍結させ、監督官庁として技術的要件を満たしているか確認してから許可するとの事で、今後の新規開発については、同局による技術審査に合格した案件のみ開発されていくと思われる。

同局からは、Hydro-CMS にダム漏水検出を付加してモニタリング可能かという問合せがあったが、調査団としては、技術的には可能である事を伝えた。今後については、ダム漏水検出も Hydro-CMS に組み込む事で IPP 向けに Hydro-CMS 導入の拡大に繋げられる可能性がある。

他方、今後の IPP による水力発電所の建設や改修については、同局からの厳しい技術適合審査が実施されることから、Hydro-CMS 導入についても、何らかの技術的基準が設けられる可能性がある。よって、Hydro-CMS 導入にあたっては関係する監督官庁と事前に協議を行う必要が出てくる可能性がある。

(2) 課題・リスクと対応策 (インフラ面)

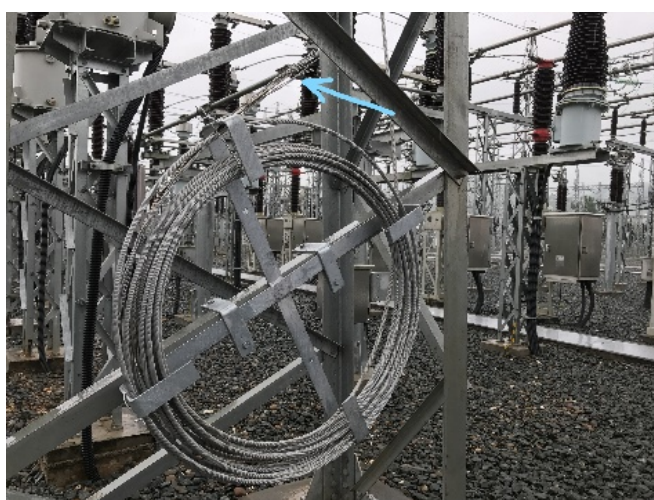
インフラ面での課題について調査の結果、以下の 3 点が掲げられる。

①プロトコル互換性リスクと対策

既存水力発電所の多くは、中国支援による中国製品を多く使用しており、センサーも例外ではない。また、通信プロトコルも IEC 基準によるものや、独自のものが採用されて、統一されておらず水力発電所毎に異なる。このため、センサーからの情報の取り出しについては、その都度、確認する必要がある。

②通信回線リスクと対策

Hydro-CMS 導入の際には、利用する通信回線が確保されているかどうかの確認が重要である。ここで言う通信回線とは、光ケーブル、LAN 回線、電話回線(携帯含む)等々であるが、Hydro-CMS に有効なのは、送電線路に布設された光ケーブル OPGW¹であり、次に LAN 回線、電話回線等の順番となる。水力発電所は、基本的に送電網に連系されているため、送電線路に共架されている OPGW は利用し易い。但し OPGW の布設が完了しても、場所によっては、送電線路端である水力発電所や基幹系変電所の機器へ連結されていない場合がある。事実、調査団においても、水力発電所や変電所の送電線路端において、OPGW は布設されているが当該施設のシステムに連結されていない場合を確認している。



Luang Prabang -2 変電所 (OPGW 末端が接続されていない事例)

Hydro-CMS の特性として、遠方に置く親局よりモニタリングをするので、これらを結ぶ通信回線の確保は非常に重要である。従って、OPGW 回線を利用する場合は、回線が接続されて健全である事を確認しておく必要がある。

普及・実証事業では、Nam Dong 発電所では親局と子局の距離が近いいため新規に通信線を布設しても全体の工事費に大きな影響はないが、Nam Khan 3 発電所と Nam Dong 発電所には通信回線が無い場合、今後のビジネスにおける通信状況の悪い発電所への展開も考慮し、携帯電話回線等による通信について実証する。

③資機材調達・工事業者リスクと対策

Hydro-CMS 導入の際に必要な特殊資機材は特になし。センサーの調達はラオス国内では困難であるが、隣国のタイから容易に調達出来る事を確認した。また必要に応じて、Hydro-CMS へのデータを集約するデータ中継盤などの製作についても、タイにて可能である事を確認している。従って、必要な資機材については、ラオス国内またはタイ等の隣国で調達する事が可能であり、日本からはソフトウェアのみ調達するという方法も可能である。

¹ OPGW Optical Ground Wire : 光ファイバ複合架空地線
高圧送電線を直撃雷から保護するために設置されている避雷用アース線(架空地線)の内部に光ファイバケーブルを実装したものの。(出典:「電気事業事典」電気事業講座 2008 別巻 ((株)エネルギーフォーラム 発行)

また Hydro-CMS 導入時の施工については、特殊な工事を含まないため、首都ビエンチャンにある電気工事業者等にて十分に対応可能である事を確認した。但し、新たにセンサーを取り付けする場合には、専門的な配管業者や溶接業者を必要とする場合がある。また、センサーの取り付け位置・角度や配線方法等については、導入初期時点では、日本からの作業監督が必要となる。

(3) 課題・リスクと対応策 (C/P 体制面)

現在、EDL-Gen の組織は図 3-3 のとおりだが、O&M 部門については、総勢 239 名、内訳としては、運転員 112 名、保守員 127 名となっている。EDL-Gen では、毎年、新規採用を積極的に進めているとの事で、O&M 部門についても同様に新規採用の技術者は増加する方向にある。さらに 2018 年初頭には IPP 水力発電所向けに O&M 専門会社を設立し、O&M 対象発電所の増加とともに技術者を採用していく計画であるが、水力発電所の安定運転のための適切な判断ができる高度技術者は、水力発電所の増加に伴い、ますます不足していく。

Hydro-CMS は、保守メンテナンス支援システムとしては非常に有効であるが、その効果を最大限に発揮するためには、モニタリングによって得られたデータを適切に解析でき、また判断が出来る高度技術者が必要である。この点に関しては、EDL-Gen も認めており、Hydro-CMS 導入と同時に、Hydro-CMS 運用のための教育を望んでいる。

現状では、EDL-Gen が抱えている一般技術者では、Hydro-CMS によって得られたデータを解析し分析、判断出来るレベルにはなく、対応出来る高度技術者の数は非常に少なく限られているとの事である。

従って、導入先への技術移転を図るため、Hydro-CMS 導入と同時に継続的な教育研修を組み込む必要があると考える。教育研修については、日本からの様々な資金を活用して行うか、C/P からの自己資金によって、ハイテックシステムまたは北海道電力から技術者を派遣支援する協力が必要と思われる。

(4) その他課題・リスクと対応策

現時点での想定：センサー取り付けには発電所の停止が必要であるが、ラオス国内の電力事情等により、停電時期が変更となる可能性がある。停電が不要な機器を先行して設置するなど、柔軟に対応可能な計画とする。

3-6 環境社会配慮等

本案件は、既設の水力発電所内に Hydro-CMS を設置するものであり、環境社会配慮・ジェンダー配慮ともに対象外である。

3-7 期待される開発効果

EDL、EDL-Gen で抱える問題として、水力発電所数が増加傾向にあり、それに伴い保守業務量も増加していくのに対して ①保守要員の不足 ②O&M の非効率な運用 がある。

Hydro-CMS は 1 つの親局から複数の子局（発電所）の遠隔モニタリングが可能であり、保守業務のスリム化に寄与するものである。

EDL-Gen を例に取れば、IPP を除く EDL-Gen 直営の水力発電所の総出力 619MW に対して、保守要員総数は 239 名となっている。これを一人当たりの生産性に置き換えると、2.58MW/人となる。

表 3.4 EDL-Gen 水力発電所 O&M 要員数 (2017 年)

No.	Hydro Power Plants (619MW)	Operator	Maintenance	Total
1	Nam Ngum 1 – 155MW	13	36	49
2	Nam Khan 2 – 130MW	14	11	25
3	Houay Lam Phan Gnai - 88MW	11	11	22
4	Xeset 2 – 76MW	26	19	45
5	Xeset 1 – 45MW			
6	Nam Leuk - 60MW	13	18	31
7	Nam Mang 3 – 40MW	11	14	25
8	Nam Sana - 14MW	9	5	14
9	Nam Song - 6MW	6	6	12
10	Selabam - 5MW	9	7	16
	Total	112	127	239

出典：EDL-Gen

日本の国内電力会社の場合、各社の業務運営方針によって多少の差異はあるが、例えば、北海道電力を例にとると、平成 16 年度の時点で 8.9MW/人の生産性であったが、Hydro-CMS の導入箇所増加と技術者の Hydro-CMS による状態監視のスキルアップを図り、平成 28 年度の時点で約 11.8MW/人と、30%程度向上させている。

EDL-Gen において Hydro-CMS を運用する場合、高度技術者を親局に集約し、一般技術者を各発電所に配置することで、発電所 1 箇所当たりに要する人数を削減する事が可能と考えられる。この場合、生産性についても、現時点で 2.58MW/人であるが、Hydro-CMS 導入後は、15~25%程度の向上 (3.1MW/人前後) は可能と考えられ、これにより、今後、懸念される要員不足を解消し、要員の効率的な活用が可能になることが期待される。

また、従来は TBM 方式の O&M を実施していたが、Hydro-CMS の導入により、CBM 方式の効率的かつ高度な O&M 体制が構築できる。例えば、各発電所のオーバーホール周期を延伸し、オーバーホール費用を削減するとともに、停止期間中にダムの水を発電に使わずに放流する無駄を減らすことが可能となる。北海道電力の例では、平成 12~16 年度に比べ、平成 24~28 年度は約 30%程度のオーバーホール周期延伸を実現している。EDL-Gen では、現在、10 年という短い周期を標準としていることから、周期 13~15 年への延伸が期待できる。

EDL-Gen は、水力発電所 O&M 専門の会社を設立した。Hydro-CMS 導入を促進する事によって、さらに一元的な O&M 管理体制の構築が可能となると考えられる。子局 (対象水力発電所) の数が増えれば増えるほど、1 箇所の Hydro-CMS 親機で多くの水力発電所の管理をすることとなり、更なる生産性の向上が期待される。

第4章 ビジネス展開計画

4-1 ビジネス展開計画概要

ラオスにおける水力発電事業は、海外向け電力輸出により同国の高い経済成長を支える主要な産業の一つであり、今後更なる成長が期待される。Hydro-CMS は、水力発電所の運用・保守の高度化に資するものであり、遠隔監視による要員の効率化と、運転状態のリアルタイム監視・蓄積データの分析による発電所の安定運用が可能となる。

ODA 事業により実証導入した実績を元に、さらに多くの発電所に Hydro-CMS を導入し、高度技術者不足という開発課題の解決、ひいては発電所の安定運転によるラオスの経済成長に貢献するビジネスを展開する。

図 4.1 に Hydro-CMS の海外発電所への適用イメージを示す。C/P の EDL、EDL-Gen への導入はもちろん、ラオス国内の水力発電所の多くを占める IPP 所有の発電所への適用も視野に入れていく。図のとおり、現地の O&M 拠点である発電目的会社の事務所における監視だけではなく、モバイル端末へのデータ転送でオーナー会社の担当幹部なども情報を見ることが可能である。

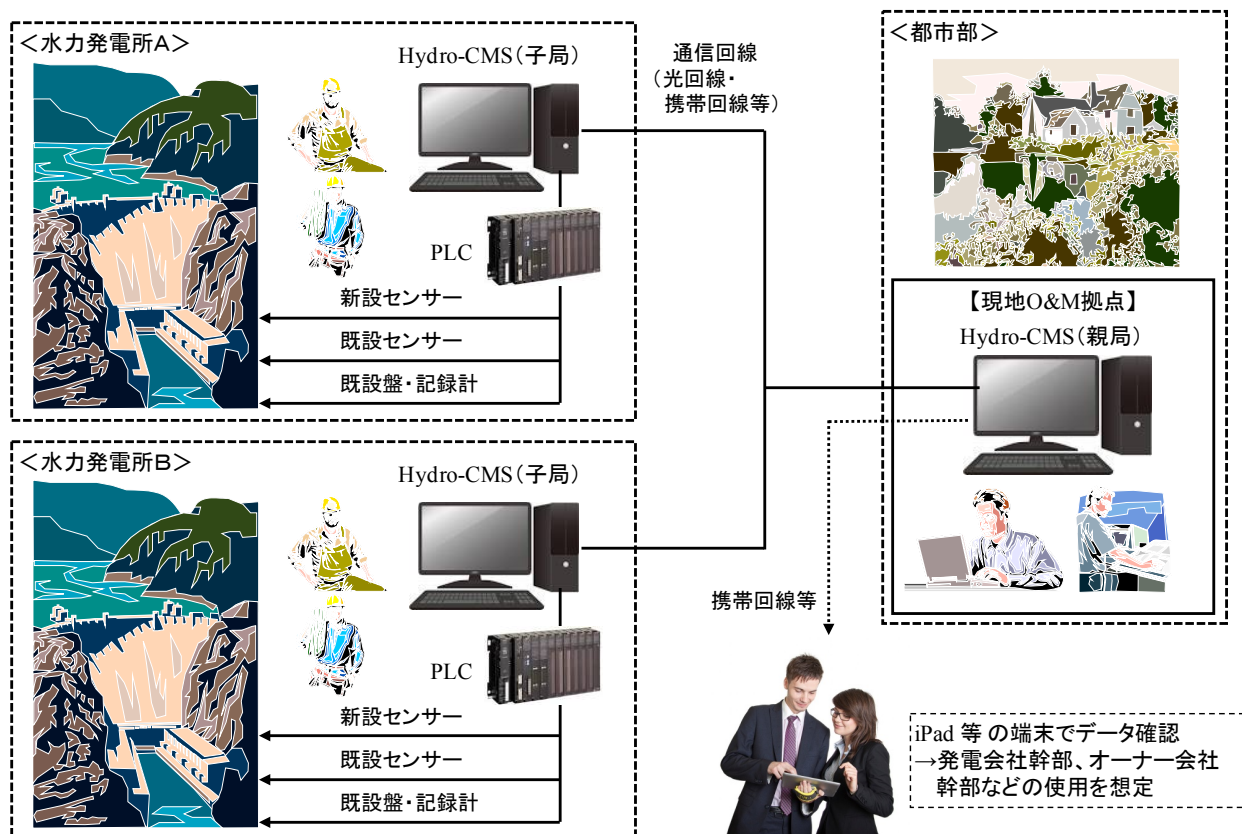


図 4-1 Hydro-CMS の海外発電所への適用イメージ (出典：JICA 調査団作成)

・当面のターゲット市場

ラオス国内の水力発電所は、C/P および IPP により運営されている。中でも EDL-Gen は、2010 年に EDL より発電事業を分離し設立されており、今後、EDL が所有する発電所は順次 EDL-Gen へ譲渡される予定である。また、EDL-Gen は 2018 年、EDL-Gen O&M を設立し、すでに IPP 発電所の O&M を請け負う契約を結んでいる。今後、EDL-Gen が所有または管理する水力発電所数は増加していくことが期待される。また、案件化調査を通して、EDL-Gen の本製品に対する理解が進んでおり、EDL-Gen の経営層からも導入を強く希望するコメントをいただいていることから、EDL-Gen が最も有望な事業展開、拡大先になると判断しており、優先的に営業を実施する。

EDL-Gen への販売を通じて、Hydro-CMS の現地導入のためのサプライチェーンの確立と Hydro-CMS の納入実績により、IPP へ販売するための実績を得る。

なお、水力発電所以外の再生可能エネルギー発電所への展開についても調査したが、既設発電所数、新設計画ともに少なく、Hydro-CMS のような高度な管理を必要としていないことから、ターゲットとはならないものと判断した。

・販売展開

IPP への販売展開としては、EDL-Gen の導入実績による直接販売の他、EDL-Gen O&M を通じた Hydro-CMS 導入を進める。EDL-Gen O&M が IPP の O&M を受託する際に Hydro-CMS を導入することで、限られた技術者人員で多くの IPP の O&M が可能となる。

4-2 市場分析

(1) 市場の定義・規模

現在、ラオス国内で営業運転している水力発電所数は 46 箇所ある。また、2020 年までに営業運転の開始を予定している建設中の水力発電所数(準備中は除く)は 35 箇所あり、計 81 箇所となる。このうち、C/P が所有または、一部株式を保有する水力発電所数は 35 箇所である。

ラオス国向け Hydro-CMS の平均販売価格を 2850 万円と仮定した場合、2020 年時点の市場規模は約 23 億円となり、このうち、C/P が所有または一部株式を保有する水力発電所を対象とした場合は、約 10 億円の市場規模が見込まれる。

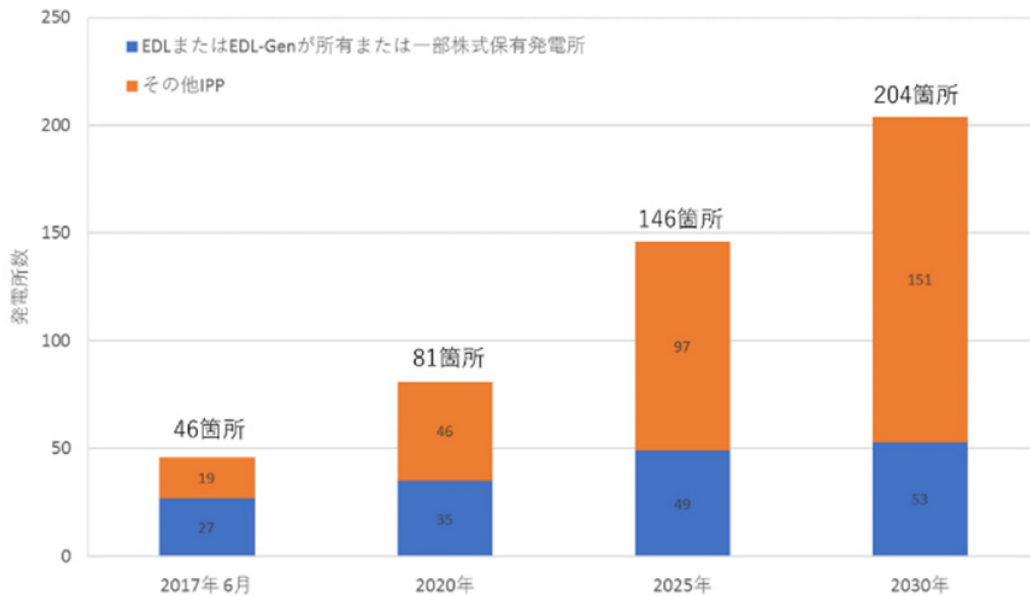


図 4-2 ラオス国水力発電所開発計画

(出典：Summarize of Hydropower projects in Lao PDR に基づき JICA 調査団作成)

また、EDL-Gen は、2018 年に EDL-Gen O&M を設立し、2025 年までに運開予定の以下の 5 発電所の O&M を請け負う契約を IPP 事業者と締結している。うち 2 箇所においては既に 44 名の技術者派遣が決まっている。新規発電所建設に伴う技術者のみならず、O&M サービス実施のための技術者ニーズも高まっており、合理的な人員配置により効率的に O&M を行うために Hydro-CMS は有用であるという理解を得ている。



図 4-3 EDL-Gen O&M による O&M 受託計画 (出典：EDL-Gen)

また、ラオス国内において開発される IPP による水力発電所は、20~30 年のコンセッション期間が設けられており期限後に施設はラオス政府に無償譲渡される。EDL-Gen は O&M 会社による

IPP の O&M 請負を通じて IPP による商業運転期間中の施設管理状況を把握し、期限後のスムーズな移管を行おうとする狙いがあることから、EDL-Gen が受託する O&M 案件は増加していくことが期待される。

Hydro-CMS は、遠隔監視機能を用いた技術者の集約実現による人員配置の効率化と、発電所施設の詳細なデータを長期にわたり保管する機能を有していることから、所有発電所のみならず管理すべき発電所を多く抱えることとなる EDL-Gen は最有望顧客となる。直近 5 年間の EDL-Gen の当期純利益は表 4.1 のように推移しており、財務的にも安定していることから、信用リスクは小さいと考えられる。

表 4.1 EDL-Gen 当期純利益推移

	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年
当期純利益(百万円)	11166	12632	11799	8330	7206

出典：EDL-Gen

(2) 競合分析

経済産業省 平成 27 年度電源立地推進調整等事業 電力自由化に伴う情報システムの変化に関する調査報告書より、欧米及び日本等で構築が進められている電力システムの概要図を以下に示す。

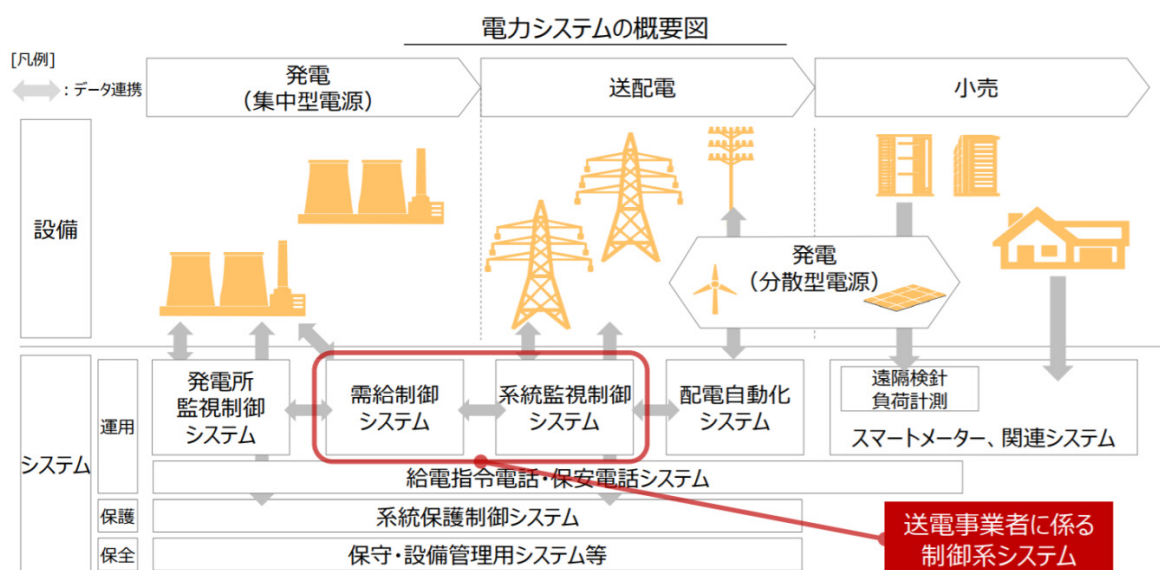


図 4-4 電力自由化に伴う電力システムの概念図

(出典：経産省 H27 年度電源立地推進調整等事業 調査報告書)

Hydro-CMS は上記概要図では、保守・設備管理用システム等に該当するものであり、競合製品となりえる水車発電機メーカー製のモニタリング装置や SCADA は、発電所監視制御システムにあたる。両者はシステム運用上の目的が異なることから競合するものではないが、SCADA は Hydro-CMS に類似する機能を有している。しかしながら、SCADA は発電所の制御を主目的としたシステムであることからデータを単に蓄積するのみであり、Hydro-CMS のように事象解析や故障予兆の把握を支援する機能は備えていない。Hydro-CMS は、ハイテックシステムが約 20 年にわた

り北海道電力㈱の運用・保守ノウハウや現場技術者の声を反映しながら改良を重ねてきており、細部まで作りこまれたシステムとなっている。

また、ラオスにおいては発電所ごとに異なった国・メーカーの製造した SCADA が導入されていることから相互のシステム間の連携を前提としていない。そのため、集中監視体制を実現するための拡張性に乏しく運用開始後に段階的に監視対象の発電所を増やしていくことが困難（コスト高）であるため C/P の求める技術者の集約化のニーズを満たすのは難しい。

一方、送配電分野での動向であるが東京電力パワーグリッド株式会社は、2019 年 3 月から OSIsoft の IoT 情報基盤「PI System」を活用し設備保全のトータルコストの削減や、電力のさらなる安定供給を実現する次世代監視制御システムを開発している。そのシステム概要図を以下に示す。

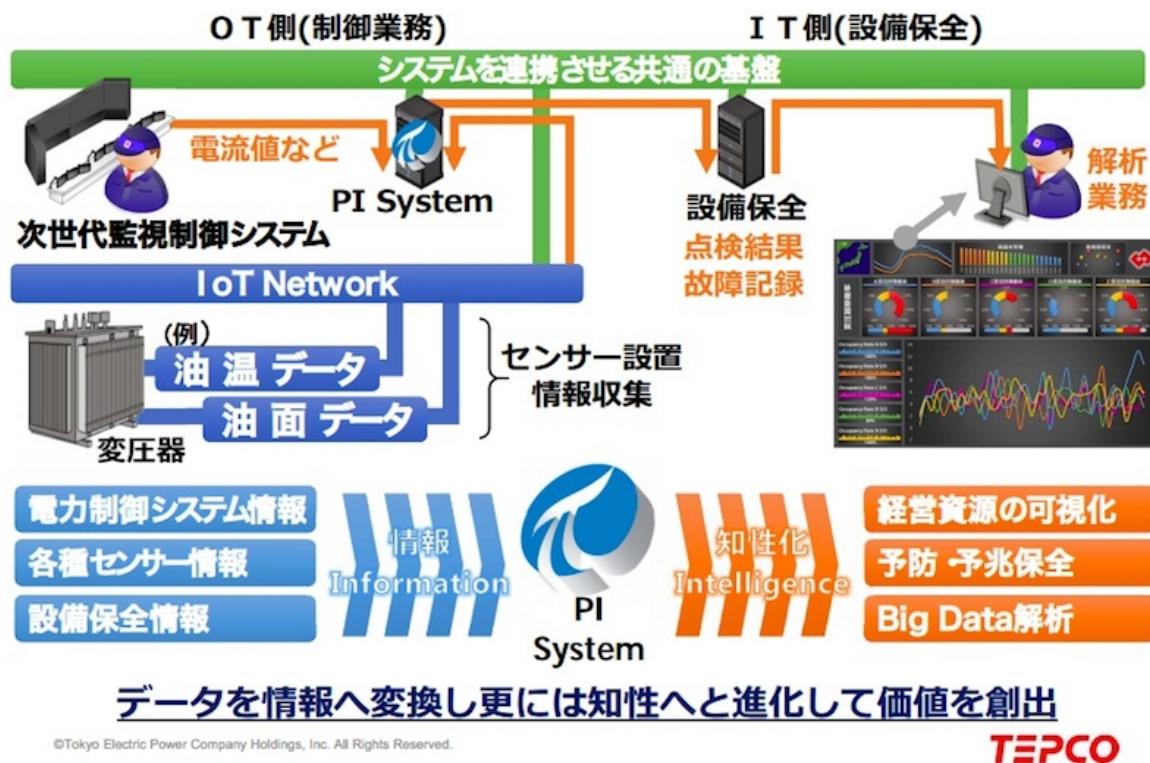


図 4-5 東京電力パワーグリッド 次世代監視制御システム
(出典：東京電力 PG ホームページ)

本システムは、SCADA のような制御機能を遠隔から実現するだけでなく、Hydro-CMS のような詳細な設備機器データ及び故障データを収集することを可能とすることを目指している。2017 年 4 月には東芝など 6 社と電力系統監視制御システムと周辺技術の海外事業展開に関して戦略的な提携を行い、東南アジアにおいて総合的な O&M 事業を展開することを発表していることを考慮すると、SCADA とは異なる Hydro-CMS のような製品を求める市場の存在が示唆される。PI System は、Hydro-CMS とは異なり、送配電分野での活用をスタートさせており、Hydro-CMS とはターゲットとする分野は異なるが、類似する機能を有していることから潜在的な競合となりえる可能性がある。しかしながら、Hydro-CMS は水力発電の保守に特化したシステムとなっており、ユーザーインターフェースや様々な業務支援機能、運用ノウハウ等で先んじていることから水力保守分野における市場優位性は確保できる。

4-3 バリューチェーン

(1) 製品・サービス

現在、ラオスにおいて Hydro-CMS と競合する製品はないため、普及・実証事業と並行してビジネス展開の準備を進め、市場開拓を行う。その際、既存の製品構成である 1. 発電所データを収集するためのハードウェア 2. 遠隔より発電所を監視可能とするネットワーク機能や、収集したデータを保存、または有用な形で視覚化する機能を有したアプリケーションに加え、それら機能を顧客が有効に使用するための 3. 運用支援サービスを展開する。

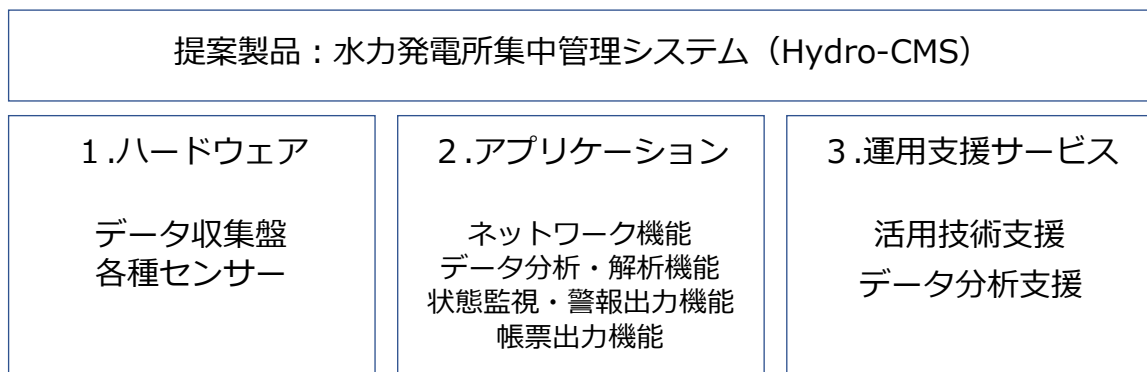


図 4-6 Hydro-CMS の構成 (出典：JICA 調査団作成)

Hydro-CMS の活用方法に関する技術支援サービスに加え、Hydro-CMS の詳細なデータの分析支援サービスを、製品導入時だけでなく継続して提供することで、Hydro-CMS の導入事業者がこれを有効に利用できる環境を整備する。Hydro-CMS で取得される情報を読み解くことができる人材の育成をサポートするサービスを実践することで、Hydro-CMS の導入障壁の低減、Hydro-CMS の利用定着を図ることで市場開拓につなげる。上記のような啓蒙により、海外展開後 4 年目までには一定量の受注数 (年間 5 セット以上) を確保することで現地法人を設立し、現地での運用支援サービスの充実を図り、市場拡大につなげる戦略である。また、ソフトウェアのメンテナンスやアップデートをクラウド経由で可能な仕組みを取り入れ、運用支援サービスの一環として提供する。

・製品・サービスの価格：

Hydro-CMS の価格は、発電所の規模、すなわち収集すべき発電所情報の多さや、追加すべきセンサーデータの数、既に収集されているデータの活用の可否によって左右される。また、配線、接続等の工事費用は発電所状況により大きく変動する。

さらに、日本とは異なる運用も考えられることから、ユーザーニーズを考慮したソフトウェアの変更が求められる可能性もある。

事業展開を行っていくうえで、C/P の導入障壁低減を目的とし、継続的なコスト削減を実施していく。表 4.2 に Hydro-CMS 価格の例とコスト削減効果予測を示す。

1. 既設システムのデータ利活用 → データ中継装置盤の面数削減
2. 現地法人化 → 開発に伴う諸経費の削減

3. 携帯回線を用いた通信網の構築→ 通信線敷設費用の削減
 これらの対応を行うことで、約 35%のコスト削減を実現することを目標とする。

表 4.2 Hydro-CMS 価格例およびコスト削減効果予測

項目		コスト削減前	コスト削減後
製品	データ中継装置	1850 万円	1250 万円
	親局・子局	200 万円	200 万円
	ソフトウェア	600 万円	600 万円
	現地調査・試験費	1050 万円	400 万円
現地	配線接続	200 万円	200 万円
工事	通信線布設	400 万円	0 万円
合計		4300 万円	2850 万円

出典：JICA 調査団作成

(2) バリュチェーン

下にバリュチェーンを示す

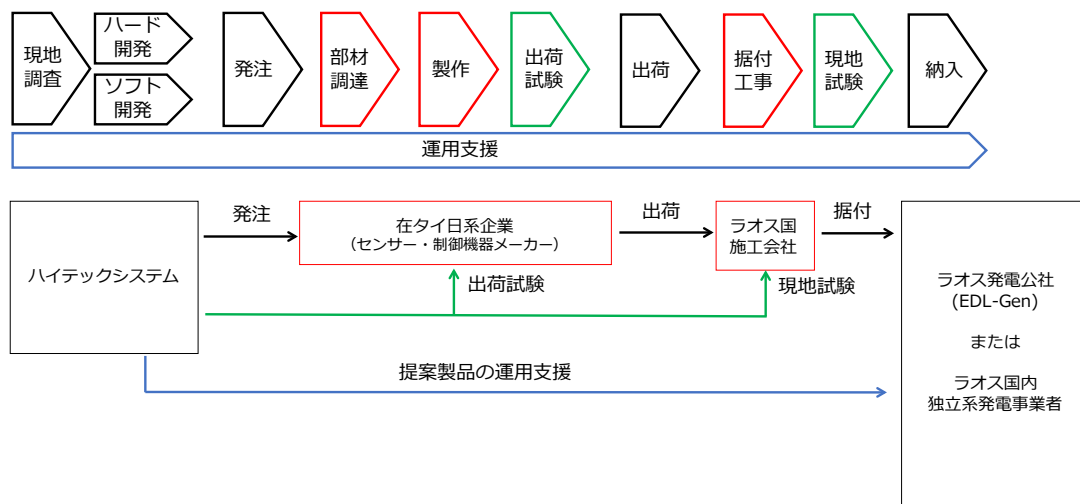


図 4-7 バリュチェーン (出典：JICA 調査団作成)

Hydro-CMS のシステム設計・開発、導入のための現地調査、品質保証に関わる出荷・現地試験といった主要工程はハイテックシステムが実施する。販売規模が拡大する断面においては、現地調査および出荷・現地試験は現地化していく想定であるが、コアとなるハードおよびソフト開発は当面日本国内で実施し、技術流出に対する対策や現地技術者レベル等の現地状況を考慮して段階的に現地化の検討を行う。また、Hydro-CMS を C/P が継続的に利用するための運用支援についても併せてハイテックシステムにて実施する。

部材調達は、関税や熱帯地域での使用を考慮された部品の調達、部品調達後の保守性の観点から現地調達とする。また、コスト低減の観点から現地調達部品は現地で組み立て、道路事情に通じた現地運送業者により輸送を行う。現時点では、ラオス国内にて部品調達や製作が一定の品質レベル

以上で実施できる業者が確保できないため、取引実績等のある複数の在タイ日系企業を通じて行う。

現地の工事については、ラオスには日本の電気工事士に相当するような資格制度はなく、事業者単位でMEMから付与される評価書を取得し、電気工事の許可を受けることが必要となっている(海外諸国における電気技術者の技術・技能向上の取り組み(平成26年度調査の概要)一般財団法人電気技術者試験センター)。建物内の電気工事は2015年7月13日付ラオス国籍者のみに保全される事業リスト No.1328 に該当し、外資の参入は認められないと規定されている(JETRO ラオス投資ガイドブック 2017 より)。よって制御盤の据付作業等は、許可を受けた現地業者に依頼する。

4-4 進出形態とパートナー候補

Hydro-CMS を顧客が持続的に有効活用できるようにするため、営業、開発、製造、据付・保守、運用支援を一つのまとまったサービスとして提供する必要がある。よって、目指すべき将来像として、現地法人の設立または現地企業との合弁会社の設立を行い、メンテナンスやソフトのバージョンアップといったアフターサービスでも継続的に利益を得られるよう、包括的なサービスを展開できる体制を整えたい。

現地進出にあたっては、市場での一定量の受注数(年間5セット以上の販売)が確保できることを条件に、現地での有限会社設立の検討を行う。有限責任会社設立にあたっては、2013年11月24日付改正労働法第68条にのっとり労働者雇用を行う

現地でのビジネス展開を行うため、図4-8に示すようにパートナー企業とともに事業を実施する資機材の調達および製造については、ラオスでの自社製品の販売拡大を狙う在タイ日系企業をパートナー企業とし、Hydro-CMS 導入後のハードウェア故障にも対応する。在タイ日系企業からは、日本と同等品質の機器を調達し、在タイ工場で組み立て、ラオスの発電所への搬入までを担うことが可能であることを確認しており、見積りを受領している。

また、Hydro-CMS の据付、センサーの設置および電気配線等の現地工事については、ラオスの現地業者をパートナー企業とする。現地業者のこれまでの施工実績は調査済みであり、十分な施工レベルがあることを確認している。また、導入対象サイトの現地調査を実施済みであり見積もりを受領している。

これまでのC/Pとの意見交換から Hydro-CMS に対するニーズは非常に高いものがあるが、持続的な事業の実施にあたり顧客が求めるサービスの範囲や重要視するポイントについて整理し、事業実施体制構築の最適化を継続していく。

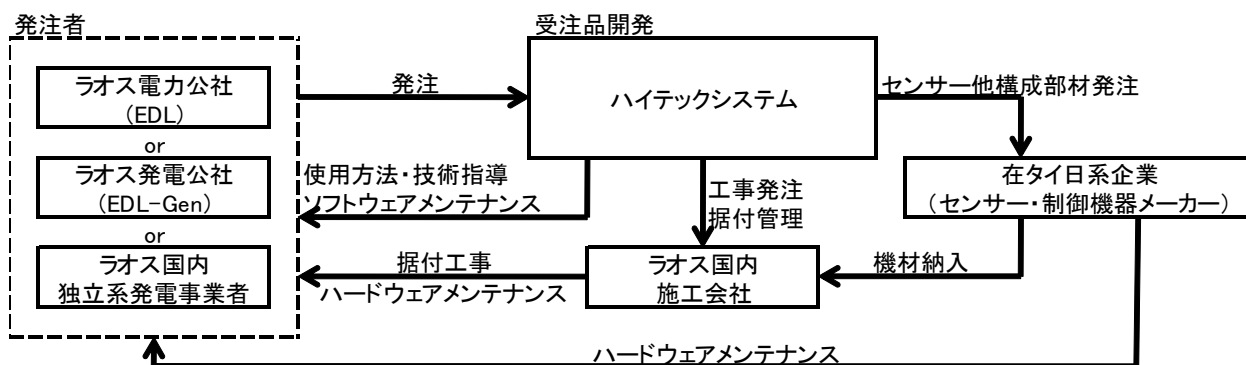


図 4-8 Hydro-CMS の海外事業実施体制（出典：JICA 調査団作成）

4-5 収支計画

- ・事業展開 4 年目以降（現地受注数量：5 セットを上回る）に現地法人の立ち上げ：技術員 2 名駐在を想定
- ・現地法人設立費用：資本金：1300 万円
- ・製品販価：1 セットあたり 2850 万円にて試算
- ・事業展開後 4 年で、最有望顧客である EDL-Gen が所有または出資・管理している発電所 15 箇所への納入を目指す。その後、EDL-Gen または EDL が所有または出資している発電所 10 箇所への納入を目指すことで、現時点にて C/P が運用・保守している発電所すべてへの導入を実現する。
- ・6 年目以降は C/P への納入実績および C/P の保有する O&M 会社の事業拡大にあわせ、IPP への導入拡大を目指す。

<単位：千円 >

	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	備考
売上	28,500 製品*1set	57,000 製品*2set	142,500 製品*5set	199,500 製品*7set	285,000 製品*10set	
売上原価	16,500 売上の約67%	33,000 売上の約67%	82,500 売上の約67%	115,500 売上の約67%	165,000 売上の約67%	
材料費	12,000 部材調達費用	24,000 部材調達費用	60,000 部材調達費用	84,000 部材調達費用	120,000 部材調達費用	
人件費	4,500 設計開発費用	9,000 設計開発費用	22,500 設計開発費用	31,500 設計開発費用	45,000 設計開発費用	
売上総利益	12,000	24,000	60,000	84,000	120,000	
販売費及び一般管理費	6,000 日本からの旅費 試験費等	12,000 日本からの旅費 試験費等	30,000 日本からの旅費 試験費等	39,500 現地駐在員2名 現地ワーカー2名	59,500 現地駐在員2名 現地ワーカー4名	4年目より現地化
営業利益	6,000	12,000	30,000	44,500	60,500	
営業外収益	0	0	0	0	0	
営業外費用	0	0	0	0	0	
経常利益	6,000 利益率：21%	12,000 利益率：21%	30,000 利益率：21%	44,500 利益率：22%	60,500 利益率：21%	
参考	出資金残高			13,000 現地法人立上	13,000	
	借入金残高					

4-6 想定される課題・リスクと対応策

(1) 課題・リスクと対応策（法制度面）

- ・Hydro-CMS は既設の水力発電所内に設置するものであり、法令・許認可による影響は想定されない。

- ・水力発電所内での機器据付工事に関しては、電気工事の許可を受けた現地企業に委託することから、法制度面におけるリスクはない。

(2) 課題・リスクと対応策（ビジネス面）

- ・本システムを導入し、運用する EDL・EDL-Gen 等からの技術流出・模倣品被害の恐れ
→Hydro-CMS は、日本国内にて特許取得済み（特許 6235746）であり、日本国内ではコピー防止の観点から保護されている。また、2018 年にラオスにて特許を取得(出願 No : PT572)、タイでも特許出願（出願 No : 1801000631）済みであり、リスク回避の対策を行っている。
- ・現地における資機材調達の遅延、工事の遅延
→遅延に関する損害について規定した契約を締結する。

(3) 課題・リスクと対応策（政治・経済面）

- ・ラオスの周辺国（特にタイ）の経済状況が悪化した場合、輸出する電力量が減少し、ラオス国内における水力発電の開発や保守メンテナンスの高度化が遅延する可能性がある
→状況に応じ、一時的な撤退も考慮する。ただし、長期的には電力需要の増加が想定されることから、実績を元に再参入する機会をうかがう。

(4) その他課題・リスクと対応策

- ・EDL・EDL-Gen や現地商社・工事業者等との間に生じる契約書などを作成する際には、ラオス語に加え英語または日本語でも同様の文書を作成し、契約内容の理解不足によるリスク回避を行う。
- ・Hydro-CMS 導入にあたって画面表示に使用する言語は、類似システムである SCADA に合わせ英語を使用し、ユーザー環境の統一を図る。

4-7 期待される開発効果

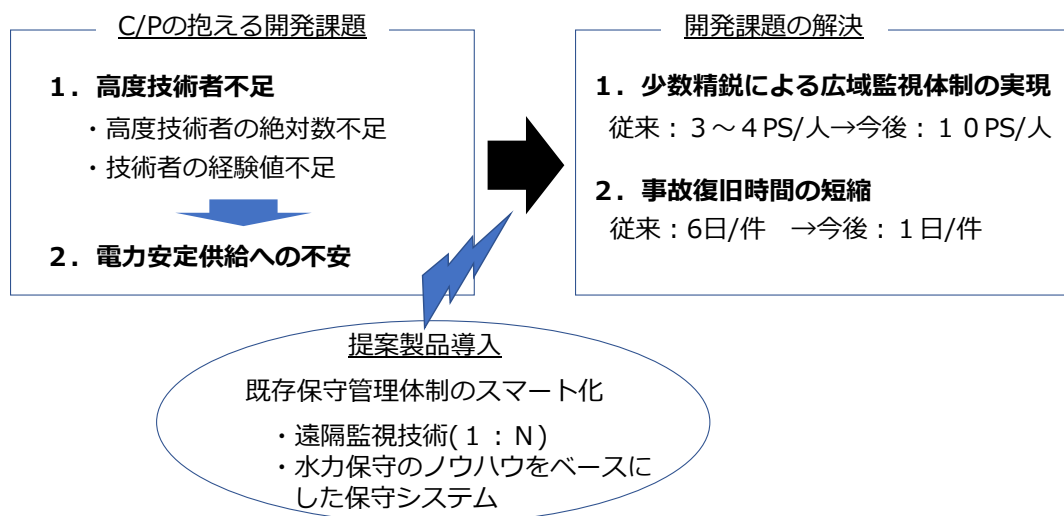


図 4-9 提案製品により得られる効果（出典：JICA 調査団作成）

C/P では、定期的な社内技術教育研修の開催や海外への技術者派遣等を実施し、O&M を行う技術者のレベル向上に努めているが、依然として発電所を安定運用させるための人材が不足している。C/P の外国人技術顧問によると、ほとんどの発電所では、現地の一般技術者だけでは設備の事故やトラブル等の復旧作業には対応できず、遠隔地に在籍している数名の高度技術者が都度、現地に出向し対応し、技術協力関係にある EGAT への協力依頼により対応している。このため、トラブル等の原因究明から対策の実施、発電が可能となる復旧までに数日を要するケースがあり、電力の輸出機会を逸することが多い。

ラオス国の総人口や電力需要の急伸の背景を配慮すると、高度技術者を数多く確保することは容易ではない。また、電力の輸出による外貨獲得を重要な手段としており、C/P は、少数の高度技術者による安定的な電力供給が可能な O&M 体制を速やかに構築することを求めている。

Hydro-CMS は、北海道で 20 年以上にわたり築き上げられた水力発電所の遠隔監視に関する O&M の技術やノウハウと電力の安定供給の実績があり、特に次の機能が優れた効果を発揮している。

1. 「1:n」のリアルタイム遠隔監視機能
2. 水力発電所 O&M のノウハウをベースにしたデータ収集機能

C/P に Hydro-CMS を導入した場合、現在、既存の少数の高度技術者が、1 人あたり 3~4 発電所を受け持ち対応に追われているが、導入後は発電所数にして約 3 倍の 1 人あたり 10 発電所まで対応可能となり、高度技術者の要員不足が解消される。

また、トラブル等の対応に際しては、遠隔地からリアルタイム監視、分析および現地一般技術者への対策指示が可能のため、現地への移動時間が不要となる。また、親局と子局それぞれに保存されている発電設備の測定データや故障経歴、発電設備の動作状況を共有することが可能となるため、発電開始（復旧）までの時間を大幅に短縮し、電力の輸出機会を逸することが解消される。

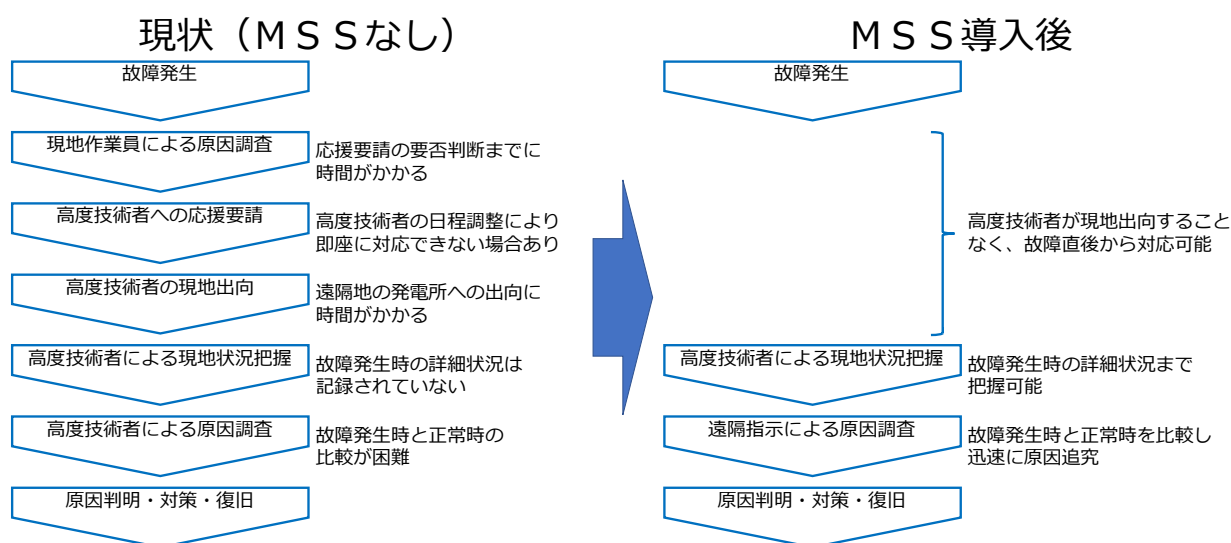


図 4-10 提案製品導入前後の故障対応（出典：JICA 調査団作成）

EDL-Genによると、Nam Song 発電所（出力 6MW）の故障事例では、故障発生から高度技術者の現地到着まで 4 日間、現地到着から原因判明まで 2 日間を要した。このような事例が年に 2 回程度発生するとの事であり、年間 12 日の停止が発生している状況である。この間、発電できなかった発電電力量（損失電力量）は 1,728,000kWh、電力輸出単価を 6 円/kWh とすると約 1040 万円の損失となる。

Hydro-CMS を導入すると、高度技術者の出向が不要となり、故障発生時の詳細状況と正常時の状況を比較することで迅速な原因追究が可能となる。上記事例において、故障発生から原因判明までを 1 日とすれば、発電停止による損失は約 170 万円となり、Hydro-CMS 導入前に比べ、1 年あたり約 870 万円の収入増加が期待できる。他の発電所でも同様の収入増加が期待できることから、Hydro-CMS の導入費用は早期に回収可能である。

4-8 日本国内地元経済・地域活性化への貢献

(1) 提案企業自体への裨益

Hydro-CMS の各発電所仕様へのカスタマイズや現地保守要員のサポート業務等が必要となることが考えられるため、ソフトウェアシステム、電気技術者等のエンジニア職等の主要拠点である提案企業の国内事業所で十数名規模での雇用創出が期待される。また、水力発電開発に注目されているラオスにおいて Hydro-CMS の販売が進めば、国内における販路拡大の後押しとなる可能性は非常に高い。国内においてもさらに業績を伸ばすことにより、安定した経営基盤を構築し、社員の雇用増加につながるものと期待される。

(2) 関連企業・産業への貢献

国内の水力発電施設は、Hydro-CMS のみならず、ダム漏水の監視システム、ダム下流域の安全確保のための下流警報システム、ダム周囲の保守・保安を目的とした監視カメラシステム等により安全・安定運用が保持されている。Hydro-CMS の海外進出が成功すれば、日本型の保守方法が浸透する好機となり、これらの開発、販売している地元企業への需要創出が期待できる。

また、Hydro-CMS を導入することで、技術的には、日本にいながらラオス国の各発電所の詳細な運転情報を監視可能とすることができる。その為、日本国内の電力各社に対し、日本の先進的な保守運用のノウハウを基にしたコンサルティングを海外展開するための環境を提供することが可能となる。また、収集される膨大なデータを基にした AI 技術の開発などの新規ビジネスの創出が期待される。

(3) その他関連機関への貢献

ハイテックシステムでは、農作業や工場労働者の作業負担の見える化、軽減化を目的とした北海道大学軽労化研究会の会員企業として、産学連携を推し進めている。例えば、北海道大学大学院情報科学研究科の田中教授の腰部負担分析アルゴリズムを用いた、作業動作可視化システムを開発。札幌の地場野菜である巨大キャベツ札幌大球の収穫時負荷や、大手ハウスメーカー工場の作業負担の見える化に貢献している。Hydro-CMS の販売・サポートのために設立する現地拠点を窓口として、これらの研究成果を海外に普及することが期待できる。

Summary

1. Development Issues in the Target Country/Region

Blessed with abundant water resources, Lao People's Democratic Republic (hereinafter referred to as "Laos") has promoted the construction of hydropower plants ("HPPs") because hydropower generation is a valuable tool to supply electricity to its people and export electricity to earn foreign exchange. Construction of numerous HPPs is planned in coming years based on the government's Vision 2030 plan adopted in 2016, in which the achievement of stable power supply and development promotion are set out as national goals.

Meanwhile, discussions with Electricite Du Laos ("EDL") and EDL-Generation Public Company ("EDL-Gen") have revealed the following development issues. The recent increase in the number of HPPs has outpaced the development of engineers with the advanced knowledge and skills required for the stable operation of HPPs ("highly skilled engineers"), which has hindered the stable operation of even the 46 HPPs currently in operation.

In Laos, HPP operations and maintenance (O&M) depends largely on manpower, and all HPPs are manned—not just by O&M staff ("general engineers"), but also by highly skilled engineers. However, now that HPPs outnumber highly skilled engineers, not all HPPs can be assigned highly skilled engineers, occasionally resulting in cases in which power generators must be suspended in the event of a fault until a highly skilled engineer from a neighboring HPP arrives.

Additionally, to meet domestic needs, Laos imports electricity during the dry season from Thailand and other neighboring countries where electricity costs more. This makes it necessary to minimize unscheduled power outages through proper routine maintenance of HPPs by highly skilled engineers. It is essential that, in the event of an unscheduled outage, highly skilled engineers respond swiftly to minimize the outage durations.

In a country with fewer than seven million people, it is far from easy to foster numerous highly skilled engineers—well-educated engineers with electrical engineering, civil engineering or other majors—in a short time. Accordingly, it is imperative to develop an environment where the few highly skilled engineers the country has today can remotely manage two or more HPPs located far apart.

2. Proposing Company and its Products and Technology

Given such circumstances, the Hydropower Plant Central Management System (“Hydro-CMS”) developed by Hi-Tech System Co., Ltd. will contribute enormously to the resolution of the aforementioned issues since the system allows a single highly skilled engineer to centrally manage two or more HPPs located far apart.

The Hydro-CMS is a system composed of slave stations (installed inside HPPs) for numerical and fault data collection and a master station (installed outside HPPs) for the visualization of data transmitted from the slave stations and for the centralized management of the HPPs by a highly skilled engineer. With this system, highly skilled engineers can perform more detailed and quantitative analysis of two or more HPPs than they actually do on-site at a single HPP. Additionally, the system’s function to save and analyze detailed fault data allows a highly skilled engineer to find a fault and take steps to remedy the problem without the need to visit the HPP concerned.

The introduction of the Hydro-CMS enables the establishment of a structure where few highly skilled engineers are concentrated in a single location to centrally manage many HPPs while general engineers are engaged in plant operation and simple maintenance work at the HPPs. The system is also expected to bring about the following effects:

- (1) Improvement of the capacity factors of HPPs due to fault prevention (i.e., less opportunity loss for power generation)
- (2) Minimization of recovery costs and time in the event of a fault because of the elimination of the needs for an overhaul to identify the cause, for example
- (3) Minimization of capital investment costs by timing equipment replacements to coincide with when equipment reaches its continuous use limit based on quantitative assessment of equipment deterioration

According to data from the Ministry of Energy and Mines, Laos has 46 HPPs in operation, and there are 35 HPPs under construction which will enter operation by 2020—81 in all. Since the government plans to bring a total of 156 HPPs into operation by 2030, the country will at that point have over 200 HPPs up and running, if all goes as planned. On the other hand, there are not many highly skilled engineers capable of adequately analyzing abnormalities at HPPs and developing efficient maintenance plans, and it will be hard to train and secure sufficient qualified personnel in a short time. Accordingly, the need for the Hydro-CMS is expected to increase as it enables the few highly skilled engineers the country has to centrally manage many HPPs.

3. ODA Feasibility Study

During the feasibility study, demonstrations were conducted for the management and engineers of EDL and EDL-Gen, outlining the functions and advantages of the Hydro-CMS using model machines.

The attendees at the demonstrations shared a recognition that the Hydro-CMS would contribute substantially to the resolutions of the aforementioned development issues they face, and the management of EDL and EDL-Gen showed a strong desire to introduce the system.

As a future task for the promotion of the Hydro-CMS, we will demonstrate, as part of JICA's Partnership with the Japanese Private Sector (Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies, or "SME Verification Survey" for short), the capability for a single highly skilled engineer to centrally manage two or more HPPs from a remote location by installing equipment for one master station and two slave stations—the basic configuration of the system.

As study sites, EDL and EDL-Gen proposed three HPPs: Nam Dong, Nam Khan 2 and Nam Khan 3. After careful examination, we decided to accept their proposal and install master station equipment at the Nam Dong HPP (the annex building for maintenance trainees and on-duty staff) and slave station equipment at the Nam Dong HPP (the control room in the main building) and the Nam Khan 3 HPP.

We have ascertained that EDL and EDL-Gen will provide full cooperation for the study. Technical issues have already been solved based on results of in-depth surveys that covered measurement items, data acquisition methods, master/slave station equipment locations, and other details. Going forward, we will work closely with the counterpart organizations to complete necessary procedures toward the introduction of the Hydro-CMS, including clarification of plant outage timings among other specifics.

4. Business Development Plan

We aim to introduce the Hydro-CMS at all HPPs owned or invested in by EDL and EDL-Gen in order to address the development issue of highly skilled engineer shortages and ultimately contribute to the economic growth of Laos through stable HPP operation.

Specifically, of all the 27 HPPs owned or invested in by EDL and EDL-Gen, we will work to introduce the system at two HPPs for the SME Verification Survey, at 15 HPPs within four years of business development, and at the remaining 10 HPPs in the fifth year of business development. In the sixth year and onward, efforts will be made to further increase Hydro-CMS users with a focus on independent power producers (IPPs) entrusting O&M to EDL-Gen subsidiaries.

The Hydro-CMS will benefit EDL and EDL-Gen because it enables real-time monitoring of all their HPPs by the limited ranks of highly skilled engineers, who will find and give instructions to address signs of abnormality before they lead to faults causing generator outages. Even if a fault leads to a generator outage, power generation can be resumed more quickly than without the Hydro-CMS because the cause can be identified based on detailed data analysis without the need to visit the HPP concerned. As a result, with the use of the Hydro-CMS, EDL and EDL-Gen could increase operating revenues through fewer generator outages and the resulting increase in electricity sales.

Hydro-CMS and sensor installation, electric wiring and other on-site work will be conducted by local Lao companies authorized to carry out electrical work. We have ascertained that candidate companies have enough expertise in the field. Japanese companies in Thailand will take charge of the acquisition and manufacture of necessary equipment and materials, as well as after-sales services that will be provided after the introduction of the Hydro-CMS. Those companies have affirmed that they can acquire equipment and materials of the same quality as those in Japan and deliver them to HPPs in Laos.

Since there are no products that will compete against the Hydro-CMS, we will prepare for business development while conducting the SME Verification Survey. Not only will we introduce the Hydro-CMS, but we will also provide operation support services. By providing support for detailed data analysis in addition to technical support for the usage of the system, we will work to build a brand and create an environment where companies introducing the Hydro-CMS can make the most of it.

Feasibility Survey for the Upgrading of Operation and Maintenance for Hydropower Plants by Utilizing Remote Monitoring Technology in Lao PDR



SMEs and Counterpart Organization

- Name of SME: Hi-Tech System Co., Ltd.
- Location of SME: Eniwa City, Hokkaido Pref., Japan
- Survey Sites / Counterpart Organizations: Electricite Du Laos (EDL), EDL-Generation Company Limited (EDL-Gen)

Concerned Development Issues

- Increasing opportunity loss for power generation due to a lack of highly skilled engineers, which leaves some hydropower plants (HPPs) without such personnel and thus causes generator outages in the event of a fault until such an engineer from a neighboring HPP arrives
- It is imperative to develop an environment where the few highly skilled engineers in Lao PDR can remotely monitor two or more HPPs located far apart.

Products and Technologies of SMEs

- Hydropower Plant Central Management System (Hydro-CMS)
- Remote monitoring of two or more HPPs by a highly skilled engineer
 - Significant reduction of the time required to identify the cause of a fault and restore the grid system through remote data collection and analysis
 - Fault prevention by early detection of abnormalities and early implementation of countermeasures

Proposed ODA Projects and Expected Impacts

- Demonstration of the capability for a highly skilled engineer to centrally control two or more HPPs from a remote location by installing equipment for one master station and two slave stations—the basic configuration of the Hydro-CMS—at HPPs owned by EDL and EDL-Gen
- Fault prevention through early detection of abnormalities and early provision of instructions for countermeasures by highly skilled engineers. Even in the event of a fault, power generation can be resumed more quickly than without the Hydro-CMS because the cause can be identified without the need to visit the HPP concerned.

Future Business Development of SMEs

- Introduction of the Hydro-CMS at all HPPs owned or invested in by EDL and EDL-Gen to address the development issue of highly skilled engineer shortages and ultimately contribute to the economic growth of Laos through stable HPP operation
- Introduction of the system at all such HPPs within five years of business development and at IPPs entrusting O&M to EDL-Gen subsidiaries in the sixth year and onward