

ラオス国
エネルギー鉱業省

ラオス国
セカタム水力発電事業準備調査
(PPP インフラ事業)

報 告 書

平成 27 年 10 月
(2015 年)

独立行政法人 国際協力機構
(JICA)

関西電力株式会社
株式会社ニュージェック

民 連
CR(10)
15-090

ラオス国セカタム水力発電事業準備調査
報 告 書

目 次

第 1 章	調査概要	
1.1	調査の背景、経緯.....	1 - 1
1.2	調査目的.....	1 - 4
第 2 章	プロジェクト概要	
2.1	プロジェクトの位置等.....	2 - 1
2.2	プロジェクトの概要.....	2 - 2
2.3	プロジェクトの検討結果.....	2 - 5
第 3 章	調 査	
3.1	事業に係る法務・電力セクター調査.....	3 - 1
3.1.1	ラオス国の法制度・法令に関する調査.....	3 - 1
3.1.2	ラオス国における電力セクターの現状・課題の整理と本事業の必要性確認.....	3 - 10
3.2	地形・地質調査.....	3 - 37
3.2.1	広域地形.....	3 - 37
3.2.2	広域地質.....	3 - 38
3.2.3	地質調査概要.....	3 - 39
3.2.4	各構造物地点の地形・地質状況および地質工学的評価.....	3 - 49
3.3	水文解析.....	3 - 82
3.3.1	水文情報の収集.....	3 - 83
3.3.2	低水解析.....	3 - 86
3.3.3	高水解析.....	3 - 93
3.3.4	貯水池堆砂量.....	3 - 101
	3 - 101
3.3.5	貯水池蒸発散量.....	3 - 101
3.4	セカタム地点の現地踏査.....	3 - 103
3.4.1	現地踏査の概要.....	3 - 103
3.4.2	主要構造物の現地踏査.....	3 - 105
3.4.3	建設資材の調達事情調査.....	3 - 113
第 4 章	設 計	
4.1	発電計画.....	4 - 1
4.1.1	基本レイアウト.....	4 - 1
4.1.2	貯水池運用計画.....	4 - 3
4.1.3	水車形式の比較検討.....	4 - 7
4.1.4	土木・電気設備を考慮した最適規模の検討.....	4 - 13
4.2	土木設備設計.....	4 - 16
4.2.1	取 水 堰.....	4 - 17
4.2.2	取 水 口.....	4 - 19

4.2.3	沈砂池.....	4 - 19
4.2.4	導水路.....	4 - 21
4.2.5	水槽.....	4 - 26
4.2.6	水圧鉄管.....	4 - 28
4.2.7	発電所・放水路・開閉所.....	4 - 32
4.3	電気設備設計.....	4 - 35
4.3.1	水力機器概略設計.....	4 - 35
4.3.2	電気設備概略設計.....	4 - 37
4.3.3	機器配置図.....	4 - 41
4.4	系統計画.....	4 - 45
4.4.1	連系点の選定.....	4 - 45
4.4.2	系統解析結果.....	4 - 46
4.5	送電設計.....	4 - 47
4.5.1	送電線ルート.....	4 - 47
4.5.2	送電設備の基本設計.....	4 - 54

第5章 施工計画

5.1	施工計画・工事工程の検討.....	5 - 1
5.1.1	施工可能日数の算定.....	5 - 2
5.1.2	全体工程.....	5 - 2
5.2	用土計画.....	5 - 3
5.2.1	用土計画概要.....	5 - 3
5.2.2	骨材の調達計画.....	5 - 3
5.3	各設備の施工計画.....	5 - 5
5.3.1	準備工.....	5 - 5
5.3.2	取水堰・取水口・沈砂池.....	5 - 6
5.3.3	導水路トンネル.....	5 - 8
5.3.4	水槽.....	5 - 10
5.3.5	水圧管路.....	5 - 11
5.3.6	発電所.....	5 - 14
5.4	仮設備計画.....	5 - 16
5.4.1	仮設備計画.....	5 - 16
5.4.2	重機使用計画.....	5 - 18
5.4.3	施工工程.....	5 - 20
5.5	プロジェクトコスト.....	5 - 22
5.5.1	建設費用.....	5 - 22
5.5.2	開発費用.....	5 - 23
5.5.3	プロジェクトコスト.....	5 - 23

第6章 環境社会配慮

6.1	環境社会影響に与える事業コンポーネントの概要.....	6 - 1
6.1.1	主要設備.....	6 - 2
6.1.2	工事用道路.....	6 - 4
6.1.3	送電線.....	6 - 5
6.1.4	工事計画.....	6 - 5
6.1.5	運用計画.....	6 - 5

6.2	ベースとなる環境および社会の状況	6 - 6
6.2.1	自然環境	6 - 6
6.2.2	社会環境	6 - 11
6.3	ラオス国の環境社会配慮制度・組織	6 - 12
6.3.1	環境社会配慮に関する法的枠組み	6 - 12
6.3.2	環境影響評価制度	6 - 14
6.3.3	EIA 以外の環境関連の許認可	6 - 16
6.3.4	環境社会配慮に関する組織	6 - 17
6.4	代替案	6 - 19
6.4.1	ゼロオプション	6 - 19
6.4.2	他の発電方法との比較検討	6 - 20
6.4.3	他の水力開発計画との比較検討	6 - 20
6.4.4	発電方法の比較	6 - 31
6.4.5	架空送電線のルート比較	6 - 32
6.5	スコーピング	6 - 33
6.6	環境社会配慮調査のTOR	6 - 39
6.7	調査結果	6 - 45
6.7.1	自然環境	6 - 45
6.7.2	社会環境	6 - 61
6.7.3	架空送電線範囲の社会経済状況	6 - 78
6.7.4	事業計画地下流部の社会経済状況	6 - 80
6.7.5	温室効果ガスの排出量	6 - 82
6.8	影響評価	6 - 83
6.8.1	環境評価区域の設定	6 - 83
6.8.2	影響評価	6 - 83
6.9	用地取得・住民移転	6 - 88
6.9.1	用地取得・住民移転の必要性	6 - 88
6.9.2	用地取得・住民移転に係る法的枠組み	6 - 88
6.9.3	用地取得・住民移転の規模・範囲	6 - 92
6.9.4	補償の具体策	6 - 95
6.9.5	実施機関によるモニタリング体制	6 - 99
6.10	緩和策及び緩和策実施のための費用	6 - 100
6.10.1	緩和策	6 - 100
6.10.2	河川維持流量の検討	6 - 103
6.11	環境管理計画	6 - 108
6.11.1	自然環境保全計画	6 - 108
6.11.2	社会環境管理計画	6 - 111
6.12	モニタリング計画	6 - 115
6.12.1	モニタリング結果の評価体制	6 - 115
6.12.2	自然環境モニタリング	6 - 115
6.12.3	社会環境モニタリング	6 - 118
6.13	苦情処理メカニズム	6 - 119
6.14	実施体制および実施スケジュール	6 - 120
6.14.1	実施体制	6 - 120
6.14.2	実施スケジュール	6 - 121

6.15	環境対策予算と財源	6 - 122
6.15.1	環境対策予算	6 - 122
6.15.2	財 源	6 - 122
6.16	住民協議およびステークホルダー協議	6 - 123
6.16.1	住民協議およびステークホルダー協議の実施方法	6 - 123
6.16.2	発電所区域における協議結果	6 - 125
6.16.3	送電線区域における協議結果	6 - 134

第 7 章 プロジェクトの実施計画と経済財務分析

7.1	事業スキームの検討	7 - 1
7.1.1	BOT 事業モデルの提案、比較検討	7 - 1
7.1.2	事業実施、運営に関わる官民の役割分担の検討	7 - 2
7.1.3	事業の実施および運営組織（特別目的会社、関係組織）形態の検討	7 - 6
7.1.4	初期投資段階における資金調達方の検討（出資・借入等）	7 - 7
7.1.5	事業キャッシュフロー分析および感度分析	7 - 9
7.1.6	関連法制度との整合性の検討	7 - 12
7.2	プロジェクトの効果	7 - 13
7.3	関係機関の財務分析	7 - 13
7.4	リスク分析・セキュリティパッケージ検討	7 - 17
7.4.1	提案事業の実施にあたり想定されるリスクの抽出および セキュリティパッケージの検討	7 - 17
7.4.2	事業実施に必要な各種契約のリストアップと主要契約条項の設定 （CA、PPA、工事、O&M 等）	7 - 23

添付資料 ダム水路式の検討結果

図リスト

図 1.1-1	セクター別電力消費量の想定（ラオス国全体）	1 - 2
図 1.1-2	発電設備容量の実績推移	1 - 3
図 1.1-3	輸出入電力量の実績推移	1 - 4
図 2.1-1	プロジェクトの位置	2 - 1
図 2.1-2	プロジェクトの位置（拡大）	2 - 1
図 2.2-1	2006 年当時のプロジェクト概要図	2 - 2
図 2.2-2	プロジェクト概要図	2 - 3
図 3.1-1	CA 許認可手続き	3 - 7
図 3.1-2	PPA 許認可手続き	3 - 8
図 3.1-3	IPP 事業の許認可手続き	3 - 9
図 3.1-4	MEM 組織図	3 - 13
図 3.1-5	全国の需給バランス想定（発電容量）	3 - 15
図 3.1-6	全国の需給バランス想定（年間電力量）	3 - 16
図 3.1-7	2025 年断面におけるラオス国の系統図（将来計画含む）	3 - 20
図 3.1-8	電力輸出入量の推移	3 - 22
図 3.2-1	セカタム水力計画地点を含む広域地形	3 - 37
図 3.2-2	セカタム水力発電計画地点広域の地質分布状況	3 - 38
図 3.2-3	貯水ダム周辺の地質調査位置	3 - 40
図 3.2-4	貯水池内の地質調査位置	3 - 41
図 3.2-5	導水路上の地質調査位置	3 - 41
図 3.2-6	鉄管路～発電所上での地質調査位置	3 - 42
図 3.2-7	貯水ダムおよび原石山周辺のボーリング柱状図	3 - 47
図 3.2-8	導水路～発電所地点のボーリング柱状図	3 - 48
図 3.2-9	塊状岩盤における岩盤分類と変形係数の関係	3 - 49
図 3.2-10	国道沿い切土法面のチャンパ層露頭	3 - 50
図 3.2-11	貯水ダムサイト周辺の玄武岩露頭状況	3 - 51
図 3.2-12	ダム軸地質断面図	3 - 53
図 3.2-13	ダム軸岩級区分断面図	3 - 55
図 3.2-14	貯水ダム止水ライン上のルジオンマップ	3 - 58
図 3.2-15	原石山周辺露頭分布状況	3 - 60
図 3.2-16	原石山地質断面図	3 - 61
図 3.2-17	コア材土取場候補地位置図	3 - 66

図 3.2-18	Sekong 川砂州に含まれる砂礫の粒度分布曲線.....	3 - 70
図 3.2-19	引水堰周辺の地質平面図（風化土を除く）.....	3 - 71
図 3.2-20	取水堰周辺の地質平面図（風化土を除く）.....	3 - 72
図 3.2-21	ヘッドタンク～導水路低被り区間の弾性波速度帯断面および岩級区分図.....	3 - 74
図 3.2-22	ヘッドタンク基礎の岩級区分図.....	3 - 75
図 3.2-23	鉄管路沿いの地質想定断面図.....	3 - 78
図 3.2-24	アンカーブロック IP.4～IP.6 区間の地質想定断面図.....	3 - 79
図 3.3-1	セカタム周辺の水文観測位置図.....	3 - 83
図 3.3-2	Nong Mek の水位計・雨量観測計.....	3 - 85
図 3.3-3	Nong Mek 地点の H - Q 曲線.....	3 - 85
図 3.3-4	Nong Mek 地点の日雨量・流量（2004 - 2012）.....	3 - 86
図 3.3-5	タンクモデルの基本概念.....	3 - 87
図 3.3-6	セカタム地点との相関（月雨量）.....	3 - 88
図 3.3-7	月雨量の推移（02/1991 - 12/1992 and 09/2004 - 12/2012）.....	3 - 89
図 3.3-8	タンクモデルの解析結果.....	3 - 90
図 3.3-9	セカタム流域と Xe Set 流域の月別流量.....	3 - 91
図 3.3-10	セカタムと Xe Set における月別流量の相関.....	3 - 91
図 3.3-11	雨量の流域面積に応じた補正.....	3 - 94
図 3.3-12	雨量分布曲線.....	3 - 95
図 3.3-13	直接流出係数（既往観測の洪水波形より）.....	3 - 95
図 3.3-14	無次元単位図.....	3 - 96
図 3.3-15	洪水遅れ時間の推定（2008 年 9 月 14 日～17 日観測）.....	3 - 98
図 3.3-16	累積降雨量の比較.....	3 - 98
図 3.3-17	可能最大洪水流量.....	3 - 99
図 3.3-18	1,000 年確率洪水流量.....	3 - 99
図 3.3-19	可能最大洪水流量時の貯水ダムにおける洪水位.....	3 - 99
図 3.3-20	1,000 年確率洪水量時の貯水ダムにおける洪水位.....	3 - 100
図 3.3-21	近傍流域における比流量の比較（可能最大洪水量）.....	3 - 101
図 3.3-22	近傍流域における比流量の比較（1,000 年洪水流量）.....	3 - 101
図 4.1-1	貯水池運用の水収支モデル.....	4 - 3
図 4.1-2	日調整池運用の水収支モデル.....	4 - 5
図 4.1-3	発電所運用概念.....	4 - 6
図 4.1-4	水車選定図.....	4 - 7
図 4.1-5	余水路ルート案.....	4 - 10
図 4.1-6	余水路の基本設計.....	4 - 10

図 4.1-7	余水路省略の概念	4 - 11
図 4.1-8	年間発生電力量	4 - 14
図 4.1-9	経済性評価 (Rgc・kW 単価)	4 - 14
図 4.2-1	取水堰位置図	4 - 17
図 4.2-2	取水堰標準断面図	4 - 18
図 4.2-3	取水口位置図	4 - 19
図 4.2-4	取水口正面図	4 - 19
図 4.2-5	沈砂池平面図・断面図	4 - 20
図 4.2-6	導水路ルート図	4 - 22
図 4.2-7	骨組構造解析モデルと内水圧	4 - 24
図 4.2-8	水槽の必要面積	4 - 26
図 4.2-9	非常停止時の低下水位	4 - 27
図 4.2-10	水圧鉄管平面図・縦断面図	4 - 28
図 4.2-11	最適水圧鉄管径	4 - 29
図 4.2-12	水圧鉄管大支台基礎 (IP2)	4 - 30
図 4.2-13	水圧鉄管小支台基礎	4 - 31
図 4.2-14	メカニカルジョイントの構造概要	4 - 31
図 4.2-15	発電所付近の河川状況 (2009 年 1 月 16 日撮影)	4 - 32
図 4.2-16	発電所位置の選定	4 - 32
図 4.2-17	発電所断面図	4 - 34
図 4.3-1	水車形式選定図	4 - 35
図 4.3-2	水車・発電機の総合効率	4 - 36
図 4.3-3	発電所の単線結線図	4 - 38
図 4.3-4	Pakxong 変電所の単線結線図	4 - 40
図 4.3-5	発電所建屋の機器配置図	4 - 42
図 4.3-6	開閉所の機器配置図	4 - 43
図 4.3-7	Pakxong 変電所の機器配置図	4 - 44
図 4.4-1	セカタム発電所周辺系統および将来計画	4 - 45
図 4.5-1	送電線ルートの選定フロー	4 - 47
図 4.5-2	送電線ルートマップ	4 - 48
図 4.5-3	送電線ルートマップ (鉱山開発情報転記)	4 - 49
図 4.5-4	発電所サイト周辺の状況 (Tentative route No.2)	4 - 50
図 4.5-5	主要道路からルート方向を確認した現地写真 (Tentative route No.1)	4 - 50
図 4.5-6	Ban Houaykong 周辺の現場状況	4 - 51
図 4.5-7	Lak11 周辺のルートマップ	4 - 52
図 4.5-8	Pakxong 変電所周辺の現場状況	4 - 53

図 4.5-9	Pakxong 変電所構内の状況.....	4 - 53
図 4.5-10	115 kV 2 回線鉄塔の基本装柱.....	4 - 57
図 5.2-1	用土計画.....	5 - 3
図 5.3-1	1 号取水堰の構築.....	5 - 7
図 5.3-2	2 号取水堰の構築.....	5 - 8
図 5.3-3	導水路トンネルの工区分け.....	5 - 8
図 5.3-4	ヘッドタンクの構築.....	5 - 11
図 5.4-1	下流 2 号機バッチャープラント概略図.....	5 - 16
図 5.4-2	重機使用計画.....	5 - 19
図 5.4-3	施工工程.....	5 - 21
図 6.1-1	事業計画位置図.....	6 - 1
図 6.1-2	主要設備の計画位置図.....	6 - 2
図 6.1-3	工事用道路計画ルート図.....	6 - 4
図 6.1-4	送電線計画ルート図.....	6 - 5
図 6.2-1	降雨量	6 - 6
図 6.2-2	気温	6 - 7
図 6.2-3	Pakxong 地区における蒸発量.....	6 - 7
図 6.2-4	Bolaven 高原における事業計画地の位置図	6 - 8
図 6.2-5	ラオス国における National Protected Area の位置図.....	6 - 10
図 6.2-6	Champasak 県の行政区分	6 - 11
図 6.3-1	EIA 承認の手順.....	6 - 15
図 6.4-1	Nam Kong1 事業位置図.....	6 - 25
図 6.4-2	Nam Kong1 地点 ダム・発電所計画位置図	6 - 26
図 6.4-3	Houay Lamphan Gnai 地点 ダム・発電所計画位置図	6 - 27
図 6.4-4	セカタム地点 ダム・発電所計画位置図（2004 年時点）	6 - 29
図 6.7-1	セカタム事業地周辺における水況観測所の位置図.....	6 - 45
図 6.7-2	表層水水質調査地点位置図.....	6 - 47
図 6.7-3	ボーキサイト開発権の位置図.....	6 - 49
図 6.7-4	国指定保護区・PPF の位置図	6 - 52
図 6.7-5	森林調査および植物相調査の位置図.....	6 - 57
図 6.7-6	一般的な Nyaheun 族の家屋	6 - 62
図 6.7-7	男性および女性の就学率.....	6 - 63
図 6.7-8	被影響村における主な症状.....	6 - 64
図 6.7-9	Nyaheun 族の伝統衣装	6 - 68

図 6.7-10	被影響村の主な収入源	6 - 70
図 6.7-11	聖地および墓地の位置図	6 - 74
図 6.7-12	墓地の詳細位置図	6 - 75
図 6.7-13	Nyaheun 族の墓地.....	6 - 75
図 6.7-14	Xe Katam の滝.....	6 - 76
図 6.7-15	Pakxong 郡における主な観光地	6 - 76
図 6.7-16	ラオス国における不発弾の分布状況	6 - 77
図 6.10-1	流量毎の Xe Katam 滝の景観.....	6 - 107
図 6.11-1	水質・水生生物モニタリング位置図	6 - 110
図 6.11-2	水文観測位置図	6 - 111
図 6.14-1	環境管理計画の実施体制	6 - 121
図 6.16-1	協議の様子（Nong Mek 村）	6 - 124
図 7.1-1	セカタム水力発電プロジェクトスキーム（案）	7 - 7
図 7.1-2	感度分析結果.....	7 - 11

表リスト

表 1.1-1	電力消費量および最大電力需要の実績.....	1 - 1
表 1.1-2	ピーク需要および電力消費量の想定（ラオス国全体）.....	1 - 1
表 1.1-3	ピーク需要および電力消費量の想定（南部地域）.....	1 - 2
表 2.2-1	ダム水路式および流れ込み式の主要設備.....	2 - 4
表 3.1-1	IPP 事業に関連する法令.....	3 - 1
表 3.1-2	IPP 事業実施に必要な許認可一覧.....	3 - 7
表 3.1-3	ラオス国の主要データ.....	3 - 10
表 3.1-4	ラオス国の面積と人口（2012 予測）.....	3 - 11
表 3.1-5	ラオス国の外国投資の主要分野.....	3 - 11
表 3.1-6	ラオス国の主要生産品目.....	3 - 12
表 3.1-7	ラオス国南部 5 県の面積と人口（2012 予測）.....	3 - 13
表 3.1-8	2025 年までの電源開発の進捗状況.....	3 - 17
表 3.1-9	電力輸出入量の推移.....	3 - 21
表 3.1-10	電力輸入量の推移（国別）.....	3 - 23
表 3.1-11	EDL から EGAT への電力輸出入単価の推移.....	3 - 24
表 3.1-12	EDL と EGAT の電力輸出入量実績（2013 年）.....	3 - 25
表 3.1-13	セカタム水力発電所 発電計画値.....	3 - 26
表 3.1-14	セカタム水力発電所接続後の EDL と EGAT の電力輸出入量の推定.....	3 - 27
表 3.1-15	世銀・ADB の地方電化プロジェクト一覧.....	3 - 28
表 3.1-16	IFC による支援件名.....	3 - 30
表 3.1-17	ADB による支援件名.....	3 - 30
表 3.1-18	世界銀行による支援件名.....	3 - 33
表 3.1-19	ラオス国内の IPP 実績（運転中）.....	3 - 34
表 3.1-20	ラオス国内の IPP の見通し（建設中）.....	3 - 35
表 3.1-21	ラオス国内の代表的な IPP の見通し（PDA 段階）.....	3 - 36
表 3.2-1	弾性波探査実施数量.....	3 - 43
表 3.2-2	ボーリング調査実施数量.....	3 - 43
表 3.2-3	テストピット掘削実施数量.....	3 - 44
表 3.2-4	室内岩石試験実施数量.....	3 - 46
表 3.2-5	室内土質試験実施数量.....	3 - 46
表 3.2-6	岩盤分類基準（電中研式）.....	3 - 49
表 3.2-7	貯水ダムサイトの地質層序.....	3 - 51

表 3.2-8	貯水ダムにおける岩盤透水性の分類	3 - 56
表 3.2-9	貯水ダムの高透水帯における水理地質学的特徴	3 - 57
表 3.2-10	コンクリート砕石品質基準（日本工業規格）	3 - 62
表 3.2-11	主原石山岩石試料の室内試験結果一覧	3 - 63
表 3.2-12	玄武岩試料の室内試験結果一覧	3 - 64
表 3.2-13	貯水ダム周辺の土取場候補地	3 - 65
表 3.2-14	土質試験結果一覧	3 - 67
表 3.2-15	TC-6 の土質材料特性	3 - 69
表 3.3-1	水文解析の概要	3 - 82
表 3.3-2	追加収集した水文データ	3 - 84
表 3.3-3	水文データ収集のまとめ	3 - 84
表 3.3-4	Nong Mek 地点の月雨量（2004－2012）	3 - 85
表 3.3-5	流域年間平均雨量 1989－2012	3 - 89
表 3.3-6	セカタム地点の月平均流量	3 - 92
表 3.3-7	セカタム流域における流量データ整備状況	3 - 93
表 3.3-8	可能最大降水量および確率雨量の推定結果	3 - 94
表 3.3-9	流出係数の算出結果	3 - 96
表 3.3-10	各地点における諸定数	3 - 97
表 3.3-11	主要構造物地点における高水解析結果	3 - 100
表 3.4-1	参加者リスト（第 1 回）	3 - 103
表 3.4-2	参加者リスト（第 2 回）	3 - 104
表 3.4-3	参加者リスト（第 3 回）	3 - 105
表 4.1-1	既往検討の主要諸元	4 - 1
表 4.1-2	発電計画の最適化検討における主な変更点	4 - 1
表 4.1-3	各土木設備の概要	4 - 2
表 4.1-4	貯水池運用の入力条件	4 - 4
表 4.1-5	ペルトン水車とフランシス水車の特徴	4 - 8
表 4.1-6	余水対応の概要	4 - 9
表 4.1-7	余水対応の比較検討結果	4 - 12
表 4.1-8	ペルトン水車とフランシス水車の基本諸元	4 - 12
表 4.1-9	ペルトン水車とフランシス水車の比較検討結果	4 - 12
表 4.1-10	最大使用水量 20m ³ /s における両案検討結果比較	4 - 15
表 4.2-1	主要構造物基本諸元	4 - 16
表 4.2-2	案の比較検討	4 - 22
表 4.2-3	導水路トンネル各断面の仕様	4 - 24

表 4.2-4	水圧鉄管の重量.....	4 - 30
表 4.2-5	発電所地点の不等流計算の結果.....	4 - 33
表 4.3-1	水車の基本諸元.....	4 - 35
表 4.3-2	発電機の基本諸元.....	4 - 36
表 4.3-3	主要変圧器の基本諸元.....	4 - 39
表 4.3-4	115kV 主回路主要機器（開閉所）	4 - 39
表 4.3-5	115kV 主回路主要機器（Pakxong 変電所）	4 - 41
表 4.5-1	プロジェクトエリア周辺の既設送電設備.....	4 - 47
表 4.5-2	ACSR 477 MCM（Hawk）の電線諸元.....	4 - 55
表 4.5-3	OPGW 70 mm ² の電線諸元.....	4 - 55
表 4.5-4	がいし個数の算出.....	4 - 56
表 4.5-5	がいし装置種別.....	4 - 56
表 4.5-6	各種絶縁距離.....	4 - 56
表 5.1-1	施工計画策定における検討項目およびその内容.....	5 - 1
表 5.1-2	施工可能日数（作業日－不稼働日）	5 - 2
表 5.2-1	コンクリート及びフィルター材数量.....	5 - 4
表 5.2-2	各工種 1m ³ 当たり必要粒径の算定.....	5 - 4
表 5.3-1	工事用道路.....	5 - 5
表 5.3-2	トンネル支保パターンと比率.....	5 - 9
表 5.3-3	導水路トンネル月当たり平均進行長算定表	5 - 9
表 5.3-4	各工区掘削工期算定表.....	5 - 9
表 5.3-5	覆工コンクリート内訳表.....	5 - 10
表 5.3-6	工区割と工事用進入路等.....	5 - 12
表 5.3-7	掘削工程.....	5 - 13
表 5.3-8	各工区の鉄管据付.....	5 - 13
表 5.4-1	バッチャープラントの概要.....	5 - 17
表 5.4-2	主要仮設設備と所有面積.....	5 - 17
表 5.4-3	重機最大使用台数	5 - 18
表 5.5-1	プロジェクトコスト.....	5 - 23
表 6.1-1	主要設備の諸元.....	6 - 3
表 6.1-2	工事用道路計画.....	6 - 4
表 6.2-1	Bolaven 高原の地質構造	6 - 8
表 6.3-1	環境社会配慮に関する法令等.....	6 - 13
表 6.3-2	EIA および IEE の手続き	6 - 16

表 6.3-3	環境影響評価に関する政府主要機関	6 - 17
表 6.3-4	天然資源環境省（MONRE）の構成組織	6 - 18
表 6.4-1	ゼロオプションとセカタム水力開発との比較	6 - 19
表 6.4-2	水力開発計画環境影響比較指標	6 - 21
表 6.4-3	水力開発計画環境社会配慮ランク	6 - 22
表 6.4-4	水力開発計画環境社会配慮ランク評価	6 - 23
表 6.4-5	最適設計の諸元（Nam Kong 1 地点）	6 - 24
表 6.4-6	最適設計の諸元（Houay Lamphan Gnai 地点）	6 - 26
表 6.4-7	最適設計の諸元（セカタム地点）	6 - 28
表 6.4-8	水力開発候補地点の絞込み	6 - 30
表 6.4-9	発電方法の比較	6 - 31
表 6.4-10	送電線ルートの比較	6 - 32
表 6.5-1	スコーピング案（発電所）	6 - 33
表 6.5-2	スコーピング案（工事用道路）	6 - 35
表 6.5-3	スコーピング案（送電線）	6 - 37
表 6.6-1	環境社会配慮調査の TOR（発電所）	6 - 39
表 6.6-2	環境社会配慮調査の TOR（工事用道路）	6 - 41
表 6.6-3	環境社会配慮調査の TOR（送電線）	6 - 43
表 6.7-1	Xe Katam 川月間流入量（流域面積 263km ² ）	6 - 46
表 6.7-2	表層水水質調査結果	6 - 47
表 6.7-3	簡易水質調査結果	6 - 48
表 6.7-4	地下水水質調査結果	6 - 48
表 6.7-5	大気質調査結果（2009 年 6 月 8～10 日）	6 - 49
表 6.7-6	大気質調査日の気象（2009 年 6 月 8～10 日）	6 - 50
表 6.7-7	騒音調査結果（2009 年 6 月 8～10 日）	6 - 50
表 6.7-8	JICA ガイドラインにおける保護区における事業実施の条件	6 - 51
表 6.7-9	保護林のカテゴリー	6 - 53
表 6.7-10	Xe Katam 及び Houay Lampham PPF の概要	6 - 53
表 6.7-11	事業影響範囲の植生	6 - 54
表 6.7-12	IUCN レッドリストカテゴリー	6 - 55
表 6.7-13	CITES 付属書カテゴリー	6 - 56
表 6.7-14	ラオス国の「Law on Aquatic Animal and Wildlife, 2007」におけるカテゴリー	6 - 56
表 6.7-15	重要種一覧（植物相）	6 - 58
表 6.7-16	動物相インタビュー結果（最近 5 年間で確認された種）	6 - 59
表 6.7-17	確認重要種一覧（魚類）	6 - 60
表 6.7-18	確認種一覧（植物プランクトン・動物プランクトン）	6 - 61

表 6.7-19	被影響村の人口.....	6 - 61
表 6.7-20	被影響村の就学率.....	6 - 62
表 6.7-21	被影響村から保健機関までの距離.....	6 - 63
表 6.7-22	疾病時の対応.....	6 - 63
表 6.7-23	出生率および死亡率.....	6 - 64
表 6.7-24	年齢別死亡率.....	6 - 64
表 6.7-25	被影響村のタンパク質摂取状況.....	6 - 65
表 6.7-26	被影響村の米自給率.....	6 - 65
表 6.7-27	家計水準の定義.....	6 - 66
表 6.7-28	被影響村の家計水準.....	6 - 66
表 6.7-29	ラオス国の民族グループ.....	6 - 67
表 6.7-30	被影響村の民族構成.....	6 - 68
表 6.7-31	Nyaheun 族の特性の整理.....	6 - 69
表 6.7-32	被影響村の信仰宗教.....	6 - 69
表 6.7-33	村の組織.....	6 - 70
表 6.7-34	村別産業別の収入.....	6 - 71
表 6.7-35	世帯当たりの収入状況.....	6 - 71
表 6.7-36	被影響村における飲料水の供給状況.....	6 - 71
表 6.7-37	河川利用調査結果.....	6 - 72
表 6.7-38	電力供給状況.....	6 - 73
表 6.7-39	被影響村で確認された Nyaheun 族の聖地および墓地.....	6 - 73
表 6.7-40	架空送電線の被影響村.....	6 - 78
表 6.7-41	架空送電線の被影響村の民族構成.....	6 - 78
表 6.7-42	架空送電線 ROW 内の土地利用状況.....	6 - 79
表 6.7-43	発電所下流域の人口および民族構成.....	6 - 80
表 6.7-44	発電所下流域 3 村の就学率（2010 年）.....	6 - 81
表 6.7-45	米の自給率（Nam Hieng 村）.....	6 - 81
表 6.7-46	Xe Namnoy 村の農業による収入減および収入.....	6 - 82
表 6.7-47	Xe Namnoy 村の農業以外の収入源および収入.....	6 - 82
表 6.8-1	各区域での影響を受ける住民.....	6 - 83
表 6.8-2	環境影響評価（Zone 1）.....	6 - 84
表 6.8-3	環境影響評価（Zone 2）.....	6 - 86
表 6.9-1	用地取得・住民移転に係る事業コンポーネント.....	6 - 88
表 6.9-2	JICA ガイドラインとラオス国法制度との乖離.....	6 - 90
表 6.9-3	Number of Project Affected Area and Units (Resettlement).....	6 - 92
表 6.9-4	Number of Project Affected Area and Units (Land Acquisition).....	6 - 93

表 6.9-5	Land Use and Cost for Compensation_Zone 1	6 - 94
表 6.9-6	Land Use and Cost for Compensation_Zone 2_Tower	6 - 95
表 6.9-7	Affected Structures_Zone 2_ROW of Transmission Line	6 - 95
表 6.9-8	補償基準 (Zone 1)	6 - 97
表 6.9-9	補償基準 (Zone 2)	6 - 98
表 6.10-1	緩和策 (Zone 1)	6 - 100
表 6.10-2	緩和策 (Zone 2)	6 - 102
表 6.10-3	環境流量の検討例	6 - 104
表 6.10-4	ラオス国での環境流量実績	6 - 105
表 6.10-5	Nong Mek 村における流量観測値	6 - 105
表 6.10-6	Xe Katam 川の単位流域面積あたり流量実測	6 - 105
表 6.10-7	環境流量	6 - 106
表 6.10-8	観測流量	6 - 106
表 6.11-1	工事中の環境保全計画	6 - 108
表 6.11-2	供用中の環境保全計画	6 - 109
表 6.11-3	地域開発計画	6 - 112
表 6.11-4	民族への影響と緩和策	6 - 113
表 6.12-1	政府機関によるモニタリング評価体制	6 - 115
表 6.12-2	自然環境モニタリング計画	6 - 115
表 6.12-3	水質 (飲料水) モニタリング調査項目	6 - 116
表 6.12-4	廃棄物 (排水) モニタリング調査項目	6 - 117
表 6.12-5	水質 (水生生物) 調査項目	6 - 117
表 6.12-6	河川横断調査項目	6 - 117
表 6.12-7	社会環境モニタリング計画	6 - 118
表 6.14-1	用地取得・住民移転および環境管理計画実施機関の役割	6 - 120
表 6.14-2	実施スケジュール	6 - 121
表 6.15-1	環境対策予算	6 - 122
表 6.16-1	住民協議およびステークホルダー協議実施状況 (発電所区域)	6 - 125
表 6.16-2	発電所区域第 1 回住民協議の概要	6 - 126
表 6.16-3	発電所区域第 2 回住民協議の概要	6 - 127
表 6.16-4	発電所区域第 3 回住民協議の概要	6 - 129
表 6.16-5	発電所区域第 4 回住民協議実施状況	6 - 129
表 6.16-6	PCM Follow-up Meeting の対象村	6 - 133
表 6.16-7	流れ込み式案に対する被影響村の意見	6 - 134
表 6.16-8	ダム水路式案の被影響村の意見	6 - 134
表 6.16-9	住民協議およびステークホルダー協議実施状況 (送電線区域)	6 - 134

表 6.16-10	送電線区域第 1 回住民協議参加者.....	6 - 135
表 6.16-11	送電線区域第 2 回住民協議実施状況.....	6 - 136
表 7.1-1	事業モデルの比較.....	7 - 1
表 7.1-2	環境社会配慮に関する官民の役割分担（CA 締結後から運営段階）	7 - 3
表 7.1-3	GOL Undertaking 事例.....	7 - 5
表 7.1-4	キャッシュフロー分析におけるインプットパラメータ（基本ケース）	7 - 9
表 7.1-5	キャッシュフローの分析結果.....	7 - 10
表 7.1-6	パラメータの変動範囲.....	7 - 11
表 7.3-1	EDL 貸借対照表（2009-2012 年）	7 - 14
表 7.3-2	損益計算書（2009-2012 年）	7 - 15
表 7.3-3	キャッシュフロー計算書（2009-2012 年）	7 - 16

略 語 集

略 語	英語表記	日本語表記
ACSR	Aluminum Conductor Steel Reinforced	鋼心アルミより線
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AIDS	Acquired Immune Deficiency Syndrome	後天性免疫不全症候群
amsl	above mean sea level	平均海面標高
AP	Affected People	被影響住民
ASR	Alkaline-Silica Reaction	アルカリ・シリカ骨材反応
BLT	Build, Lease, Transfer	建設・リース・移転
BOO	Build, Own, Operate	建設・所有・運営
BOT	Build, Own, Transfer	建設・所有・移転
CA	Concession Agreement	事業権契約
C.A.	Catchment Area	集水面積
CC	Compensation Committee	県に設立される補償委員会
cct	Circuit	回線
CEAR Insurance	Construction & Erection All Risks Insurance	建設・組立オールリスク保険
CEMMP	Contractor's Environmental Management and Monitoring Plan	請負会社の環境管理モニタリング計画
CFRD	Concrete Facing Rockfill Dam	コンクリート遮水型ロックフィルダム
CIGRE	Conseil international des grands réseaux électriques	国際大電力システム会議
CITES	Convention of International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora	絶滅のおそれのある野生動植物の種の国際取引に関する条約
COD	Commercial Operation Date	商用運転開始日
COD	Chemical Oxygen Demand	化学的酸素要求量
CRIEPI	Central Research Institute of Electric Power Industry	財団法人電力中央研究所(日本)
CSG	Cemented Sand and Gravel	セメント固結
DAF	Department of Agriculture and Forestry in province	県農業森林局
DEB	Department of Electricity Business in MEM	鉱業エネルギー省電力ビジネス局
DLUP	Department of Land Use and Planning	土地利用計画局
DESIA	Department of Environment and Social Impact Assessment in MONRE	天然資源環境省環境社会影響評価局
DO	Dissolved Oxygen	溶存酸素量
DOE	Department of Electricity in MEM	エネルギー鉱業省電力局
DOF	Department of Forestry in MAF	森林局
DONRE	District Office of Natural Resource and Environment	郡天然資源環境局
DSCR	Debt Service Coverage Ratio	元利金返済カバー率
DWG	District Working Group	郡ワーキンググループ
EC	Environment Committee	県に設立される環境委員会
ECO	Environment and Community Office	事業者の環境地域住民担当部署
EDL	Electricité du Laos	ラオス国電力公社
EGAT	Electricity Generating Authority of Thailand	タイ電力公社
EIA	Environment Impact Assessment	環境影響評価
EIRR	Equity Internal Rate of Return	株式内部収益率

略 語	英語表記	日本語表記
EMMP	Environmental Management and Monitoring Plan	環境管理モニタリング計画
EPA	Ethnic People Assessment	民族影響評価
EPC	Engineering Procurement Construction	設計・調達・建設
ESIA	Environmental and Social Impact Assessment	環境社会影響評価
FIDIC	Fédération International des Ingenieurs - Consdeil	国際コンサルティング・エンジニア連盟
FIRR	Finance Internal Rate of Return	財務的内部収益率
Fm.	Formation	地層(群)
F/S, FS	Feasibility Study	実施可能性調査
FY	Fiscal Year	会計年度
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GHG	Greenhouse Gas	地球温暖化ガス
GMS	Greater Mekong Sub-Region	大メコン圏
GNI	Gross National Income	国民総所得
GNP	Gross National Product	国民総生産
GOL	Government of Lao PDR	ラオス国政府
GPS	Global Positioning System	全地球測位網
GRC	Grievance Resolution Committee	苦情処理委員会
HC	Head Contractor	主請負工事業者
HH	Household	家庭
HIV	Human Immunodeficiency Virus	ヒト免疫不全ウイルス
Hz	Hertz	ヘルツ
IEC	International Electrotechnical Commission	国際電気標準会議
IEE	Initial Environment Examination	初期環境影響評価
IFC	International Finance Corporation	国際金融公社
IPP	Independent Power Producer	独立系電気事業者
IRR	Internal Rate of Return	内部収益率
IUCN	International Union for Conservation of Nature	国際自然保護連合
JBIC	Japan Bank for International Cooperation	国際協力銀行
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
JIS	Japan Industrial Standard	日本工業規格
JPY	Japanese Yen	日本円
KANSAI	Kansai Electric Power Co., Inc.	関西電力株式会社
kV	Kilo-Volt	キロボルト
kVA	Kilo Volt Ampere	キロボルトアンペア
kW	Kilo Watt	キロワット
Lao PDR	Lao People's Democratic Republic	ラオス国人民民主共和国
LFNC	Lao Front for National Construction	ラオス国国家建設戦線
LURC	Land Use Right Certificate	土地使用権証明
m³/s	Cubic Meter per Second	立方メートル／秒
MAF	Ministry of Agriculture and Forestry	農業森林省
Marine DSU Insurance/ Marine ALOP Insurance	Marine Delay in Start-Up Insurance, Advance Loss Of Profits Insurance	海上運営開始遅延保険
MEM	Ministry of Energy and Mines	鉱業エネルギー省

略 語	英語表記	日本語表記
MIC	Ministry of Information and Culture	情報文化省
MOF	Ministry of Finance	財務省
MOH	Ministry of Health	健康省
MONRE	Ministry of Natural Resources and Environment	天然資源環境省
MOU	Memorandum of Understanding	基本合意書
MPI	Ministry of Planning and Investment	計画投資省
MPWT	Ministry of Public Works and Transport	公共事業運輸省
MW	Mega Watt	メガワット
NAFRI	National Agricultural and Forestry Research Institute	国立農業森林研究所
NATM	New Austrian Tunneling Method	新オーストリアトンネル工法
NBCA	National Biodiversity Conservation Area	国立生物多様性保護地域
NEF	New Energy Foundation	新エネルギー財団
NLMA	National Land Management Authority	国有地管理部門
NPAD	National Protected Area Division	国家保護地域課
NSEIA	Natural, Social and Environmental Impact Assessment	自然社会環境影響評価
NSEDPP	National Socio-Economic Development Plan	第7次社会経済開発計画
NSEMMP	Natural, Social and Environmental Management and Monitoring Plan	自然社会環境管理モニタリング計画
NTFP	Non Timber Forest Product	非木材林産物
NGO	Non-Governmental Organization	非政府組織
O & M	Operation & Maintenance	運転維持管理
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
OPGW	Optical fiber Ground-Wire	光ファイバ複合架空地線
PAP	Project Affected Person	被影響住民
PDA	Project Development Agreement	プロジェクト開発契約
PDEM	Provincial Department of Energy and Mines	県エネルギー鉱業局
PDP	Power Development Plan	電力開発計画
PEA	Provincial Electricity Authority	タイ地方電力公社
PONRE	Provincial Office of Natural Resource and Environment	県天然資源環境局
PPA	Power Purchase Agreement	売電契約
PPF	Provincial Protect Forest	県保護森林
PPP	Public-Private Partnership	官民連携
ROW	Right of Way	(送電線)線下用地
SCADA	Supervisory Control Data Acquisition	SCADAシステム
SCM	Stakeholder Consultation Meeting	利害関係者コンサルテーション会議
SHA	Share Holder's Agreement	株主間協定
SIA	Social Impact Assessment	社会影響評価
SMMP	Social Management and Monitoring Plan	社会環境管理モニタリング計画
SPC	Special Purpose Company	特別目的会社
SPT	Standard Penetration Test	標準貫入試験
SS, S/S	Substation	変電所
TGCR	Technical Guideline on Compensation and Resettlement	補償移転技術指針

略 語	英語表記	日本語表記
TOR	Terms of reference	(環境社会調査)実施要領
TPES	Total Primary Energy Supply	一次エネルギー総供給量
TR	Technical Report	技術報告書
UCS	Unconfined Compression Strength	一軸圧縮強度
USBR	U.S. Bureau of Reclamation	米国内務省開拓局
USD	United States Dollar	米ドル
UXO	Unexploded ordinance	不発弾
VC	Village Committee	村委員会
WB	World Bank	世界銀行
XKHC	Xe Katam Hydropower Company (project company)	セカタム水力会社(事業会社)

第 1 章 調査概要

第 1 章 調査概要

1.1 調査の背景、経緯

近年の好調な経済発展に伴い、ラオス人民民主共和国の国内電力需要は、2014 年時点の最大需要電力（ピーク需要）は 908MW、電力消費量が年間 4,221GWh と、過去 10 年でピーク需要は約 4 倍、消費電力量は約 5 倍と極めて高い伸びを示した。

また、2015 年以降も、最大電力需要（ピーク需要）は年率約 15%、電力消費量は年率約 17% と高い伸び率が想定されている。同国南部地域の電力消費量についても、堅実な経済発展が見込まれることから、ラオス国全体平均並みの年率約 16%もの高い増加が想定されている。これら需要増に適切に対応するため、速やかな電力供給体制の強化が求められている。

表 1.1-1 電力消費量および最大電力需要の実績

Area/Year	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Average Growth Rate	
												2004–2008	2004–2014
Energy Consumption (GWh)													
North	153.0	170.0	229.0	284.0	341.0	415.0	558.0	714.0	870.0	1,172.7	1,290.0	22.2%	23.8%
Vientiane Capital	500.0	556.0	721.0	770.0	850.0	902.0	983.0	1,028.0	1,184.0	1,294.2	1,423.6	14.2%	11.0%
South	250.0	284.0	450.0	589.0	598.0	602.0	613.0	658.0	814.0	1,370.5	1,507.6	24.4%	19.7%
Total	903.0	1,010.0	1,400.0	1,643.0	1,789.0	1,919.0	2,154.0	2,400.0	2,868.0	3,837.4	4,221.2	18.6%	16.7%
Growth Rate	10%	12%	39%	17%	9%	7%	12%	11%	20%	34%	10%	–	–
Peak Load (MW)													
North	55.6	67.8	86.0	95.0	105.8	128.8	158.0	201.0	216.0	219.8	234.4	17.4%	15.5%
Vientiane Capital	75.8	81.5	93.0	104.0	140.0	208.6	249.0	260.0	300.4	332.0	343.7	16.6%	16.3%
South	118.0	142.0	153.0	165.0	175.0	179.0	183.0	187.6	190.1	212.0	330.2	10.4%	10.8%
Total	249.4	291.3	332.0	364.0	420.8	516.4	590.0	648.6	706.5	763.8	908.3	14.0%	13.8%
Growth Rate	11%	17%	14%	10%	16%	23%	14%	10%	9%	8%	19%	–	–

Remark : The data in horizon 2005 to 2009 are including energy consumption of Sepon Gold/Copper mine and Mahaxai Cement factory.

(出典：「Power Development Plan (PDP 2015-2025), Appendix 1-12, EDL, 2014」を元に調査団にて作成)

表 1.1-2 ピーク需要および電力消費量の想定(ラオス国全体)

Descriptions	Units	2015	2020	2025	Growth Rate (%)	
					2015-2020	2015-2025
Energy Demand (Excluding system losses)	Gwh	6,485.4	17,693.0	30,929.9	22.2%	16.9%
System Losses	GWh	929.3	1,982.6	3,443.5	-	-
	%	12.53%	10.08%	10.02%		
Energy Demand (Including system losses)	GWh	7,414.7	19,675.6	34,373.4	21.6%	16.6%
Peak Load	MW	1,370.9	3,345.0	5,592.9	19.5%	15.1%
Load Factor	%	61.7%	67.1%	70.2%	-	-

(出典：「Power Development Plan (PDP 2015-2025), Table 2.1-5, EDL, 2014」を元に調査団にて作成)

表 1.1-3 ピーク需要および電力消費量の想定(南部地域)

Descriptions	Units	2015	2020	2025	Growth Rate (%)	
					2015-2020	2015-2025
Energy Demand (Excluding system losses)	Gwh	909.7	1,840.6	3,877.6	15.1%	15.6%
System Losses	GWh	104.8	192.0	384.6	-	-
	%	10.33%	9.45%	9.02%		
Energy Demand (Including system losses)	GWh	1,014.6	2,032.6	4,262.2	14.9%	15.4%
Peak Load	MW	191.8	360.8	677.4	13.5%	13.4%
Load Factor	%	60.4%	64.3%	71.8%	-	-

(出典：「Power Development Plan (PDP 2015-2025), Table 2.1-4, EDL, 2014」を元に調査団にて作成)

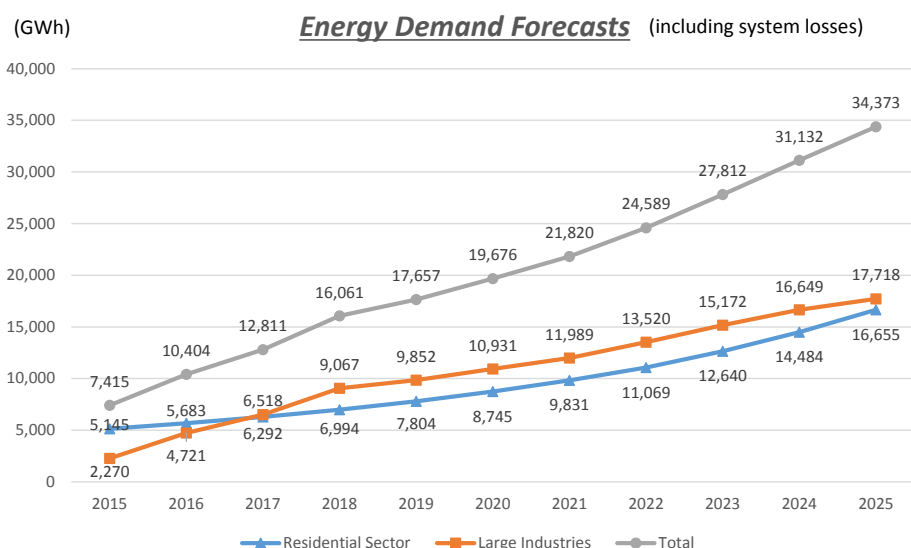


図 1.1-1 セクター別電力消費量の想定(ラオス国全体)

(出典：「Power Development Plan (PDP 2015-2025), Appendix 2-19, EDL, 2014」を元に調査団にて作成)

同国の電力供給は、豊かな包蔵水力を活用した水力発電と、近隣国（タイ、中国、ベトナム）からの電力融通による。国内の電源開発は、国営のラオス電力公社（EDL：Electricité du Laos）と独立系電気事業者（IPP：Independent Power Producer）が担う。特に 1990 年代以降は、同国政府が IPP による電源開発を積極的に推進する方針を打ち出したことから、今後 IPP の導入が急速に拡大する見込みである。しかしながら、これら IPP の大半がタイへの売電を主とするものであり、国内の電力需給緩和への貢献は限定的であることから、今後、国内向けの IPP の開発促進が喫緊の課題となっている。

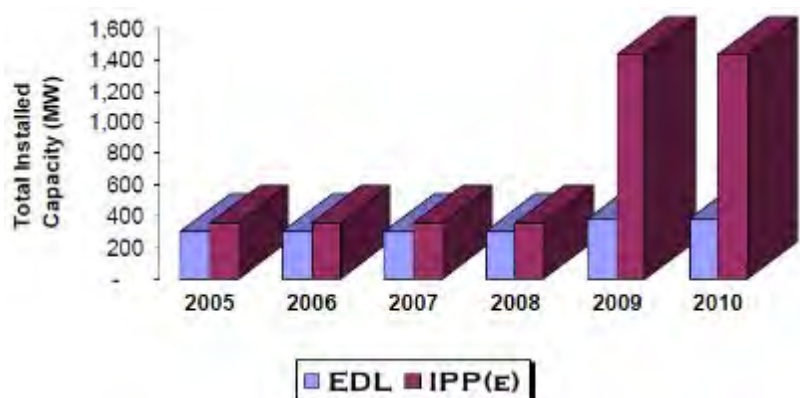


図 1.1-2 発電設備容量の実績推移

(出典：「Power Development Plan (PDP 2010-2020), Part I Present Status」 EDL, August 2010)

同国の第 7 次社会経済開発計画（NSEDП：National Socio-Economic Development Plan）においては、経済成長率 8%以上、2020 年までの低開発国（LDC）からの脱却等を目標に掲げており、その中の重要施策の 1 つが電力セクターである。

NSEDП では、豊富な包蔵水力を活用して、国際産業発展に貢献するとともに、電力輸出を通じた「ASEAN のバッテリー」となることが謳われている。これを実現するため、海外からの譲許性の高い資金調達、電力関連法制度や規制の確立・強化、投資誘致促進を目的とした IPP による電源開発の効果的かつ透明性の高い仕組み作り等を、政府全体で取り組んでいるところである。既にタイへは 7,000MW、ベトナムへは 5,000MW を輸出する覚書を交わす等、主に IPP による電力輸出については比較的順調に進展しており、外貨獲得による経済発展に貢献してきている。しかし、近年、年率 8%程度の堅調な経済成長や電化率の急速な拡大等により、国内電力需要の伸びが従来計画を遥かに上回り、2007 年以降は近隣諸国からの電力輸入が輸出を上回る結果となっている（図 1.1-3 参照）。同国の電力事情は、北部地域、中央地域、南部地域の 3 つに分断された送電線網や、不足する国内向けの電力供給により、隣接するタイからの輸入電力に頼らざるを得ない状況が恒常的に続いている。このため、現状の EDL とタイ電力公社（EGAT）との売電契約は EGAT に有利な条件となっており、輸入電気料金は輸出電気料金よりも単価が高く設定されていることから、EDL の収支に悪影響を及ぼしている。

ラオス国政府は、エネルギー安全保障や同国の国際収支改善の観点から、この不均衡な契約を将来的に解消していくことを検討している。そのためには、タイ国からの輸入電力に頼らない自国での電力供給体制を強化することが重要であることから、分断しているラオス国内の送電線網を接続し、同国で一体運用できるように送電線網の整備を進めるとともに、不足する国内向け電源の開発を積極的に進めることとしている。

本調査は、係る背景のもと、同国の中での電力不足を解消し、同国の経済発展に寄与するために開発する国内向け IPP の建設に関わる検討を実施する。また、合わせて開発による利益の地域の貧困層への裨益、とりわけ電力アクセスの改善を目的として検討を実施するものである。

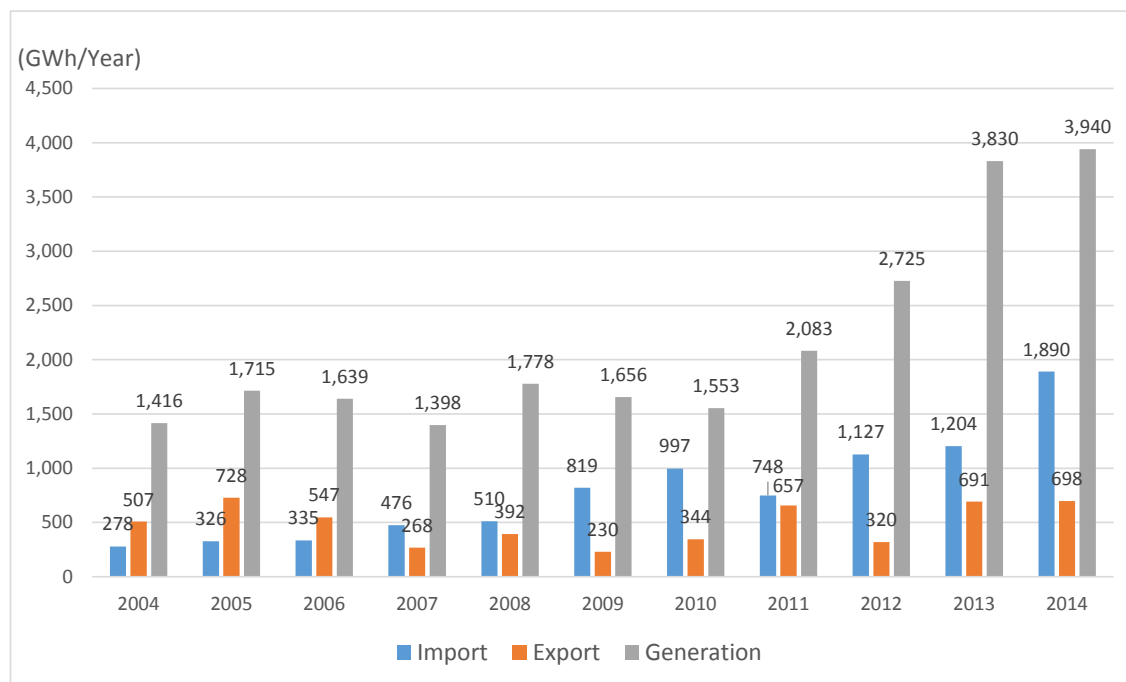


図 1.1-3 輸出入電力量の実績推移

(出典：「Power Development Plan (PDP 2015-2025), Fig. 1.8-1, EDL, 2014)

1.2 調査の目的

本調査は、EDL 向けセカタム水力 IPP 事業の実施にあたり、当該事業の目的および効果、概要、事業費、実施スケジュール、実施（調達・施工）方法、事業実施体制、運営・維持管理体制、環境および社会面の配慮等、投融資の審査に必要な調査を行うことを目的とする。

第 2 章 プロジェクト概要

第2章 プロジェクト概要

2.1 プロジェクトの位置

図 2.1-1 にプロジェクトの位置を、図 2.1-2 にプロジェクト位置（拡大）を示す。

発電所はラオス国南部、Champasak 県の Bolaven 高原に位置し、ラオス国第2の都市である Pakse から東へ 80km の地点に建設予定である。Xe Namnoy 川の支流の1つの Xe Katam 川の水を利用し、発電した電力は送電線を経由して Pakxong 変電所に連系する予定である。また、既設道路からのアクセスは良好である。



図 2.1-1 プロジェクトの位置

(出典：調査団作成)



図 2.1-2 プロジェクトの位置(拡大)

(出典：調査団作成)

2.2 プロジェクトの概要

本プロジェクトは、2004年にラオス国政府と開発に係るMOU締結し、2007年に独占開発権（PDA）をラオス国政府から取得し、開発を続けてきた案件である。

2007年以降、近隣諸国からの電力輸入が輸出を上回る状況になり、ラオス国内の電力需給が逼迫してきたことから、2008年にラオス国政府からの強い要請を受け「タイ国売りからラオス国内売り」へと計画を変更した。

その結果、売電単価の安いラオス国内売りへの変更に伴い事業採算性が大幅に厳しくなったため、ローコストで迅速な事業開発が可能なプロジェクトスキームを目指し、発電方式・発注方式等の検討を重ねた。

図 2.2-1 に、2006 年当時のプロジェクト概要図を示す。

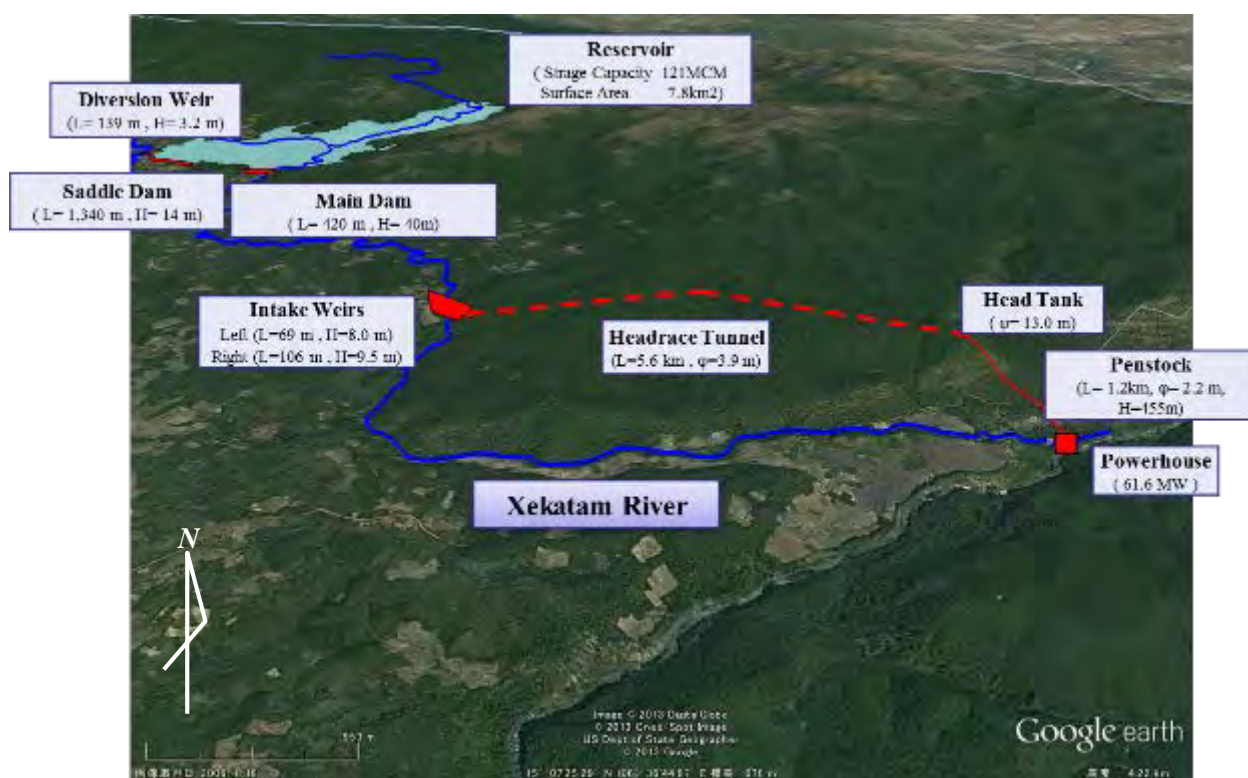


図 2.2-1 2006 年当時のプロジェクト概要図

(出典：調査団作成)

2006 年計画の主な諸元は以下の通りである。

- ・発電形式：ダム水路式
- ・タービン形式：ペルトン

- ・最大発電出力 : 60.8MW
- ・最大使用水量 : 16m³/s
- ・有効高さ : 455m
- ・年間発生電力量 : 380 GWh
- ・有効貯水量 : 115 million m³

2006年当時は、ダム水路式（ダム有り案）で計画されていたが、今回の調査において経済性や周辺への環境負荷低減の観点からダム水路式だけでなく流れ込み式についても検討を行った。

プロジェクト概要図を図 2.2-2 に示す。



図 2.2-2 プロジェクト概要図

(出典：調査団作成)

プロジェクトの仕様の概要は以下の通りである。タービン形式は発電出力の最適検討等の結果、ペルトンからフランシスに変更した。

プロジェクトの仕様詳細等は、第4章で述べる。

- ・発電形式 : 流れ込み式
- ・タービン形式 : フランシス
- ・最大発電出力 : 81MW
- ・最大使用水量 : 20m³/s
- ・有効高さ : 457m
- ・年間発生電力量 : 299GWh

ダム水路式案および流れ込み式案の主要設備は以下の通りである。

表 2.2-1 ダム水路式および流れ込み式の主要設備

ダム水路式	流れ込み式
- 引水堰	—
- 副ダム	—
- 主ダム	—
- 原石山、土取場	—
- 取水堰	- 取水堰
- 沈砂池	- 沈砂池
- 導水路	- 導水路
- 水槽	- 水槽
- 水圧鉄管	- 水圧鉄管
- 発電所	- 発電所
- 送電線（発電所～Pakxong 変電所）	- 送電線（発電所～Pakxong 変電所）

2.3 プロジェクトの検討結果

ダム水路式案のみで必要となる設備（主ダム、副ダム、引水堰等）及び共通の設備（取水堰、導水路、発電所等）に関連して第 3 章「調査」で地質調査及び水文解析を行い、第 4 章「設計」で両発電方式の比較検討を行った。

その結果、発電方式は流れ込み式を採用し、主ダム・副ダム等は建設しないこととなった。詳細は、第 4.1.4 節「土木・電気設備を考慮した最適規模の検討」に記す。

第3章 調 査

第3章 調 査

3.1 事業に係る法務・電力セクター調査

3.1.1 ラオス国の法制度・法令に関する調査

IPP 事業実施にあたり関連する法令を表 3.1-1 に示す。

表 3.1-1 IPP 事業に関連する法令

名 称	名称（英名）	制定年月
電力法	Electricity Law	2011/12 改正
企業法	Enterprise Law	2005/12
投資促進法	Investment Promotion Law	2009/ 7
土地法	Land Law	2003/10
税法	Tax Law	2011/12 改正
関税法	Customs Law	2011/12 改正
環境関連法案	第 6 章に記述	—

(1) 電力法

電力法は、ラオス国の電気事業に関する基本法であり、発電から送配電に至る電気事業全般について、電気事業の投資、設立、利権申請の手順、プロジェクトの許可等について定められている。特に IPP 事業実施に関係する電力事業の利権申請手順として、

- (a) 基本合意書（MOU ; Memorandum of Understanding）の署名
- (b) プロジェクト開発契約（PDA ; Project Development Agreement）の署名
- (c) 事業権契約（CA ; Concession Agreement）の署名と各種契約

と定められており、また、期限については、次のとおり定められている。

- (a) MOU、PDA は政府の了解で延長することは可能であり、MOU または PDA の延長申請は、その契約が切れる 1 ヶ月前に申請しなければならない。
- (b) PDA の延長は、1 回の延長は 6 ヶ月以内とし、輸出用の発電プロジェクトの延長は 3 回以内、国内向け発電プロジェクトの延長は 2 回以内。
- (c) CA の期限は、CA 署名日より 30 年以内。

なお、MOU、PDA および CA については、法的に明確な定義はないものの、それぞれの内容は以下のとおりである。

(a) MOU

開発の初期段階において、事業者は概略調査結果を元に、水力発電所開発の可能性のある地点についてラオス国政府に申請、ラオス国政府がこれを許可し、MOU が締結される。

(b) PDA

MOU を取得した事業者は、環境社会面、技術面、財務的観点から可能性調査（F/S）を実施する。事業者はその結果をラオス国政府に報告し、ラオス国政府がその事業者において実現可能性が高いと判断した場合には、PDA が締結される。

(c) CA

PDA 期間内において、事業者は F/S 結果を元に詳細な設計業務およびそれに基づく建設工事契約、ファイナンス組成、パートナー組成、売電契約交渉、ラオス国政府との許認可条件（租税、土地利用権他）等について、協議、交渉を行う。また、環境社会面においても詳細な調査を行い、影響低減策やモニタリング計画を策定する。これらの事項について、ラオス国政府を含めた関係者間で合意し、開発に関する許認可条件を取り纏めて、CA を締結する。

(2) 企業法

企業法は、ラオス国での会社設立、運営、管理に関する原則を定めている。特に発電の特別目的会社（SPC）は有限会社に整理され、SPC 設立の手続きならびに運営方法（配当金、積立金、監査等）について、企業法にて定められている。

【有限会社の設立】

有限会社の設立は次の段取りと条件で行われなければならない、

- (a) 二人以上の共同設立を必要とする。有限会社の本社が所在する企業免許担当員に企業設立契約書を提出する。
- (b) 企業設立契約書を提出後は全株の購入予約者を探す。しかし、購入予約者の一般公開を禁じる。株購入予約者は「株予約者」と呼ぶ。
- (c) 有限会社設立会議を実施。

- (d) 有限会社設立者は全業務の責任者として有限会社設立会議で当選した代表取締役社長を起用する。
- (e) 代表取締役社長は有限会社設立者または株予約者から株の支払を要求する。
- (f) 株の支払が条件に達した後、代表取締役社長は株の支払が条件に達した日から 30 日以内に会社の免許を登録申請する。

(3) 投資促進法

投資促進法は、国内外投資に関する規則または対策を定め、投資の促進、管理を行い投資環境を整備し、投資家の権利を守ることを目的としている。

投資の事業種類大きく 3 つに分かれており、電気事業は利権事業として整理されている。

また、促進される分野（3 分野）ならびに投資促進区域（3 地域）に分かれており、その区分により、法人税の免税期間が定められている。

電力事業は、第一位の促進事業に整理されている。また、本事業の区域は、第 1 区域もしくは第 2 区域に整理されている。

ただし、「鉱山採取、電力または植林事業の利権事業に関しては、その関連法に従う。」と定められており、詳細は今後の事業権交渉での調整事項となる。

なお、電力事業については、外国企業による出資規制は特に定められていない。

【投資の事業種類】

投資者は次の事業種類に投資することができる、

- － 一般事業
- － 利権事業
- － 経済特区と経済特定区の開発事業

【促進される分野】

促進される分野は、農業、工業、工芸またはサービスがある。その詳細は政府が決め、3 段階に別れ、政府の優先事業、貧困撲滅事業、国民生活水準向上事業、インフラ開発、人材開発、雇用創出またはその他の事業に基づく。

促進には次の 3 段階に別れる

第一位： 最高レベルで促進される各分野

第二位： 中位レベルで促進される各分野

第三位： 低位レベルで促進される各分野

（注：促進レベルの違いについて、明確な基準はない）

【投資促進区域】

投資促進区域は、経済・社会のインフラ状況または地理的に3区域に決められる

第1区域：経済・社会のインフラが投資環境にまだ不便または地理的に大半山岳地帯で遠い。

当区域は最高レベルで促進される。

第2区域：経済・社会のインフラが投資環境にある程度整備されまたは地理的に第1区域より良い。当区域は中位レベルで促進される。

第3区域：経済・社会のインフラが投資環境に適され、当区域は低位レベルで促進される。

各投資促進リストの詳細は、特別の規定で定められる。

【法人税面の政策】

1. 第1区域

- － 第一位の促進事業は法人税10年間免税
- － 第二位の促進事業は法人税6年間免税
- － 第三位の促進事業は法人税4年間免税

2. 第2区域

- － 第一位の促進事業は法人税6年間免税
- － 第二位の促進事業は法人税4年間免税
- － 第三位の促進事業は法人税2年間免税

3. 第3区域

- － 第一位の促進事業は法人税4年間免税
- － 第二位の促進事業は法人税2年間免税
- － 第三位の促進事業は法人税1年間免税

法人税免税期間は、事業開始日から開始する。また新製品開発、研究事業または新技術開発事業の免税開始は、利益が出た日からとする。上記のような法人税免税期間が満了した後は、当事業は税法に基づいて税金を支払わなければならない。

鉱山採取、電力または林業（森林伐採事業）の利権事業に関しては、その関連法に従われる。

【他の関税、税金の政策】

投資者は法人税の免税の他に、次の他の関税、税金の緩和が受けられる、

1. 次年度の法人税免税

事業利益を事業の拡大に追加投資した場合。

2. 輸入関税の免税

事業の生産に直接使用される材料、部品または車の場合。

その他物品の輸入税金の免除は特別なものに対し特別規定に従う。

(4) 土地法

憲法 17 条により、土地は国家の所有であることが定められているが、土地法により国土の有効活用のために、個人、家族、法人に対し、使用すること（use）、貸借すること(lease)、権益の設定（concession）が認められている。

土地法は、効率的に土地を管理、保護ならびに使用する目的で定められている。
効率的な管理のため、土地を 4 地域、8 区分に分類し、それぞれの監督官庁を定めている。

【土地の区分と種類】

全国の土地の区分と種類は以下のとおり。

1. 地 域 (Region)

- － 都会 (Urban Region)
- － 地方 (Rural Region)
- － 経済特定区 (Specific Economic Region)
- － 経済特区 (Special Economic Region)

2. 区 分 (Category)

- － 農地 (Agricultural Land)
- － 森林 (Forest Land)
- － 水面 (Water Area Land)
- － 工業用地 (Industrial Land)
- － 運輸用地 (Communication Land)
- － 文化用地 (Cultural Land)
- － 国家・公安保護用地 (Land for national defence and security)
- － 建設用地 (Construction Land)

土地の区分の変更は国会 (National Assembly) の承認を必要とする。本事業においては、農地、森林および水面に区分された土地を工業用地に変更することが必要である。

土地の使用権を設定においては、土地使用者の権利を確認する必要があるが、土地登記は都市地域を除いてほとんど実施されていないため、あらかじめ慣習的使用権にもとづく土地の権利を登記する必要がある。慣習的使用権は、土地法施工規則により定められている。

(5) 税 法

税法は、税金の種類、適用範囲ならびに税率を定めるものである。免税、減税に関しては、「投資促進法に基づく」と規定されている。

【免税・減税に関して】

免税と減税の対象は次の場合となる。

1. 多国間との条約に基づく。多重または脱税の防止とラオス国が加盟しているその他の条約。
2. 投資推進法に基づく。
3. 国会承認を得た国家レベルで重要なプロジェクト。
4. 国会常任理事会の承認を得た、もしくは政府が提案した特別な政策が必要とする予期せぬ状況あるいは自然災害。例えば、嵐、病気、洪水、干ばつ、地震、火事その他の場合で広範囲な被害が発生した場合。

(6) 関税法

関税法は、輸出入に関する税の適用範囲ならびに税率を定めたものである。ただし、「輸入品の免税、減税は投資促進法において実施条件を定めている」と記されている。

【投信推進ための免税・減税】

投資推進法に基づく全輸入に関して、その優先と条件は投資推進法のみに従う。

(7) 事業許認可手続き

IPP 事業の許認可手続きは、電力法、企業法、投資促進法に従い実施する。IPP 事業実施に必要な許認可は表 3.1-2 のとおりである。

表 3.1-2 IPP 事業実施に必要な許認可一覧

名称	関連機関	取得状況
MOU (Memorandum of Understanding)	MPI	2004.09 締結
PDA (Project Development Agreement)	MPI	2007.12 締結
CA (Concession Agreement)	MEM	—
PPA (Power Purchase Agreement)	EDL	—
SHA (Share Holder Agreement)	MPI	—
ESIA (Environmental and Social Impact Assessment)	MONRE	—
LPA (Land Procurement Agreement)	MONRE	—

また、CA、PPA ならびに IPP 事業許認可手続きの手順を図 3.1-1、図 3.1-2、図 3.1-3 に示す。

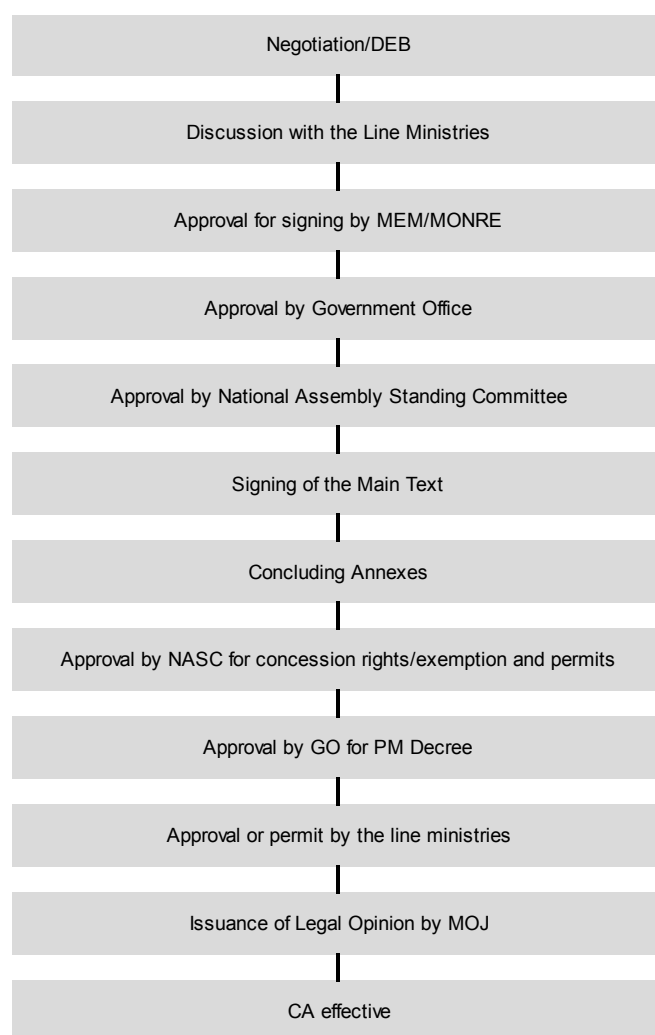


図 3.1-1 CA 許認可手続き

(出典：調査団作成)



図 3.1-2 PPA 許認可手続き

(出典：調査団作成)

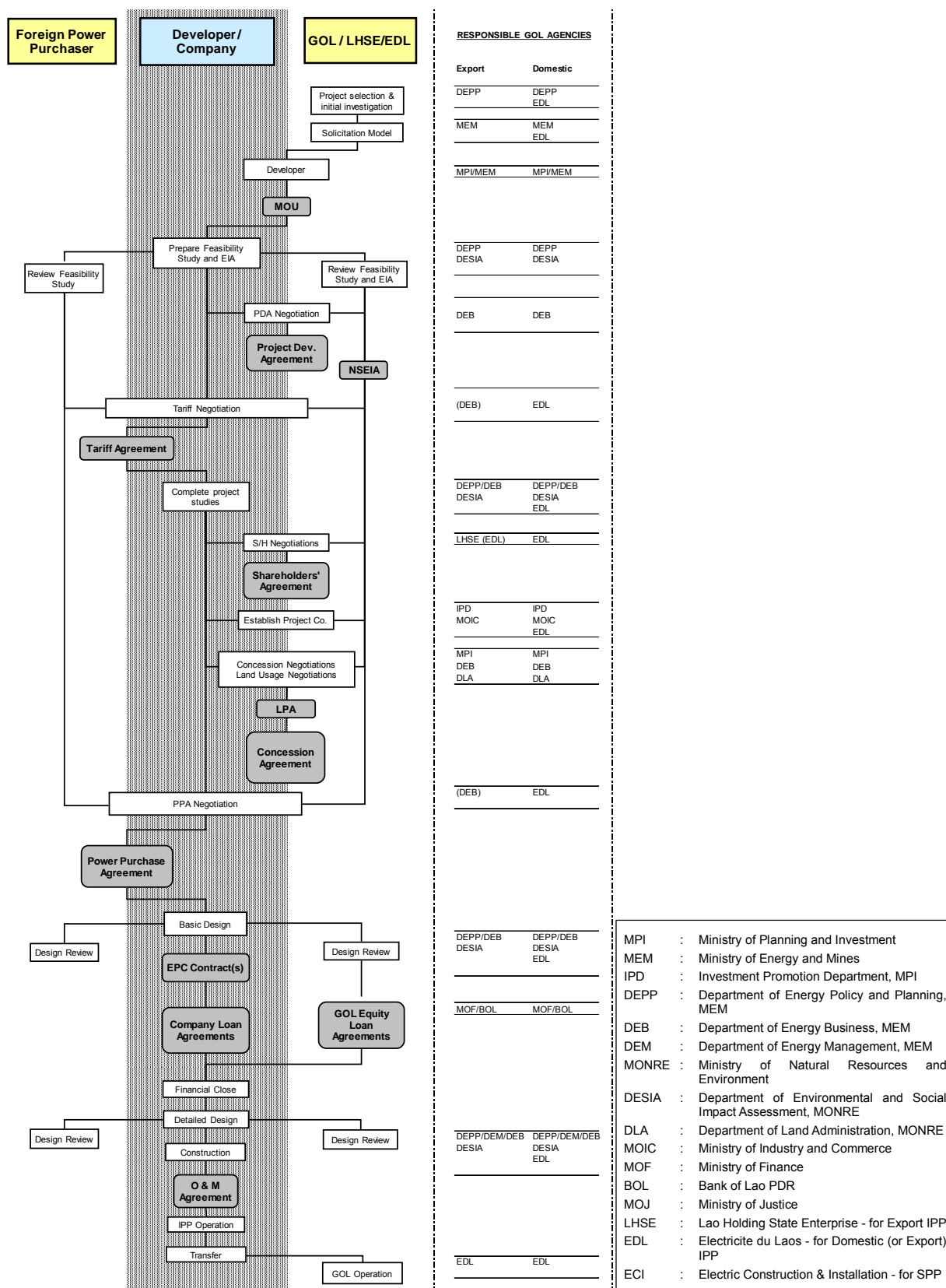


図 3.1-3 IPP 事業の許認可手続き

(出典：MEM 資料を基に調査団にて修正)

3.1.2 ラオス国における電力セクターの現状・課題の整理と本事業の必要性確認

(1) ラオス国の社会経済状況

1975年の革命以来ラオス国は、国の再建に向け、海外からの投資を誘致する政策等、様々な経済的な取組みを実施してきた。1997年のアジア通貨危機で大きなダメージを受けたものの、近年は年率8%程度の堅調な経済成長を続けている。また、タイにおける賃金の高騰や労働の不足、2011年の大洪水等の要因が重なり、「タイプラス1」候補の1つとしてラオス国への期待が高まっており、経済特区政策と合わせ新たな工場建設の動きが始まっている。

ラオス国の人口は約650万人（2012年）であり、毎年10万人程度着実に増加している。人口密度は24人/km²である。人口の約78%は農民で、国土の面積に対し人口密度が低いため十分な農地として国民は空まかせの農業を営んでいる。雨季は主に稲作、乾季は野菜の栽培が一般的であり、米の年間生産量は約260万トンである。

ラオス国の主要民族はラオ民族で、他約四十数民族が存在している。一般的に共通言語としてラオ語が使用され、外国語として英語とフランス語が多く使用される。ラオス国の主な宗教は仏教であり、他にキリスト教、ヒンズー教等がある。国民の主食はもち米で、一般的には野菜、魚、鶏、豚肉、牛肉、水牛肉その他の動物の肉を調理した、東南アジア系料理の特徴である辛い味の料理を好む。

表 3.1-3 ラオス国の主要データ

国 名	ラオス人民衆共和国(Lao P.D.R)
通 称	ラオス
国土面積	236,800 Km ²
人 口	約650万人
国 境	北 中国、南 カンボジア、 東 ベトナム、西 タイ・ミャンマー
GDP	82.98億ドル（2011年）
税収(GDP比)	13.68%
医師数(人口1000人当り)	0.27 (2010年)
出生率 (女性1人あたりの平均出産人数)	3.2 (2011年)
主要産業	農業、電力業、観光業、鉱業

(出典：MPI)

表 3.1-4 ラオス国の面積と人口(2012 予測)

No	県名	面積 (Km2)	人口		人口密度 (人/km2)
			合計	女性	
1	Vientiane capital	3,920	797,130	398,654	203
2	Phongsaly	16,270	179,822	89,390	11
3	Luangnamtha	9,325	171,967	86,548	18
4	Oudomxay	15,370	314,269	156,943	20
5	Bokeo	6,196	173,962	87,229	28
6	Luangprabang	16,875	463,485	231,232	27
7	Huaphanh	16,500	333,762	165,336	20
8	Xayabury	16,389	389,139	192,653	24
9	Xiengkhuang	16,358	282,769	139,978	17
10	Vientiane	22,554	506,881	249,362	22
11	Borikhamxay	14,863	281,207	139,013	19
12	khammuane	16,315	390,701	197,995	24
13	savannakhet	21,774	937,907	473,686	43
14	saravane	10,691	384,438	195,003	36
15	Sekong	7,665	103,326	52,046	13
16	Champasack	15,415	670,122	337,110	43
17	Attapeu	10,320	133,545	67,802	13
全国		236,800	6,514,432	3,259,980	28

(出典：MPI)

表 3.1-5 ラオス国の外国投資の主要分野

単位: 1000 US\$

	2011	2012
Agriculture-forestry		
Number of Projects	123	17
Foreign investment	515 942.85	114 890.28
Total	608 513.22	125 770.29
Industry and handicraft		
Number of Projects	77	3
Foreign investment	262 734.47	184.00
Total	360 710.44	1 086.16
Mining, Fuel		
Number of Projects	44	59
Foreign investment	1 657 568.44	332 640.67
Total	1 757 356.38	418 360.15
Hydropower		
Number of Projects	3	16
Foreign investment	18 700.00	950 563.59
Total	25 100.00	1 232 042.32
Garment		
Number of Projects	4	-
Foreign investment	6 700.00	-
Total	25 100.00	-

(出典：MPI)

表 3.1-6 ラオス国の主要生産品目

品物	単位	2010	2011	2012
Food, tobacco				
Processing of meat	Tons	14,796.2	16,426.3	21,545.5
Salt	Th. tons	35.5	45.4	47.6
Drinking water	Th.hl	9,788.0	10,669.0	11,547.0
Liquor	Th.hl	7.5	7.5	7.7
Beer	Th.hl	2,008.5	2,899.6	4,406.9
Soft drinks	Th.hl	278.7	284.7	324.2
Coffee	Tons	644.9	768.4	891.4
Cassava Flour	Tons	12,926.9	16,263.2	19,475.6
Polished Rice	Tons	700,296.1	767,772.3	887,384.3
Sugar	Tons	3,011.4	4,961.4	6,878.6
Mining, mineral products				
Gold	Kg	5,105.8	3,402.7	7,001.3
Copper-1	Tons	64,322.0	78,015.0	87,259.0
Copper-2	Tons	298,730.0	280,711.0	288,153.6
Copper-3	Tons	3,793.0	3,384.0	4,970.0
Lead	Tons	2,710.0	2,721.0	328.0
Tin	Tons	925	524	1,484
Coal lignite	Th. tons	501.6	511.7	510.1
Gypsum	Th. tons	553.3	686.1	619.3
Coal	Th. tons	211.7	166.6	331.4
Zine	Tons	5,000.0	4,320.0	2,324.0
Limestone	Tons	1,194,894.0	815,200	910,000.0

(出典：MPI)

(2) 調査対象地域(ラオス国南部地域)の社会経済状況およびラオス国における南部地域の位置付け

ラオス国南部は、Savannakhet 県、Saravane 県、Sekong 県、Champasak 県、Attapeu 県の 5 県で構成される。主にラオ族が平地で暮らし、少数民族が各地に点在している。住民は、主にラオス国で一般的な農業と自然から取れる野菜等で生活を支えている。

5 県の合計面積は約 65,865km²、人口は約 222 万人である。その中でも重要な Savannakhet 県と Champasak 県は人口も多く、ラオス国の鉱業、経済特区、観光業に重要な世界遺産等がある。

特に Savannakhet 県の経済特区は、ラオス国の政策において将来の製造業の重要拠点と位置付けられている。この経済特区内に多種の工場が建設されるため、それらの稼働に必要な電力の供給は、ラオス国政府にとってインフラ面の重要な課題となっている。

また現在、Champasak 県ではボーキサイト鉱山の開発が計画されているため、最終的には 3,600MW 規模の電力の確保が必要となる。そのため、ラオス国政府は PDP2010-2020 において、その電力需要に対応するための電源開発および送電網構築を計画している。なお、Champasak 県にある Bolaven 高原では、鉱山開発の他、豊かな農地を利用した野菜等の農産物の栽培が盛んに行われている。近年、タイの事業者が本高原で農産物を栽培し、タイのバンコクに輸出している。

さらに、Bolaven 高原はラオス国唯一のコーヒー産地としても有名であり、年間のコーヒー生産量は 3～4 万トンにもなる。これらは、主にヨーロッパへ、また一部は日本へ輸出され、重要な外貨獲得手段となっている。

表 3.1-7 ラオス国南部 5 県の面積と人口(2012 予測)

No.	県名	面積 (km ²)	人口		人口密度 (人/km ²)
			合計	女性	
1	Savannakhet	21,774	937,907	473,686	43
2	Saravane	10,691	384,438	195,003	36
3	Sekong	7,665	103,326	52,046	13
4	Champasack	15,415	670,122	337,110	43
5	Attapeu	10,320	133,545	67,802	13
南部合計		65,865	2,229,338	1,125,647	34

(3) 電力セクターの現状について

(a) IPP プロジェクトに関連するラオス国関係省庁

1) エネルギー鉱業省(MEM:Ministry of Energy and Mines)

ラオス国の電力セクターは MEM が主管しており、その組織図を図 3.1-4 に示す。

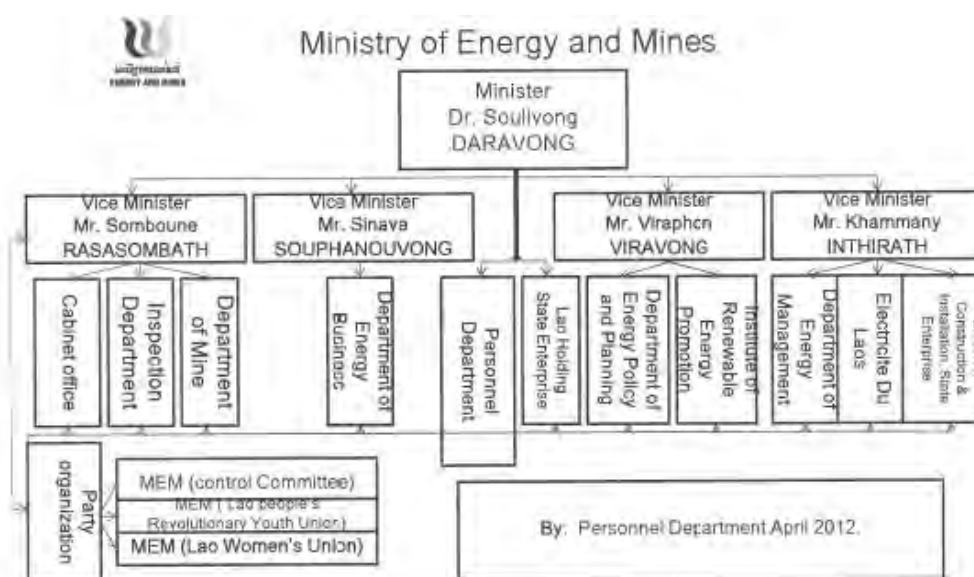


図 3.1-4 MEM 組織図

(出典：MEM)

2) ラオス国電力公社(EDL:Electricité du Laos)

EDL は MEM 傘下にある発・送・配電一貫体制の国営電力公社であり、ラオス国内の電力供給および電力輸出入の管理を行っている。本事業においては、ラオス国政府の出資が検討されているが、EDL が出資者となることが想定される。また、本事業において発電した電力は、全量 EDL に売電する計画である。

3) 計画投資省(MPI:Ministry of Planning and Investment)

海外からの投資促進、投資に係る手続き、ならびに水力発電所の建設を含む利権事業に関する投資を管理している。

4) 天然資源環境省(MONRE:Ministry of Natural Resources and Environment)

環境に関する行政を担っている。詳細は第 6.3.4 節(2)項で記述する。

(b) 全国の電力需要想定

1) 全国の需給バランス

「PDP 2015-2025」によると、これまで独立した系統であった北部・中部・南部の地域を結ぶ連系送電線が 2016 年に完成する予定である。よって、本プロジェクトにおける発電電力は、南部地域のみならず、その他地域へも貢献することが可能と考えられるため、ここではラオス国全土における将来の需給バランスの想定状況について説明する。

図 3.1-5 に PDP2015-2025 で想定されているラオス国内全土の需給バランス想定を示す。この図は雨季と乾季におけるバランスを示したもので、正の値が供給能力が想定需要を上回っていることを意味し、値が負であれば供給能力が想定需要を下回っており、潜在的に供給能力が不足していることを意味する。

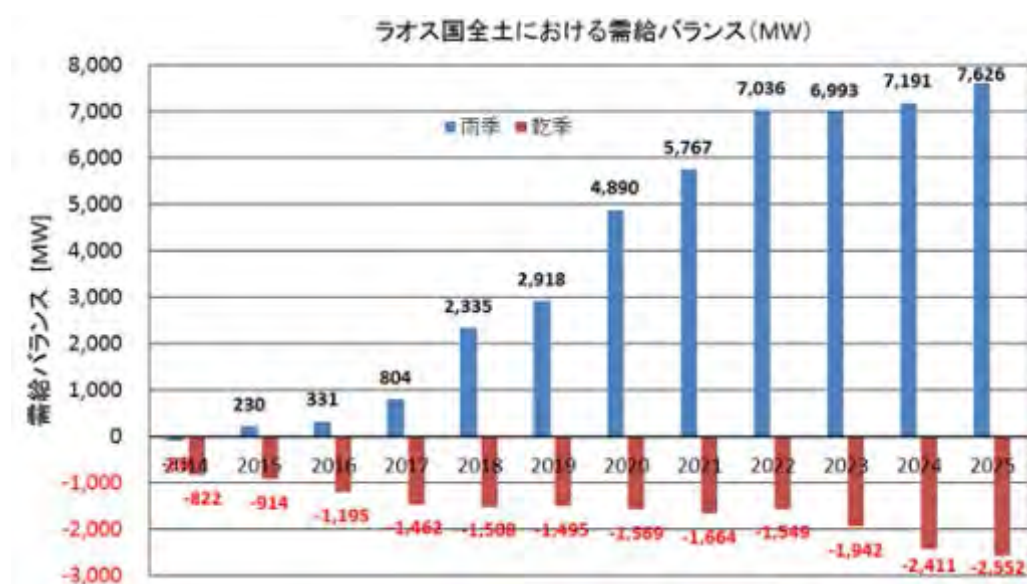


図 3.1-5 全国の需給バランス想定(発電容量)

この図より、雨季においては、2015 年以降、発電容量に余裕が出る見込みであることに對し、乾季においては、2025 年まで常に想定需要に對し、供給能力が不足する状態が続き、2025 年断面では不足分が 2,552MW に達することが確認できる。

セカタム水力発電事業は当初、流れ込み式に比べ、乾季の発電が見込めるダム水路式の発電方式を検討していたが、経済性を勘案し、流れ込み式を採用することとした。結果として、乾季の発電量が減少することとなったが、本プロジェクトは、取水堰に一定の水を溜めることができる構造であることから、乾季においても短時間ではあるが、最大出力の運転を行い、43GWh の発電は可能である。よって、ラオス国内の乾季における需給バランス解消にも一定の貢献が出来る発電所である。

また、供給過剰となった電力は、隣国のタイを中心に売電する見込みであり、現行のタイ国とラオス国間の売電条件の輸出入価格差解消に貢献することができる。

次に、年間電力量に関する需給バランスの状況を、2015 年断面のものを図 3.1-6 に示す。



図 3.1-6 全国の需給バランス想定(年間電力量)

このグラフから、2017年以降、年間電力量の需給バランスは改善されていくと考えられる。一見すると、国内への電力供給量は過剰のように思えるが、タイ国への電力輸出量を増加させることで、現行のタイ国とラオス国間の売電条件の輸出入価格差解消に貢献することができる。セカタム水力発電事業は、このような国内向け発電所の増強に貢献でき、タイ国からの電力輸入量を減らし、かつ電力輸出量を増やすというラオス政府の考えにも沿ったものであり、ラオス国内電源として重要な役割を担うと考えられる。

(c) 全国の電力開発計画

1) 全国の電源開発計画

「PDP 2015-2025」に掲載されている2025年までの電源開発プロジェクトを表3.1-8に示す。表の通り、セカタム水力発電事業は既にPDPに計画されている発電所である。

表 3.1-8 2025 年までの電源開発の進捗状況

分類	系統	発電所	県	発電方式	設備容量 [MW]	発電電力量 [GWh/年]	デベロッパー	進捗	連開 予定年
EDL	北部	Nam Khan 2	Luangprabang	水力/貯水池	130.0	558.0	EDL←Exim Bank China(中国)	建設中	2015
		Nam Khan 3	Luangprabang	水力/貯水池	60.0	249.5	EDL←Exim Bank China(中国)	建設中	2016
		Nam Song	Luangprabang	-	4.7	26.2	Joint Venture MVS, Siam International	MOU	2019
	中部1	Nam Sana	Vientiane	水力/流込み	14.0	49.6	EDL 100%	建設中	2014
		Nam Ngum 1 増設 phase2	Vientiane	水力/貯水池	80.0	59.0	EDL←中国	建設中	2016
		Nam Chiane	Vientiane	水力/貯水池	104.0	448.2	EDL 100%	建設中	2017
		Nam Ngum 1 増設 phase1	Vientiane	水力/貯水池	40.0	60.0	EDL←JBIC(日本)	建設中	2017
		Nam Ngum 3	Vientiane	水力/貯水池	480.0	2146.0	EDL	建設中	2020
	中部2	Nam Theun Kengseuaten	Borikhamxay	水力/貯水池	54.0	200.0	EDL←タイ	建設中	2010
		Nam Hinboun	Khammouan	水力/貯水池	30.0	197.0	EDL 100%	建設中	2017
	南部	Houay Lamphan Ngai	Xekong	水力/貯水池	88.0	500.0	EDL 100%	建設中	2015
		Xeset 3	Champasak	水力/流込み	23.0	82.0	EDL 100%	建設中	2016
		Selabam増設	Champasak	水力/流込み	7.7	37.1	EDL←JBIC(日本)	PPA	2017
		Xekaman 2A, 2B	Xekong	水力/貯水池	190.0	701.0	EDL	FS	2021
		Nam Kong 1	Attapeu	水力/貯水池	150.0	600.0	-	FS	2022
IPP	北部	Nam Khan 4	Luangprabang	水力/流込み	47.0	-	-	MOU	-
		Hongsas	Xayaboury	石炭火力(褐炭)	1878.0	12582.0	Banpu(タイ) 40%, Ratchaburi(タイ) 40%, LHSE(ラオス) 20%	建設中	2015
		Nam Long 2	Luangnamtha	-	12.5	92.0	-	建設中	2016
		Nam Beng	Oudomxay	水力/貯水池	36.0	145.0	China National Electrical Equipment Corporation(中国) 80%, EDL 20%	建設中	2016
		Nam Ou 2	Luangprabang	水力/流込み	120.0	546.0	Sinohydro(中国) 85%, EDL 15%	建設中	2017
		Nam Ou 5	Phongsaly	水力/貯水池	240.0	1049.0	Sinohydro(中国) 85%, EDL 15%	建設中	2017
		Nam Ou 6	Phongsaly	水力/貯水池	180.0	739.0	Sinohydro(中国) 85%, EDL 15%	建設中	2017
		Nam Nga 2	Oudomxay	-	14.5	62.6	-	PDA	2017
		Nam Phoun	Xayaboury	水力/貯水池	60.0	276.0	-	PDA	2017
		Nam Ngao	Bokeo	水力/流込み	20.0	85.2	EDUPEA Encom	MOU	2018
		Nam Tha 1	Luangnamtha	水力/貯水池	168.0	759.4	China Southern Power Grid Co., Ltd.(中国) 75%, EDL 25%	建設中	2018
		Nam Ou 1	Luangprabang	水力/貯水池	180.0	710.0	Sinohydro(中国)	CA	2018
		Nam Ou 3	Luangprabang	水力/貯水池	210.0	826.0	Sinohydro(中国)	CA	2018
		Nam Ou 4	Phongsaly	水力/貯水池	132.0	519.0	Sinohydro(中国)	CA	2018
		Nam Ou 7	Phongsaly	水力/貯水池	210.0	838.0	Sinohydro(中国)	CA	2018
		Pak Beng (メコン)	Oudomxay	水力/流込み	912.0	4846.0	China Datang Overseas 81%, ラオス19%	-	2018
		Nam Ham	Xayaboury	水力/半貯水池	4.0	16.0	PEA Envom(タイ) 67%, EDL 30%, Cobie(タイ) 3%	CA	2019
		Nam Hong (上流)	Xayaboury	-	5.0	23.2	-	CA	2019
		Nam Hong (下流)	Xayaboury	-	12.5	68.0	-	CA	2019
		Nam Pha	Luangnamtha	水力/貯水池	180.0	730.0	Asian Pacific Business Link HND Bhd.(マレーシア) 80%, EDL 20%	PDA	2019
		Xayaboury (メコン)	Xayaboury	水力/流込み	1285.0	9390.0	Karnchang 30%, Natee Synergy 25%, EDL 20%, Electricity Generating Public 12.5%, Bangkok Expressway Public 7.5%, PT Construction 5%	建設中	2019
	中部1	Nam Seung Cascade	Luangprabang	水力/流込み	195.0	-	China Sichuan Gurong Group Co.	PDA	2020
		Nam Tha	Bokeo	-	14.8	50.0	-	計画中	2020
		Nam Ngum - Nam Kene	Xayaboury	水力/貯水池	70.0	370.0	Sand and Thai	MOU	2021
		Nam Pui	Xayaboury	水力/流込み	60.0	294.0	Mudajaya Corporation Bhd.(マレーシア)	MOU	2021
		Nam Nga	Luangprabang	水力/貯水池	60.0	260.0	-	MOU	2022
		Nam Leng	Phongsaly	水力/貯水池	60.0	240.0	Venture Capital and Equipment Inc.(ベトナム)	FS	2022
		Nam Phak	Oudomxay	水力/流込み	34.6	-	-	MOU	2022
		Luangprabang (メコン)	Luangprabang	水力/流込み	1200.0	6500.0	Petro Vietnam Power Corporation(ベトナム)	MOU	2022
		Nam Boung 2	Phongsaly	-	15.0	79.0	-	CA	-
		Pklay (メコン)	Xayaboury	水力/流込み	1320.0	5948.0	CEIEC, Shinohydro	-	-
		Nam Seng	Luangprabang	水力/貯水池	10.0	60.2	-	CA	-
		Nam Ngum 4	Xieng Khuang	水力/貯水池	220.0	822.2	VLV, EDL	FS	2012
		Nam Ngiep 3A	Xieng Khuang	水力/貯水池	44.0	152.3	-	建設中	2014
		Nam Sim	Huaphanh	-	8.0	32.0	Energy Development AS(ルウェー) 75%, ECI(ラオス)	建設中	2015
		Nam Samouay	Vientiane	-	5.0	28.0	Sanamxay Road Buiding Construction Co., Ltd.	建設中	2015
		Nam Ngiep 2	Xieng Khuang	水力/貯水池	180.0	732.0	CWE(中国) 90%, EDL 10%	建設中	2015
		Nam San 3A (上流)	Xieng Khuang	水力/貯水池	69.0	278.4	-	建設中	2015
		Nam San 3B (下流)	Xieng Khuang	水力/貯水池	45.0	173.5	-	建設中	2015
		Nam PhaGnai	Vientiane	-	15.0	126.0	DSK(ラオス)	建設中	2016
		Nam Lik 1	Vientiane	水力/貯水池	64.0	256.0	Hydro Engineering(タイ) 40%, PTTi 40%, POSCO 10%, EDL 20%	建設中	2016
	中部2	Nam Theun	Vientiane	-	-	-	Lao Company(ラオス)	MOU	2017
		Nam Phay	Vientiane	水力/貯水池	86.0	419.5	Norinco international Corporation 80%, EDL 20%	建設中	2017
		Nam Kene	Vientiane	水力/流込み	5.0	19.7	SV group, PPNK Company	CA	2018
		Nam Mo 2	Xieng Khuang	水力/流込み	120.0	503.4	Hanoi Investment 65%, Viet-Lao Economical Cooperative General Co. 35%	CA	2018
		Nam Hao	Huaphanh	水力/流込み	15.0	75.0	-	MOU	2018
		Nam Bak 2	Vientiane	水力/流込み	40.0	205.0	SIAN-NG 2	PDA	2019
		Nam Et 4,5,6	Huaphanh	-	-	-	CWE(中国)	計画中	2019
		Nam Neun 1	Huaphanh	水力/貯水池	124.0	575.0	IndoChina Consulting	MOU	2019
		Nam Neun 2	Huaphanh	水力/貯水池	56.0	230.0	IndoChina Consulting	MOU	2019
		Nam Bak 1	Vientiane	水力/貯水池	160.0	744.0	Southeast Asia Energy Co., Ltd.	CA	2020
		Nam Phouan	Vientiane	水力/貯水池	51.8	202.5	Velcan Energy(フランス)	PDA	2020
		Nam Et 1,2,3	Huaphanh	水力/貯水池	264.0	1057.7	Houang Anh Gai Lai Mineral Joint Stock Company	FS	2020
		Nam Ngiep 2A	Xieng Khuang	水力/流込み	12.4	70.5	-	MOU	2020

IPF	中部1	Nam Ngiep 2B	Xieng Khuang	水力/流込み	8.6	31.7	-	MOU	2020
		Nam Ngiep 2C	Xieng Khuang	水力/流込み	13.8	73.0	-	MOU	2020
		Nam Ngum (下流)	Vientiane	-	-	-	Lao Company(ラオス)	調査中	2021
		Nam The	Xieng Khuang	水力/流込み	24.0	50.0	Nong Hai Group	CA	2022
		Nam Xam 1	Huaphanh	水力/貯水池	94.0	323.1	Sai Ngon Investment Group 80%, EDL 20%	FS	2022
		Nam Xam 3	Huaphanh	水力/貯水池	196.0	635.8	Sai Ngon Investment Group 80%, EDL 20%	建設中	2022
		Nam Pot	Xieng Khuang	水力/貯水池	15.0	70.5	ACE Consultant	PDA	2022
		Nam Peun 1	Huaphanh	-	-	-	-	MOU	2022
		Nam Pern 2	Huaphanh	-	12.0	68.0	-	MOU	2022
		Nam Ma 1A	Huaphanh	水力/流込み	39.0	156.4	Linh Linh JFC	MOU	2023
		Nam Ma 2A	Huaphanh	水力/流込み	18.0	73.5	Linh Linh JFC	MOU	2023
		Nam Feung	Vientiane	水力/貯水池	45.0	113.0	Syntec Construction Public Co.	MOU	2023
		Nam Ma 1	Huaphanh	水力/流込み	44.0	181.0	Linh Linh JFC	MOU	2023
		Nam Ma 2	Huaphanh	水力/流込み	30.0	117.8	Linh Linh JFC	MOU	2023
		Nam Ma 3	Huaphanh	水力/流込み	18.0	76.3	Linh Linh JFC	MOU	2023
		Nam Feung 2	Vientiane	-	25.0	90.0	-	計画中	2023
		Nam Feung 3	Vientiane	-	20.0	80.0	-	計画中	2023
		Xanakhom (メコン)	Vientiane	水力/流込み	660.0	3969.0	China Datang Overseas 81%, ラオス19%	PDA	2024
		Sam Tai	Huaphanh	石炭火力(褐炭)	-	-	-	-	2028
		Houa Muangi	Huaphanh	石炭火力(褐炭)	-	-	-	-	2029
	中部2	Nam Mo 1	Xieng Khuang	水力/流込み	55.0	222.0	-	PDA	-
		Xeneu	Khammouan	-	53.0	209.0	-	MOU	2010
		Nam Mang 1	Borikhamxay	水力/貯水池	64.0	224.8	EDL 10%, Dongfang 75%, A&C 10.75%等	建設中	2016
		Nam Ngiep 1 (off take)	Borikhamxay	水力/流込み	289.0	1620.0	関西電力(日本) 45%, EGAT International(タイ) 30%, LHSE(ラオス) 25%	建設中	2019
		Xelanong 2	Svannakhet	水力/貯水池	40.0	142.7	China Gezhouba Group Company Ltd.	MOU	2020
		Nam Theun 1	Borikhamxay	水力/貯水池	600.0	2371.0	-	MOU	2020
		Xelanong 1	Svannakhet	-	70.0	256.7	-	MOU	2021
		Nam Mouan	Borikhamxay	水力/貯水池	100.0	439.0	中部電力(日本)	MOU	2021
		Xebanghieng 2 (Tadsakoy)	Savannakhet	水力/貯水池	15.0	68.0	-	建設中	2022
		Xebanghieng 1	Savannakhet	-	60.0	182.2	CWE(中国)	MOU	2023
		Xebanghieng 2	Savannakhet	-	90.0	288.0	CWE(中国)	MOU	2023
		Nam Theun 4	Borikhamxay	水力/貯水池	80.0	-	-	MOU	-
		Xelanong 3 Ban Tangeun	Svannakhet	水力/流込み	80.0	-	-	MOU	-
		Ban Vangdeun Nam Mouan	Borikhamxay	水力/貯水池	60.0	-	-	-	-
		Xetanouan	Savannakhet	-	35.0	142.7	China Gezhouba Group Company Ltd.	MOU	-
		Nam Sor	Borikhamxay	-	4.2	19.0	-	CA	-
		Xekok 1,2	Savannakhet	-	14.8	61.5	-	CA	-
	南部	Houay Kapheu 1	Saravan	-	5.0	38.0	-	建設中	2014
		Xenamnoy 1	Attapeu	水力/貯水池	14.8	101.0	Xenamnoy 1 Company	建設中	2014
		Xenamnoy 6	Champasak	-	5.0	40.0	-	建設中	2014
		Sugar Thermal	Attapeu	火力	20.0	105.0	Houang Anh Gai Lai Mineral JS Co. 80%, EDL 20%	建設中	2015
		Xekaman 1 (off take)	Attapeu	水力/貯水池	290.0	1069.0	VLP(ベトナム) 100%	建設中	2016
		Xeset - Kengsun	Saravan	-	13.0	42.9	-	CA	2016
		Houay Kapheu 2	Saravan	-	5.0	22.0	-	CA	2016
		Nam Kong 3	Attapeu	水力/貯水池	45.0	170.0	Houang Anh Gai Lai Mineral JS Co. 80%, EDL 12.77%	建設中	2017
		Nam Kong 2	Attapeu	水力/貯水池	66.0	263.0	Houang Anh Gai Lai Mineral JS Co. 80%, EDL 12.77%	建設中	2017
		Xekaman-Sanxai	Attapeu	水力/貯水池	32.0	121.0	VLP(ベトナム) 100%	建設中	2017
		Tadlang Nam Sen	Champasak	水力/流込み	5.0	18.0	-	MOU	2017
		Don Sahong	Champasak	水力/流込み	260.0	2044.0	Mega First(マレーシア) 80%, ラオス 20%	建設中	2018
		Nam Phak	Champasak	水力/貯水池	150.0	511.0	Nava Bharat(シンガポール) 65%, EDL 15%, 神戸グリーンパワー(日本) 20%	CA	2018
		Houay Champi	Champasak	水力/流込み	5.0	27.3	-	MOU	2018
		Xepian-Xenamnoy	Champasak	水力/貯水池	410.0	1880.0	SK Engineering 26%, Korea Western Power 25%, Ratchaburi 25%, LHSE 24%	建設中	2019
		Houay Por	Saravan	-	15.0	63.0	Houay Por Power Co., Ltd.	建設中	2019
		Xekatam	Champasak	水力/貯水池	81.0	299.0	関西電力(日本)	PDA	2019
		Tha Kho (メコン)	Champasak	-	-	-	フランス	FS	2020
	他	Xepian-Houaysoy	Attapeu	水力/流込み	115.0	253.0	DMD	FS	2020
		Xekong 3A (上流)	Attapeu	水力/流込み	105.0	410.5	Song Da Corporation Co.	PDA	2020
		Xekong 3B (下流)	Attapeu	水力/流込み	100.0	393.5	Song Da Corporation Co.	PDA	2020
		Xepon 3	Saravan	水力/貯水池	54.4	222.5	EDL, Korea Water Resource Corporation	MOU	2020
		M Kalum	Xekong	石炭火力(褐炭)	300.0	2100.0	-	建設中	2022
		Xekaman 4	Attapeu	-	80.0	318.0	Viet-Lao Power Company	PDA	2020
		Xekong (下流A)	Attapeu	-	76.0	387.0	V&H Corporation(ラオス)	FS	2020
		Xexou	Attapeu	水力/貯水池	30.0	50.0	Houang Anh Gai Lai Mineral Joint Stock Company	FS	2022
		Nam Ang Tabeng	Attapeu	水力/流込み	40.9	183.3	Velcan Energy(フランス)	PDA	2022
		Xekong 4	Xekong	水力/貯水池	300.0	1901.0	Region oil(ロシア)	PDA	2022
		Pak Ngoy (メコン)	Champasak	水力/流込み	686.0	2751.0	Charoen Energy & Water Asian Co., Ltd.	PDA	2023
		Ban Koum (メコン)	Champasak	水力/流込み	1872.0	8433.0	Italian Thai, Asia Corp Holding Ltd.	MOU	2030
		Nam Emeun	Xekong	水力/貯水池	105.0	-	-	MOU	-
		Xekong (下流B)	Attapeu	水力/流込み	50.0	200.0	V&H Corporation(ラオス)	PDA	-
		Xekong 5	Xekong	水力/貯水池	330.0	1613.0	Inter-RAO-Engineering(ロシア), region Oil(ロシア)	PDA	-
		他	Xekong, Khammouan, Svannakhet	風力	500.0	-	Impacted Asia Ltd.	MOU	-

(出典：海外電力調査会 平成26年度 ラオス・カンボジア電力事情調査報告書をもとに調査団が一部変更し作成)

2) 全国の送変電設備開発計画

図 3.1-7 に PDP 2015-2025 に掲載されている 2025 年断面におけるラオス国の電力系統図を示す。

現在系統は、Northern-Central area－Southern area 北部と Southern area 南部の系統が分断されているが、前述の通り 2016 年に連系される予定である。なお、南部と中部の連系線は、円借款事業による 115kV 送電線である（Pakbo-Saravan 間）。Central area と Southern area の連系は 230kV 送電線である。

以上の送電線の連系により、ラオス国全土の需給調整を一括して実施することが可能となる見込みである。また、国内の送電線だけでなく、ベトナムやカンボジア等との国際連系線についても計画されている。

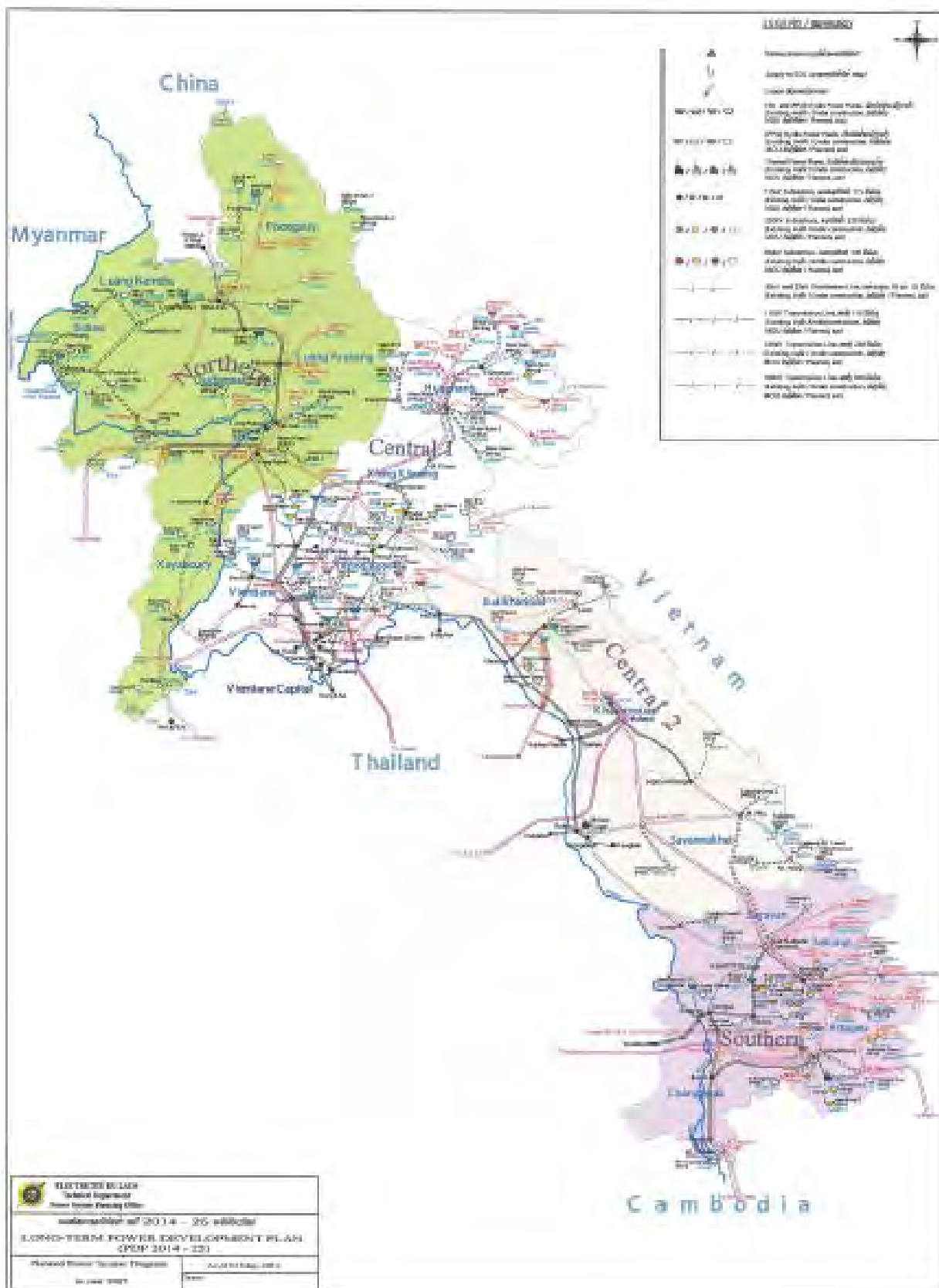


図 3.1-7 2025 年断面におけるラオス国の系統図(将来計画含む)

(4) 電力セクターの課題ならびに対応について

(a) 近隣諸国との電力輸出入の状況について

ラオス国は外貨獲得のため、隣国のタイ電力公社 (EGAT) への電力輸出を推進する一方、近年のラオス国内の急速な電力需要の伸びにより、近隣諸国からの電力輸入が拡大しており、1990 年初頭より 2010 年まで輸入電力は一貫して増加し続けている。また、1990 年初頭には輸入電力の 10 倍もの電力を輸出していたが、年々その差は無くなり、2007 年以降は、近隣諸国からの電力輸入が輸出を上回る状態が続いている。

2011 年は豊水の影響で国内の発電電力量が多く、輸入電力量と輸出電力量の差は縮まったものの、2012 年には過去最大の電力輸入量超過（輸入分 1127GWh－輸出分 320GWh＝807GWh）を記録し、2013 年も 514GWh の電力輸入超過（輸入分 1205GWh－輸出分 691GWh＝514GWh）が続いている。

電力輸出入量の推移を表 3.1-9 ならびに図 3.1-8 に示す。（数値については EDL「Annual Report 2013」からの引用である。一部整合が取れていない箇所がある。）

表 3.1-9 電力輸出入量の推移

Year	Generation	Import	Export	Domestic Sale
1991	834.6	34.9	562.6	220.7
1992	751.8	41.3	459.8	252.7
1993	919.6	47.7	595.8	264.3
1994	1,198.3	57.5	829.3	303.4
1995	1,085.0	76.8	675.6	337.5
1996	1,247.8	87.6	792.4	379.5
1997	1,218.7	101.7	710.2	433.9
1998	947.8	142.3	405.2	513.3
1999	1,168.9	172.2	598.1	565.6
2000	1,578.6	159.9	862.9	639.9
2001	1,553.7	182.5	796.4	710.3
2002	1,570.2	200.8	771.4	766.7
2003	1,386.8	229.3	434.7	883.7
2004	1,416.5	277.6	507.1	902.8
2005	1,751.1	325.6	727.8	1,011.1
2006	1,639.3	334.6	547.1	1,112.4
2007	1,398.4	475.9	268.0	1,298.4
2008	1,777.6	510.0	391.8	1,577.9
2009	1,655.9	818.6	229.5	1,901.3
2010	1,552.7	999.0	341.3	2,228.2
2011	2,083.1	747.9	678.3	2,399.4
2012	1,895.9	1,127.3	320.4	2,874.2
2013	2,077.8	1,205.1	690.8	3,381.0

（出典：「Annual Report 2013」EDL）

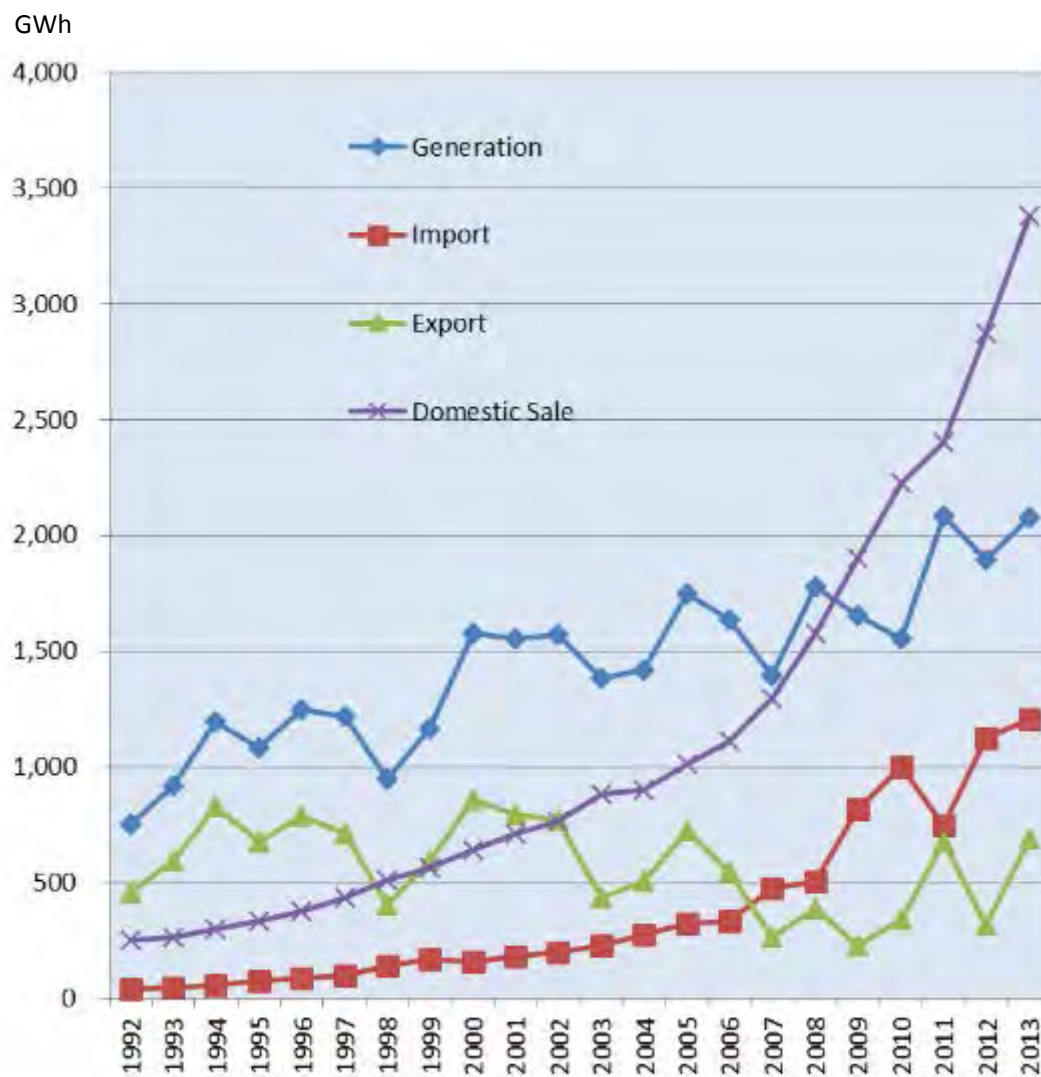


図 3.1-8 電力輸出入量の推移

(出典：「Annual Report 2013」EDL)

国別の電力輸入量の推移を表 3.1-10 に示す。

電力の輸入元を国別で見ると、タイ（EGAT+PEA）からの輸入が伸びており、2013 年実績では 80%を占めている。特に EGAT との取引だけで全体の 7 割を超えている。

表 3.1-10 電力輸入量の推移(国別)

(単位：GWh)

Years	Thailand			China	Vietnam	Total
	EGAT	PEA	Total			
1998	136.4	3.4	139.8	0.0	2.3	142.1
1999	162.4	4.8	167.2	0.0	5.0	172.2
2000	147.3	6.0	153.4	0.0	6.6	159.9
2001	165.4	8.9	174.3	0.0	8.2	182.5
2002	178.7	11.6	190.3	0.0	10.5	200.8
2003	203.2	13.9	217.1	0.0	12.2	229.3
2004	248.2	17.0	265.2	0.0	12.4	277.6
2005	289.3	21.8	311.1	0.0	14.9	326.0
2006	290.5	26.9	317.4	0.0	17.2	334.6
2007	409.4	32.4	441.8	14.6	19.6	475.9
2008	431.0	38.6	469.6	17.8	22.6	510.0
2009	719.0	52.6	771.7	21.6	25.4	818.6
2010	819.8	70.4	890.2	77.0	31.8	999.0
2011	526.9	74.5	601.5	112.5	34.0	747.9
2012	908.4	69.8	978.1	112.7	36.5	1,127.3
2013	882.1	77.0	959.1	218.7	27.2	1,205.1

(出典：「Electricity Statistics 2012,2013」 EDL)

EDL から EGAT への電力輸出入単価の推移を表 3.1-11 に示す。

EDL と EGAT との電力輸出入の売電単価は、EDL からの輸出時よりも EGAT からの輸入単価が高く設定されており、EDL の収支に悪影響を及ぼしている。

また、これまでも時間帯に関わらず輸入電力量が輸出電力量を上回った場合に支払うチャージ（Excess Charge）が設定されていたが、2012 年からは、時間帯別のチャージが設定されている。なお、2013 年の単価は 2012 年と同じである。

表 3.1-11 EDL から EGAT への電力輸出入単価の推移

単位 : Baht/kWh

区 分		2010	2012, 2013
Export	Peak	1.60	1.60
	Off Peak	1.20	1.20
Import	Peak	1.79 (1.60)	1.74 (1.60)
	Off Peak	1.39 (1.20)	1.34 (1.20)
	Excess Charge	1.30 (時間帯の 区分なし)	1.93
			0.70
	Excess Charge 適用時の Tariff	Peak	3.09 (2.90)
		Off Peak	2.69 (2.50)
			3.67 (3.53)
			2.04 (1.90)

Peak : 月-金 9:00-22:00、Off Peak : Peak時間帯以外
 ()内数字 : 緊急時の単価
 出典 : EDL Annual Report 2010, 2012, 2013

EDL と EGAT の電力輸出入量の 2013 年実績を表 3.1-12 に示す。

EDL が EGAT から輸入している電力量は 882GWh、EGAT へ輸出している電力量は 680GWh であり、輸入が 202GWh 超過している。輸入超過の内訳は、ピーク時間帯が 124GWh、オフピーク時間帯が 78GWh である。

これらの実績に表 3.1-11 の単価を適用し試算すると、EDL から EGAT への支払いは 1,609MBaht、EGAT から EDL への支払いは 900MBaht となり、これらを差し引きすると、EDL は EGAT に対し 709MBaht 支払うことになる。

表 3.1-12 EDL と EGAT の電力輸出入量実績(2013 年)

Month	2013								
	Total (GWh)			Peak (GWh)			Off Peak (GWh)		
	Import	Export	Balance	Import	Export	Balance	Import	Export	Balance
1	68	20	47	27	8	19	41	13	28
2	81	40	41	34	10	24	47	31	16
3	122	29	93	49	10	39	73	19	54
4	124	21	103	51	9	42	73	13	60
5	153	9	144	64	3	61	89	6	83
6	100	20	81	38	5	34	62	15	47
7	50	93	-43	18	24	-6	32	69	-37
8	40	164	-124	13	48	-35	27	116	-88
9	17	168	-151	5	51	-46	12	117	-105
10	20	87	-68	7	30	-22	12	58	-46
11	51	20	31	18	8	10	33	12	21
12	57	9	49	10	6	5	47	3	44
Total	882	680	202	334	210	124	548	470	78

(出典：EDL)

Tariff (B/kwh)	1.74	1.60	1.93	1.34	1.20	0.70
----------------	------	------	------	------	------	------

	Cost (MBaht)
Import (Payment from EDL to EGAT)	1,609.11
Export (Payment from EGAT to EDL)	900.08
Balance	709.03

Peak : Mon-Fri 9:00-22:00、Off Peak : Without Peak Period
 Import : EDL buys electricity from EGAT
 Export : EDL sells electricity to EGAT
 Balance : Import - Export

(b) EGAT との売電条件の輸出入価格是正に向けたラオス国政府の対応について

ラオス国政府は、エネルギー安全保障や同国の国際収支改善の観点から、この売電条件の輸出入価格差を将来的に解消していくことを検討している。ラオス国とタイ国との売電条件に輸出入価格差が存在する背景には、ラオス国内の電力が不足する主に乾季には、タイ国においても電力の需要・供給バランスが逼迫しており、供給力を確保するために比較的発電コストの高い発電所を稼働させざるを得ないため、発電コストが上乗せされるという事情がある。輸出入価格差の解消のためには、タイ国からの輸入電力に頼らない自国での電力供給体制を強化することが重要であることから、分断しているラオス国内の送電線網を接続し、同国で一体運用できるように送電線網の整備を進めるとともに、不足する国内向け電源の開発を積極的に進めることとしている。

(c) セカタム水力発電所開発による EGAT からの電力輸入状況の改善について

セカタム水力発電所の月別売電電力量（計画値）を表 3.1-13 に示す。

表 3.1-13 セカタム水力発電所 発電計画値

Month	XeKatam		
	Total (GWh)	Peak (GWh)	Off Peak (GWh)
1	5	5	0
2	3	3	0
3	3	3	0
4	6	5	1
5	16	7	8
6	29	9	21
7	52	13	39
8	57	14	43
9	56	14	42
10	43	11	32
11	17	7	10
12	9	8	1
Total	296	100	197

年間売電電力量は 296GWh、ピーク時間帯、オフピーク時間帯の売電電力量はそれぞれ 100GWh、197GWh である（合計値は四捨五入の関係で合わない場合がある）。年間売電電力量 296GWh は、年間発生電力量 299GWh より、電力ロスを除いた数字であり、EDL へ売電する電力量（計画値）である。

仮にセカタム水力発電所が 2012 年に EDL の系統に接続された場合の EDL と EGAT の電力輸出入量の試算を表 3.1-14 に示す。（セカタム水力発電所の電力をすべて EGAT への輸出とした場合の試算）

Peak : Mon-Fri 9:00-22:00
Off Peak : Without Peak Period

EDL が EGAT から輸入している電力量は 908GWh、EGAT へ輸出している電力量は 608GWh と 296GWh 増加する。その結果、輸入超過は 301GWh となり 597GWh から半減する。輸入超過の内訳は、ピーク時間帯は 185GWh、オフピーク時間帯は 116GWh を輸入している。

これらの実績に表 3.1-11 の単価を適用し試算すると、EDL から EGAT への支払いは

1,362MBaht、EGAT から EDL への支払いは 1,295MBaht となり、これらを差し引きすると、EDL は EGAT に対し 67MBaht 支払うことになる。

セカタム水力発電所の電力が追加されたことにより、EDL から EGAT への支払いは 709MBaht (表 3.1-17 参照) から 67MBaht (表 3.1-19 参照) となり、642MBaht 削減できる。これはセカタム水力発電所の発電する 296GWh の電力により 642MBaht の支払いが削減できるため、2.17Baht/kW (642 MBaht / 296 GWh、7.2¢/kWh) と同等の価値があるものと考えられ、セカタム水力発電所建設の意義は大きい。

表 3.1-14 セカタム水力発電所接続後の EDL と EGAT の電力輸出入量の推定

Month	2013実績+XeKatam								
	Total (GWh)			Peak (GWh)			Off Peak (GWh)		
	Import	Export	Balance	Import	Export	Balance	Import	Export	Balance
1	68	25	42	27	13	14	41	13	28
2	81	43	38	34	13	21	47	31	16
3	122	32	90	49	12	36	73	19	54
4	124	27	97	51	14	37	73	13	60
5	153	24	129	64	10	54	89	14	75
6	100	49	51	38	13	25	62	36	26
7	50	145	-96	18	37	-19	32	108	-76
8	40	222	-181	13	63	-50	27	159	-131
9	17	223	-207	5	65	-60	12	159	-147
10	20	130	-111	7	41	-33	12	89	-77
11	51	38	13	18	16	2	33	22	11
12	57	18	39	10	13	-3	47	5	42
Total	882	976	-94	334	310	24	548	667	-118

Tariff (B/kwh)	1.74	1.60	1.93	1.34	1.20	0.70
----------------	------	------	------	------	------	------

	Cost (MBaht)
Import (Payment from EDL to EGAT)	1,362.00
Export (Payment from EGAT to EDL)	1,295.49
Balance	66.52

Peak : Mon-Fri 9:00-22:00、Off Peak : Without Peak Period
 Import : EDL buys electricity from EGAT
 Export : EDL sells electricity to EGAT
 Balance : Import - Export

(5) 地方電化政策について

本項においては、一般住民への安定した電力供給を可能にするための方策について説明する。

ラオス政府は、2020 年までに世帯電化率を 90%にするという長期的目標に向けて地方電化を推進している。2010 年時点で 73.0%であった世帯電化率は、2013 年時点において 87.3%であり、計画は着実に進捗している。

ラオスにおける地方電化は、世界銀行とアジア開発銀行（ADB）が主たる支援者となってラオス側（EDL/MEM）とともに進められている。世銀・ADB の地方電化プロジェクト一覧を表 3.1-15 に示す。

表 3.1-15 世銀・ADB の地方電化プロジェクト一覧

	期 間	実施機関	プロジェクト額 (百万ドル)
<ADB>			
Vientiane Rural Electrification PJT I	～1987	ADB	7.20
Vientiane Rural Electrification PJT II	～1990	ADB	10.30
Nam Ngum-Luang Prabang Power Transmission	1989－1998	ADB	20.30
Power Transmission and Distribution	1997－2002	ADB	58.31
Northern Area Rural Power Distribution	2004－2009	ADB	51.51
ADB 小計			147.62
<世界銀行>			
Southern Province Electrification (SPE)	1988－1994	WB	30.44
Provincial Grid Integration PJT	1993－2000	WB	47.52
Southern Province Rural Electrification	1998－2004	WB	41.41
Rural Electrification PJT I	2006－2012	WB	36.27
Rural Electrification PJT II	2010－	WB	37.62
世界銀行小計			193.26
ADB・世界銀行合計			340.88

（出典：平成 26 年度 ラオス・カンボジア電力事情調査報告書 H26.12 海外電力調査会
「国際復興開発銀行及び世界銀行資料をもとに海外電力調査会作成」）

上記の通り、ラオスの地方電化に関しては、世界銀行が大きな役割を果たしている。これについて、世界銀行の関連機関が 2012 年に出したレポートでは、「ラオスにおける電化計画の進展は、世界的な成功事例からみても傑出したもの」と極めて高い評価を与えている。

ラオス国の地方電化政策において特徴的な仕組みが、貧困世帯に対し電力引込線の初期費用負担を軽減させる Power to Poor (P2P) というプログラムがある。以下、P2P について説明する。

Power to Poor (P2P) プログラムの概要

初期の電化プログラムである Southern Province Rural Electrification Project にて 2002 年に村落ベースでの電化を行った南部の Phossaad 村で追跡調査を行ったところ 2008 年末時点でも全村 270 世帯のうち 63 世帯は未電化であった。

このように折角、当該村落に電気は来ても経済的な理由から電化出来ない未電化世帯の対策として、700,000 キップを上限とする無利子融資を実施（そこから、接続のための初期費用として平均 200,000 キップを支払うことが条件）、その後、毎月 20,000 キップを返済させる方法を採用、これが Power to Poor (P2P)と言われるプログラムである。なお、この返済額と想定される電気料金（=10,000 キップ）の合計は、未電化だった頃の光熱費にほぼ等しい水準として設定された。なお、これを円滑に進めるため、EDL は社内に専用の基金（P2P Revolving Fund）を設立した。

この結果、Phossaad 村では、2 ヶ月間で世帯電化率が 100%となった。

この P2P プランは、村落単位での電化後 2 年以上を経過した村落を対象として順次拡大され、世帯電化率向上に寄与した。

以上に加えて、EDL では、2000 年以前は 22kV 配電線の新設の場合、その建設費用の 3 割を需要家側に負担させていたが、その後は EDL が全額負担とする等の方策も講じている。（ただし、個々の需要家が電気を引く場合のメーターやメーター周りの料金は、基本的には需要家負担）

これらの諸方策の結果、ラオスでは世界的に見ても顕著な電化率向上を達成しつつあり、各援助機関ならびに実施機関が効果的に機能していることから、引き続きこの政策を継続的に進めていくことが肝要である。

(6) 水力発電セクターおよび本事業に対する他ドナーの関心、動向

ラオス国電力セクターに対する他援助機関の支援は以下の通り。

(a) IFC（International Finance Corporation）の支援

IFC による支援件名を表 3.1-16 に示す。

表 3.1-16 IFC による支援件名

(単位百万 USD)

件 名	実施時期	金額
Nam Ngum 3 (水力発電) プロジェクト投資 (提案)	2011 未承認	100 以下
EDL 地方電化プロジェクト投資 (提案)	2010～	15 以下
水力発電環境社会パフォーマンス標準 (アドバイザー)	2012～2017	4.8

(b) ADB (Asian Development Bank : アジア開発銀行) の支援

ADB による支援件名を表 3.1-17 に示す。

表 3.1-17 ADB による支援件名

(単位百万 USD)

件 名	種類	実施時期 (承認年等)	金額
大メコン圏 北部送電プロジェクト	TA	2006	—
大メコン圏 北部送電プロジェクト	無償	2010	—
Nam Ngiep1 水力発電プロジェクト	融資ほか	2014	50
大メコン圏 Nam Theun 2 水力発電プロジェクト (社会環境モニタリング)	TA	2008	1
大メコン圏 Nam Theun 2 水力発電プロジェクト	TA	2003、2004	—
大メコン圏 Nam Theun 2 水力発電プロジェクト	融資	2005	—
小水力開発プロジェクト	TA	2010	2
大メコン圏 Ban Sok Pleiku 送電プロジェクト	—	2012	—
Nabong-Udon Thani 電力送電プロジェクト	TA	2007	1
北部エリア地方電化配電プロジェクト	TA、ローン	1998、'03-2011	—
大メコン圏 Nam Ngum 3 水力発電プロジェクト	TA、ローン検討	2007～2013	116
Nam Leuk 水力発電プロジェクト	ローン他	1995～2004	—
電力セクター戦略スタディ	TA	1999～2003	0.8
Theun-Hinboun 水力発電プロジェクト	ローン他	～2000、2002	—
Nam Ngum-Luang Prabang 送電プロジェクト	ローン	2002	20
Nam Ngum 500kV 送電線	TA	1997	—
EDL 企業財務の能力向上プロジェクト	TA	1996～1997	0.3
Xeset 水力発電プロジェクト	—	1987～1992	—

上記のうち、セカタム案件に間接的に裨益する可能性のあるプロジェクトは以下の通り。

EDL 企業財務の能力向上プロジェクト（Corporate and Financial Development of EDL）

EDL の経営計画の作成と電力料金の検討の支援が行われた。EDL が利益を上げ、自立した組織として電力開発を行うための経営戦略の検討および各電圧階級・負荷パターンにおける電力料金の検討を支援することで、EDL の財務状況等が改善され、間接的に、セカタム案件等の IPP 開発や安定した電力の買取等に裨益する可能性がある。

● 経営計画の作成の実施項目は以下の通り。

- ・ EDL の経営層と緊密な協議を行い、EDL の運営からもたらされる EDL の収益性・運営指標・財務構造と経済利得に関して、EDL の 1996～2000 年の特定の運営目標をつくる。
- ・ 最近の民間セクターの投資活動・電力セクターへの民間投資への政府インセンティブ・EDL 内の予想される将来プロジェクトと最近の電力セクターの発展状況のレビューに基づき、EDL が直面するだろう財政的な需要を評価する。
- ・ 弱いパフォーマンスの主要エリアを特定する目的で、唯一の株主である政府との深い協議のうえ、EDL 最近の運営状況の評価を行い、その評価に基づき、主要な運営の弱点を直接正す EDL の運営方針や運営方法、スタッフの訓練プログラムにおける変更の推薦事項をつくる。
- ・ 国内の電化率を上げることおよび電力輸出を通じた外国取引の増加という 2 つの政府の目的を考慮に入れて、EDL の相対的成本と、EDL の運営の各側面からの国への利益を特定し、その分析に基づき、民間セクターの発電運営・地方電化のための EDL の現在の運営方針を批判的に評価し、そのような運営の効率性を向上する改善を推薦する。そして、政府が EDL に財務状況や一般的運営能力を損なわない小規模の地方電化をある程度引き受けることを許すための政府からの外部的補助の基礎となりえるような、地方電化の運営に関係するコストを特定する。
- ・ 以上に業務の結果に基づいて、EDL が 1996 年から 2000 年の間に現実的に達成しえる、そして、本取り組みでつくった運営面の目標を達成するための最良の見通しを提供するような、年間ベースの財務的な計画をつくる。そして、このタスクの結果を、EDL の活動の適切な変化を提案することにもなるかもしれない事業開発計画として、説明する。

- 本経営計画の実施結果として、運営戦略と企業計画は EDL の経営層に受け入れられ、将来の戦略検討と適切な計画・組織化の基礎を構成した。
- 電力料金の検討実施項目は以下の通り。
 - ・ 現在の電力セクターの価格構造をレビューする。これらは、経済面財務面において、異なる電力供給ポイントにおいて、長期の限界供給コストのレビューを行う、そして、また、全国大の統一価格をもつことの望ましさ、実用性のレビューを行う。
 - ・ 住民需要家の支払い能力と意思を見定めるための調査を実施する。
 - ・ 電力セクターの適切な財務面のそしてコスト回収目標と消費者の支払い能力・意思に基づいた価格方針をつくる。
 - ・ 上記でつくった料金方針に基づいて、当地域のほかの電力会社の料金レベルや構造を参照し、レベルと構造両方に面における既存料金の十分性をレビューする。
 - ・ EDL の請求・徴収能力をレビューし、これらの能力が改訂される料金構造の実施にどの程度影響を与えるか見定め、適した改善を推薦する。
 - ・ 電力セクターが、その運営予算を満たし、投資開発プログラム（BOT および JV タイプの投資のもと、追加される新しい発電容量と、基幹的な料金を構成すると思われる予想コスト）に、新に合理的な割合を財政支出することを可能とするような、上記でつくられた料金方針および EDL の請求・徴収能力と整合した適切なタリフ構造を形成し推薦する。
- 本電力料金の検討結果に基づき、電力料金は 90%以上、上げられた。

(b) 世界銀行（WB : World Bank）の支援

世界銀行による支援件名を表 3.1-18 に示す。

表 3.1-18 世界銀行による支援件名

(単位百万 USD)

件 名	実施時期 (承認年等)	金額
ラオス国地方電化フェーズⅠプロジェクト	2006	3.75
ラオス国地方電化フェーズⅡプロジェクト	2010	20
ラオス国地方電化フェーズⅡプロジェクト	2011	1.82
水力発電・鉱山セクターの能力開発技術支援	2010～2015	8.0
大メコン圏電力取引（ラオス国）プロジェクト	2007～2015	15.0
Namu Theun 2 発電プロジェクト（社会環境含）	2005	20.0
南部地方の地方電化プロジェクト	1998	34.7
地方電力系統統合プロジェクト	1992	36.0
Nam Ngum 水力発電プロジェクト	1981	15.0

上記のうち、セカタム案件に間接的に裨益する可能性のあるプロジェクトは以下の通り。

水力発電・鉱山セクターの能力開発技術支援

(TA for Capacity Development in Hydropower and Mining Sector)

水力・鉱山セクターにおける政策・規制・ガイドラインの開発支援が行われている。特に本技術支援の取組みの一環として、ラオス国の標準的な CA（Concession Agreement）が取り纏められ、今後、セカタム案件等の水力発電プロジェクトに適用される可能性がある。

大メコン圏電力取引（ラオス国）プロジェクト

(GMS Power Trade (Laos) Project/L-7: TA for updating Tariff Study)

取組み全体のうち、TA のひとつとして、EDL の料金スタディの更新が行われている。電力料金の検討を支援することで、EDL の財務状況等が改善され、間接的に、セカタム案件等の IPP 開発や安定した電力の買取等に裨益する可能性がある。

ラオス国内における過去の IPP 実績ならびに今後の見通しとして、事業概要（設備容量、売電先等）、出資企業（名称、国籍）、時期等を表 3.1-19～表 3.1-21 に示す。

表 3.1-19 ラオス国内の IPP 実績(運転中)

No.	プロジェクト名	事業実施場所	設備 容量 (MW)	進捗状況		出資企業	売電先 (国)	備 考 (事業費等)
				MOU/ PDA/CA	運開年			
1	Theun-Hinboun	Bolikhamxay	220	運転中	1998	・EDL (Laos) 60% ・Nordic (Norway) 20% ・GMS (Thailand) 20%	Laos/ Thailand	約 2.6 億 USD
2	Houay Ho	Champasak/ Attapeu	152	運転中	1999	・EDL (Laos) 20% ・Suez Energy (Belgium) 60% ・HHTC (Thailand) 20%	Thailand	約 2.4 億 USD
3	Nam Lik1-2 Hydropower	Vientiane	100	運転中	2010	・EDL (Laos) 10% ・CWE (China) 90%	Laos	約 1.5 億 USD
4	Nam Theun 2 Hydropower	Khammouane and Bolikhamxay	1075	運転中	2010	・LHSE (Laos) 25% ・EDF (France) 40% ・EGCO (Thailand) 35%	Laos/ Thailand	約 14.5 億 USD
5	Nam Ngum 5 Hydropower	Luangprabang and Xiengkhouang	120	運転中	2012	・EDL (Laos) 15% ・Sinohydro (China) 85%	Laos	約 2 億 USD
6	Nam Ngum 2 Hydropower	Vientiane	615	運転中	2013	・EDL (Laos) 25% ・CH. Kanchang (Thailand) 28.5% ・PT Construction & Irrigation Co.,(Laos) 4% ・Ratchaburi (Thailand) 25% ・Bangkok Expressway PCL (Thailand) 12.5% ・TEAM Consulting Engineering 1% ・Shalapak Group (USA) 4%	Thailand	約 7.5 億 USD
7	Nam Nhone	Bokeo and Luangnamtha	2.4	運転中	2013	Nam Nhone Power Company 100%	Laos	-
8	Tad Salen Hydropower	Savannakhet	3.2	運転中	2013	SIC Manufacturer (Thailand) 100%	Laos	約 5 百万 USD
9	Theun-Hinboun Hydropower Expansion	Bolikhamxay	220 +60	運転中	2013	・EDL (Laos) 60% ・Nordic Group (Norway) 20% ・MDX (Thailand) 20%	Laos/ Thailand	-
10	Xekaman 3 Hydropower	Sekong	250	運転中	2013	・EDL (Laos) 15% ・VLP (Vietnam) 85%	Laos/ Vietnam	-

(出典：MEM の Department of Energy Promotion & Department の資料、EDL ヒアリング、その他公開情報より作成)

表 3.1-20 ラオス国内の IPP の見通し(建設中)

No.	プロジェクト名	事業実施場所	設備 容量 (MW)	進捗状況		出資企業	売電先 (国)	備 考
				MOU/ PDA/CA	運開年			
1	Hongsai Lignite	Xayaboury	1878	PDA (HOA) Signed 18/12/2006 Tariff MOU 13/05/09	2015	・LHSE (Laos) 20% ・Ratchaburi (Thailand) 40% ・BANPU 40%	Laos/ Thailand	
2	Xekaman 1 Hydropower	Attapeu	64	CA Signed 10/02/2011	2015	・GOL (Laos) 15-30% ・VLP (Vietnam) 70-85%	Vietnam/ Laos	
3	Xayabouri (Mekong)	Xayaboury/ Luangprabang	1260	CA Signed 29/10/2010	2019	・GOL (Laos) 20% ・Ch.Kanchang & PT (Thailand) 80%	Laos/ Thailand	
4	Nam Ngum 3 Hydropower	Vientiane and Xiang Khouang	460	PDA Signed 15/11/97	2017	・LHSE (Laos) 23% ・Marubeni (Japan) 25% ・Ratchaburi (Thailand) 25% ・GMS (Thailand) 27%	Thailand	
5	Nam Ou 3	Phongsaly/ Luangprabang	120	PDA Signed 15/10/2007	2016	・GOL (Laos) 10-25% ・SinoHydro (China) 90% - 75%	Thailand or China and Laos	
	Nam Ou 5		240		2017			
	Nam Ou 6		180		2017			
6	Nam Sim	Houaphan	8	PDA Signed 02/10/2007	2015	・ECI (Laos) 25% ・Energy Development as (Norway) 75%	Laos	
7	Nam Sane	(Xiengkhouang)	8	(PDA Signed 19/06/2008)	2014	(・GOL (Laos) 25%) (・Rohas Euco Industries Berhad (Malaysia) 75%)	(Laos)	
8	Xenamnoy 1	Champasak/ Attapeu	15	PDA Signed 25/01/2010	2014	・GOL (Laos) 10% ・Phongxubhavy Road and Bridge Construction Co., Ltd 90%	-	
9	Nam Khan 2	Luangprabang	126.2	MOU Signed 13/10/2006	2015	SinoHydro (China)	Laos	
10	Nam Khan 3	Luangprabang	47	MOU Signed 13/10/2006	2016	SinoHydro (China)	Laos	
11	Nam Long 2,3	(Luangnamtha)	8	(MOU Signed 10/1/2007)	2016	(Luangpaseuth Construction Co., Ltd)	-	

(出典：MEM の Department of Energy Promotion & Department の資料、EDL ヒアリング、その他公開情報より作成)

表 3.1-21 ラオス国内の代表的な IPP の見通し(PDA 段階)

No.	プロジェクト名	事業実施場所	設備 容量 (MW)	進捗状況		出資企業	売電先 (国)	備 考
				MOU/ PDA/CA	運開年			
1	Don Sahong (Mekong)	Champasak	240	PDA Signed 13/02/2008	2016	・ GOL (Laos) 20% ・ Mega First (Malaysia) 80%	Laos/ Thailand	
2	Nam Beng	Oudomxay	34	PDA Signed 10/03/2010	2015	China National Electrical Equipment Corp.	Laos	
3	Nam Kong 1	Attapeu	150	PDA Signed 23/06/2008	2017	・ Region Oil (Russia) 80% ・ LHSE (Laos) 20%	Thailand	CA/PDA Negotiation
4	Nam Lik 1	Vientiane	60	PDA Signed 08/04/2008	2014	・ GOL (Laos) 20% ・ Hydro Engineering Co. (Thailand) 80%	Laos	CA/PPA Negotiation
5	Nam Mang 1	Bolikhamxay	57	PDA Signed 20/05/2010	2012	・ Far-East Industrial Co., Ltd (China)	Laos	CA/PDA Negotiation
6	Nam Mo	Xiengkhouang	150	PDA Signed 30/03/2008	2014	・ GOL (Laos) 15% ・ Viet-Lao Economical Cooperative General Company 85%	Vietnam	CA/PPA Negotiation
7	Nam Ngiep 1 Hydropower	Bolikhamxay	262.9	PPA, CA Signed 08/2013	2019	・ LHSE (Laos) 25% ・ The Kansai Electric Power (Japan) 45% ・ EGAT Inter (Thailand) 30%	Laos/ Thailand	
8	Nam Ngiep 2	Xiengkhouang	180	PDA Signed 25/08/2010	2015	・ CWE (China)	-	
9	Nam Phak	Champasak	45	PDA Signed 06/11/2009	2013 から 遅延	・ EDL (Laos) 20% ・ Kobe Green Power Co., Ltd (Japan) 80%	Laos	
10	Nam Theun 1 Hydropower	Bolikhamxay	523	PDA Signed 28/11/04	2018	・ LHSE (Laos) 20% ・ Gamuda (Malaysia) 40% ・ EGCO (Thailand) 40%	Laos/ Thailand	CA/ PPA Under Negotiation (tariff concluded)
11	Sekong 4 Hydropower	Sekong	300	PDA Signed 23/06/2008	2017	・ Region Oil (Russia) 80% ・ LHSE (Laos) 20%	Thailand	CA/PPA Negotiation
12	Se Kong 5 Hydropower	Sekong	330	PDA Signed 19/6/2009	2016	・ Region Oil (Russia) ・ Strategic partners to be invited	Thailand / Laos	CA/PPA Negotiation
13	Xepian- Xenamnoy	Attapeu and Champasak	390	PDA Signed 14/11/2008	2016	・ LHSE (Laos) 24% ・ SK Engineering & Construction (Korea) 26% ・ Korea Western Power Co., Ltd (Korea) 25% ・ Ratchaburi Electric Generating Holding Public Co., Ltd. (Thailand) 25%	Thailand/ Laos	
14	Phou Ngoy (Mekong)	Champasak	651	PDA Signed 07/12/2010	-	・ Charoen Energy and Water Asia Co.,Ltd (Thailand)	Thailand/ Laos	

(出典：MEM の Department of Energy Promotion & Department の資料、EDL ヒアリング、その他公開情報より作成)

3.2 地形・地質調査

3.2.1 広域地形

セカタム水力発電計画地点は、Bolaven 高原の東側に位置する。Bolaven 高原は、中生代堆積岩類の隆起・浸食により形成されたメサ地形であり、基盤岩上を新生代に噴出した玄武岩溶岩が覆っている。Pakxong 付近が標高 1,300m と最も高く、西部では Pakse に至るまで緩勾配の斜面を形成しているのに対し、東部では Sekong 川を縁として比高 500m 以上の急崖斜面を成している。発電所が面する Xe Namnoy 川は高原の南部を起源として北東に流れ、Sekong 川に合流するが、Bolaven 高原を開析しており、両岸は急峻な山地地形（比高 300～500m）を形成している。Xe Namnoy 川の支流である Xe Katam 川は、Bolaven 高原上を南東に緩勾配で流れるが、Xe Namnoy 川との合流点付近で落差 100m 以上の滝地形を成す。この滝は Xe Katam 滝の名称で、地元の景勝地となっている。



図 3.2-1 セカタム水力計画地点を含む広域地形

3.2.2 広域地質

Bolaven 高原を構成する地質は、三畳紀—ジュラ紀のソラム層群（Mz-1）と白亜紀のチャンパ層群（Mz-2）によって基盤が構成されている。両層群は共通して礫岩、砂岩、泥岩から構成され、浅海域の堆積相を呈している。地層はほぼ水平または緩い傾斜の同斜構造であるが、両層群とも続成作用は十分に進んでおり、泥岩を除き砂岩および礫岩層は硬質な岩盤である。泥岩は主として中硬質である。Bolaven 高原では、これらの堆積岩類を、第三紀から第四紀にかけて噴出した玄武岩溶岩（図 3.2-2 中の N2-Q および vPg）とそれに同伴する火山碎屑物が厚く覆っている。高原の東縁付近の丘陵地では、河床部周辺を玄武岩類が埋め、斜面は堆積岩類由来の崖錐堆積物、あるいは風化残留土によって覆われているが、Pakxong から Pakse に至る緩傾斜域では、ラテライト化した玄武岩風化土が広く分布する。

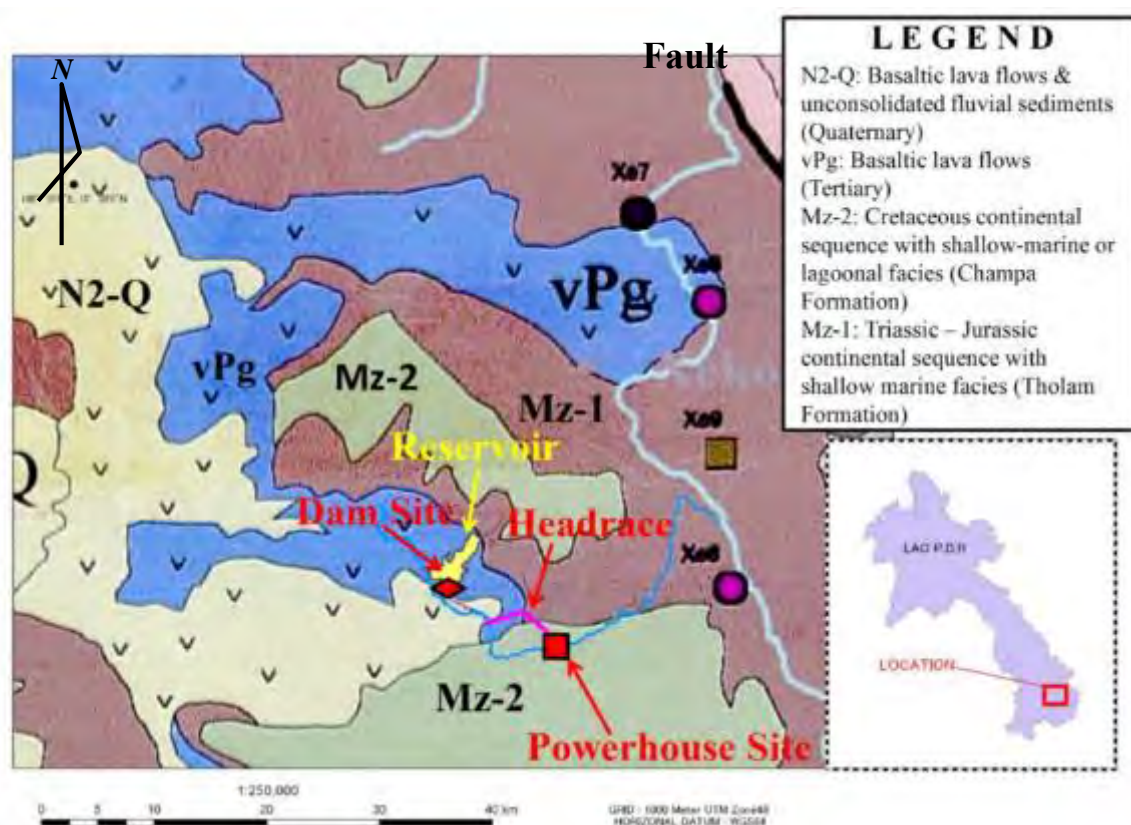


図 3.2-2 セカナム水力発電計画地点広域の地質分布状況

(出典: 「LAO P.D.R. Geological and Mineral Occurrence Map, Scale 1:1,000,000」 British Geological Survey, 1990)

3.2.3 地質調査概要

プロジェクトサイトでは、2005 年、2006 年、2009 年、2013 年（今回実施調査）の計 4 回の地形地質調査が実施されている。第 1 回の調査（2005 年）では、ダムサイトでのボーリング調査 3 本（40m×3）、4 箇所のテストピット掘削と室内土質試験、導水路でのボーリング調査 1 本（40m×1）、鉄管路でのボーリング調査 2 本（40m×1、30m×1）が行われた。

第 2 回調査（2006 年）では、ダムサイトでのボーリング調査 2 本（40m×2）、5 箇所のテストピット掘削と室内土質試験、原石山での 2 箇所のテストピット調査と岩石試験（2 ピース）、鉄管路でのボーリング調査 1 本（40m×1）、弾性波探査（5 測線、2.3km）、2 箇所のテストピット掘削が行われた。

第 3 回調査（2009 年）では、ダムサイト周辺での 11 箇所のテストピット掘削と室内土質試験、原石山でのボーリング調査 1 本（40m×1）、弾性波探査（2 測線、1.0km）と岩石試験（2 ピース）、導水路でのボーリング調査 1 本（40.7m×1）、ヘッドタンクでのボーリング調査 1 本（40.5m×1）、発電所でのボーリング 1 本（29.3m×1 本）が実施された。

今回実施した第 4 回調査（2013 年）では、ダムサイトでのボーリング 3 本（50m×3）、7 箇所のテストピット掘削と室内試験、原石山でのボーリング調査 1 本（20m×1）、鉄管路でのボーリング調査 1 本（50m×1）、発電所でのボーリング調査 2 本（20m×1、10m×1）が行われた。図 3.2-3～図 3.2-6 に調査位置を、表 3.2-1～表 3.2-5 に調査実施数量表を掲載する。

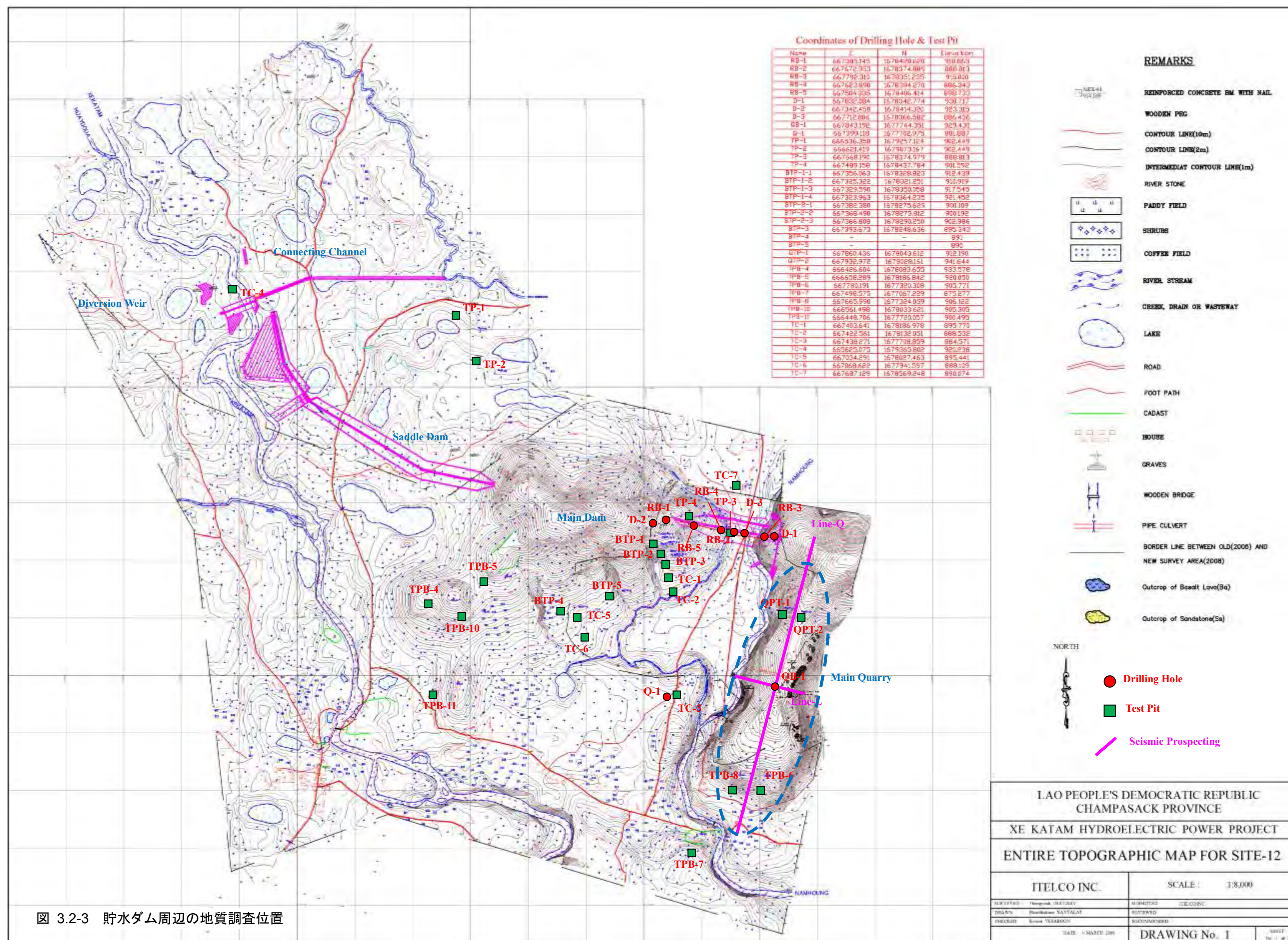


図 3.2-3 貯水ダム周辺の地質調査位置

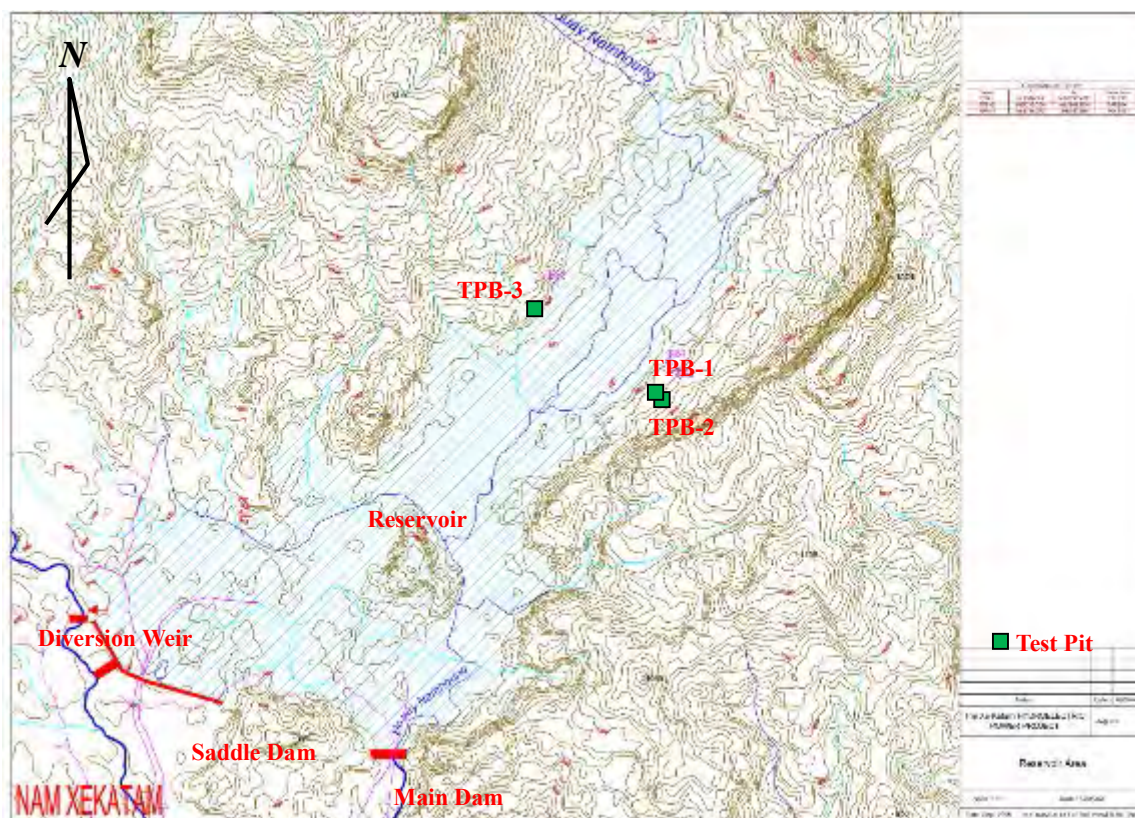


図 3.2-4 貯水池内の地質調査位置

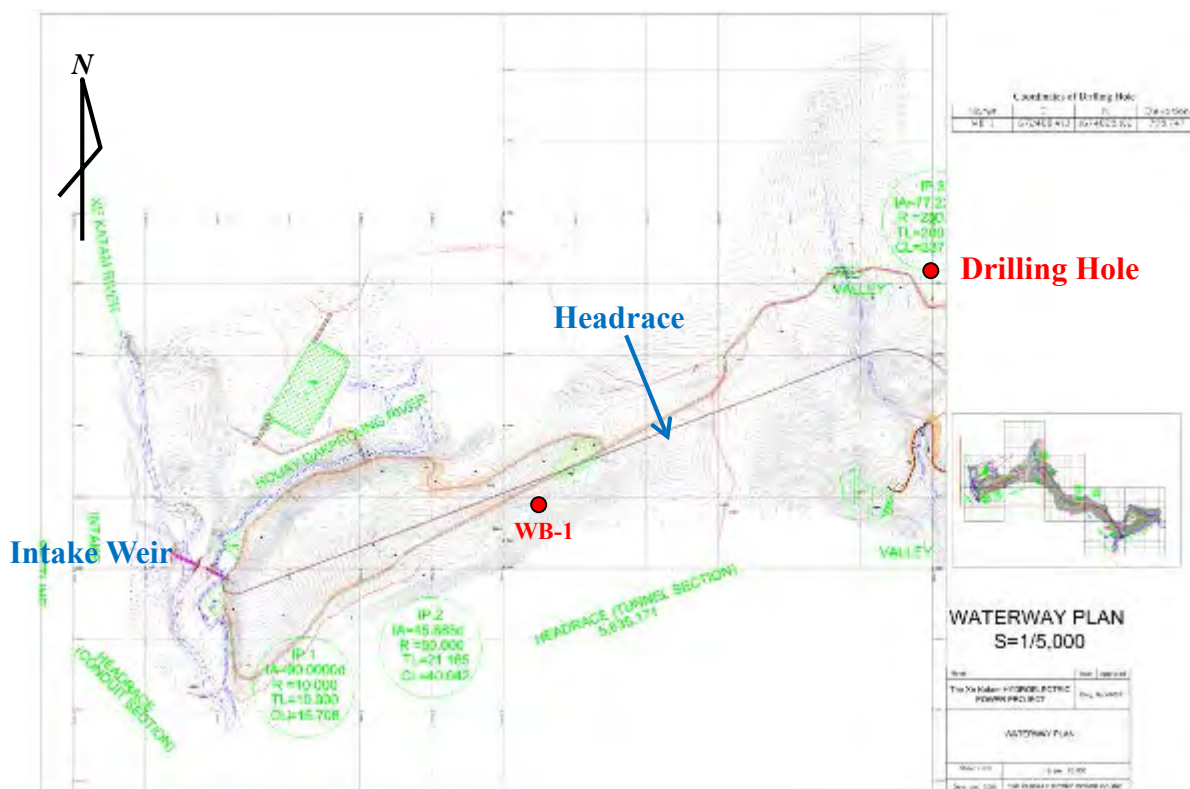


図 3.2-5 導水路上の地質調査位置

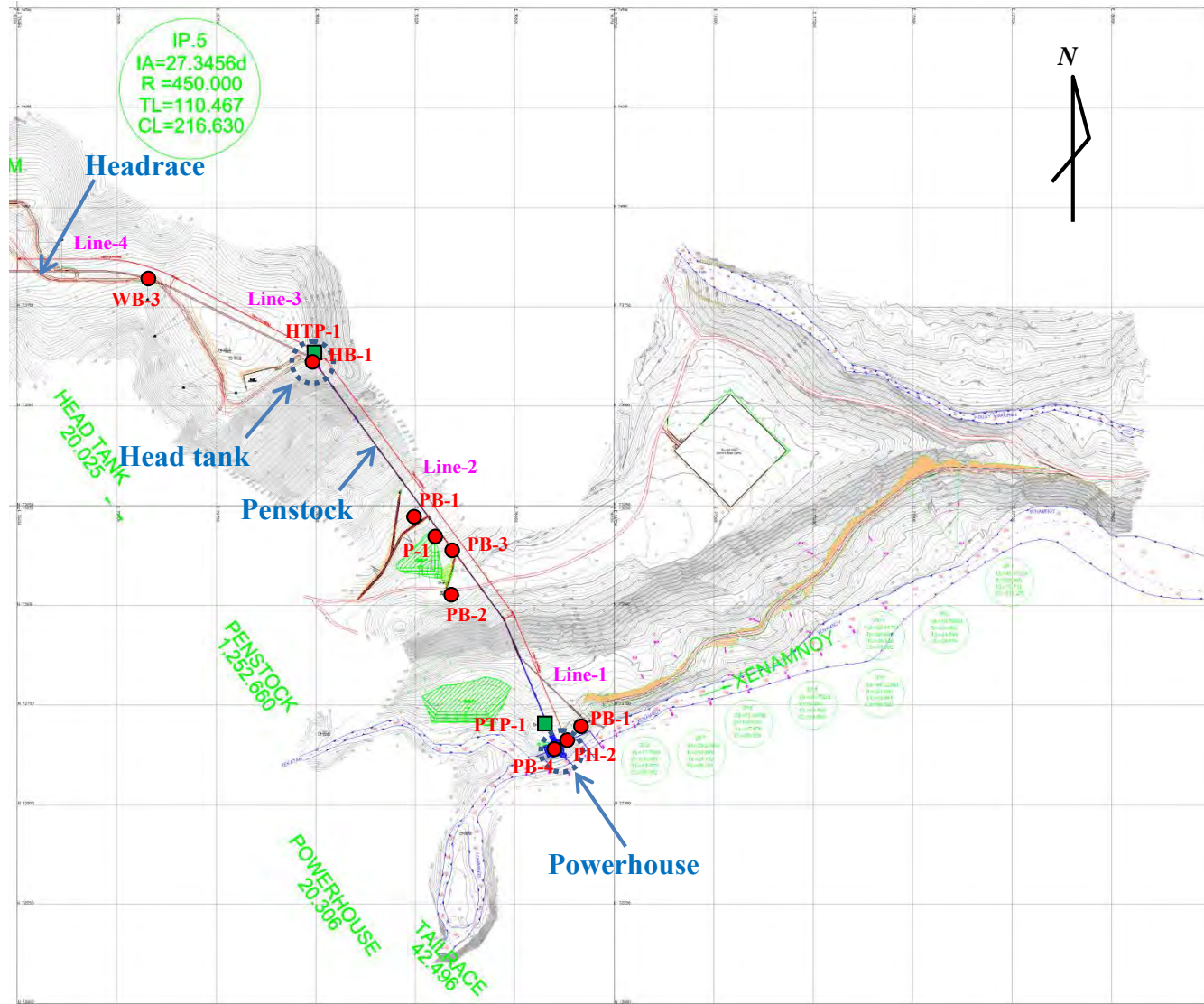
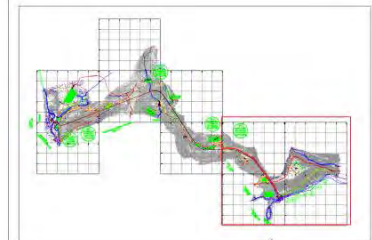


図 3.2-6 鉄管路～発電所上での地質調査位置

Coordinates of Drilling Hole			
Name	E	N	Elevation
WB-3	675590.410	1673814.342	782.34
HB-1	675992.830	1673612.461	772.26
PB-1	676244.434	1673213.711	505.97
PB-2	676343.490	1673024.926	473.83
PB-3	676339.616	1673146.537	-
P-1	676297.300	1673176.904	493.21
PB-4	676606.532	1672642.159	315.62
PH-1	676658.861	1672701.383	316.56
PH-2	676621.448	1672654.392	313.82

- Drilling Hole
- Test Pit
- Seismic Prospecting



WATERWAY PLAN S=1/5,000

Notes	Date	Approved
The Xe Katam HYDROELECTRIC POWER PROJECT		Dwg. No. XK001
WATERWAY PLAN		
Sheet 3 of 3	Scale : 1/5,000	

表 3.2-1 弾性波探査実施数量

ライン名	延 長	実 施 場 所	年	備 考
Line-1	300m	Xe Namnoy 川～発電所	2006	ライン上で PB-4 削孔
Line-2	890m	鉄管路～水槽	2006	ライン上で PB-1, PB-2, PB-3 を削孔
Line-3	485m	水槽～導水路	2006	ライン上で HB-1 削孔
Line-4	320m	導水路	2006	ライン上で WB-3 削孔
Line-5	200m	鉄管路沿いにおいて Line-2 と交差する方向	2006	ライン上で PB-3 削孔
Line-Q	700m	原石山尾根沿い	2009	Line-Q と Line-L の交点上で QB-1
Line-L	300m	原石山横断方向	2009	削孔

表 3.2-2 ボーリング調査実施数量

孔番号*	実施場所	座 標		標高 (m)	深度 (m)	年	調査目的	備 考
		X	Y					
RB-1	貯水ダム	667385.145	1678428.62	918.865	40	2005	ダム右岸における基礎地盤と透水性の確認	標準貫入試験、ルジ オン試験を実施
RB-2	貯水ダム	667672.953	1678374.889	888.813	40	2005	ダム河床における基礎地盤と透水性の確認	標準貫入試験、ルジ オン試験を実施。 室内岩石試験用にコ アサンプル採取
RB-3	貯水ダム	667792.31	1678351.235	915	40	2005	ダム左岸における基礎地盤と透水性の確認	標準貫入試験、ルジ オン試験を実施。 室内岩石試験用にコ アサンプル採取
RB-4	貯水ダム	667623.89	1678384.27	886.343	40	2006	ダム河床における玄武岩層厚の確認と 2005 年調査時透水性の再確認	ルジオン試験
RB-5	貯水ダム	667504.335	1678406.414	898.733	40	2006	ダム右岸における風化残留土層厚の確認 と 2005 年調査時透水性の再確認	ルジオン試験
D-1	貯水ダム	667832.084	1678342.774	930.717	50	2013	ダム左岸リム部における基礎地盤と透水 性の確認	ルジオン試験
D-2	貯水ダム	667342.458	1678414.32	923.315	50	2013	ダム右岸リム部における基礎地盤と透水 性の確認	ルジオン試験
D-3	貯水ダム	667712.806	1678366.582	886.436	50	2013	ダム河床における基礎地盤と透水性の確認	ルジオン試験
QB-1	原石山	667843.192	1677744.351	929.43	40	2009	原石山における風化残留土層厚と岩盤 状況の確認	室内岩石試験用にコ アサンプル採取
Q-1	ダムサイト 下流域	667399.118	1677702.975	881.887	20	2013	玄武岩台地上の風化残留土層厚と岩盤 状況の確認	室内岩石試験用にコ アサンプル採取
WB-1	導水路	672488.413	1674825.105	795.749	40	2005	導水路トンネル上、低土被り区間におけ る地盤状況の確認	
WB-3	導水路	675590.41	1673814.342	782.347	40.7	2009	導水路トンネル上、低土被り区間におけ る地盤状況の確認	
HB-1	ヘッドタンク	675992.83	1673612.461	772.263	40.5	2009	ヘッドタンク地点における地盤状況の確認	
PB-1	鉄管路	676244.434	1673213.711	505.971	40	2005	鉄管路上の緩勾配区間における崖錐堆 積物の層厚の確認	標準貫入試験
PB-2	鉄管路	676343.49	1673024.926	473.839	30	2005	鉄管路上の玄武岩平坦区間における風 化残留土の層厚と岩盤状況の確認	標準貫入試験
PB-3	鉄管路	676339.616	1673146.537	-	40	2006	鉄管路上の緩勾配区間における崖錐堆 積物の層厚の確認	
P-1	鉄管路	676297.3	1673176.904	493.21	50	2013	鉄管路上の緩勾配区間における崖錐堆 積物の層厚の確認	標準貫入試験
PB-4	発電所	676606.532	1672642.159	315.624	29.3	2009	発電所地点における地盤状況の確認	
PH-1	発電所	676658.861	1672701.383	316.565	20	2013	発電所代替地点における地盤状況の確認	
PH-2	発電所	676621.448	1672654.392	313.82	10	2013	発電所代替地点における地盤状況の確認	
総掘削延長					750.5			

*表中の着色は、本準備調査で実施した調査を示す。

表 3.2-3 テストピット掘削実施数量

坑番号	実施場所	座標		標高 (m)	深度 (m)	年	調査目的	備 考
		X	Y					
TP-1	貯水池	666536.358	1679257.124	902.449	3.0	2005	コア材料調査および玄武岩の風化残留土の層厚確認	
TP-2	貯水池	666621.419	1679073.167	902.449	3.0	2005		
TP-3	貯水ダム	667668.19	1678374.979	888.813	2.5	2005	コア材料調査および玄武岩の風化残留土の層厚確認	硬質礫が出現し、掘削困難となったため、深度 2.5m で掘り止め
TP-4	貯水ダム	667489.158	1678437.784	901.592	3.0	2005	ダム軸右岸斜面におけるコア材料調査および風化残留土の層厚確認	
BTP-1	貯水ダムから 200m 下流域	667356.063	1678328.823	912.439	3.5	2006	右岸斜面におけるコア材料調査および風化残留土の層厚確認	
BTP-2	貯水ダムから 200m 下流域	667382.38	1678275.629	900.109	3.5	2006	右岸斜面におけるコア材料調査および風化残留土の層厚確認	
BTP-3	貯水ダムから 200m 下流域	667393.673	1678248.636	895.343	4.6	2006	右岸斜面におけるコア材料調査および風化残留土の層厚確認	
BTP-4	貯水ダムから 700m 下流域	-	-	891	5.0	2006	右岸斜面におけるコア材料調査および風化残留土の層厚確認	
BTP-5	貯水ダムから 500m 下流域	-	-	890	5.0	2006	右岸斜面におけるコア材料調査および風化残留土の層厚確認	
QTP-1	原石山	667860.436	1678043.612	912.19	3.0	2006	原石山(左岸)における風化残留土の層厚確認	
QTP-2	原石山	667932.972	1678028.161	941.644	3.0	2006	原石山(左岸)における風化残留土の層厚確認	
HTP-1	ヘッドタンク	675973.226	1673629.868	779.800	5.0	2006	ヘッドタンク地点における風化残留土の層厚確認	
PTP-1	鉄管路	676536.653	1672769.482	336.000	5.0	2006	鉄管路通過地点における風化残留土の層厚確認	
TPB-1	貯水池	669570.917	1680997.472	930.992	4.0	2009	貯水池内斜面におけるコア材料調査および崖錐堆積物の層厚確認	
TPB-2	貯水池	669599.556	1680962.854	942.204	3.5	2009	貯水池内斜面におけるコア材料調査および崖錐堆積物の層厚確認	
TPB-3	貯水池	668780.053	1681527.200	904.515	3.2	2009	貯水池内斜面におけるコア材料調査および崖錐堆積物の層厚確認	硬質礫が出現し、掘削困難となったため、深度 3.2m で掘り止め
TPB-4	貯水ダムから 1km 下流域	666426.604	1678083.655	933.578	3.0	2009	右岸斜面におけるコア材料調査および風化残留土の層厚確認	
TPB-5	貯水ダムから 700m 下流域	666658.289	1678186.842	920.05	1.5	2009	右岸斜面におけるコア材料調査および風化残留土の層厚確認	硬質砂岩が出現し、掘削困難となったため、深度 1.5m で掘り止め
TPB-6	原石山	667780.191	1677320.308	905.771	5.0	2009	原石山南側斜面におけるコア材料調査および風化残留土の層厚確認	

坑番号	実施場所	座標		標高 (m)	深度 (m)	年	調査目的	備 考
		X	Y					
TPB-7	貯水ダムから 1.2km 下流域	667498.575	1677067.229	875.277	5.0	2009	玄武岩台地上におけるコア 材料調査および玄武岩の風 化残留土の層厚確認	
TPB-8	原石山	667665.99	1677324.059	906.122	4.0	2009	原石山南側斜面におけるコ ア材料調査および風化残留 土の層厚確認	
TPB-9	貯水ダムから 1.0km 下流域	666561.498	1678033.621	905.305	3.7	2009	右岸斜面におけるコア材料 調査および風化残留土の層 厚確認	
TPB-10	貯水ダムから 1.2km 下流域	666448.706	1677720.057	900.495	5.0	2009	右岸斜面におけるコア材料 調査および風化残留土の層 厚確認	
TPB-11	Nong Mek 村から 700m 東南東地点	667403.641	1678186.978	895.77	3.2	2009	コア材料調査および風化残 留土の層厚確認	
TC-1	貯水ダムから 200m 下流域	667422.561	1678132.051	888.532	3.4	2013	右岸斜面におけるコア材料 調査および風化残留土の層 厚確認	
TC-2	貯水ダムから 200m 下流域	667438.271	1677708.859	884.571	1.7	2013	右岸斜面におけるコア材料 調査および風化残留土の層 厚確認	テストピットが冠水 したため深度 1.7m で掘り止め
TC-3	貯水ダムから 700m 下流域	665625.075	1679365.802	920.238	5.0	2013	玄武岩台地上におけるコア 材料調査および玄武岩の風 化残留土の層厚確認	
TC-4	副ダム右岸リム部	667034.291	1678027.463	895.441	2.2	2013	コア材料調査および玄武岩 の風化残留土の層厚確認	硬質礫が出現し、 掘削困難となった ため、深度 2.2m で掘り止め
TC-5	貯水ダムから 700m 下流域	667068.622	1677941.597	888.109	4.5	2013	右岸斜面におけるコア材料 調査および風化残留土の層 厚確認	
TC-6	貯水ダムから 700m 下流域	667687.129	1678569.248	890.074	3.4	2013	右岸斜面におけるコア材料 調査および風化残留土の層 厚確認	
TC-7	貯水ダムから 200m 上流域	669570.917	1680997.472	930.992	1.7	2013	玄武岩台地上におけるコア 材料調査および玄武岩の風 化残留土の層厚確認	硬質礫が出現し、 掘削困難となった ため、深度 1.7m で掘り止め
テストピット総掘削数：								31

*表中の着色は、本準備調査で実施した調査を示す。

表 3.2-4 室内岩石試験実施数量

岩石種類	試験数量					備 考
	間隙率	比重	吸水率	一軸圧縮 試験	アルカリ 骨材反応 試験 (化学法)	
砂岩	6	6	6	10	2	RB-3 孔: 36.0-37.0m 区間から 2 ピース(新鮮) 原石山露頭: 4 ピース(やや風化) QB-1 孔: 19.5-20.0m, 21.0-21.5m 合計 2 ピース (新鮮)
泥岩	2	2	2	2	-	QB-1 孔: 28.4-28.8m, 36.5-37.0m 合計 2 ピース (新鮮)
玄武岩	5	5	5	5	-	RB-2 孔: 19.5-19.9m, 25.5-25.9m 合計 2 ピース (新鮮) Q-1 孔: 13.0-14.0m 区間から 3 ピース(新鮮)
総計	13	13	13	17	2	

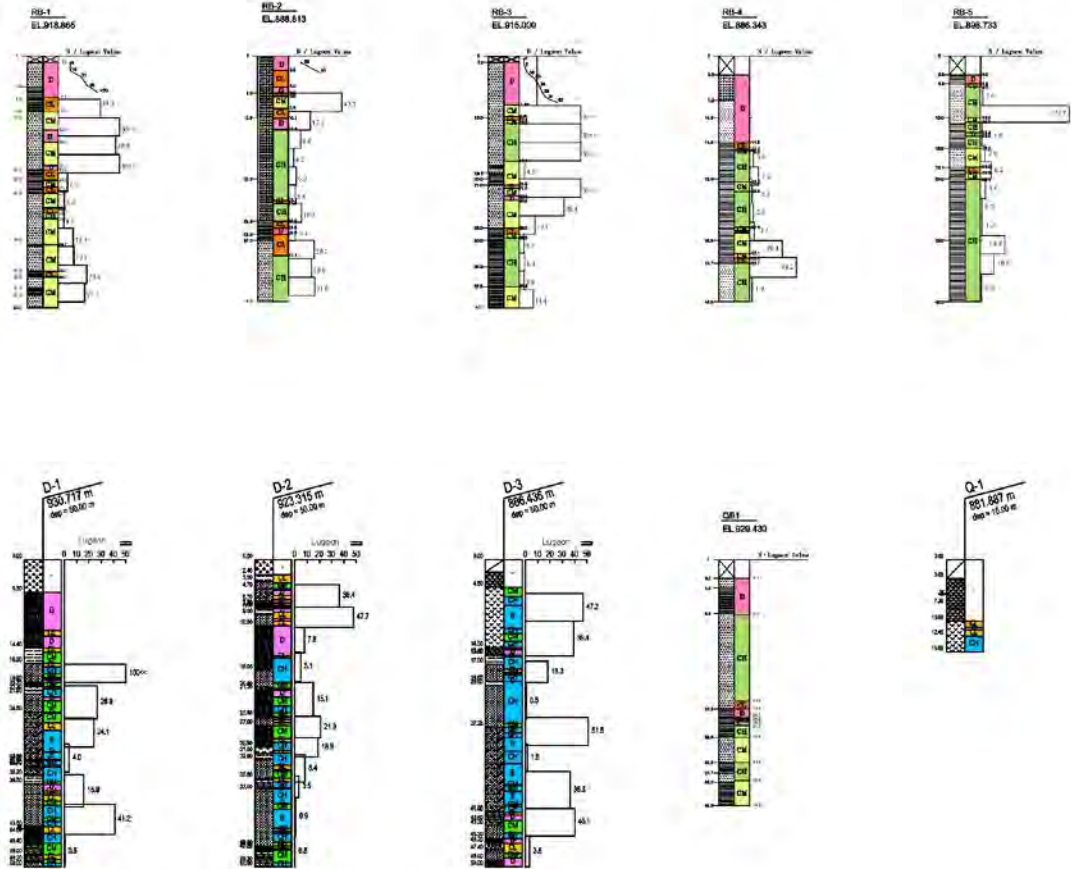
表 3.2-5 室内土質試験実施数量

試験項目	数量	試料採取場所
粒度試験	34	TP-1(1), TP-2(1), TP-3(1), TP-4(1), BTP-1(1), BTP-2(1), BTP-3(1), BTP-4(1), BTP-5(1), TPB-1(1), TPB-2(1), TPB-3(1), TPB-4(1), TPB-6(1), TPB-7(1), TPB-7D(1), TPB-8(1), TPB-10(1), TPB-11(1), TC-1(1), TC-3(5), TC-4, TC-5(3), TC-6(2), RS1(1) (路床材料 土取り場), Sekong 川砂州(2)
アッターベルグ限界	29	TP-1(1), TP-2(1), TP-3(1), TP-4(1), BTP-1(1), BTP-2(1), BTP-3(1), BTP-4(1), BTP-5(1), TPB-1(1), TPB-2(1), TPB-3(1), TPB-4(1), TPB-6(1), TPB-7(1), TPB-7D(1), TC-1(1), TC-3(5), TC-4(1), TC-5(3), TC-6(2), RS1(1)
湿潤密度	20	BTP-1(1), BTP-2(1), BTP-3(1), BTP-4(1), BTP-5(1), TPB-4(1), TPB-6(1), TPB-7(1), TPB-7D(1), TC-1(1), TC-3(4), TC-4(1), TC-5(2), TC-6(2), RS1(1)
比重	34	TP-1(1), TP-2(1), TP-3(1), TP-4(1), BTP-1(1), BTP-2(1), BTP-3(1), BTP-4(1), BTP-5(1), TPB-1(1), TPB-2(1), TPB-3(1), TPB-4(1), TPB-6(1), TPB-7(1), TPB-7D(1), TPB-8(1), TPB-10(1), TPB-11(1), TC-1(1), TC-3(5), TC-4(1), TC-5(3), TC-6(2), RS1(1) (路床材 料土取り場), Sekong 川砂州(2)
自然含水比	34	TP-1(1), TP-2(1), TP-3(1), TP-4(1), BTP-1(1), BTP-2(1), BTP-3(1), BTP-4(1), BTP-5(1), TPB-1(1), TPB-2(1), TPB-3(1), TPB-4(1), TPB-6(1), TPB-7(1), TPB-7D(1), TPB-8(1), TPB-10(1), TPB-11(1), TC-1, TC-3(5), TC-4, TC-5(3), TC-6(2), RS1(1) (路床材料土 取り場), Sekong 川砂州(2)
締固め試験	22	BTP-1(1), BTP-2(1), BTP-3(1), BTP-4(1), BTP-5(1), TPB-4(1), TPB-6(1), TPB-7(1), TPB-7D(1), TC-1(1), TC-3(5), TC-4(1), TC-5(3), TC-6(2), RS1(1)
圧密試験	17	TPB-4(1), TPB-6(1), TPB-7(1), TPB-7D(1), TC-1(1), TC-3(5), TC-4(1), TC-5(3), TC- 6(2), RS1(1)
三軸圧縮試験 (CU)	22	BTP-1(1), BTP-2(1), BTP-3(1), BTP-4(1), BTP-5(1), TPB-4(1), TPB-6(1), TPB-7(1), TPB-7D(1), TC-1(1), TC-3(5), TC-4(1), TC-5(3), TC-6(2), RS1(1)
透水試験	22	BTP-1(1), BTP-2(1), BTP-3(1), BTP-4(1), BTP-5(1), TPB-4(1), TPB-6(1), TPB-7(1), TPB-7D(1), TC-1(1), TC-3(5), TC-4(1), TC-5(3), TC-6(2), RS1(1)

* 括弧内は採取したサンプル数を指す

図 3.2-7、図 3.2-8 に、ボーリングコア観察に基づいた各ボーリング地点の地質柱状図を掲載する。

DRILLING LOGS <MAIN DAM & QUARRY>



LEGEND <2005-2009>

D	Subsoil
CL	Colluvium
CM	Terrace Deposits
CH	Basalt
	Sandstone
	Mudstone

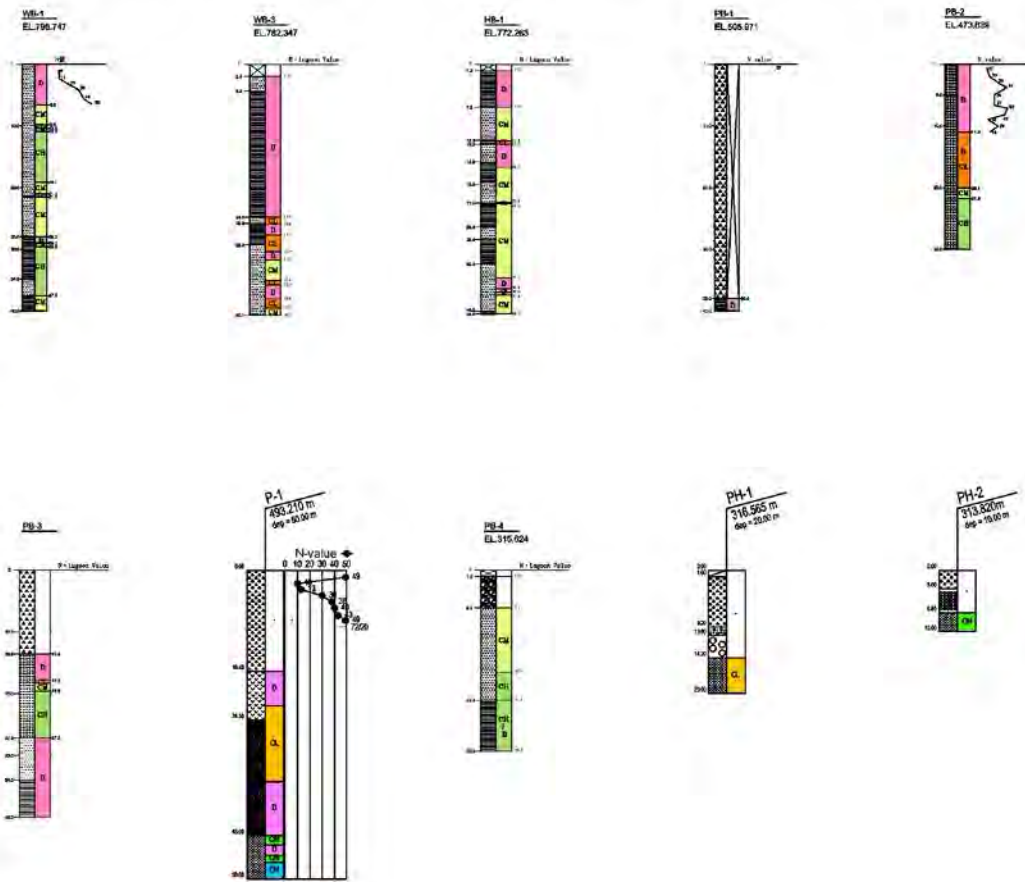
LEGEND <2013>

<Rock Class>	<Geology>
D class	Subsoil
CL class	Colluvium (Co)
CM class	Alluvium (AL)
CH or B class	Boulders
	Terrace deposit (Td)
	Basalt (Ba)
	Auto-brecciated lava (BBa)
	Mudstone (Ms)
	Siltstone (Sl)
	Sandstone (Sa)
	Coarse Sandstone (CSs)
	Alternation Sa & Ms
	Conglomerate (Cg)
	Tuff (Tf)
	Tuffaceous Mudstone (TfMs)
	Tuffaceous Sandstone (TfSs)

Notes	Date	Approved
XE KATAM HYDROPOWER PROJECT		Dwg. No.
MAIN DAM & QUARRY DRILLING LOGS		
Sheet 1 of 2		
Date: Dec. 2013	THE KANSAI ELECTRIC POWER CO., INC.	

図 3.2-7 貯水ダムおよび原石山周辺のボーリング柱状図

DRILLING LOGS <HEAD RACE TO POWERHOUSE>



LEGEND <2005-2009>

D	Subsoil
CL	Colluvium
CM	Terrace Deposits
CH	Basalt
	Sandstone
	Mudstone

LEGEND <2013>

<p><Rock Class></p> <ul style="list-style-type: none"> D class CL class CM class CH or B class	<p><Geology></p> <ul style="list-style-type: none"> Subsoil Colluvium (Cg) Alluvium (AL) Boulders Terrace deposit (Td) Basalt (Ba) Auto-brecciated lava (BBa) Mudstone (Ms) Siltstone (St) Sandstone (Ss) Coarse Sandstone (CSs) Alternation Ss & Ms Conglomerate (Cg) Tuff (Tf) Turfaceous Mudstone (TMs) Turfaceous Sandstone (TSSs)
---	---

Notes	Date	Approved
XE KATAM HYDROPOWER PROJECT		Dwg. No.
HEAD RACE TO POWERHOUSE DRILLING LOGS		
Sheet 2 of 2		
Date: Dec. 2013	THE KANSAI ELECTRIC POWER CO., INC.	

図 3.2-8 導水路～発電所地点のボーリング柱状図

3.2.4 各構造物地点の地形・地質状況および地質工学的評価

(1) 岩盤分類基準

本プロジェクトにおける各構造物基礎および岩石材料を評価するために、表 3.2-6 に示す電中研式岩盤等級区分に準じた岩盤分類を行う。本プロジェクトでは原位置での岩盤試験を行っていないが、目安のために岩級区分と変形係数の区分けを示す。変形係数の閾値は日本のダム施工現場の実績に基づく推定値である（図 3.2-9 参照）。

表 3.2-6 岩盤分類基準（電中研式）

岩盤分類	変形係数 D (MPa)	記 述
B	2,000<	岩盤は非常に堅硬である。基本的に、開口節理または亀裂は 1 mm であっても存在しない。岩盤の表面には極僅かな風化、または変質の徴候が認められる。ハンマーの打撃で澄んだ音を発する。
CH		岩盤は比較的堅硬である。岩石中の鉱物は、石英粒子を除いて風化の影響が顕在し、酸化鉄の混入が認められる。節理および亀裂の表面摩擦抵抗は、薄い軟質物質の介在により、僅かに低下している。岩盤はハンマーの強い打撃によって節理沿いに分離する。また、ハンマーの打撃では僅かに濁った音を発する。
CM	500 - 2,000	岩盤は幾分か軟らかい。岩石中の鉱物は、石英粒子を除いて、一部が粘土鉱物に置換し軟質化している。節理および亀裂の表面摩擦抵抗は、やや厚い軟質物質の介在によって、幾分か低下している。岩盤は、中程度のハンマー打撃により、節理沿いに剥落する。岩盤の分離面には粘土の付着が認められる。ハンマーの打撃ではやや濁った音を発する。
CL	200 - 500	岩盤は概ね軟らかい。岩石中の鉱物は、風化により多くが粘土鉱物に置換され、軟質化している。節理および亀裂の表面摩擦抵抗は、厚い軟質物質の介在によってかなり低下している。岩盤は、ハンマーの弱い打撃によって節理沿いに崩落する。また、ハンマーの打撃では濁った音を発する。
D	<200	岩盤は著しく軟らかい。岩石中の鉱物は、風化によりほぼ完全に粘土鉱物に置換されている。節理および亀裂の表面摩擦抵抗は失われている。岩盤は、ハンマーの軽い打撃で容易に崩落する。また、ハンマーの打撃では著しく鈍い音を発する。

（出典：「Rock Mass Classification」CRIEPI, 1992）

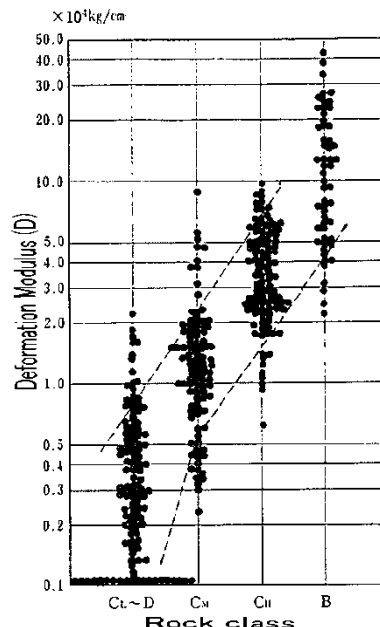


図 3.2-9 塊状岩盤における岩盤分類と変形係数の関係

（出典：「ダム基礎岩盤の耐荷性に関する地質工学的総合評価」 菊池ほか, 1984）

(2) 貯水ダム

(a) 地形概況

貯水ダムサイトは Nong Mek 村から東北東 2km の Nam Houng 川に位置する。右岸は標高 986m の独立した小山からなり、左岸は北北東に連なる厚みのある山体である。

貯水池には、Nam Houng 川の谷筋を第四紀に噴出した玄武岩溶岩が被覆しており、河床幅の広い盆地状地形を呈している。貯水池上流域の左右岸山体は標高 1,200m 以上で、浸食前線が明瞭なメサ地形をなす。斜面の低標高部では崖錐堆積物が覆う緩傾斜地形となっているが、貯水池標高ではほぼ平坦である。平坦面に流れる河川の河床には、玄武岩の露頭が散在的に分布する。

(b) 地質層序

ダムサイトの基盤岩は、白亜紀の浅海性堆積層であるチャンパ層と第四紀以降に噴出した玄武岩溶岩とその碎屑物から構成される。ダムサイト周辺では、Nam Houng 川沿いに玄武岩や砂岩といった硬質岩盤露頭が散在的に分布するのみであり、平坦地および斜面部は風化土に覆われる。

1) 堆積岩類

チャンパ層は砂岩、赤色泥岩（シルト岩および粘土岩）、礫岩の互層からなる。地殻運動による変形をほとんど受けていないため、地層は 10°以下の緩傾斜あるいは水平に連なっている（図 3.2-10）。

砂岩、礫岩および塊状の泥岩は中硬質から硬質（一軸圧縮強度 [UCS] : 35.71－71.02 MPa）だが、旧風化面を介在する不整合境界および縞状泥岩は強度が中硬質から軟質である。砂岩は硬質であるため、風化に対して高い抵抗性を有し、丘陵地斜面から φ1m 以上の巨礫を Nam Houng 川河床に供給している。ダムサイト左岸の原石山斜面には砂岩の風化残留核（コアストーン）が散在する。



図 3.2-10 国道沿い切土法面のチャンパ層露頭

2) 玄武岩

玄武岩層は、ダムサイト周辺で標高 880～890m の平坦部を構成しており、チャンパ

層隆起後の第四紀に谷部を埋積した。斜面上には分布しない。Nam Houng 川河床では玄武岩溶岩の露頭が散在的に見られる（図 3.2-11）。玄武岩溶岩の上下境界面付近は自破碎構造が認められ、一部で礫交じり砂状または粘土状を呈する。

玄武岩表層は 5m から 10m 程度の厚さで、褐色の風化層を形成している。表層では玄武岩硬質部が風化により取り残され、風化残留核（φ10～50cm）が広い範囲で散在する（図 3.2-11）。玄武岩礫の分布は貯水池域内で顕著である。



Nam Houng 川河床の堅岩露頭



テストピット内の風化土と風化残留核

図 3.2-11 貯水ダムサイト周辺の玄武岩露頭状況

ダム軸上で削孔されたボーリング孔（RB-1～5、D-1～3 の計 8 本）から、ダム基礎岩盤の地層構成を表 3.2-7 に示すように評価する。

表 3.2-7 貯水ダムサイトの地質層序

ユニット	地質構成	色調	層厚	地質工学的特徴*	代表コア写真
Ob	表層土被り	-	3 - 15m	1. 細粒土主体	
				2. N 値: 5 - 50 (平均 26)	
				3. 原位置透水試験は行われていない	
Ba	玄武岩	暗灰色	28m	1. 表層土を含む自破碎部は最大 15m - 溶岩部では高角度亀裂が開口し、流入粘土で充填されている - チャンバ層との境界部は、約 2m の区間で自破碎部と古土壌で構成される	 
				2. 溶岩部 (CH-B 級相当) の UCS: 56.51 - 179.52 MPa	
				3. 透水性は非常に高い (40Lu<)	

ユニット	地質構成	色調	層厚	地質工学的特徴*		代表コア写真
Alt-1	泥優勢砂泥互層	赤	40m 以上	1.	短い間隔で頻繁に角礫部を挟む	
				2.	CL - CM 級コアが主体	
				3.	- 透水性は高い(20Lu<) - 右岸標高 910m 以深では透水性がばらつく(5~20Lu)	
				D-2:15-20m		
Ss-1	砂岩	灰色	6 - 8m	1.	- 硬質砂岩主体(CH 級) - 層理面沿いに薄く風化層を挟む	
				2.	砂岩(CH 級): UCS=45.13 - 71.12 MPa	
				3.	透水性は非常に高い(40Lu<)	
D-1:28-32m						
Alt-2	砂泥互層(砂-泥ほぼ等量)	暗茶～暗灰	4 - 6m	1.	割れ目間隔は近く、コアロス区間が頻繁に見られる	
				2.	CL 級と CM 級コアが混在する。 砂岩(CM 級): UCS=35.71 MPa	
				3.	透水性はばらついている(5~20Lu)	
D-1:35-39m						
Ss-2	砂岩	灰～黄褐色	4 - 6m	1.	砂岩主体であるが、黄褐色の凝灰質層を挟在する	
				2.	砂岩区間: CM～CH 級 凝灰岩区間: CL 級	
				3.	- 概ね低透水性(5Lu>) - ユニット境界付近で高透水性を示す(40Lu<)	
D-1:40-45m						
Md-1	泥岩	赤～暗灰色	30m	1.	主として塊状泥岩	
				2.	泥岩(CH 級): UCS=60.63 MPa	
				3.	- 概ね低透水性(5Lu>) - ユニット境界付近では中程度の透水性を示す(10Lu<)	
D-1:35-39m						
Ss-3	礫混じり粗粒砂岩	灰色	15m	1.	- 主として硬質砂岩 - 層理面沿いに薄く風化層を挟む	
				2.	砂岩(CH 級): UCS= 58.86 MPa 以上	
				3.	透水性は非常に高い(40Lu<)	
D-3:30-35m						
Alt-3	砂泥互層	暗赤褐色 - 黄灰色	6m 以上	1.	全体的に褐色を帯び軟質	
				2.	CL 級主体	
				3.	- 概ね低透水性(5Lu>) - ユニット境界では中～高程度の透水性を示す(10Lu<)	
D-3:45-50m						

* 1.地質的特徴, 2.力学的特徴, 3.透水性

ダム軸上の各ユニットの分布状況を図 3.2-12 に示す。地層は北西-南東走向において 1-5°の非常に緩い勾配で北（上流側）に傾斜する。各ユニットの層厚は左右岸で異なり、右岸リム部で最上位の Alt-1 層が厚い。RB-1 と D-2 とで確認される Ss-1 層は、孔間距離が 40m に過ぎないにも関わらず、5m 程度の標高差が存在する。この事実から RB-1 と D-2 間に地層を変位させる断層が存在すると推定される。

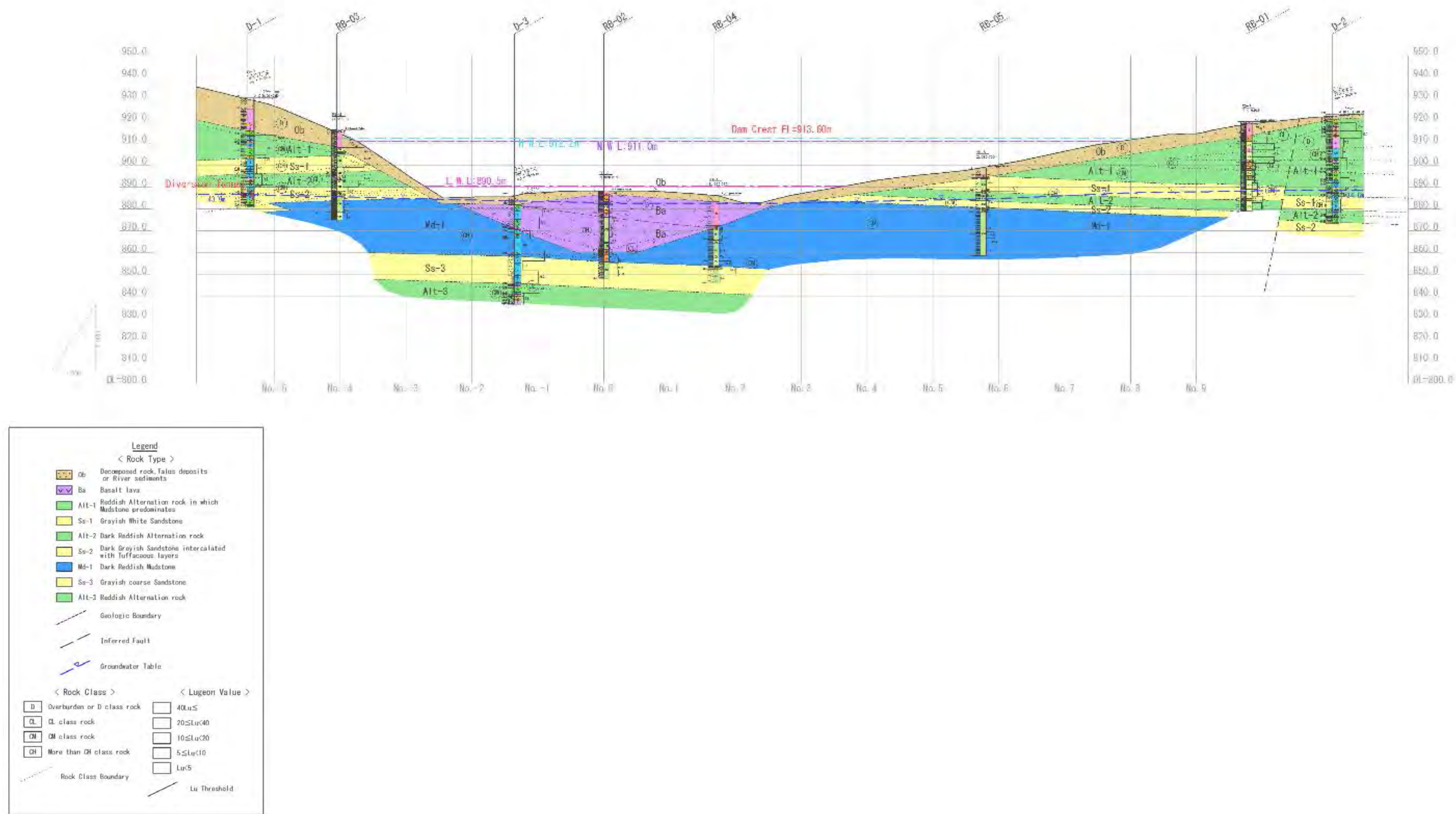


図 3.2-12 ダム軸地質断面図

(c) 基礎岩盤評価

1) 基礎岩盤適性

ダムサイトの基礎岩盤適性については、以下の判定を標準とする。

D 級岩盤 : 基本的には、コンクリート構造物およびコア敷の基礎としては不適である。

ロック部については表土を除いた上で D 級岩盤に盛り立てが可能である。

CL 級岩盤 : 基礎処理が可能と判断される場合は、コア敷の基礎岩盤とする。
コンクリート構造物の基礎としては原則、掘削除去とする。

CM 級以上 : ダムサイトの構造物基礎に対して基本的に問題ない。

2) ダム軸上の岩盤分布状況

ダム軸のボーリングコア観察結果により作成したダム軸における岩級区分図を図 3.2-13 に示す。岩盤性状の特徴は以下の通りである。

- 河床に分布する玄武岩層の下限面は自破碎および古土壌で構成され脆弱である (D-CL 級相当)。
- 左岸の標高 880－890m において凝灰質岩からなる低角弱層 (CL 級) があり、転流トンネル施工時はこの弱層を追いかける掘削になると予想される。
- 右岸アバットでは、RB-1 および D-2 ではいずれも深度 10m 以浅に CL 級が出現するが、その下位に D 級岩盤が連なる。このため、コア敷基礎は D 級岩盤が広く出現する可能性があり、この場合の止水設計上の検討が望ましい。

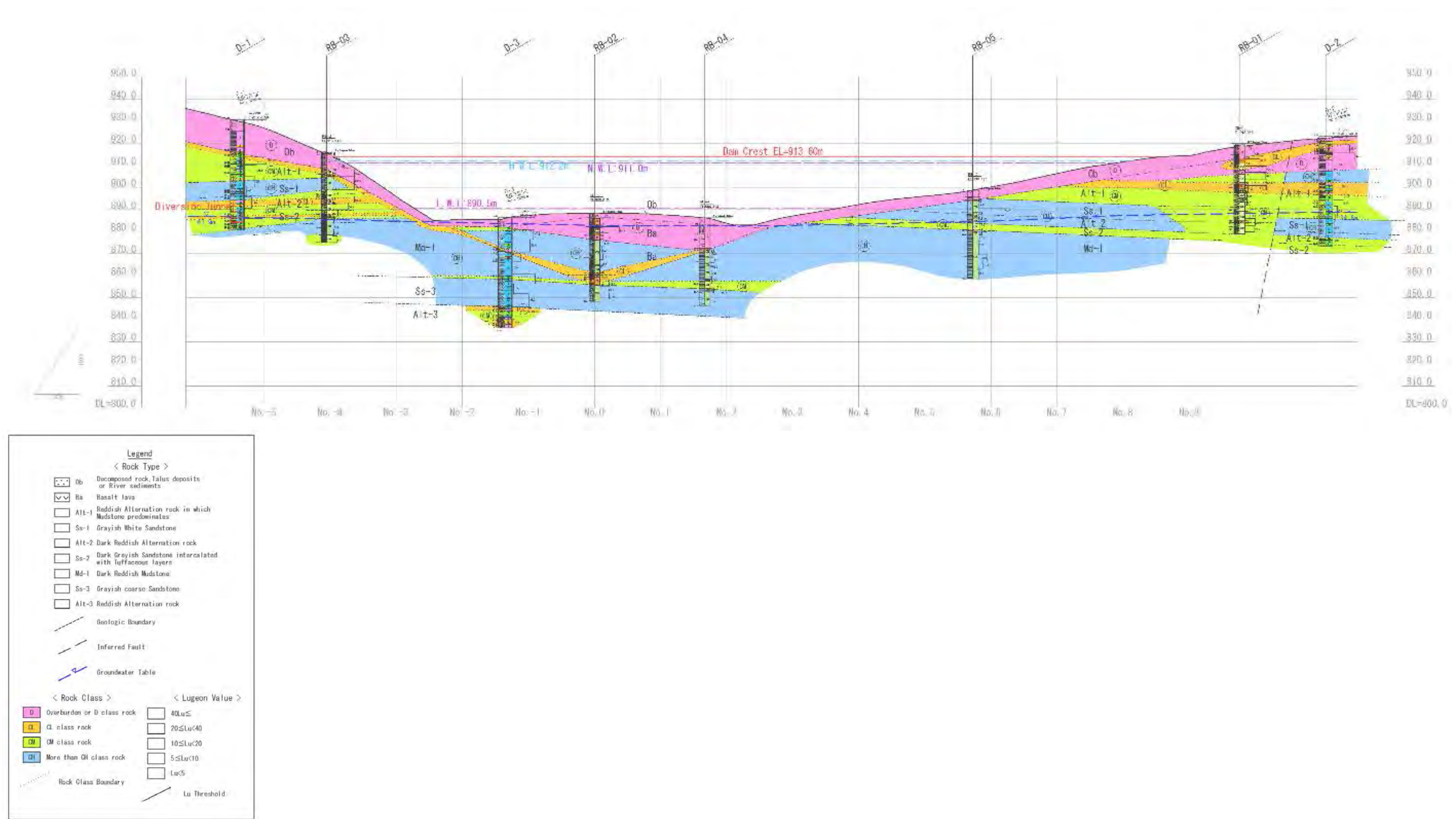


図 3.2-13 ダム軸岩級区分断面図

(d) 岩盤透水性

1) ルジオン値による透水性分類

ルジオン試験結果とコア観察による透水個所の目視確認を基に、表 3.2-8 に示すようにルジオン値 (Lu) の閾値で貯水ダム止水ライン上の透水性状を分類した。尚、本プロジェクトにおけるダム軸上の止水処理工（カーテングラウチング）の改良範囲および改良目標値は以下の通りである。

- ・ 最大ダム高の 1/2 までの深度* 5Lu 以下の透水性
- ・ 最大ダム高までの深度 10Lu 以下の透水性

* コア数基礎標高を基準とする

表 3.2-8 貯水ダムにおける岩盤透水性の分類

ルジオン値閾値	止水処理上の対応	備 考
$40 \leq Lu$	- 超高透水性帯 - 最大ダム高の深度内で目標改良値まで改良する必要がある	湛水時において極めて速い浸透流が発生し、パイピングを生じさせる可能性がある。 これらの透水帯を目標値まで改良する場合、規定のグラウチング孔以外に、補助グラウチングが必要になる可能性があり、グラウチングの仕様を決めるための試験グラウチングが必要である。
$20 \leq Lu < 40$	- 高透水帯 - 最大ダム高の深度内で目標改良値まで改良する必要がある	
$10 \leq Lu < 20$	- 準高透水帯 - 最大ダム高の深度内で目標改良値まで改良する必要がある	
$5 \leq Lu < 10$	- 中透水帯 - 最大ダム高の 1/2 の深度内で目標改良値まで改良する必要がある	
$Lu < 5$	- 低透水帯 - 止水処理の必要はない	

2) 貯水ダムにおける水理地質学的特徴

図 3.2-14 に岩盤透水性分類図としてルジオンマップを示す。

ダムサイト両岸リム部で削孔された D-1 および D-2 における孔内水位記録によると、両岸地山での地下水位は概ね河床標高 (EL.885m) に位置し、ほぼ平坦な地下水面を形成している。この低い地下水位から、両岸とも地山深部に地表に連結する水みちの存在が懸念される。

図 3.2-14 のルジオンマップ上で、止水処理上特に注意を払わなければならない $20Lu <$ の高透水帯については I～V の分帯に分けられる。これらの高透水性帯について、水理地質学的特徴、施工・湛水時でのリスク、止水処理上、考慮すべき事項を表 3.2-9 に整理する。

表 3.2-9 貯水ダムの高透水帯における水理地質学的特徴

帯	箇所	地層構成	水理地質学特徴 / 考慮すべき事項
I	浅部 (H/2 以 浅)	玄武岩 (Ba)	<ul style="list-style-type: none"> <特徴> - 玄武岩溶岩は第四紀に噴出しており、冷却節理が十分に閉合していない - 開口節理の一部は流入粘土で充填されている - 堆積岩類との境界付近では自破砕部と古土壌で構成される
			<ul style="list-style-type: none"> <リスク> - 湛水時に、開口節理内で高速の浸透流が発生する懸念がある - 節理を充填する粘土が、グラウチングの浸透を妨げる懸念がある
			<ul style="list-style-type: none"> <考慮すべきこと> - 単列のカーテンでは目標値までの改良が難しい場合、補助カーテンにより厚みのある難透水帯を形成すべきである - 試験グラウチングで改良性を事前に確認する必要がある
II	両 岸	砂泥互層 (Alt-1)	<ul style="list-style-type: none"> <特徴> - 堆積岩類の CL-CM 級岩盤で構成されるが、風化と応力解放による緩みで 40Lu 以上の高透水性を示す
			<ul style="list-style-type: none"> <リスク> - 湛水時に、開口節理内で高速の浸透流が発生する懸念がある - 節理を充填する粘土が、グラウチングの浸透を妨げる懸念がある
			<ul style="list-style-type: none"> <考慮すべきこと> - 単列のカーテンでは目標値までの改良が難しい場合、補助カーテンにより厚みのある難透水帯を形成すべきである - 試験グラウチングで改良性を事前に確認する必要がある
III	河 床	礫混じり 粗粒砂岩 (Ss-3)	<ul style="list-style-type: none"> <特徴> - 地層は主に CH-B 級相当の硬質砂岩から構成される。この砂岩層は、堆積時の海水準変動により形成された風化層を頻繁に挟み、また地表浸食後の応力解放による高角亀裂が発達している - Ss-3 層は上流側に緩やかに傾斜している。すなわち、貯水池側ではより深部に潜り込む - 両岸では、難透水性の泥岩層 (Md-1) が厚さ 30m 程度で Ss-3 層を覆う
			<ul style="list-style-type: none"> <リスク> - 湛水時に、高角節理と風化面上で高速の浸透流が発生する懸念がある - 河床部における止水処理が不十分である場合、浸透路が玄武岩を介して地表に繋がる恐れがある
			<ul style="list-style-type: none"> <考慮すべきこと> - 河床部においては、カーテンが地層全体をカバーするように施工されなければならない - 両岸の地山深部においては、難透水層である Md-1 層が、地表からの浸透を防ぐことが期待できる
VI	深部 (H/2～H)	左 岸 砂岩 (Ss-2)	<ul style="list-style-type: none"> <特徴> - 地層は主に硬質砂岩から構成されるが、左岸においては軟質な凝岩層を挟む
			<ul style="list-style-type: none"> <リスク> - 砂岩と凝灰岩の境界において 40Lu 以上の高透水性を示し、ほぼ水平に連続すると考えられる
			<ul style="list-style-type: none"> <考慮すべきこと> - 改良範囲内において遮水カーテンを構築する。 - カーテンの範囲外では、十分に緩い動水勾配とみなせるほどの長い浸透路である必要がある
V	右 岸	砂泥互層 (Alt-2)	<ul style="list-style-type: none"> <特徴> - 地層は主に CM 級岩盤からなる砂泥互層からなり、砂岩部は応力解放による緩みにより開口亀裂が発達している。また泥岩部との境界は所々で風化している
			<ul style="list-style-type: none"> <リスク> - 湛水時に、高角節理と風化面上で高速の浸透流が発生する懸念がある
			<ul style="list-style-type: none"> <考慮すべきこと> - 改良範囲内において遮水カーテンを構築する - カーテンの範囲外では、十分に緩い動水勾配とみなせるほどの長い浸透路である必要がある

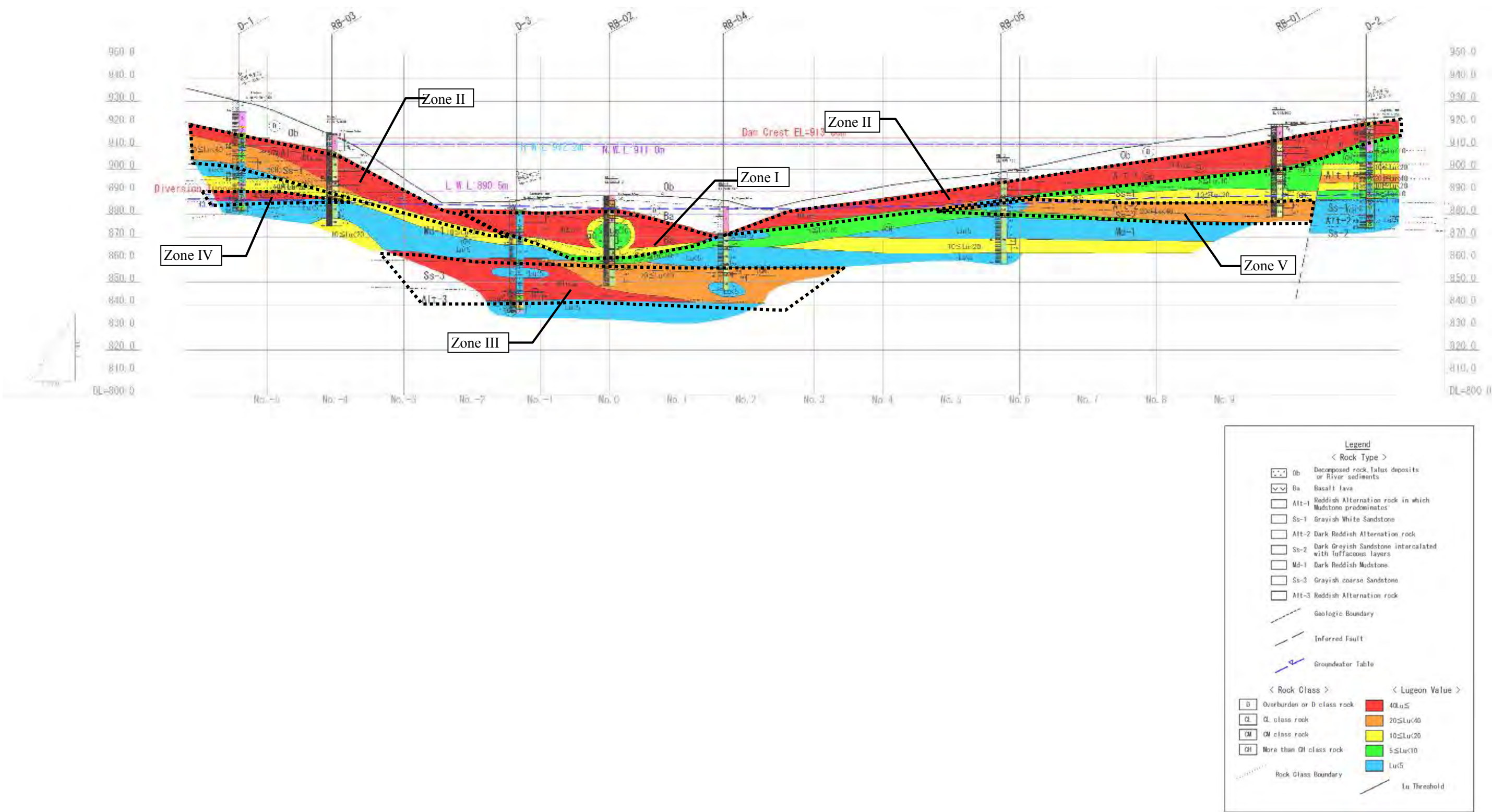


図 3.2-14 貯水ダム止水ライン上のルジオンマップ

(3) 原石山

(a) 主原石山の地形・地質状況

ロック材原石山は、ダムサイト左岸から南北に延びる尾根状の山体に選定されている。2009年に原石山賦存量を評価する目的で、稜線と山体横断線の計2測線で弾性波探査が行われ（Line-Q：700m、Line-L：300m）、2測線の交点でボーリング調査（QB-1：40m）が実施された。またボーリングコアを使って室内岩石試験が行われた。

原石山を構成する山体は、河床からの比高は約50m、ダム軸から原石山南裾部までの距離は約1.5kmであるが、図3.2-15に示すように東側斜面において砂岩露頭が連続的に確認できる。の範囲では残土が少なく、効率良く原石が採取できるエリアと考えられる。一方で、西側斜面では風化土が一様に覆っており、岩盤露頭を確認することができない。

原石山からダムサイトに至る地質断面図を図3.2-16に示す。

尾根上で掘られたQB-1ボーリングの結果によると、ダムサイト左岸で掘削されたD-1と共通した地質層序が認められ、深度9～24mはSs-1層に、24～36.2mはAlt-1およびSs-2層に、36.2～40mはMs-1層に相当する。コア性状もダムサイトと概ね共通し、Ss-1層では概ね棒状コアのCH級主体、Alt-1・Ss-2層では泥岩区間でコアロスがありCL-CM級主体である。Md-1は赤色塊状泥岩から構成されるが、比較的堅硬でありCM-CH級主体である。

D-1コアとの位置関係から、地層は上流（北方向）に向かって5°以下で緩く傾斜している。Ss-1はQB-1地点で15m以上の厚さであるが、上流ほど薄くなる傾向にあり、ダムサイト付近では層厚が半分以下となる。

ダム軸より下流700～800m付近の河床沿いに砂岩露頭が出現するが、これは地質断面図のSs-3層に相当する。

(b) 代替原石山の地形・地質状況

Nam Houng川河床標高付近では、広く玄武岩で構成される平坦面が広がっており、ダムサイト近傍で削孔されたRB-2、D-3およびQ-1によると、ラテライト土が堅硬な玄武岩溶岩を一様に覆っている。ラテライト層の層厚は場所によってかなり異なるが、玄武岩溶岩の出現深度は、概ねNam Houng川河床標高以下である。

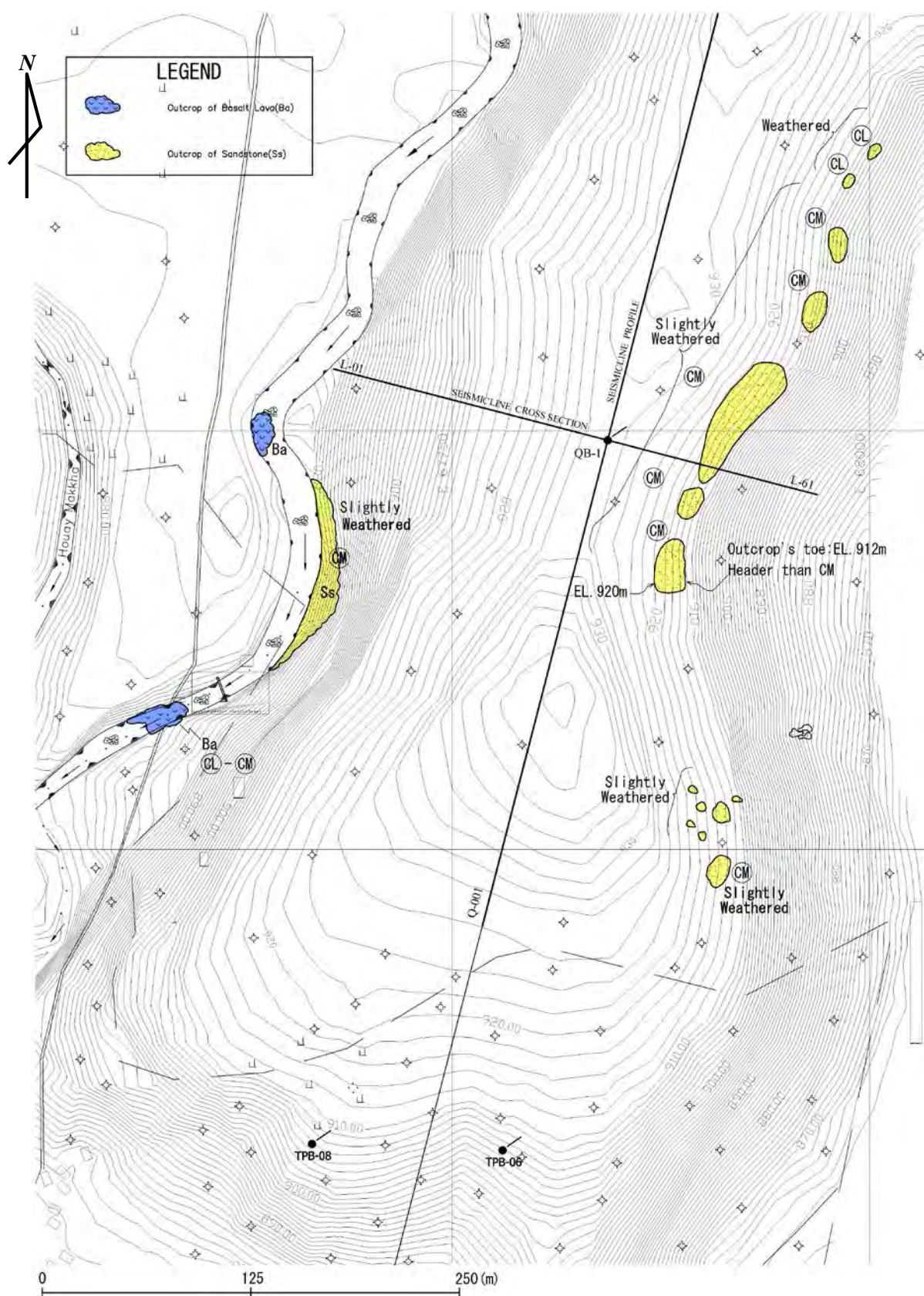


図 3.2-15 原石山周辺露頭分布状況

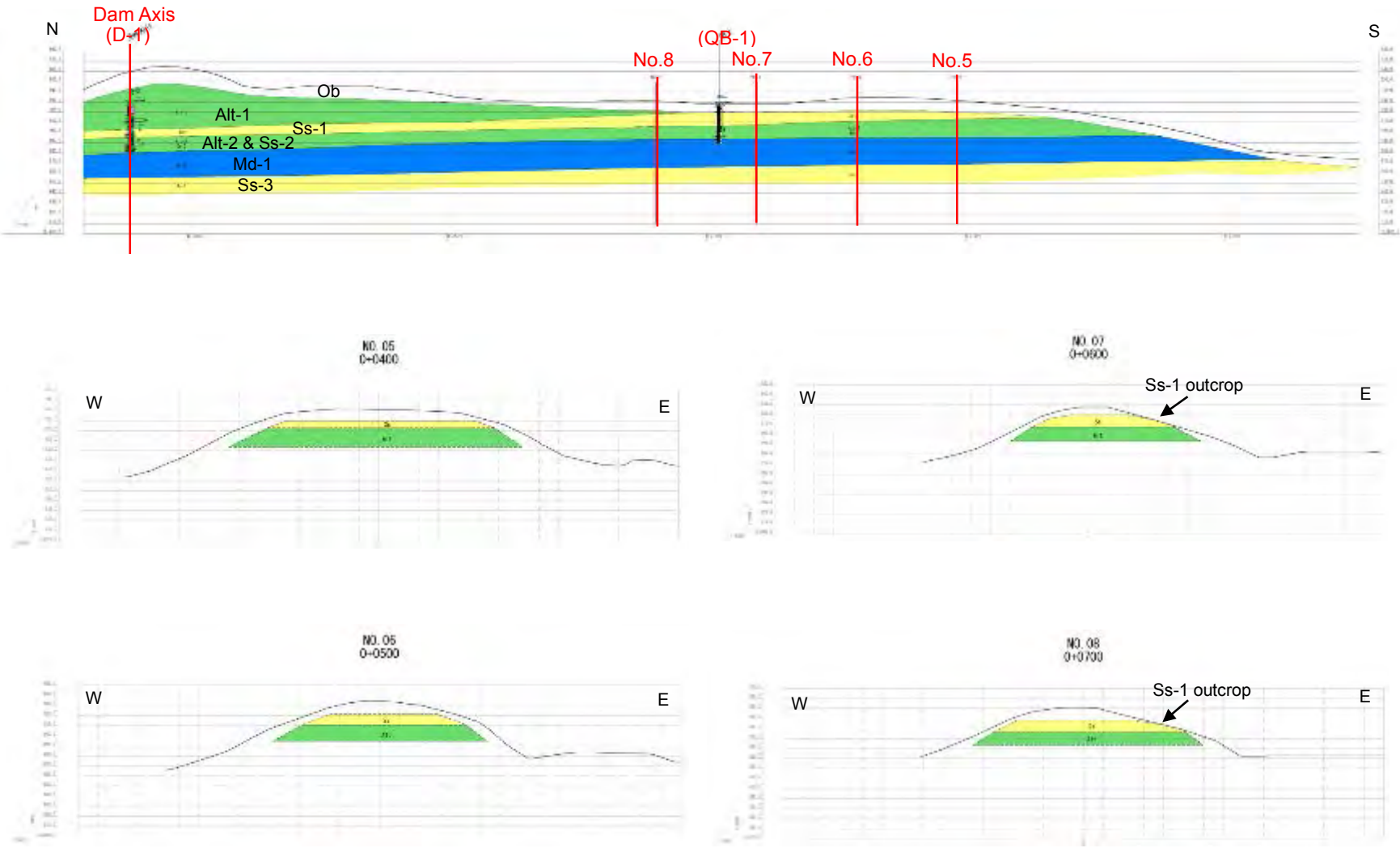


図 3.2-16 原石山地質断面図

(c) 主原石山の材料特性

1) 室内岩石試験結果

材料品質の基準の一つとして、日本工業規格ではコンクリート碎石に求められる物理的、化学的性質を表 3.2-10 のように定義している。

原石山では、露頭およびボーリングコアから採取した岩石試料を用いて各種室内試験が行われた。表 3.2-11 に試験結果を整理する。

表 3.2-10 コンクリート碎石品質基準(日本工業規格)

No.	試験項目	碎石	細砂
1	絶乾比重 (g/cm ³)	2.5 以上	2.5 以上
2	吸水率 (%)	3.0 以下	3.0 以下
3	すりへり減量 (%)	40 以下	-
4	洗い試験で失われる量 (%)	1.0 以下	7.0 以下
5	アルカリ骨材反応 (化学法)	Sc/Rc < 1.0	
6	アルカリ骨材反応 (モルタルバー法)	膨張率 0.100%未満 (6 ヶ月貯蔵後)	

(出典 : JIS A 5005、JIS A 1145、JIS A 1146)

Ss-1 : 砂岩の新鮮部では、比重および吸水率は JIS 基準を満足している。すりへり減量、洗い試験については未実施である。また、露頭から採取された弱風化砂岩サンプルでは、新鮮なコアサンプルより強度は低く、吸水率も 3.0%以上ある。

Md-1 : Md-1 層の新鮮な塊状泥岩は、圧縮強度が砂岩と同程度を示し、吸水率、比重共に JIS 基準を満たすが、ボーリングコアではスレーキングの徴候が認められる。

表 3.2-11 主原石山岩石試料の室内試験結果一覧

地層 区分	試料 採取箇所	試料の 状態	比 重 (g/cm³)	吸水率 (%)	一軸圧縮 強度 (MPa)	すり減り 減量 (%)	洗い試験で 失われる量 (%)	アルカリ骨材反応	
								化学法 Sc/Rc	モルタルバー法 (%)
JIS の骨材品質基準			2.5<	3.0>	-	40>	1.0>	1.0>	0.1>
Ss-1	RB-3: 17.5-17.8m	砂岩 (Ss-1) 新鮮	2.82	1.26	68.38	-	-	-	-
Ss-2	RB-3: 27.5-28.0m	砂岩 (Ss-2) 新鮮	2.64	1.63	69.55	-	-	-	-
Md-1	RB-3: 36.0-37.0m	砂岩 (Md-1) 新鮮	-	-	79.66	-	-	0.02 (無害)	-
Md-1	RB-3: 36.0-37.0m	砂岩 (Md-1) 新鮮	-	-	88.00	-	-	0.02 (無害)	-
Ss-1	Outcrop on quarry (ID.Q-1-1)	砂岩、 やや風化	2.65	3.81	45.13	-	-	-	-
Ss-1	Outcrop on quarry (ID.Q-1-2)	砂岩、 やや風化	-	-	47.38	-	-	-	-
Ss-1	Outcrop on quarry (ID.Q-2-1)	砂岩、 やや風化	2.64	3.50	71.12	-	-	-	-
Ss-1	Outcrop on quarry (ID.Q-2-2)	砂岩、 やや風化			55.43	-	-	-	-
Ss-1	QB-1: 19.5-20.0m	砂岩 (Ss-1) 新鮮	2.57	2.27	64.65	-	-	-	-
Ss-1	QB-1: 21.0-21.5m	砂岩 (Ss-1) 新鮮	2.61	2.43	63.96	-	-	-	-
Ss-2	QB-1: 28.4-28.8m	泥岩 (Ss-2) 新鮮	2.78	2.69	35.71	-	-	-	-
Md-1	QB-1: 36.5-37.0m	泥岩 (Md-1) 新鮮	2.72	1.16	60.63	-	-	-	-

2) 材料評価

主原石山で出現する地質層序について、骨材・ロック材料としての適用性を以下のように評価する。

風化土 : D 級主体で原則利用できない。

Alt-1 層 : 採取想定域では浅部に伏在する。風化を受けていること、主として泥岩優勢層からなることから原則破棄する。

Ss-1 層 : CH 級主体の砂岩で、岩石試験の一軸圧縮強度と比重から判断すると外部ロック材として使用が可能であると判断する。骨材の使用についてはすり減り試験により適否を判断する。

Alt-2・Ss-2 層 : 泥岩と砂岩の互層で硬質、中硬質および軟質な岩盤が互層をな

す。採取時と転圧時に細粒化することが予想されるため、残留間隙水圧の発生が好ましくない外部ロックへの適用は不可である。内部ロック限定の材料とする。

Md-1 層 : CM-CH 級主体で、表 3.2-11 に示す岩石物性によると砂岩と同程度の強度がある。しかしスレーキングによる強度低下の恐れがあるので、骨材としては利用できない。ロック材としての利用にあたっては、スレーキング試験を実施した上で適否の判断を行う。

Ss-3 層 : 物性は Ss-1 と同様に硬質な砂岩であるが、河床標高以下に出現するため、基本的に利用できない。

(d) 代替原石山の材料特性

1) 室内岩石試験結果

主原石山で所要のロック材と骨材量に不足の事態が生じた場合に、ダムサイト周辺で採取可能な岩石材料として玄武岩がある。

ダムサイト周辺の標高 880～890m の平坦部では、自破碎部を含む玄武岩溶岩が第四紀の旧河道を埋め立てている。ダムサイトでのボーリング調査によるとラテライト化した自破碎部直下に極めて堅硬な玄武岩溶岩が出現する。表 3.2-12 に玄武岩溶岩を対象とした室内試験結果を示す。

表 3.2-12 玄武岩試料の室内試験結果一覧

地層 区分	試料 採取箇所	試料の 状態	比 重 (g/cm³)	吸水率 (%)	一軸圧縮 強度 (MPa)	すり減り 減量 (%)	洗い試験で 失われる量 (%)	アルカリ骨材反応	
								化学法 Sc/Rc	モルタルバー法 (%)
JIS の骨材品質基準			2.5<	3.0>	-	40>	1.0>	1.0>	0.1>
Ba	RB-2: 19.50-19.90m	玄武岩 新鮮	2.87	1.01	139.20	-	-	-	-
Ba	RB-2: 25.50-25.90m	玄武岩 新鮮	2.90	1.21	179.52	-	-	-	-
Ba	Q-1: 13.20-13.40m	玄武岩 新鮮	2.91	5.10	56.51	-	-	-	-
Ba	Q-1: 13.40-13.60m	玄武岩 新鮮	2.93	5.30	59.06	-	-	-	-
Ba	Q-1: 13.70-14.00m	玄武岩 新鮮	2.94	5.20	59.84	-	-	-	-

2) 材料評価

表 3.2-12 に示すように、場所によって物性値にかなりバラつきがあるものの、新鮮な玄武岩は一軸圧縮強度を 60 MPa 程度見込むことができるため、ロック材としての利用には問題ない。

コンクリート骨材としては、コア採取した RB-2 と Q-1 とで一軸圧縮強度と吸水率が著しく異なり、Q-1 の試料は吸水率の JIS 基準を満足しない。物性値の著しいばらつきの理由として、溶岩噴出時に、玄武岩溶岩の層厚や溶結度に場所による差異が生じたものと考えられる。また、アルカリシリカ骨材反応についても確認する必要がある。

玄武岩の採石にあたっては以下を考慮する必要がある。

- 基本的に床掘となるが、新鮮な玄武岩は河床標高以下に存在するため、雨季には地下水および雨水によって冠水すると予想される。
- 大規模な発破と低部からの材料搬出等、施工性が主原石山に比べて劣る。このため、できる限り風化土の薄い地点を採取地として選ぶ必要がある。

(4) コア材土取場

2005 年～2013 年の地質調査の中で、ダムサイトを中心に 29 地点でテストピットが掘削され、コア材採取地の検討がなされてきた。テストピットの位置関係から、表 3.2-13 および図 3.2-17 土取場候補地は大きく 6 地区に区分できる。

表 3.2-13 貯水ダム周辺の土取場候補地

土取場候補地			土の区分	テストピット
貯水池	Borrow 1	貯水池上流域の緩斜面	崖錐堆積物	TPB-1, TPB-2, TPB-3
	Borrow 2	副ダム近隣	玄武岩風化残留土	TP-1, TP-2, TC-4
	Borrow 3	貯水ダム近隣	玄武岩風化残留土	TP-3, TC-7
	Borrow 4	貯水ダム下流玄武岩平坦地	玄武岩風化残留土	TC-3, TPB-7
	Borrow 5	主原石山	堆積岩由来の風化残留土	QPT-1, QPT-2, TPB-6, TPB-8
	Borrow 6	貯水ダム下流右岸緩斜面	堆積岩由来の風化残留土 および旧河床堆積物	TP-4, BTP-1, BTP-2, BTP-3, TC-1, TC-2, BTP-4, BTP-5, TPB-4, TPB-5, TPB-9, TPB-10, TPB-11, TC-5, TC-6

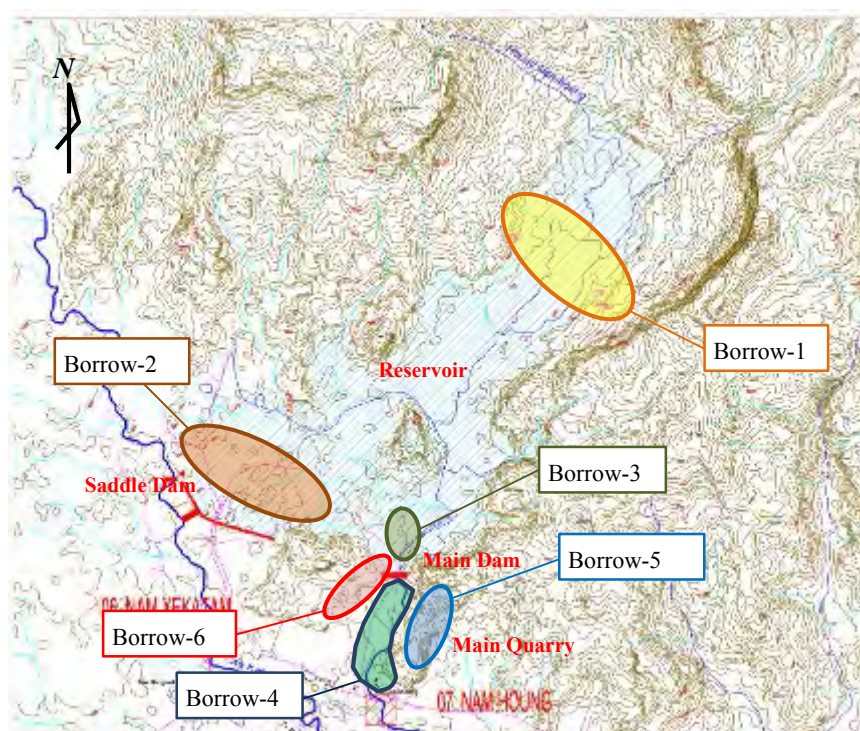


図 3.2-17 コア材土取場候補地位置図

(a) 土質試験結果

各テストピットで採取した土質試料を用いて物理試験（粒度、アッターベルグ限界、湿潤密度、比重、自然含水比；計5項目）と力学試験（締固め試験、圧密試験、三軸圧縮試験CU、透水試験；計4項目）を実施した。表 3.2-14 に土質試験結果を要約する。

表 3.2-14 土質試驗結果一覽

Test Pit	Location	Year	Depth	Sieve Size (mm) Percent Passing										Specific Gravity (g/cm3)	Liquid Limit (%)	Plastic Limit (%)	Plasticity Index (%)	Natural Moisture Content (%)	Bulk Dry (g/cm ³)	Compacted		Gradation >4.75mm			Remolded Soil (K = 0.98)									Triaxial Test (CU) Effective		Triaxial Test (CU) Total		Coefficient of Permeability (cm/s)	ASTM Classification										
				Gravel						Sand		Silt/Clay								Optimum Moisture Content (%)	Maximum Dry Density (g/cm ³)				Remolded Soil > 4.75mm			Remolded Soil < 4.75mm			Remolded Soil < 19.0mm									Degree of Saturation (%)	Porosity (%)	Void Ratio	Consolidation Coefficient x 10 ⁻³ (cm ² /s)	Preconsolidation Pressure (kgf/cm ²)					
				>37.5	37.5 - 25.0	25.0 - 19.0	19.0 - 9.5	9.5 - 4.75	4.75 - 2.0	2.0 - 0.425	0.425 - 0.075	0.075 - 0.005	0.005 - 0.001							0.001	Moisture Content (%)	Density (g/cm ³)	Dry Density (g/cm ³)	Moisture Content (%)	Density (g/cm ³)	Dry Density (g/cm ³)	Moisture Content (%)	Density (g/cm ³)	Dry Density (g/cm ³)	Moisture Content (%)	Density (g/cm ³)	Dry Density (g/cm ³)	sr	n%	eo	Cv	σ	φ'							C'	φ	C	K	
				%																Δ	WL	WP	IP	W	ρ	Wop	ρdmax	W	psat	ρd	Wre	pre	pre-d	Wre	pre	pre-d	Wre	pre		pre-d									
TP-1-S1	貯水池内	2005	1.0			0.0%	0.0%	0.2%	0.6%	6.2%	2.5%	90.5%	2.68	47.6%	35.8%	11.8%	30.4%																																
TP-1-S2	貯水池内	2005	2.0			2.8%	3.5%	7.0%	6.6%	7.9%	2.4%	69.8%	2.71	46.8%	37.6%	9.3%	32.4%																																
TP-1-S3	貯水池内	2005	3.0			1.4%	3.6%	4.4%	5.8%	14.3%	3.4%	67.0%	2.69	50.0%	40.7%	9.3%	35.2%																																
TP-2-S1	貯水池内	2005	1.0			0.0%	0.0%	2.8%	2.8%	8.1%	1.9%	84.4%	2.67	46.5%	35.5%	11.0%	28.6%																																
TP-2-S2	貯水池内	2005	2.0			5.8%	8.3%	9.6%	10.5%	15.3%	2.9%	47.6%	2.69	47.5%	37.0%	10.5%	27.8%																																
TP-2-S3	貯水池内	2005	3.0			0.0%	15.0%	15.4%	10.5%	7.6%	1.9%	49.6%	2.71	48.0%	33.6%	14.4%	24.9%																																
TP-3-S1	貯水ダム	2005	1.0			0.0%	3.3%	8.0%	4.0%	14.8%	6.9%	63.1%	2.67	38.5%	26.4%	12.1%	15.0%																																
TP-3-S2	貯水ダム	2005	2.0			0.0%	2.5%	3.2%	2.0%	24.4%	8.3%	59.6%	2.71	35.4%	24.4%	11.0%	16.6%																																
TP-3-S3	貯水ダム	2005	2.5			0.0%	0.8%	2.1%	2.0%	41.5%	7.3%	46.4%	2.69	26.2%	20.6%	5.6%	12.9%																																
TP-4-S1	貯水ダム	2005	1.0			0.0%	2.5%	6.2%	5.2%	15.7%	3.4%	66.9%	2.68	42.4%	34.8%	7.6%	31.9%																																
TP-4-S2	貯水ダム	2005	2.0			0.0%	0.9%	1.9%	4.2%	15.7%	5.3%	72.1%	2.69	44.2%	30.9%	13.3%	38.5%																																
TP-4-S3	貯水ダム	2005	3.0			3.0%	15.5%	4.7%	5.8%	18.8%	2.6%	49.7%	2.71	45.3%	32.8%	12.5%	40.6%																																
BTP-1	ダムサイト下流右岸 200m付近	2006	3.5			7.5%				18.1%		74.4%	2.67	35.4%	20.2%	15.1%	10.5%		16.1%	1.74												4° 50"	0.20	9° 00"	0.26	1.83E-07													
BTP-2	ダムサイト下流右岸 200m付近	2006	3.5			28.5%				4.5%		67.1%	2.66	25.1%	17.0%	8.1%	5.8%		10.2%	1.86												13° 00"	0.16	13° 00"	0.21	6.65E-07													
BTP-3	ダムサイト下流右岸 200m付近	2006	4.6			5.1%				10.0%		84.9%	2.68	32.5%	20.2%	12.3%	12.6%		16.9%	1.73												17° 00"	0.13	20° 00"	0.18	3.65E-07													
BTP-4	ダムサイト下流右岸 700m付近	2006	5.0			3.0%				37.6%		59.5%	2.65	32.7%	22.0%	10.7%	17.3%		16.6%	1.75												38° 00"	0.17	42° 00"	0.23	1.64E-07													
BTP-5	ダムサイト下流右岸 500m付近	2006	5.0			8.4%				37.8%		53.8%	2.65	32.8%	22.6%	10.2%	18.9%		17.9%	1.71												46° 00"	0.18	43° 00"	0.22	1.84E-07													
TPB-1	貯水池内左岸山裾部	2009	2.5-3.3	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.4%	35.6%	27.3%	5.5%	28.2%	2.64	45.4%	21.8%	23.6%	19.0%																		CL												
TPB-2	貯水池内左岸山裾部	2009	2.5-3.2	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.7%	4.1%	33.1%	26.8%	5.9%	29.4%	2.65	45.0%	25.1%	19.9%	18.8%																		CL												
TPB-4	ダムサイト下流右岸 1km付近小山	2009	2.5-3.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.1%	53.0%	19.3%	10.9%	1.7%	11.0%	2.66	27.4%	19.2%	8.2%	7.6%	15.9%	1.82				15.9%	2.06	1.78			85.0%	33.2%	0.50		18° 00"	0.23	24° 10"	0.27	4.00E-06	CL										
TPB-6	原石山南側斜面	2009	2.5-3.5	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	15.1%	49.9%	14.6%	3.3%	16.6%	2.64	34.9%	18.7%	16.2%	12.1%	19.2%	1.70				19.2%	2.00	1.68			88.0%	36.4%	0.57		17° 00"	0.13	23° 04"	0.15	1.10E-07	CL										
TPB-7	ダムサイト下流 1.2km 付近平坦部	2009	2.5-3.5	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	1.0%	8.3%	29.5%	14.5%	46.1%	2.85	61.4%	45.5%	15.9%	43.2%	42.2%	1.25				42.2%	1.75	1.23			91.0%	56.8%	1.32		13° 28"	0.19	19° 22"	0.27	3.50E-07	MH										
TPB-7D	ダムサイト下流 1.2km 付近平坦部	2009	3.7-5.0	8.2%		11.0%	10.6%	6.8%	2.6%	1.1%	18.7%	20.7%	3.5%	16.8%	2.87	57.6%	42.2%	15.4%	36.3%	29.0%	1.54			28.6%	1.88	1.46	29.0%	1.99	1.54			97.0%	46.2%	0.86		17° 51"	0.16	24° 44"	0.19	3.70E-05	MH								
TPB-8	原石山南側斜面	2009	2.5							1.5%	17.2%	57.4%	5.6%	18.3%	2.73				13.2%																														
TPB-10	ダムサイト下流右岸 1.2km付近	2009	4.0							7.0%	42.2%	20.5%	5.0%	25.3%	2.72				17.1%																														
TPB-11	パンノメック東南東 700m付近	2009	2.5							1.8%	12.5%	33.2%	10.4%	42.1%	2.79				22.9%																														
TC-1	ダムサイト下流右岸 200m付近	2013	3.3								41.3%	36.4%	3.3%	19.0%	2.66	32.5%	18.7%	13.8%	18.6%	1.75	15.5%	1.80				15.3%	2.03	1.76			80.0%	33.8%	0.51	1.65	1.14	18° 50"	0.24	26° 49"	0.29	1.30E-06	CL								
TC-3-S1	ダムサイト下流 700m 付近平坦部	2013	2.6					3.2%	5.0%	8.2%	4.4%	5.7%	24.8%	10.8%	37.9%	2.86	63.4%	42.9%	20.5%	43.5%	2.40	35.7%	1.36	34.7%	1.91	1.42	35.5%	1.80	1.33			88.0%	53.6%	1.15	1.32	1.24	17° 40"	0.38	24° 59"	0.42	1.50E-06	MH							
TC-3-S2	ダムサイト下流 700m 付近平坦部	2013	3.3			2.9%	10.2%	9.7%	5.4%	2.6%	5.6%	29.1%	8.0%	20.7%	2.84	62.2%	44.7%	17.5%	42.7%	1.37	37.8%	1.31	33.0%	1.80	1.35				37.6%	1.76	1.28	88.0%	55.0%	1.22	1.20	1.12	19° 01"	0.22	26° 22"	0.30	6.50E-07	MH							
TC-3-S3	ダムサイト下流 700m 付近平坦部	2013	4.0			2.2%	6.2%	14.8%	9.2%	3.4%	2.4%	4.6%	27.2%	9.3%	20.7%	2.90	59.0%	41.8%	17.2%	46.2%	1.16	35.7%	1.33	36.0%	1.81	1.33				35.8%	1.77	1.30	85.0%	55.1%	1.23	1.45	1.19	20° 00"	0.26	26° 23"	0.38	9.40E-07	MH						
TC-3- (S1+S2)	ダムサイト下流 700m 付近平坦部	2013	2.6-3.3							10.8%	9.3%	7.1%	28.4%	11.2%	33.2%	2.90	59.4%	42.0%	17.4%			35.5%	1.33			35.4%	1.76	1.30			83.0%	55.2%	1.23	1.23	1.04	16° 53"	0.33	24° 25"	0.37	1.20E-06	MH								
TC-3- (S1+S2+S3)	ダムサイト下流 700m 付近平坦部	2013	2.6-4.0			1.6%	3.8%	10.6%	7.4%	1.4%	5.6%	5.6%	24.5%	10.3%	29.2%	2.91	62.7%	43.6%	19.1%	18.2%	1.45	37.3%	1.32	32.1%	1.93	1.46			37.2%	1.77	1.29	86.0%	55.7%	1.26	1.52	1.39	19° 11"	0.24	25° 56"	0.35	1.10E-06	MH							
TC-4-S1	サドルダム右岸リム部	2013	1.5			22.9%	21.5%	13.1%	5.5%	1.8%	4.5%	3.7%	11.2%	4.2%	11.6%	2.82	59.1%	41.2%	17.9%	49.1%	1.67	40.2%	1.26	38.0%	1.76	1.28				40.0%	1.72	1.23	87.0%	56.4%	1.30	1.36	1.24	18° 15"	0.21	26° 08"	0.31	1.70E-06	MH						
TC-5-S1	ダムサイト下流右岸 700m付近緩斜面	2013	2.2								10.3%	41.4%	23.9%	7.2%	17.2%	2.69	31.2%	17.4%	13.8%	15.1%		15.0%	1.86			14.8%	2.09	1.82				83.0%	32.3%	0.48	1.81	1.00	20° 58"	0.23	27° 13"	0.29	1.60E-06	CL							
TC-5-S2	ダムサイト下流右岸 700m付近緩斜面	2013	2.8								12.3%	38.7%	23.2%	6.3%	19.5%	2.66	33.5%	18.0%	15.5%	10.0%	1.79	15.0%	1.83			14.6%	2.05	1.79				80.0%	32.8%	0.49	2.10	1.28	19° 01"	0.22	26° 50"	0.30	1.80E-06	CL							
TC-5-S3	ダムサイト下流右岸 700m付近緩斜面	2013	4.0								8.3%	43.2%	25.0%	4.5%	19.0%	2.68	28.2%	15.6%	12.6%	10.7%	1.90	14.6%	1.87			14.5%	2.10	1.83				84.0%	31.6%	0.46	1.88	1.10	21° 56"	0.21	28° 17"	0.28	1.40E-06	CL							
TC-6-S1	ダムサイト下流右岸 700m付近緩斜面	2013	2.2								9.9%	45.9%	20.8%	3.0%	20.4%	2.68	29.7%	16.1%	13.6%	15.0%	1.95	14.0%	1.87			14.0%	2.09	1.83				81.0%	31.6%	0.46	1.99	1.18	21° 05"	0.19	28° 25"	0.27	1.50E-06	CL							
TC-6-S2	ダムサイト下流右岸 700m付近緩斜面	2013	3.0					11.4%	11.7%	5.7%	3.7%	8.9%	30.3%	14.1%	2.4%	11.8%	2.75	30.4%	17.0%	13.4%	17.9%	2.10	13.5%	1.91	7.5%	2.47	2.30						13.5%	2.12	1.87	79.0%	32.1%	0.47	1.88	1.29	20° 23"	0.25	27° 14"	0.31	1.30E-06	CL			
RS		2013	4.5			2.1%	8.9%	16.7%	11.5%	1.6%	7.8%	1.7%	17.3%	9.2%	23.2%	2.83	84.5%	58.6%	25.9%	57.3%	1.60	44.9%	1.18	43.9%	1.81	1.26				44.5%	1.68	1.16	88.0%	58.9%	1.43	1.4													

(b) 土質材料評価

各テストピットで採取した土質試料を用いて物理試験（粒度、アッターベルグ限界、湿潤密度、比重、自然含水比；計5項目）と力学試験（締固め試験、圧密試験、三軸圧縮試験 CU、透水試験；計4項目）を実施し、表 3.2-14 に土質試験結果を要約した。

表 3.2-14 に示す土質試験結果とテストピット内における壁面観察から、各土取場候補地は以下のように評価される。

➤ Borrow1（貯水池上流域緩斜面）

3 箇所のテストピットが左右岸で掘削されたが、いずれも 3.0m 程度の深さで $\phi 30 \sim 50\text{cm}$ 程度の玄武岩巨礫が出現した。土質試験結果は、土質材料として概して細粒側の試験結果が得られている。

➤ Borrow2（副ダム近傍）

貯水池内に掘られた3地点のテストピットでは、深度 2m 以内に玄武岩角礫が多量に出現する。粒度試験によれば、径 5cm 以上の礫を多く含むが、砂分は乏しい傾向があり、礫間を充填するのは含水比が 40%を超える細粒土である。

➤ Borrow3（貯水ダム近傍）

ダム軸直下で掘削された TP-3 では、風化した玄武岩類が深度 2.5m までを構成し、それ以深（ $\sim 3.0\text{m}$ ）は硬質な礫が混じる。深度を変えて3箇所でサンプリングが行われているが、深度と共に細粒分が減少し、砂分が増加する傾向が認められる。最も粗粒な箇所でもシルト以下を 40%以上含む。ダム軸より上流 150m 地点の TC-7 では深度 50cm 程度で人頭大の風化残留核が出現しており、わずか深度 1.0m で人力掘削が困難となる。

以上の調査結果から、貯水池内の平坦部は玄武岩の風化残留核が普遍的に分布するため、これらの礫を分別する必要があること、基質は主としてシルト・粘土からなる細粒分に富む土質で、相対的に高含水比であることから、ダム軸より上流域は土取場として適さない。

➤ Borrow4（貯水ダム下流玄武岩平坦部）

ダムサイト下流域における玄武岩類分布地では、貯水池域のように風化残留核を混じることが少なく、Q-1 孔で確認されるように深度約 10m まで風化層が連なる。土質試験結果では TPB-7 地点、TC-3 地点のいずれも細粒分が 40%以上、締固め試験では最適含水比 29~35%、最大乾燥密度 $1.25 \sim 1.54\text{g/cm}^3$ という悪い結果が得られているため、土取場としては適さない。

➤ Borrow5（主原石山）

原石山では、ダムサイトから下流 300m 地点の山稜付近で 2 箇所（QPT-1、QPT-2）、村落到近い南側斜面で 2 箇所（TPB-6、TPB-8）のテストピットが掘削されている。

このうち TPB-6 では深度 2m 以深で、砂分 65%含む黄灰色の砂質土が出現する。深度 3～5m では風化した砂岩の風化残留核が出現することから、テストピットの位置は砂岩層の強風化部に相当する。締固め試験では最適含水比が 19.2%、最大乾燥密度が 1.70g/cm^3 と比較的良好な結果が得られている。

しかし、TPB-6 から 100m 西に位置する TPB-8 では細粒分が 81.3%に達している。ピット内スケッチではサンプリング位置が強風化泥岩層内であり、泥岩を起源とするために細粒分に富む結果となったと推測される。

以上の結果を総合すると、原石山の表層土は母岩の組成によって土質性状が著しく異なり、材料物性は均質ではないと判断する。また、地表部には砂岩露頭が散在し、風化深さも均質でないと考えられる。これより原石山は土取り場として適さない。

➤ Borrow6（貯水ダム下流右岸緩斜面）

14 箇所のテストピットが掘削されているが、土質試験結果ではほとんどのサンプルで細粒分が卓越している。

この中で TC-6 の試料は、表 3.2-15 に示すように、細粒分が 30%以下で、比較的粒度分布が良く、締固め特性も良好である。

以上から、貯水ダム下流 500～700m の右岸緩斜面部では、現在のところ TC-6 一箇所だけではあるが、比較的良好な土質試験結果が得られているため、コア材土取場としては有望である。ただし、賦存量を精度良く見積もるのに十分なデータがあるとは言えないため、TC-6 の土質材料の均質性について追加調査を行うことが好ましい。

表 3.2-15 TC-6 の土質材料特性

項 目	試験結果
粒度分布	- 細粒分以下 (<0.074mm) の構成比率: 28.3% - 砂分以下 (<2mm) の構成比率: 67.5% - 均質係数 ($C_u: D_{60}/D_{10}$) : 580 - 曲率係数 ($C_c: D_{30}^2/D_{60} \cdot D_{10}$) : 11.6
塑性度	- IP=13.4% (IP \geq 12: パイピングの恐れは小さい)
締固め特性	- 最大乾燥密度 (ρ_{dmax}) = 1.91g/cm^3 - 最適含水比 (w_{op}) = 13.5% (自然含水比: 17.9%)
最適含水比における透水性	- $K=1.3 \times 10^{-6}$ (室内試験結果)
最適含水比におけるせん断強度	- 粘着力 (全応力, c) : 30.41 MPa - 摩擦角 (全応力, ϕ) : $27^\circ 14'$ - 粘着力 (有効応力, c') : 22.56 MPa - 摩擦角 (有効応力, ϕ') : $20^\circ 23'$

(5) フィルター材土取場

貯水ダム周辺にはフィルター材として適当な砂材料は存在しない。まとまった砂は、ダムサイトから 30km 程離れた Sekong 川砂州に分布するが、図 3.2-18 に示すように砂の粒度分布は概ね 1mm 以下で粒度分布が悪い。

砂州では砂礫層の分布が局所的に認められるが、図 3.2-18 に示すように 10mm 以下の砂礫分に乏しく、現地では薄層でのみ分布する。

以上より、Sekong 川砂州は大部分を粒度分布の悪い細粒砂から構成されることから、フィルター材の土取場としては不適である。

残るフィルター材調達方法としては、以下の選択肢が考えられる。

- 1) 砂を単独で購入する
- 2) 採石をクラッシングにより分級し、所要の粒度に配合する

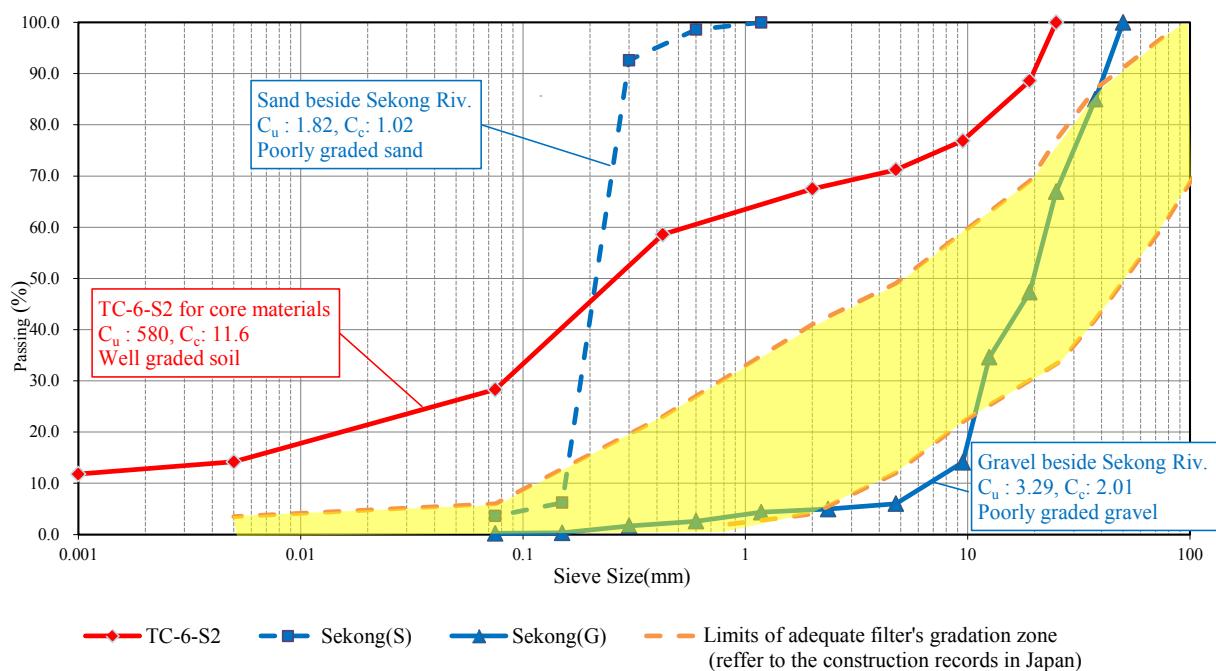


図 3.2-18 Sekong 川砂州に含まれる砂礫の粒度分布曲線

(6) 引水堰

(a) 地形・地質

引水堰地点周辺は、大局的には標高 908-915m の平坦な溶岩台地であるが、局所的には高低差 10m 程度の小さな起伏が散在する。低地は雨季には湿地となることもある。Xe Katam 川は小さな起伏を縫って蛇行しながら概ね南東方向に流下する。

図 3.3-19 に引水堰周辺の地質状況を示す。堰天端標高 914m における谷幅は 150m ほどである。河床は幅 30m 程あって、ほぼ全面的に玄武岩が露出しており、砂礫層等被覆層で覆われている箇所は少ない。これに対して両岸はほとんど表土および玄武岩風化層で覆われ、硬質岩の露頭は認められない。堅岩線は、ほぼ河床レベルに近い標高で左右岸に延長しているものと考えられる。

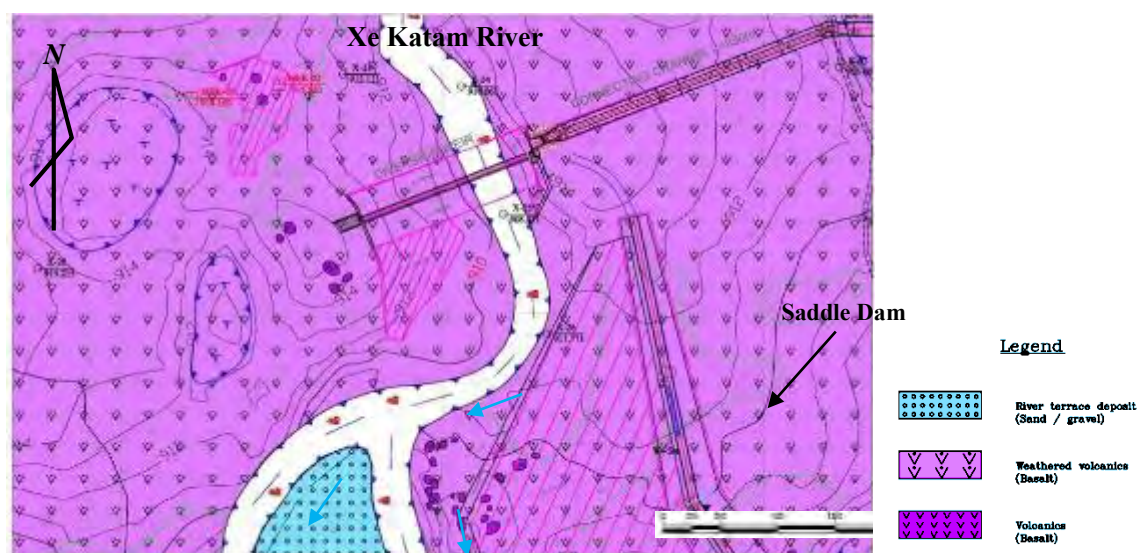


図 3.2-19 引水堰周辺の地質平面図(風化土を除く)

(b) 地質工学的評価

基礎岩盤標高が現河床レベルで水平に分布すると仮定すると、左右岸の基礎岩盤標高は 908m 程度と想定される。構造物に対する地質工学的評価は以下の通りである。

- 1) 左岸の排砂ゲート基礎は着岩するものと想定される。
- 2) 引水路の基礎も着岩する見込みであるが、コンクリート基礎区間で玄武岩風化層が残る場合は、洗掘を防止するために原則として掘削除去する。

(7) 取水堰

(a) 地形・地質

取水堰地点は Xe Katam 川と Dakproung 川の合流地点より上流 500m に位置する。2 つの川が合流するまでの 750m 間では両河川は並行しており、その間は痩せた山稜が高度を下げながら伸びている。堰は Xe Katam 川と Dakproung 川のそれぞれに設置され、Xe Katam 川では堤頂長が 106m、Dakproung 川では 73m である。

図 3.3-20 に示すように、地質は中央に位置する山稜を含めて、Xe Katam 川河床および Dakproung 川の河床右岸は玄武岩が露出するが、Dakproung 川左岸の山体は砂岩で構成される。玄武岩と砂岩の地質境界は Dakproung 川河床を通過すると想定されるが、Dakproung 川の堰計画地点では岩盤露頭がないため詳細な岩盤状況は不明である。

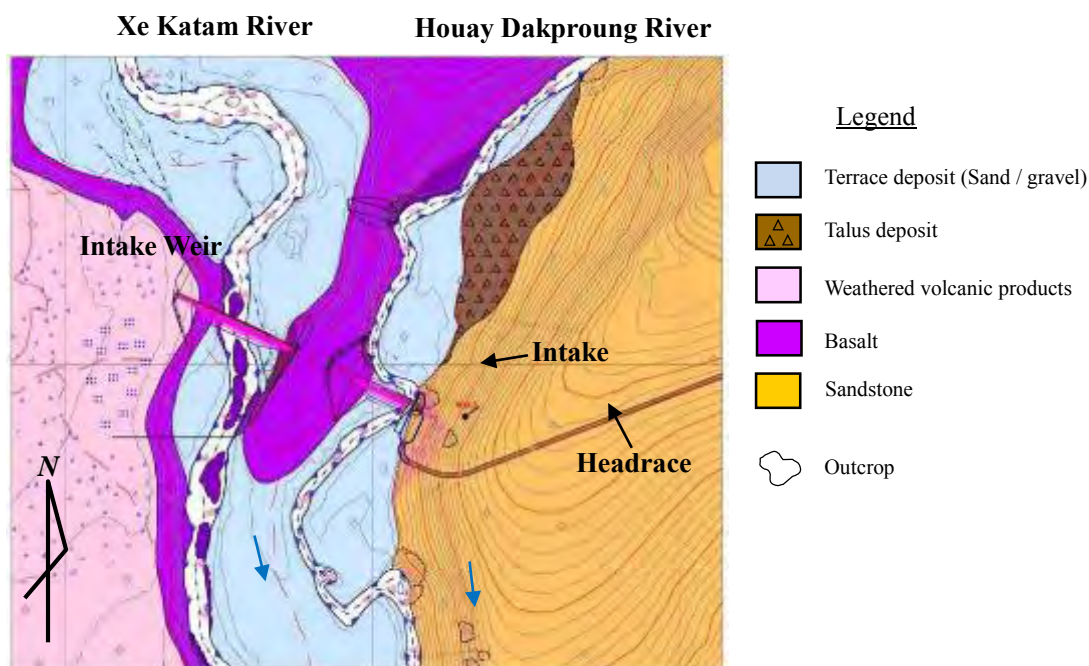


図 3.2-20 取水堰周辺の地質平面図(風化土を除く)

(b) 地質工学的評価

- 1) 高さ 10m 弱のコンクリート堰を Xe Katam 川および Dakproung 川に構築することになるが、Xe Katam 川では河床付近において堅硬な玄武岩が露出するため、河床砂礫の被覆域では 1.0~1.5m の掘削で堅岩に着岩できる。
- 2) Dakproung 川の堰および沈砂池計画地点では、河床に $\phi 1 \sim 3\text{m}$ の砂岩転石が堆積して

いるが、岩盤露頭は確認できない。取水口が取り付く左岸斜面は一様に崖錐堆積物で覆われている。以上から、Dakproung 川の取水堰の基礎岩盤確認、および取水口斜面の切土勾配を決めるためのボーリング調査が今後の設計上望ましい。

(8) 導水路・ヘッドタンク

(a) 地形・地質

1) 導水路

導水路の経過地は最高点で標高 865m をもつ比較的なだらかな山地で、ほぼ中央に南東に向う大きな谷が発達している。この谷の東側では標高 800～850m の尾根状地形が南東から東方向へと単調に続いている。

導水路はすべてトンネルで計画されており、ボーリング WB-1, WB-3 によれば、トンネル区間の地質はすべて中生代チャンパ層群の堆積岩類で構成される。砂岩層で強度が高く、新鮮なところで一軸圧縮強度は約 70 MPa 程度が見込まれる。地質構造は概ね水平であり、地層に直交する高角節理の発達が顕著である。

導水路トンネルでは低被り区間において WB-1 ボーリング、WB-3 ボーリングが削孔された。最も被りが薄い区間である WB-3 地点では、ヘッドタンク位置から測線を延長する形で弾性波探査が実施された。図 3.2-21 に弾性波速度プロファイルと WB-3 ボーリングから推定されるヘッドタンク～低土被り部の地質断面図を示す。

地質・岩盤状況について以下に詳述する。

- a) トンネルは尾根の中心に沿って計画されている。取水口から約 2 km の地点で山体の最高標高 (865m) となり、それより下流では緩やかに標高が下がる。低被り区間は、ヘッドタンクから約 750m 手前の鞍部地形に相当し、土被りが 16～20m となる区間が 250m 連続する。
- b) WB-1 結果によると、取水口から 2km の区間は、局所的に風化を受けた泥岩または砂岩から構成され、トンネル区間での岩級は CM～CH 級が想定される。
- c) 低被り区間において、WB-3 では深度 24.8m まで風化による D 級岩盤が連続し、深層風化を受けている。弾性波速度帯とボーリングコアとの対応によれば、0.5～2.0km/sec の速度帯が強風化帯に相当すると考えられ、低被り区間の約 240m の範囲においてトンネル切羽上に D 級岩盤が出現する恐れがある。

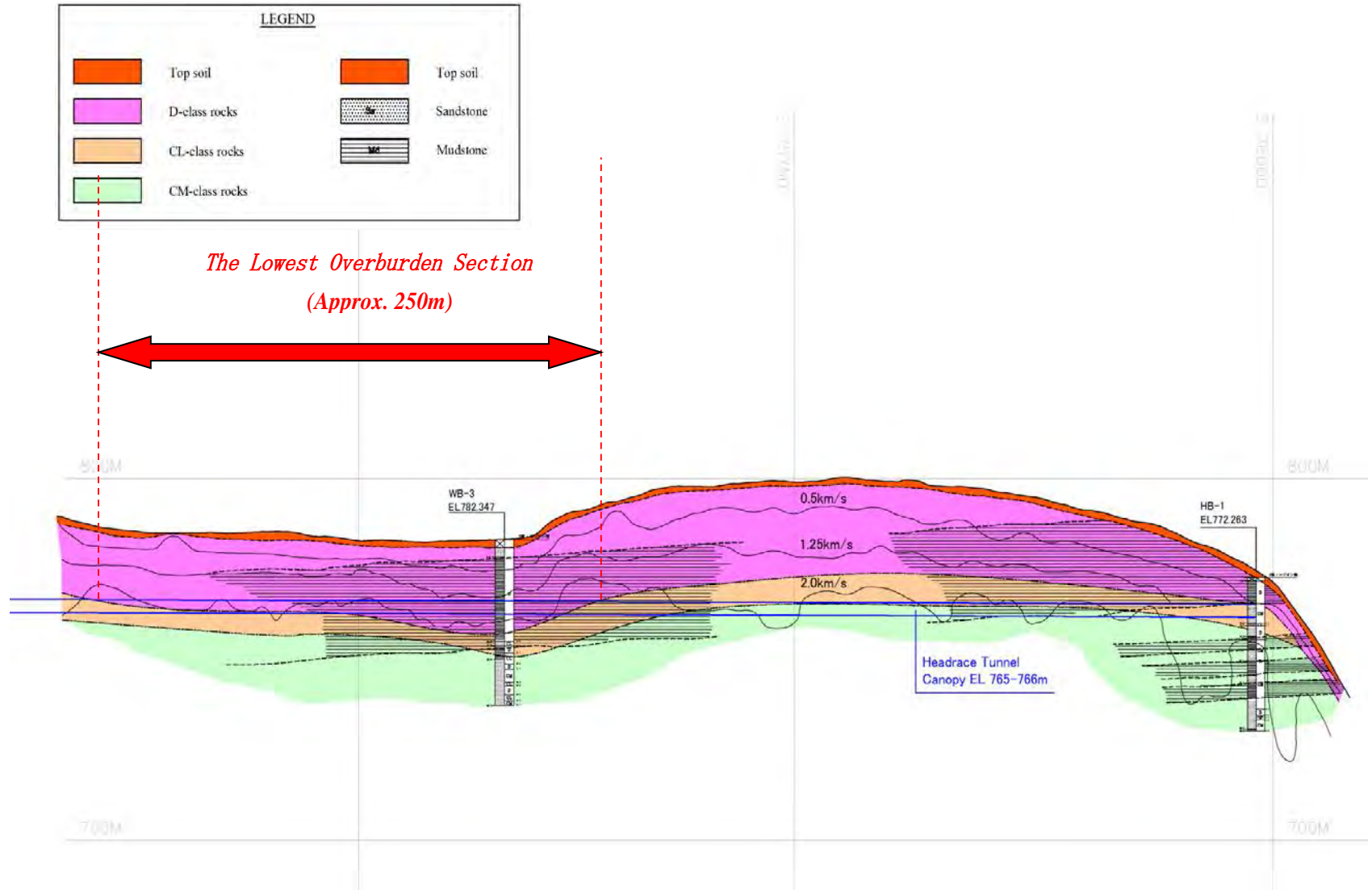


図 3.2-21 ヘッドタンク～導水路低被り区間の弾性波速度帯断面および岩級区分図

2) ヘッドタンク

ヘッドタンクは、東方向に伸びる尾根の末端部に位置する。水槽本体の基礎標高は755m から 757m である。標高 772.263m から実施した HB-1 ボーリングによると、標高 755m 以深から硬質岩盤（CM 級相当）の連続が認められる。

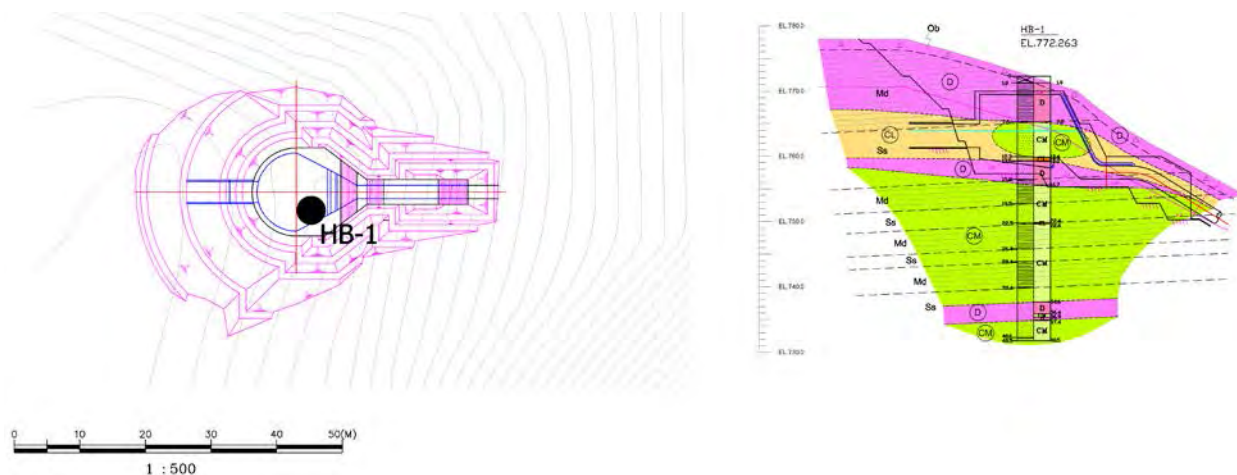


図 3.2-22 ヘッドタンク基礎の岩級区分図

(b) 地質工学的評価

1) 導水路

- a) 土被りが 30m 以上のトンネル区間については、トンネル通過深度において比較的新鲜で硬質な岩盤が連続すると想定され、トンネル掘削において大きな問題は基本的にないと判断される。土被りが最も厚いところでも 80m 程度であるため、掘削に支障をきたす程の出水もないと判断される。
- b) 低被り区間（約 250m）については、切羽上に D 級相当の風化層が連続して現れる可能性がある。仮に低被り区間の地山の一軸圧縮強度を 10MPa、単位堆積重量を $2.0\text{tf}/\text{cm}^3$ とすると、地山強度比は 2.5～3.1 の値を取り、施工中に切羽の押出しや崩落が危惧される。このため本区間のトンネル掘削については、天端部への先進ボーリングで先方地山を探りながら進み、岩盤状況に応じた支保パターンや補助工法を決定することが望ましい。

2) ヘッドタンク

標高 765m 付近に CM 級相当の硬質岩盤が出現するため、基本的に水槽の基礎はこの深度程度まで掘り下げる。弾性波探査の結果によると、地山の風化は深く、堅岩

線はほとんど水平であると予想される。水槽背後法面は CL 級ないし D 級岩盤の出現が予想されるため、法面勾配 1 : 1.0 で切土する。

(9) 鉄管路

(a) 地形・地質

鉄管路沿いでは、弾性波探査 (Line-1、Line-2) とボーリング 4 本 (PB-1、PB-2、PB-3、P-1) が実施された。図 3.2-23 に地質調査から推定される地質・岩盤状況を示す。以下にアンカーブロック打設区間 (IP.1~10) ごとの地質・地形状況を記述する。

1) IP.1~IP.3 区間(EL.615—757.4m)

ヘッドタンク直下は傾斜 45°以上の急崖地形を成しており、斜面上に堅硬な砂岩の露頭が認められる。1.25 km/s 以下の低速度帯は深度 5~12m の範囲で、露頭の分布状況から風化層および崖錐堆積物は厚くとも 3m 程度と想定される。

2) IP.3~IP.4 区間(EL.523—615m)

傾斜 30~40°のやや緩い斜面となり、岩盤露頭は見られない。1.25 km/s 以下の低速度帯が漸移的に厚くなり、IP.4 付近で最大 20m となる。本区間でボーリング記録はないが、低速度帯の下端までは少なくとも風化層が連続すると判断される。

3) IP.4~IP.6 区間(EL.462—523m)

図 3.2-24 に本区間を拡大した地質断面図を示す。1.25 km/s 以下の低速度帯は 15~20m の厚さとなっているが、PB-1 と P-1 のボーリング結果では 40m 以深まで風化が及んでおり、弾性波速度帯と実際の岩盤状況との不一致が見られる。ボーリングコア観察によると PB-1 では深度 11m、P-1 では深度 16m までは崖錐堆積物であり、この区間での低速度帯は崖錐堆積層に相当すると判断される。P-1 で実施された標準貫入試験結果では、表層 3m までは N 値が 10 から 13 で、深度 10m 付近より N 値が 50 以上となる。

PB-1 では全区間で D 級相当のコアが採取されているが、崖錐層以深は深層風化を受けているとはいえ岩盤であり、N 値 50 以上を確保している密実な地盤であると判断される。

PB-3 地点では深度 11m までは強風化を受けた火山角礫岩層、深度 20m までは自破砕玄武岩、20m 以深では堅硬な玄武岩が出現する。火山角礫岩層では N 値に深度依存性がなく、値はバラついている。これらを平均すると N 値は 29 となり、N 値 50

以上の地盤にはなっていない。

4) IP.6~IP.8 区間(EL.348—462m)

IP.6~IP.7 区間は傾斜 20°程度の緩斜面を成しており、1.25km/s 以下の低速度層が深度 20m まで及んでいる。この低速度層は PB-2 で確認された D 級相当の火山角礫岩層と自破碎玄武岩に相当すると判断される。IP.7 直下の地形は傾斜 45°以上の急崖斜面を成しており、斜面中腹～上方では堅硬な玄武岩露頭が散在する。2.0 km/s 以上の速度帯が地表近くまで分布しており、露頭分布状況と弾性波速度は概ね一致している。ただし、EL.390m より下方斜面では低速度帯が最大 20m まで厚くなる。

5) IP.8~発電所地点(EL.329—297m)

傾斜 10°以下の平坦に近い緩傾斜面をなす。斜面上には径 1m 以上の転石が散在しており、表層数 m までは背後斜面からの崖錐堆積物に被覆されていると想定される。PB-4 のボーリングコアによれば深度 6m まではやや固結したシルト層で構成され、その直下には風化を顕著に受けていない砂岩層（CM 級相当）が連なる。この砂岩層は、ボーリング地点至近の Xe Namnoy 川沿岸に連続露頭が確認できることから、堅岩線は概ね水平に連続すると考えられる。弾性波速度帯では 1.25 km/s 以上に相当すると判断する。

PB-4 以外で掘られたテストピット PTP-1 によれば、深度 3.0—5.0m に軟質な火山角礫岩層が出現する。深度方向の連続は直接確認されていないが、火山角礫岩の下限は 1.25 km/s に相当すると考えられる。これが正しいとすると、最大約 30m の深度まで D 級相当の火山角礫岩層が分布することになる。

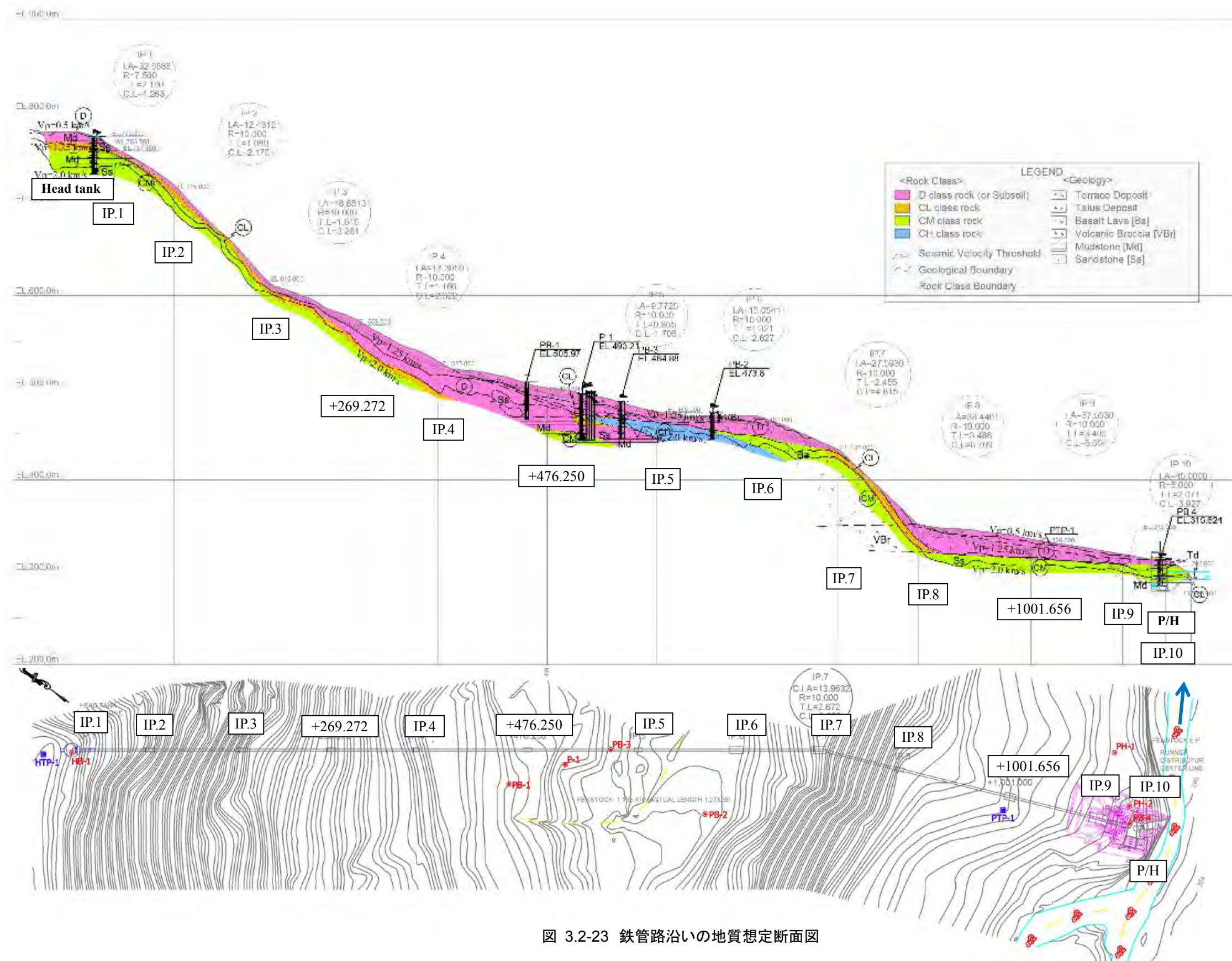


図 3.2-23 鉄管路沿いの地質想定断面図

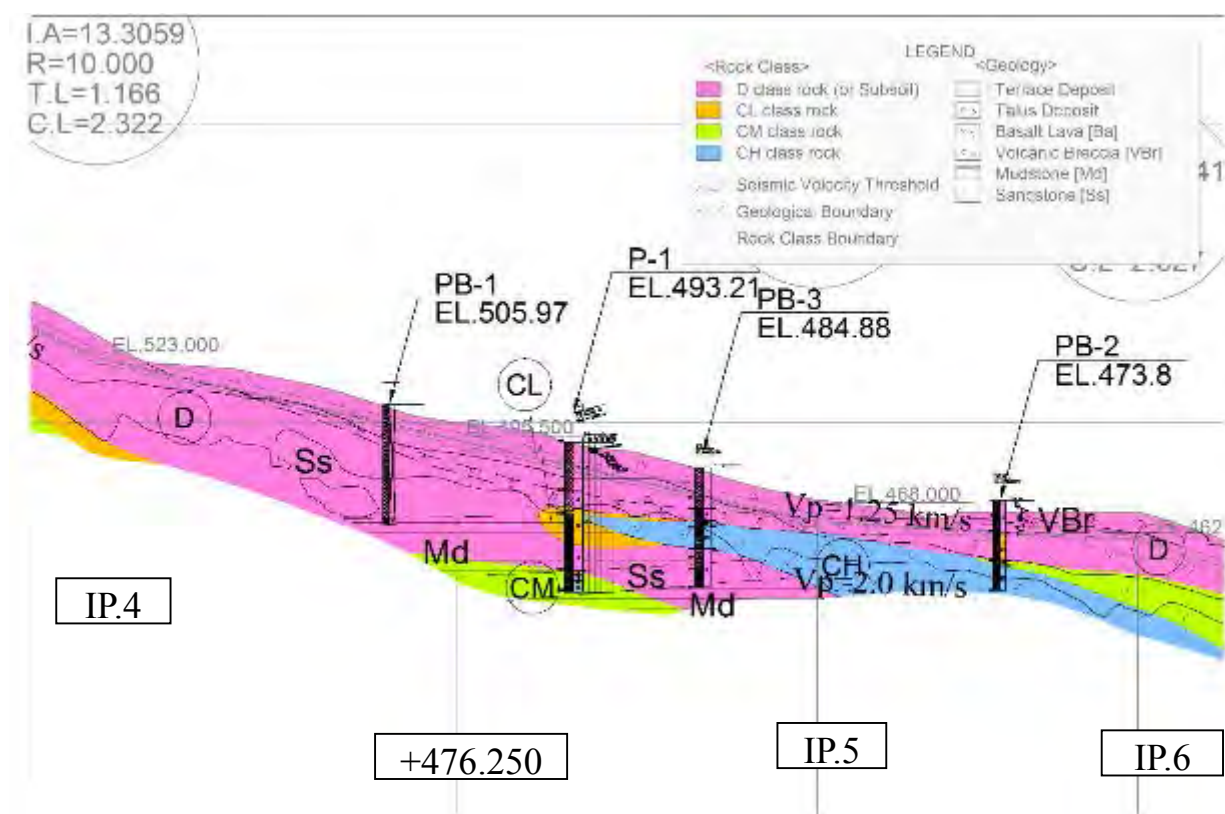


図 3.2-24 アンカーブロック IP.4～IP.6 区間の地質想定断面図

(b) 地質工学評価

アンカーブロック基礎の安定性評価について、IP.1～IP.9 について個別に記述する。

共通事項として鉄管路のどの区間においても、アンカーブロックを崖錐堆積物、風化火砕流堆積物、風化自破砕玄武岩等に乗座させる場合は、雨期に深さ 10m 程度の掘削で湧水が生じることを考慮する必要がある。

1) IP.1

ヘッドタンク直下に位置する。HB-1 ボーリング結果および弾性波速度分布から、所定標高において CL-CM 級相当の砂岩の出現が予想され、アンカーブロックの基礎としては十分許容できる。

2) IP.2

急崖斜面の中腹部に位置する。露頭分布状況や弾性波速度分布から、所定基礎標高において CL-CM 級相当の砂岩の出現が予想され、アンカーブロックの基礎としては十分許容できる。

3) IP.3

急崖斜面の裾部に位置する。ブロック基礎は 1.25 km/s 以下の速度帯の範囲内にある。この地点では風化層の厚さが 10m 以下と考えられる。

4) +266.272m 地点支台

弾性波速度 1.25 km/s 付近がブロックの基礎標高となっている。CL-CM 級が期待できる 2.0 km/s 以上の速度帯は基礎標高より 10m 以上深いため、CL 級以上の岩盤への直接基礎は期待できない。D 級相当岩盤への乗座の可能性が高いため、事前に標準貫入試験を伴うボーリング調査を行い、地盤支持力を確認することが望ましい。

5) IP.4

本地点で 1.25 km/s 以下の低速度帯が深度 20m まで及んでおり、ブロックは CL 級以上の岩盤への直接基礎が望めない。D 級もしくは崖錐堆積物を基礎とするため、事前に標準貫入試験を伴うボーリング調査を行い、基礎形式や基礎深度を決定する。

6) +476.250m 地点支台

PB-1 および P-1 のボーリング結果から、D 級相当の深層風化が深度 40m まで及んでいることが判明している。本地点では CL 級以上への直接基礎や杭基礎はコストの面から現実的ではない。P-1 の標準貫入試験結果によると深度 16m までは崖錐堆積物であるが、表層 3m 以深では N 値 30 を超えている。N 値 30 で許容できるのであれば、設計標高において直接基礎が可能である。

7) IP.5

PB-2 および PB-3 地点のボーリングにおいて、EL.453～462m の範囲で CM-CH 級相当の玄武岩が出現する事を確認している。ブロック基礎は、この玄武岩まで掘り下げて直接基礎にすることが望ましい。

8) P.6

本地点で 1.25 km/s の低速度帯が深度 20m まで及んでおり、CL 級以上の岩盤への直接基礎が望めない。PB-2 地点のボーリング結果によると、深度 11m までの火山角礫岩層は N 値 29 相当であり、この層を基礎地盤にするには不安がある。しかしブロック基礎は火山角礫層以深の、支持力が期待できる自破碎玄武岩への乗座の可能性もある。事前に標準貫入試験を伴うボーリング調査を行い、地盤支持力を確認することが望ましい。

9) IP.7

急崖斜面の遷急点に位置し、斜面上に玄武岩露頭が散在する。2.0 km/s 以上の速度

帯が地表付近まで分布しており、所定の基礎深度において CL-CM 級岩盤への直接基礎が期待できる。

10) IP.8

急崖斜面の裾部に位置し、1.25 km/s の低速度帯が最大 25m の厚さで分布する。これより浅部では CL 級以上の岩盤が得られない可能性がある。事前に標準貫入試験を伴うボーリング調査を行い、基礎形式や基礎深度を決定する必要がある。

11) +1001.656m 地点支台

傾斜 10°以下の緩斜面に位置し、1.25 km/s の低速度帯が最大 20m の厚さで分布する。これより深い深度での基礎は掘削量が過大となるため、D 級相当層での基礎を前提に基礎形式を決定する必要がある。

12) IP.9

傾斜 10°以下の緩斜面に位置し、1.25 km/s の低速度帯が最大 20m の厚さで分布する。これより深い深度での基礎は掘削量が過大となるため、D 級相当層での基礎を前提に基礎形式を決定する必要がある。

(10) 発電所

(a) 地形・地質

発電所は、Xe Katam 川と Xe Namnoy 川の合流点より下流の左岸に計画されている。発電所付近では、PH-1, PH-2 および PB-4 の各ボーリングが実施されているが、下流側は崖錐堆積層が厚く雨季に表層崩壊が認められるため、合流地点に近い上流側地点で計画されている。

河川沿いには、ほぼ水平構造の砂岩と泥岩の硬質・中硬質岩盤露頭が連続しているが、PB-4 によると、発電所計画地点では岩盤を段丘堆積物が厚さ数メートルで被覆している。

(b) 地質工学的評価

- 1) 発電所地点では、緩傾斜面から 10m 程度の掘削で硬質な堆積岩 (CM 級以上) に乗座することが可能である。放水路についても岩盤基礎が得られる。
- 2) 岩盤を覆う段丘堆積物との地質境界付近は、地下水の水みちになっていると考えられる。発電所地点では地下水面に対して掘削深度が深く、また長大法面となるため、雨季における斜面の不安定化や掘削底面の冠水には特に注意を要する。

3.3 水文解析

Bolaven 高原を源とする Xe Katam 川は取水堰地点で流域面積 263km²に達し、南東方向に流れて最終的に Xe Namnoy 川に合流する。その後 Xe Namnoy 川は東に向きを変えて流れ、メコン河の支流である Sekong 川に注いでいる。セカタム地点の地形について、流域の大部分は Bolaven 高原の丘陵性の地形を呈しているが、Bolaven 高原の縁でその地形は大きく様相を変え、急斜面となって大きな標高差を生み出している。

水文解析の主な目的は貯水池運用、発電計画、設計に必要な情報を明らかにすることである。主な検討項目は以下の通りである。

- 調査地点近傍の水文基礎データの収集
- 取水地点における長期日流量の推定：低水解析
- 確率洪水流量および可能最大洪水量の推定：高水解析
- 貯水池堆砂量の推定
- 貯水池蒸発散量の推定

水文解析の概要を表 3.3-1 に示す。

表 3.3-1 水文解析の概要

項目	解析手法		観測所	検証	結果
低水解析	(1)	流域平均雨量	相関係数	Nikhon Nong Mek	他プロジェクトの流出係数、比流量と比較 流量の小さい(2)を採用
		流出解析 (流量推定)	タンクモデル	Nikhon Nong Mek	
	(2)	流量推定	流域比	Xeset Nong Mek	
高水解析	(1)	降雨解析 (PMF)	Hershfield 法	Nikhon	近傍流域の比流量と比較 (1)の流量を採用
		降雨解析 (確率雨量)	統計解析	Nikhon	
		ハイトグラフ	既往降雨から推定	Nong Mek	
		流出解析 (流量推定)	単位図法	—	
貯水池 堆砂量	(1)	比堆砂量	JICA が実施した F/S レポートを基 に推定	近傍の計画 (Xe Katam 川で の観測記録無し)	— 近傍の計画の内、 最大値を採用
貯水池 蒸発散量	(1)	年間蒸発散量	近傍の観測所記録 から推定	Nikhon Pakse	両観測所の標高 差を考慮し検証 両観測所のデータ を評価して決定

3.3.1 水文情報の収集

(1) セカタム周辺の水文情報

セカタム地点周辺の水文観測所を図 3.3-1 に示す。

セカタム流域内には3箇所の雨量観測所と、2箇所の流量観測所がある。更に、周辺地域には6箇所の雨量観測所と2箇所の流量観測所があり、水文情報を観測している。

セカタム地点ではJICA調査団が、1991年～1992年にThongvayおよびXekatom地点で雨量観測、1991年～1994年にNong Hin地点で流量観測を実施している。更に、2004年から関西電力がNong Mek地点に雨量および流量観測所を設置し、継続的に観測を実施している。周辺地域では、MONREが、Lak km42、Pakxong、Nong Hin、Nikhon km34、Houaykong、Attapeuの6箇所に雨量観測所を設置して観測を実施している。そしてXe Set、Attapeuの2箇所で流量観測を実施している。セカタム地点の水文観測は限定的な期間でしか実施されていないが、周辺観測所の長期間の観測データによって補完可能である。

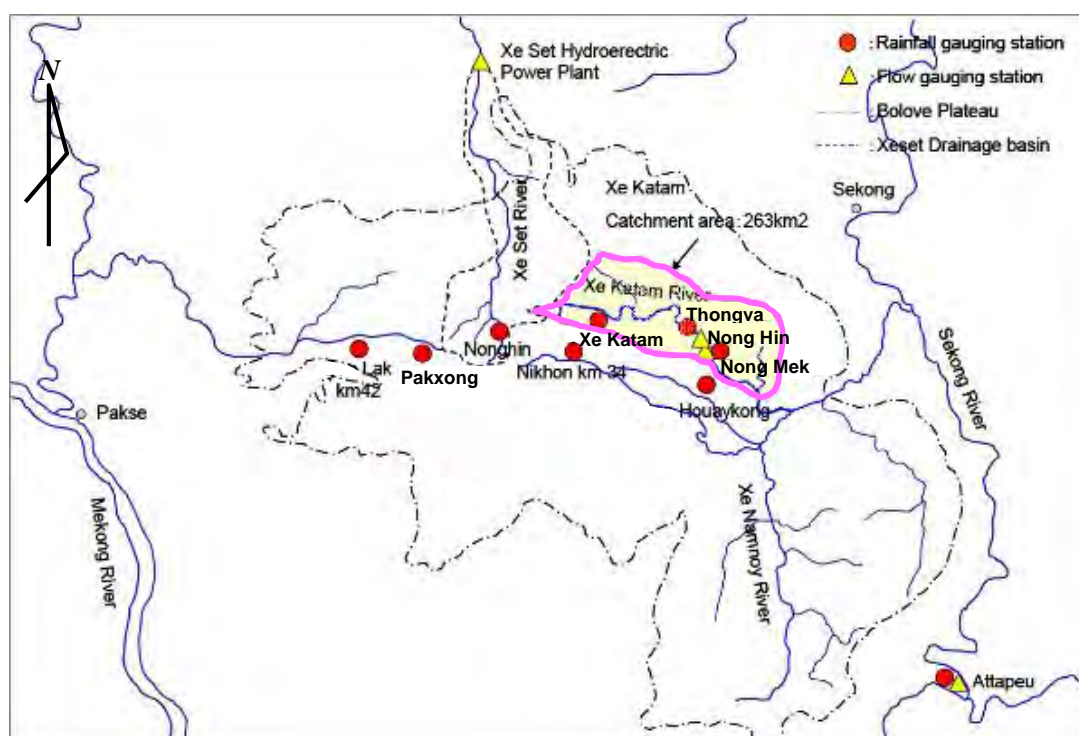


図 3.3-1 セカタム周辺の水文観測位置図

本調査で追加収集した水文情報を表 3.3-2 に、水文情報全体をまとめたものを表 3.3-3 に示す。

表 3.3-2 追加収集した水文データ

項目	観測所	形式	期間	観測状況	特記事項
MONRE					
降水量	Lak km 42	daily	2008 – 2012	Not Available	2004 年に閉鎖
	Pakxong	daily	2008 – 2012	Collected	
	Nonghin	daily	2008 – 2012	Not Available	2007 年に閉鎖
	Nikhon km 34	daily	2008 – 2012	Collected	
	Attapeu	daily	2008 – 2012	Collected	
蒸発散量	Nikhon km 34	monthly	1979 – 2012		データ精度に問題があり、解析に用いるのは不適
	Pakse	monthly	1979 – 2012	Collected	
EDL					
流量	Xeset 1	monthly	2008 - 2012	Collected	2009 年から Xe Set 1 発電所上流の Xe Set2 発電所が運開しており、2009 年以降の流入量は Xe Set2 の貯水池運用によって調整された流量となる。

表 3.3-3 水文データ収集のまとめ

No	観測所	形式	標高 (m)	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	Reference
雨量観測所																																								
1	Ban Lak km 42	daily	1160	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Closed in 2005
2	Pakxong	daily	1200	○	○	-	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Closed in 2008
3	Nonghin	daily	1280	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
4	Nikhon km 34	daily	1150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
5	Attapeu	daily	106	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
6	Ban Xekatom	daily	1060	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
7	Ban Thongvay	daily	950	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
8	Ban Houaykong	daily	890	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
9	Ban Nongmek	hourly	940	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Some observation data is missing		
流量観測所																																								
1	XeSet 1	monthly	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	-		
2	Attapeu	daily	106	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
3	Ban Nonghin	daily	940	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
4	Ban Nongmek	daily	940	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Some observation data is missing		
蒸発散量観測所																																								
1	Pakse	monthly	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
2	Nikhon 34	monthly	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

○：利用可能 △：欠測あり □：本調査で収集

(2) Nong Mek 水文観測所

調査団は 2004 年 8 月に Nong Mek 地点に雨量計と水位計を設置し、継続して観測を実施している。雨量は転倒式雨量計で時間毎、水位は自動水位計で 1 日に 2 度観測している。流量について、乾期は少なくとも月 2 回、雨期に年間で数回の流量観測を実施している。

Nong Mek の月雨量を表 3.3-4 に示す。2004 年～2012 年における年間平均雨量は 2,222mm となっている。



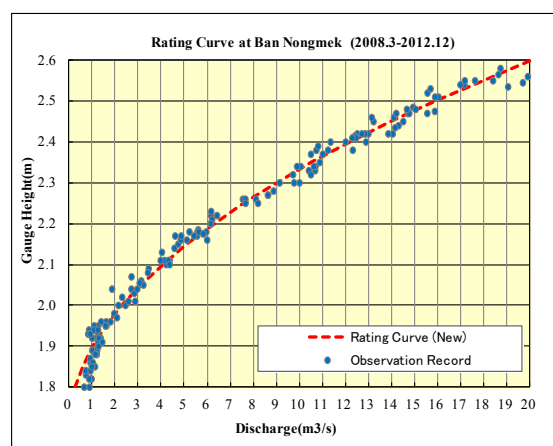
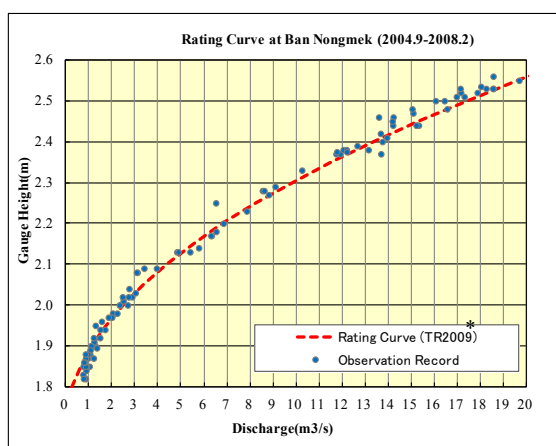
図 3.3-2 Nong Mek の水位計・雨量観測計

表 3.3-4 Nong Mek 地点の月雨量(2004－2012)

(単位 : mm)

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
2004	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	316.5	208.0	8.5	0.0	0.0	-
2005	0.0	0.0	47.0	116.5	262.5	328.5	615.5	760.5	436.0	30.5	21.5	102.5	2,721
2006	0.0	26.5	69.0	157.5	308.0	186.5	487.0	328.5	267.5	154.0	40.5	3.0	2,028
2007	0.5	1.0	118.0	111.0	174.5	337.5	586.0	319.0	316.0	304.0	24.0	0.0	2,291
2008	0.5	3.0	2.0	0.0	306.0	165.0	392.5	601.0	504.5	213.0	24.0	0.0	2,212
2009	0.0	30.0	43.5	205.5	291.0	186.0	649.5	419.5	375.5	170.5	34.0	3.0	2,242
2010	4.5	50.0	0.0	156.0	132.0	314.5	415.0	535.0	246.0	153.0	3.5	0.0	2,010
2011	0.0	6.0	0.0	0.0	168.5	226.5	399.5	332.5	451.0	277.5	15.0	0.0	1,877
2012	27.0	27.5	61.5	87.5	362.0	268.0	458.0	509.5	529.0	58.5	5.0	0.0	2,394
Ave	3.0	14.0	34.0	83.0	200.0	201.0	400.0	412.0	333.0	120.0	17.0	11.0	2,222

日水位データから流量を推定するため、流量観測の結果を基に算出した水位－流量曲線（H-Q 曲線）を図 3.3-3 に示す。ついで、H-Q 曲線から算出した日雨量・流量の関係を図 3.3-4 に示す。



*: Technical Report, KANSAI 2009

図 3.3-3 Nong Mek 地点の H - Q 曲線

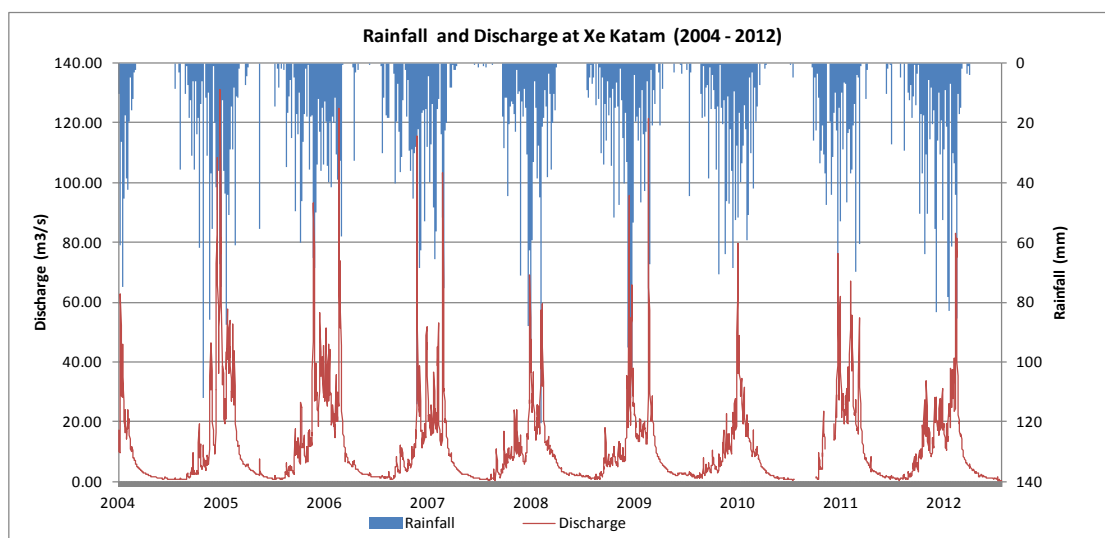


図 3.3-4 Nong Mek 地点の日雨量・流量(2004 – 2012)

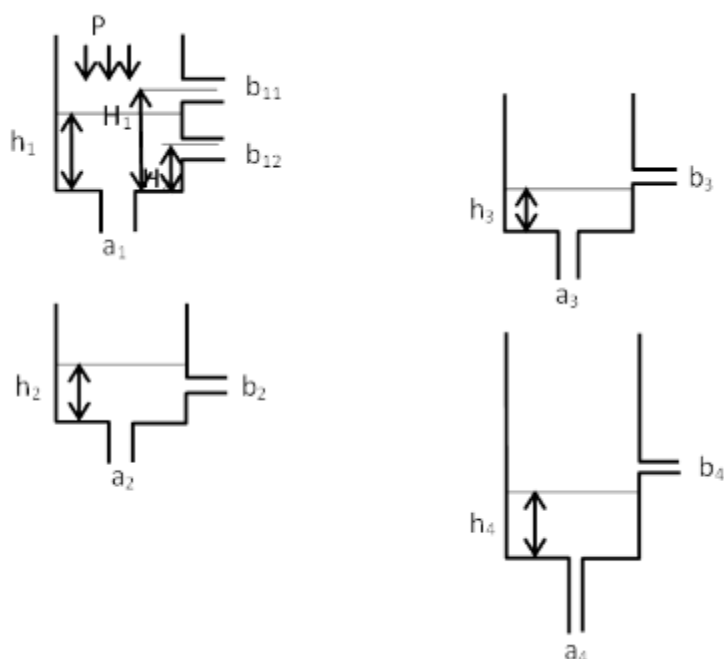
なお、長期的には温暖化に伴う地球規模の気候変動が想定され、水文データへの定性的な影響として洪水規模の増大や渇水頻度の増加が考えられるが、その影響は十分な設計余裕や想定リスクの範囲に収まるものとしている。

3.3.2 低水解析

セカタム流域内の水文観測実施は限定的であり、長期間の水文データは整備されていないが、第 3.3.1 項で示したように流域近傍では比較的長期間の水文データが整備されている。流域外における長期間の水文データと流域内における短期間の水文データを用いて、低水解析を実施し発電計画の検討に必要な長期間の流量データを算出する。

(1) タンクモデル

雨量データと流量データを基に、低水解析に良く用いられている流出解析の 1 つであるタンクモデルによる解析を実施する。タンクモデル法の基本的な考え方は、各タンクに空けられた孔から流出する水の容量を計算することである。最上段タンクでは、流入量として降水量が与えられ、下段タンクでは上段タンクからの浸透量が直接流入する。各タンクの側面流出孔からの流出量の合計が河川流量となる。また、タンク各孔のパラメータは観測流量と計算流量の差が最小となるように試行錯誤法により決定する。



タンクモデルの基本概念

$P + h < H$: $Q_{inf} = a(P + h)$, $Q_{run-off} = 0$
 $P + h > H$: $Q_{inf} = a(P + h)$, $Q_{run-off} = b(P + h - H)$
 P : 降水量 (1 段目タンクの入力値)
 H : 流出孔高さ
 h : タンク水深
 a, b : 流出孔係数

図 3.3-5 タンクモデルの基本概念

(a) 流域平均雨量の算出

セカタム流域において得られる雨量データは以下の通りである。

- 1991 年～1992 年におけるセカタムと Thongvay の月別雨量データ
- 2004 年～2012 年における Nong Mek の時間別雨量データ

これらのデータに加え、周辺地域で長期間に亘って観測された雨量データが利用可能である。セカタム流域内データ欠測期間の補完が可能かを検証するために、セカタム地点と各地点の雨量観測データの相関を調べた結果、各地点で 0.7 以上の相関係数が得られた。

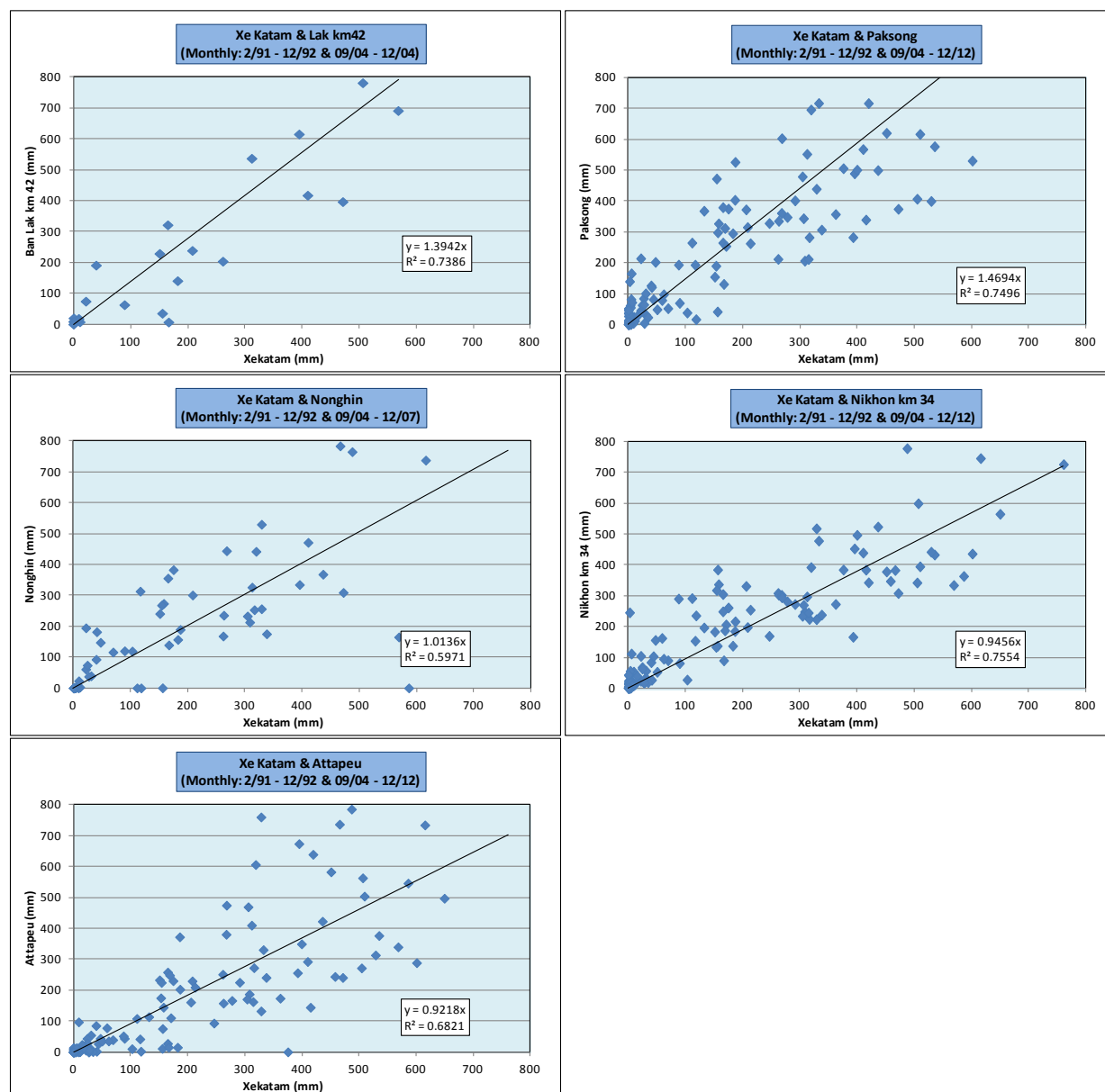


図 3.3-6 セカタム地点との相関(月雨量)

ここに、相関係数の大きい Lak km42 地点（1987－2004）、Paksong 地点（1979－2012）、Nikhom km 34 地点（1989－2012）の 3 地点を欠測期間分の補完データ候補として選定した。これらの 3 地点とセカタム地点における観測実施期間の月雨量の推移を図 3.3-7 に示す。この結果を踏まえ、セカタムと隣接し長期間の雨量データを有する Nikhom km 34 地点を欠測期間の補完データとして選定した。こうして得られた雨量データを流域平均雨量として、今後の解析に用いることとする。流域平均雨量の 1989 年～2012 年（23 年間）の年平均は 2,474mm で TR2009（Technical Report, KANSAI 2009）より若干小さい値となっている。

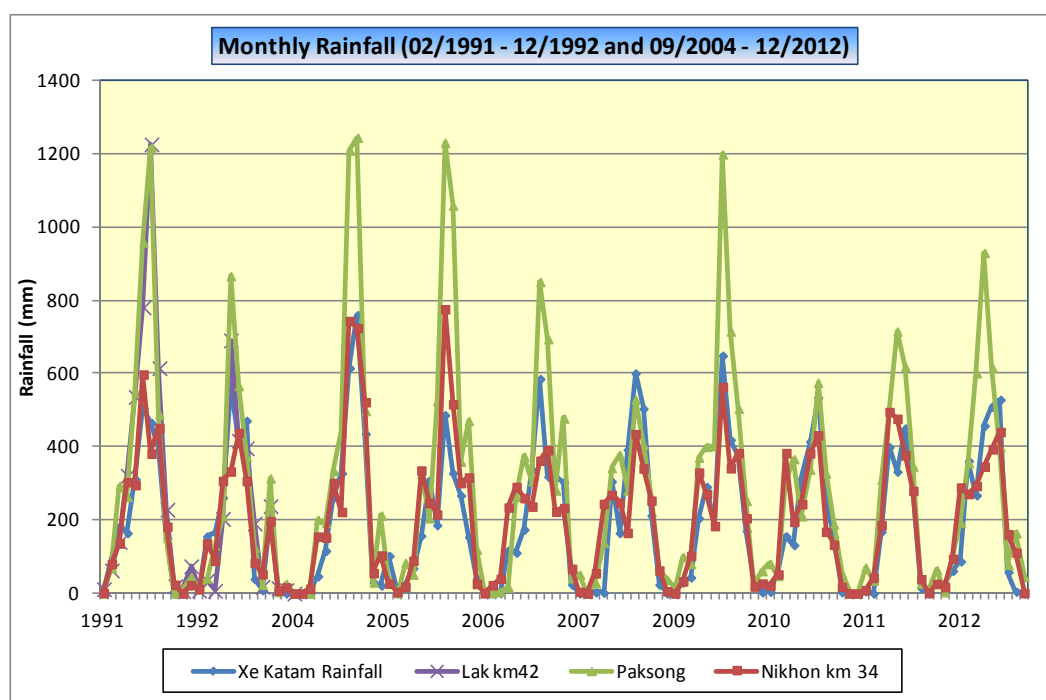


図 3.3-7 月雨量の推移 (02/1991 – 12/1992 and 09/2004 – 12/2012)

表 3.3-5 流域年間平均雨量 1989–2012

Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
1989	18.6	0.0	405.6	278.1	393.4	182.2	369.2	310.1	241.6	72.9	0.0	10.0	2,282
1990	7.0	35.6	186.9	108.3	257.7	306.2	357.4	374.6	314.4	297.3	84.9	0.0	2,330
1991	55.9	4.0	89.3	182.3	165.0	312.0	506.5	466.0	395.0	150.8	0.3	1.3	2,328
1992	24.3	14.8	144.5	94.4	325.1	352.4	463.3	678.0	325.0	88.2	28.1	55.5	2,594
1993	0.0	18.9	118.4	116.0	395.1	248.8	474.5	382.4	483.7	45.1	1.2	6.8	2,291
1994	0.0	56.5	189.2	369.0	332.9	205.5	789.6	297.3	460.4	198.1	10.5	0.0	2,909
1995	8.7	13.3	265.4	97.3	384.8	227.2	595.3	398.1	206.7	142.7	29.6	18.1	2,387
1996	441.5	354.6	267.1	283.4	323.8	332.4	213.8	230.6	344.1	258.2	214.9	172.4	3,437
1997	62.4	7.4	151.2	520.3	463.2	282.4	607.0	603.8	354.3	171.3	81.4	11.6	3,316
1998	0.0	15.4	3.4	24.2	88.2	53.5	44.0	89.5	82.2	44.7	38.3	0.7	484
1999	47.6	10.6	140.7	261.2	527.7	471.7	700.1	591.2	469.5	356.4	58.2	1.1	3,636
2000	28.6	70.9	66.6	162.9	232.7	328.9	698.0	189.3	268.6	103.6	38.1	0.0	2,188
2001	44.4	46.5	114.2	313.0	320.4	404.0	410.3	606.0	446.3	195.6	29.6	0.0	2,930
2002	1.2	12.6	65.1	115.2	325.2	422.9	518.2	648.3	312.6	154.1	52.9	45.5	2,674
2003	0.4	104.6	150.4	324.9	372.4	193.6	445.7	490.6	412.5	90.4	18.4	0.0	2,604
2004	10.0	10.3	134.5	360.8	179.1	447.8	422.8	494.0	208.0	8.5	0.0	0.0	2,276
2005	0.0	0.0	47.0	116.5	262.5	328.5	615.5	760.5	436.0	30.5	21.5	102.5	2,721
2006	0.0	26.5	69.0	157.5	308.0	186.5	487.0	328.5	267.5	154.0	40.5	3.0	2,028
2007	0.5	1.0	118.0	111.0	174.5	337.5	586.0	319.0	316.0	304.0	24.0	0.0	2,292
2008	0.5	3.0	2.0	211.0	306.0	165.0	392.5	601.0	504.5	213.0	24.0	0.0	2,422
2009	0.0	30.0	43.5	205.5	291.0	186.0	649.5	419.5	375.5	170.5	34.0	3.0	2,408
2010	4.5	50.0	11.2	156.0	132.0	314.5	415.0	535.0	246.0	153.0	3.5	0.0	2,021
2011	0.0	6.0	0.0	354.1	168.5	431.6	399.5	332.5	451.0	277.5	15.0	0.0	2,436
2012	27.0	27.5	61.5	87.5	362.0	268.0	458.0	509.5	529.0	58.5	5.0	0.0	2,394
Ave	32.6	38.3	118.5	208.8	295.5	291.2	484.1	444.0	352.1	155.8	35.6	18.0	2,474
Max	441.5	354.6	405.6	520.3	527.7	471.7	789.6	760.5	529.0	356.4	214.9	172.4	3,636
Min	0.0	0.0	0.0	24.2	88.2	53.5	44.0	89.5	82.2	8.5	0.0	0.0	484

セカタム流域内の実測データ (mm)

(b) タンクモデルの解析結果

タンクモデルの解析結果を図 3.3-8 に示す。本検討では、低水流量を一致させることに重点をおいている。これは、年間流入量に対して貯水容量規模が小さいため、雨季はダム水位が満水となり、乾季における低水流量の方が可能発生電力量の推定に与える影響が大きいと判断したためである。

セカタム流域内における実測データの欠測期間をすべてタンクモデルの解析結果により補間した場合、取水堰地点（C.A.=263 km²）における 1989 年から 2012 年までの 24 ヶ年平均の年間平均流入量は 12.30m³/s と推定される。なお、1998 年は超渇水年であり、計算結果が異常な値を示したことから除外している。

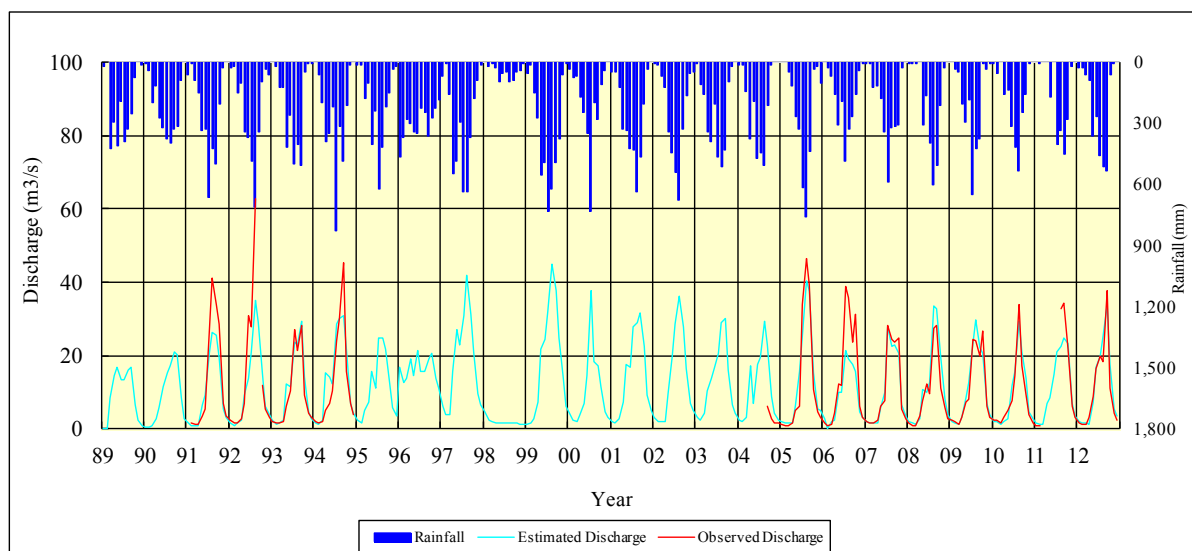


図 3.3-8 タンクモデルの解析結果

(2) Xe Set 地点の流量データによる補正

セカタム流域の北西に隣接する Xe Set 流域（C.A.=324 km²）には、EDL が所有・運転する Xe Set1 発電所（1991 年運開）と Xe Set2 発電所（2008 年運開）がある。Bolaven 高原にある Xe Set 流域とセカタム流域は互いに隣接しており、気象条件は類似していると考えられる。このため、長期の流量データを保有する Xe Set1 発電所の流量データが本計画に利用可能であるか検討を行った。なお、2008 年に運開した Xe Set2 は Xe Set1 の上流に位置しており、発電用に貯水池の流量調整を実施している。このため、Xe Set2 運開後の Xe Set1 の流量データは調整が行われた後のデータとなるため、流量データの補正は 1985 年～2008 年の観測データを用いて行うものとする。ただし、1995 年の流量データは異常値であったため、補正に用いるデータから除外する。

検討方法としては、1991-1994 年についてはセカタム流域内で観測された流量、2004 年 9 月以降については Nong Mek 地点において観測された流量をそれぞれ取水堰地点 (C.A.=263 km²) に流域比換算し、その流域比換算した取水堰地点の流量と Xe Set1 発電所の流量との相関関係を調べた。これら 2 地点の流量データの相関関係を図 3.3-9、図 3.3-10 に示す。

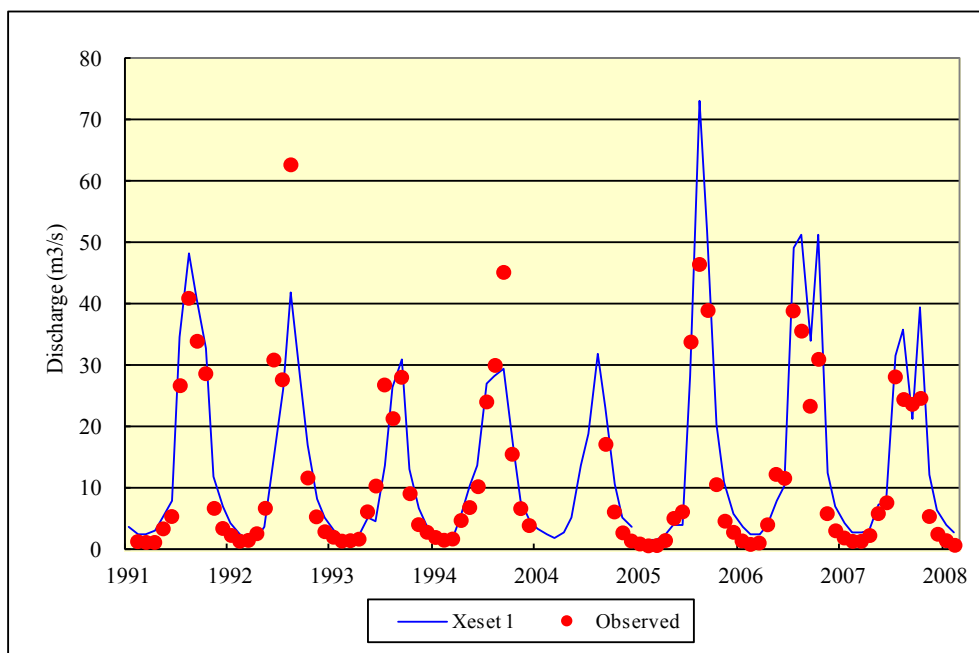


図 3.3-9 セカタム流域と Xe Set 流域の月別流量

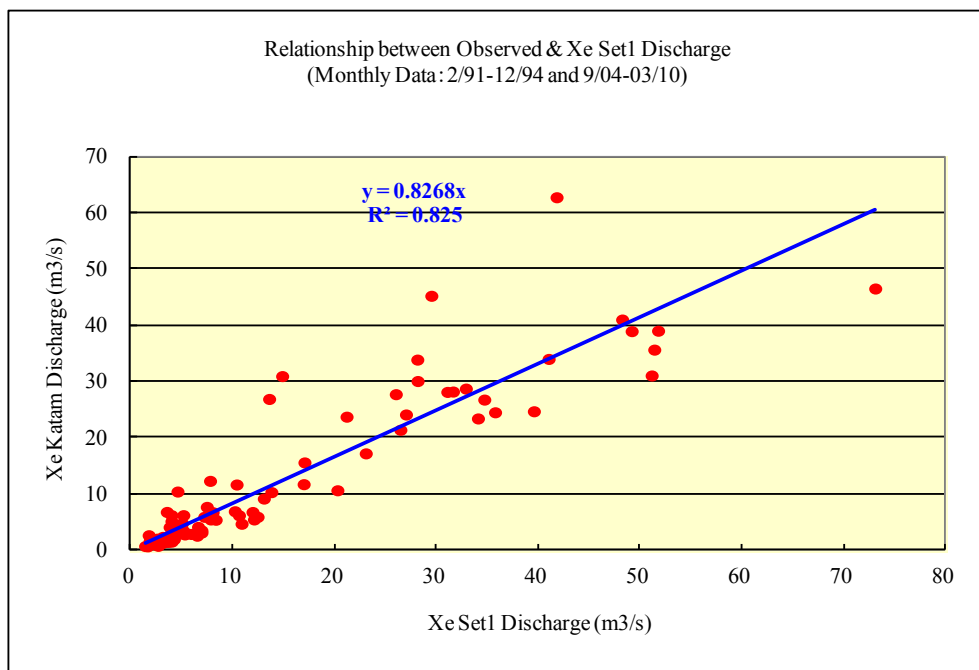


図 3.3-10 セカタムと Xe Set における月別流量の相関

流域比換算した取水堰地点の流量と Xe Set1 流量との相関は強く、流出現象も概ね類似した傾向を示している。よって 1985 年から 2004 年（87、88 年は欠測、95、98 年は前述の通り除外）までの 16 カ年の欠測期間を Xe Set1 流量で補正し、2004 年 9 月以降については Nong Mek 地点における実測流量を用いて計画取水地点の長期流量を推定した。

低水解析の結果を表 3.3-6 に示す。結果として、セカタム地点（取水堰地点：263km²）の年間平均流量として 12.1m³/s が得られた。

表 3.3-6 セカタム地点の月平均流量

(単位：m³/s)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Monthly Average
1985	4.42	3.10	2.74	3.35	7.46	24.82	20.35	22.01	21.52	14.02	8.08	5.11	11.41
1986	3.48	2.61	2.08	2.89	7.69	9.29	10.83	26.35	23.84	16.78	12.96	6.04	10.40
1989	3.23	2.23	1.74	2.81	9.70	18.70	23.65	32.89	38.03	18.09	7.20	4.50	13.56
1990	2.93	1.59	2.20	2.25	5.30	6.28	12.24	16.54	23.27	31.65	16.90	11.18	11.03
1991	3.08	1.41	1.28	1.28	3.49	5.51	26.83	41.07	34.07	28.79	6.83	3.56	13.10
1992	2.42	1.47	1.62	2.70	6.84	31.01	27.79	62.83	23.07	11.79	5.45	3.03	15.00
1993	2.13	1.50	1.57	1.81	6.27	10.47	26.94	21.46	28.20	9.22	4.18	2.94	9.73
1994	2.09	1.64	1.84	4.86	6.97	10.37	24.18	30.13	45.30	15.65	6.80	4.03	12.82
1996	2.68	1.93	1.57	3.00	8.09	19.40	25.72	28.19	48.44	21.37	17.20	7.80	15.45
1997	4.68	3.32	2.74	3.33	6.27	7.12	20.12	44.63	20.68	17.54	8.22	4.48	11.93
1999	2.64	1.79	1.54	2.80	7.30	12.44	41.54	52.55	27.58	17.49	9.92	6.51	15.34
2000	3.79	2.76	3.28	4.68	5.78	8.03	39.03	33.59	41.94	18.49	11.23	5.08	14.81
2001	3.27	2.03	2.12	2.03	4.60	8.38	25.88	27.71	29.74	18.30	8.96	4.87	11.49
2002	3.08	3.13	1.55	2.01	3.89	6.56	25.35	43.94	34.16	19.17	10.62	5.78	13.27
2003	3.62	2.75	2.34	3.20	7.50	12.69	19.73	31.77	41.92	16.53	7.60	4.25	12.83
2004	2.82	2.04	1.57	2.34	4.35	11.19	15.62	30.38	17.27	6.25	2.84	1.52	8.18
2005	1.03	0.73	0.77	1.59	5.20	6.26	33.94	46.59	39.08	10.70	4.74	2.93	12.80
2006	1.53	0.96	1.18	4.16	12.37	11.73	39.01	35.72	23.48	31.12	5.97	3.18	14.20
2007	2.01	1.45	1.46	2.41	5.98	7.74	28.26	24.57	23.79	24.75	5.51	2.61	10.88
2008	1.57	0.81	0.74	3.33	7.62	12.20	9.76	27.38	28.13	10.92	5.67	2.71	9.24
2009	2.18	1.82	1.23	2.98	7.41	7.87	24.51	23.89	19.94	26.54	6.20	3.11	10.64
2010	2.31	2.42	1.62	3.10	5.04	7.80	14.62	33.82	17.20	9.22	3.78	1.68	8.55
2011	0.98	0.67	1.09	6.79	5.92	12.73	22.04	32.96	34.48	21.86	6.11	2.93	12.38
2012	1.56	1.03	1.05	2.97	8.80	16.27	19.83	18.42	37.61	11.19	4.19	2.17	10.42
2013	1.17	0.68	0.76	1.40	11.40	15.13	20.90	17.72	49.84	23.07	6.65	3.55	12.69
2014	2.08	1.35	1.50	3.17	10.82	24.17	35.57	37.87	38.45	10.73	4.89	3.08	14.47
Max	4.68	3.32	3.28	6.79	12.37	31.01	41.54	62.83	49.84	31.65	17.20	11.18	15.45
Average	2.57	1.82	1.66	2.97	7.00	12.47	24.39	32.50	31.19	17.74	7.64	4.18	12.18
Min	0.98	0.67	0.74	1.28	3.49	5.51	9.76	16.54	17.20	6.25	2.84	1.52	8.18

TankObserve

(3) 低水解析の結果

1985 年～2012 年のセカタム流域における流量データ整備状況を表 3.3-7 に示す。これまでの解析で得られたタンクモデルおよび Xe Set による補正の流量について、ここでは実測流量である Xe Set がより信頼性が高いため、欠測期間における流量データとして採用する。Nong Mek および Xe Set の双方で欠測期間となる 2011 年 3 月～8 月はタンクモデルの結果を用いる。

表 3.3-7 セカタム流域における流量データ整備状況

データ		85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	特記事項
セカタム流域内の実測データ	Nong Hin							△	△	○	○																					
	Nong Mek																					△	○	○	○	○	○	△	○	○	○	2011年3月～8月は観測データが欠測している。
タンクモデル						○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
Xe Set 1		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	※	※	※	※	※	※	※2009年以降の流入量はXe Set2の貯水池運用によって流入調整されている。

利用不可 ○ : 利用可能 △ : 欠測あり

3.3.3 高水解析

(1) 概 要

高水解析は、主要構造物の計画地点においてダム高の決定や放水位の決定等に必要な設計洪水水位を決定するための可能最大洪水量や確率洪水流量を推定することが目的である。可能最大洪水流量および確率洪水流量は、長期間の洪水流量データが無いため、比較的長期間存在する雨量データを用いて可能最大降水量および確率雨量を統計的に算出し、単位図法により推定した。

(2) 可能最大降水量および確率雨量の推定

可能最大降水量の推定は、セカタム流域との雨量相関が強い Pakxong 地点（1970－1988）、Nikhon 地点（1989－2004）および Nong Mek 地点（2004－2012）の年最大日雨量を用いて Hershfield*の手法で実施している。その結果 24 時間、48 時間および 72 時間の可能最大降水量をそれぞれ 800mm、1,180mm および 1,240mm と推定した。（*MANUAL FOR ESTIMATION OF PROBABLE MAXIMUM PRECIPITATION by WMO in 1986）

確率雨量の推定についても可能最大降水量と同様に Pakxong 地点（1970－1988）、Nikhon 地点（1989－2004）および Nong Mek 地点（2004－2012）の年最大日雨量から確率密度関数を

用いて確率雨量を推定している。なお、確率雨量は、4つの確率密度関数を用いて推定を行った結果、もっとも適合性の高かったグンベル分布を適用している。可能最大降水量および確率雨量の推定結果は、表 3.3-8 の通りである。

なお発電所地点は全流域のうち約 7 割が Xe Namnoy 川の流域であることから、図 3.3-11 に示すように雨量の流域面積に応じた補正を行って雨量を推定した。

表 3.3-8 可能最大降水量および
確率雨量の推定結果

(mm)			
Probable Rainfall	24hr	48hr	72hr
2	112	154	186
5	159	215	252
10	190	255	295
20	220	294	337
30	237	317	361
50	258	345	391
100	287	382	431
200	316	420	472
500	354	470	525
1,000	382	507	565
10,000	478	632	698
PMP	792	1,178	1,232

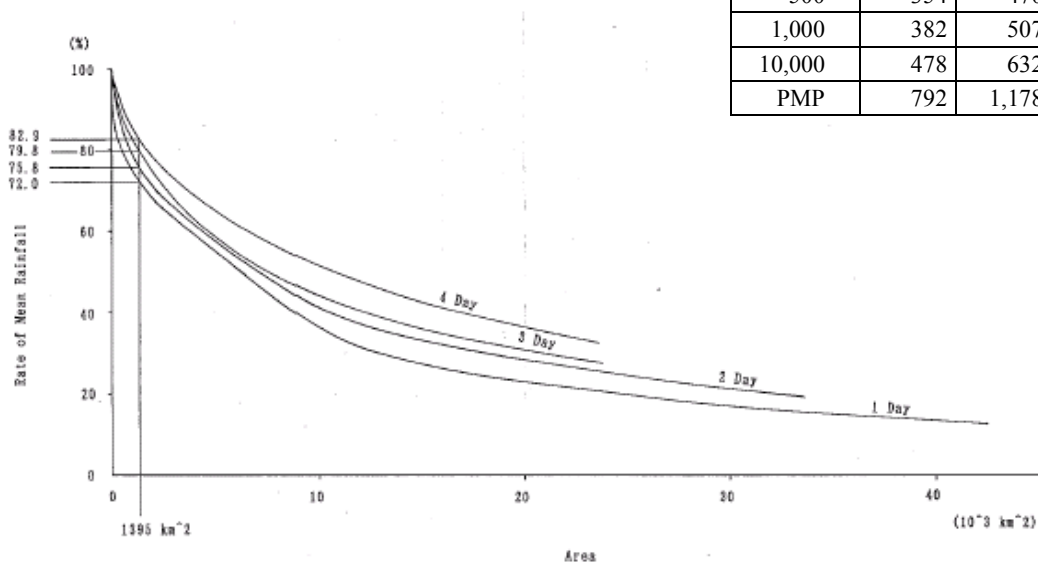


図 3.3-11 雨量の流域面積に応じた補正

(3) 可能最大洪水量および確率洪水量の推定

可能最大洪水流量および確率洪水流量は、可能最大降水量および確率雨量、雨量分布曲線、基底流量および流出係数等を用いて単位図法により推定した。

(a) 降雨強度曲線

セカナム流域内の時間雨量は、2004 年 8 月に Nong Mek 地点に設置した雨量観測所のみで観測が行われている。豪雨における雨量分布の推定のために、Nong Mek 地点で観測された時間雨量データから 24 時間雨量が 50mm 以上となる連続した降雨を選定し、セカナム流域の代表的な降雨パターンを決定した。選定した雨量分布曲線を図 3.3-12 に示す。

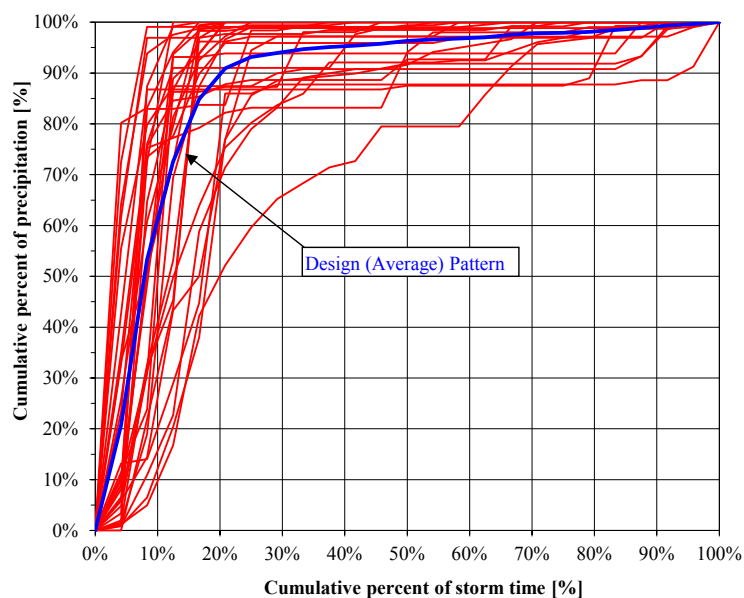


図 3.3-12 雨量分布曲線

(b) 基底流量

第 2.3.2 項で推定した長期流量を用いて 5 月から 11 月の雨期における流入量の平均値から基底流量を $17.6 \text{ m}^3/\text{s}$ と算出し、流域比換算により各構造物の計画地点における基底流量を推定した。

(c) 直接流出係数

既往観測の洪水波形から直接流出係数を推定した結果を図 3.3-13 に示す。洪水が大きくなるほど流出係数も大きくなる傾向があり、この現象を考慮するために下記の通り、各降雨量に対する流出係数を米国土壤保護局 (SCS) による土壌および降雨量と流出係数の関係を推定する方法を用いて各雨量に対する直接流出係数を算出した。

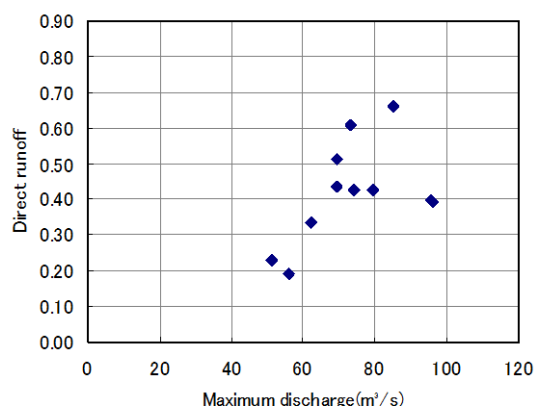


図 3.3-13 直接流出係数

(既往観測の洪水波形より)

SCS により提示されている降雨および土壌から直接流出量を推定する方法を用いた直接流出係数*の推定方法では、セカタム流域内の土地利用形態を『森林』、浸透に対する水文学上の状態を『良』とし、土壌分類を『C』、それらに対応する曲線番号を『70』として、それぞれの雨量に対する直接流出量を求める。当調査では表 3.3-9 に示す通り 24

時間、48時間および72時間雨量に応じて流出係数をそれぞれ0.7～0.9程度と推定した。

(*Agricultural land use curve number and SCS runoff equations by US Soil Conservation Service in 1972)

表 3.3-9 流出係数の算出結果

	Rerurn Period	PMP	10,000	1,000	500	200	100	50	30	20	10	5	2
24-hr	24-hr Rainfall ; P [mm]	792	478	382	354	316	287	258	237	220	190	159	112
	P [inch]	31.2	18.8	15.0	13.9	12.4	11.3	10.2	9.3	8.7	7.5	6.3	4.4
	Direct Runoff; Pe [inch]	27.3	15.1	11.5	10.4	9.0	7.9	6.9	6.1	5.5	4.5	3.4	1.9
	Runoff Ratio (Pe/P)	0.88	0.80	0.76	0.75	0.72	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
48-hr	24-hr Rainfall ; P [mm]	1,178	632	507	470	420	382	345	317	294	255	215	154
	P [inch]	46.4	24.9	20.0	18.5	16.5	15.0	13.6	12.5	11.6	10.0	8.5	6.1
	Direct Runoff; Pe [inch]	42.4	21.1	16.3	14.8	12.9	11.5	10.1	9.0	8.2	6.8	5.3	3.2
	Runoff Ratio (Pe/P)	0.91	0.85	0.82	0.80	0.78	0.76	0.74	0.72	0.71	0.70	0.70	0.70
72-hr	24-hr Rainfall ; P [mm]	1,232	698	565	525	472	431	378	361	337	295	252	186
	P [inch]	48.5	27.5	22.2	20.7	18.6	17.0	14.9	14.2	13.3	11.6	9.9	7.3
	Direct Runoff; Pe [inch]	44.5	23.6	18.5	16.9	14.9	13.3	11.3	10.7	9.8	8.2	6.7	4.3
	Runoff Ratio (Pe/P)	0.92	0.86	0.83	0.82	0.80	0.78	0.76	0.75	0.74	0.71	0.70	0.70

(d) 単位図

単位図の作成には時間単位の流量観測データが必要とされるが、これまでの観測結果からは単位図の作成に適当なデータが得られていないため、単位図は、図 3.3-14 に示す SCS により提示されている無次元単位図を用いることとした。

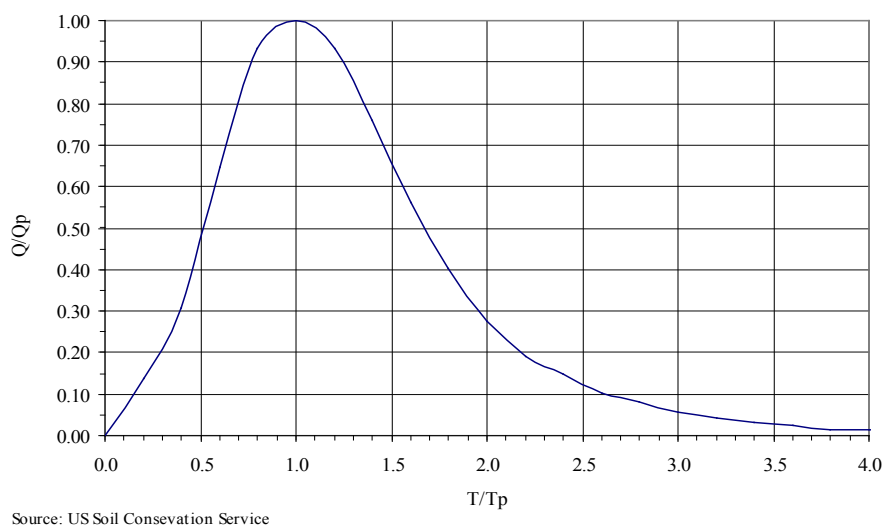


図 3.3-14 無次元単位図

上記単位図を用いて下式に示す通り、Snyder-Linsley 式を用いて遅れ時間およびピーク流量から各構造物地点における洪水流量を求めた。Snyder-Linsley 式を用いた場合の貯

水ダム、引水堰、取水堰および発電所地点における洪水流量を求める際に用いた諸量については表 3.3-10 に示す通りである。

(Snyder-Linsley 式)

遅れ時間 t_p : $t_p = C_t (LL_c / S^{0.5})^{0.38}$

L : 流域の出口から流域界までの本流沿いの長さ(mi)

L_c : 流域の出口から流域の図心に最も近い本流の地点までの距離(mi)

S : 流域の勾配

C_t : 0.72 (丘陵地帯の値を採用)

ピーク流量 Q_p : $Q_p = 640 A C_p / t_p$

A : 流域面積(mile²)

C_p : 0.64 (丘陵地域の値を採用)

表 3.3-10 各地点における諸定数

項目	単位	貯水ダム	引水堰	取水ダム	発電所
L	mile	7.8	21.9	27.5	36.3
Lc	mile	4.5	5.9	10	17.5
S	-	0.0349	0.0091	0.0106	0.0121
tp	hour	5.2	11.2	14.4	19.3
A	km2	38	176	263	1093
	mile2	15	68	102	422
Qp	m2/s/mm	1.28	2.78	3.21	9.97

なお、引水堰地点(CA=176km²)は、洪水観測を実施している Nong Mek 地点(CA=178km²)近傍に位置するため今回推定した引水堰における遅れ時間の 11.2h が実際の洪水時にも生じるかどうかを、既往観測の洪水データに基づき検討した。

図 3.3-15 に実際の洪水波形から遅れ時間を求めた一例を示す。既往観測の洪水波形から遅れ時間は 9 時間～13 時間であり、今回推定した引水堰地点における 11.2h の遅れ時間は妥当なものであることが推察される。

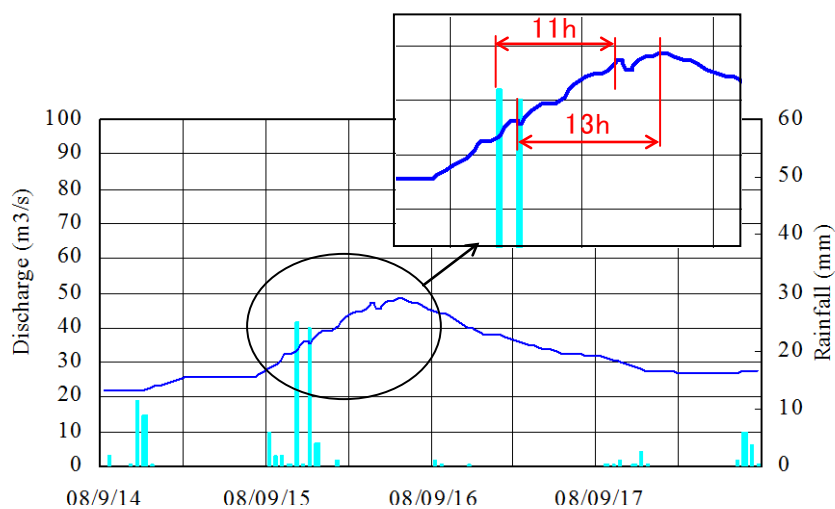


図 3.3-15 洪水遅れ時間の推定(2008 年 9 月 14 日～17 日観測)

(e) 可能最大洪水流量および確率洪水流量の推定結果

降雨時間による降雨量の変化を調べるため確率雨量および可能最大降水量（PMP）について、降雨時間と累積降雨量の関係を図 3.3-16 に示す通り調べた。各確率雨量における降雨量は 24 時間、48 時間と徐々に雨量が増していくものの、48 時間程度で累積雨量の増加が小さくなることから、本流域における洪水量は、48 時間でピークを迎えることが推定される。

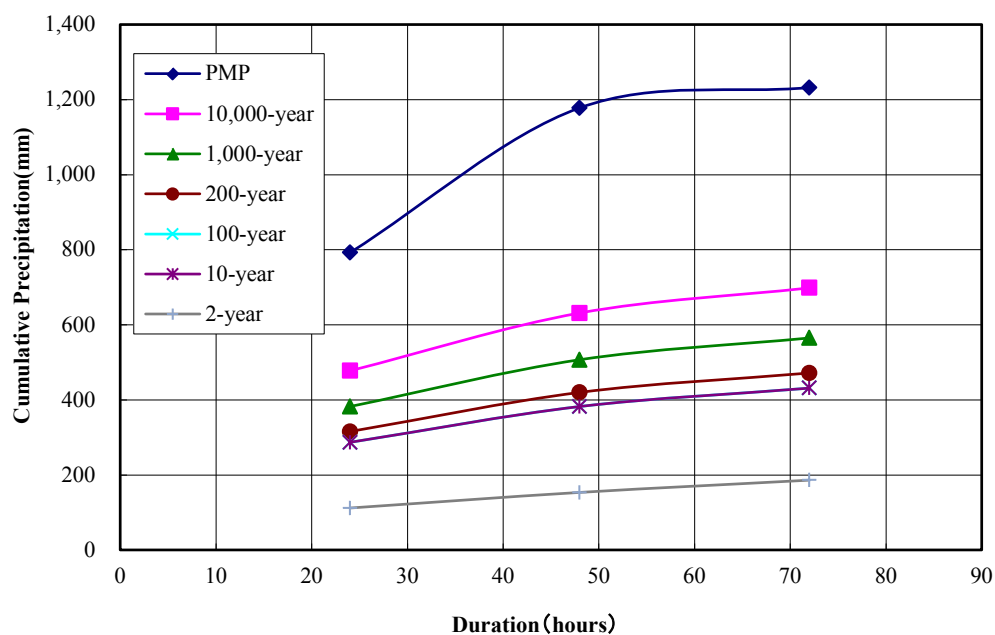


図 3.3-16 累積降雨量の比較

図 3.3-17、図 3.3-18 に示す通り貯水ダムにおける 24 時間、48 時間および 72 時間での可能最大洪水流量 (PMF) および 1,000 年確率洪水量を求めた結果、可能最大および 1,000 年確率共に 48 時間の洪水量が最も大きくなる結果となった。

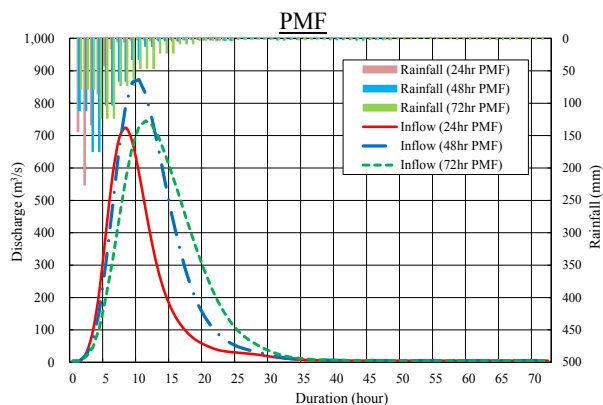


図 3.3-17 可能最大洪水流量

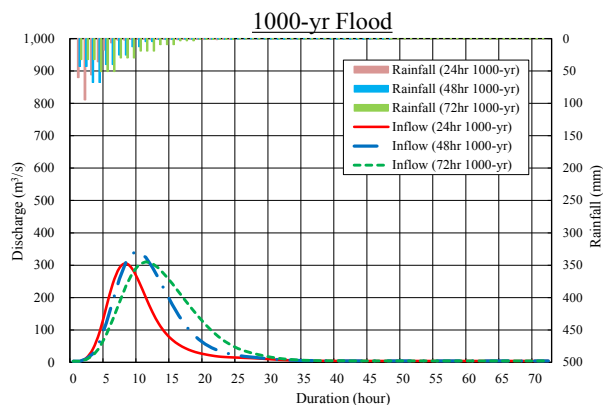


図 3.3-18 1,000 年確率洪水流量

24 時間、48 時間および 72 時間での可能最大洪水量 (PMF) および 1,000 年確率洪水量でそれぞれ貯水ダムでの洪水位を求めた場合の貯水ダムにおける水位、流量および副ダムでの洪水吐の放流量の変化を図 3.3-19、図 3.3-20 に示す。貯水ダムにおける各時間における洪水位についても 48 時間洪水時が最も高くなる結果となる。

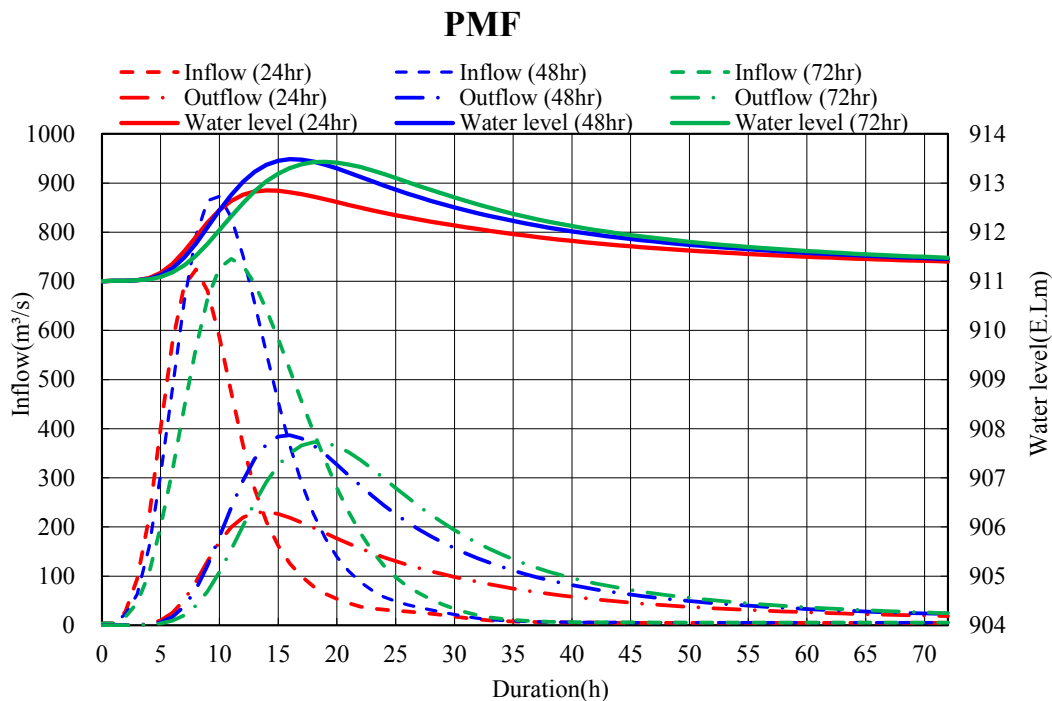


図 3.3-19 可能最大洪水流量時の貯水ダムにおける洪水位

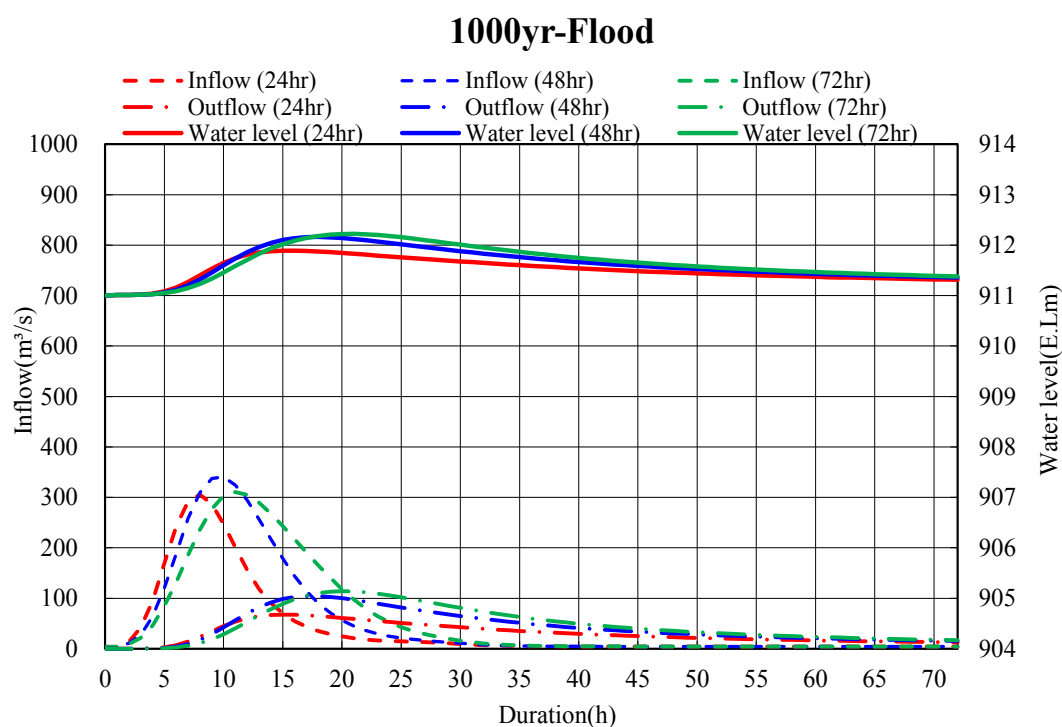


図 3.3-20 1,000 年確率洪水量時の貯水ダムにおける洪水位

以上より、各構造物の計画地点における可能最大洪水流量（PMF）および確率洪水流量は洪水流量が最大となる 48 時間の洪水流量を採用することとした。主要構造物地点における高水解析結果については、表 3.3-11 に示す通りである。

表 3.3-11 主要構造物地点における高水解析結果

確率年	貯水ダム C.A.=38 km ²	引水堰 C.A.=176 km ²	取水堰 C.A.=263 km ²	発電所 C.A.=1,093 km ²
可能最大洪水量	880	1,910	2,210	6,680
10,000	440	970	1,120	3,360
1,000	350	750	880	2,630
500	310	680	800	2,400
200	270	600	700	2,100
100	250	540	630	1,890
10	150	340	390	1,200
5	130	290	340	1,030
2	100	210	250	770

貯水ダム地点の可能最大洪水流量（PMF）および 1,000 年確率洪水量についてセカダム近傍の地点と比流量の比較を行った結果、今回推定した数値は近傍流域における比流量

と概ね同等の傾向を示しており妥当なものであると推察される。なお、各構造物の設計にあたっては、構造物の主要性によって、確率年を決定し設計洪水流量を求めることとした。

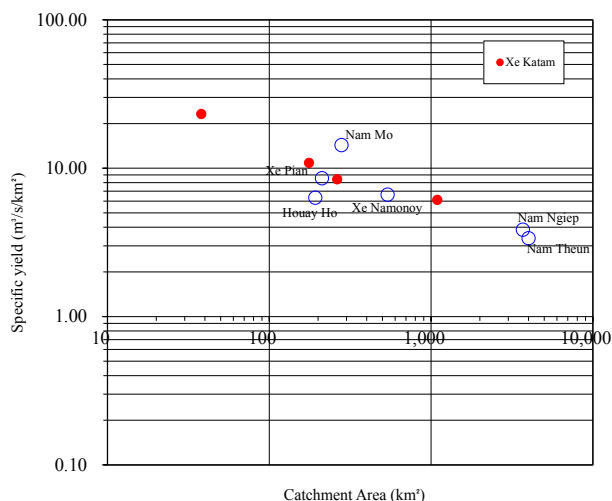


図 3.3-21 近傍流域における比流量の比較
(可能最大洪水量)

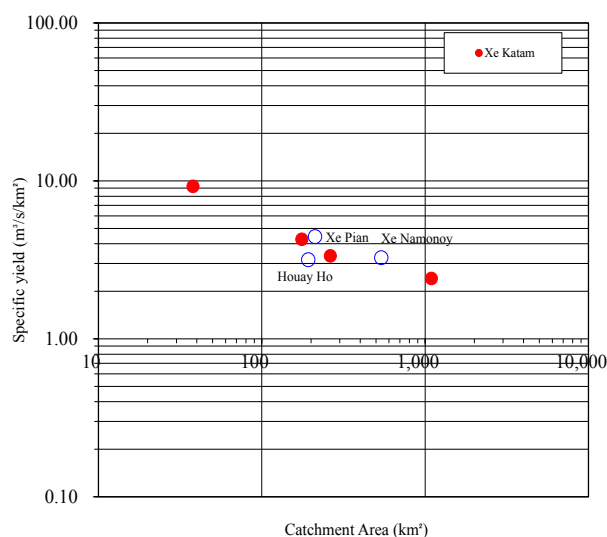


図 3.3-22 近傍流域における比流量の比較
(1,000 年洪水流量)

3.3.4 貯水池堆砂量

Xe Katam 川では出水時の浮遊砂の観測は実施されていない。本検討では、JICA の F/S と同様に Xe Set1 計画の検討に用いられた近傍の Nam Sai 川および近傍の計画地点の F/S レポートから貯水池堆砂量を推定する。Nam Sai 川の比堆砂量はおよそ $430 \text{ m}^3/\text{year}/\text{km}^2$ 、近傍の計画地点の F/S レポートでは比堆砂量を $300 \text{ m}^3/\text{year}/\text{km}^2 \sim 430 \text{ m}^3/\text{year}/\text{km}^2$ と推定している。ここでは、Nam Sai 川のデータを用いた $430 \text{ m}^3/\text{year}/\text{km}^2$ を採用することとし、引水堰によりすべての土砂を貯水池に引き込むと仮定した。引水堰の流域 (176 km^2) および貯水ダムの流域 (38 km^2) を合わせると 214 km^2 であり、25 年間の運用期間では、 2.3 Mm^3 (年間約 $90,000 \text{ m}^3$) の堆砂量と推定される。

3.3.5 貯水池蒸発散量

セカタム流域では、蒸発散量の観測は実施されていないが、流域の西側に位置する Nikhon 地点 (標高 $1,150 \text{ m}$) および Bolaven 高原の西側に位置する Pakse (標高 100 m) で蒸発散量の観測が実施されている。Nikhon 地点では小型蒸発散計による観測、Pakse では大型蒸発散計による観測が行われているが、小型蒸発散計による観測値は大型蒸発散計による観測値よりも小

さいと言われている。貯水池蒸発散量は Nihon 地点の 1984－1990 年（87,88 年欠測）までの平均蒸発散量は約 570mm/year、一方、Pakse では 1985－1998 年（86、91、93 年欠測）までの平均蒸発散量が約 1,700mm/year となっている。近隣の F/S レポートによると標高差 100m 毎に 60mm～125mm の蒸発散量が減少すると推定されており、Pakse での観測値に標高差を考慮すると 1,100mm/year～450mm/year の範囲で推定される。貯水池からの実蒸発散量は一般に大型蒸発散計による観測値に 70%程度の補正係数を乗じた値と言われており、セカタム流域の平均標高 1,050m と Nihon 地点ではほとんど差がないため、本検討では年間およそ 800mm の蒸発散量と推定した。

3.4 セカタム地点の現地踏査

3.4.1 現地踏査の概要

本調査で実施した土木設備設計、施工計画の策定に係る現地踏査の概要を示す。

(1) 第1回現地踏査

2013年4月16日（火）～5月15日（水）の日程で第1回現地踏査を実施した。第1回現地踏査の目的を以下に示す。

- ◆ 主要構造物（引水堰、主ダム、副ダム、取水堰、導水路トンネル、水槽、水圧鉄管、発電所、放水路）の現地踏査
- ◆ 既設道路の確認
- ◆ 水文資料の収集
- ◆ 現地再委託による地質調査の作業指示および施工監理（ボーリング7本、テストピット7）

現地調査の参加者と調査行程を表 3.4-1 に示す。

表 3.4-1 参加者リスト(第1回)

担当業務	氏名	所 属	日程
設計総括	水田 潤一	関西電力(株)	2013年4月16日～27日(12日間)
環境・土木計画	丸岡 巧	(株)ニュージェック	2013年4月16日～28日(13日間)
経済調査・ 土木設計	猿橋 崇央	(株)ニュージェック	2013年4月16日～22日(7日間)
土木設計・環境	柴田 翔	(株)ニュージェック	2013年4月16日～25日(10日間)
地形地質総括	徳楠 充宏	(株)ニュージェック	2013年4月16日～22日(7日間) 2013年5月8日～15日(8日間)
地形地質	上田 広和	(株)ニュージェック	2013年4月16日～5月12日(19日間)
施工計画	小林 一則	(株)ニュージェック	2013年4月24日～27日(4日間)
ラオス国政府	Mr. Phoulithad Virachack	Department of Energy and Mine in Champasak	2013年4月18日(1日間)
	Mr. Chansavanh	Department of Energy and Mine in Champasak	2013年4月19日～20日(2日間)
	Mr. Kham Sene	EDL Champasak	2013年4月18日～20日(3日間)

(2) 第2回現地踏査

2013年10月6日（日）～10月11日（土）の日程で第2回現地踏査を実施した。第2回現地踏査の目的を以下に示す。

- ◆ 主要構造物（引水堰、主ダム、副ダム、取水堰、導水路トンネル、水槽、水圧鉄管、発電所、放水路）の現地踏査
- ◆ 工事用道路ルートを検討
- ◆ 原石山候補地の現地踏査
- ◆ 現地再委託による地質調査結果の検証

現地調査の参加者と調査行程を表 3.4-2 に示す。

表 3.4-2 参加者リスト(第2回)

担当業務	氏名	所属	日程
設計総括	水田 潤一	関西電力(株)	2013年10月6日～11日(6日間)
地形地質総括	徳楠 充宏	(株)ニュージェック	2013年10月6日～11日(6日間)
ラオス国政府	Mr. Chansavanh	Department of Energy and Mine in Champasak	2013年10月8日～10日(3日間)
	Mr. Kham Sene	EDL Champasak	2013年10月8日～10日(3日間)

(3) 第3回現地踏査

2014年3月23日（日）～3月29日（土）の日程で第3回現地踏査を実施した。第3回現地踏査の目的を以下に示す。

- ◆ 主要構造物（引水堰、主ダム、副ダム、取水堰、導水路トンネル、水槽、水圧鉄管、発電所、放水路）の現地踏査
- ◆ 工事用道路ルートを検証
- ◆ 建設資材の市場調査

現地踏査の参加者と行程を表 3.4-3 に示す。

表 3.4-3 参加者リスト(第3回)

担当業務	氏名	所 属	日程
設計総括	水田 潤一	関西電力(株)	2014年3月26日～29日(4日間)
土木設計・環境	柴田 翔	(株)ニュージェック	2014年3月23日～29日(7日間)
地形地質	上田 広和	(株)ニュージェック	2014年3月23日～29日(7日間)
施工計画	小林 一則	(株)ニュージェック	2014年3月23日～29日(7日間)
ラオス国 C/P	Mr. Chansavanh	Department of Energy and Mine in Champasak	2014年3月26日～27日(2日間)
	Mr. Kham Sene	EDL Champasak	2014年3月26日～27日(2日間)

3.4.2 主要構造物の現地踏査

各土木設備の基本設計図面および地質図を基に、各構造物の候補地点を現地踏査し、既往調査からの現地状況の変化と、現在の地形地質状況を調査した。

(1) 主ダム



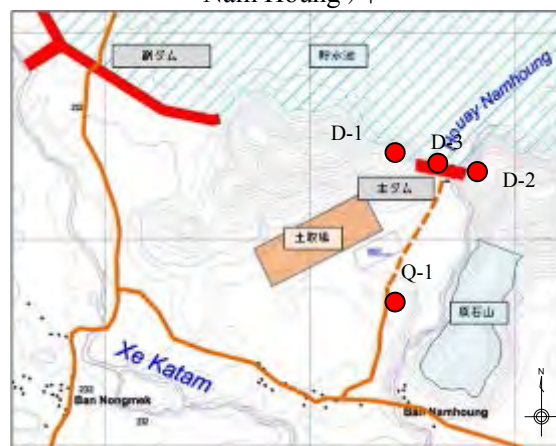
ダム軸（左岸から）



Nam Houng 川



ボーリング D-1



主ダム

項 目	踏査内容
アクセス	乾期は約 0.7km の地点まで車輛で通行可能である。
周辺の土地利用	ダム周辺は焼畑農業による農地と雑木林が混在している。近傍には Nam Houng 川が流れている。
既往調査時からの 現地状況の変化	既往調査時（FS2005）は貯水池内・主ダム周辺の樹木が少なく、辺りを見渡せたが、雑木林が発達し見通しが悪くなっている。
本 F/S で実施する 地形・地質調査	本 F/S では主ダム周辺において合計 4 本（ダム軸 50m×3 本＋ダム下流 15m×1 本）のボーリングと 6 箇所テストピットから土質試験を実施した。
設計に係る検討事項	<p>主ダム掘削</p> <ul style="list-style-type: none"> - 既往調査では、ボーリング RB-04（EL. 886.03m）深度 14m 付近までの D 級風化帯とその不整合面の高透水性層の影響で、主ダムの着岩と掘削線を最大深度 14m と想定している。 <p>基礎処理</p> <ul style="list-style-type: none"> - D-1、D-3 では深度 30m 以下においてもルジオン値の高い層が見られる。D-1 の地下水深度は河床レベルとなっており、ダム軸のグラウチングの範囲・深さを詳細に検討する必要がある。 <p>堤体材料</p> <ul style="list-style-type: none"> - 必要なコア材は約 10 万 m³ である。土質試験の結果は細粒分を含む土質材料が多く、コア材として不適な材料がほとんどだが、主ダム右岸下流のテストピット TC-6 は試験結果も良好で TC-6 周辺を土取場候補地として選定している。また、原石山表土の転用可能性については、今後も検討が必要と考える。 - 必要なフィルター材は約 8 万 m³ である。材料調達の候補として挙げられていた Sekong 川砂州の砂礫層は、細粒分が多く不適であった。ダムサイト周辺での材料調達も困難であり、フィルター材は碎石プラントによる現地製造として検討を進める。 - 必要なロック材は、中央遮水型フィルダムで約 34 万 m³、CFRD で約 42 万 m³ である。既往調査では主ダム左岸の山を原石山として提案している。地質調査の見直しの結果、原石山の賦存量は砂岩 68 万 m³ だが、コンクリート骨材を現地で製造する場合、所要量が不足する可能性があるため、ロックフィル、CFRD 共に、ロック材をゾーン分けして、賦存量が豊富な泥岩互層を活用する必要がある。
施工上の検討事項	<p>施 工</p> <ul style="list-style-type: none"> - ロック材は砂岩と泥岩互層をゾーン分けして施工する。雨期にも盛立を行うのでコア材・フィルター材の降雨対策が必要である。 <p>工事用道路</p> <ul style="list-style-type: none"> - 周辺は平坦な地形のため、道路取り付けは容易である。主ダムの工事用道路は、国道と左岸下流の原石山からの 2 通りのルートを設置する。国道からのルートはプランテーションを通り、Xe Katam 川を渡るための橋脚を設置する必要がある。 <p>仮設備ヤード</p> <ul style="list-style-type: none"> - 主ダム下流の平地にフィルター材の碎石プラントを含む仮設備ヤードを、右岸下流の土取場の近傍にコア材のストックパイルを配置する。

(2) 副ダム



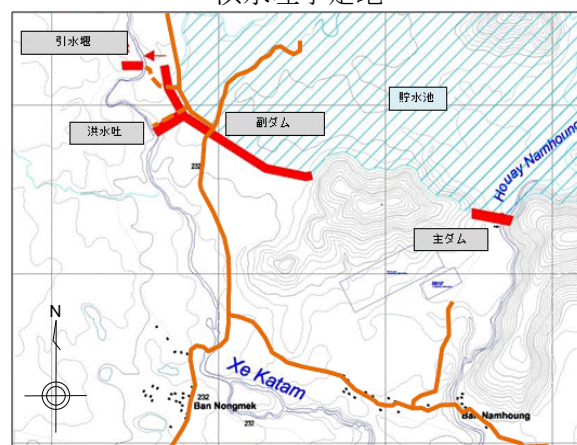
副ダムエリア



洪水吐予定地



洪水吐下流端と Xe Katam 川合流点



副ダム

項目	踏査内容
アクセス	乾季は副ダム・洪水吐地点は車両でアクセス可能である。
周辺の土地利用	副ダム右岸前面は廃棄土を用いた盛土を予定しているが、焼畑農業が営まれている。
既往調査時からの現地状況の変化	既往調査時（FS2005）は周辺の樹木が少なく、辺りを見渡せたが、雑木林が発達し見通しが悪くなっている。農地整備が進んでいる。
本 F/S で実施する地形・地質調査	特になし。
設計に係る検討事項	<p>副ダム右岸側の地形</p> <ul style="list-style-type: none"> - 副ダムの天端標高は EL.914.5m だが、周辺は地形が平坦であり、現地踏査によって現況地形の標高を確認することは困難である。引水堰周辺を含め、なだらかな傾斜が続く副ダム右岸側は、新たな地形測量より計画通りに実施できることを確認している。 <p>副ダム堤体の盛立材料</p> <ul style="list-style-type: none"> - 副ダム堤体の土質材料は約 55 万 m³ である。今後の調査では原石山表土の転用を検討する必要がある。

項目	踏査内容
	洪水吐の掘削線 <ul style="list-style-type: none"> - 洪水吐地点はボーリング調査が行われていないので、玄武岩の露頭が確認されている Xe Katam 川合流地点の河床レベルまで掘削する。
施工上の検討事項	工事用道路 <ul style="list-style-type: none"> - 周辺は平坦な地形のため、道路取り付けは容易である。工事用道路は、国道から土取場経由のルートと左岸下流の原石山から貯水池内を通る2通りのルートを配置する。副ダムの建設後は引水堰へのアクセス道路として、副ダム堤体を通る道路を配置する。 土捨て場 <ul style="list-style-type: none"> - 主ダム、原石山、副ダム、引水堰周辺で発生する廃棄土は、副ダム堤体の下流側に盛土して処理する。

(3) 引水堰



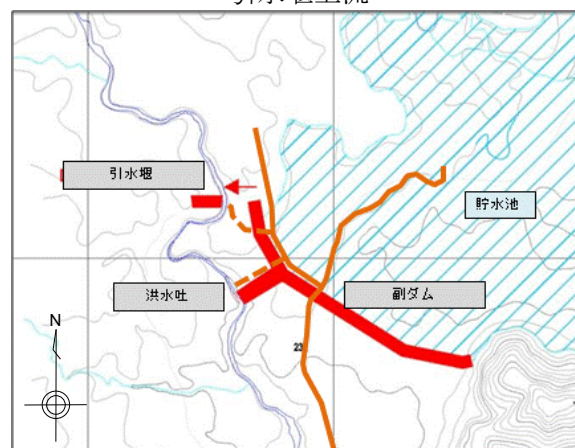
引水堰ダム軸



引水堰上流



上流の養殖池



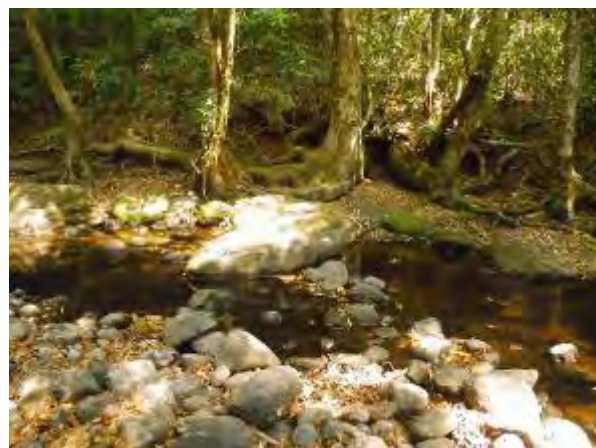
引水堰

項目	踏査内容
アクセス	乾期は約 0.8km の地点まで車輛で通行可能である。引水堰地点から約 0.9km 上流で農地整備用のブルドーザーの渡河が確認された。
周辺の土地利用	引水堰左岸は農地と雑木林が混在しているが、車両で通行可能な道路を挟んで西側は比較的、土地が開けており小規模の養殖池が確認された。
既往調査時からの 現地状況の変化	農地整備が進んでいる。
本 F/S で実施する 地形・地質調査	引水堰左岸 1 箇所からテストピットを採取して土質調査を実施した。
設計に係る検討事 項	<p>引水堰の地形</p> <ul style="list-style-type: none"> - 引水堰地点は川幅約 20m で、約 100m 下流から河道は湾曲して分流しており、地形図と合致している。引水路周辺はなだらかな地形が続いており、設計・施工は特に問題はないと思われる。 <p>掘削線</p> <ul style="list-style-type: none"> - 河床は玄武岩の露頭が確認されているが、両岸は表土が厚い。引水堰は堤長 144.2m のため、右岸側は現地形を大幅に掘削して堤長を確保する必要がある。
施工上の検討事項	<p>工事用道路</p> <ul style="list-style-type: none"> - 工事用道路は、副ダム経由で、国道からのルートと左岸下流の原石山から貯水池内を通る 2 通りのルートを配置する。副ダムの建設後は引水堰へのアクセス道路として、副ダム堤体を通る道路を配置する。

(4) 取水堰・取水口・沈砂池



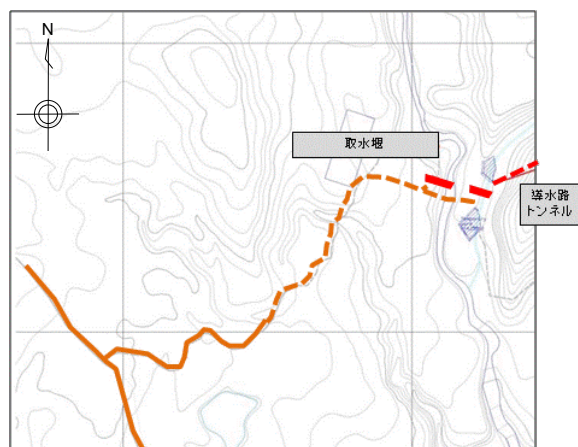
取水堰位置（右岸：Xe Katam 川）



取水堰（左岸：Dakproung 川）



農地の作業小屋



取水堰

項目	踏査内容
アクセス	車輦で通行可能な地点から約 1.0km は現地住民が利用している林道を徒歩でアクセスする。取水口のある Dakprong 川側は乾期で流量の少ない時期なら Xe Katam 川を徒歩で渡河してアクセス可能である。
周辺の土地利用	取水堰周辺は焼畑農業による農地と雑木林が混在しており、林道沿いに現地住民の家屋および作業小屋が点在している。
既往調査時からの現地状況の変化	周辺は近年、農地整備が進んでいる。2014 年 3 月の現地踏査時にも右岸側で焼畑が行われている。
本 F/S で実施する地形・地質調査	特になし。
設計に係る検討事項	<p>取水堰の地形</p> <ul style="list-style-type: none"> - 取水堰は尾根を挟んで Xe Katam 川と Dakprong 川に設けられる。Xe Katam 川側は川幅約 20m で上流部に小規模の沢地形が確認された。約 100m 上流は河道が湾曲しており、地形図と合致している。 - Dakprong 川側は河道の湾曲部にダム軸があり、川幅は約 10m 程度である。左岸側斜面は取水口、沈砂池、導水路トンネル接続部を配置する予定で、現況地形は地形図と概ね合致している。 <p>掘削線</p> <ul style="list-style-type: none"> - Xe Katam 川側の河床部は玄武岩が露頭しており、堤高 9.5m の越流型コンクリート堰堤の建設には特に問題はないと思われる。Dakprong 川側の河床部は表土が堆積しており、露頭は確認できなかったが、2m 程度の掘削で着岩可能と想定される。
施工計画上の検討事項	<p>工事用道路</p> <ul style="list-style-type: none"> - 工事用道路は国道からプランテーションを通り、右岸側からアクセスする。途中、Xe Katam 川を渡るため、仮設の橋脚を設置する必要がある。 - 取水堰の上流エリアの Old Nong Hin は貯水池内農地の代替地のため、Nong Mek～Old Nong Hin には現地住民用の道路を配置する。取水堰および取水口の維持管理にはこの道路を利用する。 <p>仮設ヤード</p> <ul style="list-style-type: none"> - 取水堰周辺の仮設ヤードは、Xe Katam 川右岸にコンクリートプラント 1 箇所、Dakprong 川左岸にトンネル工事と取水堰工事に 2 箇所の計 3 箇所配置する予定である。

(5) 水圧鉄管



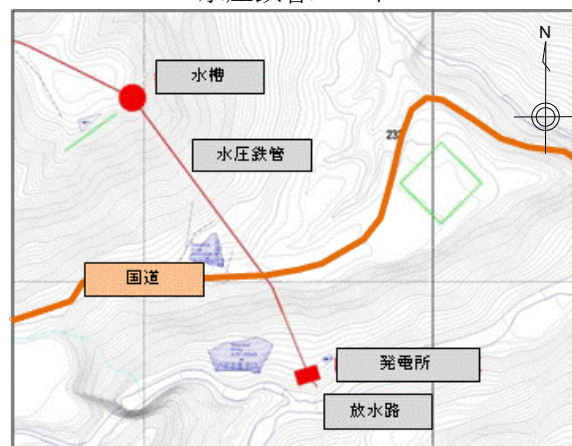
Xe Namnoy 6 発電所建設予定地



水圧鉄管ルート



EL. 480m 付近の巨礫



水圧鉄管

項目	踏査内容
アクセス	水圧鉄管は現在、Ministry of Public Works and Transportation (公共事業省) が整備中の Houaykong - Sekong 方面につながっている国道からアクセスできる。
周辺の土地利用	EL. 470m 付近に 2 車線の国道があり、現在整備工事が進んでいる。
既往調査時からの 現地状況の変化	<p>公道の改修</p> <ul style="list-style-type: none"> 既往調査時点からは国道の整備工事に伴い山側の斜面が掘削され、EL.470m 付近の地形が変化している。 <p>Xe Namnoy 5&6 小水力発電所</p> <ul style="list-style-type: none"> 水槽－水圧鉄管の予定地の西側は Xe Namnoy 川の支流である Houay Mackham 川が流れており、Xe Namnoy5 (5MW)、Xe Namnoy6 (5MW) の 2 地点の小水力発電所が計画されている。2014 年 3 月の第 3 回現地踏査時には従業員用キャンプが建設されており、工事も開始していることが確認された。
本 F/S で実施する 地形・地質調査	既往の地質調査では EL.580m～480m 付近に巨礫を含む崖錐層が確認されている。上述の公道の掘削面においても直径 2m を超える巨礫が多く点在することが確認された。本調査では、この崖錐層の層厚確認を目的としたボーリング P-1 を実施した。
設計に係る検討事項	<p>支台の基礎形式</p> <ul style="list-style-type: none"> 既往調査では、崖錐層における水圧鉄管基礎として、ケーシング施工によるコンクリート

項目	踏査内容
	<p>杭×4本（径1.7m×長さ28m）を採用していたが、地質調査の見直しによりアンカーブロックの直接基礎に変更した。</p> <p>水圧鉄管縦断面図</p> <ul style="list-style-type: none"> - 国道の整備工事と小水力発電所の工事に伴い、既往調査から地形が変化している。特に、小水力発電所のキャンプ等は水圧鉄管の施工に影響を及ぼす可能性がある。
施工上の検討事項	<p>施工</p> <ul style="list-style-type: none"> - EL.370m～EL.450m と EL.520～EL.760m の急勾配の区間はケーブルクレーンを設置して施工する。総延長が1,273.6mと長く、掘削量も多いため工区は3分割して施工する。 <p>工事用道路</p> <ul style="list-style-type: none"> - 工事用道路は国道からEL.500m付近の水圧鉄管ルート中腹に取り付ける。 <p>仮設ヤード・土捨場</p> <ul style="list-style-type: none"> - 水槽近傍に仮設ヤードを設置する。上述の工事用道路付近に土捨場を配置し、廃棄土を処分する。

(6) 発電所



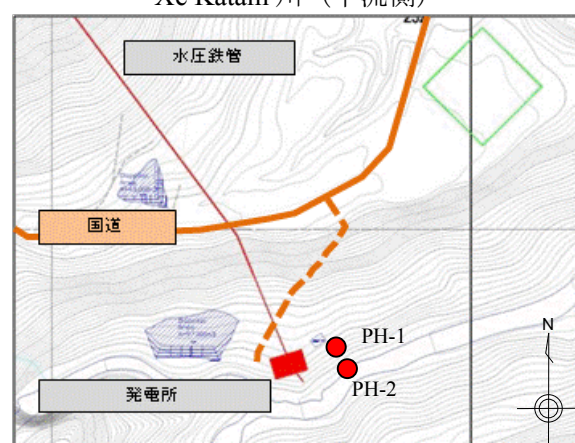
Xe Katam 川（上流側）



Xe Katam 川（下流側）



発電所下流の Xe Namnoy 川



発電所

項目	踏査内容
アクセス	水圧鉄管沿いの国道から約 0.8km の徒歩でアクセス可能である。
周辺の土地利用	特になし。
既往調査時からの 変更点	上流で Xekatom-1&Xe Namnoy2 小水力発電所が開発中である。
本 F/S で実施する 地形・地質調査	発電所基礎の着岩深さを確認するために、ボーリング PH-1、PH-2（20m×2）を実施した。
設計に係る検討事 項	<p>発電所周辺の地形図</p> <ul style="list-style-type: none"> - 発電所は Xe Katam－Xe Namnoy 川の合流部の下流約 50m 地点周辺を予定している。この区間は約 200m の間に急勾配の区間がある。途中、地形図に表れていない沢があり、発電所はこの区間を避ける必要がある。 <p>発電所位置</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2013 年 10 月の第 2 回現地踏査では、TR2009 で予定していた発電所位置で地すべりが確認されたため、発電所位置を変更することになった。変更先の候補としては、TR2009 の位置から約 100m 上流の上流案（FS2005 の発電所位置）と、約 100m 下流案が挙げられたが、比較検討の結果、上流案を採用された。 <p>掘削線</p> <ul style="list-style-type: none"> - 発電所は半地下式（フランシス）が採用された。既往調査のボーリング PB-04 では地表 6m の地点で CM 級が着岩しており、かつ河床と左岸側斜面で砂岩の露頭が確認されており、着岩には問題ない。
施工上の検討事項	<p>施工</p> <ul style="list-style-type: none"> - 発電所の基礎岩盤は良質の砂岩であり、立坑で掘削可能と思われる。放水路周辺の河床掘削は乾期に実施する必要がある、雨季は止水対策が必要となる。 <p>工事用道路</p> <ul style="list-style-type: none"> - 工事用道路は国道から約 2km の道路を取り付ける。 <p>仮設ヤード・土捨場</p> <ul style="list-style-type: none"> - 発電所予定地の西側に仮設ヤードを、東側に土捨場を配置する。

3.4.3 建設資材の調達事情調査



砕石プラント(1)



砕石プラント(2)



砕石プラント近傍の玄武岩の床掘り



Pakse のコンクリート製造工場

セカタム地点における建設資材の調達事情について、国道工事を施工中の国道公社から聞き取り調査を実施した。国道公社は Houaykong 村から約 3km の地点に道路の路盤材用の砕石プラントを設置している。砕石の材料となるロック材は、プラント近傍の原石山で玄武岩を床掘りして採取している。この砕石プラントは 2014 年まで稼働し、道路工事が終了すれば別の地点に移動する予定である。

建設資材	調達状況
ロック材	砂岩、玄武岩を現地で採掘するが、需要が少ないので採掘場は周辺にはない。
砕石 (粗骨材、フィルタ材等)	現地では砕石の需要が少ないので、国道公社が所有するプラント以外は、約 80km 離れた Attapeu に砕石プラントがあるだけで、小規模の建設工事では Pakse から輸送することがほとんどである。 国道公社が所有するプラントで砕石を購入した場合、0 - 40mm で 35USD/m ³ 、40mm-で 15USD/m ³ となる。まとまった数量を購入する場合は割引可能である。
砂(細骨材等)	コンクリート用の細骨材等の砂は周辺で調達ができないので、Pakse 近傍でメコン河の砂を採取して輸送する。Pakse での購入価格は 3.75USD/m ³ で、これに輸送費が計上される。
セメント	タイ産のセメントを Pakse から輸送する。

第4章 設計

第4章 設 計

4.1 発電計画

本章ではセカタム地点の発電計画の最適化として、貯水池運用計画の策定、水車形式の選定、発電規模の最適化を実施する。既往検討におけるセカタム地点の主要諸元を表 4.1-1 に、TR2009 からの変更点の要約を表 4.1-2 に示す。

表 4.1-1 既往検討の主要諸元

項目	年度	出力 (MW)	最大 使用水量 (m/s ³)	有効落差 (m)	年間 発生電力量 (GWh)	電力供給先
JICA	1992	6.0	4.8	162.0	40.0	Rural Electrification
HEC	1995	100.0	25.0	458.0	327.0	EDL
KANSAI F/S2005	2005	60.8	16.0	450.2	380.0	EGAT
KANSAI TR2009	2009	61.6	16.0	455.3	381.0	EGAT/EDL

表 4.1-2 発電計画の最適化検討における主な変更点

項 目	KANSAI TR2009	本調査
貯水池運用 (調整池運用)	運用期間：20 年（1986-2007 年。ただし、 1987、1988、1998 年は除く） 年平均流入量：12.2m ³ /s NWL：911m	運用期間： 26 年 （1985 年- 2014 年 。ただ し 1987、1988、1995、1998 年は除く） 年平均流入量： 12.1m³/s 貯水池 NWL：911m 調整池 NWL：771m
電力供給先	EGAT EDL	EDL
水車形式	縦軸ペルトン	縦軸ペルトン 縦軸フランシス
最大使用水量 (m/s ³)	12, 14, 16, 18, 20m ³ /s	16, 18, 20, 22, 24m³/s

4.1.1 基本レイアウト

セカタム発電所の基本レイアウトは、FS2005 および TR2009 において代替案比較を含めて検討されており、本調査も既往検討で提案されたレイアウトを基に検討を行った。セカタム地点の土木設備の各施設の特徴を表 4.1-3 に示す。

表 4.1-3 各土木設備の概要

項目	ダム水路式	流れ込み式
引水堰	引水堰は副ダムの北西、約 100m 上流に位置し、左岸側に設置した引水路によって Xe Katam 川の水を貯水池に引水する。堰高と堤長はそれぞれ 3.2m と 144.2m で、左岸側に河川維持流量 0.356 m ³ /s を Xe Katam 川に放流するための自動式ゲートを設置する。	当該設備を省略
貯水池とダム	セカタム地点の貯水池は Nam Houng 川のくぼ地に位置している。貯水池周辺は平坦な地形をしており、必要な貯水容量を確保するには主ダムと副ダムが必要になる。ダム高と堤長は主ダムが 41.6m と 449.8m、副ダムが 15.3m、1,313m である。常時満水位 (NWL) は EL. 911.0m、最低水位は 890.5m で、有効貯水容量は約 121 百万 m ³ となる。 ダム形式は地形条件、材料調達、施工性を考慮して、主ダムにロックフィルダム、副ダムに均一型アースフィルダムを選定した。主ダム左岸には仮排水路としてトンネル径 4.5～4.6m、延長 246m の仮排水路トンネルが配置される。本トンネルはダム施工後に閉塞し、放流設備として利用される。副ダムには洪水吐を配置し、洪水時は Xe Katam 川に放流する。	当該設備を省略
取水堰	貯水池から放流された水は Nam Houng 川を流下し、約 5km 下流で Xe Katam 川と合流する。取水堰はダムから約 6km 下流の、河床が緩勾配から急勾配に変化する地点に配置する。セカタム本川に加え、支川の Dakproung 川からも取水するため、取水堰堤体は、尾根を挟んで Xe Katam 川と Dakproung 川の両方に堰を設け、堰上流の開水路で接続する。堰高と堤長は Xe Katam 川が 9.8m と 106.0m、Dakproung 川が 8.5m と 73.0m である。	
導水路トンネル	発電用水は取水堰左岸に設ける取水口から沈砂池を通じて、導水路トンネルに流れ込む。導水路トンネルはルート上、2 箇所の沢を横断するが、これらの地点において土被り 30m を確保できるルートを選定した。地質条件が悪い一部の区間についてはカルバートとした。トンネル延長約 4.9km、トンネル径 3.9m、カルバート延長約 1.0km である。通常時は無圧状態だが、発電所事故等の緊急時においては、水槽での水位上昇分の水圧が被圧する。トンネル支保パターンは、地質状況と水圧に対して安全になるよう設計する。	
水槽	水槽は導水路トンネル末端の尾根が急勾配に変化する直前の平坦な地点に設置する。本調査では余水路省略を採用しているため、水槽に余水路は設置しない。	
水圧鉄管	水圧鉄管ルートは、水槽からラオス国道間の斜面中腹に堆積する崖錐層の横断距離が短くなるルートを選定した。水圧鉄管は直接基礎による露出式を採用し、基礎大支台は 150m、小支台は 18m 間隔で設置する。水圧鉄管の管径と延長はそれぞれ 2.2m、1273.6m とする。ペンストックが国道の下を横断する箇所はボックスカルバートを通す。	
発電所	発電所は Xe Katam 川と Xe Namnoy 川の合流部分から約 200m 下流に設置する。水車形式は縦軸フランシスで、発電所建屋は半地下形式で幅 14.5m、長さ 29.0m、高さ 42.55m とする。開閉所は発電所の上流山側に位置し、発電所で発電した電力は 115kV 送電線によって Pakxong 変電所まで送電される。	

4.1.2 貯水池運用計画

本検討では、TR2009 のレイアウトをベースとして、ダムを有する案とダムを有しない流れ込み式案について検討を行った。貯水池の運用と日調整池の運用モデルについて以下に述べる。

(1) 貯水池運用の水収支モデル

セカタム地点の水収支モデルを図 4.1-1 に示す。セカタム地点は一般的な貯水池式とは異なり、発電用水の取水口をダム地点に設置せず、池下流 6 km 地点に取水堰を設けそこから取水する計画である。

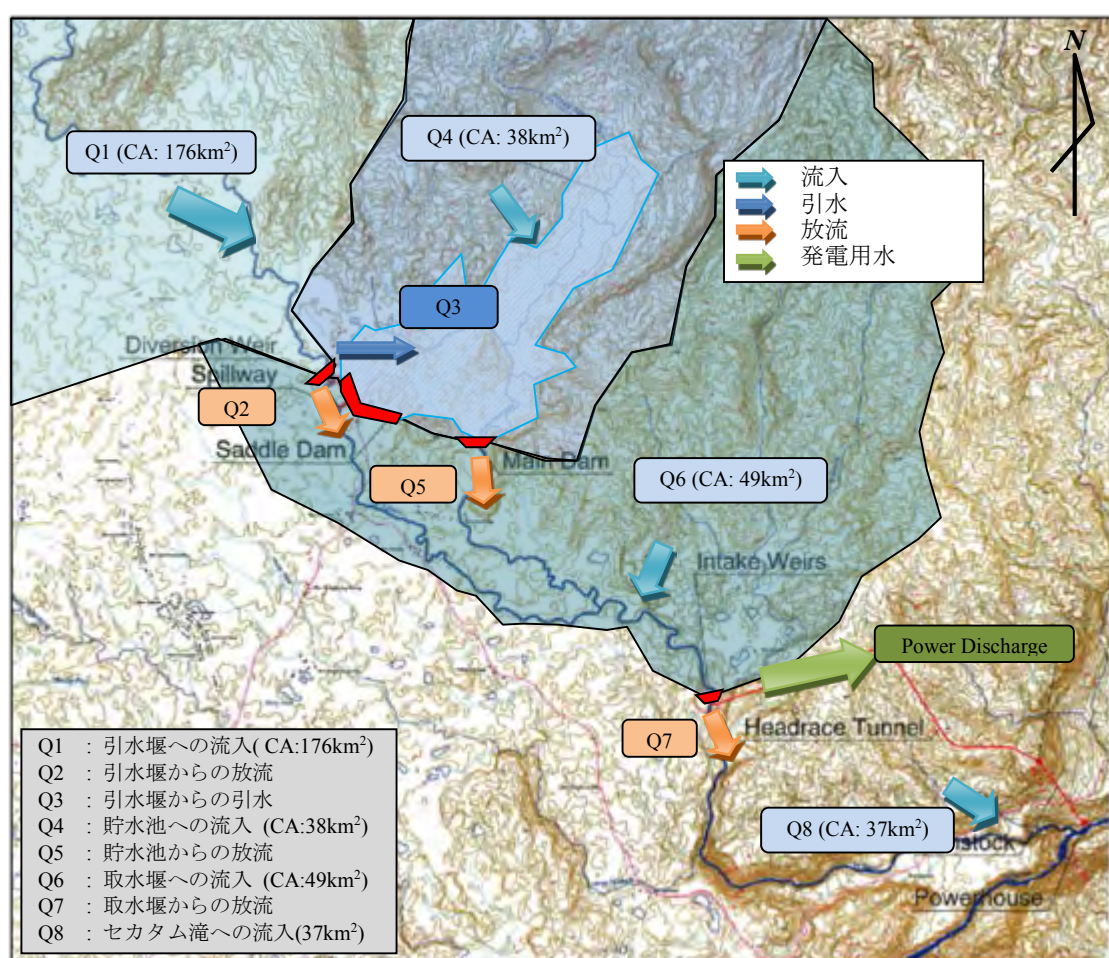


図 4.1-1 貯水池運用の水収支モデル

引水堰では Xe Katam 川上流からの流入水 (Q1) を貯水池へ引水 (Q3) し、貯留する。貯水池の貯留水は発電用水として貯水池下流に放流 (Q5) され、約 6 km 自然河川を下ってから、取水堰にて発電取水される。取水堰にて取水された発電用水は約 5.6 km の導水路と水槽、約 1.3 km の水圧鉄管路を流れて発電所に流れ込む。

貯水池運用の入力条件を表 4.1-4 に示す。

表 4.1-4 貯水池運用の入力条件

項目	入力条件
計画地点への流入量	年間平均流入量 : 12.1m ³ /s 運用期間 : 26 years (1985 – 2014 except 1987, 1988 ,1995 and 1998)
河川維持流量	<p>河川維持流量は環境流量と景観保全のための放流量から構成される。</p> <p>環境流量 : 0.2m³/s/100km² 水生動植物および現地住民の生活に必要な流量</p> <p>景観保全流量 : 0.67m³/s, 8hour per day セカタム滝の景観維持に必要な流量</p>

(2) 日調整池の水収支モデル

日調整池の水収支運用モデルを図 4.1-2 に示す。

流れ込み式案においては、上流に貯水池がないため、河川の水が直接取水堰に流入する (Q1)。取水堰への流入量が最大使用水量を上回る場合、維持流量に加え、流入量と最大使用水量の差分を下流へ放流する。一方、流入量が最大使用水量を下回る場合、日調整池により河川水を貯留し、ピーク運用する。入力条件はダムを有する場合と同様である。

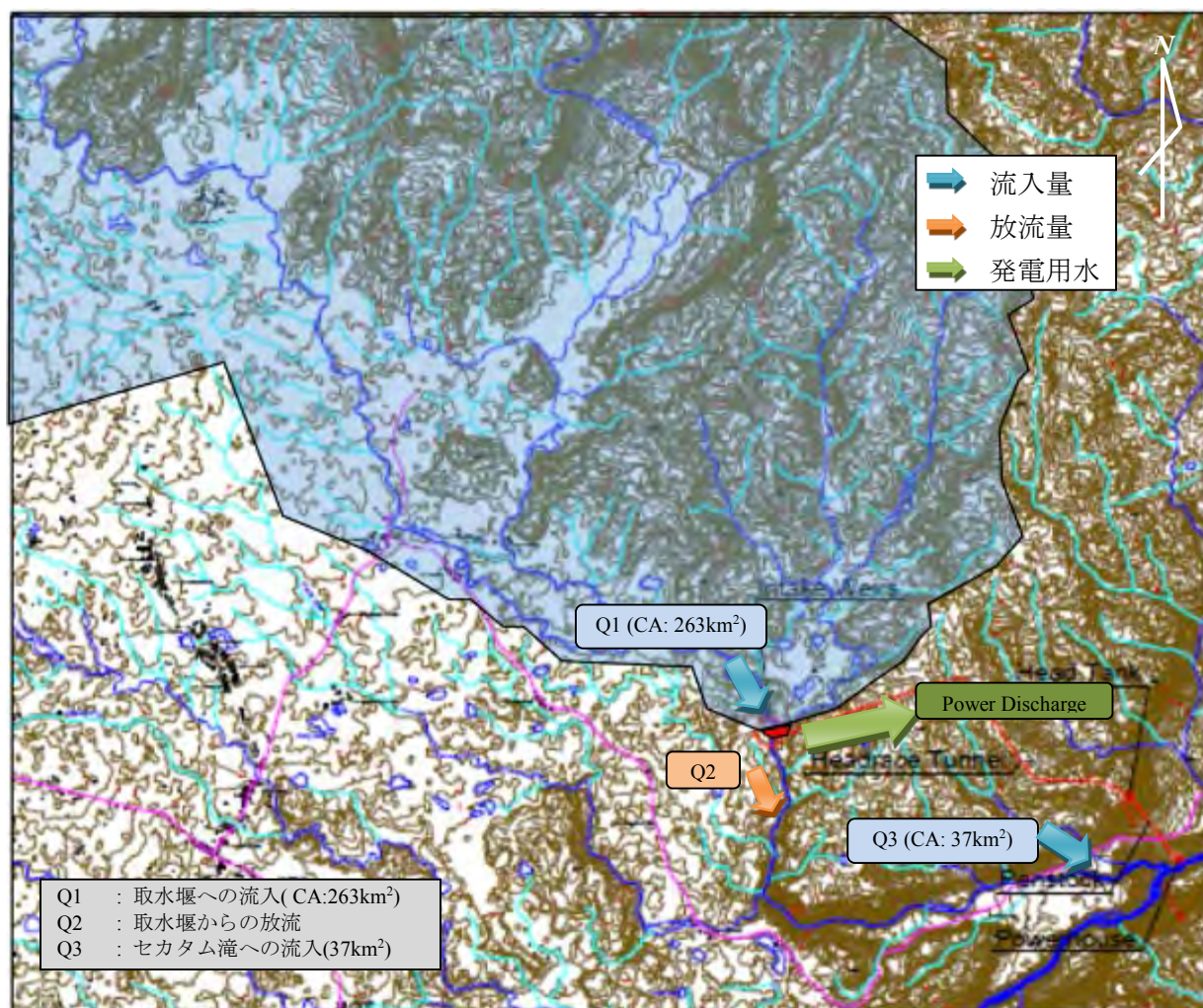


図 4.1-2 日調整池運用の水収支モデル

(3) 発電所運用

当発電所は主にピーク時間帯に発電を行うことから、ピーク時間を6時間とし、貯水池または日調整池に貯留した水を運用する。発電所運用の基本概念を図4.1-3に示す。

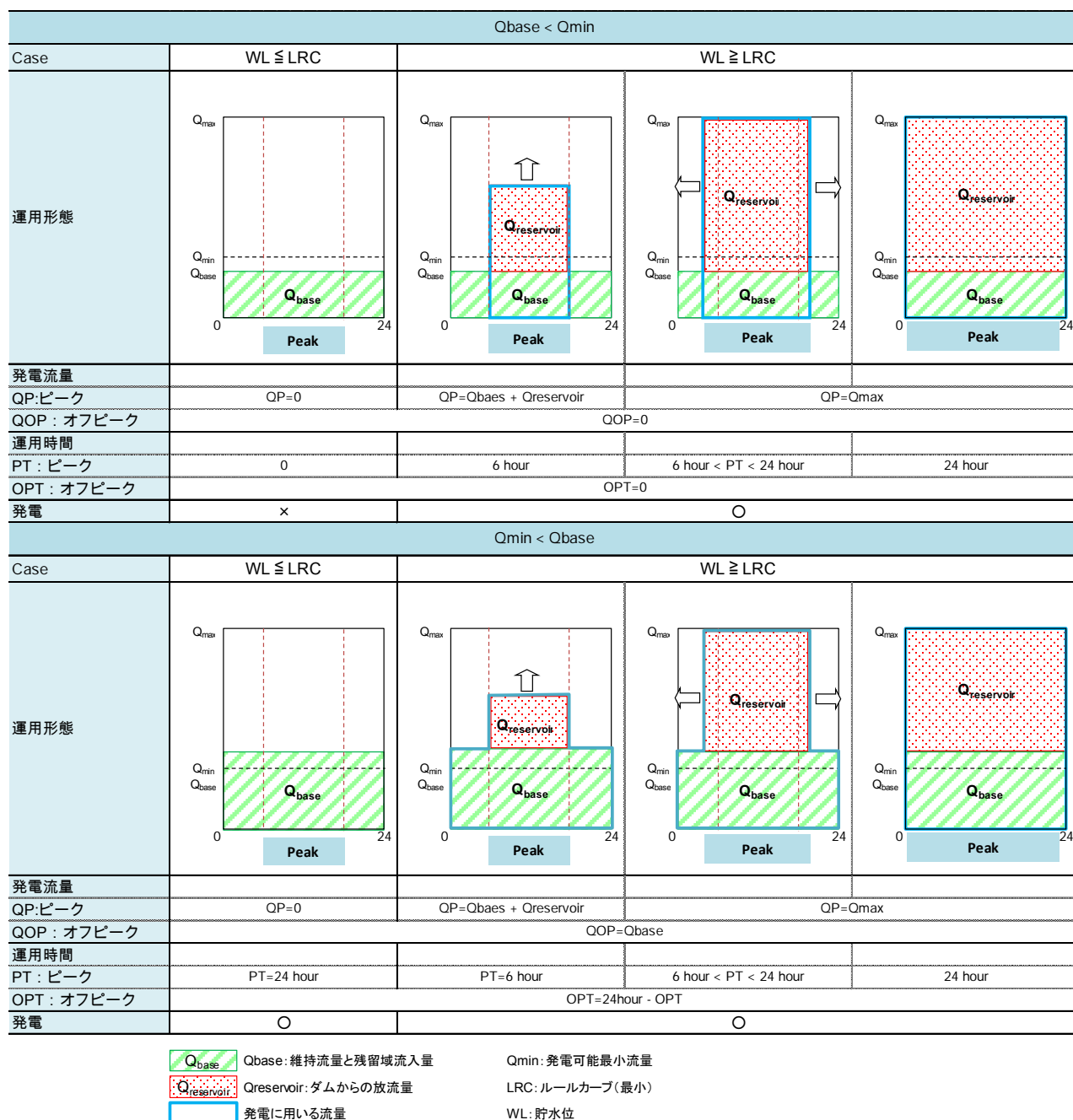


図 4.1-3 発電所運用概念

4.1.3 水車形式の比較検討

(1) 水車形式の概要

既往検討では水車形式として縦軸ペルトン水車のみを検討対象としていたが、昨今の製作・加工技術の向上により、セカタム地点のような高落差においても縦軸フランシス水車の適用が可能となった。本検討では、両水車形式を対象に比較検討を行い、最適な水車形式を選定する。

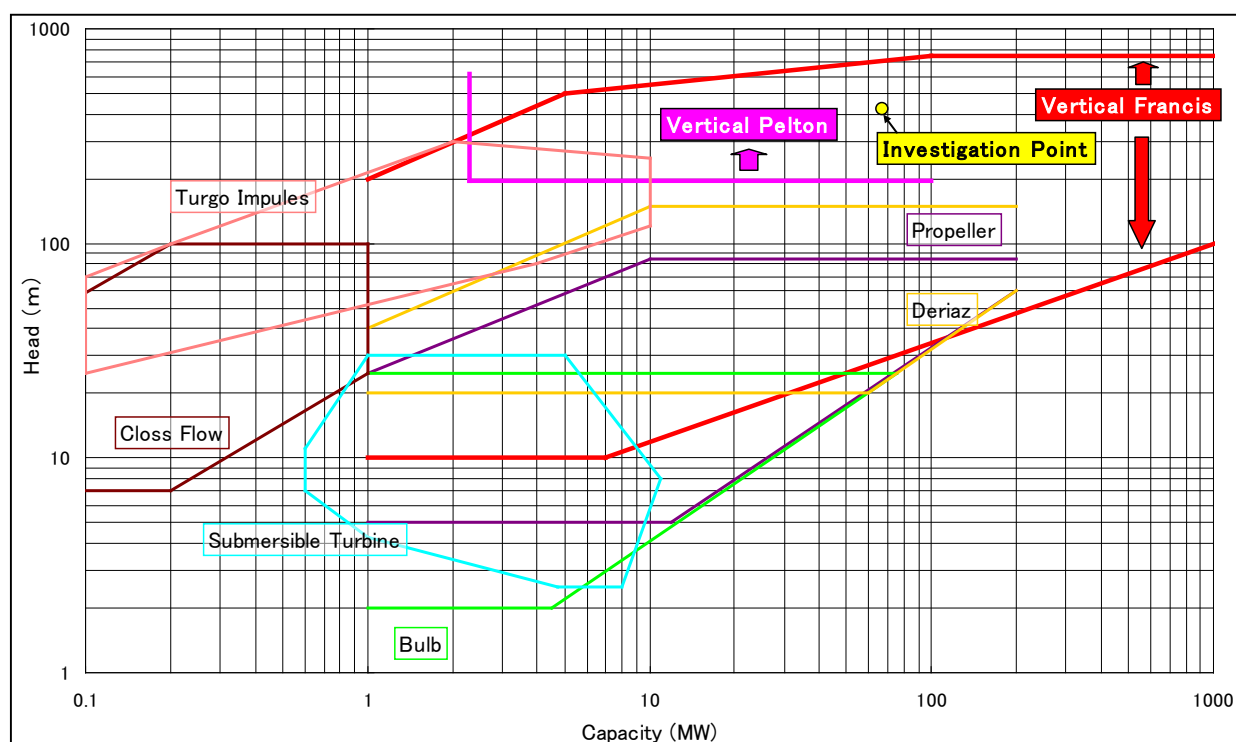


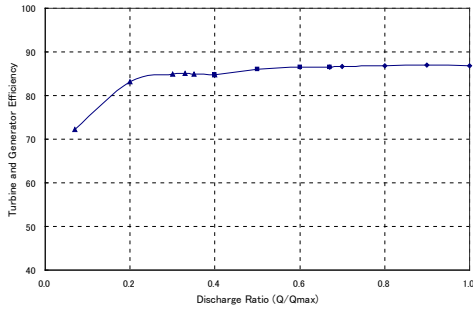
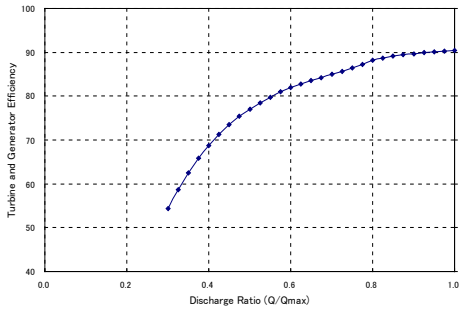


図 4.1-4 水車選定図

表 4.1-5 ペルトン水車とフランシス水車の特徴

水車形式		<p>ペルトン</p> 	<p>フランシス</p> 
出力と発生電力量			
有効落差		○ (455.3m)	◎ (458.0m)
水車発電機効率	最大効率	○ (86.8%)	◎ (90.9%)
	無負荷運転効率	◎ (6.9%)	○ (30.0%)
	使用水量変動による効率低下	◎ 効率低下は小さい	○ 効率低下が大きい
	効率曲線		
工事費			
水車機器		○ 機器費用が高価	◎ 機器費用は安価
発電所建屋		○ 建屋規模が大きい	◎ 建屋規模は小さい
付帯設備 (余水路)		◎ 余水対策は必要ない	○ 余水対策が必要である

(2) 発電所停止時の余水対策

発電所の緊急停止のような事故が生じた場合、ペルトン水車はデフレクタ放流により水車から余水を放流できるが、フランシス水車は余水路等を設置する等、安全に余水処理する対策が必要となる。水槽からの余水対策については以下の 2 案を検討した。

- 1) 水槽に余水路を設置し、余水を河川に放流する。
- 2) 導水路トンネルの一時的な圧力トンネル化による余水路省略

両案の概要を表 4.1-6 に示す。

表 4.1-6 余水対応の概要

検討ケース	(a) 余水路 (ボックスカルバート)	(b) 余水路省略
特 徴		
余水路の有無	有り	無し
余水対応	水槽に余水吐きを設け、ボックスカルバートにて河川に放流して、処理する。	水槽に余水吐きを設けず、緊急遮断時には余水吐きの水位上昇および導水路トンネルの逆流、取水堰からの越水により、処理する。
放流地点	発電所近傍	取水堰から放流
設備対応		
導水路	変更なし(無圧トンネル)	内水圧に対するトンネル支保(圧力トンネル)
水槽	越流堰の設置と越流水位に応じた水槽の嵩上げ	遮断時の水位上昇に応じた水槽の嵩上げ
余水吐水路	水路接続部と水路(ボックスカルバート)	—

(a) 余水路設置案

余水路設置案では、水槽に余水吐を設け水路を通じて余水を直接河川に放流する。放流先については、水槽の北西側にある Houay Mackhan 川（ルート A）と、Xe Namnoy 川の発電所放水口近傍（ルート B）を想定した。ルート A は水路延長が短く有望だったが、2013 年 4 月の現地踏査において、Houay Mackhan 川を利用した Xe Namnoy5（5MW）、Xe Namnoy6（5MW）の開発計画が明らかになり、他プロジェクトに影響を及ぼす可能性のある案は見送ることとした。このため、余水路はルート B を採用し、水圧鉄管に並列してボックスカルバートを配置することとした。

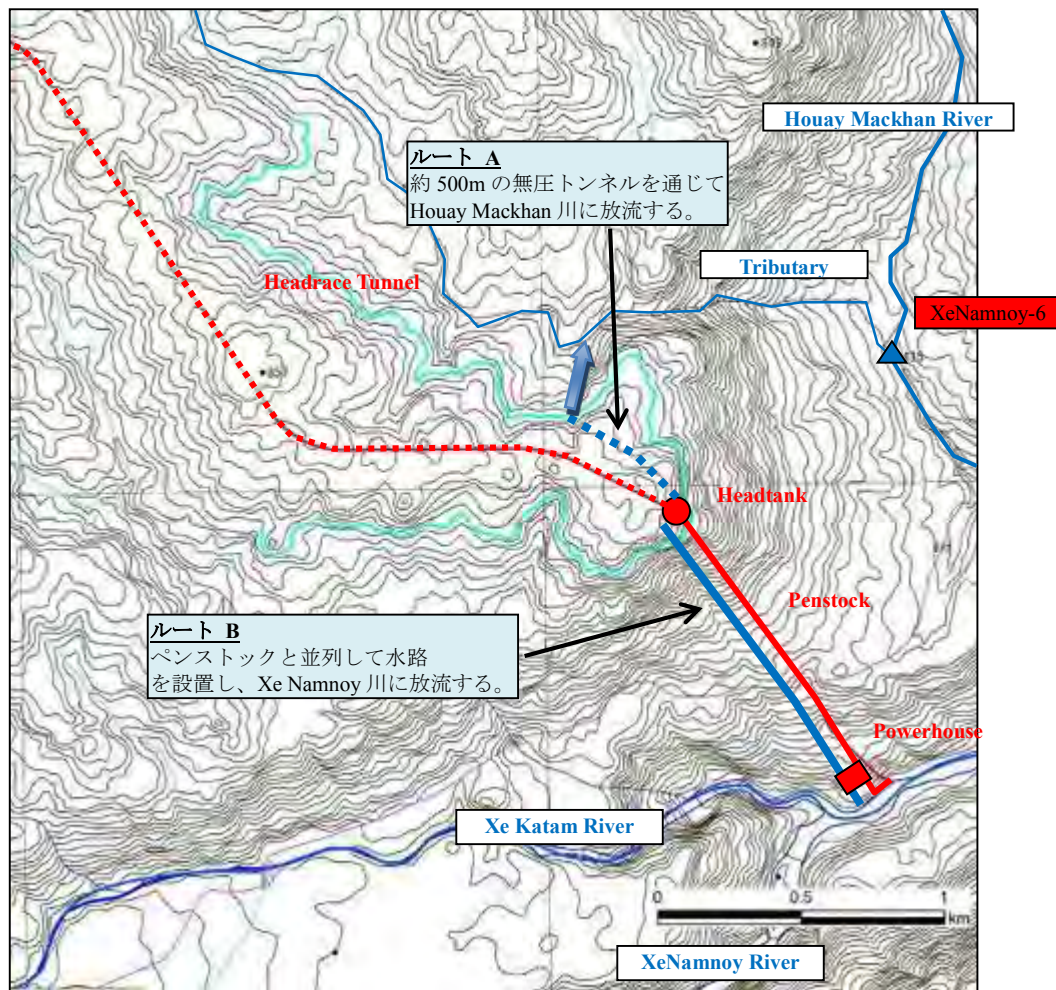


図 4.1-5 余水路ルート案



図 4.1-6 余水路の基本設計

(b) 余水路省略案

通常、負荷遮断により水車が停車した際に水槽に流入する余水は、余水路によって放流する。余水路省略案では、余水は導水路トンネル内を遡上し、最終的に上流の沈砂池水位まで定位させて余水を処理するものであり、日本国内の水力発電所においても導入されている手法である。

本案では導水路トンネルの一時的な被圧によるトンネル補強が必要となるが、余水路を省略することで大幅な工事費削減が見込める。トンネル補強の詳細は第 4.2.4 項で記載する。

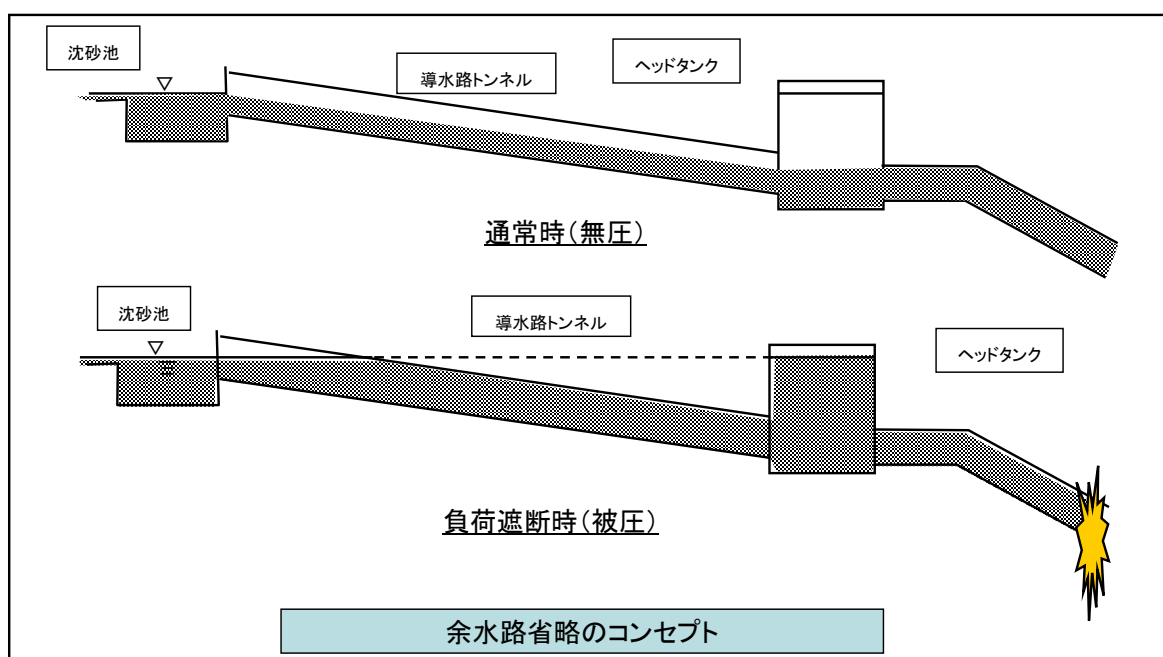


図 4.1-7 余水路省略の概念

(c) 余水対応の比較検討

余水対応の比較検討結果を表 4.1-7 に示す。余水路ルートは非常に急峻な地形に位置しており、地すべりリスクが大きい。導水路トンネルの被圧によるトンネル支保補強は、費用面においても優れており、セカタム地点では余水路省略案を採用する。

表 4.1-7 余水対応の比較検討結果

項 目		(a) 余水路（ボックスカルバート）	(b) 余水路省略
費用		×	○
地形・地質		水圧管路に並行して水路を設置する必要があり、急峻な箇所、地盤状況の悪い箇所を通過する必要があるため、地形・地質リスクは大きい。	悪い地質の区間が想定より増えると、コストが増加する。
放流水		発電所近傍に放流	余水が取水口地点まで到達した場合、取水堰下流へ放流
施工	工期	他の工事と並行して実施できるため、全体工程に影響を与えない。	トンネルの施工期間が長くなるが、全体工程に影響を与える程では無いと想定される。
	工事	上述の地形・地質状況から、困難な工事となることが想定される。	特になし。
総合評価		×	<u>○</u> (採用)

(3) 水車形式の比較検討

水車形式の比較検討はTR2009で採用された以下の条件で年間発生電力量を算出し評価する。
評価には総事業費を年間発生電力量で除した指標である Rgc (Generation cost ratio)を用いた。

貯水池運用 : 表 4.1-4 参照
日運用形態 : 24 時間運用およびピーク運用
最大使用水量 : 16.0m³/s

表 4.1-8 ペルトン水車とフランシス水車の基本諸元

水車形式	出力	有効落差	最大効率	無負荷運転効率
縦軸ペルトン	61,600kW	455.3 m	86.3%	6.9%
縦軸フランシス	64,700kW	458.0 m	90.2%	30.0%

表 4.1-9 ペルトン水車とフランシス水車の比較検討結果

水車形式		縦軸ペルトン	縦軸フランシス
24 時間 運用	年間発生電力量 (GWh)	362.5	<u>358.7</u>
	Rgc	*1.00	<u>0.95</u>
ピーク 運用	年間発生電力量 (GWh)	360.2	<u>373.6</u>
	Rgc	1.01	<u>0.911</u>

* Rgc は縦軸ペルトンの 24 時間運用時を基準値 1.0 とする。

24 時間運用とピーク運用の年間発生電力量を比較すると、最小発電流量が小さく流量変動による発電効率低下が低いペルトン水車は 24 時間運用の方が僅かに発生電力量は大きい。一方、流量変動による発電効率低下が著しいフランシス水車はピーク運用することで、約 4%年間発生電力量が向上している。

表 4.1-9 に示した様に、両形式の比較検討の結果、24 時間運用においては、ペルトン水車の発生電力量がフランシス水車を上回るものの、その差はわずかであり、Rgc は 24 時間運用、ピーク運用共にフランシス水車の評価が高い。以上より、セカタム地点の水車形式としてフランシス水車を選定した。

なお、本検討ではピーク運用と 24 時間運用を比較検討し、水車形式を決定したが、フランシス水車の発電効率特性を考慮すると、ピーク運用とする方が発生電力量の最適化という観点からも望ましい。

4.1.4 土木・電気設備を考慮した最適規模の検討

前項で選定されたフランシス水車に対して、流量毎に Rgc と kW 単価（総事業費/出力）を算出し、セカタム地点の最適な発電所規模を決定する。検討条件を以下に示す。

貯水池（調整池）運用	: 表 4.1-4 参照
水車形式	: 縦軸フランシス水車
最大使用水量	: 16.0, 18.0, 20.0, 22.0, 24.0 m ³ /s
評価基準	: Rgc（ダムを有する場合の 20 m ³ /s を基準とする）
	: kW 単価（ダムを有する場合の 20 m ³ /s を基準とする）

年間発生電力量と経済性評価の計算結果を図 4.1-8、図 4.1-9 に示す。

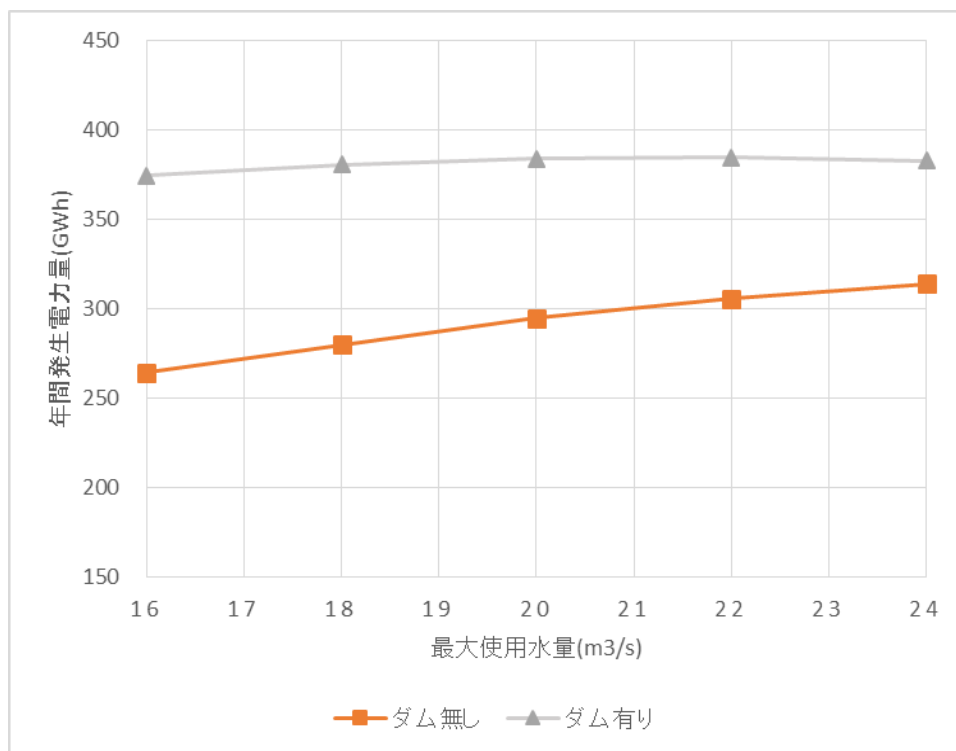


図 4.1-8 年間発生電力量

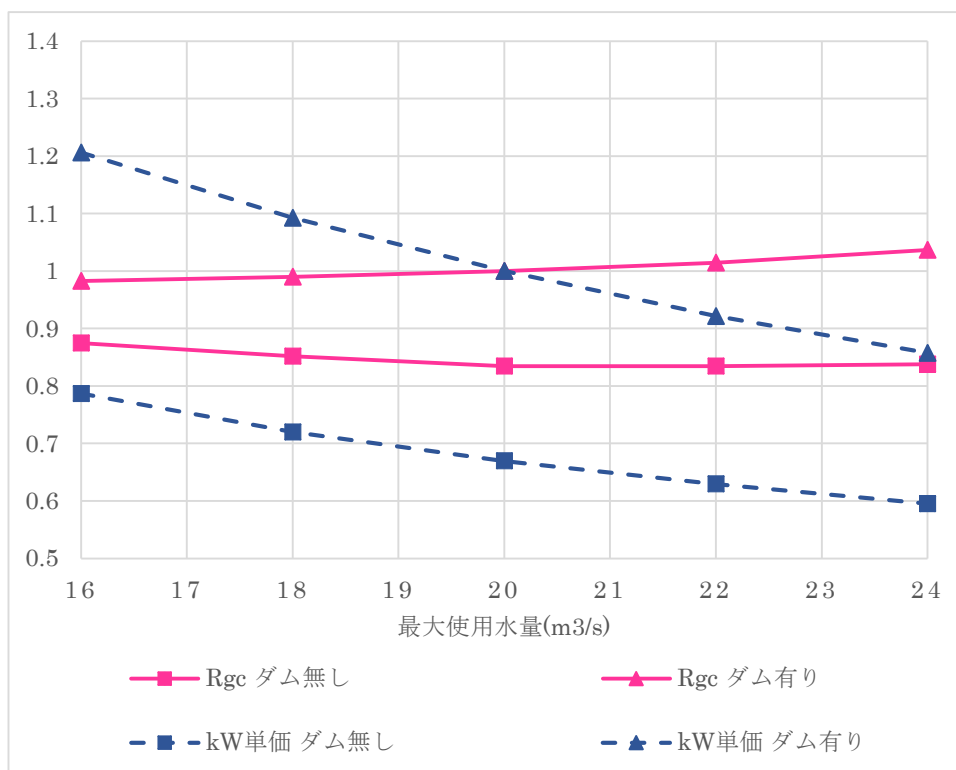


図 4.1-9 経済性評価(Rgc・kW 単価)

ダム水路式では、貯水池の調整能力により乾季にもある程度の発電ができるため、年間発生電力量が流れ込み式案より大きな値を示す。一方、総事業費については、ダム関連設備（引水堰、主ダム、副ダム等）を省略する流れ込み式案の方が、ダム水路式に比べ低い。経済指標である R_{gc} は、ダムを有する場合に比べ流れ込み式案の方が小さい値になる。

以上の結果より、セカタム地点の最適発電規模として、最も経済性が良い流れ込み式案（日調整式）で、最大使用水量 $20\text{m}^3/\text{s}$ を選定した。

表 4.1-10 最大使用水量 $20\text{m}^3/\text{s}$ における両案検討結果比較

ダム水路式	流れ込み式
最大使用水量 : $20\text{m}^3/\text{s}$	最大使用水量 : $20\text{m}^3/\text{s}$
年間発生電力量 : 383GWh	年間発生電力量 : 299GWh
総事業費 : 100%	総事業費 : 64%
R_{gc} : 1.00	R_{gc} : 0.83

有効落差 457m、使用水量 $20\text{m}^3/\text{s}$ 時の水車効率 92.62%及び発電器効率 97.30%であり、定格出力 81MW である。

4.2 土木設備設計

本節では各土木設備の基本設計を実施する。土木設備設計における既往検討からの主な変更点は以下の通りである。

- 地質解析の更新
- 発電形式の変更（貯水池式→日調整式）
- 設計洪水流量と設計洪水水位の更新
- 水車形式の変更（ペルトン→フランシス）
- 最大使用水量の変更（16m³/s→20m³/s）

主要構造物の基本諸元表を以下に示す。

表 4.2-1 主要構造物基本諸元

構造物	項 目	単位	諸 元
取水堰	流域面積	km ²	263
	年平均流入量	m ³ /s	12.1
		mill.m ³	380.3
	ダム形式	-	重力式
	ダム高 [本川]	m	9.8
	堤頂長 [本川]	m	106.0
	ダム高 [支流]	m	8.5
導水路	堤頂長 [支流]	m	73.0
	設計流量	m ³ /s	20
	トンネル長	km	4.9 [負荷遮断時被圧]
	内径	m	3.9 [幌型]
	カルバート長	km	1.0 [負荷遮断時被圧]
	幅	m	3.2
	高さ	m	3.0
水圧鉄管	形式	-	露出管
	鉄管長	m	1,263
	内径	m	2.2
発電所	形式	-	半地下式
	設計洪水量	m ³ /s	2,630
	総落差	m	475.4
	有効落差	m	457
	水車形式	-	フランシス水車
	定格出力	MW	81
	年間発生電力量	GWh	299

4.2.1 取水堰

(1) 位置の選定

取水堰は、Xe Katam 川と Dakproung 川の合流点上流 500m に設置する。この位置には以下の特徴が挙げられる。

- ・ Xe Katam 川の河川勾配が急勾配になる直前に取水堰を設置するため、取水口から発電所までの落差を有効に活用できる。
- ・ 支川である Dakproung 川（流域面積 49 km²）の河水も取水できる。
- ・ Xe Katam 川と Dakproung 川に挟まれた尾根を利用することで、取水堰の堤頂長を短くすることができる。
- ・ Dakproung 川左岸に取水口、沈砂池、ならびに導水路トンネル坑口が付けられる地形・地質（着岩できる）を有している。

堤頂長は Xe Katam 川で 106m、Dakproung 川で 73m である。取水口は Dakproung 川の左岸に設置し、堰堤上流の 2 つの川を隔てる尾根に連絡水路を設けることで Xe Katam 川の流量を Dakproung 川へ導流し Dakproung 川の流量と合わせて取水可能にした。図 4.2-1 に取水堰の平面図を示す。

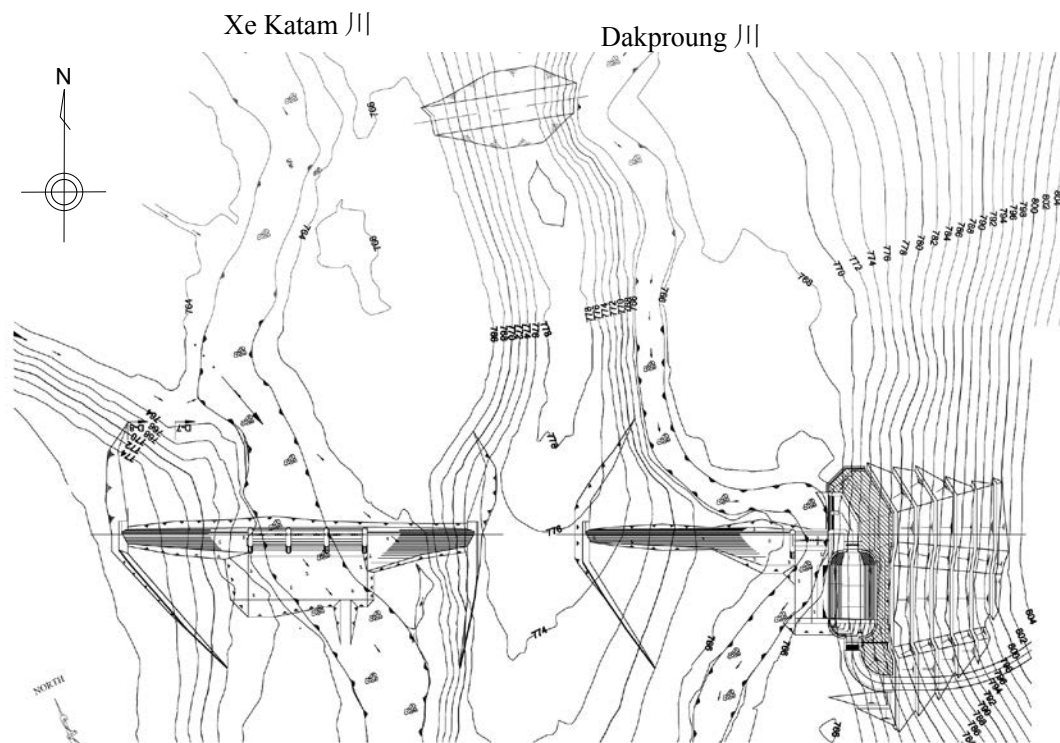


図 4.2-1 取水堰位置図

(2) 取水堰の型式

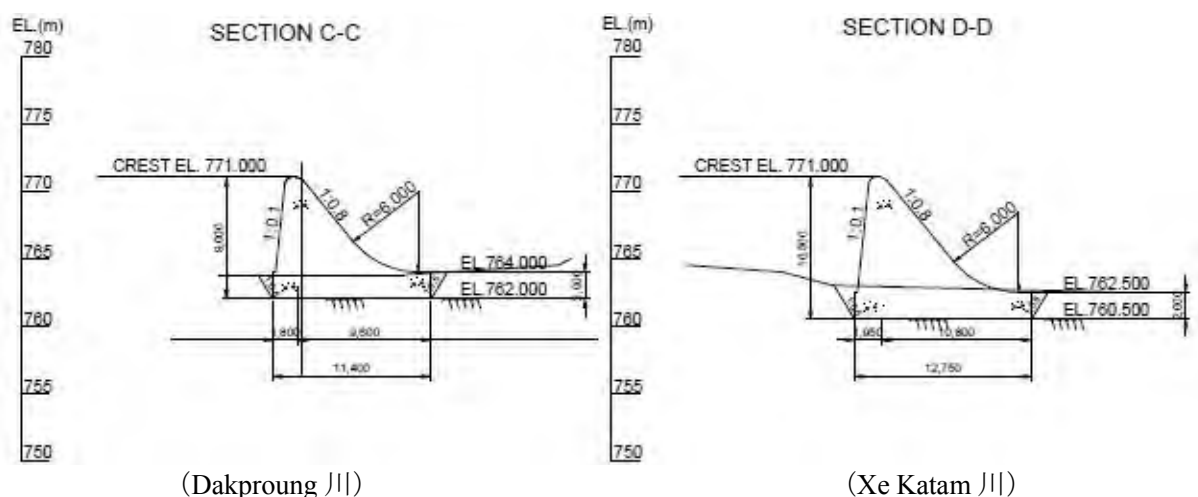
選定した位置では河床に玄武岩の露頭が確認できている。また、両堰堤とも堤高が 8.5m（左岸）、9.8m（右岸）程度と小規模であることから、重力式コンクリートとした。日調整池として運用することから、左岸側に 1 門、右岸側に 3 門の排砂兼洪水吐ゲートを設置する。

(3) 取水堰の基本設計

河床は、Xe Katam 川、Dakproung 川とも硬質な玄武岩が分布し、着岩は 1.0～1.5m 程度と想定されるが、両袖部は風化が深いと想定される。このため、両袖部は 5m 程度を掘り込み、風化層下部にあると想定される岩盤に着岩させるものとする。図 4.2-2 に各堰堤の標準断面図を示す。

取水位および堤長の標高は、常時満水時に Xe Katam 側右岸の浸透性を考慮し、EL. 771m としている。なお、地質状況によっては、グラウトまたは、不透水材置換えによる処理が必要となる。取水堰における設計洪水量は、1000 年確率洪水流量である $890 \text{ m}^3/\text{s}$ とした。

なお、両堰堤の転倒、滑動、地盤支持力に関する検討を実施し安定に問題がないことを確認している。



(4) 付帯設備

第 3.3.4 節で述べたとおり Xe Katam 地点の堆砂量は少ないと想定される。しかし、上流域における将来の土地利用の変化による流入土砂の増加、ならびに運転開始後の保守管理を考慮し、幅 10m、高さ 5.5m の排砂ゲートを Dakproung 川側に 1 門、Xe Katam 川側に 3 門設置する。排砂ゲートの敷高は、流入土砂の堆砂を考慮し取水口の敷高より 1m 低くした。なお、

排砂ゲートは河川維持流量放流設備としても利用される。

4.2.2 取水口

(1) 位置の選定

取水口は図 4.2-3 に示すように Dakproung 川左岸に位置し、同川に設置する堰堤の上流側に隣接する。

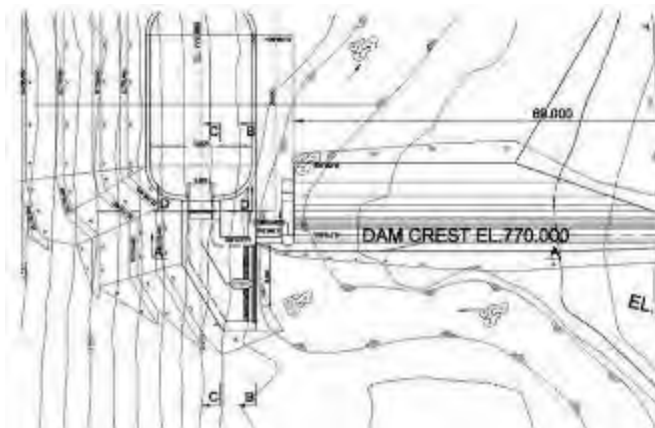


図 4.2-3 取水口位置図

(2) 取水口の基本設計

取水口の形式は、保守が容易で確実な取水が可能な側方取水方式を採用した。取水口地点は風化砂岩で形成されておりその厚さは3～4m程度と想定される。このため、取水口下部は、約3～4mの掘削を行い、風化砂岩下部にあると想定される新鮮な砂岩に着岩させる計画とした。

スクリーンの除塵作業を容易にするためには、流速を1.0m/s程度以下とすることが望ましい。このため、取水口の形状は、高さ6.3m、幅10.0mとし、最大使用水量20 m³/s取水時の流速を0.7m/sに抑えている。なお、敷高はEL. 766mである。図 4.2-4 に取水口の正面図を示す。

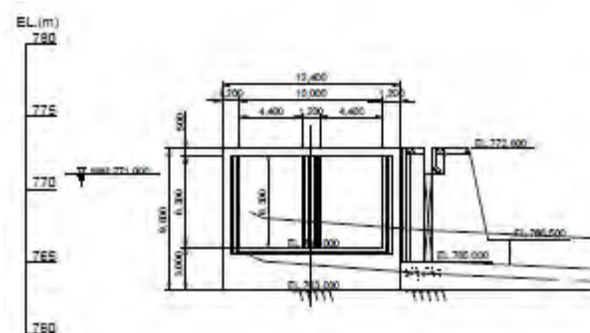


図 4.2-4 取水口正面図

(3) 付帯設備

取水口前面には、沈砂池内への流木、ごみ等の流入防止のため、スクリーンを設置する。また、取水口スクリーンの背面には、発電使用水量の調節、遮断を目的とした、幅3.2m、高さ3.4mの応水制御式取水ゲート1門を設置する。

4.2.3 沈砂池

堆砂については、上流域における将来の土地利用の変化による、流入土砂の増加が懸念される。このため、流入する土砂の導水路内への流入防止を目的とした沈砂池を設置する。

(1) 位置の選定

沈砂池は、取水口の下流に位置し、河川と平行に設置する。これは、沈砂池内に堆積した土砂を堰堤下流に容易に排出できる位置であるとともに、東側斜面の切土量の低減に配慮したものである。図 4.2-5 に平面図および断面図を示す。

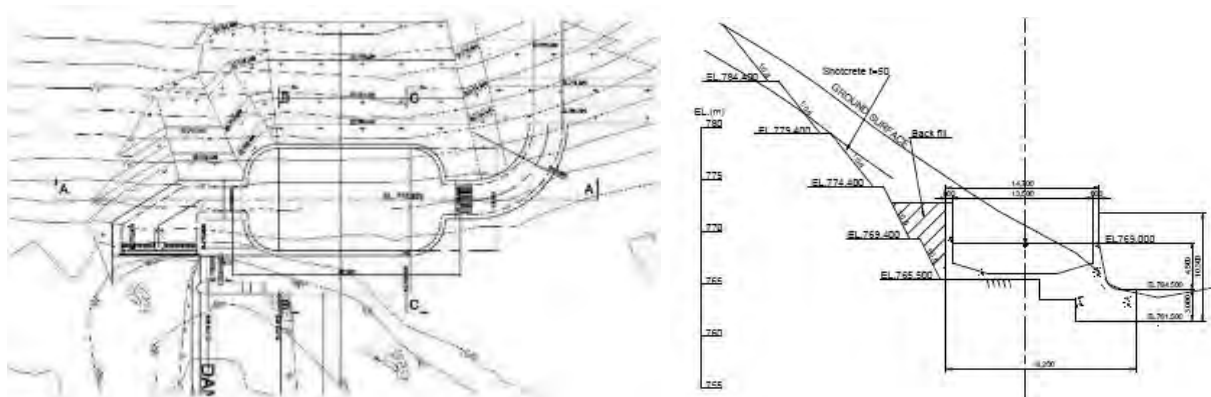


図 4.2-5 沈砂池平面図・断面図

(2) 沈砂池の基本設計

沈砂池は、浮遊土砂を自重によって沈降させることを目的とした設備である。沈降効果を高めるためには、流速を減少させ、流れの乱れを小さくする必要があり、一般的に流速を 0.3m/s 程度とすれば、沈砂効果が高いとされる。また、沈殿させなければならない最も細かい砂粒子の限界沈降速度 (V_g) を通常砂粒径 $d=0.5\sim 1\text{mm}$ に対する値 0.1m/s 程度をとるとされている。このため、形状は幅 13.5m、高さ 5m、長さ 30m とし、沈砂地内の流速を 0.3m/s 程度としている。

$$\begin{aligned} L &\geq (h/V_g) \cdot u \\ &\geq (5/0.1) \cdot 0.3 \\ &\geq 15.0(\text{m}) \end{aligned}$$

- L : 沈砂池の最小所要長(m)
 h : 沈砂池の水深(m)=5m (NWL および排砂可能な沈砂池形状より確定)
 u : 沈砂池内の平均流速(m/s)=0.3m/s
 V_g : 沈殿させなければならない最も細かい砂粒子の限界沈降速度(m/s)=0.1m/s

実際は副流の影響等を考慮して沈砂池の長さは上式で得られる値の 2 倍以上とすることから、 $15\text{m} \times 2 = 30\text{m}$ とする。

$$Q \leq b \cdot h \cdot u \text{ より}$$

$$b \geq Q / (h \cdot u)$$

$$\geq 20.0 / (5 \cdot 0.3)$$

$$\geq 13.3 \div 13.5(\text{m})$$

b : 沈砂池の幅(m)
Q : 最大使用水量(m³/s)=20.0m³/s
h : 沈砂池の水深(m)=5m
u : 沈砂池内の平均流速(m/s)=0.3m/s

(3) 付帯設備

沈砂池内に堆積した土砂を堰堤下流の河川に排出するため、沈砂池の最下流部付近に、幅 1m、高さ 1m の排砂ゲートを設置する。なお、敷高は EL. 765m とする。
導水路との接続部には、取水口スクリーンで除去出来なかった塵芥の導水路への流入防止を目的とした、幅 3.9m、高さ 3.35m のスクリーンを設置する。

4.2.4 導水路

(1) 位置の選定

導水路ルートは取水口の東方向に伸びる尾根沿いに選定した。これは、取水口から約 5.9km に位置する水槽付近の標高が EL. 770m 程度であるため、導水路入口の敷高の EL. 766.335m を考慮した場合に、本ルートであれば取水堰から発電所までの落差を最大限に活かすことができると考えたためである。

(2) 導水路の型式

図 4.2-6 に導水路ルートを示す。導水路ルートでは、取水口より東へ約 1.3km の沢部でボーリング (WB1) を実施しており、表層から 10m 程度は風化砂岩で、その下には堅硬な砂岩層が分布していることが確認されている。地質踏査の結果、被りが十分なルート上では良好な地質分布であると想定されており、導水路にトンネル形式を採用した場合、掘削が容易な砂岩層でのトンネル掘進が期待できる。

導水路のルートは基本的に 30m 以上の土被りが確保できるルートとして設定しており、土被りは最大で 90m 程度となるが、導水路末端部では、土被りが 30m 以下となる箇所が約 870m あり、そのうち 20m 以下となる箇所が約 400m 存在する。一方で、水槽から上流へ約 0.4km の導水路の被りが 20m 程度と被りの薄い箇所 (WB-3) でのボーリング結果からは深度約 32m

程度まで風化によって軟質化した岩盤が確認されている。

土被りが30m以下の区間の地質リスクをできるだけ避けるため、また、伐採の範囲を大きくしない等、環境に与える影響を配慮し、トンネルによる案と、カルバートによる案について比較検討を行った。表 4.2-2 に検討結果を示す。この検討結果より、5.9kmの導水路のうち、4.9kmはトンネル、1.0kmはカルバートとする案を採用する。

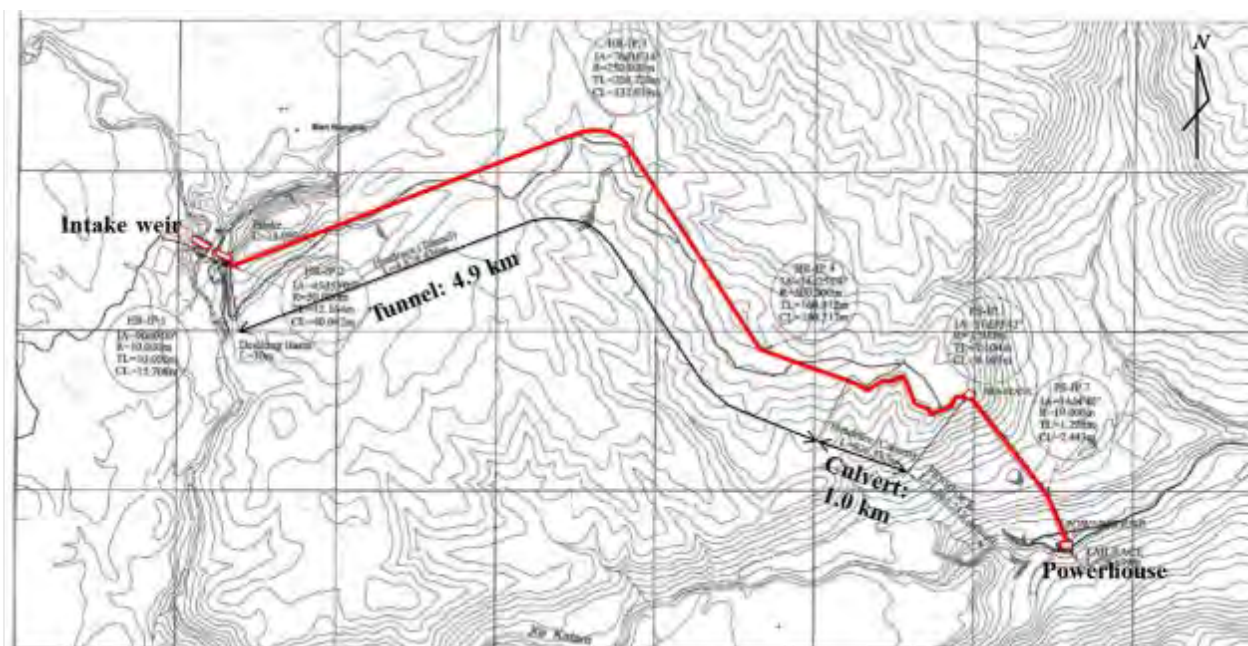


図 4.2-6 導水路ルート図

表 4.2-2 案の比較検討

項目	トンネル案		トンネル+カルバート案	
	諸元	コスト※	諸元	コスト
トンネル	5.6km	1.0	4.9km	0.8
横坑	2箇所	1.0	1箇所	0.5
カルバート	-	-	1.0km	1.0
発生土量	97,000 m ³	1.0	153,000 m ³	1.6
評価	×		○ (採用)	

※全線トンネル案の場合を基準値 1.0 とする

(3) 導水路の基本設計

(a) 標準断面

発電使用水量は最大で $20 \text{ m}^3/\text{s}$ である。トンネルの勾配は $1/1,000$ とし、粗度係数はコンクリート部 0.0125 、コンクリート吹付部 0.025 として、マニング式により流速を算出し、導水路の通水断面積を決定した。

トンネル形状は、水深 85% 、幅 3.90m 、上部半径 1.95m 、下部矩形高 1.95m の幌型断面とした。

カルバートの通水断面積についても、トンネル部同様に勾配を $1/1,000$ 、コンクリートの粗度係数を 0.0125 として決定し、水深 80% 、幅 3.2m 、高さ 3.0m の矩形断面とした。

(b) トンネル支保工

地質が良好な区間は NATM 工法により掘進し、地質状況に応じて吹付コンクリートの厚さおよびロックボルトの本数、長さを適宜変更しながら施工する。Xe Katam 地点では、第 4.1 節で記載した通り、水槽における余水吐を省略したため、導水路トンネルに内水圧が作用することによる導水路断面のトンネル補強を考慮する必要がある。

本水力発電の導水路は常時状態で無圧の開水路となるが、水槽における余水吐を省略した場合、発電機の運転停止により水槽水位が上昇し、唯一の水吐き口である導水路に内水圧がかかることになる。内水圧の最大作用水頭は、沈砂池余水吐での越流水深である EL.770.8m と、導水路出口天端の標高 EL.763.382m から 8m 程度となる。

トンネル支保工の検討では導水路に内水圧が作用する際の、吹付コンクリート (Type A、B、C および C-1) または覆工コンクリート (Type D) の健全性、吹付/覆工コンクリートの必要増厚量、鉄筋が必要な場合の鉄筋量、について検討し各断面における支保工パターンを決定した。骨組み構造解析モデルと内水圧の概念を図 4.2-7 に、導水路トンネルの各断面の仕様を表 4.2-3 に示す。

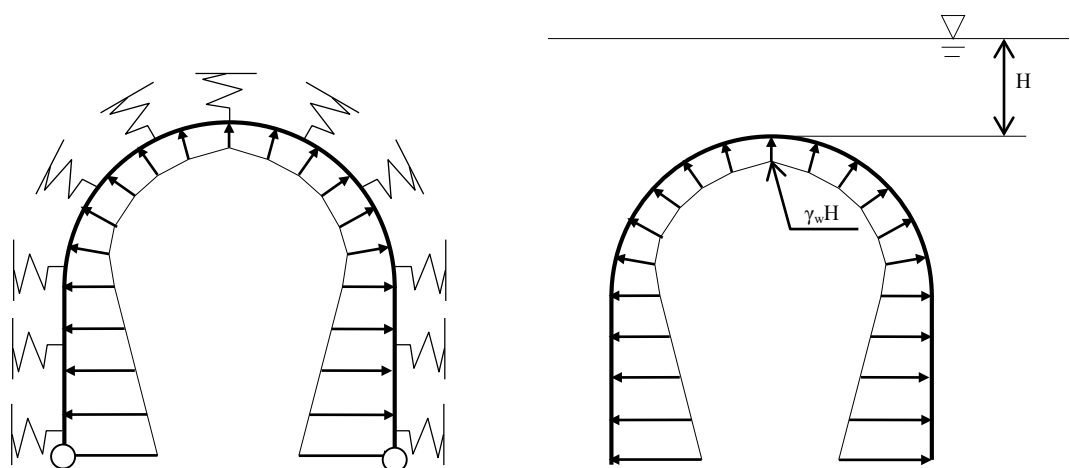


図 4.2-7 骨組構造解析モデルと内水圧

表 4.2-3 導水路トンネル各断面の仕様

支保タイプ (岩級区分)	導水路無圧 (開水路)設計	水槽余水吐省略		支保パターン例
		設計	内水圧条件 H*	
Type A (CH Class) 吹付けコンクリート のみ	吹付けコンクリート厚: 5cm	吹付けコンクリート厚: 5cm	$0\text{m} \leq H \leq 7\text{m}$	
Type B (CM Class) 吹付けコンクリート + ロックボルト	吹付けコンクリート厚: 5cm	吹付けコンクリート厚: 5cm	$0\text{m} \leq H \leq 4\text{m}$	
		吹付けコンクリート厚: 10cm	$4\text{m} < H \leq 7\text{m}$	
Type C (CM-CL Class) 吹付けコンクリート + ロックボルト	吹付けコンクリート厚: 10cm	吹付けコンクリート厚: 10cm	$0\text{m} \leq H \leq 6\text{m}$	
		吹付けコンクリート厚: 15cm	$6\text{m} < H \leq 7\text{m}$	

支保タイプ (岩級区分)	導水路無圧 (開水路)設計	水槽余水吐省略		支保パターン例
		設計	内水圧条件 H*	
Type C-1 (CL Class) 吹付けコンクリート +H 型鋼 +ロックボルト	吹付けコンクリート厚: 10cm	吹付けコンクリート厚: 10cm	$0m \leq H \leq 4m$	
		吹付けコンクリート厚: 15cm	$4m < H \leq 6m$	
		吹付けコンクリート厚: 20cm	$6m < H \leq 7m$	
Type D (D Class) 覆工コンクリート+ H 型鋼	覆工コンクリート厚: 20cm	覆工コンクリート厚: 20cm	$0m \leq H \leq 5m$	
		覆工コンクリート厚: 20cm +鉄筋 2×D16@250	$5m < H \leq 7m$	
カルバート	コンクリート厚:30cm	コンクリート厚:30cm +鉄筋 D25@250	$7m < H \leq 8m$	

*: 内空天端における水頭にて表示

(4) 付帯設備

取水口から約 2.8km の地点に作業横坑を設置する。上流側の作業横坑は工事完了後、導水路との接続部に鋼製の扉を設け、点検通路として利用するほか、トンネル排水時に生じる湧水の排出、ならびに排砂設備として利用する。また、排砂設備付近には、トンネル内への流入土砂、転石等を一時的に貯留する土砂溜めを設けるものとする。

4.2.5 水 槽

(1) 水槽位置の選定

水槽は導水路トンネルの末端部に位置し、導水路トンネルと水圧鉄管を連結する。その位置は水圧鉄管ルートに追従し、東方向に伸びる尾根の末端部の斜面が急勾配に変化する直前の平坦な位置を選定した。

(2) 水槽の基本設計

(a) 水槽位置の地質

水槽の近傍で実施した深さ 5m のテストピット結果（HTP1）によれば、表層 2.5m の軟質な堆積土の下に 0.5m の礫岩層を挟み、それ以下は砂岩の強風化層で形成されている。また、水槽の中心位置でのボーリング（HB-1）によれば、深度 7.0m 以下に硬質な砂岩が現れており、水槽の基礎として問題がないことを確認している。

水槽の底版は地表面から約 20m 下に位置しているため、新鮮な岩盤の出現と十分な支持力が期待できる。

水槽の背面には、20m 程度の高さを有する切り取り法面が生じる。水槽付近の表層土は、軟質な堆積土で形成されているものの、地質構造が概ねフラットと推定できるため、滑り等の心配はないものと推定される。

(b) 水槽の面積

水槽の水面積が使用水量に対して小さ過ぎると、水槽水位が過敏に変化し、水車に作用する水量とのずれを生じるハンティング現象を生じ、発電所の運転に支障が生じる。日本国の新エネルギー財団（NEF）によれば、水槽でのハンティング現象を防止するために必要な水面積は図 4.2-8 を基に算定することとされている。

図 4.2-8 に基づき、必要な水面積を算定した結果を以下に記す。

最大使用水量：20.0m³/s

最大通水量：20.643 m³/s

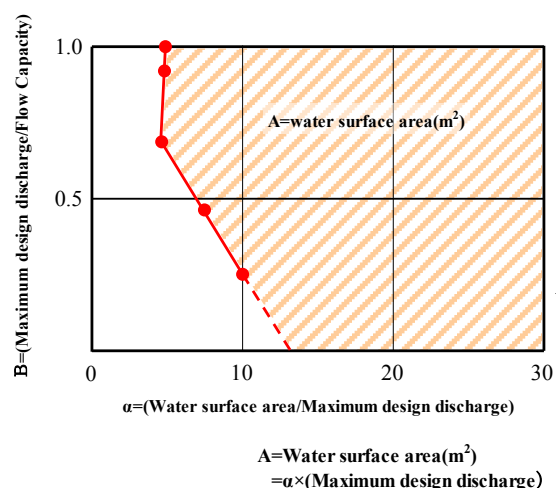


図 4.2-8 水槽の必要面積

これにより、 $B=0.97$ および $\alpha=5.0$ が得られ、必要な水面積は 100.0m^2 となる。この水面積から算出される直径に余裕を加えて、水槽直径を 13m （水面積 116m^2 ）とした。

(c) 水槽の容量

水槽水位と水圧鉄管の管上部に必要な高さは、水圧鉄管への空気混入の防止、水槽内での渦の発生防止のため、一般的に水圧鉄管の直径の 2 倍以上の水深が必要とされる。本設計では水槽水位と水圧鉄管上部の標高差は 5.0m 以上あり、水圧鉄管の管径の 2 倍以上を確保できている。

水槽への水の供給が滞り、水槽内水位の異常低下が発生した場合、水位に応答して発電所の機器が閉塞を開始する。水槽の容量は、閉塞を開始してから完了するまでに水圧鉄管に水が流入し水槽水位が低下しても、水圧鉄管に空気が混入しない容量が必要となる。この必要な容量=非常停止容量は以下によって求められる。

$$\text{非常停止容量} = V_e = 1/2 * T * Q_m = 110 \text{ m}^3$$

ここで T は 閉塞時間として 11 秒、 Q_m は最大使用水量の $20.0\text{m}^3/\text{s}$ である。この容量に対する水槽内の低下水位は 0.95m である。水槽の水位低下に応答し、発電機の非常停止が開始される水位は、一般的に 1.0m 程度とされる。これらに、水位調整運転の範囲 0.3m を考慮し、非常停止時の低下水位は $h=0.95\text{m}+1.0\text{m}+0.3\text{m}=2.25\text{m}$ とした。

水槽水位 $\text{EL. } 762.797\text{m}$ と水圧鉄管始点の管上部における標高 $\text{EL. } 757.282\text{m}$ の標高差は 5.515m であるから非常停止時の低下水位に対し、余裕高さ $h'=3.265\text{m}$ となり、必要な水槽の容量は充分確保できる。図 4.2-9 に非常停止時の低下水位を示す。

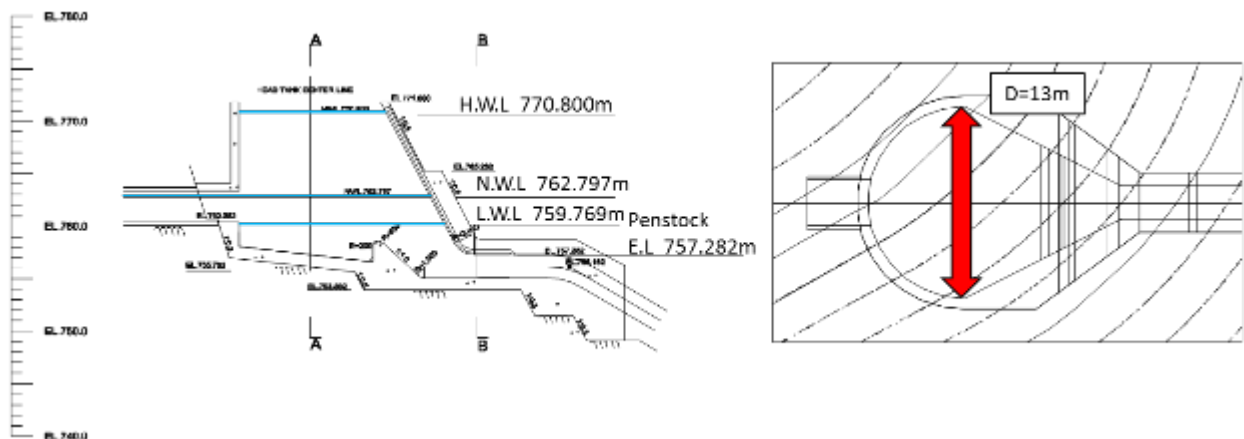


図 4.2-9 非常停止時の低下水位

(3) 付帯設備

水槽内のスクリーンは、取水堰と沈砂池にスクリーンを設置すること、ならびに導水路が全てトンネルであり異物混入の恐れが小さいことから設置しない。取水口からトンネルを経て流入する砂は水圧鉄管の磨耗の原因となることから、これを除去する必要がある。このため、水槽内には潜堤を設置し、流入した砂を貯留するとともに、潜堤の下部に設置される排砂管および排砂バルブを介して水槽外へ排出するものとする。

4.2.6 水圧鉄管

(1) 水圧鉄管のルート

水槽は、導水路トンネル末端部において斜面が急勾配に変化する位置に設ける計画とした。また発電所は Xe Katam 川と Xe Namnoy 川の合流点から下流約 200m に設置する。水槽と水車中心を繋ぐ水圧鉄管ルートはできる限り短い距離で結ぶことが望ましい。しかし、水槽から発電所にかけての斜面の一部には、崖錐堆積物や段丘堆積物が厚く堆積している領域が存在する。特に急斜面においてはこれらの領域をできるだけ短い距離で横断するようルートを選定した。

(2) 水圧鉄管の基本設計

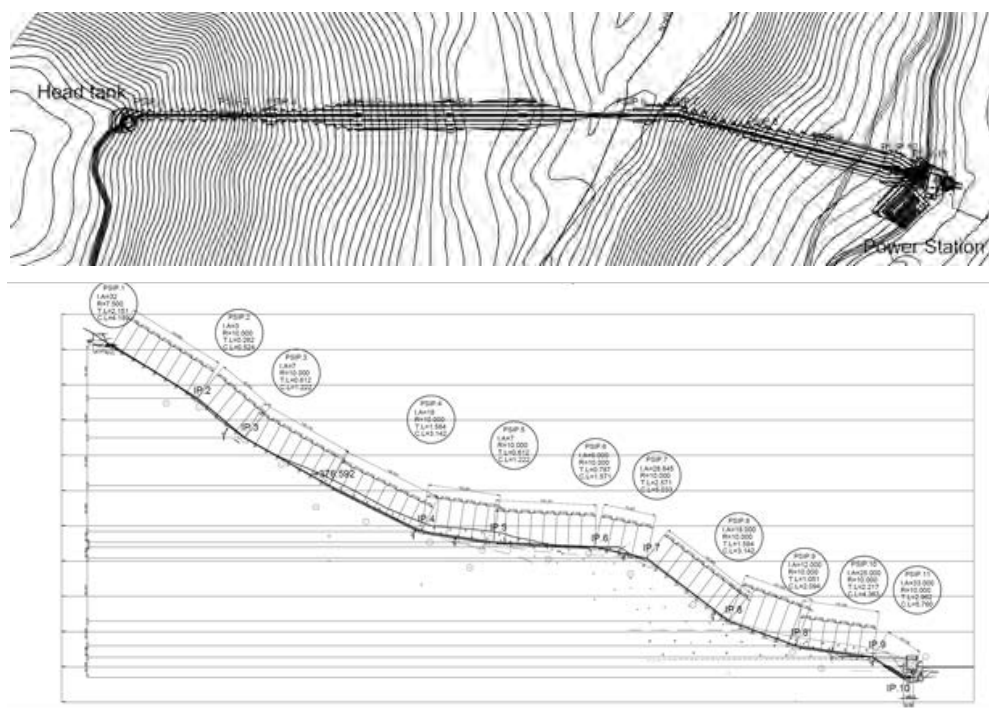


図 4.2-10 水圧鉄管平面図・縦断図

(a) 水圧鉄管の管径の決定

最大使用水量は $20 \text{ m}^3/\text{s}$ とし、各管径毎（1.80m～2.50m）に工事費および有効落差を算出し、経済性の比較検討を行った。この結果、水圧鉄管の内径は 2.2m が最も経済的な管径となった。図 4.2-11 に検討結果を記す。

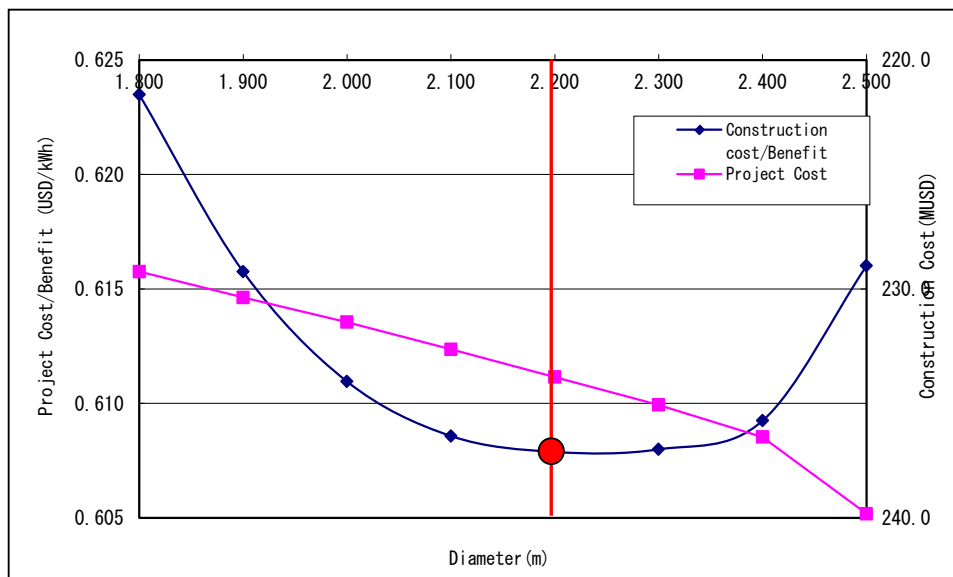


図 4.2-11 最適水圧鉄管径

(b) 最大設計水圧の算定

水圧鉄管の管厚は水圧鉄管に作用する水圧、すなわち静水頭と水撃圧から決定される。Allievi 式から算定される水撃圧と静水圧の 10%の数値を比較し、大きい方を静水頭に加え設計水圧を決定する。

閉塞時間を 13 秒として算定される水撃圧に 20%の余裕を加えて、水撃圧 $h_m=66.4 \text{ m}$ を得る。一方、水槽最高水位と水車中心との標高差から求められる静水頭は 477.4 m である。静水頭の 10%の数値 h_m'' は 47.74 m となる。

以上の結果より、 $h_m > h_m''$ であるため、管厚の算定に用いる最大設計水頭は、水撃圧に静水頭を加えたものを採用する。

$$H = 66.4 + 477.4 \text{ m} = 543.8 \text{ m}$$

(c) 水圧鉄管重量の算定

水圧鉄管に使用する材料は、溶接構造用圧延鋼材（または溶接構造用対候性熱間圧延鋼材）（SM 材）を使用する。水圧鉄管の管厚は、設計水圧が大きくなる水圧鉄管下部に行くに従い厚くなる。この厚さをできるだけ薄くするため、SM400～SM570 を混合して使

用することとした。

最大設計水頭をもとに算出した屈曲点ごとの設計水頭以上の許容水頭を有するよう、水圧鉄管の板厚を決定した。本板厚で算定した水圧鉄管の重量を表 4.2-4 に示す。

表 4.2-4 水圧鉄管の重量

地点	材料	長さ (m)	層厚 (mm)	重量 (t)
Start of penstock～IP-2	SM400	153	8.0	40.2
IP-2～IP-3	SM490	87	13	110.37
IP-3～End of penstock	SM570	1033	13 – 30	1355.40
Total		1263		1505.97

(3) 水圧鉄管の基礎形式

(a) 大支台

大支台は、崖錐層横断部を除き、弾性波探査の結果から推定される基盤に着岩させるものとする。IP2 地点の大支台基礎を図 4.2-12 に示す。

管軸方向の力及び温度変化により水圧鉄管に生じる変位は、大支台直下流に設置する伸縮目地で吸収する。大支台の間隔は、この変位が伸縮目地の許容範囲内に収まる長さとする必要がある。大支台の間隔は 150m 程度が一般的であり、本検討においても大支台間隔が 150m 以下となるよう配置している。

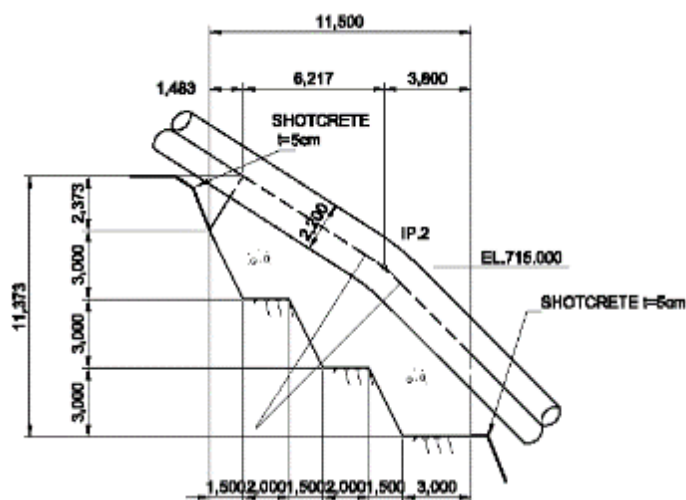


図 4.2-12 水圧鉄管大支台基礎 (IP2)

EL. 470m～520m の約 240m に渡る区間は崖錐が堆積している。既往検討では崖錐区間の基礎形式として、大口径ケーシングによる現場打ちのコンクリート杭を採用していたが、崖錐層には巨礫が点在しておりケーシング貫入が困難となる可能性がある。本調査で新規に実施したボーリング P-1 の標準貫入試験結果では、5m 以深において N=30 が得られており、また、D 級の岩盤の存在が確認できたことから、アンカーブロック設置は可能と考え、基礎形式を杭基礎から直接基礎に変更する。詳細設計前には、事前に調査を行

い、必要に応じて、メカニカルジョイントの設置などにより、別途対策を講じる。

水圧鉄管ルートのうち、EL. 480m から EL. 430m の間の緩径斜面には国道 16A が交差する。水圧鉄管が国道を横断する箇所については、ボックスカルバート内に水圧鉄管を通し、その上を車道とする形式を採用する。

(b) 小支台

小支台は、大支台と同様、崖錐層横断部を除き弾性波探査の結果から推定される基盤に着岩させるものとする。小支台の間隔は施工実績から、18m 以下とする。水圧鉄管小支台基礎の例を図 4.2-13 に示す。

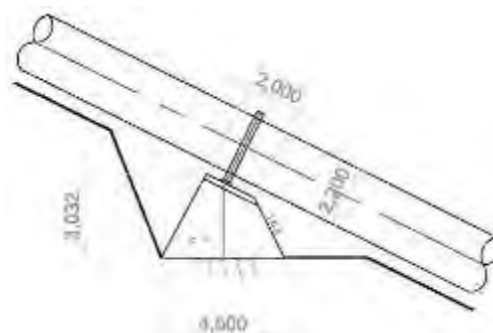


図 4.2-13 水圧鉄管小支台基礎

崖錐層横断部に小支台を設置する場合は、大支台と一体化した連続基礎を採用する。連続基礎とした場合、不等沈下による基礎の損傷や、それに伴う水圧鉄管の変形等がないよう

に、管軸方向の変位の吸収に加え、上下の変位を吸収しうるメカニカルジョイントを採用する。メカニカルジョイントは図 4.2-14 に概念を示す通り水圧鉄管と連続基礎をバネ（地盤反力係数）の上に載せた構造であり、連続基礎に生じる不等沈下や管軸方向の変位を水圧鉄管のヒンジ部（メカニカルジョイント部）で吸収する。

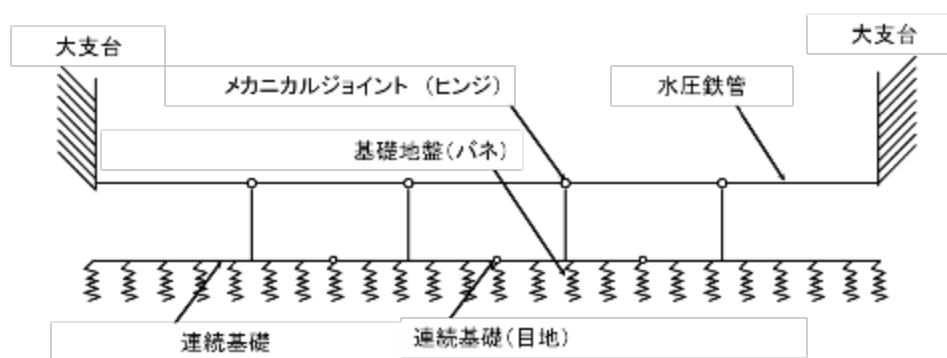


図 4.2-14 メカニカルジョイントの構造概要

4.2.7 発電所・放水路・開閉所

(1) 発電所位置の選定



図 4.2-15 発電所付近の河川状況(2009 年 1 月 16 日撮影)

発電所地点周辺は約 200m の区間に河床勾配が急な区間があり、発電所位置によっては 3.4m 程度の落差を得ることが可能となる。本検討では図 4.2-16 に示す 3 案について比較検討を行った。この結果、TR2009 で発電所位置として採用されていた(2)中間案は現地踏査の際に地すべり地形が確認されたため、発電所地点としては不適と判断した。(1)上流案、(3)下流案について、経済性に大きな差はないものの、(3)下流案は急斜面に位置するため、法面が非常に大きくなり、施工上の法面对策が懸念される。この結果、(1)上流案を発電所地点として選定した。

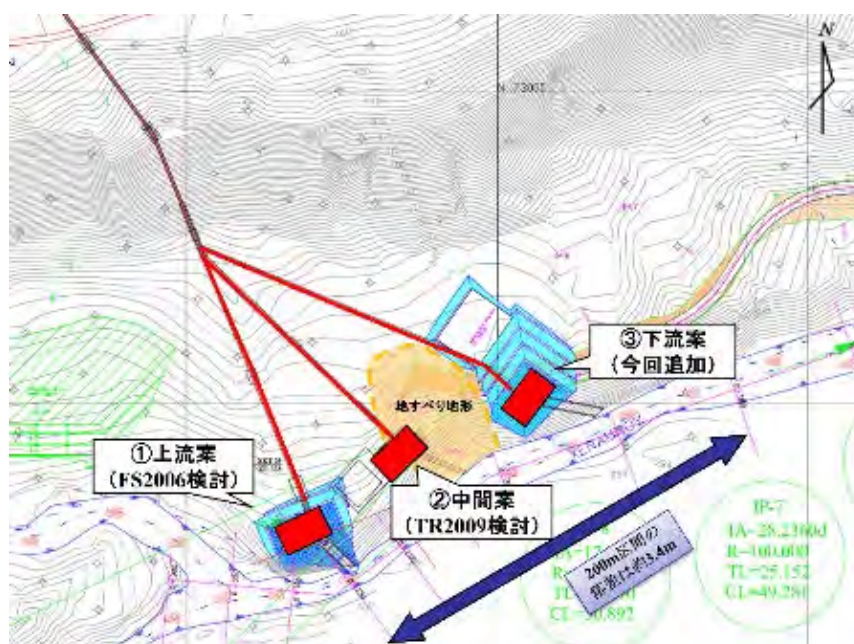


図 4.2-16 発電所位置の選定

(2) 放水位の決定

発電所地点は、全流域（1,093km²）の 7 割が Xe Namnoy 流域に属しているが、Xe Namnoy 流域は実測流量が得られていないため、第 3 章で示したセカナム流域の水文解析の結果を適用する。

放水位および発電所の洪水水位の検討のため、発電所付近 1,000m の区間で実施した河床横断測量および水文解析で得られた洪水流量を基に不等流計算を実施した。なお、下流端における境界条件の水位は、限界水深を適用した。

放水位は $Q=83.2\text{m}^3/\text{s}$ のとき水位 293.6m を得た。これは取水堰（C.A 263km²）における流量が最大使用水量 $Q=20\text{m}^3/\text{s}$ 流れているときの発電所地点（C.A=1,093km²）の流量を流域比換算で算出したものである。設計洪水水位は 1000 年確率洪水流量 $Q=2,630\text{m}^3/\text{s}$ のとき HWL300.0m が得られ、水車中心標高は EL. 286.1m となる。

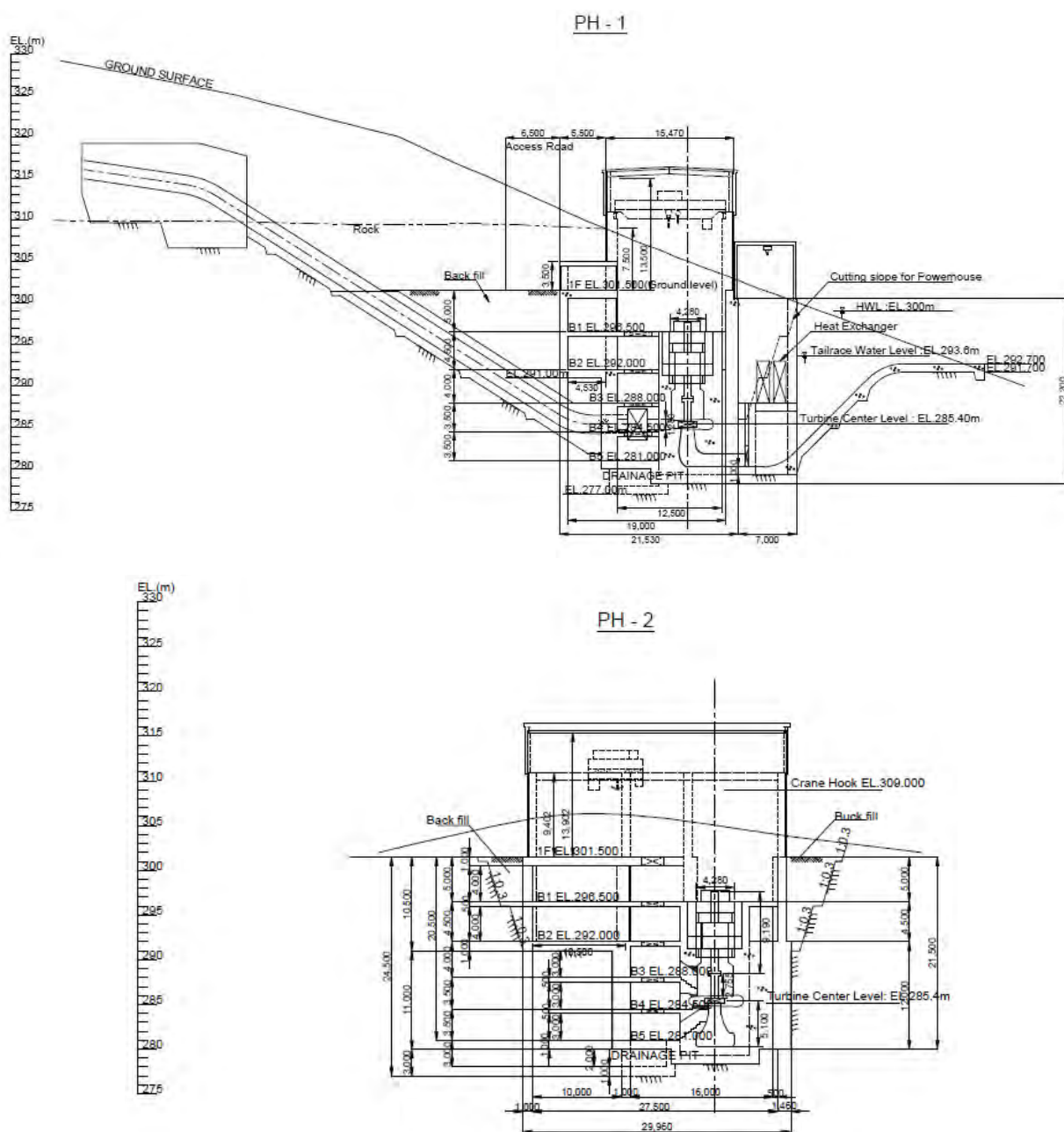
表 4.2-5 発電所地点の不等流計算の結果

再起確率年	Q (m ³ /s)	水位 (EL. m)	特記事項
T.W.L	83.2	293.6	取水堰(C.A 263km ²)における流量が、最大使用水量 $Q=20\text{m}^3/\text{s}$ に相当するときの発電所地点 (C.A=1,093km ²) における流量
2	770	296.4	
100	1,890	298.8	
200	2,100	299.2	
1000	2,630	300.0	本検討における洪水水位とする。

(3) 発電所の基本設計

発電所地点の地盤高さは EL. 308m 程度である。地表踏査結果によればこの付近は段丘堆積物で覆われている。また、FS 時の発電所地点（BP-4）においてボーリングが行われており、深度が 6m 程度までは、段丘堆積物で覆われているもののそれ以深では、硬質な砂岩または泥岩が確認され、発電所前面の河岸には砂岩の露頭も確認されている。

最大出力は 81MW で、この規模から決定される建物規模は長さ 21.5 m × 幅 29.0 m × 高さ 39.5 m である。発電所の平面配置は、水車、発電機の機器配置により決定しており、発電所の地上部の敷地高は EL. 301.5m で設計洪水水位に対して 1m 以上余裕がある。



4 - 34

4.3 電気設備設計

4.3.1 水力機器概略設計

(1) 最大使用水量、有効落差

第 4.1.4 項の最適規模の検討結果等より、最大使用水量および有効落差は、以下の通りである。

- ・ 最大使用水量：20m³/s
- ・ 有効落差 ：457m

(2) 水車の基本諸元

水車の形式は、最大使用水量および有効落差より図 4.3-1 に示す水車選定図から立軸ペルトン水車および立軸フランシス水車の適用が可能であり、第 4.1.3 節 (3)項の検討結果より、立軸フランシス水車を選定する。また、水車の基本諸元を表 4.3-1 に示す。

表 4.3-1 水車の基本諸元

最大使用水量	20m ³ /s
有効落差	457m
種類	フランシス水車
形式	立軸単輪単流渦巻
定格出力	83,100kW
定格回転速度	600min ⁻¹
台数	1 台

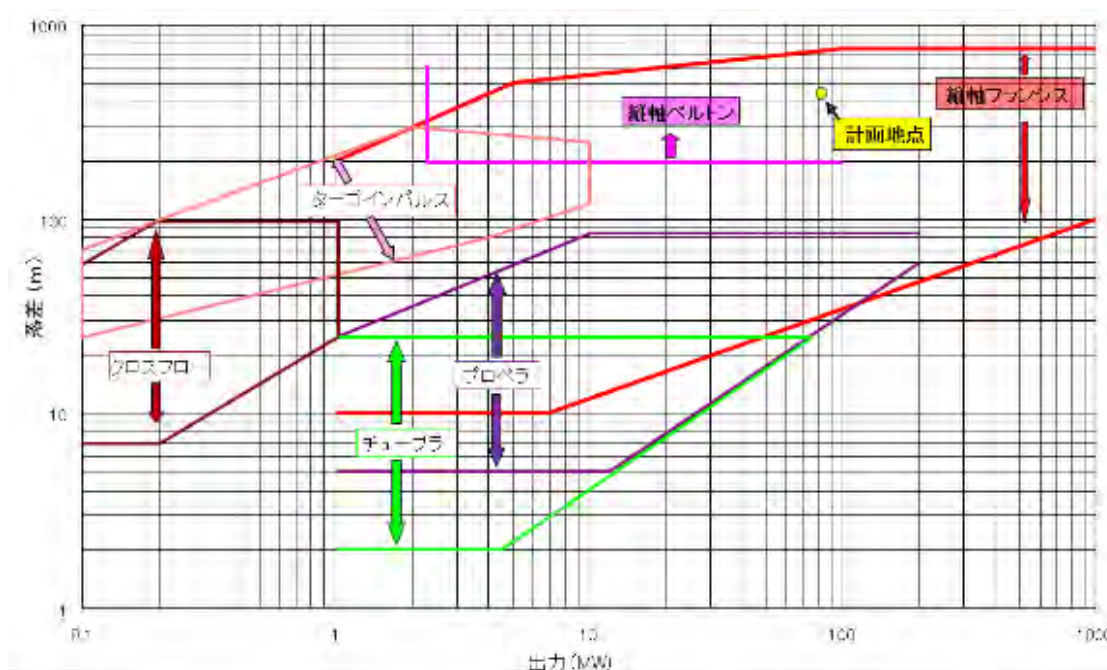


図 4.3-1 水車形式選定図

(3) 発電機の基本諸元

発電機の力率は、ラオス国 Grid Code で定められている 0.85 を採用し、発電機容量を定めた。発電機の形式は、発電機容量および定格回転速度から普通形とする。また、発電機の定格電圧は、発電機容量を考慮し、11kV とする。

発電機の基本諸元を表 4.3-2 に示す。

また、水車発電機の総合効率を図 4.3-2 に示す。

表 4.3-2 発電機の基本諸元

種類	三相交流同期発電機
形式	立軸 普通形
定格容量	95,000kVA(80.75MW)
定格力率	0.85 (遅れ)
定格電圧	11kV
定格周波数	50Hz
定格回転速度	600min ⁻¹
台数	1 台

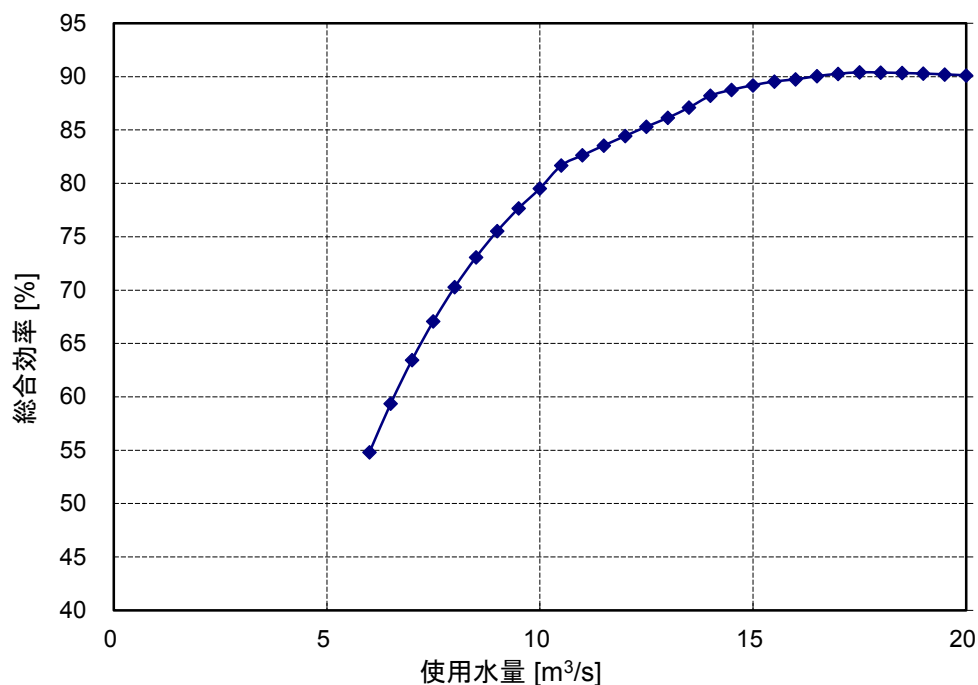


図 4.3-2 水車・発電機の総合効率

(4) 水車・発電機に関するその他設備設計

(a) 入口弁

高落差（400m 超）という観点から、停止中の漏水を少なくし、ガイドベーン等の有害な磨耗を防ぐため入口弁を設置する。入口弁の種類については、最大使用水量、有効落差ならびに漏水量の少なさを勘案し、ロータリー弁を採用する。

(b) 圧油装置

入口弁と調速機の圧油装置は、経済性を考慮し、共用とする。

(c) 給水装置

冷却水の安定供給を実施するため、冷却水配管を閉ループとし、熱交換器を放水口に設置する閉鎖循環方式を採用する。その循環用のポンプについては先行、後行の2台を設置する。

(d) 排水装置

所内排水ピットは発電所建屋の最低位置に設け、建屋および機器の排水ならびに漏水を集めるものとする。また、所内排水ピットには油水分離槽を併設し、発電所の漏油が直接河川へ流出しない構造とする。所内排水ポンプの設置台数は常用として先行、後行の2台および非常用として1台設置する。その非常用ポンプについては、有効落差より適用が可能なジェットポンプを採用する。

4.3.2 電気設備概略設計

(1) 発電所設備

(a) 115kV 主回路の構成

送電電圧は連系先変電所の電圧階級と同様とすべく、発電所併設の開閉所にて発電機電圧 11kV を送電電圧 115kV に昇圧することとし、引き出し回線数は信頼度を考慮して2回線とする。なお、母線は経済性の観点から単母線方式とする。発電所の主回路単線結線図を図 4.3-3 に示す。連系先変電所の選定理由については、第 4.4 節に示す。

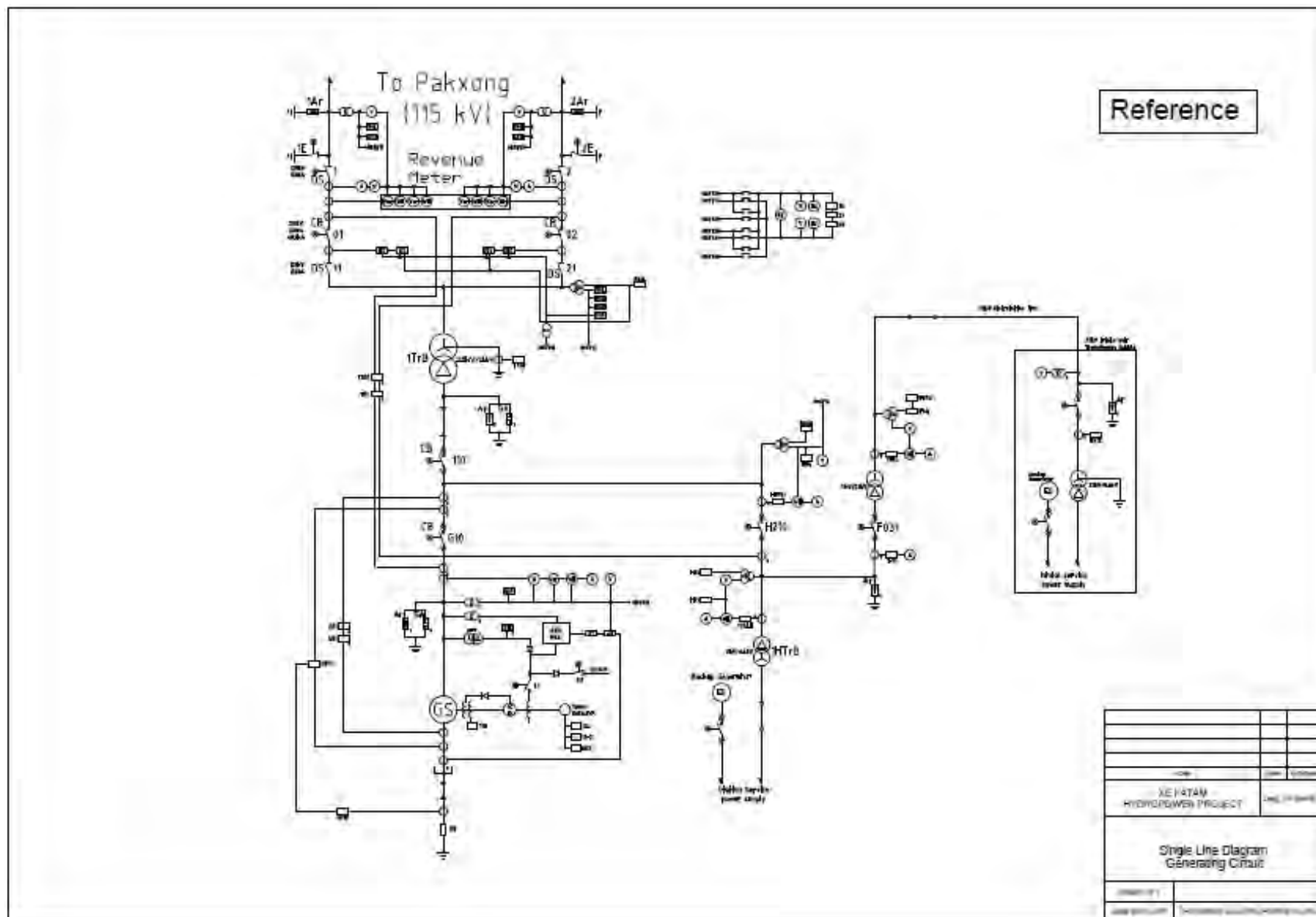


図 4.3-3 発電所の単線結線図

(b) 主要変圧器

主要変圧器の容量は、発電機容量と同容量の 95,000kVA とする。主要変圧器の種類は、単相変圧器に比べて設置スペースのコンパクト化によるコスト低減が期待できる油入三相変圧器とする。主要変圧器の冷却方式は、変圧器容量および冷却効率を考慮し導油風冷式（ODAF）とする。主要変圧器の基本諸元を表 4.3-3 に示す。

表 4.3-3 主要変圧器の基本諸元

形式	屋外用三相導油風冷式
定格容量	95,000kVA
定格電圧	11kV/115kV
結線方式	△-Y 結線
中性点設置方式	直接接地方式
台数	1 台

(c) 115kV 主回路機器

開閉所の 115kV 主回路における主要機器の基本諸元を表 4.3-4 に示す。

表 4.3-4 115kV 主回路主要機器（開閉所）

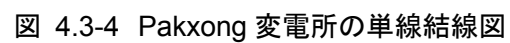
機器名称	数量	仕様
しゃ断器	2 セット	定格電圧 : 123kV 定格電流 : 1,600A 定格遮断電流 : 40kA
断路器 (接地機構付き)	2 セット	定格電圧 : 123kV 定格電流 : 1,600A
断路器 (接地機構なし)	2 セット	定格電圧 : 123kV 定格電流 : 1,600A

(2) Pakxong 変電所

連系先である Pakxong 変電所に関する設備設計概要を以下に示す。

(a) 115kV 主回路の構成

Pakxong 変電所には Xeset 2 発電所および Jiangxai 変電所向けの 115kV 送電線引き込みベイがあるため、発電所向け送電線引き込みベイの構成は既存設備に合わせて構成することとする。なお、母線については既存設備を拡張する。Pakxong 変電所の主回路単線結線図を図 4.3.4 に示す。



(b) 115kV 主回路機器

Pakxong 変電所の 115kV 主回路における主要機器の基本諸元を表 4.3-5 に示す。

表 4.3-5 115kV 主回路主要機器(Pakxong 変電所)

機器名称	数量	仕様
しゃ断器	2 セット	定格電圧 : 123kV 定格電流 : 1,600A 定格遮断電流 : 40kA
断路器 (接地機構付き)	2 セット	定格電圧 : 123kV 定格電流 : 1,600A
断路器 (接地機構なし)	4 セット	定格電圧 : 123kV 定格電流 : 1,600A

4.3.3 機器配置図

発電所の形式は、水車形式が立軸機であること、また水車中心標高 EL.285.4m、発電所敷地標高 EL.300.0m 以上を考慮し、地上 1 階、地下 5 階の半地下式発電所とする。

(1) 発電所建屋および開閉所の機器配置図

発電所建屋および開閉所の機器配置図をそれぞれ図 4.3-5、図 4.3-6 に示す。

(2) 変電所の機器配置図

Pakxong 変電所の機器配置図を図 4.3-7 に示す。

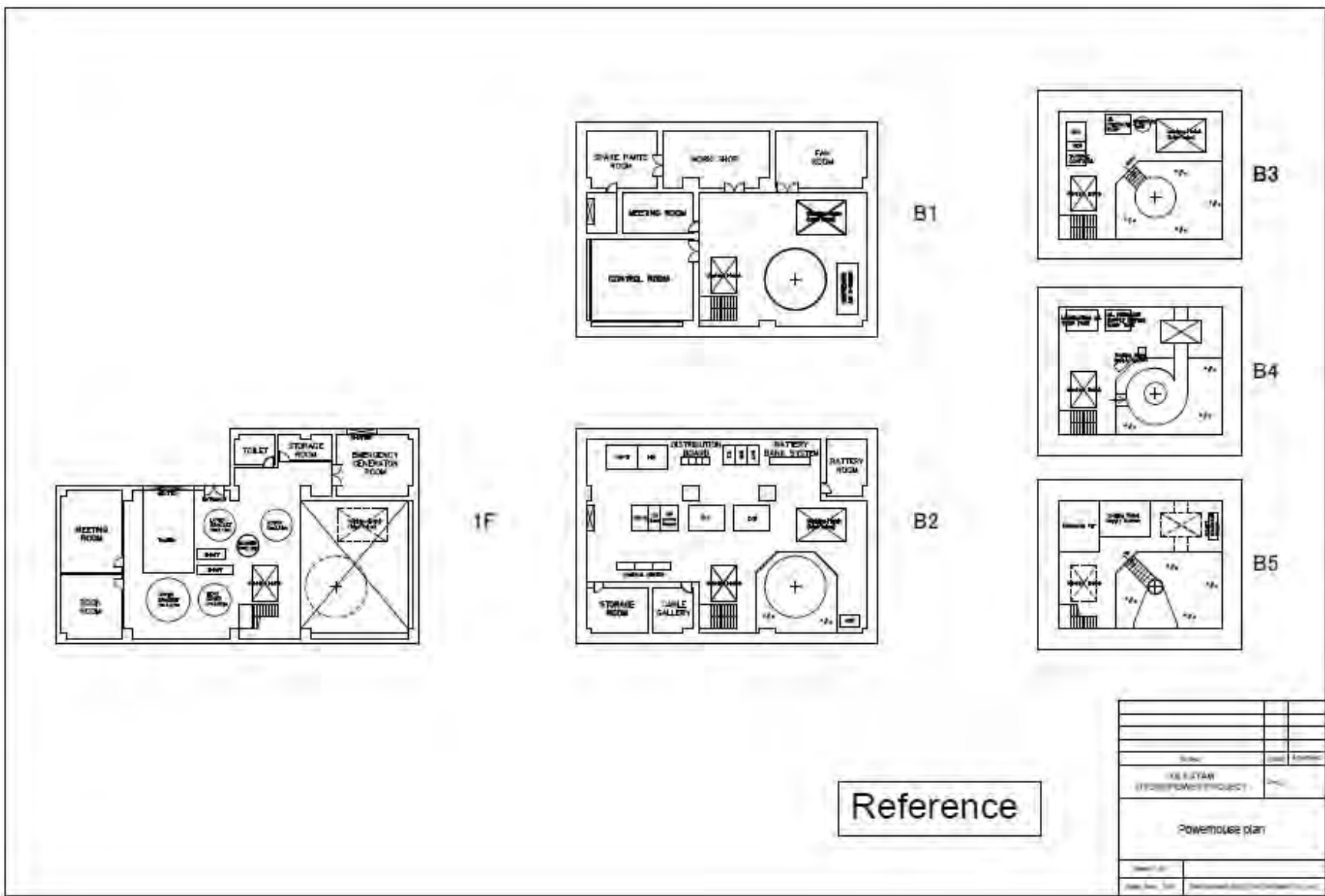


図 4.3-5 発電所建屋の機器配置図

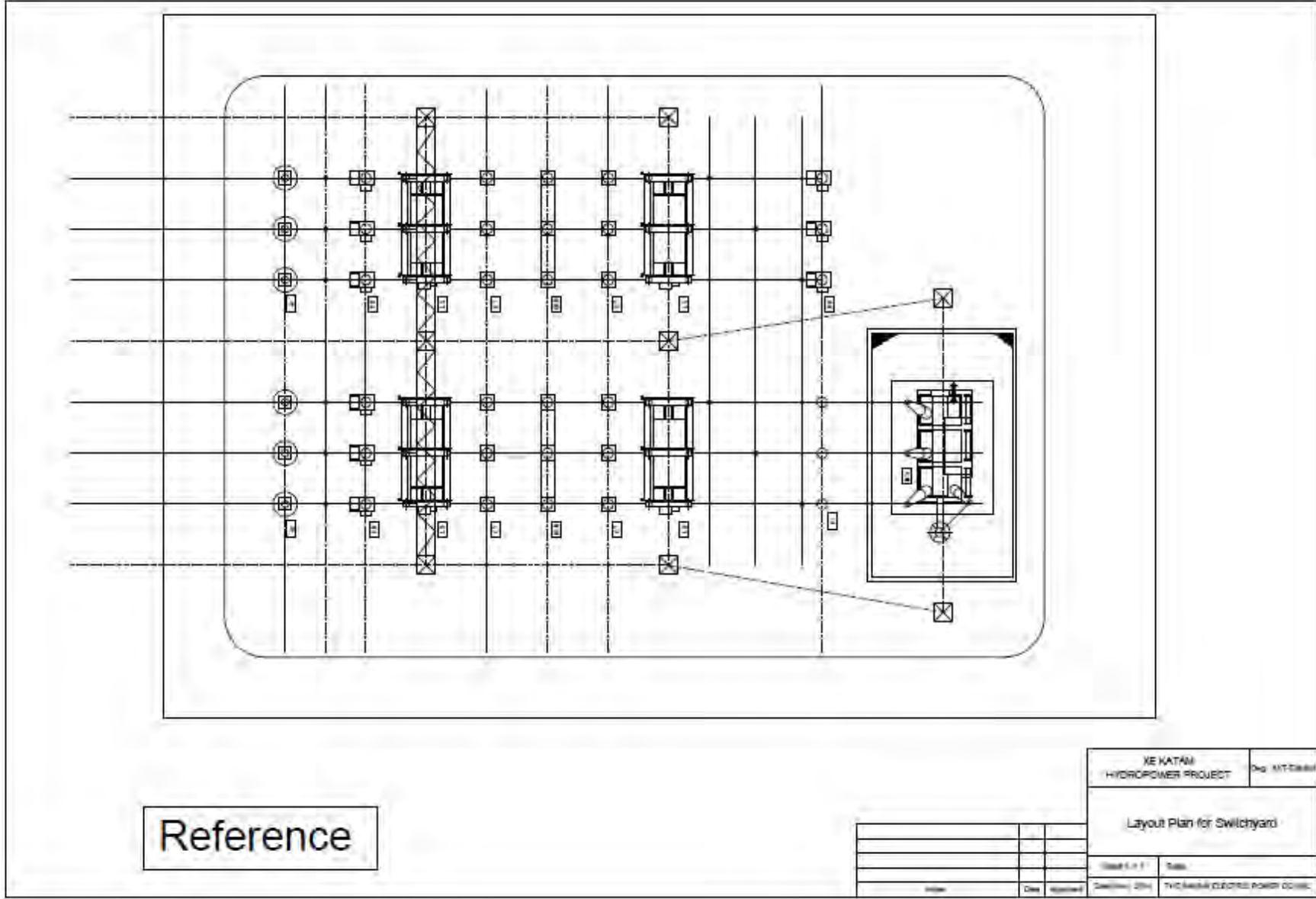


図 4.3-6 開閉所の機器配置図

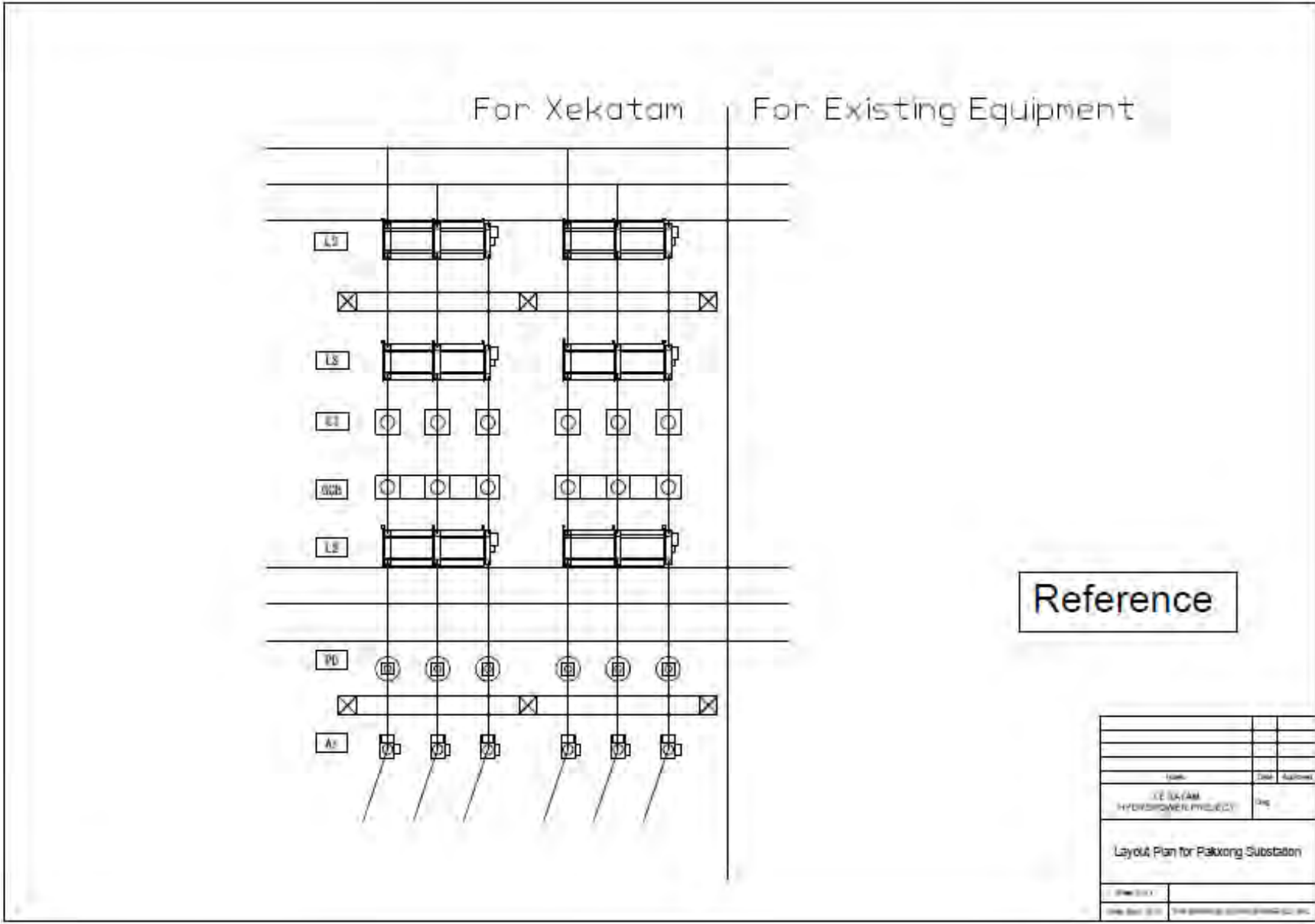


図 4.3-7 Pakxong 変電所の機器配置図

4.4 系統計画

4.4.1 連系点の選定

セカタム発電所は、EDL 向けの電力供給発電所であるため、ラオス国内に電気を供給している系統に連系する。また、将来 2 回線を引き込むための予備スペースがあるため変電所の敷地を増設する必要がなく、セカタム発電所の予定地からの距離も他の変電所より近い Pakxong 変電所をセカタム発電所を連系させる変電所とする。図 4.4-1 に 2013 年 5 月時点におけるセカタム発電所地点周辺の系統および将来計画を示す。

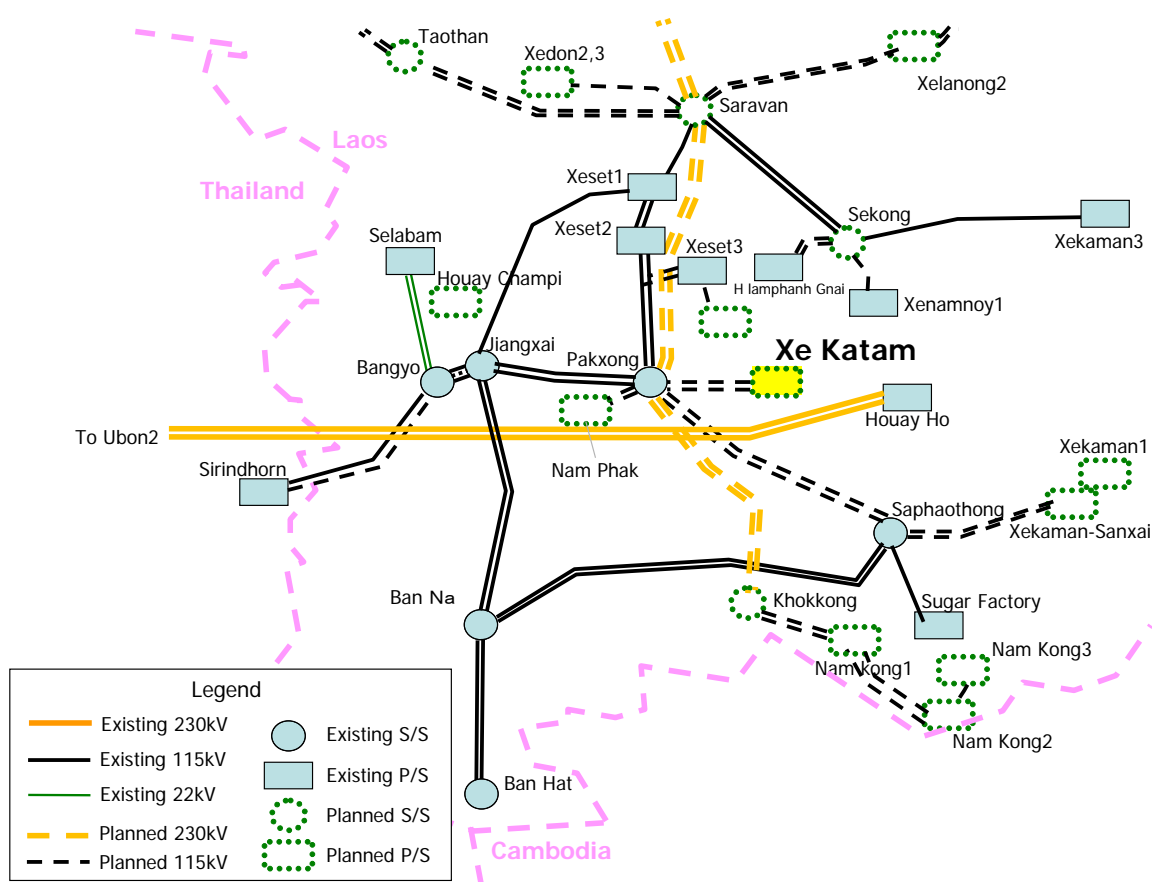


図 4.4-1 セカタム発電所周辺系統および将来計画

4.4.2 系統解析結果

系統解析については、EDL、ニュージェック、関西電力とで協議し、EDL の過去の解析実績を考慮したうえで、EDL に委託することとした。系統解析は図 4.4-1 に記載された将来計画を含む 2018 年のラオス国の将来系統で実施された。EDL にて実施した系統解析の結果、セカタム発電所を Pakxong 変電所に連系することで系統に問題は発生せず、安定した電気を供給することができることが確認された。系統解析結果の概要は以下の通りである。

(1) 潮流計算

セカタム発電所連系後において、重負荷時と軽負荷時の両ケースで送電容量を超える送電線や変圧器が生じないことが確認された。また、電圧についてもラオス国グリッドコードで規定された範囲内であることが確認された。

(2) 短絡容量

セカタム発電所連系後において、重負荷時と軽負荷時の両ケースでラオス国グリッドコードで規定された短絡容量を超える箇所がないことが確認された。

(3) 安定度

セカタム発電所連系後において、単一事故発生時の事故除去後も系統が安定であることが確認された。

4.5 送電設計

4.5.1 送電線ルート

本プロジェクトの送電線は、Xe Katam 発電所から Pakxong 変電所までを 115kV 2 回線で構築する計画である。送電線ルートの決定は、図 4.5-1 に示すフローに従って進めた。

(1) 机上検討

セカタム発電所から Pakxong 変電所までの送電線ルートについて、当該地域の地形図、航空写真を用いて机上検討を行った。机上検討において留意した事項を以下に示す。

- ・極力直線で構成されたルートとする
- ・居住地を極力避けたルートとする
- ・河川氾濫による設備被害がないルートとする
- ・谷間への鉄塔立地を避けたルートとする
- ・極力既設道路から近いルートとする

また、ラオス国の電力開発計画（PDP：Power Development Plan）を基に、プロジェクトエリア周辺の既設送電設備の調査を行った。その結果を表 4.5-1 に示す。

以上を考慮した送電線ルート案として、図 4.5-2 に示す 2 案を候補として選定した。

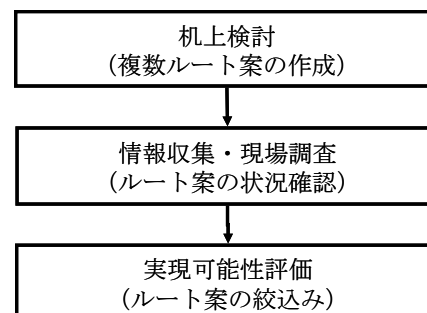


図 4.5-1 送電線ルートの選定フロー

表 4.5-1 プロジェクトエリア周辺の既設送電設備

線路名	電圧	回線数	電線サイズ	亘長	区間
Houay Ho	230kV	2	ACSR/GA 1272 MCM	161km	(自) Houay Ho 水力発電所 (至) Udon 2 変電所 (タイ国)
Xeset 2	115kV	2	ACSR 240sq	42km	(自) Xeset 2 水力発電所 (至) Pakxong 変電所

注) MCM=1,000CM, CM=サーキュラーミル(Circular Mils), 1MCM=0.50671 mm²

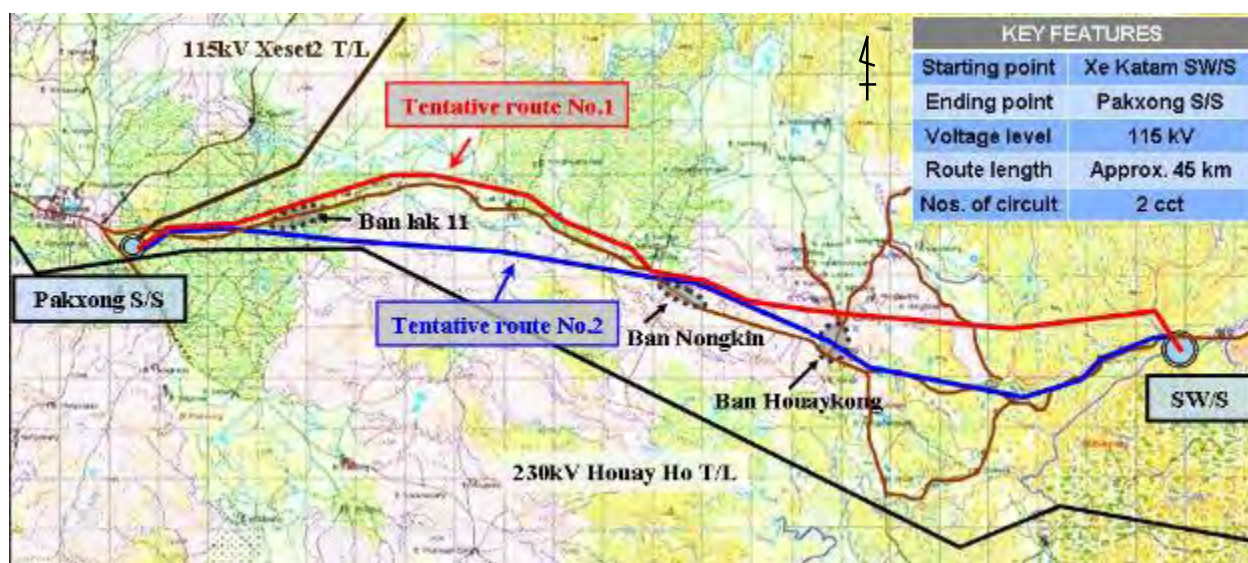


図 4.5-2 送電線ルートマップ

次に、この2案の地理的特徴について説明する。

(a) Tentative route No.1

Tentative route No.1 は、標高約 360m の発電所サイトから北上し、主要道路北側の山間部を通過する。山間部のルートは、発電用導水管に沿ったルートで、工事中および運用時におけるアクセス性は良いと考えられる。山間部頂部の標高は約 860m であり、Xe Katam 川横断後、Pakxong 変電所に至るまでの地形は丘陵地となる。

丘陵地では、主要道路より北側を通過し、集落地から距離をおいたルートである。丘陵地では、徐々に標高が上がっていき、Pakxong 変電所で標高約 1,300m に達する。

(b) Tentative route No.2

Tentative route No.2 は、標高約 360m の発電所サイトから、主要道路沿いに西向きに走向する。山間部を通過する区間が短く、ほぼ丘陵地であるため、傾斜が緩やかな地形である。また、標高約 1,000m の Nongkin 村までのルートは、主要道路から大きく離れることなく、アクセス性に優れている。

Nongkin 村より西部では、主要道路より南側を通過し、集落地から距離をおいたルートである。主要道路から離れる区間があるものの、Pakxong 変電所に至る距離が短いルートである。

(2) 情報収集・現場調査

関係機関からの情報収集および現場調査を行った。

(a) 情報収集

下記の通り、関係機関から送電線ルート周辺の情報を入手した。

1) PDEM (Provincial Department of Energy and Mine)

- ・ Cinoma と YUQIDA の、2つの鉱山開発計画地がある
- ・ 既設道路付近には、多くのプランテーションがある

2) PONRE (Provincial department Of Natural Resource and Environment)

- ・ ほとんどのプランテーションは、企業が運営するコーヒー栽培である

以上のうち、鉱山開発情報を転記したルートマップを図 4.5-3 に示す。

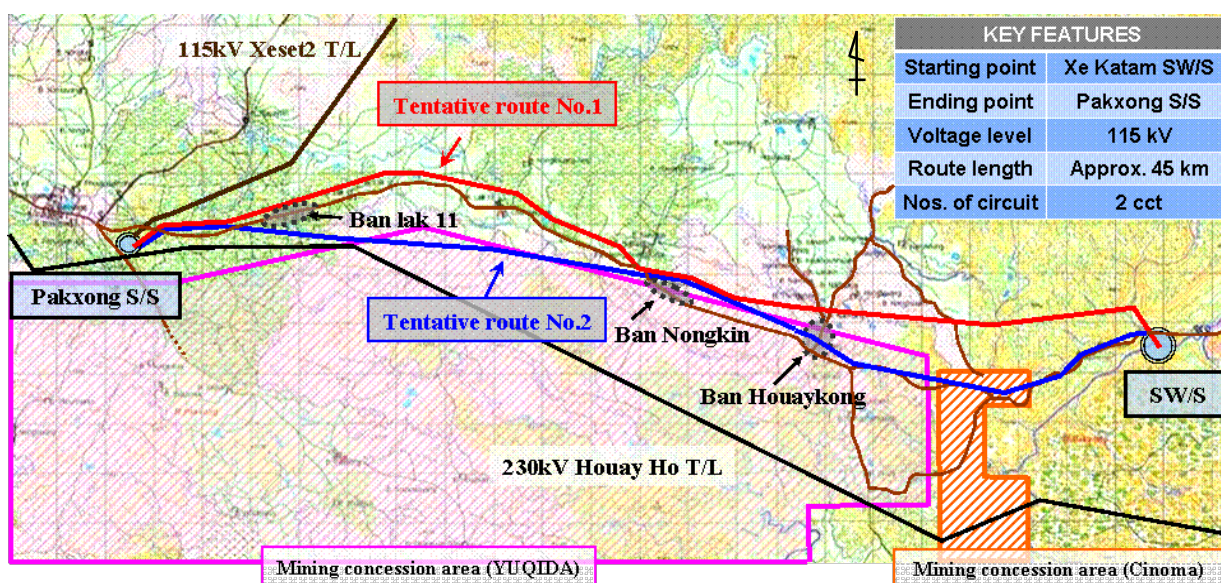


図 4.5-3 送電線ルートマップ(鉱山開発情報転記)

(b) 現場調査

情報収集結果の現状確認も含め、ルート選定に大きく影響を与える地点について、重点的に現場調査を行った。主な現場調査結果について、以下に述べる。

1) 発電所サイト周辺

発電所サイト周辺の現場状況を図 4.5-4 に示す。Tentative route No.2 は、道路に沿って西側へ走向し、Cinoma 鉱山計画地を通過することとなる。この Cinoma 鉱山計画地付近では、大規模な伐採・整地が行われており、Tentative route No.2 は大きな影響

を受けると考えられる。

また、南側の山間部も、今後更に開発される恐れがあることから、当該エリアに送電線を建設することは不適當であるとする。

一方、Tentative route No.1 は、主要道路北側の山間部を通過するものの、送電線ルート沿いにおける開発計画の兆候は認められておらず、適当なルートであるとする。主要道路からルート方向を確認した現場写真を図 4.5-5 に示す。

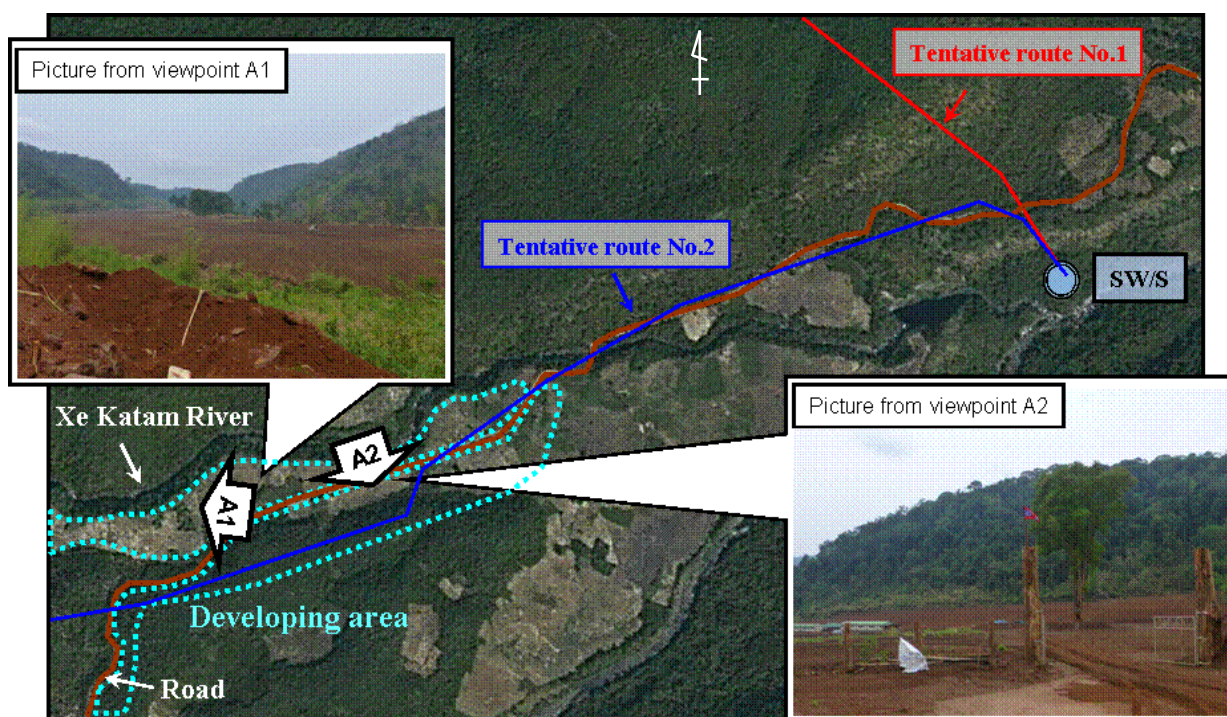


図 4.5-4 発電所サイト周辺の状況(Tentative route No.2)



図 4.5-5 主要道路からルート方向を確認した現地写真(Tentative route No.1)

2) Houaykong 村周辺

Houaykong 村周辺の現場状況を図 4.5-6 に示す。Houaykong 村は、比較的規模の大きい集落で、両送電線ルートは付近を通過している。図 4.5-6 に示すとおり、現場調査で集落の拡大が確認された。

家屋移転を回避させるためには、いずれのルートも不適切であったため、集落の北端から距離をおいてルートを選定することが望ましい（図 4.5-6 の“Desirable Tentative route”）。

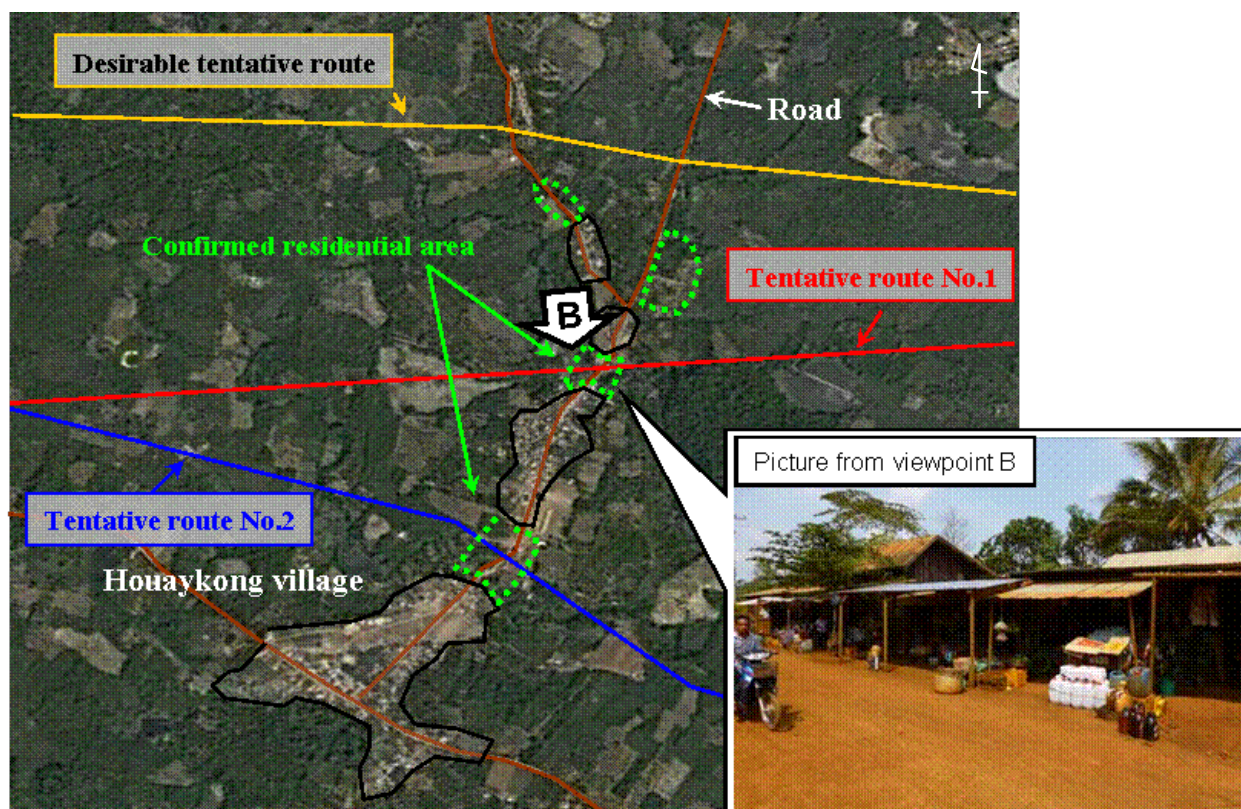


図 4.5-6 Ban Houaykong 周辺の現場状況

3) Ban lak 11 周辺

Ban lak11 周辺のルートマップを図 4.5-7 に示す。Lak11 村は、規模の小さい集落であるが、主要道路の南側において、大規模プランテーションによるコーヒー栽培が盛んに行われている。

当該地域に限らず、Tentative No.1、No.2 の周辺には、数多くのプランテーションが存在する。しかしながら、全てのプランテーションを回避するルートは、角度鉄塔、ルート亘長が増加し、不経済なルートとなる。そこで、大規模なプランテーションは避けることとした。

よって、主要道路北側を通過する Tentative route No.1 が望ましいと考える。

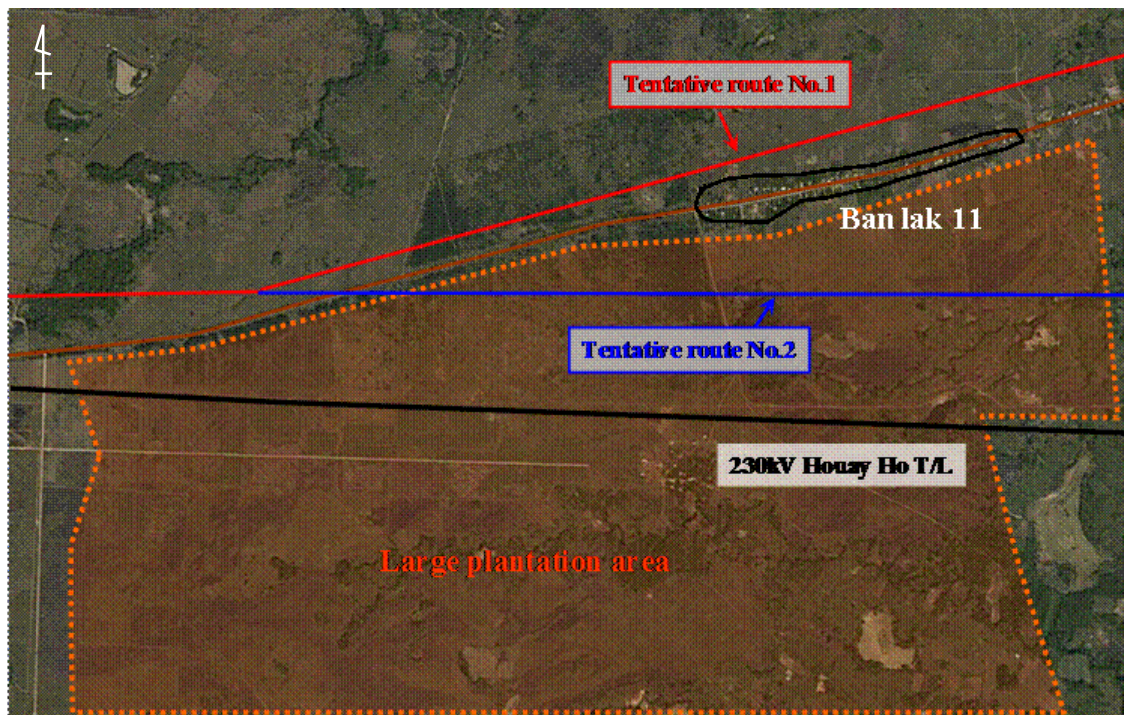


図 4.5-7 Lak11 周辺のルートマップ

4) Pakxong 変電所周辺

Pakxong 変電所周辺の現場状況を図 4.5-8 に示す。Pakxong 変電所周辺では、表 4.5-1 で示した 2 つの送電線に接近するものの、これらの既設送電線との間には十分なスペースがあるため、必要な絶縁間隔を確保することができる。よって、図 4.5-8 に示すルートが妥当と考える。

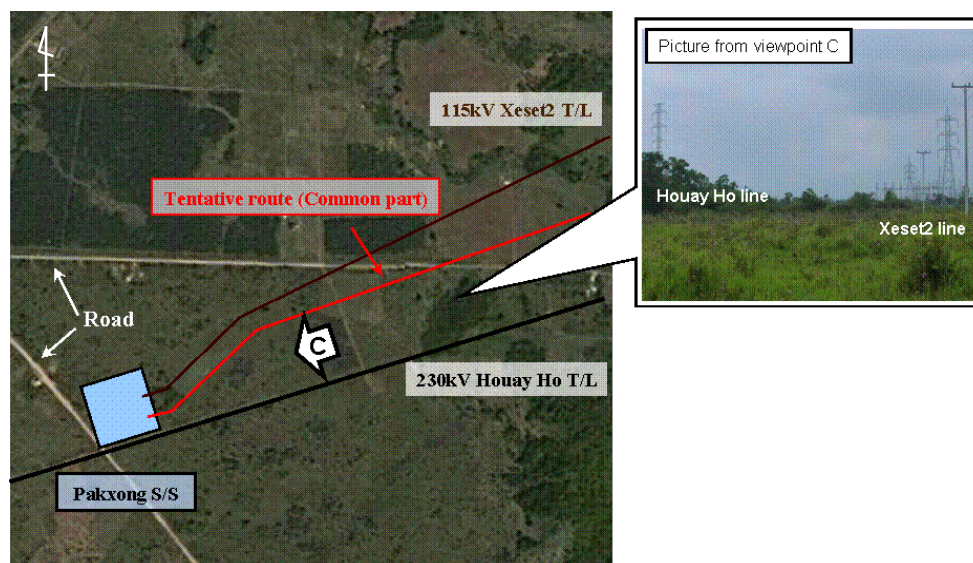


図 4.5-8 Pakxong 変電所周辺の現場状況

次に、Pakxong 変電所構内の現場状況を図 4.5-9 に示す。115kV Xeset 2 送電線用の開閉設備の隣に十分なスペースがあり、選定したルートの上延に、開閉設備を設置することが可能である。

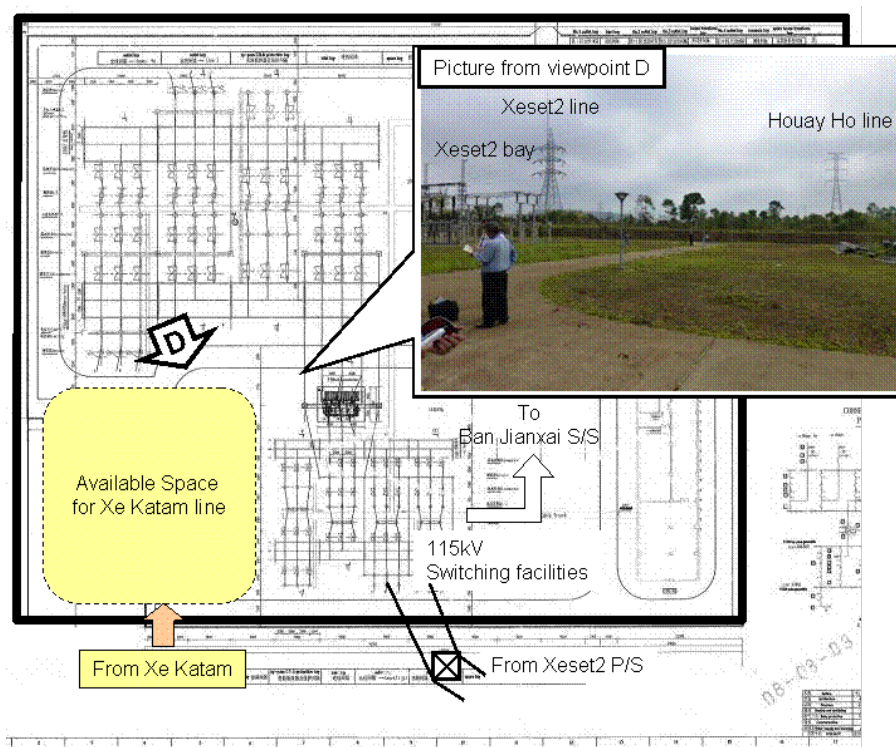


図 4.5-9 Pakxong 変電所構内の状況

(c) 実現可能性評価

以上の現場調査結果から実現可能性評価を行うと、Houaykong 村周辺でルートの微調整が必要となるものの、概ね図 4.5-3 で示した Tentative route No.1 が選定ルートとして適当である。選定ルートは、発電所周辺で山間部を通過するルートであるものの、工事リスクの大きい鉱山計画地、大規模プランテーションを回避しており、また、集落も適切に回避していると考ええる。

山間部のアクセス性については、発電用導水管に沿ったルートであることから、工事中、運用中におけるアクセス道路の活用が期待できる。また、Xe Katam 川より西側の平野部は、主要道路から離れる区間があるものの、ルートへのアクセス道路は比較的容易に敷設できると考える。

よって、選定ルートは、工事リスクも小さく、アクセス性も良好であることから、実現可能なルートである。

なお、選定ルートを対象とした測量調査（全長踏査含む）を実施しており、その結果、上記の選定ルートで問題がないことを確認している。

4.5.2 送電設備の基本設計

(1) 基本諸元

区 間	: Xe Katam 発電所～Pakxong 変電所
亘 長	: 約 45 km
公称電圧	: 115 kV
電気方式	: 交流 3 相 3 線式
回線数	: 2
電力線条数	: 1 条／相
架空地線数	: 1 条（光ファイバー複合架空地線）
周波数	: 50Hz

(2) 電 線

ラオス国は、内陸に位置しているため、海塩による電線腐食の影響をあまり受けないと考えられる。また、現地調査の結果、送電線ルート経過地付近に工場等の腐食ガス発生源が存在しないことから、通常の鋼心アルミより線（以下、ACSR）を適用することが望ましい。電線サイズ、条数は ACSR 477 MCM（Hawk）の単導体とした。ACSR 477 MCM（Hawk）の電線諸元を表 4.5-2 に示す。

表 4.5-2 ACSR 477 MCM(Hawk)の電線諸元

名称	素線構成 [本数/mm]	外径 [mm]	重量 [kg/m]	直流抵抗 [ohm/km]	最小引張荷重 [kN]	抵抗温度係数 [1/°C]
ACSR 477MCM (Hawk)	AL:16/3.439 ST: 7/2.675	21.78	0.9765	0.1196	86.7	0.004

注) MCM=1,000CM, CM=サーキュラーミル(Circular Mils), 1MCM=0.50671 mm²

電線の送電容量は、開閉所出口の送電端出力を上回る必要がある。送電端出力は、最大出力 81 MW に発電所の所内電力 0.65 MW と変圧器効率 99.33 %を考慮すると 79.8MW となる。電流容量の計算では、熱拡散式に CIGRE 式を用い、ACSR の連続許容温度を 80°Cとした。計算結果は以下のとおりである。

- ・ 1 相あたりの電流容量：480 [A]
- ・ 1 回線あたりの送電容量：81.2 [MW] （力率 0.85） > 79.8 [MW]

以上の通り、採用電線は、発電容量 79.8MW を上回る十分な送電容量を有している。

(3) 架空地線

本送電線は、Xe Katam 発電所と Pakxong 変電所を連系する単独線路であるため、直撃雷や逆フラッシュオーバーによる事故を極力軽減することが望まれる。よって、架空地線条数を 1 条とし、電線との遮蔽角を 30°とした。

また、需給調整の自動化を目的とした監視制御 SCADA を導入するため、架空地線を光ファイバー複合架空地線（以下 OPGW）とした。OPGW の仕様は、ラオス国の単独電源線で導入が進められている仕様とし、芯数は 12 芯、サイズは 70 mm²とした。OPGW 70 mm²の電線諸元を表 4.5-3 に示す。

表 4.5-3 OPGW 70 mm²の電線諸元

名称	より線構成 [本数/mm]	外径 [mm]	重量 [kg/m]	直流抵抗 [ohm/km]	最小引張荷重 [kN]
OPGW 70 mm ²	AC: 8/3.2 OP unit: 1/5.0	11.4	0.4701	0.834	80.2

(4) がいいし個数およびがいし装置

適用がいしとして、IEC 規格に準拠した 120 kN 系列の 250 mm ボールソケット型懸垂がいしを選定した。1 連あたりの必要がいし個数は IEC に基づく汚損設計から表 4.5-4 の通り 10 個とした。がいし装置については、設置箇所に応じて表 4.5-5 の装置を使用することとする。

ただし、強度系列の決定は、最大使用張力と縦断検討によることから、詳細設計時に再検討する必要がある。

なお、全てのがいし装置にアークホーンを取り付け、がいしの保護を図ることとした。

表 4.5-4 がいし個数の算出

公称電圧 [kV]		115
最高電圧 [kV]		123
250mm 懸垂がいし	がいし 1 個あたりの漏洩距離[mm]	292
	汚損レベル<IEC 60815>	Medium
	汚損環境下における所要漏洩距離[mm/kV]	20
	所要合計漏洩距離[mm]	2,460
	1 連あたりの最小必要がいし個数	9
保守上必要ながいし個数		1
合計がいし個数		10

表 4.5-5 がいし装置種別

がいし装置種別	説明	設置箇所
1 連懸垂装置	120kN 系列 10 個×1 連	通常の懸垂鉄塔
2 連懸垂装置	120kN 系列 10 個×2 連	重要横断箇所の懸垂鉄塔
1 連耐張装置	120kN 系列 10 個×1 連	通常の耐張鉄塔
2 連耐張装置	120kN 系列 10 個×2 連	重要横断箇所の耐張鉄塔

(5) 各種絶縁距離

各種絶縁距離は、ラオス国および日本の基準・文献に基づき、表 4.5-6 のとおりとした。

表 4.5-6 各種絶縁距離

名称	距離 [mm]
最小絶縁距離	950
ホーン間隔	1,100
標準絶縁距離	1,250
異常時絶縁距離	310
線間最小絶縁距離	1,350
線間異常時絶縁距離	530

(6) 鉄塔装柱

鉄塔は、表 4.5-6 の絶縁距離によるクリアランスダイアグラムを満足する 2 回線の四角鉄塔とし、架空地線と電線との遮蔽角を 30°とする基本装柱とした。懸垂鉄塔と耐張鉄塔の基本形状を図 4.5-10 に示す。

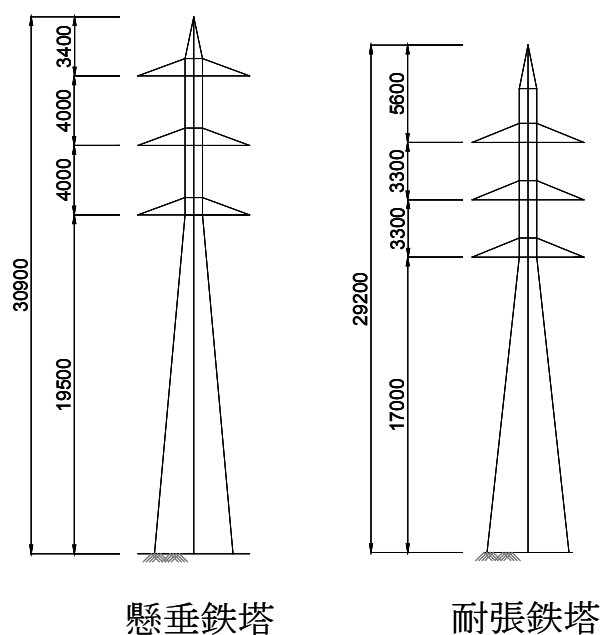


図 4.5-10 115 kV 2 回線鉄塔の基本装柱

(7) 基 礎

鉄塔基礎は、地質調査を実施し、深さ方向の土質を確認し、地盤耐力を求めた上で決定する必要がある。現地地盤の状況によるが、概ね以下の 2 つの基礎型が想定される。

- ・ 逆 T 字基礎
- ・ 杭基礎

また、ラオス国では 115 kV 送電線の塔脚接地抵抗値に 10 ohm 以下を推奨していることから、10 ohm 以下とならない場合は、埋設地線等の抵抗低減策を講じる必要がある。

第 5 章

施工計画

第5章 施工計画

5.1 施工計画・工事工程の検討

土木、電気設計で検討した最適設計について、現地の気象条件、地形・地質条件、運搬ルート
の状況に合わせた施工設備の選定、配置、ならびに施工方法を検討する。

施工計画の策定における検討項目およびその内容を以下に整理する。

表 5.1-1 施工計画策定における検討項目およびその内容

項目	確認／検討事項	内容
基本条件の設定		
地形・地質	施工に影響を与える現地の地形および地質状況の確認	時間当たりの施工能力の算定
気象条件および河川の流況	乾季、雨季の降水量および河川流量水位の確認	施工可能日数の算定
工事用道路・搬入ルート		
地形・地質	現地の地形および地質状況の確認	アクセスルートの選定、施工性検討
資機材の搬入ルート	サイト外、サイト内のアクセスルート調査	重量物の搬入可否の検討 現場内の材料運搬距離の合理性の検討
施工設備の配置	材料の運搬ルートの選定	コンクリート構造物の規模と運搬距離
材料調達計画		
各工事施工方法の決定	主要材料の調達計画 建設機材の調達計画	主要材料の調達およびストック材料の確保 建設機械の現地調達あるいは輸入の可否
仮設備計画・施工方法		
地形・地質	現地の状況に応じた施工方法検討	使用機械の選定 各設備配置計画との適合性の検討
施工設備の配置	コンクリートプラントの配置	打設能力の算定 仮設備の配置計画
工事用電力	最大使用電力量の検討	工事期間内の各設備使用電力量 工事用電源の確保
工事工程計画		
気象条件および河川の流況	乾季、雨季の降水量および河川流量確認 転流計画	締め切り時期の設定 適切な工事時期および工期の設定

5.1.1 施工可能日数の算定

第 3 章で収集した降雨データ（2004～2012 年）とラオス国の暦を基に本施工計画における施工可能日数を表 5.1-2 のように算出した。

表 5.1-2 施工可能日数(作業日－不稼働日)

工種	1 月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計	月平均
コンクリート	23.8	23.6	24.2	14.3	17.3	15.5	15.4	15.3	18.5	22.4	25.6	22.8	238.6	19.9
土工事	24.0	23.9	25.6	18.8	23.3	22.3	20.1	20.9	20.4	25.1	25.9	22.8	273.0	22.7
トンネル	24.0	24.0	26.0	20.0	25.4	24.5	24.6	25.0	23.6	26.3	26.0	22.9	292.3	24.4

(日/月)

なお、上記に加えて、以下の点を考慮して施工計画を立案する。

- ・ 施工体制は、トンネル工事を除き、夜間の照明が困難であるため、原則として片番（昼間）施工とする。
- ・ 5 月～10 月の雨期について、降雨による不稼働日数が 10 日を超える場合、降雨日を休日とし、日曜日も作業日としてカウントするものとする。

5.1.2 全体工程

本プロジェクトは、本格着工から 29 ヶ月での完成を予定している。季節は、雨期（5～10 月）、乾期（11～4 月）が、はっきりしており、河川内工事（河川渡河、橋梁工、引水堰、取水堰等）は、極力乾期施工となるよう配慮する必要がある。

工事用道路工事は、橋梁が、2 ヶ所（他は潜水橋）必要であり、橋梁工事が容易であり、また、橋梁施工中でも重機・車両が渡河可能な乾期に施工する必要がある。

5.2 用土計画

5.2.1 用土計画概要

運用土計画の策定に当たっては各構造物の発生土を可能な限り有効に利用することは全体工費低減につながるのは勿論であるが、セカタムプロジェクトの工事範囲は Xe Katam 川に沿って北西部から東南部にかけて約 8km と広い範囲に亘ることから、工事範囲全域の発生材料（残土）を有効に処理するためには運搬を考慮しなくてはならない。そこでプロジェクト工区全体を上流区域（取水堰周辺）及び下流区域（発電所周辺）の二区域に分割して計画する。用土計画を図 5.2-1 に示す。

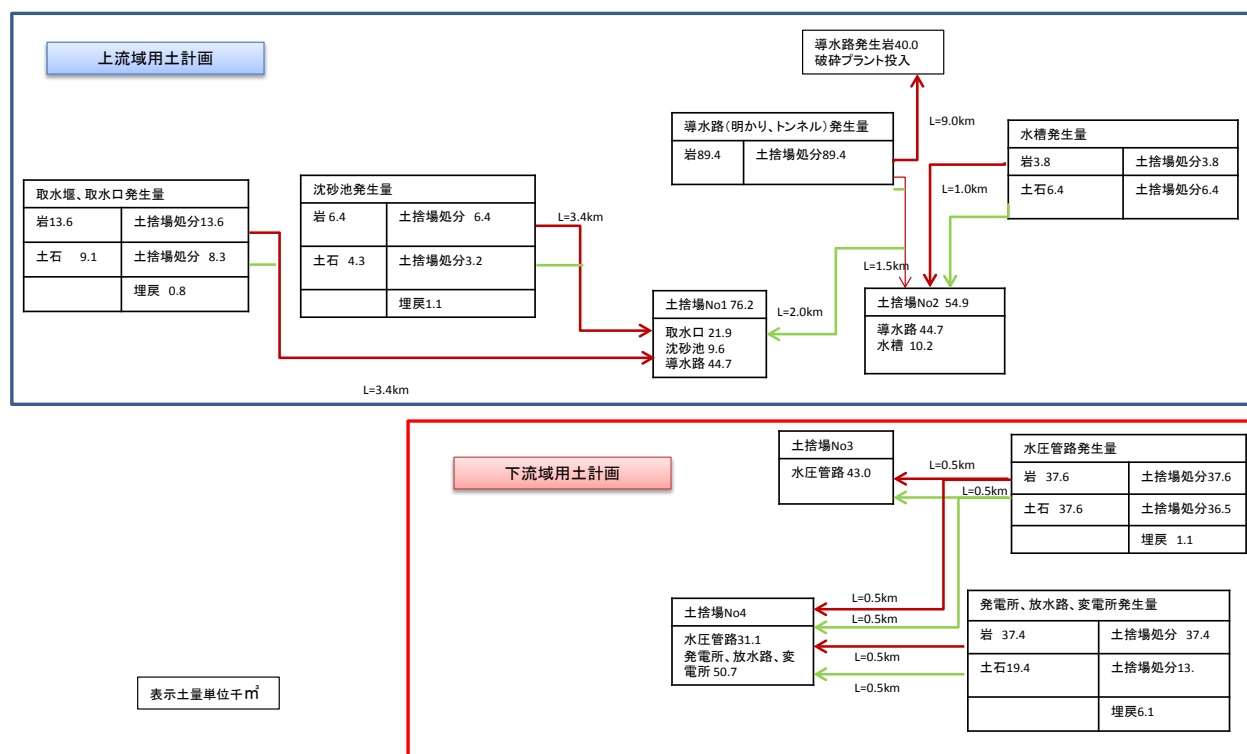


図 5.2-1 用土計画

5.2.2 骨材の調達計画

当プロジェクトではコンクリート骨材として、コンクリート用に 59,740.6t (31,442.4m³)、吹付コンクリート用に 32,661.1t (18,547m³) の計 92,401.6t を調達する必要がある。現地の調達事情を調査した結果、現地に骨材に適した河川砂利、堆積砂利が存在しないことから、全量を近傍の骨材プラントより購入する（もしくは製造する）必要がある。

表 5.2-1 コンクリート及びフィルター材数量

工種		コンクリート (m ³)	吹付コンクリート		
			吹付厚 (mm)	面積 (m ²)	吹付量 (m ³)
取水堰		7,467.3	50	1,698.0	118.9
取水口		666.2			
沈砂池		1,109.8			
導水路	トンネル	6,158.3	50	80,616.5	10,480.1
			100	16,591.8	3,982.0
			150	1,249.3	449.7
			200	421.8	202.5
	明かり	107.7	50	0.0	0.0
上流横坑	トンネル	153.0	100	2,142.0	428.4
	明かり	131.3	50	94.5	6.6
下流横坑	トンネル	193.2	100	2,584.1	516.8
	明かり	131.3	50	31.5	2.2
水槽		1,540.9	50	1,838.4	128.7
水圧管路		8,546.0	50	22,670.0	1,586.9
発電所		4,135.0	50	9,213.1	644.9
放水路		743.3			
変電所		359.1			
合計		31,442.4			18,547
必要骨材量 (t)					
コンクリート		59,740.6	吹付	32,661.1	

表 5.2-2 各工種 1m³ 当たり必要粒径の算定*

1m³ 当たり重量 (t)

工種	細骨材	粗骨材	粗骨材	粗骨材	粗骨材	合計 (t)	摘要
	5~0mm	150~80mm	80~40mm	40~20mm	20~5mm		
コンクリート	0.75			0.575	0.575	1.9	長谷ダム ポンプ配合
モルタル	1.353					1.353	滝沢ダム参考
吹付コンクリート	1.086				0.675	1.761	国交省 共通仕様書

*) 日本国内実績及び仕様書により算定

5.3 各設備の施工計画

5.3.1 準備工

(1) 工事用道路

工事用道路工事のうち、クリティカルパスとなるのは橋梁工事である。

橋梁のタイプは KD 橋やベイリー橋のような仮設橋と鋼桁に床版コンクリートを施工する本設橋梁が考えられるが、コストの低減、また完成後のメンテナンスを考慮し、後者とする。

乾季の間に橋梁工事を完了させるには、着工後直ちに橋梁施工を開始するために、橋梁の設計、鋼桁等の製作を早期に完了する必要がある。

乾季の場合、いずれの川においても重機により渡河は可能であるが、橋梁施工の事前工事として、潜水橋（約 0.7 ヶ月）を Nam Touad、Xe Katam（取水堰下流）に設置する。よって、可能な限り迅速に工事用車両の通行を可能にして、橋梁及び道路工事の施工を開始する。各橋梁の工期は、仮設 3 ヶ月、養生 0.5 ヶ月の計 3.5 ヶ月と想定する。道路整備は約 1～2 km/月とする。

表 5.3-1 工事用道路

No	区間	道路延長 (km)			備考
		既設改良	新設	合計	
1	Nam Touad ～ 分岐点	3.3	0.0	3.3	新設橋梁×1 (Nam Touad 川)
2	分岐点 ～ 取水堰	0.0	1.8	1.8	新設橋梁 × 1 (Xe Katam 川)
3	取水堰 ～ ヘッドタンク	0.0	8.0	8.0	
4	横坑	0.0	1.0	1.0	
5	水圧鉄管	0.0	0.7	0.7	
6	国道 ～ 発電所	0.0	1.5	1.5	
	合計	3.3	13.0	16.3	

(2) 仮設プラント

本プロジェクトは取水設備、導水トンネル工事、送水管設置及び発電所建設が主要工事である。総コンクリート量（吹付コンクリートを含む）は約 5 万 m³ と比較的小規模だが、工事区域が 8km に亘り標高差も有ることから、仮設プラントは取水堰と発電所の近傍に、それぞれ 1 基を設置するものとする。

プラント完成までに必要なコンクリートは、ラオス国内（Pakse）の生コン工場での調達を想定する。

5.3.2 取水堰・取水口・沈砂池

(1) 概略計画

Dakproung 川の取水堰（取水口を含む）を 1 号、Xe Katam 本流の取水堰を 2 号とする。施工の煩雑さを避けコストダウンを図るため、河川全体を転流し、第 1 乾期からの連続施工とする。

(2) 転流方法

両川に挟まれた台地の一部を開削し、工事用進入路を確保するため、コルゲートパイプ（ $\phi 2$ m 程度）を埋設する。

一次施工時は、Dakproung 川を締切り（土堰堤）、Dakproung の流水はコルゲートパイプを通して Xe Katam 川に転流する。この締切では、構築の一部が雨季にかかるため、30 年確率流量を考慮する。

二次施工時は同様に Xe Katam 川を締切り、流水を Dakproung 川に転流する。流水は一次施工で完成した取水堰のゲート部分を用いて越流させる。Xe Katam 川は、取水堰ゲート部からの越流標高および余裕高を考慮し、仮設道路を兼用した仮締切堤体を盛り立てる。この転流は、主に乾季に行うため、十分安全に転流できる。

(3) 工事用進入路

工事用道路は 2 本必要である。1 本は取水口進入路（Dakproung 川左岸）と、もう 1 本は Dakproung 川と Xe Katam 川に挟まれた台地（Dakproung 川右岸、Xe Katam 川左岸）への進入路である。これらの進入路は橋梁から分岐して取り付ける。

(4) 施 工

コンクリート打設はポンプ打設とする。ポンプ車の実打設能力は $30 \text{ m}^3/\text{h}$ 程度（公称能力の 35%）である。一回の最大打設量は 290 m^3 程度であり、打設時間は 10 時間弱となる。

(a) 1号取水堰

第1堰は取水口部を含め4ブロック分割（標準ブロック長20m）として、リフト数は取水口部10リフト、ダム部6リフトとする。施工可能日数は22日／月であり、工程は6.0ヶ月となり、施工は可能である。

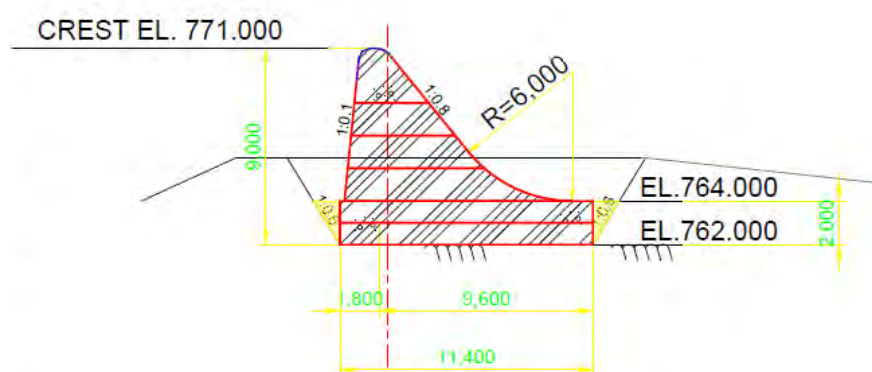
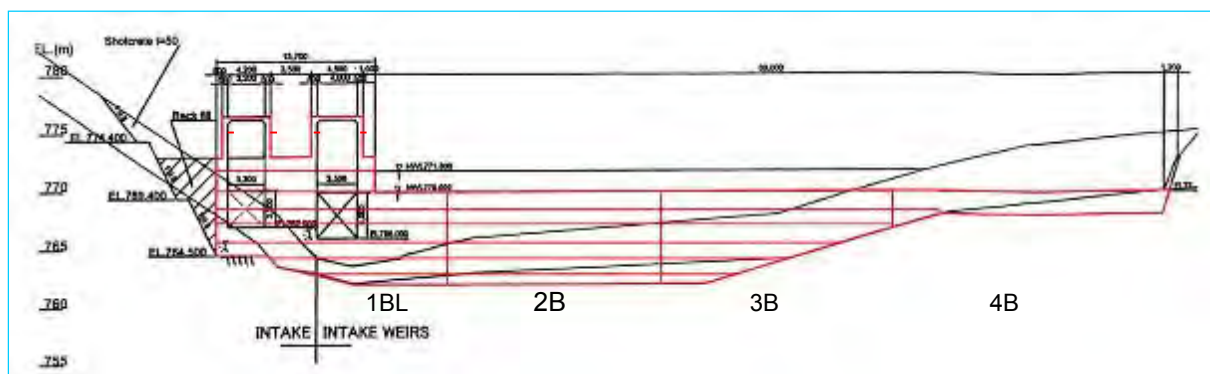


図 5.3-1 1号取水堰の構築

(b) 2号取水堰

第2堰は6ブロック分割7リフトとする。
後行ブロックとのブロック差を2リフトとして、延べ9リフトの施工で検討する。工程は4.9ヶ月となり、乾期の施工は十分可能である。

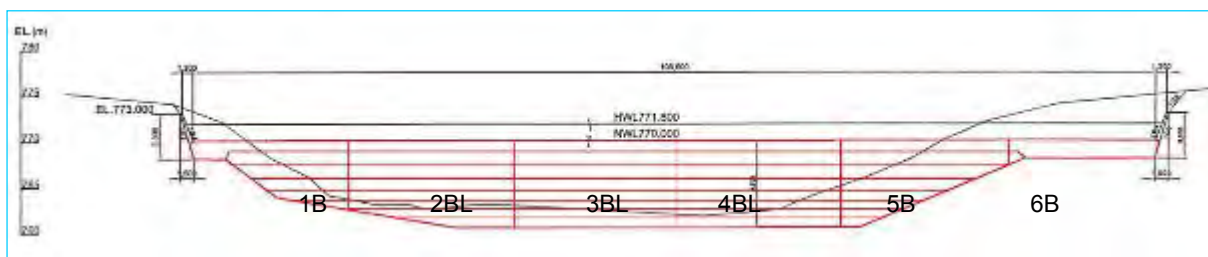


図 5.3-2 2号取水堰の構築

(c) 沈砂池

取水口掘削に引続き、沈砂池の掘削を開始する。掘削量は少ないが、法高 20 m 以上あり、法面の崩壊に注意しながら上部より切り下げる。構築は 2 ブロック 4 リフトとする。工程は 3.4 ヶ月となる。

5.3.3 導水路トンネル

(1) 概 要

導水路は、トンネル部約 4.9 km、カルバート部約 1.0 km、沈砂池、及び導水路トンネルを結ぶ明かり部（カルバートボックス 17 m）である。トンネル部は延長も長く、沢部を利用して横孔を 1 箇所取り付け、図のように 5 工区に分割施工する。

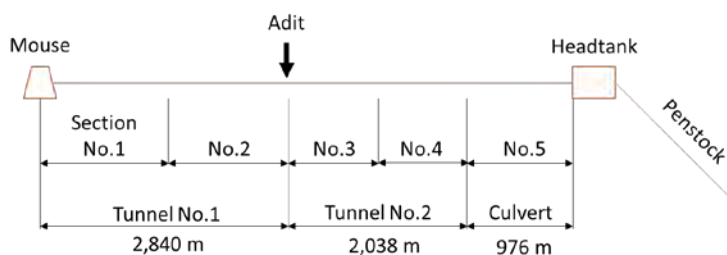


図 5.3-3 導水路トンネルの工区分け

トンネル断面より、掘削工法は全断面 NATM 工法とし、ズリ出しはレール工法を採用する。

トンネル支保パターンと比率は、次の通りとし、全工区共同じ比率とする。明かり部のカルバートボックスはトンネル全工区完了後に施工する。

表 5.3-2 トンネル支保パターンと比率

支保パターン	支 保	比率 (%)
A	吹付 5 cm	41.8
B	吹付 5 cm＋ロックボルト 3 本	41.8
C	吹付 10 cm＋ロックボルト 5 本	4.1
C-1	吹付 10 cm＋ロックボルト 5 本＋鋼製支保	4.1
D	吹付 10 cm＋ロックボルト 5 本＋鋼製支保＋ライニング	8.2

(2) 施 工

(a) 掘 削

導水路トンネルの各支保パターン別の月当りの平均掘削進行長と、各工区の掘削工期を下表に示す。

表 5.3-3 導水路トンネル月当たり平均進行長算定表

項目	単位	A	B	C	C-1	D	摘要
1 日進行長	m	5.76	4.55	3.46	3.42	2.93	2 交代
1 月進行長	m	138	109	83	82	70	24 日／月
比率		41.8	41.8	4.1	4.1	8.2	(%)
1 月平均進行長	m	109					

表 5.3-4 各工区掘削工期算定表

工区	延長(m)	1 月平均進行長 (109m)
		所用月数
1	1,600	14.7
2	1,240	11.4
3	1,019	9.4
4	1,019	9.4
5	975	8.9
計	5,853	延べ 53.8 月

(b) コンクリート工

覆工コンクリートは表 4.2-3 に示す Type-D の支保タイプのみ（トンネル全長の 8.2%）とする。インバートコンクリートはトンネル全延長を対象とする。

表 5.3-5 覆工コンクリート内訳表

工区	延長 (m)	覆工コンクリート			インバートコンクリート		
		延長 (m)	コンクリート (m ³)	工期 (月)	延長 (m)	コンクリート (m ³)	工期 (月)
1	1,600	131	413	3.0	1,600	967	2.3
2	1,240	101	320	2.4	1,240	750	1.7
3	1,019	84	263	1.8	1,019	616	1.3
4	1,019	84	263	1.8	1,019	616	1.3
計	4,878	400	1,260	延 10.9	4,878	2,949	延 8.0

(c) 仮設備

1) 吹付プラント

吹付プラントはトンネル各坑口に配置するのが一般的であるが、本工事では取水堰下流に設置する 1 号バッチャープラントにて製造し、トラックミキサーで各工区に運搬する。1 号プラントは製造能力 55 m³/h と十分な能力を有し、他工区の打設と同時の場合も供給可能である。

2) ズリピット

トンネル掘削ズリはズリ運搬用鋼車（側開転倒式 4.8 m³）により搬出し、坑外のズリピットに仮置きする。ズリピットの容量は 1 日（2 方）の最大掘削量を仮置きできる容量を確保する。ズリピットに仮置きしたズリは、昼間ダンプ（10 t）により、土捨場へ運搬処分する。

5.3.4 水 槽

(1) 概 要

水槽は、長径 22.425 m、短径 14.5 m の構造物であるが、その構造物の性質上、1 ブロックとして施工する。

水槽工事の進捗は、水圧管路工程に対しクリティカルパスとなるため、可能な限り掘削を早期に完了する必要がある。導水路トンネル連絡道が水槽まで取り付いた後、ズリ出し進入路、掘削、構築へと進める。

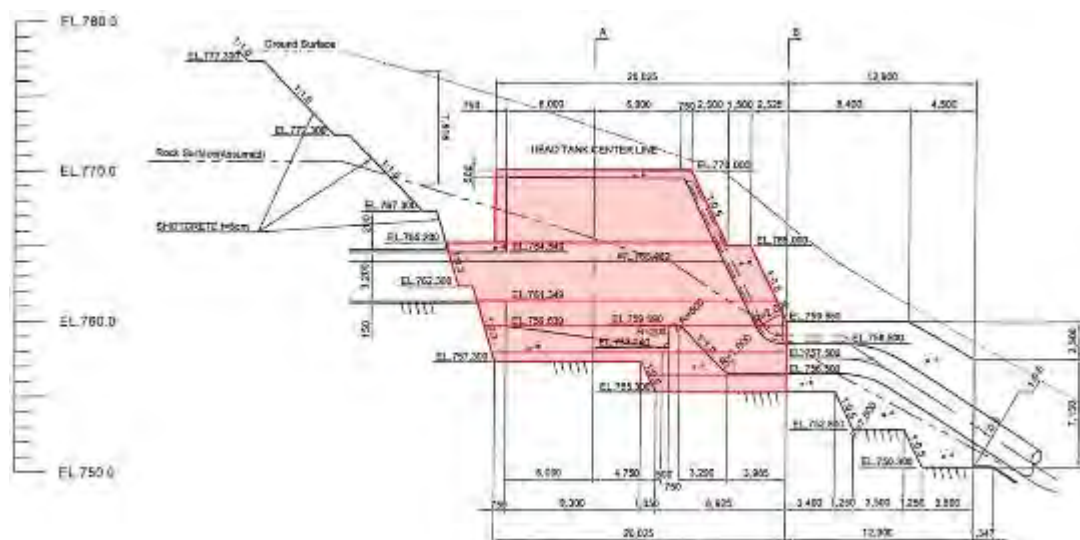


図 5.3-4 ヘッドタンクの構築

(2) 施 工

(a) 掘 削

水圧管路の取付部分は水槽掘削に引続き、掘削を進める。ズリは搬出可能な範囲は搬出する。バックホウは 0.7 m³ 級を使用し、そのまま水圧管路 1 工区の掘削に移る。

(b) 構 築

水槽は導水路トンネルと水圧管路を結ぶ位置にあり、複雑な形状である。1 回の打設量が 300 m³ 程度以下になるよう、図の様に 6 リフトで施工する。打設はブーム式ポンプ車（公称 90 m³/h）を使用する。工期は掘削も合わせて約 4.5 ヲ月を想定する。

5.3.5 水圧管路

(1) 概 要

水圧管路は水平長 1,137.7 m、高低差 472.0 m、管路実長 1,263 m である。地形が急峻なため掘削削量は土石、岩石あわせて 7 万 m³ 以上となり、鉄管の溶接箇所は 241 箇所となる。全体を 3 工区に分け同時に施工する。

表 5.3-6 工区割と工事用進入路等

工区	標高 (m)	水平長 (m)	管路実長 (m)	工事用進入路等
1	757.4～523	357.5	432.8	重機道のみで資機材運搬は索道（6t吊）を設置する。 EL.757.5～752：掘削は水槽、掘削時に施工済
2	523～432	434.7	446	国道よりスイッチバックにより車両通行可能な道路を取付ける。 （最急勾配 14%）
3	432～285.4	343.3	394.8	EL.432～342：重機道のみで資機材運搬は索道（6t吊）を利用する。 EL.342～326：発電所進入路より分岐して車両通行可能な道路を取付ける EL.326～297：掘削は発電所掘削に含む。資機材運搬は移動式クレーンを利用する。

(2) 施工計画

(a) 掘削

掘削方法および施工能力は地形（勾配）によって次のように考える。

- 急傾斜部 EL.757.4～615.0m、EL.432～342m
 - 土 石 バックホウ 0.7 m³を使用し、日当り施工量 268 m³（効率 0.5）掘削ズリ埋戻し分は仮置き、残りは下方へ落とす。
 - 岩 石 クローラドリルを使用して掘削する。
日当り施工量 140 m³ 掘削ズリは同上
- 緩傾斜部 EL.615～523m
 - 土 石 急傾斜部と同様 日当り施工量 268 m³
 - 岩 石 クローラドリルを使用し、発破による。補助にジャイアントブレーカ 0.7 m³級。
日当り施工量は作業効率 0.3 として 192 m³
- 平坦部 EL.523～432m, EL.342～313m
 - 土 石 バックホウ 0.7 m³を使用し、日施工量 376 m³（効率 0.7）
 - 岩 石 緩傾斜部と同様 日施工量 192 m³

掘削工程は2工区より全体 8.1 ヶ月とする。

表 5.3-7 掘削工程

	区間	水平距離 (m)	掘削量 (m³)		日施工量 (m³)	工程
1 工区	EL.757.4 ~ 615	171.5	土石 岩石	5,400 5,400	268 140	20.1 38.6
	*EL.615 ~ 523	186.0	土石 岩石	2,270 2,270	268 192	8.5 11.8
	計					
	79 日 ÷ 22 日 / 月					3.6 ヶ月
2 工区	EL.523 ~ 432	434.7	土石 岩石	16,190 16,190	376 192	43.1 84.3
	EL.462	国道横断部 現国道を山側に切廻しボックスカルバートを施工後、復旧する。 22 日 / ブロック × 2 ブロック + 10 日 (復旧)				50
	計					177.4
	177.4 日 ÷ 22 日 / 月					8.1 ヶ月
3 工区	EL.432~342	87.3	土石 岩石	3,590 3,590	268 140	13.4 25.6
	EL.342~313	256	土石 岩石	9,740 9,740	376 192	25.9 50.7
	計					115.6
	115.6 日 ÷ 22 日 / 月					5.3 ヶ月

*EL615~52m3 は 1 工区だが、2 工区と連続してクローラドリルで施工する。

(b) 支台コンクリート

掘削がある程度進捗したのち支台コンクリートを施工する。

打設はブーム式ポンプ車を使用し、掘削完了後 2 ヶ月以内に打設を終了する。

(c) 鉄管据付

表 5.3-8 各工区の鉄管据付

工区	標高(m)	管長(m)	溶接箇所
1 工区	EL 757.5 ~ 523	432.8	90
2 工区	EL 523 ~ 432	446	75
3 工区	EL 432 ~ 313	394.8	76

鉄管は 1 本 6 m とする。但し EL.432 ~ 342m は、管重量と吊り能力（索道使用）の関係から 1 本 4 m とする。鉄管据付工程は溶接工程により決定される。据付け 1 ヶ所 2 日とすると、1 工区（90 箇所 × 2 日 = 180 日）の区間がクリティカルとなり、後工程（検査、塗装等）1 ヶ月を考慮すると、据付全工程は約 9 ヶ月となる。

施工開始は、支台コンクリート工程が 4 割程度進んだ時点とする。

(3) 仮 設 備

工事用道路が取り付かない傾斜部は、鉄管および資材運搬のために簡易索道を設置する。吊り能力は鉄管重量から 6 t（実吊荷 5 t）とする。

設置箇所は 2 ヶ所で、カバー範囲等は次の通りである。

- | | | | | | |
|----|-----------------|-----|------|----|-------------|
| 1) | EL.757.5 ~ 523m | スパン | 400m | 支柱 | 30m |
| 2) | EL.432 ~ 342m | スパン | 140m | 支柱 | 25m（工区割図参照） |

また、国道脇の広場に鉄管加工所（200 m² 上屋付）を設置する。

鉄筋加工所、型枠加工所、取扱い所、火工所等は、発電所の工事と共用する。

5.3.6 発電所

(1) 工事用道路

表 5.3-1 に示す工事用道路 No.6（国道～発電所：約 1,400 m）の工事用道路を取り付ける。発電所の取付け標高は発電所 GL.301.5m とする。高低差約 56 m あり、平均勾配は 3.7%程度となる。この道路は運開後の発電所進入路となるため、6.5m の幅員を確保する。

また、発電所の掘削標高は EL.279.250m であり、上記工事用道路より分岐して、川側に EL.294m まで掘削ズリ搬出路を取り付ける。

(2) 掘 削

発電所掘削に合わせ、水圧管路 EL.313.05 ~ 285.4m の掘削および放水路部の掘削も同時に施工する。

掘削数量は

土石	19,130 m ³
岩石	36,980 m ³

である。

掘削積込重機は、1.2 m³ 級バックホウを使用し、その施工能力は、

土石	564.2 m ³ ／日
岩石	352.8 m ³ ／日

である。

また、爆砕はクローラドリル 150 kg 級を使用し、施工能力 630 m³／日とする。掘削補助機械

としてジャイアントブレーカ 0.7 m³ 級を使用する。掘削法高は 37.5 m となり、各段毎に法面保護工（モルタル吹付）を施工する。

(3) 鋼製栈橋

掘削完了後、構築および機器据付のための鋼製栈橋を架設する。

この栈橋は、50 t クローラクレーンに対応する構造規格とする。また、発電所上流に開閉所を計画したため、上・下流横断可能とする必要があり、全長 40 m、幅員は 8 m とする。

ただし、タワークレーンによる施工を考える場合、当該の設備は不要となる。

(4) 構 築

底版部（機器基礎を含む）を施工し、残りは機器据付工程に合わせて順次施工する。資機材の投入、コンクリート打設（ポンプ打設）は作業構台を利用する。

(5) 機器据付調整

発電所建屋には水車発電機および補機、中・低電圧開閉装置、制御装置を設置する。コンクリート打設と協調して底部から上部にかけて順次施工を実施する。機器据付完了後に、無水・有水試験を実施する。

(6) 放 水 路

放水路は発電所工事に合せて施工する。但し、放水口部分は小範囲とはいえ締切りが必要であり、乾期に施工する。

5.4 仮設備計画

5.4.1 仮設備計画

(1) バッチャープラント

本プロジェクトでは、取水堰及び導水路トンネル工区と下流発電所工区の 2 工区に大別し、1 号機、2 号機の各バッチャープラントを設置する。各プラントには濁水処理設備として、沈澱池を設置し、中和処理、SS 処理を行うものとし、各構造物において発生する濁水も 2 か所の処理設備に運搬し、同時に処理する。更に、各バッチャープラントに付随して、動力設備、給排水設備、修理工場を設置する。

バッチャープラントの位置、規模については図 5.4-1 および表 5.4-1 のとおりとする。



図 5.4-1 下流 2 号機バッチャープラント概略図

表 5.4-1 バッチャープラントの概要

プラント	1 号機	2 号機
設置位置、面積	沈砂池下流（約 1,000m ² ）	発電所下流土捨場（約 1,000 m ² ）
型式、能力	2 軸強制 1.5 m ³ × 1 台型 83kW、55 m ³ /h	2 軸強制 1.5 m ³ × 1 台型 83kw、55 m ³ /h
対象工事、製造量	取水堰～導水路トンネル	水槽～発電所
実運転期間	18 月（設置期間 20 月）	12 月（設置期間 20 月）
月平均製造量	1,750 m ³	1,550 m ³
骨材貯蔵、投入設備、貯蔵量	貯蔵ビン（コンクリート隔壁タイプ） 野積方式、トラクタショベル投入 骨材貯蔵量 1,000t	貯蔵ビン（コンクリート隔壁タイプ） 野積方式、トラクタショベル投入 骨材貯蔵量 1,000t
セメントサイロ	100t × 2 基	100t × 2 基
濁水処理、容量	薬品添加沈澱池方式（300 m ³ ）	薬品添加沈澱池方式（300 m ³ ）
動力設備	発電機 100kVA	発電機 100kVA

(2) その他仮設備

バッチャープラント(骨材ストックビン含む)とその他の主要な仮設備について次表に示す。

表 5.4-2 主要仮設設備と所有面積

設置場所	設備名称	規模、規格	所要面積(m ²)	備考
沈砂池下流	バッチャープラント	1.5m ³ × 1 台型、55 m ³ /h	3,000	骨材ストックビン、セメントサイロを含
	動力設備	100kVA × 1 台	200	
	給油設備			
	給水設備			
	修理工場			
	濁水処理設備	薬品添加型	300	
	試験室		80	コンクリート、他
	火薬庫、		50	
	鉄筋加工所		1,500	
	取扱所、火工所		200	
導水路各坑口	ズリピット		300	
	給気設備	50kVA × 1 台		
	給水排水設備		300	
	取扱所、火工所		200	
水圧管路	索道設備、	2 基設置		
	鉄管加工所		1,000	門型クレーン共
発電所	バッチャープラント	1.5m ³ × 1 台型、55 m ³ /h	3,000	骨材ストックビン、セメントサイロを含
	動力設備	100kVA × 1 台	200	
	給油設備			
	給水設備			
	修理工場			
	濁水処理設備	薬品添加型	300	
	試験室		80	コンクリート、他
	火薬庫、		50	
	鉄筋加工所		1,500	
	型枠工場		500	
	取扱所、火工所		200	

5.4.2 重機使用計画

トンネル専用重機を除く、重機の最大使用台数は、以下の通りとなる。

表 5.4-3 重機最大使用台数

種 別	規 格	必要台数	主な使用箇所
ブルドーザ	32t	1	リッピング掘削押土（補助機械）
	21t	1	掘削押土
	10t	3	掘削押土
バックホウ	1.2 m ³	3	掘削、積込
	0.7 m ³ （ブレーカ兼用）	4	掘削、積込
	0.4 m ³	2	掘削積込補助
クローラドリル	150 kg	4	岩掘削、
ダンプトラック	10t	16	トンネル明かり残土運搬
トラックミキサ	4.5 m ³	4	共通 コンクリート、モルタル運搬
振動ローラ	3t	2	道路、土捨場
ポンプ車 ブーム式	90 m ³ /h	2	コンクリート打設
モータークレーダー		1	道路維持補修
散水車	10 t	2	工事用道路
重機回送車	20 t	1	一般共通
クレーン	クローラ式 50 t	1	構築工事
	トラック 20 t	1	〃
クレーン付トラック	10 t	4	トンネル資材運搬
タイヤショベル	1.5 m ³	2	骨材投入（バッチャープラント）

年 月 工 種			X年												X+1年								X+2年												X+3年				備 考	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34				
			7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4				
準備工																																								
工事用道路	ブルドーザー	10 t		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2																										
	バックホー	0.7 m ³		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2																										
	クレーダー	10 t		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																										
	振動ローラー	3 t		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																										
	クレーン	20 t		1	1	1	1	1																																
	クレーン	50 t				1	1																																	
	ダンプトラック	10 t		2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2																									
プ ラ ント	ブルドーザー	10 t				1	1	1	1	1	1	1	1																											
	バックホー	0.4				1	1	1	1	1	1	1	1																											
	クレーン	20 t									2	2	2																											
	ダンプトラック	10 t				1	1	1	1	1																														
取水堰／ 取水口／ 沈砂池	ドーザーショベル	3.2 m ³					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1														
	ブルドーザー	10 t													1	1	1																							
	バックホー	1.2 m ³													1	1	1										1	1												
	バックホー	0.7 m ³													1	1	1		1								1	1			1									
	クローラードリル	150 kg													1	1											1	1												
	ダンプトラック	10 t													7	7	7										9	9												
導水路 (明り工事)	クレーン	20 t														1	1	1												1	1					トンネル専用重機は除く				
	バックホー	0.7 m ³							1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3															
	ブルドーザー	10 t							1	1		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2															
	クローラドリル	150 kg							1	1		1	1																											
	クローラードリル	20 t									1				1	1										1														
水 槽	ダンプトラック	10 t							2	3	4	6	8	8	8	13	13	13	13	13	13	13	13	10	10															
	ブルドーザー	10 t										1	1	1																										
	バックホー	1.2 m ³													1	1																								
	バックホー	0.7 m ³										1	1	1																										
	クローラドリル	150 kg										1	1	1																										
	クレーン	20 t										2	3	3																										
水圧管路	バックホー	1.2 m ³										4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2																
	バックホー	0.7 m ³										4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2																
	ブルドーザー	10 t										1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																		
	ダンプトラック	10 t										2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2																		
発 電 所	クレーン	20 t										1	1	1	1																									
	ブルドーザー	10 t										1	1	1	1																									
	バックホー	1.2 m ³										1	1	1	1																									
	バックホー	0.7 m ³										1	1	1	1																									
	クローラドリル	150										1	1	1	1																									
共 通	ダンプトラック	10 t										5	5	5	5																									
	クレーン	20 t													1	1	1	1	1	1	1	1																		
	ポンプ車					1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3	3	2	1	1	1	1	1		1	2	2	1										
	クローラークレーン	50 t										1	1	1	1	1	1	1																						
	クレーン	20 t				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
	ユニック車	10 t				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2					
	クレーダー											1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
土 捨 場 (副ダム下流)	ブルドーザー	10 t										1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
	ブルドーザー	10 t										1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
	バックホー	0.7 m ³										1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
	振動ローラー	3 t										1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
	重機回送車											1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					

図 5.4-2 重機使用計画

5.4.3 施工工程

想定される施工工程を図 5.4-3 に示す。

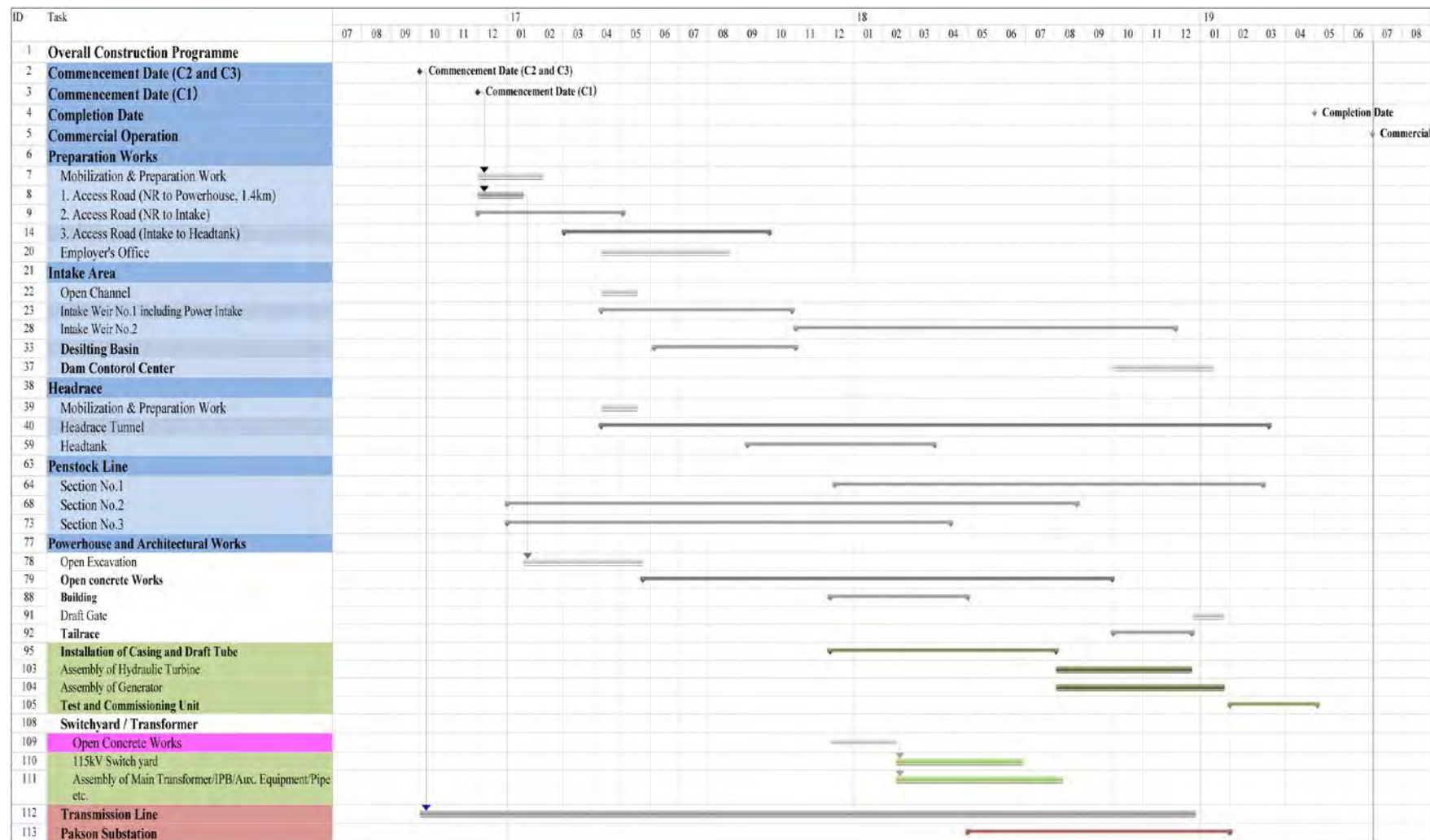


図 5.4-3 施工工程

5.5 プロジェクトコスト

土木・電気設備設計および施工計画の検討結果に基づき、プロジェクトコストの算出を行う。

5.5.1 建設費用

建設コストの算出には、工事費用に加えて、水文や地質などのリスクを考慮して、予備費を計上する。

(1) 土木工事費用

土木工事費用について、直接工事費と間接工事費をそれぞれ算出する。

直接工事費を算出するにあたり、各工種単価を作成した。

工種単価を算出するにあたり、上述した施工計画に加え、市場で調査した材料単価や機器単価を考慮した。

市場単価については実勢価格の把握に加え、建設期間中の平均的な物価上昇を考慮した。資材の調達については、ラオス国内にて調達可能な資材については優先して採用することとし、全体工事費におけるセメント、油脂燃料の国内調比率が高くなると想定されるが、合理的な調達（搬入）ルートを選定して、適切な価格を設定した。

間接工事費については、同規模の工事实績を踏まえ、直接工事費の比率により算出することとした。

(2) 金物工事費用

アジアにおける工事实績をもとに、各工事数量（重量）より算出した。

(3) 電気工事費用

日本国内および海外における工事实績をもとに、各機器数量より算出した。

(4) 送電工事費用

アジアにおける工事实績をもとに、各工事数量より算出した。

5.5.2 開発費用

(1) 間接コスト

SPC 運営費、各種アドバイザー費用等を計上した。

(2) 財務コスト

建中利子、返済引当金等を計上した。

5.5.3 プロジェクトコスト

プロジェクトコストは表 5.5-1 の通りとなる。

表 5.5-1 プロジェクトコスト

項 目	FS 見積り (百万米ドル)
建設費用 (計)	(約 106)
土木工事	-
ーアクセス道路	5.6
ー取水堰・取水口・沈砂池	3.6
ー導水路	16.7
ー水槽	0.9
ー水圧鉄管下部工	4.3
ー発電所・開閉所	7.5
ー土捨場	8.5
金物工事 (水圧鉄管・ゲート等)	8.6
エレメカ工事 (水車・発電機等)	28.4
送電線工事	7.2
建設工事予備費	14.5
開発費用 (計)	(51)
間接コスト	39
財務コスト	12
プロジェクトコスト	157

第 6 章 環境社会配慮

本準備調査において、JICA 環境社会配慮ガイドライン（2010 年 4 月）にもとづきセカタム水力発電所の環境社会配慮に関する調査を実施するとともに、その結果を環境社会影響アセスメント（Environmental and Social Impact Assessment：ESIA）としてとりまとめ、ラオス政府の天然資源環境省（Ministry of Natural Resources and Environment:MONRE）に提出した。

本準備調査の中間段階ではダムを有するダム水路式を前提とした ESIA を作成・提出したが、最終的にダムなしの流れ込み式に変更、提出している。当章においては、最終設計である流れ込み式案（ただし日間流量調整が可能な取水堰を有する構造）の ESIA 報告書を基本として記述する。

セカタム水力発電開発計画は、ラオス国南部の Bolaven 高原に 83.1MW の貯水式ダムとして計画されたが、第 4.1 節に記載した通り設計変更がなされ、81MW の貯水ダムを設置しない流れ込み式となった。事業計画地の位置を図 6.1-1 に示す。



図 6.1-1 事業計画位置図

6.1.1 主要設備

主要設備の位置を図 6.1-2 に、主要設備の諸元を表 6.1-1 に示す。

Xe Katam 川に建設される取水堰から取水し、発電する計画となっている。

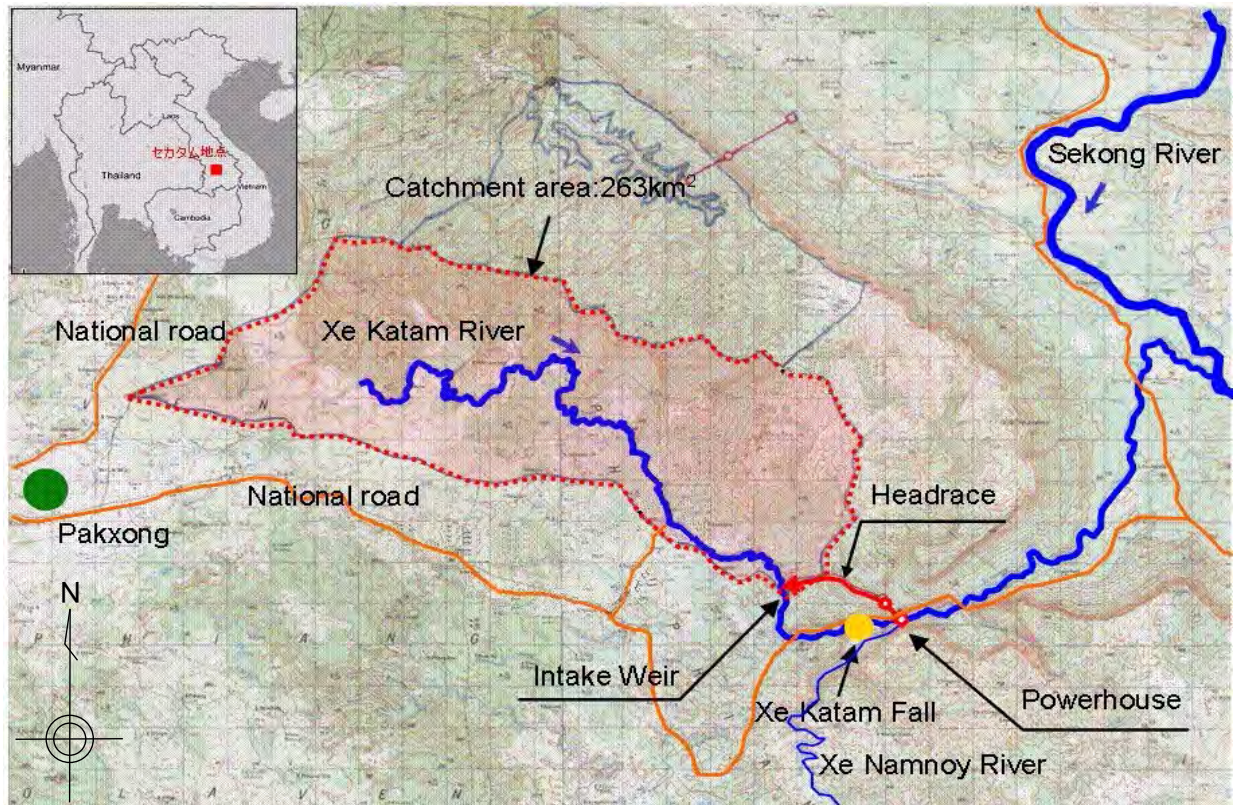


図 6.1-2 主要設備の計画位置図

表 6.1-1 主要設備の諸元

Structure		Revised Design
取 水 堰	流域面積	263 km ²
	年平均流入量	12.1 m ³ /s
	ダム形式	Gravity
	堤頂長（本川）	106.0 m
	ダム高（本川）	9.8 m
	堤頂長（支川）	73.0 m
	ダム高（支川）	8.5 m
導 水 路	設計流量	20.0 m ³ /s
	トンネル長	5.9 km（負荷遮断時被圧）
	内 径	3.9 m（幌型）
	カルバート長	1.0 km（負荷遮断時被圧）
	幅	3.2 m
	高 さ	3.0 m
水压鉄管	形 式	露出管
	鉄 管 長	1,263 m
	内 径	2.2 m
発 電 所	形 式	半地下式
	総 落 差	475.4 m
	有効落差	457 m
	水車形式	Francis
	定格出力	81 MW
	年間発生電力量	299 GWh
送 電 線	送電容量	115 kV
	亘 長	45 km
	接続変電所	Pakxong 変電所

6.1.2 工事用道路

工事用道路は、既存道路の改修区間 3.3km、新設区間 13.0km、計 16.3km を計画している。

表 6.1-2 工事用道路計画

No	Section	Extension (km)			Remark
		Renovation	New	Total	
1	Nam Touad — 分岐点	3.3	0	3.3	新設橋梁 × 1 (Nam Touad 川)
2	分岐点 — 取水堰	0	1.8	1.8	新設橋梁 × 1 (Xe Katam 川)
3	取水堰 — ヘッドタンク	0	8.0	8.0	
4	横坑	0	1.0	1.0	
5	水圧鉄管	0	0.7	0.7	
6	国道 — 発電所	0	1.5	1.5	
Total		3.3	13.0	16.3	

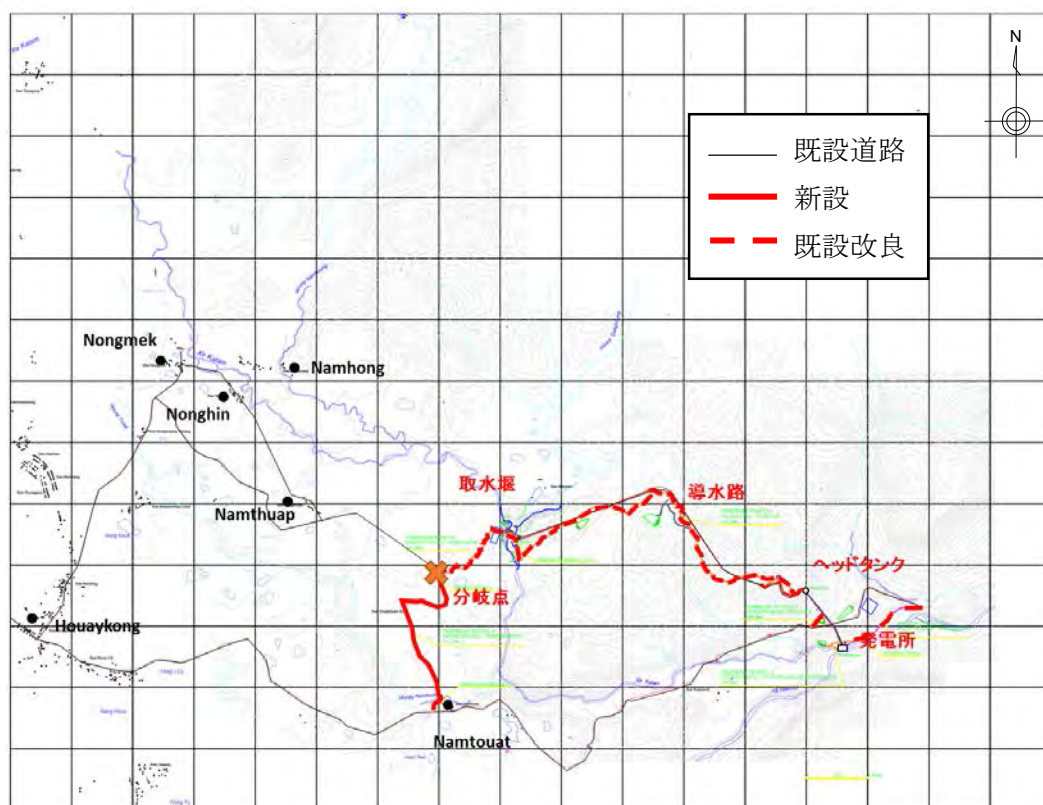


図 6.1-3 工事用道路計画ルート図

6.1.3 送電線

送電線は、115kV の架空送電線で、発電所から Pakxong 変電所までの 45km を繋ぐ（図 6.1-4 参照）。基礎の面積は 12m×12m で、高さ約 40m の鉄塔を 131 基建設する予定である。



図 6.1-4 送電線計画ルート図

6.1.4 工事計画

基本設計をもとにすると、工事期間は 29 ヶ月と見込まれる。
工事工程については図 5.4-3 参照。

6.1.5 運用計画

第 4.1.2 項で述べたように、流れ込み式案では取水堰の容量を利用して取水堰への流入水を日間で調整し、電力の需要にあわせて 6 時間程度最大出力を維持できるように発電放流を実施する。ただし、取水堰下流の水利用や河川生物への影響を軽減するための環境流量および観光資源である Xe Katam 滝の景観を保全するための景観保全流量（総称して「河川維持流量」とする）を取水堰より下流に放流する。河川維持流量については、環境流量として 1 日を通して $0.52 \text{ m}^3/\text{s}$ を放流し、昼間（約 8 時間）は景観保全流量を加えて $0.67 \text{ m}^3/\text{s}$ を放流する（河川維持流量については第 6.10.2 項参照）。よってセカタムの運用により、河川流量は以下のように変動する。

- 取水堰への流入量が少ない場合は、夜間 $0.52 \text{ m}^3/\text{s}$ 、昼間 $0.67 \text{ m}^3/\text{s}$ を取水堰下流に放流し、それ以上の流入水を発電に利用する。
- 流入量が増えるに従い、発電使用水量が増加し、最大発電使用水量の $20 \text{ m}^3/\text{s}$ に達した後は、発電継続時間が増大する。
- 24 時間にわたって最大発電使用水量が取水できる以上の流入量に達した後は、発電で取れない流量を取水堰下流に放流する。

6.2 ベースとなる環境および社会の状況

6.2.1 自然環境

(1) 気候・気象

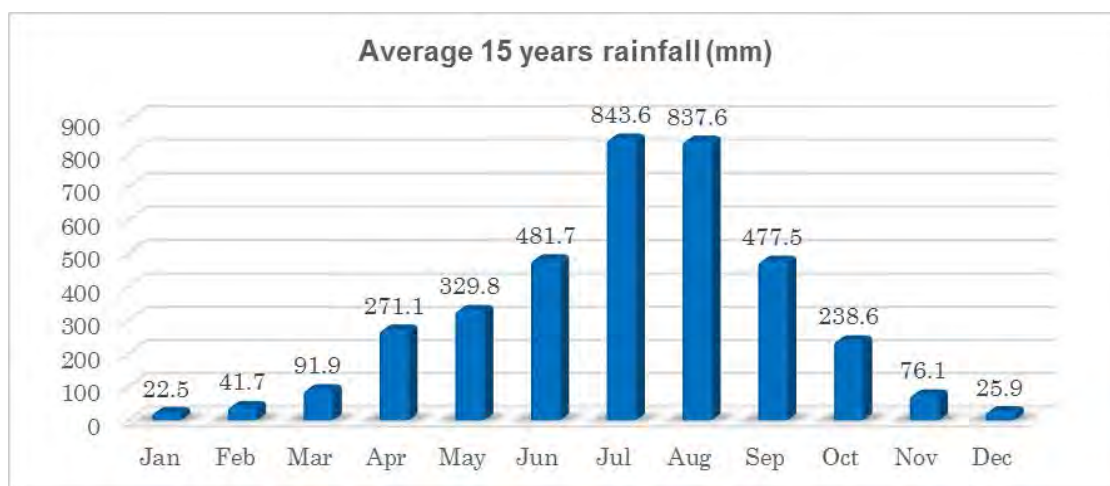
事業計画地は東南アジアモンスーン気候地域のうち熱帯気候ゾーンに属し、雨季と乾季がある。雨季は 5 月～10 月、乾季は 11 月～4 月である。

冬季には中国から冬型大陸性高気圧の影響を受け、風は北東から右回りの方向に季節風が吹く。この気候システムは東南モンスーンとして知られ、冷たく乾燥した空気と 11 月～4 月にかけて頻繁に小雨が降ることが特徴である。夜間の気温が 0°を記録する年もある。

5 月～10 月にかけては、太陽の熱により熱帯収束帯（ITCZ: International Convergence Zone）と呼ばれる低気圧域を生じることにより、南東からの季節風となり、Andaman 海と Thailand 湾から湿気を運び、ラオス国で気圧の谷となる。地形性上昇気流によって降雨が生じ、季節風が強い期間はしばしば降雨量が多くなり、気温や湿度が高くなる。

季節風に加えて、事業計画地域は熱帯性サイクロン、台風、弱い熱帯性低気圧が時々生じる。

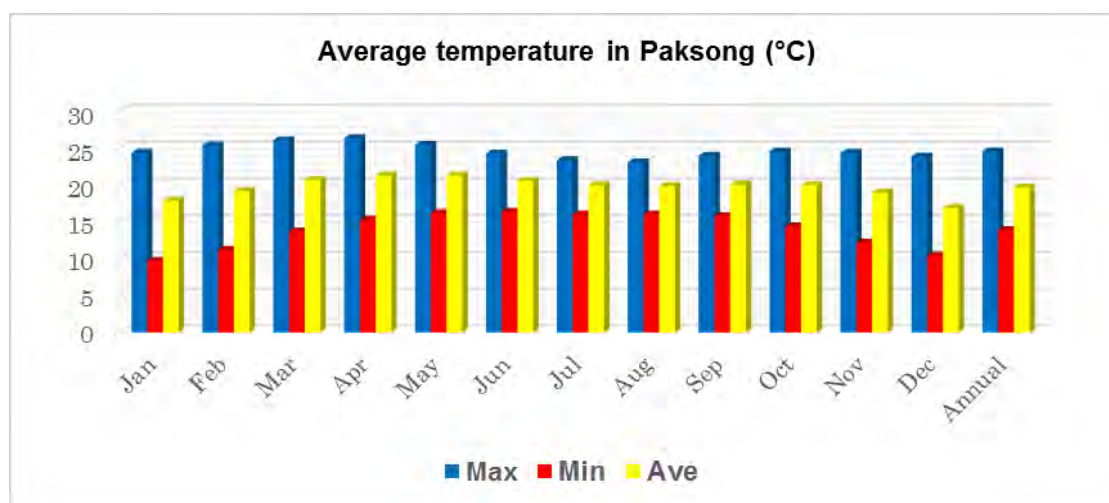
事業計画地は Bolaven 高原に位置し、ラオス国の他の地域と比べて気候条件に恵まれている。標高 1,280m にある Pakxong 観測所で測定された 1999 年からの降雨量および気温を図 6.2-1、図 6.2-2 に示す。



年平均降雨量：3706.2 mm

(出典：Meteorology of Pakxong Station (1999-2013))

図 6.2-1 降雨量



年間平均最大気温 : 24.6 °C
年間平均最小気温 : 13.9 °C
年間平均気温 : 19.7 °C

(出典 : Meteorology of Pakxong Station (1999-2013))

図 6.2-2 気温

(2) 蒸発量

事業計画地を含めた Pakxong 地区は Champasak 県の中で蒸発量が高い地域である。乾季である 10 月～4 月は蒸発散量が最も高く、平均 102mm～132mm であり、雨季は 80mm～93mm の範囲にあり、年間蒸発量は約 800mm と計算される。

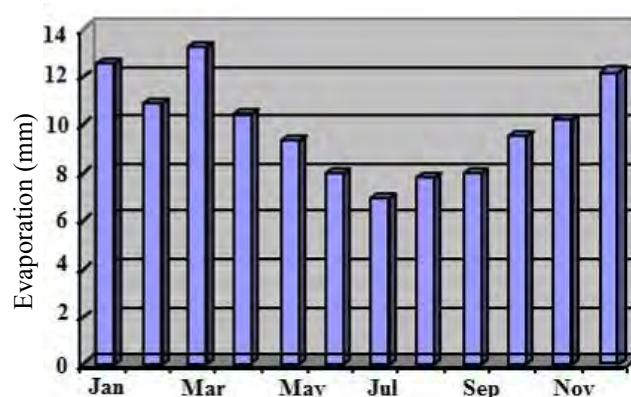


図 6.2-3 Pakxong 地区における蒸発量

(3) 地 形

事業計画地の Bolaven 高原における位置を図 6.2-4 に示す。

集水域の北側部分は標高 900 から 1,300m の山峰に位置し、南向きの急傾斜となっている。5 つの異なる大きさの川が、Xe Katam 川に流れ込む。Xe Katam 川は南西から北に向かって流れ、南東で Xe Namnoy 川に合流する。集水域の南側部分は標高約 900m に位置し、農地として利用されている。集水域の東側の境は、Bolaven 高原でも急斜面となっている。

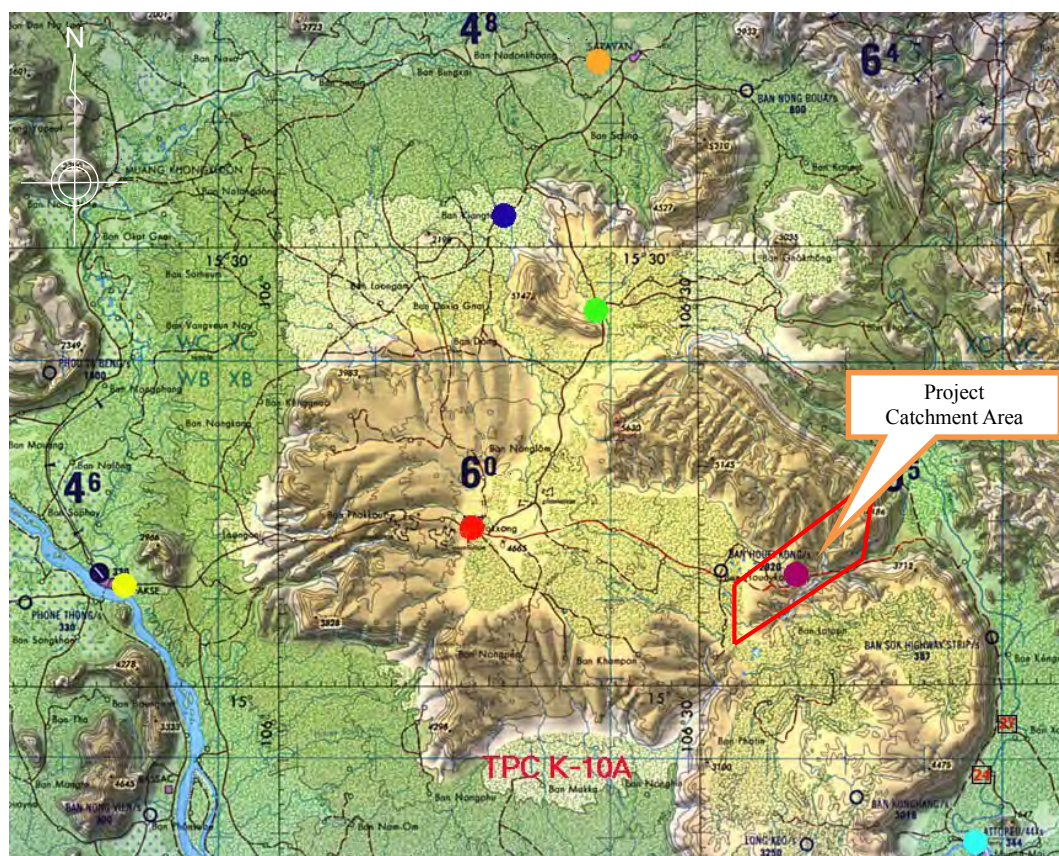


図 6.2-4 Bolaven 高原における事業計画地の位置図

(4) 地 質

Xe Katam 川は、流域面積が 270 km²あり、Bolaven 高原の北東部に位置し、東西線に沿ってほとんどが南側斜面の山岳地域となっており、ピークは 1,548m である。Xe Katam 川は発電所の上流で Xe Namnoy 川と合流し、Xe Namnoy 川はその後、東に流れ、Xe Kong 川と合流する。

Bolaven 高原は、白亜紀のチャンパ層群に属する赤色岩、砂岩、泥岩からなり、基盤岩を含み、第 3 紀に噴火した溶岩の相が覆っている。Bolaven 高原周辺の山々もまた、白亜期の砂岩と泥岩から成る。

表 6.2-1 Bolaven 高原の地質構造

年代		地層	地質
新生代	第四紀	沖積堆積層	粘土、砂質土、礫から成る沖積堆積物および崖錐
	第三紀	玄武溶岩	玄武溶岩、火山性ラテライト
中生代	白亜紀	Champa層群	紅色礫岩、砂岩、泥岩
	三疊紀からジュラ紀	Tholam層群	紅色礫岩、砂岩、石灰質頁岩

(5) 自然災害・地震

事業計画地域において自然災害として考えられるのは、豪雨による洪水であり、しばしば道路や社会基盤が被害を受ける。一方、サイクロンのような暴風雨はめったに起こらない。

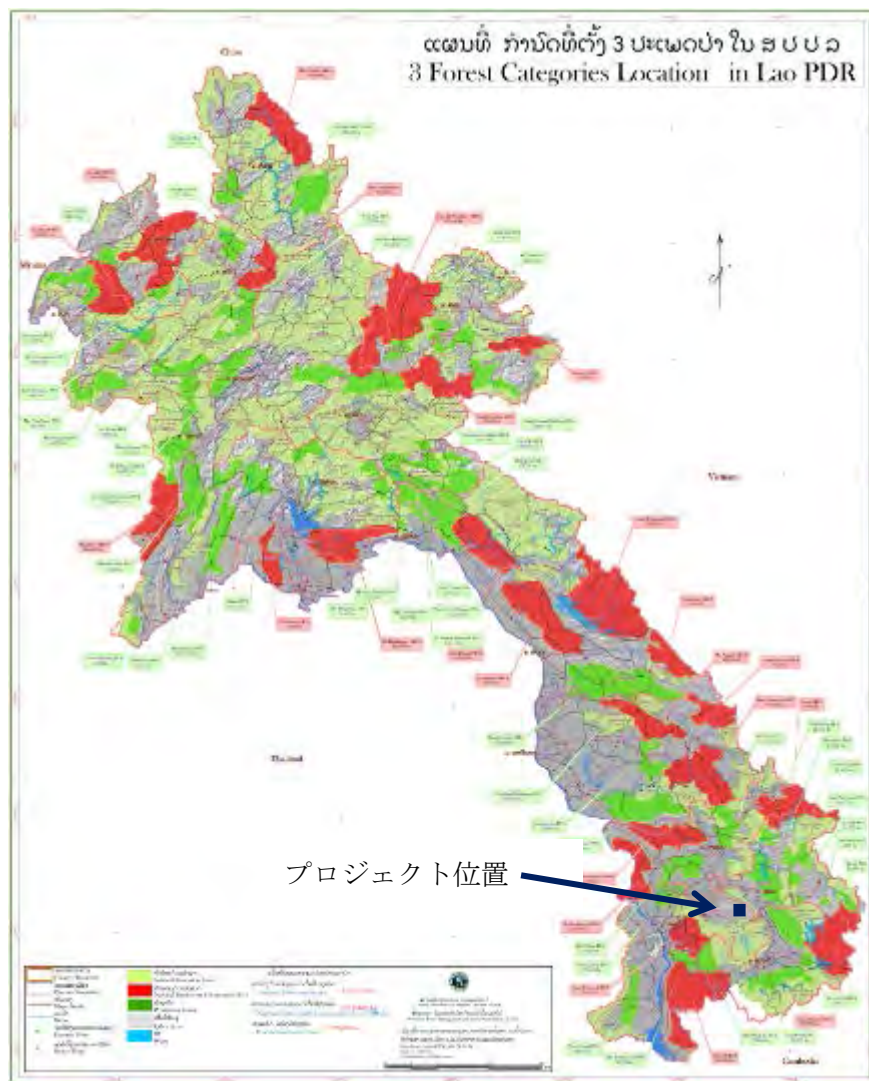
また、チャンパ層群の基盤岩体は、ほぼ水平構造をしており、この地域は構造的に安定している。結果として、対象地域は地震が生じる可能性が低いと考えられる。

(6) 保護区

事業計画地は、国立公園や国が定める保護区には含まれていないが、Phou Piang Bolaven National Protected Forest から約 10km の距離に位置する。また、事業計画地から約 8km 南には、Dong Houa Sao National Biodiversity Conservation Area がある（図 6.2-5）。

(7) 生態系

事業計画地域は、乾燥常緑樹林、落葉混交樹林、混交フタバガキ林（疎林）、草地、および二次林（再生林）の植生タイプから成り、乾燥常緑樹林と混交フタバガキ林が優占している。かつては、アジアゾウやトラなどの大型哺乳類やヒレアシやコシアカキジなどの鳥類が生息していた自然豊かな地域であったが、森林の多くは 1970 年代から 1990 年代にかけて伐採された。現在は、コーヒー農園等としての利用が目立つ。



(出典：DFR, MONRE)

図 6.2-5 ラオス国における National Protected Area の位置図

6.2.2 社会環境

(1) 行政区分

事業計画地は、ラオス国南部の Champasak 県 Pakxong 郡に位置する。地方行政は、Pakxong 郡の事務所が行う。

(a) Champasak 県

Champasak 県は面積 15,415km² あり、人口は 660,000 人である。Champasak 県の中心である Pakse 郡（16-01）や Pakxong 郡（16-04）を含む 10 郡に分かれる（図 6.2-6 参照）。

主な産業は農業であり、コーヒー、お茶、ラタン等を栽培している。

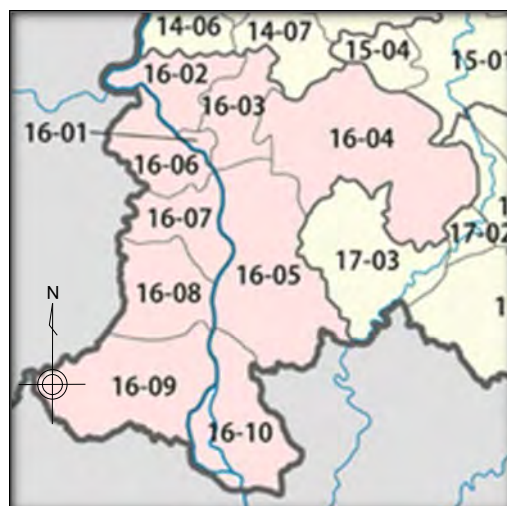


図 6.2-6 Champasak 県の行政区分

(b) Pakxong 郡

Pakxong 郡は Champasak 県で最も大きい郡であり、88 村が含まれ、人口は 73,000 人である。主な産業は農業である。肥沃な土壌と冷涼な気候を有する Bolaven 高原の標高 1,300m 位置することから、コーヒー生産が盛んである。

(2) 土地利用

事業計画地は、主に樹林、焼畑および小規模なコーヒー農園に利用されている。

6.3 ラオス国の環境社会配慮制度・組織

6.3.1 環境社会配慮に関する法的枠組み

環境分野の基本法として、環境保護法（Environmental Protection Law）が 1999 年 4 月に制定、施行された。ラオス国政府は、本法律の第 8 条に基づき、2000 年に環境評価制度を導入し、2001 年に電力設備に関する環境評価規制（Regulation on Implementing the Environmental Assessment for Electricity Projects in Lao PDR, Ministry of Industry and Handicraft）を制定した。

本規制には、初期環境調査（Initial Environmental Examination : IEE）および環境影響評価（Environmental Impact Assessment : EIA）の内容や手順が規定されており、Environmental Impact Assessment for Electricity Projects（Ministry of Industry and Handicraft, Department of Electricity, October 2001）や Environmental Management Standard for Electricity Projects（Ministry of Industry and Handicraft, Department of Electricity, January 2003）において、EIA 及び社会影響評価（Social Impact Assessment : SIA）についての詳細な記載内容や配慮項目が規定されている。

2010 年に施行された Decree on Environmental Impact Assessment (Decree No. 112, Prime Minister's Office) は、改定された EIA の手順やガイドラインとともに、事業による負の影響の回避・最小化を目的として、住民参加の権利、環境管理計画およびモニタリング計画とその実施体制、予算、苦情メカニズムの構築について規定している。Decree on Environmental Impact Assessment を実施するためのガイドライン（Environmental Impact Assessment Guideline）が、2011 年 11 月に天然資源環境省（Ministry of Natural Resource and Environment : MONRE）より発行されている。

2013 年 12 月に MONRE の省令により、環境評価と報告書の手順が一部変更された。Ministerial Instruction on the Process of Environmental and Social Impact Assessment of the Investment Projects and Activities, No 8030 / MONRE, 17-Dec, 2013 では、調査準備過程から MONRE が参加すること、大規模な住民移転を伴うプロジェクトに関する新たな規定、EIA 報告書はラオス語で提出することなどが定められている。

これら EIA・IEE に関する法律・規定の他、環境基準、水及び水資源法、森林法、野生生物及び水生生物法、電力法、道路法、補償や住民移転に関する規制等、環境社会配慮に関する法律がある。環境社会配慮に関連する法律を表 6.3-1 に示す。

表 6.3-1 環境社会配慮に関する法令等

項 目	法 令
環境全般・EIA	Environmental Protection Law , 1999, (Amendment 2013)
	Regulation on Environmental Assessment in Lao PDR, 2000
	Regulation on Implementing the Environmental Assessment for Electricity Project in Lao PDR, 2001
	Environmental Management Documents for the Department of Electricity, 2001
	Decree on Environmental Impact Assessment, 2010 (Decree No. 112/PM)
	Environmental Impact Assessment Guideline, 2011
	Ministerial Instruction on the Process of Environmental and Social Impact Assessment of the Investment Projects and Activities, No 8030 / MONRE, 17-Dec, 2013
環境基準	Environmental Management Standard, Environmental Impact Assessment for Electricity Projects, 2003
	Agreement on the National Environmental Standards, No2734 /PMO.WREA, 7 Dec 2009
住民移転・補償	Decree on the Compensation and Resettlement of the Development Project, 2005 (Decree No. 192/PM)
	Regulation for Implementing Decree 192/PM on Compensation and Resettlement of People Affected by Development Projects, 2005
	Technical Guidelines on Compensation and Resettlement in Developing Projects, 2010
廃 棄 物	Environmental Guidelines for Biomass Removal from Hydropower Reservoirs in Lao PDR, 2010
	Step by Step Environmental Guidelines for Biomass Removal from Hydropower Reservoir in Lao PDR, 2010
電 力	Electricity Law, 2008, (Amendment 2011)
土 地	Land Law, 2003
	Decree on State Land Lease or Concession, 2009 (Decree No. 135/PM)
水 資 源	Water and Water Resource Law, 1996
森 林	Forest Law, 2007
	Decree on Protection Forest, 2010 (Decree No. 333/PM)
道 路	Road Law, 1999
景観・文化遺産	Law on National Heritage, 2005
	Decree on the Preservation on the Cultural and Natural Heritage (1997)
観 光	Tourism Law, 2005
野生生物・水生生物	Law on Aquatic Animal and Wildlife, 2007
健康・衛生	Law on Hygiene, Disease, Prevention and Health Promotion, 2001
労 働	Labor Law, 2006
農 業	Law on Agriculture, 1998
漁 業	Fishery Law, 2009
建 設	Construction Law, 2009

6.3.2 環境影響評価制度

開発事業計画は、MONRE によってスクリーニングされ、Decree on Environmental Impact Assessment, 2010 (Decree No. 112) に沿って、事業規模によってカテゴリー分類がなされる。

開発規模が小さく、環境に対する影響が小さい計画はカテゴリーⅠに分類され、開発規模が大きい、または環境に対する影響が大きい計画はカテゴリーⅡに分類される。EIA が必要な開発計画は List of Projects Development shall be doing Initial Environment Examination and Environment Impact Assessment (No:679/PMO-WREA, March 2012) に記載されている。

本事業計画（15MW 以上の水力発電所新設）は、カテゴリーⅡに該当し、EIA が必要とされる。ただし、送電線建設工事及びアクセス道路工事は、いずれもカテゴリーⅠに該当し、IEE が必要となる（注：この規定は送電線・道路工事を伴う発電所建設工事について、2013 年 12 月の省令により改訂された。本 6.3.2 節末尾の記述参照）。

カテゴリーⅡに分類される事業計画に対する EIA 承認の手順を図 6.3-1 に示す。ラオス国の制度では、事業者は、EIA 調査実施段階での影響を受けると考えられる村への計画説明を実施し、EIA 報告書案作成段階での村レベル、地区レベル、県レベルのステークホルダー会議（Consultation Meeting）を実施しなければならない。

また、事業者は、村レベル・地区レベルのステークホルダー会議の結果を反映した環境影響評価レポートの最終ドラフトを、EMMP（Environmental Management and Monitoring Plan）、SMMP（Social Management and Monitoring Plan）とともに MONRE に提出する。MONRE はそのレポートを受け、政府の当該事業に関係する機関及びそれら機関の地方出先機関を招集して検討会議（Technical Workshop）を開催し、現地調査を実施する。また、事業者を含めた合同検討会議（Joint Technical Workshop）の実施も義務づけられている。

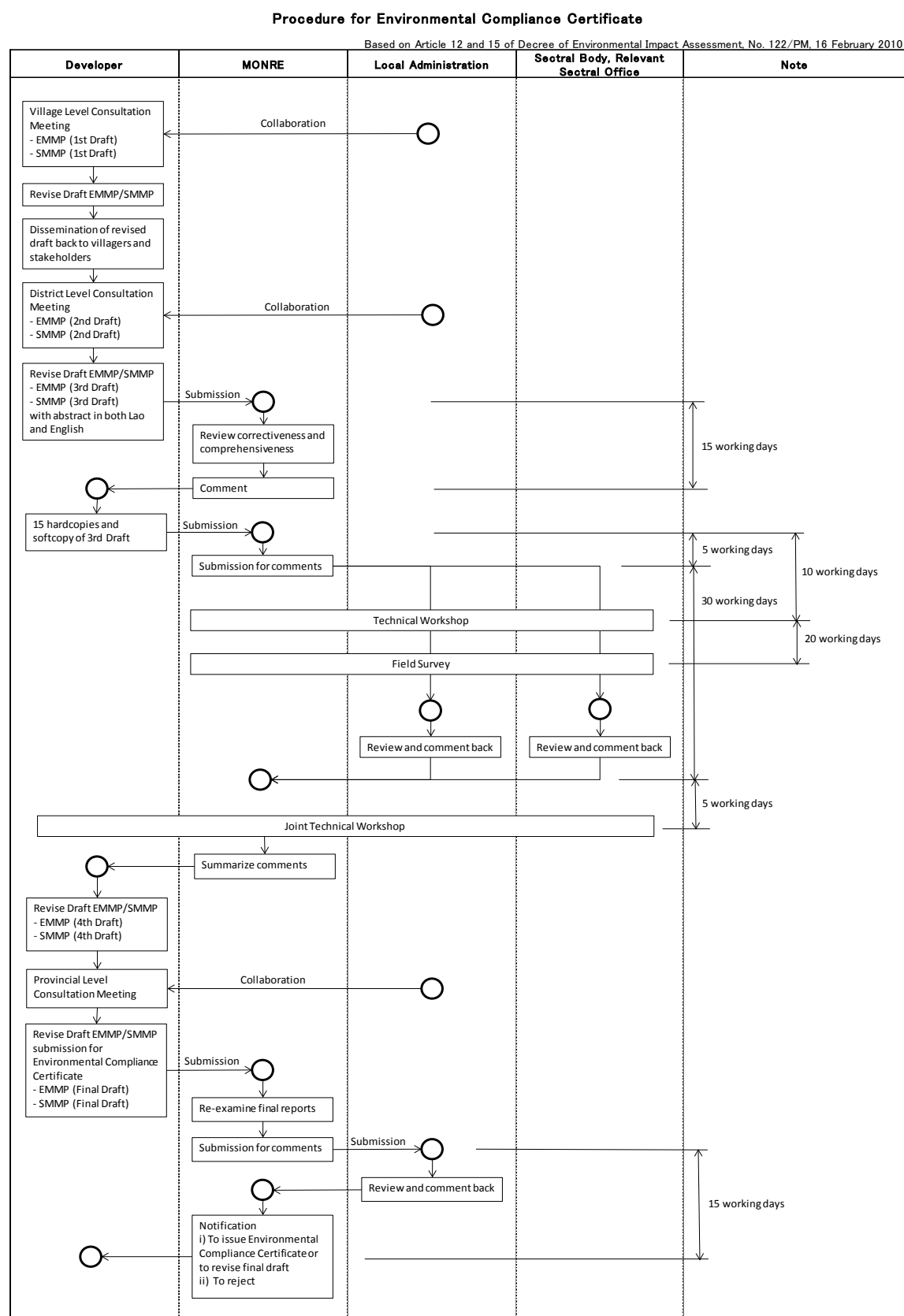


図 6.3-1 EIA 承認の手順

(出典：Decree No.112 より調査団作成)

カテゴリー I に分類される送電線建設工事及びアクセス道路工事については、IEE が必要とされる。IEE の承認手続きについては、EIA よりも若干簡素化されている。EIA と IEE の手続きの差異を表 6.3-2 に示す。

表 6.3-2 EIA および IEE の手続き

	EIA	IEE
開発計画の住民説明（調査実施前）	必要	必要
自然環境、社会環境への影響評価のための現地調査	必要	必要
環境影響評価書案の村レベルでのステークホルダー会議	必要	必要
同上：地区レベルでのステークホルダー会議	必要	必要
EMMP、SMMP の作成	必要	不要 ¹⁾
環境影響評価書案に関する関係政府機関・地方機関による合同検討会議（Technical Workshop）	必要	必要
関係政府機関・地方機関による現地確認	必要	必要に応じ
関係政府機関・地方機関に事業者を含めた合同検討会議（Joint Technical Workshop）	必要	不要
同上：県レベルでのステークホルダー会議	必要	不要 ²⁾
承認箇所	MONRE	MONRE

注 1) IEE の場合、EMMP、SMMP に代わり、IEE 本文の中で管理計画・モニタリング計画を記述するように定められている。

2) IEE の場合、県レベルでのステークホルダー会議は開催されないが、通常、地区レベルのステークホルダー会議に県の関係機関が出席し、県の意見を反映させるように運営されている。

（出典：Decree No. 112 より調査団作成）

送電線及び工事用道路については、従来の規定では発電所と切り離れた IEE の作成、承認が必要であったが、2013 年 12 月に公布された省令（Ministerial Instruction on the Process of Environmental and Social Impact Assessment of the Investment Projects and Activities, No 8030 / MONRE, 17-Dec, 2013）により、発電所に付随する送電線、道路工事は発電所と一体のものとして扱われることとなった。この省令はセカタムプロジェクトの環境調査開始後に発布されたものであったが、MONRE との調整により、EIA の中に送電線、工事用道路を含めることとした。

6.3.3 EIA 以外の環境関連の許認可

国あるいは県の保護区内に恒久的な建造物を建てるための承認手続きは、Decree on Protection Forest (Decree No. 333/PM July 2010)で規定されている。本プロジェクトで計画されている構造物には、Xe Katam Provincial Protected Forest の未調査地域の端に位置するものがある。Xe Katam Provincial Protected Forest は約 45,000ha あり、Provincial Governor Decision 173/PG December 1995 によって設定された。建設許可取得の一般的な手続きを以下に示す。

- ① 県森林保全区内で恒久的な建物や構造物の設置を計画する事業主は、MONRE に対しそれら計画を記載した申請書を提出する。
- ② MONRE は、申請書を審査するとともに農林省（MAF）や関連土地管理機関に意見を照会し、許可する場合には土地利用の改変において遵守すべき条件を勧告として付加する。
- ③ MONRE は、国会（National Assembly）に対し、勧告とともに事業主からの申請書を提出し、審査を求める。
- ④ 国会の承認を得た後、事業主は事業申請書に国会承認の証憑を付し、地方当局に提出し、関連する許認可等を県の関係局に申請する。関連する許認可事項等として、商業的価値のある樹木の伐採依頼（Department of Agriculture and Forestry）、商業的価値のない樹木の事業者による伐採許可（Department of Agriculture and Forestry）、永久工作物の土地登記（Department of Land Office）、道路・橋梁等の新設・改修許可（Department of Public Works）がある。

6.3.4 環境社会配慮に関する組織

(1) 主要機関

環境影響評価の承認に関係する政府主要機関を表 6.3-3 に示す。

表 6.3-3 環境影響評価に関する政府主要機関

Ministry	Department
天然資源環境省 Ministry of Natural Resources and Environment (MONRE)	Department of Environment and Social Impact Assessment (DESIA)
	Department of Forest Resource Management (DFRM)
	Department of Water Resource Management (DWRM)
運輸・公共事業省 Ministry of Public Works and Transport (MPWT)	Department of Roads
農林省 Ministry of Agriculture and Forestry (MAF)	Department of Livestock and Fishery (DLF)
鉱山・エネルギー省 Ministry of Energy and Mines (MEM)	Department of Energy Policy and Planning (DEPP)
	Department of Energy Business (DEB)
厚生省 Ministry of Health (MOH)	Department of Hygiene and Public Health (DHPH)
ラオス国家建設戦線 Lao Front for National Construction	Ethnic Department
県および郡の中央政府出先機関 Provincial and District Offices representing the above central government administrations	

(2) 天然資源環境省(MONRE)の構成

ラオス国において、MONRE が環境に関する行政を担っている。MONRE は、17 局から構成されており、その中に、環境影響評価を担当する部署である環境・社会影響評価局 (Department of Environmental and Social Impact Assessment) が含まれる。環境・社会影響評価局は、開発計画種別により、鉱業開発課・水力開発課・都市開発課に分かれる。

表 6.3-4 天然資源環境省(MONRE)の構成組織

No.	組織名	No.	組織名
1	総務局	10	森林資源管理局
2	人事局	11	地質・鉱物局
3	監査局	12	気象・水文局
4	計画・協力局	13	自然災害・気候変動管理局
5	土地開発・整理局	14	環境・社会影響評価局
6	土地管理局	15	自然資源・環境情報センター
7	水資源局	16	自然資源・環境研究所
8	環境促進局	17	ラオス国メコン委員会
9	大気汚染管理局		

6.4 代替案

以下に示す 5 項目について代替案の検討を行った。

- ① ゼロオプションとの比較検討
- ② 他の発電方法との比較検討
- ③ 他の水力開発計画との比較検討
- ④ 水力発電の発電方式の比較検討
- ⑤ 送電線ルートと比較検討

①②では最終変更案の流れ込み式を対象として比較検討しているが、③は計画変更前のダム水路式を対象としている。ダム水路式と流れ込み式との発電方式の比較検討は、④で行っている。

6.4.1 ゼロオプション

セカタム水力開発はラオス国南部地域への電力供給源として重要であり、当該地域の住民および経済需要に対して電力を供給することができる。セカタム水力開発によって社会経済に生じると予測される利益（地域開発計画による教育支援、保健衛生支援等）が、事業を実施しないことによって受益できないこととなる。ただし、事業実施に伴って、工事による森林伐採に加え、アクセス道路整備により今まであまり人が踏み入れなかった場所へのアクセスが良くなり森林伐採が加速することが懸念される。事業を実施しなかった場合、樹林伐採・農地の消失等が生じず、自然および社会環境への負の影響は無くなる。

表 6.4-1 ゼロオプションとセカタム水力開発との比較

項 目	影 響	ゼロオプション	セカタム水力開発
電力供給	正	—	・ ラオス国南部地域への電力供給源のひとつとなる。
	負	・ 南部地域への電力需要に対応するため高コストである海外電力を輸入する必要がある可能性がある。	—
環境汚染	正	・ 環境汚染は生じない。	—
	負	—	・ 水質汚濁、廃棄物の発生が生じる可能性がある。
自然環境	正	・ 自然環境への影響はない。	—
	負	—	・ 森林伐採、魚類への影響が生じる可能性がある。
社会環境	正	・ 地域住民は、現在の生活を持続することができる。	・ 雇用機会が増加する。 ・ 社会インフラが整備される。
	負	・ 社会インフラ整備や教育、保健支援を受けられない可能性がある。	・ 用地取得、住民移転が発生する。 ・ 漁業等の生計手段に影響を及ぼす可能性がある。

6.4.2 他の発電方法との比較検討

ラオス国南部地域では、火力発電は、二酸化酸素や SO_x、NO_x 等の排出、ラオス国北部地域またはタイ西部からの燃料輸送費用等、環境面と経済面の理由から現実的ではない。太陽光発電、バイオマス発電は、単位当たりの建設コストが高いことやバイオマス資源確保のための新たな開発が必要になることから、ラオス南部の需要増加に対する電源としては水力発電が最適であると考えられる。

小水力発電(1MW～10MW 程度)による電力供給は、個々の発電所による環境影響は小さい。セカタム水力開発は、地形上できるだけ短い河川延長を利用して高い落差を得るように、開発効率の良い地点が選定されている。同程度の電力供給量を複数の小水力発電で確保しようとする、地形上、影響を受ける河川延長の総和がセカタムの場合よりも長くなる。したがって、セカタム 1 箇所における水力開発による影響と複数箇所での小水力開発とは相対的な環境影響の大きさは変わらないと考えられる。

また、現段階では、Xe Katam 川周辺において他のダム of 建設計画はない。

ピコ水力発電による発電は、100～1,000W 程度である。電灯など自家発電用には有効であるが、出力や電圧が変動し、雨季の河川流量が多い場合に対応できず、感電の危険性も高まる等、安定した電源とは言えない。

6.4.3 他の水力開発計画との比較検討

本節では、計画変更前のダム水路式を対象として他の水力開発計画と比較検討している。

ラオス国政府は、2000 年に、電力需要の増大に対応した電源開発計画策定の一助として、環境社会配慮上の評価を含めた候補地点の開発優位性を評価するため、世界銀行の協力を得て有望開発地点を比較検討している。調査は Worley と Lahmeyer のコンソーシアムにより、当時電力政策を担当していた Ministry of Industry and Handicraft の協力を得て実施された。本節では、ラオス国政府が実施した開発優位性の比較手法を用いて抽出された開発優位地点から、セカタム地点を含む 3 地点を比較検討した結果を示す。

一般に水力発電所の開発は、地形・地質・水文条件によりその効率が決まる。開発優先度の検討にあたっては、通常、地形図調査、既往水文データの分析や現地踏査等の予備調査により、ダムの有無、取水地点の位置、放水口の位置を設定し、年間の発生電力量を概算し、建設工事費を年間発生電力量で除することにより、単位発生電力量あたりの工事費を求め、そ

の値が小さい地点が、経済性が高く、開発優先度が高いとする。

2000 年の検討においては、経済性検討の事前評価として、環境社会配慮の要因をパラメーターとした開発優先度を検討している。これはラオス政府の意向により、まず環境社会配慮上の影響が少ない地点を選定し、そののちに比較的影響が少ない地点群の中から開発優先度を判断しようとするものである。

環境社会配慮上の指標としては、以下の 2 つを指標としている。

- ① 年間発生電力量あたりの移転住民数 (Pers. per GWh/a)
- ② 年間発生電力量あたりの貯水池面積 (km² per GWh/a)

年間発生電力量は、経済性検討において単位電力量あたりの工事費が同等であると仮定すると、そのまま経済性を表す。上記の指標は、同等の経済性を持つ複数の開発候補地点に関し、環境社会影響を比較しようとする試みである。①は移転住民数が大きいほど社会影響が高いと判断するための指標であり、②は貯水池面積が大きいほど、森林の喪失、動植物への影響が大きいと判断するための指標である。

上記指標を用いて、40 箇所の水力開発地点と 2 箇所の石炭火力開発地点に関して比較検討が実施されている。評価は指標の範囲に応じてランクを決め、それぞれのランクの平均値がそのプロジェクトの総合的な環境社会影響度を表現するものとして評価している。指標の範囲とランクの関係を表 6.4-2 に、全地点の比較を表 6.4-3 に、この分類による環境社会配慮上の評価を表 6.4-4 に示す。なお、指標の算出にあたっては、2000 年当時のセカタム水力開発計画が出力 100MW、年間発生電力量 709GWh、貯水池面積 0.2km² で計画されていたことに対し、検討時点（2004 年）での基本計画であるダム水路式、出力 61.6MW、年間発生電力量 381GWh、貯水池面積 7.6km² で見直している

表 6.4-2 水力開発計画環境影響比較指標

Rank	移転住民 : Pers/GWh/a.	貯水池面積 : km ² /GWh/a.
1	0	0
2	0.1-0.5	0.001-0.009
3	0.51-1.0	0.010-0.019
4	1.1-2.0	0.020-0.049
5	2.1-5.0	0.050-0.099
6	> 5.0	> 0.100

表 6.4-3 水力開発計画環境社会配慮ランク

Name of Project	Installed capacity	Energy produced	Resettled persons	Reservoir area	Resettlers		Reservoir		Overall Rank
	MW	GWh/a	N	km ²	Pers. per GWh/a	Rank 1	km ² per GWh/a	Rank 2	
Northern Provinces									
Nam Long	11	53	na	na	-	-	-	-	-
Nam Sim	7	24	0	0.2	0	1	0.008	2	1.5
Nam Beng	54	175	na	12	-	-	0.069	5	-
Hongsa Lignite ¹	720	4,415	1,000	30	0.2	2	0.007	2	2
Moung Houn Lignite	30	184	na	5.1	-	-	0.028	4	-
Nam Ngum Basin									
Nam Ngum 5C	100	430	500	14.6	1.2	4	0.034	4	4
Nam Ngum 5D	120	515	na	na	-		-		-
Nam Ngum 4A	55	250	1,740	14.4	7	6	0.058	5	5.5
Nam Ngum 4B	56	254	0	0.5	0	1	0.002	2	1.5
Nam Ngum 3	444	1,851	300	25.6	0.2	2	0.014	3	2.5
Nam Ngum 3E	580	2,654	500	25.6	0.2	2	0.01	3	2.5
Nam Ngum 2	615	2,109	5,778	86	2.7	5	0.041	4	4.5
Nam Ngum 2A	159	709	200	3.8	0.3	2	0.005	2	2
Nam Ngum 2B	183	830	1,000	7.5	1.2	4	0.009	2	3
Nam Bak 2B	116	536	0	4.8	0	1	0.009	2	1.5
Nam Mang 3	51	141	60	9.5	0.4	2	0.067	5	3.5
Nam Ngiep									
Nam Pot	23	97	0	6.1	0	1	0.063	5	3
Nam Ngiep 1 (FSL 360)	360	1,905	5,200	148.2	2.7	5	0.078	5	5
Nam Ngiep 1 (FSL 320)	240	1,349	1,600	73.9	1.2	4	0.055	5	4.5
Nam Mo	100	581	0	10.8	0	1	0.019	3	2
Nam Sane	62	279	6,190	121.8	22.2	6	0.437	6	6
Nam Theun Basin									
Nam Theun 3	236	772	1,220	126	1.6	4	0.163	6	5
Nam Theun 2	975	5,173	4,500	450	0.9	3	0.087	5	4
Nam Theun 2 S-538	900	4,169	4,000	313	1	3	0.075	5	4
Nam Mawan	137	695	0	120	0	1	0.173	6	3.5
Nam Mouan	84	445	na	120	-		0.27	6	-
Nam Theun 1F	600	2,824	330	44	0.1	2	0.016	3	2.5
Xe Pon	74	301	800	29.5	2.7	5	0.098	5	5
Xe Set									
Xe Set 2	69	252	0	1.5	0	1	0.006	2	1.5
Xe Set 3	16	72	0	1.3	0	1	0.018	3	2
Xe Kong (Upper)									
Xe Kong 5	258	1,183	980	70	0.8	3	0.059	5	4
Xe Kong 4	451	1,746	5,870	160.4	3.4	5	0.092	5	5
Houay Lamphan Gnai	59.72	354	0	3.5	0	1	0.01	3	2
Xe Katam	62	381	0	7.6	0	1	0.019	3	2
Xe Pian-Xe Namnoy	392	1,995	820	43.5	0.4	2	0.022	4	3
Xe Kong (Lower)									
Xe Kaman 3	308	1,348	0	12	0	1	0.009	2	1.5
Xe Kaman 1	469	1,925	800	220	0.4	2	0.114	6	4
Xe Kaman 1B	300	1,433	800	193	0.6	3	0.135	6	4.5
Xe Xou	59	277	500	112.9	1.8	4	0.408	6	5
Nam Kong 3	33.8	156	1,550	36.9	9.9	6	0.237	6	6
Nam Kong 1	238	802	200	12.1	0.2	2	0.015	3	2.5
Mekong									
Thakho (Phapheng Falls)	36	2,067	0	0	0	1	0	1	1

1 石炭火力発電所に関しては、貯水池面積に替えて鉱山面積で評価した。

na = 情報なし

表 6.4-4 水力開発計画環境社会配慮ランク評価

Name of Project	Overall Rank	Comments
Thakho (Phapheng Falls)	1	Very low impact. No or very small reservoir (ROR projects). No resettlement.
Nam Sim	1.5	Low impact. No or very little resettlement, small reservoir in relation to output.
Nam Ngum 4B	1.5	
Nam Bak 2	1.5	
Xe Set 2	1.5	
Xe Kaman 3	1.5	
Xe Katam	2	
Hongsa Lignite	2	
Nam Ngum 2A	2	
Nam Mo	2	
Xe Set 3	2	
Houay Lamphang Gnai	2	
Nam Ngum 3	2.5	Medium impact. Some of these projects (e.g. Nam Theun 2) have large reservoirs and comparatively high number of resettled people, but a high installed capacity and a high energy production.
Nam Ngum 3E	2.5	
Nam Theun 1F	2.5	
Nam Kong 1	2.5	
Nam Ngum 2B	3	
Nam Pot	3	
Xe Pian-Xe Namnoy	3	
Nam Mang 3	3.5	
Nam Mawan	3.5	
Nam Ngum 5C	4	
Nam Theun 2	4	
Nam Theun 2 S-538	4	
Xe Kong 5	4	
Xe Kaman 1	4	
Nam Ngum 2	4.5	High impact. Large reservoir, at least in relation to energy produced, and a high number of resettled persons.
Nam Ngiep 1 (FSL 320)	4.5	
Xe Kaman 1B	4.5	
Nam Ngiep 1 (FSL 360)	5	
Nam Theun 3	5	
Xe Pon	5	
Xe Kong 4	5	
Xe Xou	5	
Nam Ngum 4A	5.5	Very high impact. Very large reservoir and very high number of resettled persons in relation to energy output.
Nam Sane	6	
Nam Kong 3	6	
Moung Houn Lignite	-	Projects not ranked due to missing data.
Nam Beng	-	
Nam Long	-	
Nam Ngum 5D	-	
Nam Mouan	-	

関西電力は 2004 年に、ラオス国での水力開発地点を選定するにあたり、上記検討結果より、比較的環境に与える影響が小さい計画のうち、経済性、アクセスの容易さ、系統接続の容易さ、他の開発事業者との関係等を勘案し、Ministry of Industry and Handicraft からの情報収集と協議を通じ、以下 3 地点を選定し、比較検討を実施している。

- ① Xe Katam 地点
- ② Houay Lamphan Gnai 地点
- ③ Nam Kong1 地点

検討を実施した 2004 年以降、比較対象であった Nam Kong 1 地点はロシア資本による IPP として、Houay Lamphan Gnai 地点は EDL による開発地点として、2006 年以降に詳細な事業性調査、最適設計の見直しと環境影響調査、社会影響調査が実施されている。また、Xe Katam 地点は本準備調査により、環境社会配慮面からの調査が実施された。これら調査の結果から、現時点での比較について検討した。

(1) Nam Kong1 地点

- 貯水池は約 1,700ha が二次林、390ha が落葉樹林帯であり、一部伐採や焼畑農業により草地となっている。NBCA には含まれないが、県指定の生産樹林地域指定に一部含まれる。
- ダム地点より約 10km 程度下流で急峻な谷形状から平坦な堆積地となる。堆積地の部分は生物相にも重要で、かつ農地として利用されている。
- ダム下流約 3km 程度は河川流量が減少、水生生物への影響が想定される。
- 貯水池の創出により動物は周辺水域に移動するが、すでに農地開発等が進んでいるため、影響は限定的である。
- 貯水池の成層化による水質悪化、放流水の水温低下が考えられる。
- ダムにより回遊性の魚類に影響が生じる。
- 貯水池内に住居はなく、住民移転は生じない。ダム下流から Xe Kong 川合流地点までの間に存在する 4 村（385 世帯、1,612 人）の生活に影響を与える。また、アクセス道路は 3 村を通過する。

表 6.4-5 最適設計の諸元
(Nam Kong 1 地点)

項 目		諸 元
流域面積		1,250km ²
ダ ム	堤 高	85.3m
	堤 長	379.1m
	有効容量	505 mil. m ³
	貯水面積	21.8km ²
導 水 路	延 長	2,955m
送 電 線	延 長	41km
アクセス道路	延 長	31.8km
出 力		150MW/75MW
年間発生電力量		563GWh/469GWh

注) 発電運転パターンにより出力、電力量が変化する。
これらはオプションとして後日決定される予定。

- ダム下流 4 村の主要産業は漁業であるため、回遊性の魚類が減少することで住民の生活に影響を与える。
- 影響を受ける住民はほとんどが Lao Teung（Mon-Khmer 語族）に属し、少数民族に分類される。
- ダム付近に神聖視されている洞窟がある。また、貯水池内に墓地があり、移転が必要。

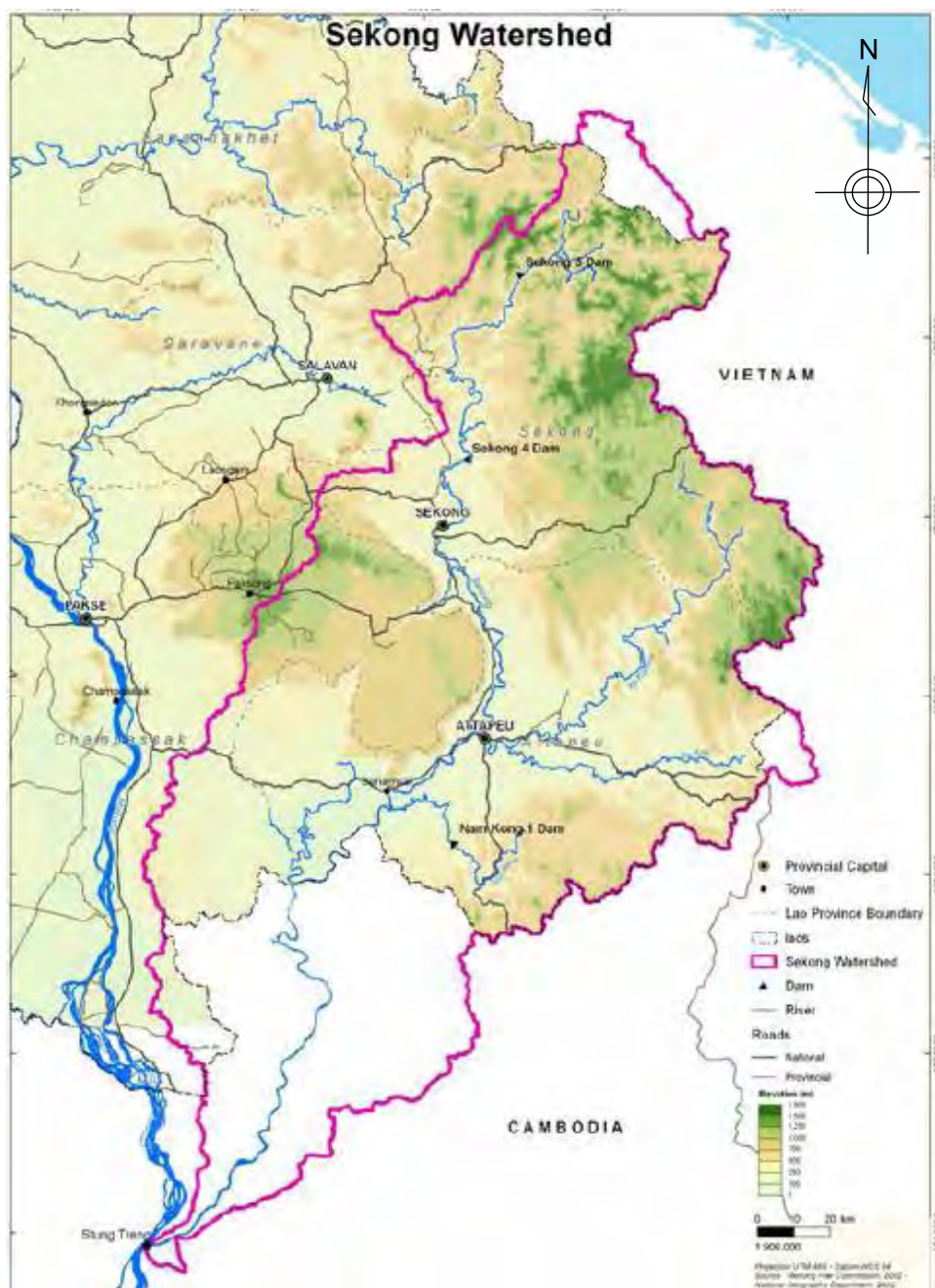


図 6.4-1 Nam Kong1 事業位置図



図 6.4-2 Nam Kong1 地点 ダム・発電所計画位置図

(2) Houay Lamphan Gnai 地点

- 2000 年の検討では住民移転は生じないとされていたが、2 村の住民移転 (189 世帯、1,292 人) が必要であることが判明した。この他、近辺の 5 村及び発電所付近の 1 村の一部が、アクセス道路建設により、事業の影響を受ける (合計 49 世帯、367 人)。
- 影響を受ける住民は、Mon-Khmer 語族に属する Katu 族、Arak 族、Lavi 族、Laven 族および Lao-Tai 語族であり、Katu 族が 95%、Arak 族が 2%を占める。
- Resettlement and Ethnic Minority People Plan により、住民移転、生活再建、少数民族への対応を規定する必要がある。移転先は工事用道路

表 6.4-6 最適設計の諸元
(Houay Lamphan Gnai 地点)

項 目		諸 元
流域面積		237km ² 主ダム 144km ² 、 溪流取水ダム 93km ²
ダ ム	堤 高	79m
	堤 長	630m
	有効容量	122 mil. m ³
	貯水面積	6.8km ²
導 水 路	延 長	2,831m
送 電 線	延 長	12km
アクセス道路	延 長	22km
出 力		84.8MW
年間発生電力量		452GWh

近辺に適地があり、十分な面積が確保できる。

- 貯水池は常緑樹林帯が約 25%を占め、その他はコーヒー農園、米作地、カルダモン農園、2 次林等からなる。すでに開発された土地であり、動植物への影響は限定的である。
- ダム下流から発電所放水口までの河川水量が減少する（約 21km）。ダム下流約 12.5km 地点で支川が合流する。特に支川が合流する地点まで、河川流量の減少が水生生物に影響を与える可能性がある。また、漁業にも影響を与えるため、河川維持流量の放流により対処する必要がある。

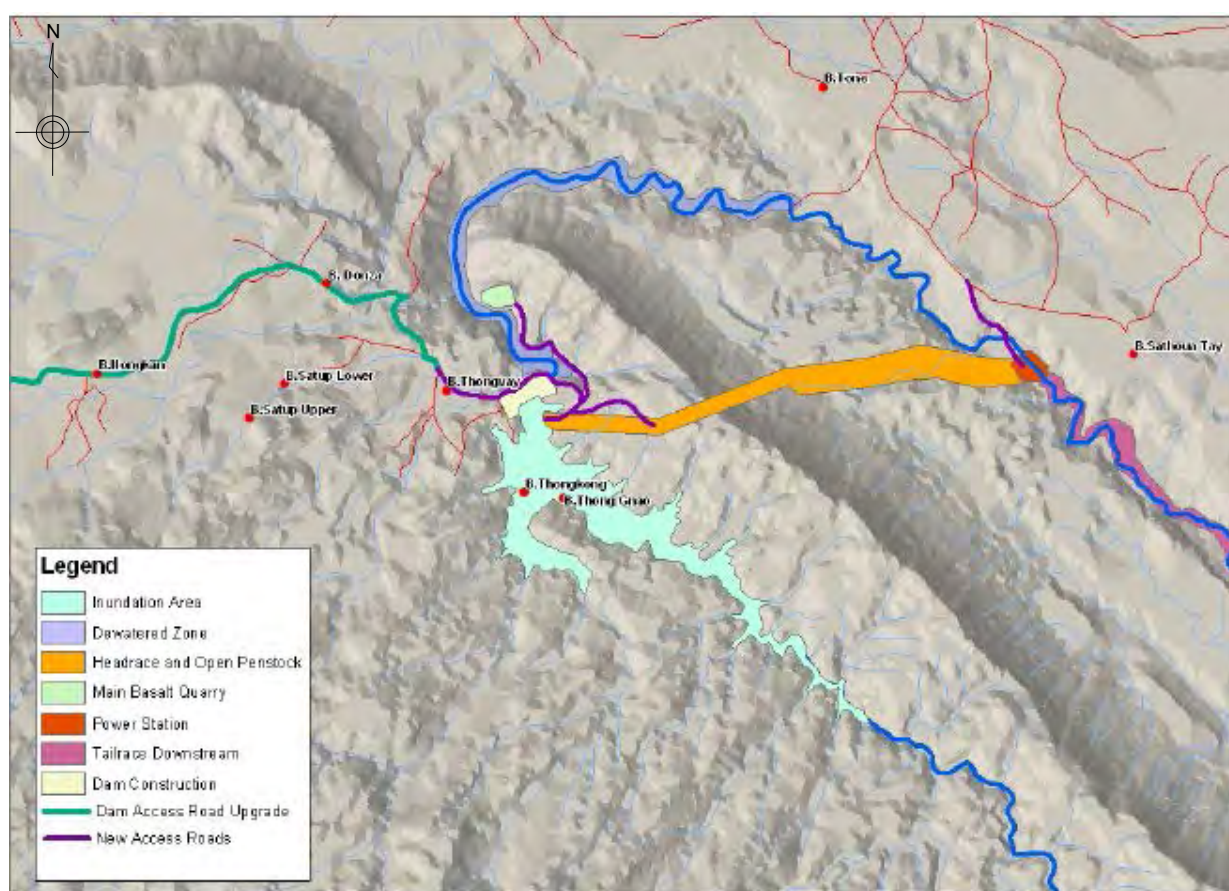


図 6.4-3 Houay Lamphan Gnai 地点 ダム・発電所計画位置図

(3) セカタム地点(2004 年時点計画)

- Xe Katam 川支流の Nam Houng 川にダムを建設し、Xe Katam 川に転流堰を設置して Xe Katam 川と Nam Houng 川の流水を貯留し、年間を通じて流況を調整することで安定した発電力を確保する計画である。
- 貯水池予定地の約 25%は針葉樹林および混合落葉樹林であり、その他は米作地、コーヒー農園、果樹園、2 次林である。すでに開発された土地であり、動植物への影響は限定的である（2013 年時点調査結果）。
- 貯水池予定地には民家はなく、住民移転は生じない。ただし、送電線下に 1 軒の民家があり、近隣地への移転が必要となる（2013 年時点調査結果）。
- 貯水池予定地のうち 384ha は農地として利用されている。農地は 300 家族が利用しており、移転が必要となる。移転候補地として貯水池予定地近辺の Old Nong Hin が調査された（2013 年時点調査結果）。
- Xe Katam 川転流堰から下流約 6.0km および取水口から発電所までの約 8.5km の合計 14.5 km 区間にわたり、河川水量が減少する。当該区間は漁業、生活用水に利用されており、影響軽減策が必要となる。
- ダム・発電所の建設により、5 村が影響を受ける。影響を受ける住民は Mon-Khmer 語族に属する Nyaheun 族および Yuroo 族（または Laven 族）であり、99%が Nyaheun 族である。

表 6.4-7 最適設計の諸元(セカタム地点)

項 目		諸 元
流域面積		214km ² 転流堰 176 km ² 、 主ダム 38km ²
ダ ム	堤 高	41.6m
	堤 長	449.8m
	有効容量	121 mil. m ³
	貯水面積	7.6km ²
導 水 路	延 長	5.6km
送 電 線	延 長	45km
アクセス道路	延 長	新設 4km 改良 24km
出 力		61.6MW
年間発生電力量		381GWh

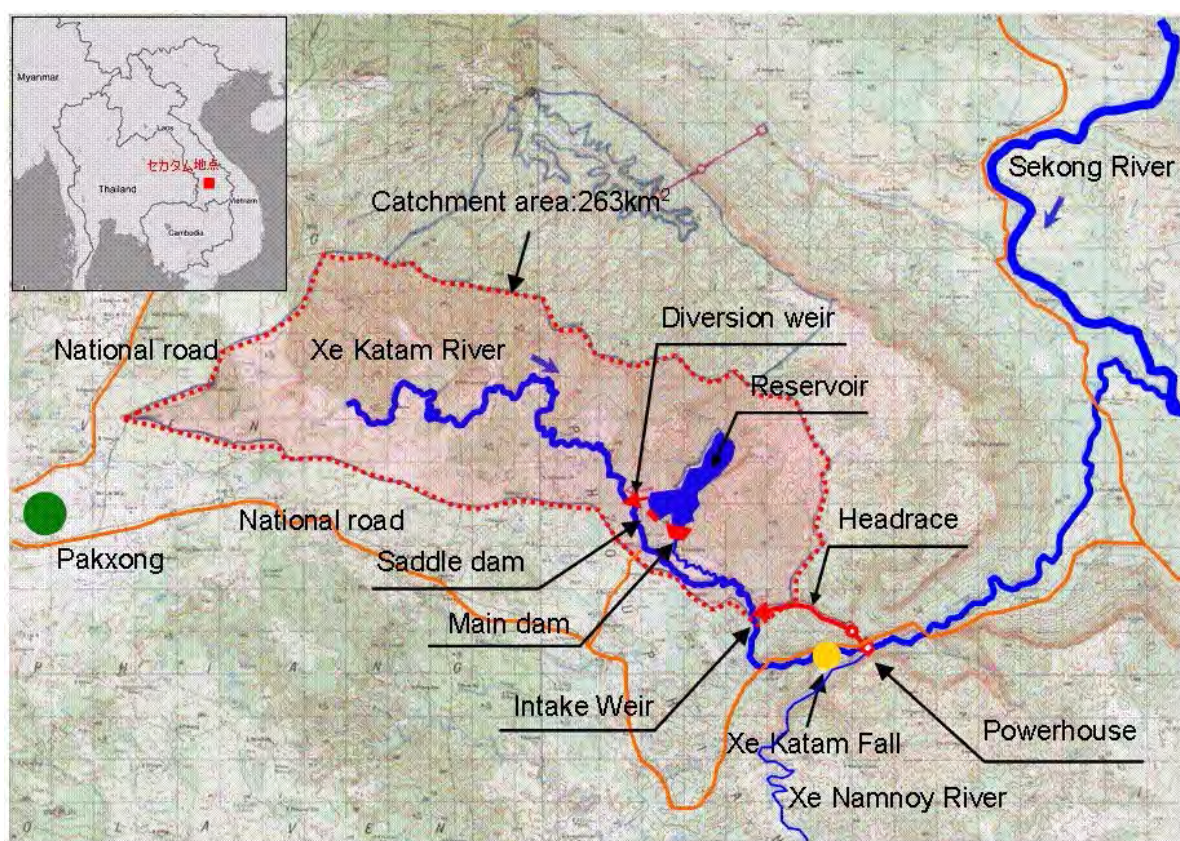


図 6.4-4 セカタム地点 ダム・発電所計画位置図(2004 年時点)

(4) 3 地点の比較検討

3 地点の検討結果を表 6.4-8 に比較した。

検討結果より、環境社会配慮面から、セカタム地点が開発候補地点として優位であると結論づけられる。

表 6.4-8 水力開発候補地点の絞込み

比較検討項目		Xe Katam	Nam Kong 1	Houay Lamphan Gnai
主要諸元	設備容量 (MW)	61	150/75	84.8
	年間発生電力量 (GWh)	381	563/469	452
	貯水池湛水面積 (km ²)	7.6	21.8	6.8
	流域面積 (km ²)	258	1,250	237
	送電線亘長 (km)	50	41	12
	アクセス道路 (km)	改修 24、新設 4	31.8	22
経済性	事業費概算 (MU\$)	225	213	106
	単位出力コスト (US\$/kW)	3,689	1,420/2,840	1,250
	単位電力コスト (¢/kWh)	59	38/45	23
技術面	ダム他	高さ 41m のロックフィルダムであり、技術は確立。特に技術的に問題なし。	高さ 85m のコンクリート重力ダムであり、技術は確立。特に技術的に問題なし。	高さ 79m のコンクリート重力ダムであり、技術は確立。特に技術的に問題なし。
自然環境	改変面積	貯水池による改変が主。	貯水池、工事用道路建設(延長 32km)により林地の改変が大。	貯水池による改変が主。
	動植物への影響	貯水池は開発されており、動植物への影響は限定的。転流工下流 7km と取水堰下流 9km にわたり水量が減少するため、魚類に影響を与える。	貯水池は 2 次林が主体であるが、改変面積が大きいことから、動植物への影響が懸念される。ダム下流 3km にわたり河川水量が減少するため、魚類に影響を与える。	貯水池は開発されており、動植物への影響は限定的。ダム下流 12.5km にわたり河川水量が減少するため、魚類に影響を与える。
社会環境	土地利用状況	貯水池の 60%程度が耕作地として開発。	貯水池は森林地であり、小規模な耕作地が点在。	貯水池は 75%程度が耕作地として開発。
	景観	Xe Katam 滝の水量が減少。	-	-
	住民移転	なし	なし	2 村(189 世帯、1,292 人)の住民移転が必要
	周辺住民への影響	事業計画地周辺の 5 村(288 世帯、1,652 人)に影響を与える可能性がある。貯水池内耕作地の移転が必要。	事業計画地周辺の 4 村(385 世帯、1,612 人)、アクセス道路が通過する 3 村に影響を与える可能性がある。	アクセス道路が通過する 5 村、発電所近辺の 1 村(合計 49 世帯、367 人)に影響を与える可能性がある。貯水池内耕作地の移転が必要
	少数民族	影響を受ける住民は少数民族に分類される Nyaheun 族が主体。	影響を受ける住民は少数民族に分類される Mon-Khmer 語族である。	影響を受ける住民は少数民族に分類される、Katu 族が主体。
評価	経済性	△	△	○
	技術面	○	○	○
	改変面積規模	△	×	△
	動植物への影響	△	×	△
	土地利用状況	△	△	△
	景観	△	○	○
	住民移転	○	○	×
	周辺住民への影響	△	△	△
	総合評価	自然環境、社会環境に対し中位の影響がある。経済性は劣るが、周辺環境への影響に対して、移転農地の確保、維持流量の放流等により対処可能と考えられる。	自然環境に対する影響規模が大きい。貯水池面積が 22km ² と大きく、自然環境への影響が懸念される。自然環境保全対策が大規模となる可能性がある。	住民移転が必要。住民移転が生じるため、社会環境上、十分な対処が必要となり、不確定要素が大きい。

6.4.4 発電方法の比較

水力発電の発電方法においてダム水路式と流れ込み式について比較検討を行った。流れ込み式は貯水池内の耕作地の移転が必要なくなり、社会環境への影響が小さくなる。また、改変規模が小さくなることから、自然環境への影響も軽減される。さらに、経済性については、流れ込み式の方が、発電電力量に対する建設費が安くなる。

表 6.4-9 発電方法の比較

比較検討項目		ダム水路式	流れ込み式
主要諸元	設備容量 (MW)	83.1	81
	年間発生電力量 (GWh)	383	299
	貯水池湛水面積 (ha)	780	—
	ダム	主ダム：高さ 41.4m, 長さ 420.5m 副ダム：高さ 13.7m, 長さ 1,340m	—
	アクセス道路 (km)	29.6km	16.3km
経済性	発電電力量に対する建設費	・年間発生電力量：383GWh	・年間発生電力量：299GWh ・総事業費比率：ダム水路式の 64% [kWh あたりの建設単価比率：0.83]
自然環境	動植物への影響	動植物への影響が考えられる。また、減水区間が約 16km あり、魚類など水生生物に対する影響が考えられる。	減水区間が約 9km あり、魚類など水生生物に対する影響が考えられるが、ダム水路式よりは軽減される。
社会環境	景 観	Xe Katam 滝の水量が減少する。	Xe Katam 滝の水量が減少する。
	周辺住民への影響	事業計画地周辺の 5 村に影響を与える可能性がある。貯水池内の耕作地の移転が必要。	事業計画地周辺の 2 村に影響を与える可能性がある。
評価	技術面	○	○
	経済性	△	○
	自然環境	×	△
	社会環境	△	○
総合評価		△	○

6.4.5 架空送電線のルート比較

詳細は、第 4.5.1 項に記述。

No.1 および No.2 ルートの比較を表 6.4-10 に示す。

表 6.4-10 送電線ルートの比較

比較検討項目		No.1	No.2
主要諸元	亘長 (km)	約 45km	約 45km
自然環境	動植物への影響	山間部を通過するため、森林への影響が考えられる。	山間部の通過距離は短いため、No.1 よりも森林への影響は小さくなる。
社会環境	鉱山開発地との距離	鉱山開発地の北側を通過する。	鉱山開発地内を一部通過するため、補償が生じる可能性がある。
	大規模プランテーションとの距離	大規模プランテーションの北側を通過する。	大規模プランテーション内を一部通過するため、補償が生じる可能性がある。
	周辺住民への影響	Houaykong の集落を通過するため、この区間は Desirable tentative route を選定する (図 4.5-6)。	Houaykong の集落を通過するため、この区間は Desirable tentative route を選定する (図 4.5-6 参照)。
経済面		補償費は最小限に抑えられる。	鉱山開発地や大規模プランテーション内を通過するため、No.1 に比べて補償費がかかる。
評 価	技術面	○	○
	自然環境	△	○
	社会環境	○	△
	経済面	○	△
総合評価		○	△

6.5 スコーピング

JICA ガイドラインに従い、既往調査結果を踏まえて予想される EIA 項目を評価した結果を表 6.5-1～表 6.5-3 に示す。なお、当節および次節は、流れ込み式発電所の計画及び架空送電線ルートと比較検討（第 6.4.5 節参照）のルート No.1 を対象としている。

表 6.5-1 スコーピング案(発電所)

分類	No	影響項目	評価		評価理由
			工事前 工事中	供用時	
汚染対策	1	大気汚染	B-	C-	工事中: 工事による粉塵の発生が予想される。また、建設機械や工事用車両による大気質の悪化が予想される。 供用時: 工事に伴い道路が整備されることによって交通量が増加する可能性があり、粉塵の増加・大気質の悪化が予想される。非常用発電機(ディーゼル発電機)運転による大気質の悪化が予想される。
	2	水質汚濁	A-	B-	工事中: 掘削工事に伴う濁水の発生、建設機械や工事用車両からの油の流出、工事用宿舎からの排水等による水質汚濁が想定される。 供用時: - 水車発電機等の障害発生時、河川への油流出が予想される。 - 有人発電所であるため生活排水による水質汚濁が予想される。
	3	廃棄物	B-	C-	工事中: 建設残土や廃材の発生が予想される。 供用時: 潤滑油の廃油や発電所保守運転員の生活廃棄物の発生する可能性がある。
	4	土壌汚染	B-	C-	工事中: 建設機械や工事用車両からの油の流出による土壌汚染が予想される。 供用時: 変圧器等屋外機器の障害発生時、油の流出による土壌汚染の可能性はある。
	5	騒音・振動	B-	B-	工事中: 建設機械や工事用車両の稼働により、騒音・振動の発生が予想される。 供用時: - 工事に伴い道路が整備されることによって交通量が増し、騒音・振動が発生することが予想される。 - 発電機、変圧器運転中、騒音の発生が予想される。
	6	地盤沈下	D	D	地盤沈下を引き起こすような作業は想定されない。
	7	悪臭	D	D	悪臭が発生するような作業は想定されない。
	8	底質	B-	C-	工事中: 掘削工事に伴う濁水、建設機械や工事用車両から流出した油、工事用宿舎からの排水等が河川に流出した場合、底質汚染が予想される。 供用時: 取水堰によって堰止められた土砂に有機物が大量に含まれる場合は、水底に泥土が形成される可能性がある。
自然環境	9	保護区	D C-	D C-	事業予定地周辺に国指定の保護区はない。 環境調査により、国指定の保護区以外の自然環境に関する地域指定を調査する。
	10	生態系	A-	A-	工事中: - 工事により森林が伐採され、動植物の生息・生育地の消失、分断が生じることが予想される。 - 建設に伴う騒音や人間の関与により、環境変化に敏感な動物種の一時的な生息地の変更が想定される。 - 河川流路が変化することにより水生生物に影響する。 供用時: - 森林の減少により、動植物の生息・育成地の消失、分断が生じることが予想される。 - 取水による河川減水区間における流量減少により水生生物への影響が想定される。 - 取水堰により、移動性魚類の遡上が不可能となる。 - 道路建設等により人間のアクセスが容易になることで、動物の生息地を阻害し、狩猟活動が活発になることが想定される。 - 道路建設により開発行為が誘発されることによる累積的影響が想定される。
	11	水象	B-	A-	工事中: - 取水堰建設時の河川の水流や河床が変化することが予想される。 供用時: - 取水によって河川減水区間が生じることによる流況の変化が想定される。 - Xe Katam 川において、取水堰から放水口までの間で河川流量が減少する。

分類	No	影響項目	評価		評価理由
			工事前 工事中	供用時	
自然環境	12	地形・地質	B-	B-	工事中・供用時： -トンネル、工事用道路、切取工事により、地形が変化することが想定される。 -斜面の切取工事により地滑りが生じる可能性がある。
	13	住民移転・用地取得	B-	D	工事前・計画時：発電所建設用地の取得に伴う住民移転は発生しないが、発電所建設予定地内等にある耕作地等の補償が必要となる。
社会環境	14	貧困層	B-	B- B+	工事中・供用時：発電所建設用地の取得に伴い、生計手段である耕作地が消失する可能性がある。 供用時：発電設備の増強による地域電力供給体制の強化、工事にともなう道路整備等により、学校・病院等の社会サービスの向上及びこれら施設へのアクセスの向上が見込まれる。
	15	少数民族・先住民	A-	A-	工事中・供用時：工事により影響を受ける住民は、少数民族に分類される Nyaheun 族であり、建設用地取得による耕作地の減少、森林伐採による地域資源の減少等、生活手段への影響が想定される。
	16	雇用や生計手段等の地域経済	B- B+	B+	工事中・供用時： -建設用地の取得により、生活基盤（農業、森林作物、漁業、狩猟等）となる土地が減少する。 -建設工事に伴う地元住民の雇用機会が増加することが予想される。 供用時：安定した電力供給、道路整備により、生計手段の多様化や耕作地へのアクセスの向上が見込まれる。
	17	土地利用や地域資源利用	B-	B-	工事中：発電所建設用地の取得に伴い、耕作地が使用できなくなることが予想される。また、森林伐採により地域資源が減少することが予想される。 供用時：建設用地の土地利用の変化、森林減少や流況の変化により森林作物や魚類等の地域資源が変化することが予想される。
	18	水利用	C-	C-	工事中：掘削工事に伴う濁水の発生、建設機械や工事用車両からの油の流出、工事用宿舎からの排水等による水質汚濁が生じた場合、河川水を生活用水として利用している取水堰下流部の住民へ影響する可能性がある。 供用時：河川減水区間が生じること、および水質悪化の可能性があることから、河川水を生活用水として利用している取水堰地下流部の住民へ影響する可能性がある。
	19	既存の社会インフラや社会サービス	B-	B+	工事中：道路の利用が一部制限される時間が発生することが予想される。 供用時：発電設備の増強による地域電力供給体制の強化、工事に伴う道路整備等により、学校・病院等の社会サービスの向上及びこれら施設へのアクセスの向上が見込まれる。
	20	社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織	B-	D	工事中：土地取得に対する補償に関する協議や補償内容の査定等の際、社会関係資本や社会組織に影響を与えることが予想される。 供用時：社会関係資本や社会組織への影響は想定されない。
	21	被害と便益の偏在	B-	B+	工事中：事業に起因する不公正な補償の評価が被害と便益の偏在を引き起こすことが想定される。 供用時：安定した電力供給、道路整備により、学校・病院等の社会サービス及びこれら施設へのアクセスの向上等による地域全体の便益の向上が見込まれる。
	22	地域内の利害対立	B-	D	工事中：土地取得に対する補償に関する協議や補償内容の査定等の際、事業対象地域内の村で利害対立が生じることが予想される。 供用時：事業対象地域内の利害対立は想定されない。
	23	文化遺産	C-	D	工事中：建設工事が住民の精神的聖地（墓地等）に影響する可能性がある。 供用時：発電所の運営による文化遺産・聖地への影響はない。
	24	景観	D	A-	工事中：景観に影響を及ぼすような作業は想定されない。 供用時：Xe Katam 滝上流部での取水により、水量が減少する。
	25	ジェンダー	C	C	工事中・供用時：本事業によるジェンダーへの負の影響は想定されないが、現地調査により確認した上で、影響の有無を評価する必要がある。
	26	子どもの権利	D	D	工事中・供用時：本事業による子どもの権利への負の影響は想定されない。
	27	HIV/AIDS等の感染症	C-	D	工事中：工事作業員の流入により、感染症が広がる可能性がある。 供用時：感染症による影響は想定されない。

分類	No	影響項目	評価		評価理由
			工事前 工事中	供用時	
社会環境	28	労働環境(労働安全を含む)	C-	D	工事中: 工事中の事故やマラリア等の感染症等、傷病が発生する可能性がある。 供用時: 労働環境に負の影響を与えるような作業は想定されない。
その他	29	事故	A-	B-	工事中: 工事中の事故、交通事故等の発生が予想される。また、ラオス国はクラスター爆弾等の爆撃を受けた国であり、事業地域に不発弾が残存している可能性がある。 供用時: 運転中の事故、交通事故等の発生が予想される。
	30	越境の影響、及び気候変動	C-	C+/-	工事中: 建設機械や工事用車両からの CO ₂ の排出、森林伐採による CO ₂ 吸収量が減少する可能性があるが、その量は僅かであり、気候変動への影響は想定されない。 供用時: 水力発電エネルギーによる電力供給により、化石燃料及び薪等の利用が減少し、CO ₂ 削減に寄与する。

A+/-: Significant positive/negative impact is expected.

B+/-: Positive/negative impact is expected to some extent

C+/-: Extent of positive/negative impact is unknown. (A further examination is needed, and the impact could be clarified as the study progresses)

D: No impact is expected

表 6.5-2 スコーピング案(工事用道路)

分類	No	影響項目	評価		評価理由
			工事前 工事中	供用時	
汚染対策	1	大気汚染	B-	B-	工事中: 工事による粉塵の発生が予想される。また、建設機械や工事用車両による大気質の悪化が予想される。 供用時: 工事に伴い道路が整備されることによって交通量が増加する可能性があり、粉塵の増加・大気質の悪化が予想される。
	2	水質汚濁	B-	D	工事中: 掘削工事に伴う濁水の発生、建設機械や工事用車両からの油の流出による水質汚濁が予想される。 供用時: 水質汚濁を引き起こすような作業は想定されない。
	3	廃棄物	B-	D	工事中: 建設残土や廃材の発生が予想される。 供用時: 周辺環境へ影響を与えるような廃棄物が発生する可能性はない。
	4	土壌汚染	B-	D	工事中: 建設機械や工事用車両からの油の流出による土壌汚染が予想される。 供用時: 周辺環境へ影響を与えるような廃棄物が発生する可能性はない。
	5	騒音・振動	B-	B-	工事中: 建設機械や工事用車両の稼働により、騒音・振動の発生が予想される。 供用時: 工事に伴い道路が整備されることによって交通量が増し、騒音・振動が発生することが予想される。
	6	地盤沈下	D	D	地盤沈下を引き起こすような作業は想定されない。
	7	悪臭	D	D	悪臭が発生するような作業は想定されない。
	8	底質	D	D	底質汚染を引き起こすような作業は想定されない。
自然環境	9	保護区	D C-	D C-	事業予定地周辺に国指定の保護区はない。 環境調査により、国指定の保護区以外の自然環境に関する地域指定を調査する。
	10	生態系	B-	B-	工事中: 道路の新設または工事に伴う森林の伐採により、動植物の生息・生育地の消失、分断が生じることが予想される。 供用時: -道路建設等により人間のアクセスが容易になることで、動物の生息地を阻害し、狩猟活動が活発になることが予想される。 -道路建設により開発行為が誘発されることによる累積的影響が想定される。
	11	水象	D	D	水象が変化するような作業は想定されない。
	12	地形・地質	B-	D	工事中: 掘削工事により、地形が変化することが予想される。 供用時: 地形・地質に影響を及ぼすような作業は想定されない。
社会環境	13	住民移転・用地取得	B-	D	工事前・計画時: 工事用道路用地の取得に伴う住民移転は発生しないが、工事用道路用地に係る私有地及び耕作地の用地取得が必要となる。
	14	貧困層	B-	B- B+	工事中・供用時: 工事用道路用地取得に伴い、生計手段である耕作地が一部消失する。 供用時: 道路整備により、学校・病院等の社会サービスへのアクセスの向上が見込まれる。

分類	No	影響項目	評価		評価理由
			工事前 工事中	供用時	
社会環境	15	少数民族・先住民 族	B-	B-	工事中・供用時: 工事により影響を受ける住民は、ほとんどが少数民族に分類される Nyaheun 族であり、工事用道路用地取得による耕作地の減少、森林伐採による地域資源の減少等、生活手段への影響が予想される。
	16	雇用や生計手段 等の地域経済	B±	B±	工事中: 建設工事に伴う地元住民の雇用が見込まれる。一方で、工事用道路用地取得に伴う耕作地の減少が予想される。 供用時: 安定した電力供給が、生計手段の多様化につながる可能性がある。一方で、工事用道路用地の取得に伴う耕作地の減少が予想される。
	17	土地利用や地域 資源利用	B-	B-	工事中: 工事用道路用地の取得に伴い、耕作地が使用できなくなることが予想される。また、森林伐採により地域資源が減少することが予想される。 供用時: 工事用道路用地に係る土地利用の変化、森林減少により森林作物等の地域資源が変化することが予想される。
	18	水利用	D	D	水利用の変化が生じるような作業は想定されない。
	19	既存の社会インフ ラや社会サービス	B-	B+	工事中: 道路の利用が一部制限される時間が発生することが予想される。 供用時: 発電設備の増強による地域電力供給体制の強化、工事にもなう道路整備等により、学校・病院等の社会サービスの向上及びこれら施設へのアクセスの向上が見込まれる。
	20	社会関係資本や地 域の意思決定機関 等の社会組織	B-	D	工事中: 土地取得に対する補償に関する協議や補償内容の査定等の際、社会関係資本や社会組織に影響を与えることが予想される。 供用時: 社会関係資本や社会組織への影響は想定されない。
	21	被害と便益の偏在	B-	D	工事中: 事業に起因する不公正な補償の評価が被害と便益の偏在を引き起こすことが想定される。 供用時: 被害と便益の偏在は想定されない。
	22	地域内の利害対 立	B-	D	工事中: 土地取得に対する補償に関する協議や補償内容の査定等の際、事業対象地域内の村で利害対立が生じることが予想される。 供用時: 事業対象地域内の利害対立は想定されない。
	23	文化遺産	C-	D	工事中: 建設工事が住民の精神的聖地(墓地等)に影響する可能性がある。 供用時: 工事用道路使用による文化遺産・聖地への影響はない。
	24	景観	B-	B-	工事用道路計画地周辺に景観資源は存在しないが、道路建設により、景観が一部変化することが予想される。
	25	ジェンダー	C	D	工事中: 本事業によるジェンダーへの負の影響は想定されないが、現地調査により確認した上で、影響の有無を評価する必要がある。 供用時: ジェンダーへの影響は想定されない。
	26	子どもの権利	D	D	工事中: 本事業による子どもの権利への負の影響は想定されない。 供用時: 子どもの権利への影響は想定されない。
	27	HIV/AIDS等の感 染症	C-	D	工事中: 工事作業員の流入により、感染症が広がる可能性がある。 供用時: 感染症による影響は想定されない。
その他	28	労働環境(労働安 全を含む)	C-	D	工事中: 工事中の事故やマラリア等の感染症等、傷病が発生する可能性がある。 供用時: 労働環境に負の影響を与えるような作業は想定されない。
	29	事故	A-	B-	工事中: 工事中の事故、交通事故等の発生が予想される。また、ラオス国はクラスター爆弾等の爆撃を受けた国であり、事業地域に不発弾が残存している可能性がある。 供用時: 道路状況の改善により通行車両が増加することで、交通事故等の発生が予想される。
	30	越境の影響、及び 気候変動	C-	C-	工事中: 建設機械や工事用車両からの CO ₂ の排出、森林伐採による CO ₂ 吸収量が減少する可能性があるが、その量は僅かであり、気候変動への影響は想定されない。 供用時: 工事に伴い道路が整備されることによって交通量が増し、CO ₂ の排出量が増加する可能性がある。

A+/-: Significant positive/negative impact is expected.

B+/-: Positive/negative impact is expected to some extent

C+/-: Extent of positive/negative impact is unknown. (A further examination is needed, and the impact could be clarified as the study progresses)

D: No impact is expected

表 6.5-3 スコーピング案(送電線)

分類	No	影響項目	評価		評価理由
			工事前 工事中	供用時	
汚染対策	1	大気汚染	B-	D	工事中: 工事による粉塵の発生が予想される。また、建設機械や工事用車両による大気質の悪化が予想される。 供用時: 大気汚染を引き起こすような作業は想定されない。
	2	水質汚濁	C-	D	工事中: 掘削作業による濁水で、水質汚濁の可能性はある。しかし、これらの影響は一時的で、影響範囲は送電鉄塔工事範囲周辺に限定される。 供用時: 水質汚濁を引き起こすような作業は想定されない。
	3	廃棄物	B-	D	工事中: 建設残土や廃材の発生が予想される。 供用時: 周辺環境へ影響を与えるような廃棄物が発生する可能性はない。
	4	土壌汚染	C-	D	工事中: 建設機械や工事用車両からの油の流出による土壌汚染の可能性はある。しかし、この影響は送電鉄塔工事範囲周辺に限定される。 供用時: 土壌汚染が発生する可能性はない。
	5	騒音・振動	B-	D	工事中: 建設機械や工事用車両の稼働により、騒音・振動の発生が予想される。 供用時: 騒音・振動が発生するような作業は想定されない。
	6	地盤沈下	D	D	地盤沈下を引き起こすような作業は想定されない。
	7	悪臭	D	D	悪臭が発生するような作業は想定されない。
	8	底質	D	D	底質汚染を引き起こすような作業は想定されない。
自然環境	9	保護区	D C-	D C-	事業予定地周辺に国指定の保護区はない。 環境影響調査により、国指定の保護区以外の自然環境に関する地域指定を調査する。
	10	生態系	B-	B-	工事中: 送電線建設または建設工事に伴う森林の伐採により動植物の生息・生育地が消失、分断されることが予想される。 供用時: - 送電線を阻害する送電線下の樹木の伐採により、動植物の生息・生育地が消失、分断される可能性がある。 - 電線の架設による鳥類の飛行への影響が考えられる。 - 道路建設により開発行為が誘発されることによる累積的影響が想定される。
	11	水象	D	D	水象が変化するような作業は想定されない。
	12	地形・地質	B-	B-	工事中・供用時: 鉄塔、工事用道路等の工事により、地形・地質に影響を及ぼす可能性がある。
社会環境	13	住民移転・用地取得	B-	D	工事前・計画時: 鉄塔用地の取得(概ね、350m 毎に鉄塔 1 基を建設、1 基あたり 144m ² 程度)に伴う住民移転は発生しないが、私有地や耕作地の用地取得、送電線下土地の利用制限が発生する可能性がある。
	14	貧困層	C-	C- B+	工事中・供用時: 貧困層が鉄塔計画用地を生計手段として利用している場合には、用地の取得により生計基盤である耕作地が減少する。 供用時: 発電設備増強によって地域電力供給が安定化することにより、学校・病院等の社会サービスの向上が見込まれる。
	15	少数民族・先住民	C-	C-	工事中・供用時: 事業対象地域及びその周辺で生活している少数民族・先住民の有無及びそれらに対する影響を確認する。
	16	雇用や生計手段等の地域経済	B±	B+	工事中: 建設工事に伴う地元住民の雇用が見込まれる。一方で、限定的ではあるが、鉄塔用地の取得(概ね、350m 毎に鉄塔 1 基を建設、1 基あたり 144m ² 程度)に伴う耕作地の減少が予想される。 供用時: 安定した電力供給が、生計手段の多様化につながる可能性がある。
	17	土地利用や地域資源利用	B-	B-	工事中・供用時: 耕作地での用地取得に伴う収穫量の減少、送電線下土地の利用制限が予想される。
	18	水利用	D	D	水利用の変化が生じるような作業は想定されない。
	19	既存の社会インフラや社会サービス	B-	B+	工事中: 道路利用が一部制限される時間帯が発生すると想定される。 供用時: 発電設備増強によって地域電力供給が安定化することにより、学校・病院等の社会サービスの向上が見込まれる。

分類	No	影響項目	評価		評価理由
			工事前 工事中	供用時	
社会環境	20	社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織	C-	D	工事中: 土地取得に対する補償に関する協議や補償内容の査定等の際、社会関係資本や社会組織に影響を与える可能性がある。 供用時: 社会関係資本や社会組織への影響は想定されない。
	21	被害と便益の偏在	B-	D	工事中: 事業に起因する不公正な補償の評価が被害と便益の偏在を引き起こすことが想定される。 供用時: 被害と便益の偏在が生じるような作業は想定されない。
	22	地域内の利害対立	C-	D	工事中: 土地取得に対する補償に関する協議や補償内容の査定等の際、事業対象地域内の村で利害対立が生じる可能性がある。 供用時: 事業対象地域内の利害対立は想定されない。
	23	文化遺産	C-	C-	工事中: 建設工事が住民の精神的聖地(墓地等)に影響する可能性がある。環境影響調査により、精神的聖地、文化遺産の有無を確認する。 供用時: 環境影響調査により、文化遺産の有無を確認する。
	24	景観	B-	B-	事業対象地及びその周辺に景観資源は存在しないが、送電線建設により、景観を損ねると予想される。
	25	ジェンダー	C	D	工事中: 本事業によるジェンダーへの負の影響は想定されないが、現地調査により確認した上で、影響の有無を評価する必要がある。 供用時: ジェンダーへの影響は想定されない。
	26	子どもの権利	D	D	工事中・供用時: 本事業による子どもの権利への負の影響は想定されない。
	27	HIV/AIDS等の感染症	C-	D	工事中: 工事作業員の流入により、感染症が広がる可能性がある。 供用時: 感染症による影響は想定されない。
	28	労働環境(労働安全を含む)	C-	D	工事中: 工事中の事故やマラリア等の感染症等、傷病が発生する可能性がある。 供用時: 労働環境に負の影響を与えるような作業は想定されない。
その他	29	事故	A-	D	工事中: 工事中の事故、交通事故等の発生が予想される。また、ラオス国はクラスター爆弾等の爆撃を受けた国であり、事業地域に不発弾が残存している可能性がある。 供用時: 事故が発生する可能性は低い。
	30	越境の影響、及び気候変動	C-	D	工事中: 建設機械や工事用車両から CO ₂ が排出され、樹木伐採による CO ₂ 吸収量が減少する可能性があるが、送電線は主に平野部で、樹木が疎らな地域を通過するため、その量は僅かであり、気候変動への影響は想定されない。 供用時: 送電線運用による気候変動への影響はない。

A+/-: Significant positive/negative impact is expected.

B+/-: Positive/negative impact is expected to some extent

C+/-: Extent of positive/negative impact is unknown. (A further examination is needed, and the impact could be clarified as the study progresses)

D: No impact is expected

6.6 環境社会配慮調査の TOR

スコーピング案に応じ、環境社会配慮の調査検討項目を抽出した。結果を表 6.6-1～表 6.6-3 に示す。実際の現地調査では、アクセス道路については発電所を対象とした調査とともに実施した。

表 6.6-1 環境社会配慮調査の TOR(発電所)

分類	調査項目	調査内容(計画)
代替案の検討	① アライメントの検討 ② 設計・工法の検討	① プロジェクトの経済性を保持する範囲内で用地取得を最小化する計画とする。 ② 環境影響を低減する設計・工法の検討。
汚染対策	1 大気汚染 ① 環境基準等の確認 ② 事業対象地付近の住居、学校等の確認 ③ 工事中的の影響	① 既存資料調査 ② 現地調査 ③ 工事の内容、工程、工法、使用重機、資材運搬計画等の確認、大気汚染防止策の検討
	2 水質汚濁 ① 河川水質 ② 河川水の生活利用の状況 ③ 工事中的の影響	① 河川の水質調査(水、BOD、SS 等)の測定 雨期・乾期、それぞれ 6 地点においてサンプリング調査 ② 現地調査、ヒアリング ③ 工事の内容、工程、工法、使用重機計画等の確認、水質汚濁防止対策の検討
	3 廃棄物 ① 環境基準等の確認 ② 廃棄物処理方法	① 廃棄物の取扱いに関する基準の調査 ② 廃棄物取扱い方法の検討
	4 土壌汚染 ① 工事中的の油流出対策検討 ② 供用中の油流出対策検討	① 類似事例調査、適用性検討 ② 類似事例調査、適用性検討
	5 騒音・振動 ① 環境基準等の確認 ② 工事対象地付近の住居、学校等の確認 ③ 工事中的の影響	① 既存資料調査 ② 現地調査 ③ 工事の内容、工法、使用重機等の確認、騒音・振動影響の検討
	6 地盤沈下	影響が予想されないため、調査は実施しない。
	7 悪臭	影響が予想されないため、調査は実施しない。
	8 底質 ① 工事中的の排水処理	① 類似事例調査、適用性検討
自然環境	9 保護区 ① 国指定の保護区以外の地域指定	① 既存調査、ヒアリングによる国指定の保護区以外の地域指定調査(保護林等)
	10 生態系 ① 動植物の生息・生育状況 ② 工事中的の影響 ③ 水生生物への影響 ④ 移動性魚類 ⑤ 累積的影響	① 事業地周辺の植生及び動植物の生息・生育状況調査(希少種調査を含む) ② 工事計画による動植物への影響検討 ③ 河川流況の変化による水生生物への影響検討 ④ 移動性魚類に関する類似事例調査、影響検討 ⑤ 誘発される開発行為の調査
	11 水象 ① 水文調査 ② 工事中的の流況変化 ③ 運営期間における流況変化 ④ 河川維持流量	① 水文データの収集、分析 ② 工事計画、工程の確認、工事中的の流況変化の影響検討 ③ 運営計画の確認、運営期間の流況変化の影響検討 ④ 河川水文データ分析、水生生物調査による影響検討、河川維持流量の検討

分類		調査項目	調査内容(計画)
自然環境	12	地形・地質 ① 地形・地質確認	① 地形・地質調査
社会環境	13	住民移転 ① 影響を受ける地域住民調査 ② 関連規制等の調査 ③ 用地取得の規模確認 ④ 用地取得に関する補償	① 人口センサス、社会経済調査 ② 関連法制度、類似例の調査 ③ 工事計画の確認による用地取得必要範囲の検討、現地確認調査 ④ 影響資産の調査
	14	貧困層 ① 影響を受ける地域住民の確認	① 人口センサス、社会経済調査、ヒアリングによる実態調査
	15	少数民族・先住民 ① 影響を受ける地域住民の確認 ② 少数民族、先住民の特定	① 人口センサス調査、社会経済調査 ② 既存資料の収集、インタビュー等による少数民族・先住民の文化的特徴の調査
	16	雇用や生計手段等の地域経済 ① 地域経済調査 ② 影響を受ける地域住民の現状調査	① 地域の雇用状況や収入の調査 ② 対象世帯へのインタビューによる実態調査
	17	土地利用や地域資源利用 ① 土地利用調査 ② 地域資源利用状況調査	① 現地での実測による影響範囲の土地利用調査 ② 対象世帯へのインタビューによる実態調査
	18	水利用 ① 水利用状況調査	① 河川流域住民、工事計画地周辺へのインタビュー、周辺調査による住民の生活用水源及び水利用状況調査
	19	既存の社会インフラや社会サービス ① 事業対象地周辺の社会インフラ調査	① 現地調査、関係機関のヒアリングによる事業地周辺の学校、医療機関等の社会インフラ調査
	20	社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織 ① 社会関係資本調査 ② 社会組織調査	① 関係機関へのヒアリングによる調査 ② 関係機関へのヒアリング、対象世帯へのインタビューによる調査
	21	被害と便益の偏在 ① 地域経済状況調査	① 地域の雇用統計状況や収入の調査、対象世帯へのインタビュー
	22	地域内の利害対立 ① 補償システム、苦情処理システムの調査	① 関係機関へのヒアリングによる調査、補償システム・苦情処理システムの検討
	23	文化遺産 ① 文化遺産調査	① 関係機関へのヒアリング、現地調査による歴史的、文化的、考古学的遺産の調査
	24	景観 ① 景観価値の調査 ② 景観保全の対策検討	① 関係機関へのヒアリング、現地調査による景勝地に関する情報の収集 ② Xe Katam 滝等、景観価値のある地域の保全対策の検討
	25	ジェンダー ① 性差別等実態調査	① 人口センサス調査、ヒアリングによる実態調査
	26	子どもの権利	影響が予想されないため、調査は実施しない。
	27	HIV/AIDS 等の感染症 ① HIV/AIDS 等の感染症罹患率調査 ② 感染症拡大防止対策の検討	① 関係機関へのヒアリングによる実態調査 ② 工事实施計画の確認、新規就労者の想定等による感染症拡大防止策の検討
	28	労働環境(労働安全を含む) ① 地域労働環境調査 ② 労働安全対策	① 関係機関へのヒアリングによる実態調査 ② 工事实施計画の確認、工事計画を勘案した労働安全対策の検討
その他	29	事故 ① 工事に関わる事故、交通事故防止対策の検討 ② 工事中の不発弾に関わる事故防止対策の検討 ③ 運転中の事故、交通事故防止対策の検討	① 工事計画の確認、事故要因の抽出、事故防止対策の検討 ② 不発弾分布状況調査、事故防止対策の検討 ③ 運転に関連する事故要因の抽出、事故防止対策の検討

分類	調査項目	調査内容(計画)
その他	30 越境の影響、及び気候変動 ① 広範な地域への影響検討	① 森林伐採に起因する気候変動等の地域への影響検討
ステークホルダー協議	① 現地調査時の計画周知 ② EIAドラフト段階での計画周知、協議 ③ EIA 最終案段階での計画周知、協議	① ラオス国環境法令に基づく Village Dissemination Meeting による村レベルでの計画周知、意見聴取 ② ラオス国環境法令に基づく Village Consultation Meeting、District Consultation Meeting による村・地区レベルでの計画周知、意見聴取 ③ ラオス国環境法令に基づく Provincial Consultation Meeting による県・中央官庁レベルでの計画周知、意見聴取及び関係政府機関による合同調査、協議

表 6.6-2 環境社会配慮調査の TOR(工事用道路)

分類	調査項目	調査内容(計画)
汚染対策	1 大気汚染 ① 環境基準等の確認 ② 事業対象地付近の住居、学校等の確認 ③ 工事の影響	① 既存資料調査 ② 現地調査 ③ 工事の内容、工程、工法、使用重機、資材運搬計画等の確認、大気汚染防止策の検討
	2 水質汚濁 ① 工事の影響	① 工事の内容、工程、工法、使用重機計画等の確認、水質汚濁防止対策の検討
	3 廃棄物 ① 環境基準等の確認 ② 廃棄物処理方法	① 廃棄物の取扱いに関する基準の調査 ② 廃棄物取扱い方法の検討
	4 土壌汚染 ① 工事の油流出対策検討 ② 共用中の油流出対策検討	① 類似事例調査、適用性検討 ② 類似事例調査、適用性検討
	5 騒音・振動 ① 環境基準等の確認 ② 工事対象地付近の住居等の確認 ③ 工事の影響	① 既存資料調査 ② 現地調査 ③ 工事の内容、工法、使用重機等の確認、騒音・振動影響の検討
	6 地盤沈下	影響が予想されないため、調査は実施しない。
	7 悪臭	影響が予想されないため、調査は実施しない。
	8 底質	影響が予想されないため、調査は実施しない。
自然環境	9 保護区 ① 国指定の保護区以外の地域指定	① 既存調査、ヒアリングによる国指定の保護区以外の地域指定調査(保護林等)
	10 生態系 ① 動植物の生息・生育状況 ② 工事の影響 ③ 累積的影響	① 事業地周辺の植生及び動植物の生息・生育状況調査(希少種調査を含む) ② 工事計画による動植物への影響検討 ③ 誘発される開発行為の調査
	11 水象	影響が予想されないため、調査は実施しない。
	12 地形・地質 ① 地形・地質確認	① 地形・地質確認
社会環境	13 住民移転 ① 影響を受ける地域住民調査 ② 関連規制等の調査 ③ 用地取得の規模確認 ④ 用地取得に関する補償	① 人口センサス、社会経済調査 ② 関連法制度、類似例の調査 ③ 工事計画の確認による用地取得必要範囲の検討、現地確認調査 ④ 影響資産の調査
	14 貧困層 ① 影響を受ける地域住民の確認	① 人口センサス、社会経済調査、ヒアリングによる実態調査

分類		調査項目	調査内容(計画)
社会 環境	15	少数民族・先住民族 ① 影響を受ける地域住民の確認 ② 少数民族、先住民族の特定	① 人口センサス調査、社会経済調査 ② 既存資料の収集、インタビュー等による少数民族・先住民族の文化的特徴の調査
	16	雇用や生計手段等の地域経済 ① 地域経済調査 ② 影響を受ける地域住民の現状調査	① 地域の雇用状況や収入の調査 ② 対象世帯へのインタビューによる実態調査
	17	土地利用や地域資源利用 ① 土地利用調査 ② 地域資源利用状況調査	① 現地での実測による影響範囲の土地利用調査 ② 対象世帯へのインタビューによる実態調査
	18	水利用	影響が予想されないため、調査は実施しない
	19	既存の社会インフラや社会サービス ① 事業対象地周辺の社会インフラ調査	① 現地調査、関係機関のヒアリングによる事業地周辺の学校、医療機関等の社会インフラ調査
	20	社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織 ① 社会関係資本調査 ② 社会組織調査	① 関係機関へのヒアリングによる調査 ② 関係機関へのヒアリング、対象世帯へのインタビューによる調査
	21	被害と便益の偏在 ① 地域経済状況調査	① 地域の雇用統計状況や収入の調査、対象世帯へのインタビュー
	22	地域内の利害対立 ① 補償システム、苦情処理システムの調査	① 関係機関へのヒアリングによる調査、補償システム・苦情処理システムの検討
	23	文化遺産 ① 文化遺産調査	① 関係機関へのヒアリング、現地調査による歴史的、文化的、考古学的遺産の調査
	24	景観 ① 景観価値の調査 ② 景観保全の対策検討	① 関係機関へのヒアリング、現地調査による景勝地に関する情報の収集 ② 景観価値のある地域の保全対策の検討
	25	ジェンダー ① 性差別等実態調査	① 人口センサス調査、ヒアリングによる実態調査
	26	子どもの権利	影響が予想されないため、調査は実施しない。
	27	HIV/AIDS等の感染症 ① HIV/AIDS等の感染症罹患率調査 ② 感染症拡大防止対策の検討	① 関係機関へのヒアリングによる実態調査 ② 工事実施計画の確認、新規就労者の想定等による感染症拡大防止策の検討
	28	労働環境(労働安全を含む) ① 地域労働環境調査 ② 労働安全対策	① 関係機関へのヒアリングによる実態調査 ② 工事実施計画の確認、工事計画を勘案した労働安全対策の検討
その他	29	事故 ① 工事に関わる事故、交通事故防止対策の検討 ② 工事中の不発弾に関わる事故防止対策の検討	① 工事計画の確認、事故要因の抽出、事故防止対策の検討 ② 不発弾分布状況調査、事故防止対策の検討
	30	越境の影響、及び気候変動 ① 工事中の広範な地域への影響検討	① 工事に起因する気候変動等の地域への影響検討
ステークホルダー協議		① 現地調査時の計画周知 ② IEEドラフト段階での計画周知、協議	① ラオス国環境法令に基づく Village Dissemination Meeting による村レベルでの計画周知、意見聴取 ② ラオス国環境法令に基づく Village Consultation Meeting、District Consultation Meeting による村・地区レベルでの計画周知、意見聴取

表 6.6-3 環境社会配慮調査の TOR(送電線)

分類		調査項目	調査内容(計画)
代替案の検討		① 送電線ルートの検討	① 環境影響を低減する送電線ルートの比較検討。現地調査による。
汚染対策	1	大気汚染 ① 環境基準等の確認 ② 事業対象地付近の住居、学校等の確認 ③ 工事中的の影響	① 既存資料調査 ② 現地調査 ③ 工事の内容、工程、工法、使用重機、資材運搬計画等の確認、大気汚染防止策の検討
	2	水質汚濁 ① 工事中的の影響	① 工事の内容、工程、工法、使用重機計画等の確認、水質汚濁防止対策の検討
	3	廃棄物 ① 環境基準等の確認 ② 廃棄物処理方法	① 廃棄物の取扱いに関する基準の調査 ② 廃棄物取扱い方法の検討
	4	土壌汚染 ① 工事中的の油流出対策検討 ② 供用中の油流出対策検討	① 類似事例調査、適用性検討 ② 類似事例調査、適用性検討
	5	騒音・振動 ① 環境基準等の確認 ② 工事対象地付近の住居等の確認 ③ 工事中的の影響	① 既存資料調査 ② 現地調査 ③ 工事の内容、工法、使用重機等の確認、騒音・振動影響の検討
	6	地盤沈下	影響が予想されないため、調査は実施しない。
	7	悪臭	影響が予想されないため、調査は実施しない。
	8	底質	影響が予想されないため、調査は実施しない。
自然環境	9	保護区 ① 国指定の保護区以外の地域指定	① 既存調査、ヒアリングによる国指定の保護区以外の地域指定調査(保護林等)
	10	生態系 ① 動植物の生息・生育状況 ② 工事中的の影響 ③ 運転中の影響 ④ 累積的影響	① 事業地周辺の植生及び動植物の生息・生育状況調査(希少種調査を含む) ② 工事計画による動植物への影響検討 ③ 類似事例調査、影響軽減対策検討 ④ 誘発される開発行為の調査
	11	水象	影響が予想されないため、調査は実施しない
	12	地形・地質 ① 地質確認	① 地形・地質調査
社会環境	13	住民移転 ① 影響を受ける地域住民調査 ② 関連規制等の調査 ③ 用地取得の規模確認 ④ 用地取得に関する補償	① 人口センサス、社会経済調査 ② 関連法制度、類似例の調査 ③ 工事計画の確認による用地取得必要範囲の検討、現地確認調査 ④ 影響資産の調査
	14	貧困層 ① 影響を受ける地域住民の確認	① 人口センサス、社会経済調査、ヒアリングによる実態調査
	15	少数民族・先住民族 ① 影響を受ける地域住民の確認 ② 少数民族、先住民族の特定	① 人口センサス調査、社会経済調査 ② 既存資料の収集、インタビュー等による少数民族・先住民族の文化的特徴の調査
	16	雇用や生計手段等の地域経済 ① 地域経済調査 ② 影響を受ける地域住民の現状調査	① 地域の雇用状況や収入の調査 ② 対象世帯へのインタビューによる実態調査
	17	土地利用や地域資源利用 ① 土地利用調査 ② 地域資源利用状況調査	① 現地での実測による影響範囲の土地利用調査 ② 対象世帯へのインタビューによる実態調査
	18	水利用	影響が予想されないため、調査は実施しない。

分類		調査項目	調査内容(計画)
社会 環境	19	既存の社会インフラや社会サービス ①事業対象地周辺の社会インフラ調査	① 現地調査、関係機関のヒアリングによる事業地周辺の学校、医療機関等の社会インフラ調査
	20	社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織 ① 社会関係資本調査 ② 社会組織調査	① 関係機関へのヒアリングによる調査 ② 関係機関へのヒアリング、対象世帯へのインタビューによる調査
	21	被害と便益の偏在 ① 地域経済状況調査	① 地域の雇用統計状況や収入の調査、対象世帯へのインタビュー
	22	地域内の利害対立 ① 補償システム、苦情処理システムの調査	① 関係機関へのヒアリングによる調査、補償システム・苦情処理システムの検討
	23	文化遺産 ① 文化遺産調査	① 関係機関へのヒアリング、現地調査による歴史的、文化的、考古学的遺産の調査
	24	景観 ① 景観価値の調査 ② 景観保全の対策検討	① 関係機関へのヒアリング、現地調査による景勝地に関する情報の収集 ② 景観価値のある地域の保全対策の検討
	25	ジェンダー ① 性差別等実態調査	① 人口センサス調査、ヒアリングによる実態調査
	26	子どもの権利	影響が予想されないため、調査は実施しない。
	27	HIV/AIDS 等の感染症 ① HIV/AIDS 等の感染症罹患率調査 ② 感染症拡大防止対策の検討	① 関係機関へのヒアリングによる実態調査 ② 工事实施計画の確認、新規就労者の想定等による感染症拡大防止策の検討
	28	労働環境(労働安全を含む) ① 地域労働環境調査 ② 労働安全対策	① 関係機関へのヒアリングによる実態調査 ② 工事实施計画の確認、工事計画を勘案した労働安全対策の検討
その他	29	事故 ① 工事に関わる事故、交通事故防止対策の検討 ② 工事中の不発弾に関わる事故防止対策の検討	① 工事計画の確認、事故要因の抽出、事故防止対策の検討 ② 不発弾分布状況調査、事故防止対策の検討
	30	越境の影響、及び気候変動 ① 工事中の広範な地域への影響検討	① 工事に起因する気候変動等の地域への影響検討
ステークホルダー協議		① 現地調査時の計画周知 ② IEE ドラフト段階での計画周知、協議	① ラオス国環境法令に基づく Village Dissemination Meeting による村レベルでの計画周知、意見聴取 ② ラオス国環境法令に基づく Village Consultation Meeting、District Consultation Meeting による村・地区レベルでの計画周知、意見聴取

6.7 調査結果

6.7.1 自然環境

(1) 土 壤

対象地域の土壌は、主に単色アルビック層とアルカリ性土壌に分類される。それらは痩せた丘陵地の土壌であり、セカタム水力開発地域のほぼ全域を覆っている。表層の約 25cm の範囲で浅い層となっているか、50%以上の岩片を有している。このような表層の土壌は、植生が失われると浸食を受けやすい。

(2) 水 象

セカタム事業計画地周辺における水況データ観測所（降雨量観測所 3 箇所、流量観測所 2 箇所）があり、また関西電力が Nong Mek 村で 2004 年から雨量、水位、流量を測定している。これらの観測結果より Xe Katam 川の取水堰での年間平均流入量は $12.1\text{m}^3/\text{s}$ と算出された。

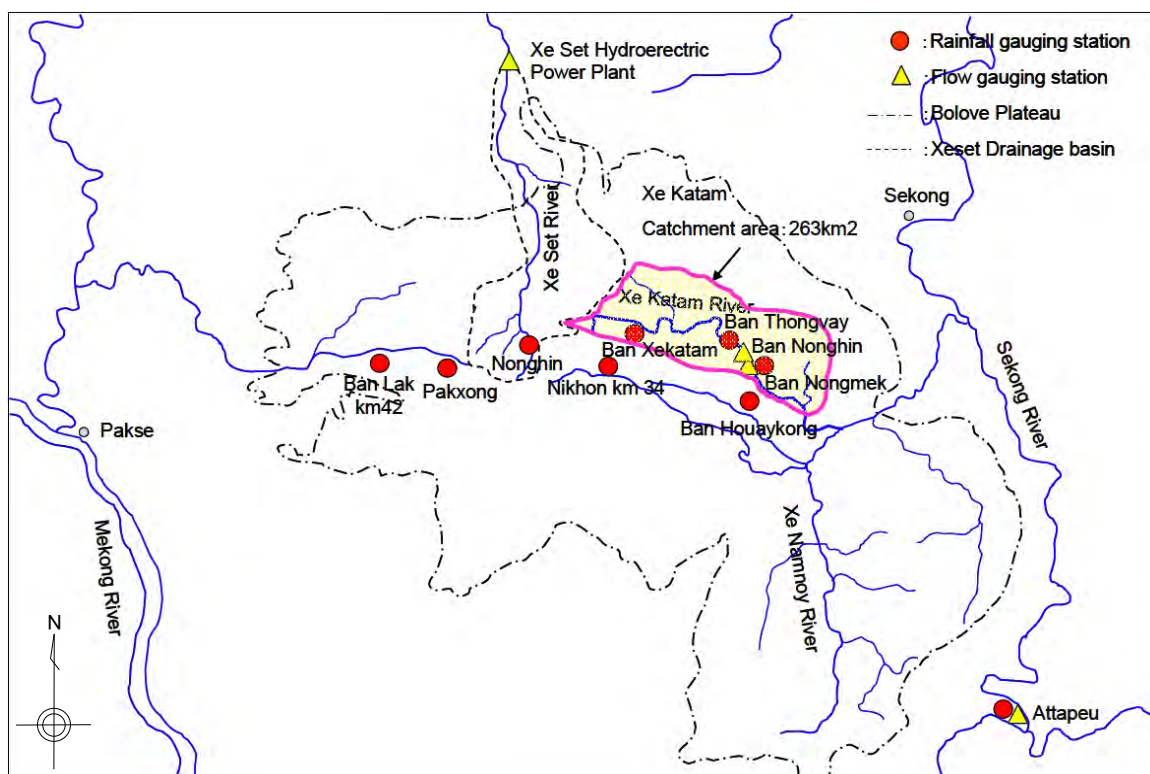


図 6.7-1 セカタム事業地周辺における水況観測所の位置図

表 6.7-1 Xe Katam 川月間流入量(流域面積 263km²)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Annual
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	
1985	4.42	3.10	2.74	3.35	7.46	24.82	20.35	22.01	21.52	14.02	8.08	5.11	11.41
1986	3.48	2.61	2.08	2.89	7.69	9.29	10.83	26.35	23.84	16.78	12.96	6.04	10.40
1989	3.23	2.23	1.74	2.81	9.70	18.70	23.65	32.89	38.03	18.09	7.20	4.50	13.56
1990	2.93	1.59	2.20	2.25	5.30	6.28	12.24	16.54	23.27	31.65	16.90	11.18	11.03
1991	3.08	1.41	1.28	1.28	3.49	5.51	26.83	41.07	34.07	28.79	6.83	3.56	13.10
1992	2.42	1.47	1.62	2.70	6.84	31.01	27.79	62.83	23.07	11.79	5.45	3.03	15.00
1993	2.13	1.50	1.57	1.81	6.27	10.47	26.94	21.46	28.20	9.22	4.18	2.94	9.73
1994	2.09	1.64	1.84	4.86	6.97	10.37	24.18	30.13	45.30	15.65	6.80	4.03	12.82
1996	2.68	1.93	1.57	3.00	8.09	19.40	25.72	28.19	48.44	21.37	17.20	7.80	15.45
1997	4.68	3.32	2.74	3.33	6.27	7.12	20.12	44.63	20.68	17.54	8.22	4.48	11.93
1999	2.64	1.79	1.54	2.80	7.30	12.44	41.54	52.55	27.58	17.49	9.92	6.51	15.34
2000	3.79	2.76	3.28	4.68	5.78	8.03	39.03	33.59	41.94	18.49	11.23	5.08	14.81
2001	3.27	2.03	2.12	2.03	4.60	8.38	25.88	27.71	29.74	18.30	8.96	4.87	11.49
2002	3.08	3.13	1.55	2.01	3.89	6.56	25.35	43.94	34.16	19.17	10.62	5.78	13.27
2003	3.62	2.75	2.34	3.20	7.50	12.69	19.73	31.77	41.92	16.53	7.60	4.25	12.83
2004	2.82	2.04	1.57	2.34	4.35	11.19	15.62	26.40	17.27	6.25	2.84	1.52	7.85
2005	1.03	0.73	0.77	1.59	5.20	6.26	33.94	46.59	39.08	10.70	4.74	2.93	12.80
2006	1.53	0.96	1.18	4.16	12.37	11.73	39.01	35.72	23.48	31.12	5.97	3.18	14.20
2007	2.01	1.45	1.46	2.41	5.98	7.74	28.26	24.57	23.79	24.75	5.51	2.61	10.88
2008	1.57	0.81	0.74	3.33	7.62	12.20	4.93	14.06	28.13	5.42	5.67	2.71	7.27
2009	2.18	1.82	1.23	2.98	7.41	7.87	24.51	23.89	19.94	26.54	6.20	3.11	10.64
2010	2.31	2.42	1.62	3.10	5.04	7.80	14.62	33.82	17.20	9.22	3.78	1.68	8.55
2011	0.98	0.67	1.09	6.80	8.56	14.99	20.86	32.96	34.48	21.86	6.11	2.93	12.69
2012	1.56	1.03	1.05	2.97	8.80	16.27	19.83	18.42	37.61	11.19	4.19	2.17	10.42
2013	1.17	0.68	0.76	1.40	11.40	15.13	20.90	17.72	56.69	23.07	6.65	3.55	13.26
2014	2.08	1.35	1.50	3.17	10.82	24.17	35.57	37.87	38.45	10.73	4.89	3.08	14.47
Max	4.68	3.32	3.28	6.80	12.37	31.01	41.54	62.83	56.69	31.65	17.20	11.18	15.45
Average	2.57	1.82	1.66	2.97	7.10	12.55	24.16	31.83	31.46	17.53	7.64	4.18	12.12
Min	0.98	0.67	0.74	1.28	3.49	5.51	4.93	14.06	17.20	5.42	2.84	1.52	7.27

(3) 侵食・堆積

Xeset1 プロジェクトにおける Nam Sai 川のパデータをパいて土砂堆積量の推定を行った。

Nam Sai 川の堆積率は 430 m³/year/km² と算出されている。同じ率で Xe Katam 川の集水域 263km² から土砂が流入すると仮定すると、取水堰地点では、年間 11.3 万 tons の土砂が流入することとなる。

(4) 水 質

(a) 表層水

Nam Houng 川、Xe Katam 川、および Xe Namnoy 川において表層水の水質調査を雨季 (2014 年 11 月 4 日) および乾季 (2014 年 1 月 13 日) に行った。調査地点位置図を図 6.7-2 に、調査結果を表 6.7-2 に示す。WQ01 および WQ04 で COD の値が高かった他は、環境基準を逸脱する項目はなかった。

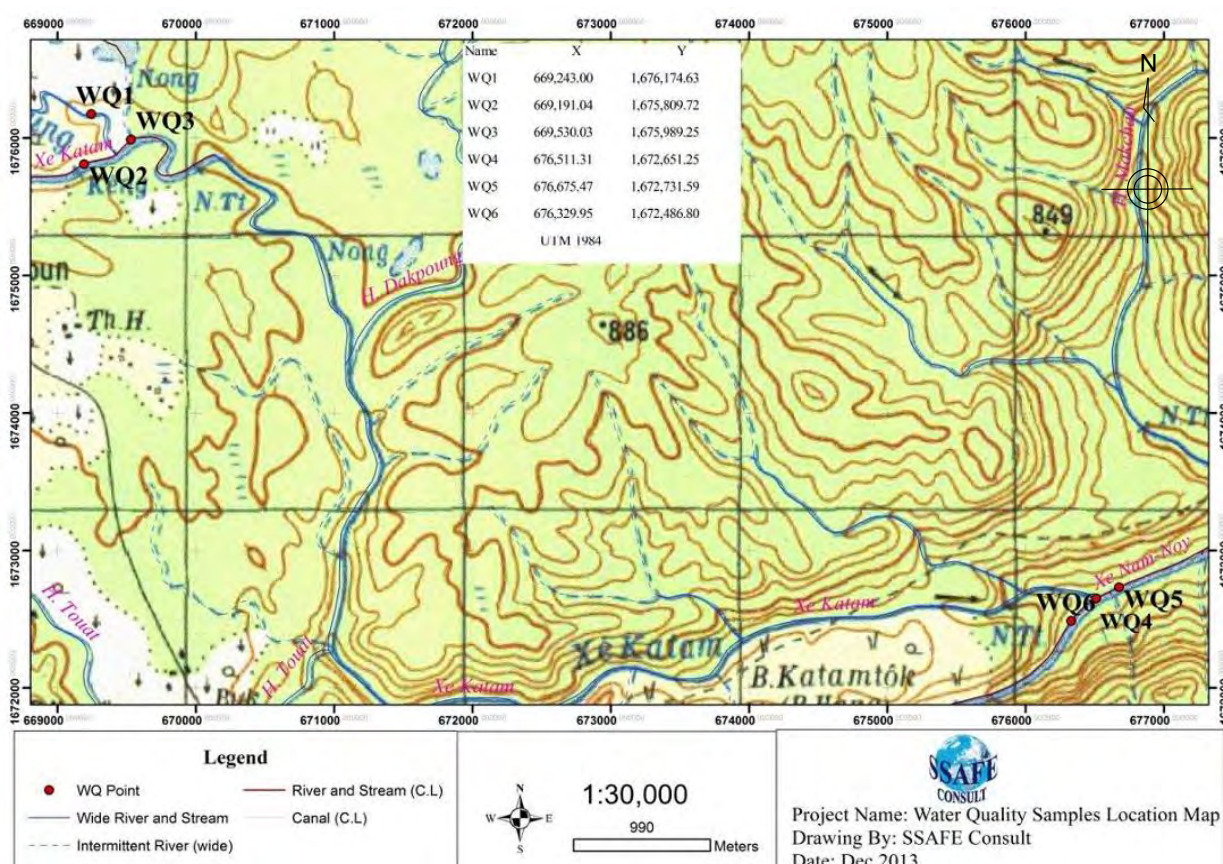


図 6.7-2 表層水水質調査地点位置図

表 6.7-2 表層水水質調査結果

Sampling point		WS 01		WS02		WS03		WS04		WS05	LNS
Parameters	Unit	Rainy	Dry	Rainy	Dry	Rainy	Dry	Rainy	Dry	Rainy	
pH		-	7.75	-	7.50	-	7.31	-	7.38	7.14	5.0-9.0
Chemical Oxygen Demand (COD)	mg/l	40.95	-	<0.4	-	1.95	-	6.02	-	-	5
Total Nitrogen (T-N)	mg/l	<0.01	0.357	<0.01	0.186	0.27	0.442	<0.01	0.447	0.266	<.7
Total Phosphorous (T-P)	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.27	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<.13
Total Suspended Solid (TSS)	mg/l	9.0	11.7	36	17.9	36	14.8	20	14.3	14.9	40*
Copper (Cu)	mg/l	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	0.1
Nickel (Ni)	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.1
Manganese (Mn)	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	1
Zinc (Zn)	mg/l	0.033	<0.001	0.034	<0.001	0.040	<0.001	0.041	<0.001	<0.001	1
Cadmium (Cd)	mg/l	0.004	<0.002	0.006	<0.002	0.004	<0.002	0.002	<0.002	<0.002	0.005
Chrome (Cr)	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.05
Lead(Pb)	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.05

水生生物の生息に重要な水質項目について雨季（2013 年 10 月 16～21 日）および乾季（2014 年 1 月 8～10 日）に簡易水質調査を行った結果を表 6.7-3 に示す。ほとんどの地点で水生生物の生息に適した値を示した。

表 6.7-3 簡易水質調査結果

Sampling Station		WS01		WS02		WS03		WS04		WS05		WS06		SANO
Parameters	Unit	16/10/13	10/1/14	17/10/13	9/1/14	18/10/13	11/1/14	19/10/13	8/1/14	20/10/13	8/1/14	21/10/13	7/1/14	(Reference)
AirTemp	°C	27	19.5	28	20	25	20	28	22	27	22.1	26	20.7	
Water Temp	°C	25	17.9	25	18.5	23	18.8	26	19.8	24	20.2	24	18.4	23-32
DO	mg/l	5.8	3.6	5.5	5.5	5.0	5.8	7.3	5.8	6.4	5.4	6.2	5.2	>3
pH		7.2	6.2	7.1	7.2	6.9	7.8	7.2	7.3	7.4	7.4	7.4	7.3	6.5-8.5
Hardness	mg/l	40	45	45	55	50	60	60	70	60.5	60	60.5	75	20-300
NH3	mg/l	0.02	0.03	0.02	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.03	0.01	
Conductivity	Cm		65		78		89		64		68.5		62	30-60

(b) 地下水

Nong Thuam 村の井戸の水質調査結果を表 6.7-4 に示す。いずれの結果もラオス国における環境基準を逸脱する項目はなかった。

表 6.7-4 地下水水質調査結果

Parameters	Unit	Nong Thuam Village	LNS Suitable Drinking
Conductivity	Cm	93	<1000
Turbidity	NTU	2	5
pH	pH	7.2	7-8.5
Iron (Fe)	mg/l	0.04	<0.5
Manganese (Mn)	mg/l	0.02	<0.3
Fluoride(F)	mg/l	0.08	<0.7
Nitrate(NO3)	mg/l	5.2	<15
Total Hardness	mg/l	20	<300
Nitrite	mg/l	0.008	50
Fecal Coliform	Colonies	0	<2.2

(5) 鉱物資源

Xe Katam 川流域のすぐ南側には、かなりの埋蔵量のボーキサイトが存在する。これらの開発権利は、中国企業である Yuquida と Chinoma が取得している。

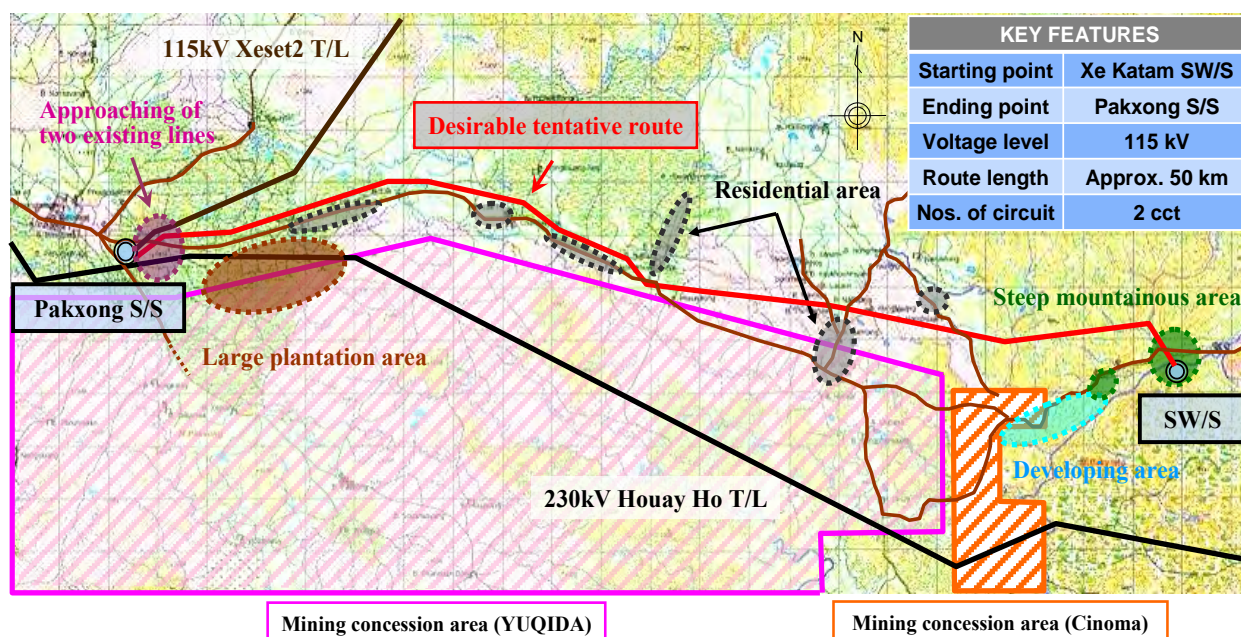


図 6.7-3 ボーサイト開発権の位置図

(6) 大気質

事業計画地周辺には、工場もなく、輸送密度も低いため、大気質は良好な状態が保たれている。参考に 2009 年に Houaykong で測定された総浮遊粒子上物質（Total Suspended Particulates: TSP）、浮遊粒子状物質（Particulates Matter: PM10）、二酸化硫黄（Sulphur dioxide: SO₂）、二酸化窒素（Nitrogen dioxide: NO₂）の調査結果を表 6.7-5 に示す。いずれの値もラオス国の環境基準を大きく下回っている。また、測定日の気象データを表 6.7-6 に示す。

表 6.7-5 大気質調査結果(2009 年 6 月 8～10 日)

Parameter	Result	LNES	Unit
TSP	0.035 0.042	0.33	mg/m ³
PM10	0.031 0.023	0.12	mg/m ³
SO ₂	0.049 0.050 0.037	0.32	mg/m ³
NO ₂	0.003 0.004 0.002	0.30	mg/m ³

表 6.7-6 大気質調査日の気象(2009 年 6 月 8～10 日)

Parameter	Result	Unit
Wind speed	2.3-3.9	m/second
Wind direction	South west to north east	-
Air temperature	24-28	°C
Relative humidity	59-74	%

(7) 騒 音

大気質同様に、騒音についても良好な状態が保たれている。参考に 2009 年に Houaykong 村で測定された騒音結果を表 6.7-7 に示す。

表 6.7-7 騒音調査結果(2009 年 6 月 8～10 日)

No.	Date	Measuring Times	Unit	L(eq)	L _{max}
Ban Houyakang village club					
1	8/6/09	6 hrs(2:00-8:00)	dB(A)	56	90.6
2	8/6/09	12 hrs(18:00-6:00)	dB(A)	60.2	89
3	9/6/09	12 hrs(06:00-18:00)	dB(A)	58	88.4
4	8-9/6/09	24 hrs	dB(A)	57.9	91.3
5	9-10/6/09	24 hrs	dB(A)	63	83.3
Ban Houaykong close to cemetery					
7	9/6/09	10 minutes	dB(A)	53.1	70.3
The West of Houaykong village, Houaykong road to Pakxong road -					
8	9/6/09	10 minutes	dB(A)	62.3	68.3
Houaykong Primary School					
9	9/6/09	10 minutes	dB(A)	46.8	63
LNES			dB(A)	50-70	115

(8) 保護区

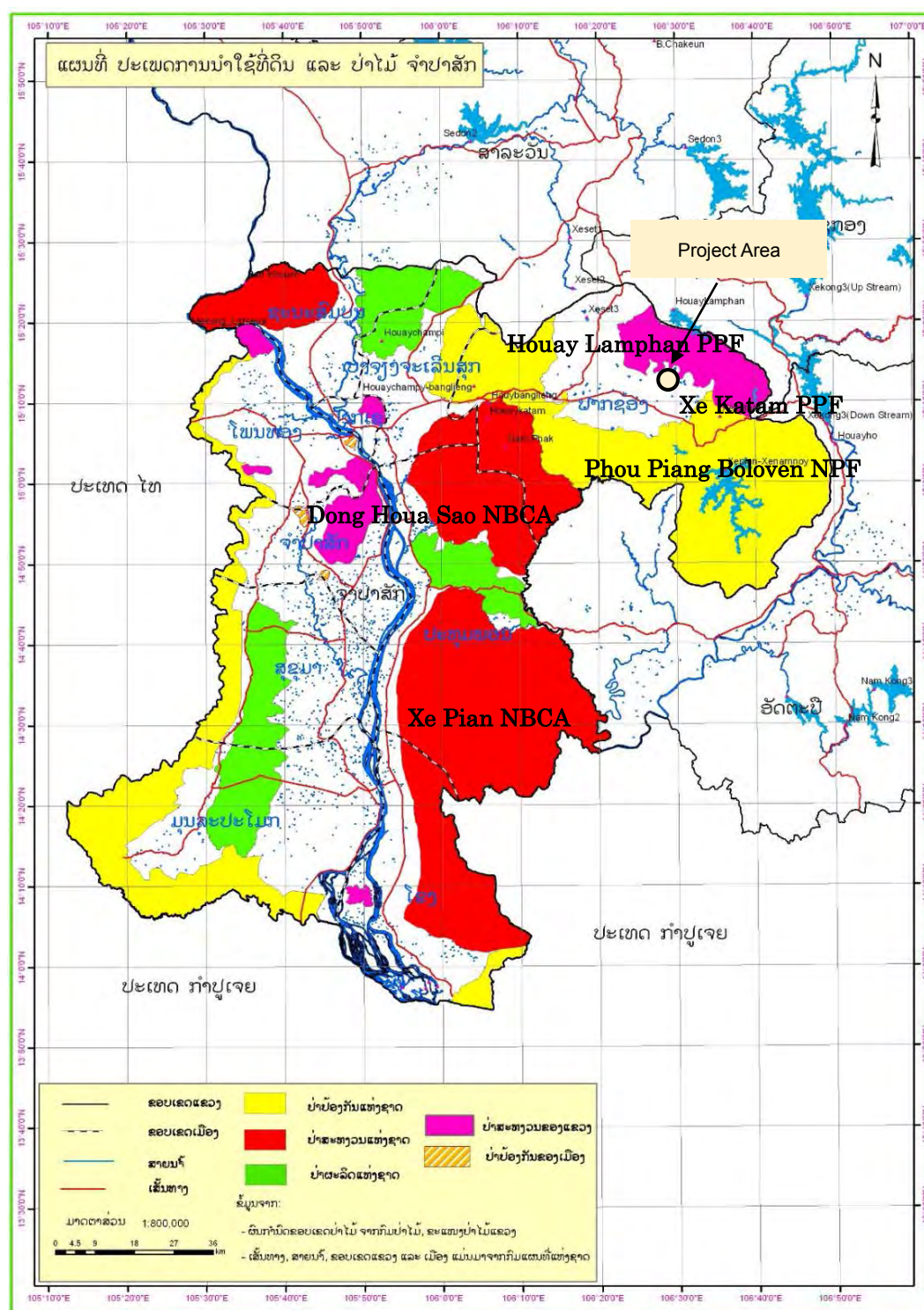
事業計画地は、県が定める保護林である Xe Katam Provincial Protected Forest（以下、PPF）と Houay Lamphan PPF にかかる。これら PPF は、既に人為的攪乱を受けており、河畔林や小規模の林が散在している状態となっている。

JICA ガイドライン別紙 1「対象プロジェクトに求められる環境配慮」のうち「法令、基準、計画等の整合」における規定では、「プロジェクトは、原則として、政府が法令等により自然

保護や文化遺産保護のために特に指定した地域の外で実施されねばならない。また、このような指定地域に重大な影響を及ぼすものであってはならない。」とされている。しかし、本事業は、表 6.7-8 に示す「環境社会配慮ガイドラインに関する良くある問答集」（2011 年 7 月 20 日、2015 年 4 月 16 日改定）の保護区における事業実施の条件を満たしており、事業計画地は県指定の保護林を含むが、事業の実施は可能であると考えられる。

表 6.7-8 JICA ガイドラインにおける保護区における事業実施の条件

No.	条件	本事業の状況
1	政府が法令等により自然保護や文化遺産保護のために特に指定した地域（以下「同地域」）以外の地域において、実施可能な代替案が存在しないこと	第 6.4 節に示す通り、ラオス国南部地域の電力需要の増加に対する電源として水力が最適であり、水力開発地点としてもセカタム地点が経済性及び環境配慮面から、開発地点として最も優位であると考えられる。落差を得るため、水路ルートは山間部を経過する必要がある、また当該山地は全て保護区に指定されていることから、保護区を避けることはできない。また、他の地域において実施可能な代替案が存在しない。
2	同地域における開発行為が、相手国の国内法上認められること	第 6.3.3 節に示す通り、Decree on Protection Forest (Decree No.333/PM July 2010)で規定されているラオス国内における国及び県の保護区内に恒久的な建造物を建てるための承認手続きを取る。
3	プロジェクトの実施機関等が、同地域に関する法令や条例、保護区の管理計画等を遵守すること	Forest Law, Water and Water Resource Law 等の法律や条例を遵守するとともに、チャンパサック県の Strategic Forest Management of Forest Resources（森林管理計画）に協力する。なお、県の森林管理計画には植林、動植物保護、住民教育、違法行為の監視強化等が記載されている。
4	プロジェクトの実施機関等が、同地域の管理責任機関、その周辺の地域コミュニティ、及びその他適切なステークホルダーと協議し、事業実施について合意が得られていること	第 6.16 節に示す通り、村、地区、県レベルにおけるステークホルダー協議において、同地域の管理責任機関および被影響住民と協議を行い、事業実施について合意が得られている。
5	同地域がその保全の目的に従って効果的に管理されるために、プロジェクトの実施機関等が、必要に応じて、追加プログラムを実施すること	第 6.10.1 節に示す通り、天然資源環境省の森林資源管理局が実施する動植物相保護対策（森林再生、植林、重要種の移動に関する対策）に対して支援を行う。



Legend		National Protected Forest
		National Biodiversity Conservation Area
		Natural Production Forest
		Provincial Protected Forest

図 6.7-4 国指定保護区・PPF の位置図

出典：Department of Forest Resource Management, MONRE

表 6.7-9 保護林のカテゴリー

Category	Detail
Protection Forest	Protection Forests are created by Prime Minister or Provincial Governor Decree and forest areas selected to protect Laos natural resources such as water, river ecosystems, soil quality, protection from natural disasters and environmental conservation.
Conservation Forest	Conservation Forests are designated for conserving nature, preserving plant and animal species, ecosystems and other valuable areas of natural, historical, cultural, educational or scientific interest.
Production Forest	These are natural and planted forests for use and production. They are designated to support the production of wood and forest products and to satisfy the needs of socio-economic development. Article 12 of the Forest Law (2007) allows their allocation to individuals, communities and organizations for use, including customary usage used for long periods in the past.

出典：Department of Forest Resource Management, MONRE

表 6.7-10 Xe Katam 及び Houay Lamphan PPF の概要

PA Name	Area (ha)	GOL Directive / Date	Objectives
Xe Katam PPF	24,000	866/PG / October 2009	Soil and Water Conservation on steep sloping lands in the Xe Katam watershed catchment area to prevent soil erosion, control surface water runoff rates and protect water quality for aquatic habitats and populations and human use. Flora and fauna conservation by providing protected habit conditions for wildlife breeding and survival and regeneration of forest destroyed by timber harvesting and slash and burn agriculture practices. Timber and non-timber forest products are used by local communities.
Houay Lamphan PPF	15,200	866/PG / October 2009	Same as Xe Katam. Provides protection from soil erosion and controls water runoff on steep lands and habitat protection for wildlife and conditions for natural forest regeneration following forest and agriculture exploitation in headwater streams of – the Xe Pian catchment area. It also provides a forested biodiversity corridor for migration of terrestrial and avian fauna from Xe Katam to Bangliang and Dong Hua Sao Protected Areas.

出典：Department of Forest Resource Management, MONRE

(9) 植 生

事業計画地域は、乾燥常緑樹林、落葉混交樹林、混交フタバガキ林（疎林）、草地、および二次林（再生林）の植生タイプから成り、乾燥常緑樹林と混交フタバガキ林が優占している。事業計画地内ではほとんどの有用樹木は業者によって伐採され、疎林は残っているが、自然度および商業的価値は低い。Xe Katam 流域北部の急傾斜と Bolaven 高原の急な東の断崖に沿った標高が高い場所は、あまり攪乱を受けていない樹林が残存している。

ラオス国政府による調査によると、2011 年時点で国土の約 40%、16 百万 ha が林地と分類さ

れている一方、適正に管理されているのは 20 の NBCA (National Biodiversity Conservation Area) を含めて約 1.5 百万 ha とされている。1990 年と比較して、約 1.2 百万 ha の林地が失われたとのデータも報告されている。林地減少の主な原因として以下が考えられる。

- 1) 25 年間で倍増した人口増加により、焼畑農地の開発のために年間約 50 万 ha の林地が喪失したとともに、生活用木材の需要が高まり、燃料用の木材として年間 7 百万トンの樹木が消費されている。
- 2) 経済発展に伴う林地における大規模開発および住居用の質の高い木材需要の増大
- 3) 森林を適正に管理する林業の未発達
- 4) 中国・ベトナムの経済発展に伴う質の高い木材需要の増加

上記の全国的な傾向は事業計画地であるラオス南部でも同様である。林地喪失の原因として、ラオス南部では特に以下の要因が挙げられる。

- 1) 1990 年以降、ラオス政府は大規模な農園開発を国内外の企業に開放してきた。ラオス南部においてはその気候から、特にコーヒー農園の開発が進み、同時期に高品質のコーヒー栽培方法が開発され、単価も上昇したことがコーヒー農園開発をより促進した。
- 2) 林地の適正な管理が実施されておらず、国指定の保護区（NBCA 等）もその境界があいまいであり、農民は Dong Hua Sao NBCA 内部にもコーヒー農園を開発している。
- 3) 大規模な貯水池を有するホアイホ水力、セピアン・セナムノイ水力の開発による森林消失

表 6.7-11 事業影響範囲の植生

Impact Zone	Vegetation Cover	Impact Area (ha)
Construction Zone		
Tunnel Intake Weir and Pond	Mixed deciduous forest	7.0
Canal and Service Road	Mixed deciduous forest	14.2
Temporary Yard No.2	Mixed deciduous forest	0.36
Temporary Yard No.3	Mixed deciduous forest	1.67
Temporary Yard No.8	Evergreen forest	0.06
Mouth headrace tunnel	Mixed deciduous forest	0.06
Mouth Upper Adit	Evergreen forest	0.02
Mouth Lower Adit	Evergreen forest	0.07
Penstock	Evergreen forest	0.02
Powerhouse	Evergreen forest	0.41
New Road (11.8km in forest)	Mixed deciduous forest	11.8
Transmission Line Zone		
Transmission Line in PPA forest (5.74 km)	Evergreen forest	14.3
Total		49.97 ha

(10) 生態系

現地調査、インタビュー、および文献調査等で確認された動植物種について、国際自然保護連合（IUCN）のレッドリスト、ワシントン条約（CITES）の付属書、およびラオス国の「Law on Aquatic Animal and Wildlife, 2007」に記載されている動植物の利用に関する分類に従って、カテゴリーを記載する。IUCN のレッドリストは種の絶滅に関する危険度合いを科学的な観点から評価したものであり、CITES の付属書は経済的価値のある生物の国際取引を規制することにより種を保護しようとするものである。ラオスの野生生物法は生物の保護のみではなく持続的再生・利用をも目的としているため、乱獲を規制する「管理的利用」をその分類に含んでいる。

なお、ラオス大学で野生動植物・魚類を研究している Faculty of Engineering Department of Civil Engineering, Environmental Engineering の専門家によると、野生生物法に定める規制生物のリストは IUCN や CITES の見直しを参考に、定期的に見直されている。

表 6.7-12 IUCN レッドリストカテゴリー

Category			詳細
EX	Extinct	絶滅	すでに絶滅したと考えられる種
EW	Extinct in Wild	野生絶滅	飼育・栽培下であるいは過去の分布域外に、個体（個体群）が帰化して生息している状態のみ生存している種
CR	Critically Endangered	絶滅危惧 IA 類	ごく近い将来における野生での絶滅の危険性が極めて高いもの
EN	Endangered	絶滅危惧 IB 類	IA 類ほどではないが、近い将来における野生での絶滅の危険性が高いもの
VU	Vulnerable	絶滅危惧 II 類	絶滅の危険が増大している種。現在の状態をもたらした圧迫要因が引き続いて作用する場合、近い将来「絶滅危惧I類」のランクに移行することが確実と考えられるもの
NT	Near Threatened	準絶滅危惧	存続基盤が脆弱な種。現時点での絶滅危険度は小さいが、生息条件の変化によっては「絶滅危惧」として上位ランクに移行する要素を有するもの
LC	Least Concern	軽度懸念	基準に照らし、上記のいずれにも該当しない種。分布が広いものや、個体数の多い種がこのカテゴリーに含まれる。
DD	Data Deficient	情報不足	評価するだけの情報が不足している種

表 6.7-13 CITES 付属書カテゴリー

Category		詳 細
I	付属書 I	絶滅のおそれのある種であって取引による影響を受けており又は受けることのあるもの。商業取引を原則禁止する（商業目的でないと判断されるものは、個人的利用、学術的目的、教育・研修、飼育繁殖事業が決議 5.10 で挙げられている）。取引に際しては輸入国の輸入許可及び輸出国の輸出許可を必要とする。
II	付属書 II	現在必ずしも絶滅のおそれのある種ではないが、その標本の取引を厳重に規制しなければ絶滅のおそれのある種となるおそれのある種又はこれらの種の標本の取引を効果的に取り締まるために規制しなければならない種。輸出国の許可を受けて商業取引を行うことが可能。
III	付属書 III	いずれかの締約国が、捕獲又は採取を防止し又は制限するための規制を自国の管轄内において行う必要があると認め、かつ、取引の取締のために他の締約国の協力が必要であると認める種。付属書 III に掲げる種の取引を、当該種を掲げた国で行う場合、許可を受けて行うことが可能。

表 6.7-14 ラオス国の「Law on Aquatic Animal and Wildlife, 2007」におけるカテゴリー

Category	詳細
I	次の場合のみ政府から許可を得て、狩猟・捕獲が可能な種 ・ 調査研究 ・ 繁殖目的
II	限定的な地域や季節において、慣習的な狩猟・捕獲は可能な種。ただし、対象種の個体群に影響を与えるような手法での捕獲は禁止。また、商業目的の狩猟・捕獲は、農業森林省の許可を得る必要がある。
III	指定された季節において対象種の個体群に影響を与えない方法での狩猟・捕獲が可能な種。商業目的の狩猟・捕獲は、県や市の農業森林部からの許可を得る必要がある。

(a) 植物相

植物相調査は、雨季（2013 年 6 月）と乾季（2014 年 1 月）に実施した。調査地点の位置を図 6.7-5 に示す。

調査の結果、約 200 種の植物種が確認され、そのうち 7 種が IUCN あるいは CITES 掲載種であった。重要種一覧を表 6.7-15 に示す。

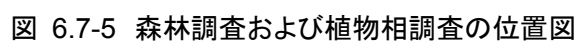


表 6.7-15 重要種一覧(植物相)

学名	科名	IUCN	CITES
<i>Aglaia odorata</i>	センダン科	NT	
<i>Curcuma alismarifolia</i>	ショウガ科	NT	
<i>Dalbergia bariensis</i>	マメ科ツルサイカチ属	EN	
<i>Dalbergia conshinshinensis</i>	マメ科ツルサイカチ属	VU	II
<i>Dendrobium palpebrae</i>	ラン科セッコク属		II
<i>Dipterocarpus retusus</i>	フタバガキ科フタバガキ属	VU	
<i>Shorea thorelii</i> Pierre ex Lanessan	フタバガキ科サラノキ属	CR	

(b) 動物相

陸生動物相の調査として、住民へのインタビュー、マーケット調査を実施した。住民へのインタビューは、近年 5 年間で確認された種について聞き取りを行った。

インタビューの結果、哺乳類 12 種、鳥類 14 種、爬虫類 3 種が確認された。そのうち、サンバー（シカ科）1 種が IUCN の絶滅危惧種（VU）であった。確認種一覧を表 6.7-16 に示す。

事業計画地に近い Nong Mek 村のマーケットで実施した聞き取り調査では、ホエジカ、サンバー、イノシシ、セキショクヤケイ、アジアフサオヤマアラシが市場に出回っているということであった。また、アジアフサオヤマアラシは、村の冷蔵庫に保存されているのも確認された。村人は狩りをするのにたいてい銃を使用し、商売するには数が足りないため自家消費することが多い。事業計画地周辺では野生動物の生育数は劇的に減少しているということであった。

また、植物調査時にカワセミやワシタカ類が確認されている。

表 6.7-16 動物相インタビュー結果(最近 5 年間で確認された種)

ラオ名	英名	学名	和名	痕跡確認数	市場で確認	ラオス国分類	CITES	IUCN Red List
哺乳類								
ກວາງ	Sambar	<i>Cervus unicolor, Rusa unicolor</i>	サンバー (スイロク)	14	確認	I	-	VU
ເຫັນ	Porcupine	<i>Hystrix brachyura</i>	マレーヤマアラシ	13	-	II	-	LC
ນາກນ້ຳທຸກຊະນິດ	All Otters	<i>Lutra sp.</i>	カワウソ類	13	-	I	I or II	
ລິງທຸກຊະນິດ	All macaques	<i>Macaca sp.</i>	オナガザル類	11	-	II	II	
ຝານດົງ	Roosevelts' Muntjac	<i>Muntiacus rooseveltorum</i>	ホエジカ	12	確認	II	-	DD
ລິງລົມທຸກຊະນິດ	All loris species	<i>Nycticebus sp.</i>	スローロリス属	13	-	I	I	
ບ່າງລົວ	Indian Glant Flying Squirrel	<i>Petaurista phillippensis</i>	リス科	9	-	I	-	LC
ເຫງນຫາງປ້ອງ	Spotted Linsang	<i>Prionodon pardicolor</i>	ブチリンサン (ジャコウネコ科)	5	-	I	I	LC
ອັນໃຫຍ່	Large Bamboo Rat	<i>Rhizomys sumatrensis</i>	オオタケネズミ	12	-	II	-	LC
ກະຮອກ	Non flying squirrel	<i>Sciuridae</i>	リス科	14	-	I	-	
ໝູ່ປ່າ	Wild Boar	<i>Sus scrofa</i>	イノシシ	11	-	III	-	LC
ຫອນ	Asiatic Brush tailed Porcupine	<i>Atherurus macrourus</i>	アジアフサオヤマアラシ	11	確認	II	-	LC
鳥類								
ນົກເຕັນຊິວ	Common King Fisher	<i>Alcedo atthis</i>	カワセミ	12	-	II	-	LC
ນົກໄກ່ນາ	White Breasted Waterhen	<i>Amauromis phoenicurus</i>	シロハラクイナ	10	-	I	-	LC
ນົກແກງ	Oriental Pied Hornbill	<i>Anthracoceros albirostris</i>	キタカタサギサイチョウ	9	-	II	II	LC
ນົກກະທາ	Scaly-breasted Partridge	<i>Arborophila chloropus</i>	アオアシヤマテツケイ	8	-	III	-	LC
ນົກເປັດນ້ຳ	Ringed teal	<i>Callonetta leucophrys</i>	クビワコガモ	10	-	I	-	LC
ນົກແຊວ	Drongo species	<i>Dicrurus sp.</i>	オウチョウ科	7	-	III	-	
ນົກຍາງນ້ອຍ	All Egrets	<i>Egretta sp.</i>	シラサギ類	9	-	II	-	
ໄກ່ປ່າ	Red Junglefowl	<i>Gallus</i>	セキショクヤケイ	14	確認	III	-	LC
ໄກ່ຂວາ	Siamese Fireback	<i>Lophura diardi</i>	シマハツカン	14	-	I	-	LC
ນົກແກ້ວ	All Parakeets Species	<i>Psittacula sp.</i>	インコ類	11	-	II	II	
ແຫວດທຸກຊະນິດ	All Changeable hawk Eagle	<i>Spizaetus cirrhatus</i>	カワリクマタカ	13	-	I	II	LC
ນົກເປົ້າທຸກຊະນິດ	All green pigeons	<i>Theron sp.</i>	アオバト属	12	-	I	-	
ນົກເຄົ້າ	All Owis	<i>Tytonidae and Strigidae</i>	フクロウ類	11	-	II	-	
ນົກຂີ້ຖີ່	Spot-bellied Eagle Owl	<i>Bubo nipalensis</i>	ネパールワシミズク	5	-	I	-	
爬虫類								
ກະທ້າງ	Water Dragon	<i>Pysignathus cocincinus</i>	インドシナウォータードラゴン	11	X	I	-	
ແລນ	Bengal Monitor	<i>Varanus bengalensis</i>	ベンガルオオトカゲ	8	X	II	I	LC
ງູສິງທຸກຊະນິດ	Rat snake	<i>Zamenis sp.</i>	クスシヘビ属	13	X	III	-	

(c) 水生生物相

Bolaven 高原の全流域における漁業は過去 30 年間で減少していることが報告されており、地域住民へのインタビューでも、Xe Katam 川からの魚ではなく、主に Mekong 河および Xe Kong 川から魚が運ばれ売られているということであった。

水生生物相調査は、雨季（2013 年 10 月）と乾季（2014 年 1 月）に実施した。調査項目は、魚類、底生動物、動植物プランクトンである。調査地点は、水質調査と同じ 6 地点で実施した（図 6.7-2 参照）。

インタビュー調査の結果、53 種の魚類の生息が確認された。現地調査では、雨季に 18 種が確認され、乾季に新たに 6 種が確認された。確認された重要種を表 6.7-17 に示す。農林省（MAF）の Department of Livestock and Fishery によると、これらの確認種には地域固有種は含まれておらず、周辺地域に広く生息している種であった。

カニやエビの甲殻類、5 種の大型無脊椎動物が確認され、いずれも水田に近い調査地点での確認個体数が多い傾向がみられた。

底生動物は 3 種が確認され、流れが緩い地点での確認個体数が多かった。

動物プランクトンも流れが緩い箇所では個体数が多く、2 門 3 綱が確認された。植物プランクトンは、5 門 10 綱が確認された。

表 6.7-17 確認重要種一覧（魚類）

Scientific name	Lao name	和名	Interview	Field	IUCN	CITES	Lao
<i>Cyprinus carpio</i>	Pa nai	コイ科	✓	✓	VU		
<i>Cirrhinus microlepis</i>	Pa phone	コイ科	✓		VU		III
<i>Bangana behri</i>	Pa van a nor	コイ科	✓		VU		
<i>Ompok bimaculatus</i>	Pa siem	ナマズの仲間	✓	✓	NT		
<i>Clarias macrocephalus</i>	Pa douk o	ナマズの仲間	✓	✓	NT		
<i>Bagarius yarrelli</i>	Pa kae kouay	大型のナマズ	✓		NT		III
<i>Bagarius suchus</i>	Pa kae ngua	ナマズの仲間	✓		NT		

表 6.7-18 確認種一覧(植物プランクトン・動物プランクトン)

	Phylum	Class	Rainy season	Dry season
Phytoplankton	Chromophyta	Diatomophyceae,	✓	✓
		Chrysophyceae		✓
		Xanthophyceae		✓
	Chlophycophyta	Euchlorophyceae	✓	✓
		Ulothricophyceae	✓	✓
	Chlorophyta	Chlorophyceae	✓	✓
		Zygophyceae		✓
	Euglenophyta	Euglenophyceae	✓	✓
	Pyrrhophyta	Dinophyceae	✓	✓
		Gymnodinium	✓	
Zooplankton	Aschelminthes	rotatoria the Protozoa	✓	✓
	Ciliophora	Peritrichia	✓	✓
		Crustaceae	✓	✓

6.7.2 社会環境

(1) コミュニティ

取水堰、水路、発電所は以下 2 村に建設される。発電所の建設・運営により影響を受ける河川利用者もそれら 2 村の住民であることから、以下 2 村をプロジェクトによる影響を強く受ける村として特定した。

- ・ Nong Thuam 村
- ・ Nam Touad 村

(2) 人口統計

2 村の人口および世帯数を表 6.7-19 に示す。

表 6.7-19 被影響村の人口

Affected Villages	No. of HH	No. of Families	Total Population
Nong Thuam	48	48	247
Nam Touad	31	31	204
Total	79	79	451

(3) 住環境

事業計画地内は Nyaheun 族 (Nyaheun 族) がほとんどで、Nyaheun 族は Bolaven 高原の標高 700~1,000m の範囲に生活している。家屋は、高床式の木造住宅かジュートでできた家屋であった。Nyaheun 族の一般的な家屋を図 6.7-6 に示す。



図 6.7-6 一般的な Nyaheun 族の家屋

(4) 教 育

(a) 教育機関

2 村とも小学校があるが、1 年生から 5 年生まで全ての学年の教育を受けられる学校ではない。教育環境が整っている最も近い小学校および中学校は、Houaykong 村にある。

(b) 就学率

被影響村で 451 人中 208 人 (約 46%) に対して就学率調査を行った。451 人中、63.9%が小学校に 12.0%が中学校に進んでいる。高等学校、大学まで進学した人はいないという結果であった。また、208 人中 50 人が正式な教育を受けたことがない。

被影響村を含む事業計画地周辺 5 村において男性と女性の就学率を比較すると、女性の方が教育を受けていない人の割合が高く、就学率は小・中ともに女性の方が低かった (図 6.7-7)。

表 6.7-20 被影響村の就学率

Villages	Total Population	No. Surveyed	Education Attainment Level				
			No School	Primary	Secondary	Higher Diploma	College or University
Nong Thuam	247	53	20	23	10	0	0
Nam Touad	204	155	30	110	15	0	0
Total	451	208	50	133	25	0	0
% of Surveyed			24.0%	63.9%	12.0%	0%	0%

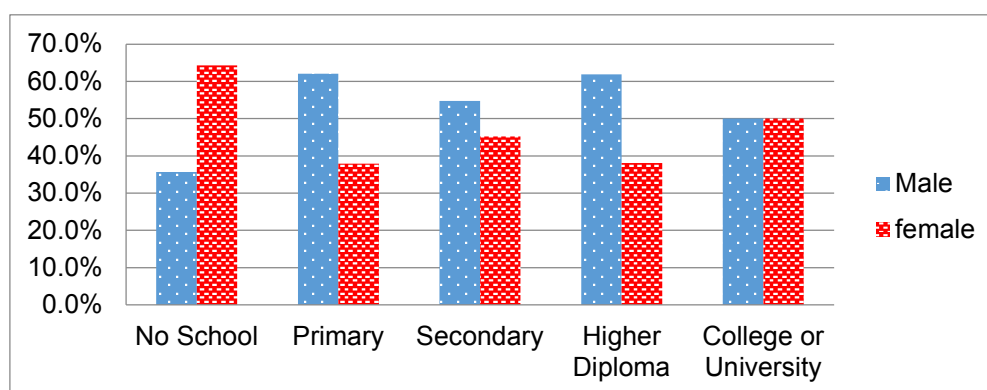


図 6.7-7 男性および女性の就学率

(5) 保 健

(a) 保健機関

事業計画地周辺の保健機関としては、Pakxong 地区に病床数 25 の地区病院があり、Pakse に病床数 150 の Champasak 県病院がある。その他、Houaykong 村にヘルスセンターがある。

被影響村から Houaykong のヘルスセンターまでは 3～5km、Pakxong 地区病院までは約 30km あり、Champasak 県立病院まで 80km ある。

表 6.7-21 被影響村から保健機関までの距離

Impacted Village	Health Facilities			
	Nearest Souksala (Health Center)	Approx. Distance (km)	Nearest Hospital	Approx. Distance (km)
Nong Thuam	Houaykong	5	Pakxong District	30
Nam Touad	Houaykong	3	Pakxong District	30

被影響村の住民が病気に繋がると、Houaykong のヘルスセンターに行くケースが多く、その他、市販薬、伝統的治療を受ける割合も高い。

表 6.7-22 疾病時の対応

Village	Health Seeking Behavior (% of Household)			
	Traditional Healer / Traditional Medicine	Over the counter medicine / Pharmacy	Village Health Center	Hospital
Nong Thuam	12.5%	27.0%	40.1%	4.0%
Nam Touad	10.1%	18.0%	45.5%	5.5%

(b) 健康状態

事業計画地周辺 5 村での死亡率は、Champasak 県に比べて低いが、過去 2 年間のデータでは 5 歳未満の死亡もみられる。

表 6.7-23 出生率および死亡率

Location	No. of live birth	No. of deaths	Crude birth rate (per 1000)	Crude death rate (per 1000)
Lao PDR	191,405	35,888	28.8	5.4
Champasak Province	22,940	9,150	33.7	13.5
Project impact villages	130	18	30.4	8.6

表 6.7-24 年齢別死亡率

Impacted Villages	Mortality (No of Persons)		
	Children under 5 years who died in the past 2 years	People aged 20-65 who have died in the past 2 years	Others
Nong Thuam	1	2	3
Nam Touad	2	1	2
Total	3	3	5

村の保健スタッフによると、事業計画地域周辺で主にみられる病気は、下痢、インフルエンザ、マラリア、風邪等である。

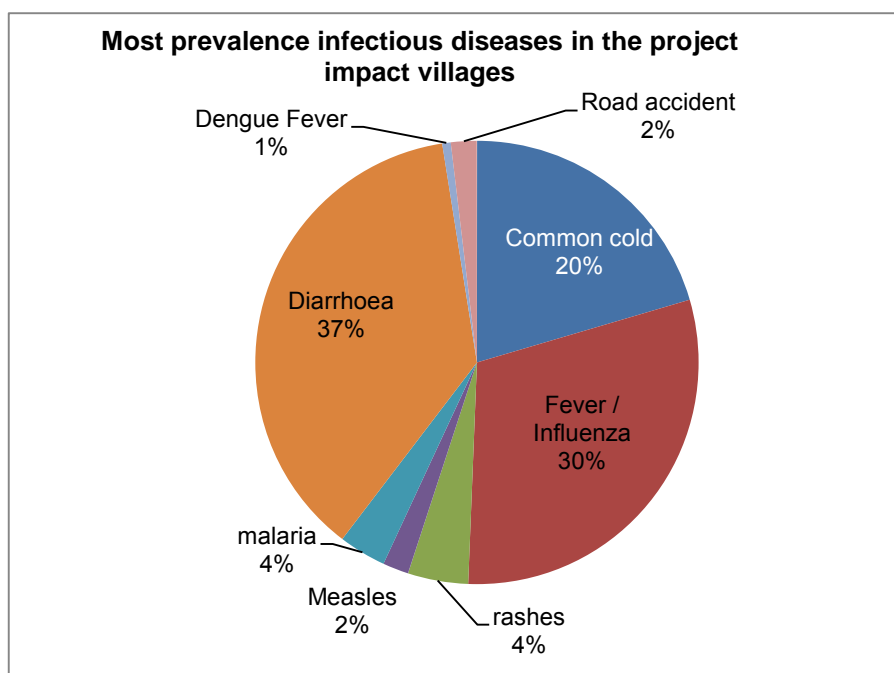


図 6.7-8 被影響村における主な症状

(c) 栄養摂取状況

栄養摂取状況について調査を行った。

肉や魚などのタンパク質の摂取状況を表 6.7-25 に示す。1 日に 3 度タンパク質を摂取している世帯は全体の 0.7% だけであった。週に 1 度はタンパク質を摂取する世帯が最も多く 44.9% であった。タンパク質をほとんど取らない世帯も 9.8% あった。

米の自給率を表 6.7-26 に示す。一年分の米を確保している世帯は 35.4% あった。また、Nam Touad は米を生産していない世帯が 9.7% あった。

表 6.7-25 被影響村のタンパク質摂取状況

Village	Protein consumption (% of Household)				
	Three times a day	At least once a day	At least three times a week	At least once a week	Go more than a week without consumption
Nong Thuam	1.10%	6.60%	42.00%	39.00%	11.30%
Nam Touad	0.00%	5.50%	33.00%	54.00%	7.50%
Average	0.67%	6.17%	38.47%	44.89%	9.81%

表 6.7-26 被影響村の米自給率

Villages name	Rice sufficiency (No. of HH)				
	Sufficient for a year	Sufficient for 9 months	sufficient for 6 months	Sufficient for 3 months	No rice production
Nong Thuam	37.50%	25.00%	29.17%	8.33%	0.00%
Nam Touad	32.26%	38.71%	0.00%	19.35%	9.68%
Average	35.44%	30.37%	17.72%	12.65%	3.79%

(6) 貧困層

貧困の定義は、Decree 201/PM2012 for the Standard of Poverty and Development に、以下のとおり示されている。

“Poverty is the deprivation of basic needs for the daily livelihood such as shortage of food that cannot provide the energy of 2100 Kcal/day/person, deprivation of clothes, durable shelter, inability to afford for the health care in case of sickness, inability to afford for the elementary education, inability to access to public services”

（「貧困」とは、日常生活に基本的に必要とされる条件が充足されていないことであり、以下を含む。食糧が 1 日 1 人あたり 2100Kcal 以下、衣料品・自然災害に耐えうる住居の

欠乏、疾病時に治療を受けることができないこと、子供が小学校の教育を受けることができないこと、社会的サービスを受けることができないこと。)

家計水準のグループ分けは、GOL Technical Guidelines for Compensation and Resettlement 2010 で定義されており、EIA 報告書では、家計水準のグループ分けを地域経済の収入源の指標を用いて示すこととなっている。Pakxong 郡では、コーヒーと米が指標となる。この家計水準の定義の Vulnerable Income Group が貧困層に相当する。被影響村において、6 世帯が Vulnerable Income Group に分類された。

表 6.7-27 家計水準の定義

Household Livelihood Status	Definition
Well Off Income Groups	Households with primary income sources mainly trading and services sector and some farming. Adequate income for basic household needs, education and finance and other resources for conducting business operations.
Sufficient Income Groups	Adequate income from coffee and/or rice production yields and other economic activities to provide adequate nutrition and other basic necessities 12 months a year and meet basic education and health expenses.
Insufficient Income Groups	Inadequate income from coffee and/or rice production yields and other economic activities to provide adequate nutrition and other basic necessities 12 months a year and meet basic education and health expenses.
Vulnerable Income Groups	<ul style="list-style-type: none"> Households with persons falling within the definition of Poverty in Decree 201/ PM (April 2012) for the Standard of Poverty and Development Households defined as vulnerable by Decree 192 /PM 2013. Are landless for food production and shelter; Divorced or widowed female headed households with dependents and low income; Households with disabled or invalid persons; and Elderly households with no means of support.

表 6.7-28 被影響村の家計水準

Villages name	Total of HH	Poverty HH			
		Well-off	Sufficient	Insufficient	Vulnerable
Nong Thuam	48	32	7	7	2
Nam Touad	31	10	16	1	4
Total	79	42	23	8	6

(7) 民 族

(a) ラオス国における民族の概要

ラオス国は多民族国家であり、言語学的な大きな分類では、表 6.7-29 に示す 4 つのグループに分けられる。専門家によると、これら 4 つの言語学的分類を 49 のグループに分類し、さらに 132 のサブグループに分類しており、国民会議（National Assembly）はこの区分を 2008 年 11 月 24 日に承認している。

表 6.7-29 ラオス国の民族グループ

Group	Sub-group 数	特徴
Lao-Tai	8	低地に居住し、仏教を信仰、米作農業を営む。中心である Lao-Tai 族のほか、Tai-Dam、Tai Khao、Tai Daeng、Tai Lue、Phuan 族等がこのグループに属する。人口の約 60%を占める。
Mon-Khmer	32	中標高の山岳地域に居住し、焼畑農業や林産物により生計を立てる。Khmou、Mekong、Yuroo/Laven 等が属する。古くから東南アジアに広く分布する民族である。人口の約 25%を占める。
Hmong-Iumien	7	ラオス国北部から中部の高標高の山岳地域に居住、焼畑農業を営む。Hmong、Yao 等が属する。比較的近年中国南方から移住し、人口の約 10%を占める。
Sino-Tibetan/ Hmong-Mien	2	ラオス国北部の高標高の山岳地域に居住し、焼畑農業を営む。Akha、Lahu、Lisu、Phou Noi 等が属する。近年中国南部から移住してきた民族で、人口の約 5%を占める。

出典：National Assembly Ratification

(b) 民族政策

1991 年のラオス国憲法 8 条および 22 条により、すべての民族は平等であり、民族独自の文化を尊重することを規定している¹。ラオス国の民族政策は貧困撲滅政策および焼畑農業の縮減政策と密接に関連しており、近代化かつ豊かな生活水準を確保するために、高地に居住する孤立した民族の低地への移動、小規模村落の大村落への合併、通婚等を含む他民族との交流、主流であるラオス文化の自己認識等を政策としているが、一方で各民族の特性・文化を可能な限り尊重するとしている。

民族の文化を尊重する政策は法律にも明記されており、土地法（Land Law, 1997）、森林法（Forestry Law, 2007）では高地居住民族の伝統的な土地利用や森林生産物の所有権を認めている。

¹ ラオス国では、すべての国民は Ethnic である、との観点から、Indigenous People（先住民族）、Ethnic Minority（少数民族）という言葉は用いない。

(c) 被影響村の民族構成

事業計画地域とその周辺には、Mon-Khmer 語族に属する Nyaheun 族、Laven (または Yuroo) 族のみが居住している。被影響村の住民は全員が、Nyaheun 族である。しかし、近隣の比較的大きな Houaykong 村は総人口 1460 人のうち 866 人が Laven 族である (他は Nyaheun 族および Lao 族)。

表 6.7-30 被影響村の民族構成

	Nyaheun		Laven		合計	
	家族数	人口	家族数	人口	家族数	人口
Nong Thuam	48	247	0	0	48	247
Nam Touad	31	204	0	0	31	204
Total	79	451	0	0	79	451

(d) 民族の特性

Nyaheun 族は、Bolaven 高原東部・南部の、Champasak、Attapeu、Sekong 各県に散らばった小規模な村落に居住し、総人口は約 5,000 人である。独自の言語 (Mon-Khmer 語族の Bahnaric 言語グループ) を持つが、ラオ語も話す。

過去には半遊牧民的な暮らしをしていたが、20 世紀初頭に村落を形成するようになった。遊牧民的な痕跡は簡素な家屋に残されており、現代でも、豊かな土地や収入を求めて移動することがしばしばある。焼畑農業を生活の糧とし、米、とうもろこし、イモ、キビ、種々の野菜を栽培するが、最近では水田による米作も増えてきている。事業計画地周辺に暮らす Nyaheun 族は、現在は定住しており、農耕を主体とした生活をしている。



図 6.7-9 Nyaheun 族の伝統衣装

一般的に、Laven 族の居住地と境界を接することが多い。各村落は独立しており、家族も単一で、いわゆる部族制度はなく、母系社会である。周囲の自然に精霊が宿るとする精霊信仰が一般的であり、農作物の収穫、病気、自然災害等に対し、水牛・豚・鶏等をいけにえとして捧げる風習がある。祭祀を司るシャーマンは *Muan* と呼ばれる。

世界銀行 Operation Policy 4.10 における先住民族の定義による Nyaheun 族の特性を表

6.7-31 に整理した。

【世界銀行 Operation Policy 4.10 における先住民族の定義】

- a. 独自かつ固有の文化的集団としての自己認識、ならびに、そうしたアイデンティティに対する他者からの認識。
- b. 地理的に固有な住居地または先祖伝来の領地、ならびに、そうした居住地や領地内の天然資源に対する集団的愛着／依存（Collective attachment）
- c. 支配的な社会や文化と切り離された慣習上の文化的、経済的、社会的、政治的制度の存在。
- d. 当該国家の主流層とは異なる言語の使用。

表 6.7-31 Nyaheun 族の特性の整理

WB OP4.10 の定義	Nyaheun の特性
a. 固有の文化的集団としての自己認識	該当する：憲法 8 条ではすべての民族はラオス国民となっているが、民族性は ID カードに記載されている。
b. 領地への集団的愛着／依存	該当する：歴史的に、ベトナムの国境に近い Bolaven 高原の南東部の限られた範囲に居住している。
c. 慣習的、文化的、経済的、政治的慣例	該当する：独自の文化的習慣がある。ただし、村の組織はラオス国内で統一されている。政治的な慣例はラオス国法律下では存在しない。
d. 固有の言語	該当する：主要言語であるラオ語とは異なる Mon-Khmer 語を話す。ただし、Mon-Khmer 語は家族やコミュニティ内のみで使用している。

(8) 宗 教

事業計画地の住民は、ほとんどがアニミズム（精霊信仰）を信仰しているが、仏教と両方を信仰している住民も存在する。

表 6.7-32 被影響村の信仰宗教

Affected Villages	Total No. HH	Buddhism	Animism
Nong Thuam	48	Yes	Yes
Nam Touad	31	No	Yes

(9) 村の組織

村落は表 6.7-33 の要員構成により運営されている。なお、これら組織は民族に関わらず、ラオス国内すべて同様である。

表 6.7-33 村の組織

役 職	役 割
村長 Village Headmen (Nay Ban)	政府に対し村を代表し、税金の徴収、役人の任命、紛争の仲裁、政府方針の伝達ほか、村の運営に責任を持つ。
副村長 Deputy Head of Village (Hong Nay Ban)	村長を補佐するほか、党に関連する業務を行う。通常、村の党書記がこの役割を務める（党書記と村長は兼任できないため）。
村代表 Village Representative (Kam Ma Kan Ban)	村長を補佐する。
青年組織代表 Youth Organisation (Sao Num)	国レベルの青年組織（Youth Organization）の村での代表であり、青年組織に関連する業務を行う。
保安責任者 Village Militia (Kong Lon)	警備を担当し、通常 3～4 名からなる。
女性組織代表 Village Women's Union (VWU - Sahaphan Mereying Ban)	国レベルの女性組織（Woman's Union）の村での代表であり、女性組織に関連する業務を行うほか、女性保護の立場から活動を行う。
開発責任者 Village Development Front (Niaw Hom)	村の規模に応じて 3 名またはそれ以上からなり、村レベルの開発事業を担当する。通常、村運営委員会の委員経験者や政府機関の退任者が務め、村の意思決定に対するアドバイザーの役割をあわせ持つ。

(10) 社会経済

事業計画地における主な産業は農業である。住民は、主に農業によって生計を立てている。次いで、日雇い労働からの収入が多く、その他、公務員としての雇用、商店、家畜、被木材産物、漁業等から収入を得ている。収入額も農業が最も多い。Nam Touad 村は一世帯当たりの年間の収入が、9.1million kip と低かった。

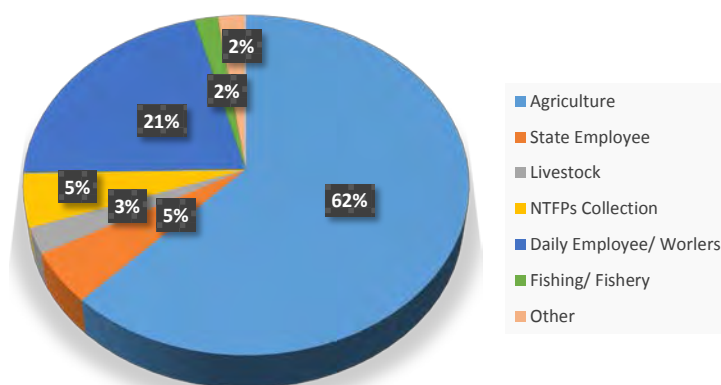


図 6.7-10 被影響村の主な収入源

表 6.7-34 村別産業別の収入

Unit: million kip

Village	Nong Thuam	Nam Touad	Average
HH	48	31	39.5
Population	247	204	225.5
Agriculture	720	155	437.5
State Employee	0	70	35
Livestock	20	15	17.5
NTFPs Collection	72	0	36
Daily Employee/ Workers	300	0	150
Business Service	0	0	0
Fishing/ Fishery	14	12	13
Handicraft/ Small Scale Industry	0	0	0
Other	0	31	15.5

表 6.7-35 世帯当たりの収入状況

Unit: million kip

Village	HH	Population	Total Income	Income / HH	Income / PP	Income / pp / Month
Nong Thuam	48	247	1,126	23.4	4.6	0.4
Nam Touad	31	204	282	9.1	1.4	0.1
Average	39.5	225.5	704	16.25	3.0	0.25

(11) 社会整備基盤

(a) 交 通

事業計画地の南側には、Pakse と Attapeu をつなぐ国道 16A 号線が通っている。国道 16A 号線から事業計画地内の村に行く道が繋がっているが、舗装はされておらず、橋の整備の遅れもみられる。また、事業計画地周辺では、開発業者による道路建設が進んでいる。

(b) 飲料水

事業計画地では、住民は飲料水および生活用水として、河川や小川の水あるいは井戸を利用している。Nong Thuam 村には井戸がある。

表 6.7-36 被影響村における飲料水の供給状況

Impacted Villages	Water supply	Water Well	Tube Well	Rivers
Nong Thuam	0	0	2	1
Nam Touad	0	0	0	1
Total	0	0	2	2

(c) 減水区間の河川利用状況

減水区間に当たる取水堰から発電所間の河川利用実態調査を行った。調査の結果、乾季の河川敷菜園への供給水として Nong Thuam 村が利用しており、漁業として Nong Thuam 村と Nam Touad 村が利用している。

表 6.7-37 河川利用調査結果

Description	Nong Thuam	Nam Touad
Total Household (HH)	48	31
Household Sample	20 (42%)	10 (32%)
No Persons/Household	6.7	6.9
No HH use XKT for Drinking/ Washing (use this water garden near river only)	6	0
HH Fishing frequency Times/Week	2.75	3.4
HH Fishing frequency Times/Month	11.10	13.6
Main Fishing Equipment		
- Hook	30%	10.6%
- Fishing Net	30%	47.4%
- Trawl Net	23.6%	42.0%
- Others	16%	0%
Number of Fish Species	9	3
Main Species/		
Grinocheilus sp	17%	9%
ByPoroputius sp	32.5%	45.5%
Lobochelios sp	19.1%	45.5%
Average fish catch kg/time	2.13	0.67
Average fish catch value/kg	20,000 kip	20,000 kip
Average fish incomes/HH/time	42,500 kip	17,400 kip
Average fish incomes/HH/year	5,661,000 kip	2,839,680 kip
2013 Average HH Total Income/year	23.4 MM Kip	9.1 MM kip
Fish catch % of Total Income	26%	31%

(d) 電力供給

被影響村には 2013 年から 2014 年にかけて、配電線が延伸・整備されたが、2015 年 6 月時点で電線を家に引いている世帯はない。料理には薪を使用している。

既に各家庭に電線を引けば電力が供給される状況にあるため、セカタム水力発電開発の如何に関わらず、ピコ発電の整備など電力供給に関する住民の自助努力に影響を及ぼす可能性はないと考えられる。

表 6.7-38 電力供給状況

Impacted Villages	Total No. of HH	No. HH with Electricity	% of HH with electricity
Nong Thuam	48	0	0%
Nam Touad	31	0	0%
Total	79	0	0%

(12) 文化遺産

(a) 世界遺産

ラオス国内の世界遺産は、北部の Luang Prabang の町と Champasak 県の Vat Phou 関連古代遺跡群の 2 つであり、これらは事業計画地から離れている。

(b) 聖地・墓地

被影響村の住民はほとんどがアニミズムを信仰しているため、事業計画地内で寺院は確認されなかった。一方で、事業計画地周辺において祭事に使われる場所や Nyaheun 族の歴史的・文化的な聖地や墓地が確認された。墓地はほとんどが樹林で覆われており、墓地の内部に入ることは禁止されている。確認された聖地および墓地の概要を表 6.7-39 に、確認位置を図 6.7-11 に示す。

表 6.7-39 被影響村で確認された Nyaheun 族の聖地および墓地

Cultural Asset	Explanations	UTM Coordinates (Zone 48)
Phou Dok Don	Sacred mountain which villagers believe an owner of forest is residing. People who wants to harvest in the mountain shall pray to the spirit,	
Tham Phi Pop	Phi Pop cave where a spirit is residing.	
Lak Ban	There are 4 poles at the accessing points to the village for preventing evil spirit from entering into the village.	
Village Spirit Hut (Ho Phi Ban)	Villagers make offerings to the hut at Lao New Year and certain occasions of the year.	X= 668,209.27 Y= 1,674,856.42
Cemetery 1	It is called Pa Sa Nong Yeung.	X=668,302.74 Y=1,674,945.23
Cemetery 2	It is called Pa Sa Nong Pad. Cemetery for accidental death.	X=668.956.76 Y=1,674,422.34
Cemetery 3	It is called Pa Sa Nong Sa Phad, old cemetery.	X=669,299.59 Y=1,674,187.59
Cemetery 4	It is called Pa Sa Nong Aenr. A coffee plantation company disturbed the cemetery. This is for Nong Thuam and Nong Hin villages.	X=667,539.63 Y=1,675,589.07

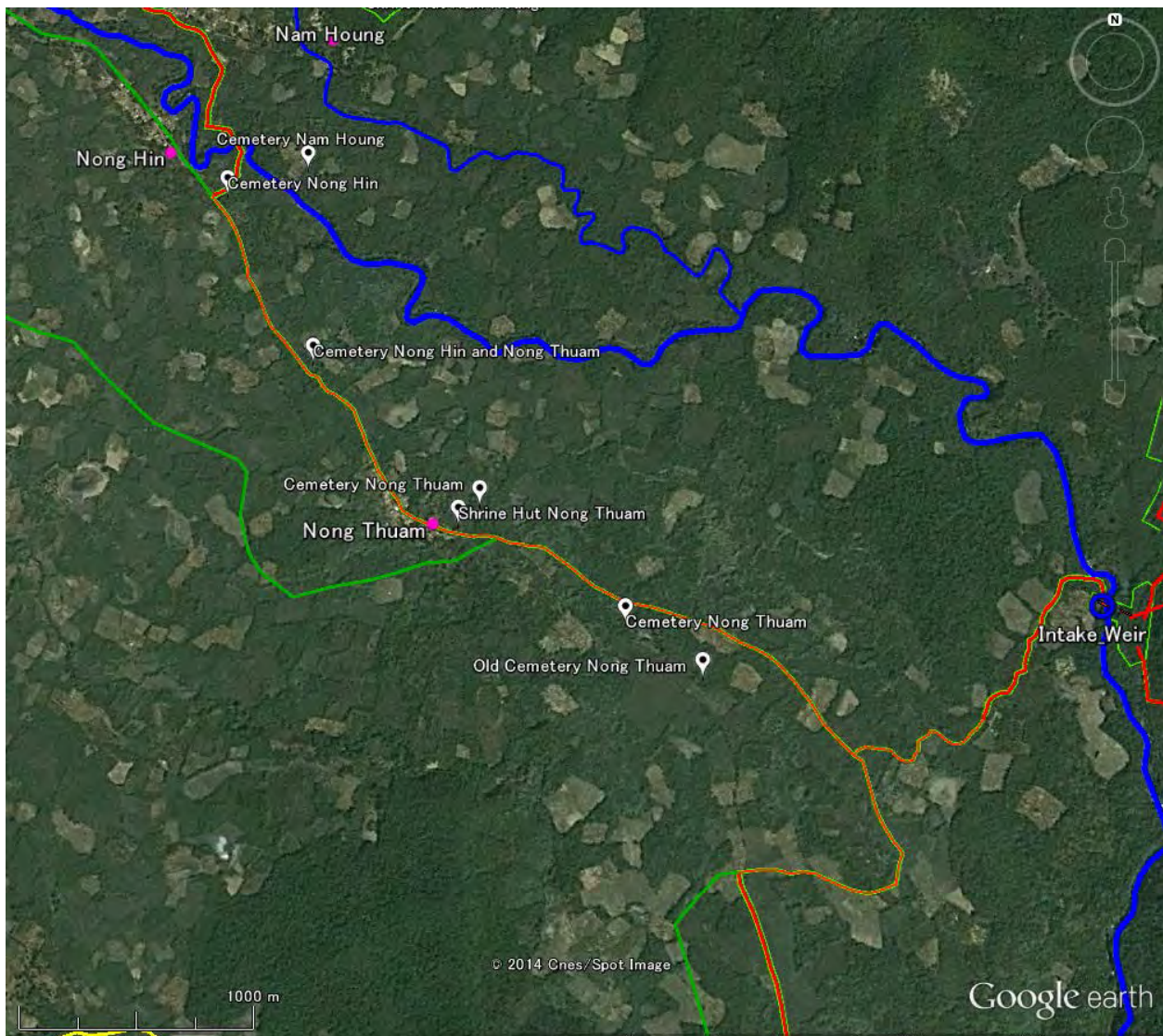


図 6.7-11 聖地および基地の位置図

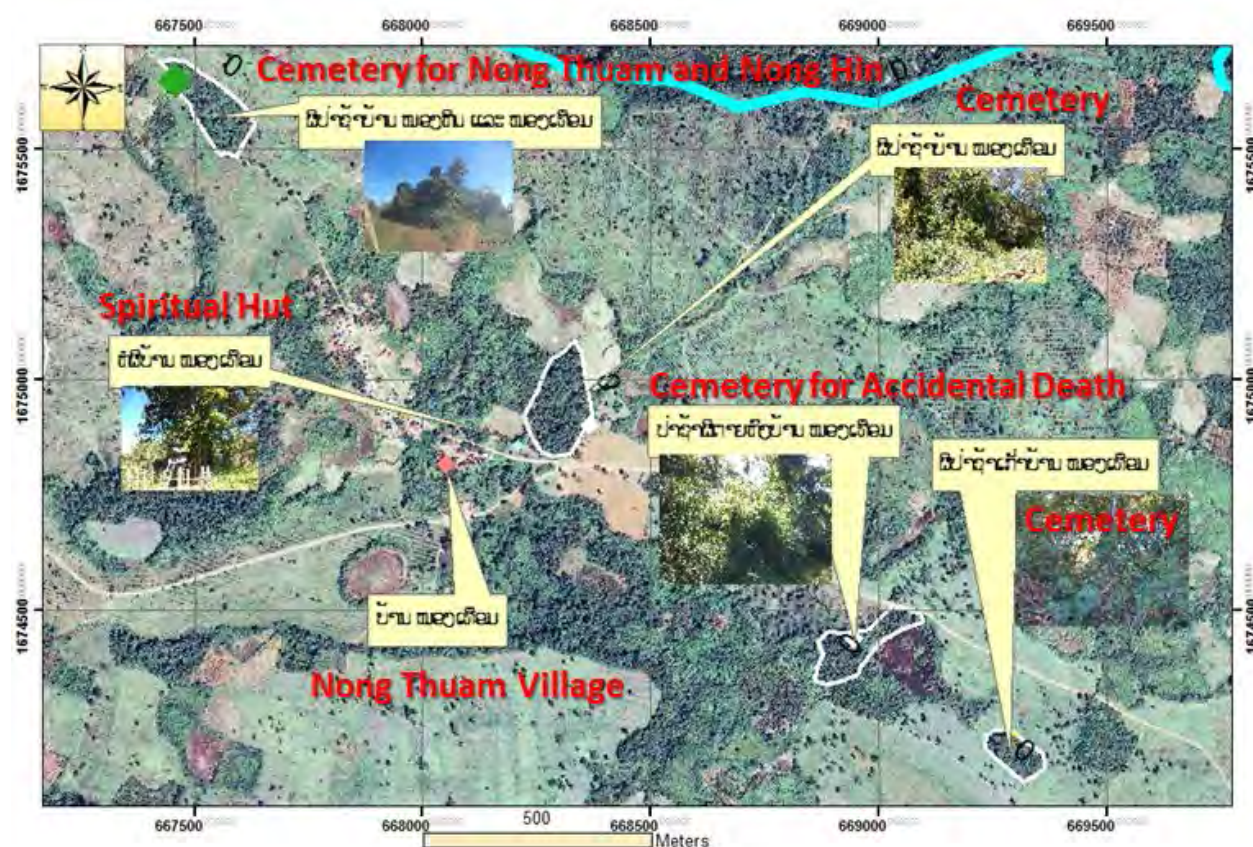


図 6.7-12 墓地の詳細位置図



図 6.7-13 Nyaheun 族の墓地

A large, powerful waterfall cascading down a rocky cliff, surrounded by dense green foliage. The water is white and frothy as it falls, creating a misty spray at the base. The surrounding vegetation is lush and green, framing the waterfall on both sides.

A detailed map of the Bolaven Plateau in Laos. The map features a prominent red trail route that winds through the region. Key locations marked include Salavan, Sekong, Pakse, and Attapeu. The map also shows the Mekong River to the west and the Xe Namnoy River flowing through the plateau. Various geographical features are labeled, such as Phaxum Cliff, Tad Lo, Tad Fane, Tad Yuang, and Tad Hua Khon. Distances between points are indicated in kilometers (km). A compass rose in the top right corner shows North (N). A red arrow points towards the trail starting near Salavan. The text 'The Bolaven Plateau' is written in large green letters across the center of the map.

6 - 76

[illegible]

6 - 77

6.7.3 架空送電線範囲の社会経済状況

架空送電線はセカタムから Pakxong 変電所までの 45km あり、15 村を通過する。これら 15 村の社会経済状況について以下に示す。

表 6.7-40 架空送電線の被影響村

No.	Village	No.	Village
1	Nam Touad	9	Nong Kin
2	Nong Tuang	10	Chan Sa vang
3	Nong Thuam	11	Km15
4	Lasasin	12	Km 12
5	Houaykong	13	Km 11
6	Nam Tang	14	Nong Chan
7	Nong Keuang Yai	15	Bangliang
8	Nam Pod		

(1) 人口統計および民族構成

人口は 1,347 世帯 10,000 人を超え、5 つの民族に分かれる。架空送電線計画地域では Laven 族が最も多く、次いで Nyaheun 族が多かった。

表 6.7-41 架空送電線の被影響村の民族構成

Ethnic group	Population	Households	Families
Laven (Yuroo)	6,688	835	1235
Nyaheun	2,528	378	383
Ta oy	813	130	135
Keumeu	10	3	3
La Vea	5	1	1
Total	10,044	1,347	1,757

(2) 土地利用

架空送電線の ROW は 25m 幅であり、ROW 内の土地利用を表 6.7-42 に示す。

ROW 内の面積は 14,928ha であり、8 村が所有している。ROW の一部は Xe Katam Provincial Protected Forest に含まれ、その他の地域は農地、コーヒー農園、稲作地である。その他、計画・承認段階のボーキサイトの鉱山資源開発がある。

表 6.7-42 架空送電線 ROW 内の土地利用状況

Land cover type	Area (ha)
Forest	8,697
Fruit trees (mainly coffee)	841
Up land rice (swidden framing)	285
Paddy rice field	228
Company coffee plantation	1017
Household garden plats	4,004
Total	14,928

樹木の多くは焼畑農業に利用されており、米の生産、木材や NTFP の採取、コーヒー農園開発が行われている。

(3) 健康状態

村人の約半数は健康状態が良好ではなく、過去 2 年間に多くの世帯がマラリア、下痢、インフルエンザに罹っていた。

汲取り式のトイレがある世帯は全体の約 30%にあたる 706 世帯であった。

飲料水の供給は、掘り抜き井戸が主であり、飲料水として利用する前に煮沸させる必要がある。その他、管井戸 (30%)、掘り井戸 (3%)、河川水を利用している。

村人は医薬品を Houaykong の薬局で購入している。

(4) 社会基盤整備

8 村の 1,104 世帯が EDL の配電線から受電している。

小学校は 13 村にあり、初等中学校は 3 村にある。

交通機関として、公共バスが Houaykong と Pakxong 間を運行している。

送電線経由村落の中では、Houaykong が商業の中心であり、多くの店舗、小売商店が営業しており、その他の 10 村には小規模な商店がある。

6.7.4 事業計画地下流部の社会経済状況

Xe Namnoy 川は発電所の下流から急峻な樹林帯を約 13km、沖積平野地帯を約 15km 通り、Xe Kong 川と合流する。Xe Namnoy 川と合流後、Xe Kong 川は約 150km 先のカンボジア領域で Mekong 河と合流する。

Xe Namnoy 川の Xe Katam 下流流域は、当初のダム水路式発電所案ではダム運用による河川流況の変化により、河川周辺の 3 村（Bengphoukham 村、Meuanhuameuang 村、Nam Hieng 村：いずれも Attapeu 県に所属）が影響を受ける可能性があるとして、社会経済状況を調査した。流れ込み式への変更により、年間を通しての河川流況は変化しないこととなったため、これら 3 村へプロジェクトが影響を及ぼすことはない。

(1) 人口統計および民族構成

2010 年の 3 村の人口は 1,880 人で、6 つの民族グループが含まれていた。最も人口が多いのは Harak 族（803 人）で、次いで Triang 族（463 人）が多かった。

表 6.7-43 発電所下流域の人口および民族構成

Village	Ethnic Group	Number of Household	Number of Family	Population	Female
Meuanhuameuang	Nyaheun	75	75	362	207
	Triang	58	63	398	148
	Lao	13	13	83	49
Subtotal		246	151	843	404
Beng Khoukham (Khoukham)	Triang	10	10	65	34
	Lao	18	18	154	80
	Harak	84	102	397	198
Subtotal		112	130	616	312
Nam Hieng	Oy	1	1	4	2
	Laven	-	-	2	-
	Lao	2	2	9	5
	Harak	60	85	406	202
Subtotal		63	85	421	209
Total		319	369	1880	925

(2) 就学率

就学率は 3 村とも低く、Nam Hieng 村は 7.13%と特に低かった。原因として教師や教材の不足が挙げられる。現在は多くの子供が学校に行き教育を受けており、政府のデータとは異なる部分がある。

表 6.7-44 発電所下流域 3 村の就学率(2010 年)

Village	Literacy	Primary school	Lower secondary school	Upper secondary school	College/ University
Meuanhuameuang	34.99%	1.78%	0.71%	0.12%	0.00%
Beng Khoukham	30.03%	30.68%	0.65%	0.65%	0.32%
Nam Hieng	7.13%	NA	NA	1.43%	0.00%

NA : 情報なし

(3) 社会経済

(a) 農 業

自給自足農業で主に米を作っている。情報が入手できた Nam Hieng 村の 88 家族について米の自給率を表 6.7-45 に示す。

表 6.7-45 米の自給率(Nam Hieng 村)

Villages name	Rice sufficiency (No. of Family)				
	Sufficient for a year	Sufficient for 9 months	sufficient for 6 months	Sufficient for 3 months	No rice production
Nam Hieng	11.36%	57.95%	22.73%	7.95%	0.00%

(b) 漁 業

生計を立てるために漁業を営んでいる住民は少ない。消費用に漁を行っている住民もほとんどおらず、タンパク質の不足を補う程度である。多くの住民は Mekong 河で獲られた魚や、Vientiane やタイで養殖された魚を市場で購入している。

(c) NTFP の採取・狩猟

NTFP は重要な栄養源や伝統薬であり、一般的に多くの世帯が採取している。哺乳類、爬虫類、鳥類の狩猟もまた、消費や時々販売目的で行われている。

(d) 収入源

3 村の家計の統計データは入手出来なかった。そのため、3 村から約 8km 離れた Xe Namnoy 村の収入源および収入のデータを表 6.7-46、表 6.7-47 に示す。

収入減が NTFP である家族が 70%以上と多く、漁業によって収入を得ている家族は約 2% (1 家族) と少なかった。

表 6.7-46 Xe Namnoy 村の農業による収入減および収入

Income from	# Families	% of total Family	Total income	% of total Income
Small animals raising	4	8.33%	1,488,000	0.28%
Fish catch	1	2.08%	300,000	0.06%
Income Timber and NTFP new village	34	70.83%	400,000	0.08%
Income Timber and NTFP old village	6	12.50%	9,242,000	1.76%
Crop production	34	70.83%	305,660,000	58.23%
Tree production	3	6.25%	2,760,000	0.53%
Other sources of income	34	2.08%	205,052,000	39.06%
Total Families' income (LAK)	41	85.42%	524,902,000	100.00%

Source: Xe Pian – Xe Nam Noi Project studies 2012-2013

表 6.7-47 Xe Namnoy 村の農業以外の収入源および収入

Activity	# Families	% of total Families	Total other income	% of total other income
Business	1	2.1%	4,000,000	2.0%
Loans	1	2.1%	0	0.0%
Handicraft	1	2.1%	1,500,000	0.7%
Rent	0	0.0%	0	0.0%
Remittance	1	2.1%	2,040,000	1.0%
Salary	8	16.7%	73,320,000	35.8%
Labour	27	56.3%	106,642,000	52.0%
Incurred loans	7	14.6%	9,750,000	4.8%
Other	1	2.1%	7,800,000	3.8%
Total other income by Families	34	70.8%	205,052,000	100.0%

Source: Xe Pian – Xe Nam Noi Project studies 2012-2013

6.7.5 温室効果ガス(GHG: Greenhouse Gas)の排出量

気候変動対策支援ツール (JICA Climate-FIT Version 2.0) を利用し、ラオスの系統接続の排出係数 (コンバインド・マージン) を 0.5450 t-CO₂/MWh と定め、本事業の売電電力量を乗じた結果、本事業による系統における GHG の削減量は 161,360 t-CO₂/year と算出された。

6.8 影響評価

6.8.1 環境評価区域の設定

環境社会配慮調査の結果から、プロジェクトの建設・運営により、自然環境および社会環境に与える影響を評価し、その緩和策を検討した。検討にあたっては、影響の性質・程度より以下に示す Zone に区分して検討した。

Zone 1：取水堰、発電所、および工事用道路の建設・運営により影響を受ける範囲

Zone 2：送電線の建設・運営により影響を受ける範囲

社会環境上、それぞれの Zone で影響を受ける住民の範囲は表 6.8-1 のとおりである。

表 6.8-1 各区域での影響を受ける住民

Zone	影響を受ける住民・村落
1	2 村：Nong Thuam、Nam Touad
2	15 村（うち 2 村はゾーン 1 と共通）

工事区域に位置する Zone 1 の 2 村落は、工事用道路が村落内を通行し、周辺の土地が道路建設や土捨て場として改変されること、Xe Katam 川沿いの村落であることから河川の流況変化による影響をより大きく受けると考えられることから、影響村落として影響緩和策を検討するものとする。

6.8.2 影響評価

環境社会影響の評価にあたっては、JICA 環境社会配慮ガイドライン（2010 年 4 月）別紙 5 のチェック項目を参考に評価項目を設定し、それぞれの Zone 毎に工事中、供用時について評価を実施した。影響評価結果を表 6.8-2（Zone 1）および表 6.8-3（Zone 2）に示す。なお、スコアリング時の評価を「事前評価」として付記した。

表 6.8-2 環境影響評価(Zone 1)

項目		時期	事前 評価	事後 評価	評価理由
汚染対策					
1	大気汚染	工事中	B-	B-	現状の大気汚染は認められなかったが、土地造成による粉塵、重機や交通量増大による大気汚染が予想される。
		供用時	C-	B-	交通量増大、非常用ディーゼル発電機の稼働による大気汚染の可能性はある。
2	水質汚濁	工事中	A-	A-	河川工事による水質汚濁が予想される。
				B-	燃料・潤滑油・化学物質等の流出による水質汚濁が予想される。
		供用時	B-	B-	水車発電機障害時の油脂類流出による水質汚濁が予想される。
				B-	発電所作業員の生活排水による水質汚濁が予想される。
3	廃棄物	工事中	B-	B-	建設残土や廃材の発生が予想される。
		供用時	C-	B-	廃油や生活廃棄物の発生が予想される。
4	土壌汚染	工事中	B-	B-	燃料・潤滑油・化学物質による土壌汚染が予想される。
		供用時	C-	B-	屋外機器の廃油等の油流出による土壌汚染が予想される。
5	騒音・振動	工事中	B-	B-	建設工事による騒音・振動の発生が予想される。
		供用時	B-	D	道路が改良されることにより交通量が増大する可能性があるが、影響はほとんどないと考えられる。
6	地盤沈下	工事中 供用時	D	D	地盤沈下を引き起こす作業は想定されない。
7	悪臭	工事中	D	B-	有害物質の流出による悪臭の発生が予想される。
		供用時	D	D	悪臭の発生は予想されない。
8	底質	工事中	B-	B-	河川工事・建設宿舍からの生活排水による底質汚染が予想される。
		供用時	C-	B-	取水堰によって堰止められた土砂に有機物が大量に含まれる場合は、水底に泥土が形成される可能性がある。
自然環境					
9	保護区	工事中 供用時	C-	B-	導水路・調整水槽・水圧鉄管・工事用進入路は県の森林保全区域内（Provincial Protected Forest）に整備する予定であり、樹林伐採等の影響が予想される。
10	生態系	工事中	B-	B-	建設工事による生態系の攪乱が予想される。
				B-	建設工事の騒音や人間活動による敏感な動物等への影響が予想される。
				B-	河川流路が変化することにより水生生物に影響が予想される。
		供用時	A-	A-	発電運用による河川流量の減少に起因した河川生態系への影響が予想される。
				B-	堰による回遊性魚類の遡上妨害等の影響が予想される。
				B-	道路整備等人間の活動範囲および狩猟の増加による動物生態系への影響が予想される。
11	水象	工事中	B-	B-	取水堰建設中に河川流況の変化を引き起こすことが予想される。
		供用時	A-	A-	運用により河川流量減少区域が生じる。
12	地形・地質	工事中 供用時	B-	B-	掘削・切取工事による地形の改変、地滑りが生じることが予想される。
社会環境					
13	用地取得・住民 移転	工事中	B-	B-	住居の移転はないが、発電所等建設予定地内にある耕作地等の補償が必要となる。
		供用時	D	D	住民移転・用地取得を引き起こすような作業は想定されない。
14	貧困層	工事中 供用時	B-	B-	生計手段である耕作地の消失による収入減が予想される。
		供用時	B+	B+	発電設備の増強による地域電力供給体制の強化、工事にとまなう道路整備等により、学校・病院等の社会サービスの向上及びこれら施設へのアクセスの向上が見込まれる。

項目		時期	事前 評価	事後 評価	評価理由
15	少数民族	工事中 供用時	A-	A-	影響を受ける住民はすべて少数民族であり、耕作地の消失等による収入減が予想される。
		供用時	D	D	少数民族への影響は想定されない。
16	雇用や生活手段等の地域経済	工事中	B-	B-	建設用地の取得により、生活基盤（農業、森林作物、漁業、狩猟等）となる土地の減少による収入減が予想される。
			B+	B+	雇用機会の増加が見込まれる。
			—	B-	建設労働者の一時的増加による地域経済の混乱が予想される。
		供用時	B+	B+	雇用機会の増加、地域経済の発展による生活向上機会の増加が見込まれる。
17	土地利用や地域資源利用	工事中	B-	B-	土地買収、森林伐採が、農産物や地域資源の収穫減少につながる。
		供用時	B-	B-	森林伐採による森林資源の減少、流況変化による漁業への影響が予想される。
18	水利用	工事中	C-	B-	工事に起因した水質悪化が河川水の利用に悪影響を与える可能性がある。
		供用時	C-	B-	減水区間での河川流量の減少が河川水利用に影響を及ぼす。
19	既存の社会インフラや社会サービス	工事中	B-	B-	工事用車両の交通量増加により社会サービスへのアクセスが制約を受ける可能性がある。
		供用時	B+	B+	発電設備の増強による地域電力供給体制の強化、工事にもなう道路整備等により、学校・病院等の社会サービスの向上及びこれら施設へのアクセスの向上が見込まれる。
20	社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織	工事中	B-	B-	補償・用地買収交渉時の社会システム・組織への影響が予想される。
		供用時	D	D	社会関係資本、社会組織への影響は想定されない。
21	被害と便益の偏在	工事中	B-	B-	不公正な補償評価による影響が予想される。
		供用時	D	D	被害と便益の偏在は想定されない。
22	地域内の利害対立	工事中	B-	B-	用地買収・補償時の利害対立が予想される。
		供用時	D	D	地域内の利害対立は想定されない。
23	文化遺産	工事中 供用時	C-	B-	宗教上の聖地が存在する。
24	景観	工事中	D	D	事業による影響は想定されない。
		供用時	A-	A-	発電所運営による河川流水の減少が、Xe Katam 滝の景観に影響を与える。
25	ジェンダー	工事中	C	D	教育・就業機会等で性差があるが、事業による影響は想定されない。
		供用時	D	D	ジェンダーへの影響は想定されない。
26	子どもの権利	工事中 供用時	D	D	事業による影響は想定されない。
27	HIV/AIDS 等の感染症	工事中	C-	B-	建設労働者の流入による感染症の発生が予想される。
		供用時	D	D	事業による影響は想定されない。
28	労働環境(労働安全を含む)	工事中	C-	B-	労働による疾病や事故が起きる可能性がある。
		供用時	D	D	労働環境に負の影響を与える作業は想定できない。
その他					
29	事故	工事中	A-	A-	工事中の事故、交通事故、不発弾による事故等の発生が予想される。
		供用時	B-	B-	運転中の事故、交通事故の発生が予想される。
30	越境の影響、気候変動	工事中	C-	B-	建設重機・車両からの排気ガスの増加と森林伐採による吸収能力の低下による CO ₂ 排出量の増加が予想される。
		供用時	C+/-	D	事業による影響は想定されない。

表 6.8-3 環境影響評価 (Zone 2)

項目	時期	事前 評価	事後 評価	主要な影響	
汚染対策					
1	大気汚染	工事中	B-	B-	現状の大気汚染は認められないが、土地造成による粉塵、重機や交通量増大による大気汚染が予想される。
		供用時	D	D	大気汚染を引き起こす作業は想定できない。
2	水質汚濁	工事中	C-	B-	掘削工事による水質汚濁が予想される。
		供用時	D	D	水質汚濁を引き起こす作業は想定できない。
3	廃棄物	工事中	B-	B-	建設残土や廃棄物の発生が予想される。
		供用時	D	D	廃棄物が発生する可能性はない。
4	土壌汚染	工事中	C-	B-	燃料・潤滑油・化学物質による土壌汚染が予想される。
		供用時	D	D	土壌汚染が発生する可能性はない。
5	騒音・振動	工事中	B-	B-	建設工事による騒音・振動の発生が予想される。
		供用時	D	D	騒音・振動が発生する作業は想定できない。
6	地盤沈下	工事中 供用時	D	D	地盤沈下を引き起こす作業は想定できない。
7	悪臭	工事中 供用時	D	D	悪臭発生する作業は想定できない。
8	底質	工事中 供用時	D	D	底質汚染を引き起こす作業は想定できない。
自然環境					
9	保護区	工事中 供用時	C-	B-	送電線ルートの一部は県の森林保全区域内（Provincial Protected Forest）に建設する予定であり、樹林伐採等の影響が予想される。
10	生態系	工事中	B-	B-	建設工事による生態系の攪乱が予想される。
		供用時	B-	B-	送電線による鳥類の飛行への影響が予想される。
11	水象	工事中 供用時	D	D	水象が変化するような作業は想定されない。
12	地形・地質	工事中 供用時	B-	B-	掘削・切取工事による地形の改変、地滑りリスクの増加が予想される。
社会環境					
13	用地取得・住民 移転	工事中	B-	B-	1 軒の家屋と 5 軒の農作業小屋の移転が必要となる。
			B-	B-	鉄塔用地の取得が必要となる。
		供用時	D	D	用地取得や住民移転は発生しない。
14	貧困層	工事中	C-	B-	鉄塔敷地買収による耕作地の消失が予想される。
		供用時	B+	B+	発電設備増強によって地域電力供給が安定化することにより、学校・病院等の社会サービスの向上が見込まれる。
15	少数民族	工事中 供用時	C-	B-	影響を受ける住民はほとんど少数民族であり、正・負の影響を受けるが、影響範囲内に文化的施設や宗教上の重要物はなく、保有資産の消失による直接的影響に限定される。
16	雇用や生活手段 等の地域経済	工事中	B+	B+	雇用機会の増加が見込まれる
			-	B-	建設労働者の一時的増加による地域経済の混乱が予想される。
		供用時	B+	B+	雇用機会の増加、地域経済の発展による生活向上機会の増加が見込まれる。
17	土地利用や地域 資源利用	工事中 供用時	B-	B-	土地買収、伐採、土地利用制限による農産物等の収穫減少が予想される。
18	水利用		D	D	水利用の変化が生じるような作業は想定されない。
19	既存の社会イン フラや社会サー ビス	工事中	B-	B-	工事用車両の交通量増加による影響が予想される。
		供用時	B+	B+	発電設備増強によって地域電力供給が安定化することにより、学校・病院等の社会サービスの向上が見込まれる。

項目		時期	事前 評価	事後 評価	主要な影響
20	社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織	工事中	C-	B-	補償・用地買収交渉の社会システム・組織への影響が予想される。
		供用時	D	D	社会関係資本や社会組織への影響は想定されない。
21	被害と便益の偏在	工事中	B-	B-	不公正な補償評価による被害と便益の偏在が予想される。
		供用時	D	D	被害と便益の偏在は想定されない。
22	地域内の利害対立	工事中	C-	B-	用地買収・補償時の利害対立が予想される。
		供用時	D	D	事業対象地域内の利害対立は想定されない
23	文化遺産	工事中	C-	D	文化遺産や宗教上の聖地はない。
		供用時			
24	景観	工事中	B-	B-	送電線によって景観が悪化する。
		供用時			
25	ジェンダー	工事中	C	D	ジェンダーへの影響は想定されない。
		供用時			
26	子どもの権利	工事中	D	D	子どもの権利への影響は想定されない。
		供用時			
27	HIV/AIDS 等の感染症	工事中	C-	B-	建設労働者の流入による感染症の発生が予想される。
		供用時	D	D	感染症への影響は想定されない。
28	労働環境（労働安全を含む）	工事中	C-	B-	労働による疾病や事故の発生が予想される。
		供用時	D	D	労働環境に負の影響を与える作業は想定できない。
その他					
29	事故	工事中	A-	A-	工事中の事故、交通事故、不発弾による事故等の発生が予想される。
		供用時	D	D	事故が発生する可能性は低い。
30	越境の影響、気候変動	工事中	C-	D	建設重機・車両からの排気ガスの増加と森林伐採による吸収能力の低下によるCO ₂ 排出量の増加が予想されるが、影響範囲は限定的であり、気候変動への影響は想定されない。
		供用時	D	D	気候変動への影響は想定されない。

6.9 用地取得・住民移転

6.9.1 用地取得・住民移転の必要性

取水堰、工事用道路、送電線の鉄塔整備のため用地取得が必要となる。架空送電線の公用地幅（Right of Way : ROW）は 25m で、ROW 内は建物が建設できず、植生（木本、草本、作物）は 3m 以下に維持する必要がある。そのため、送電線の ROW 内に建設された建造物の移転が必要となる。

表 6.9-1 用地取得・住民移転に係る事業コンポーネント

Facility	Number	Area/ length
Intake weir		2.51ha
Access road: new road		13.0km
renovation		3.3km
Tower	131	12m*12m*131=1.89ha
Transmission line		45.0km

6.9.2 用地取得・住民移転に係る法的枠組み

(1) 用地取得・住民移転に係るラオス国法制度の概要

用地取得にあたっては、土地法（第 3.1 項に記載）に基づく土地区分の変更および土地使用権者の変更が必要となる。関係する土地は農地、森林及び水面であり、これを工業用地に変更する。この変更は国会（National Assembly）の承認が必要となる。土地使用権者の変更にあたっては、現在の土地を使用している法的に登録された使用権利者からプロジェクト会社（法人）に権利変更の手続きを行う必要があるが、当該地域の土地使用権者は慣習的に土地を使用しているのみで、土地法に基づく登記はなされていないため、土地使用権の買収にあたっては、まず現在の使用権者の土地の登記手続きを実施し、その後土地使用権変更手続きを行う。なお、慣習的使用権は土地法施行規則により認められた権利である。これらは Land Law に基づく手続きであり、農地、森林及び水面を管理する Ministry of Agriculture and Forestry およびその下部機関・地方機関により実施される。

用地取得に伴う補償及び住民移転は、Decree on Compensation and Resettlement of the Development Project (No. 192/PM, 7 July, 2005) およびその施行規則である Regulation for Implementing Degree 192/PM on Compensation and Resettlement of People Affected by Development Project (No. 2432/STEA, 11 November 2005) で規制されている。また、補償および住民移転に

関するガイドラインとして、Technical Guidelines on Compensation and Resettlement of People Affected by Development Projects (Prime Minister's Office, Water Resource and Environment Administration (WREA), March 2010) が定められている。

(2) 住民移転に係る JICA の方針

住民移転にかかる JICA の主な方針を以下の通りである。

- I 非自発的住民移転及び生計手段の喪失は、あらゆる方法を検討して回避に努めねばならない。
- II このような検討を経ても回避が可能でない場合には、影響を最小化し、損失を補償するために、実効性ある対策が講じられなければならない。
- III 移転住民には、移転前の生活水準や収入機会、生産水準において改善又は少なくとも回復できるような補償・支援を提供する。
- IV 補償は可能な限り再取得費用に基づかなければならない。
- V 補償やその他の支援は、物理的移転の前に提供されなければならない。
- VI 大規模非自発的住民移転が発生するプロジェクトの場合には、住民移転計画が、作成、公開されていなければならない。住民移転計画には、世界銀行のセーフガードポリシーの OP4.12 Annex A に規定される内容が含まれることが望ましい。
- VII 住民移転計画の作成に当たり、事前に十分な情報が公開された上で、これに基づく影響を受ける人々やコミュニティとの協議が行われていなければならない。協議に際しては、影響を受ける人々が理解できる言語と様式による説明が行われていなければならない。
- VIII 非自発的住民移転及び生計手段の喪失にかかる対策の立案、実施、モニタリングには、影響を受ける人々やコミュニティの適切な参加が促進されていなければならない。
- IX 影響を受ける人々やコミュニティからの苦情に対する処理メカニズムが整備されていなければならない。

(3) JICA ガイドラインとラオス国法制度との比較

環境社会配慮について JICA ガイドラインとラオス国の国内法規との乖離はみられなかった。

表 6.9-2 JICA ガイドラインとラオス国法制度との乖離

No.	JICA ガイドライン	ラオス国内法規	JICA ガイドラインとの相違点
1.	非自発的住民移転及び生計手段の喪失は、あらゆる方法を検討して回避に努めねばならない。	「開発事業の補償と移転に関する政令」(以下政令 192) 第 4 条で、事業者は、「移転や他の住民資産や収入に対する悪影響を回避する、または回避することができない場合はその影響を最低限にとどめるため、あらゆる設計のオプションを検討しなければならない」と規定している。	相違点はない。
2.	もし回避が可能でない場合には、影響を最小化し、損失を補償するために、対象者との合意の上で実効性ある対策が講じられなければならない。	政令 192 第 6 条で、土地対土地の補償が好ましいと規定している。「政令 192 施行規則」(以下規則 2432)第 23 条で、移転地が移転前と同様またはすぐれた環境、地形であり、影響を受ける住民との協議により決定する必要があることを規定している。Technical Guidelines on Compensation & Resettlement (以下 TGCR) 第 2.1.2 条で、計画段階で、影響を避けるまたは最小化する設計とすることを規定し、回避できない場合は、対象者と合意の上で、損失を補償すると規定している。	相違点はない。
3.	非自発的住民移転及び生計手段の喪失の影響を受ける者は、以前の生活水準や収入機会、生産水準において改善又は少なくとも回復できるように、十分な補償及び支援が適切な時期に与えられなければならない。	政令 192 第 1 条で政令の目的として、影響を受ける住民が、事業以前の収入と生活水準を享受し、事業がない場合と比較して悪化しないように補償と支援を受けることを規定している。政令 192 では、十分な補償、移転時・移転先が軌道に乗るまでの間の支援、経済的な回復を規定している。	相違点はない。
4.	補償は、可能な限り再取得価格に基づかなければならない。	政令 192 第 6 条で、「事業者は事業の影響により損失する土地使用の権利や資産に対し、再取得価格 (Replacement cost) により補償しなければならない」と規定している。	相違点はない。
5.	補償その他の支援は、移転より事前に行われなければならない。	政令 192 第 6 条で、「事業の建設前に被影響住民は完全に補償、移転、生活再建策を受けなければならない」と規定している。	相違点はない。
6.	大規模非自発的住民移転が発生するプロジェクトの場合には、住民移転計画が、作成、公開されていなければならない。	政令 192 第 14 条及び 15 条で、事業者は Resettlement Plan (RP) を作成し、政府の許可を得なければならないことが規定されている。規則 2432 第 29 条で、RP のドラフトは住民が理解できるようにまた容易に行ける場所で公開され、意見を求めなければならないこと、最終 RP は県及び郡事務所公開されなければならないことが規定されている。規則 2432 第 12 条で、200 人以上(約 40~50 家族)の移転が必要となる事業では RP が必要であること、TGCR で RP に必要な内容が規定されている。	相違点はない。
7.	住民移転計画の作成に当たり、事前に十分な情報が公開された上で、これに基づく影響を受ける人々やコミュニティとの協議が行われていなければならない。	政令 192 第 14 条では住民参加と住民との協議を規定している。規則 2432 第 13 条で、事業者は被影響住民を含むステークホルダーと協議、RP にその結果を反映しなければならないとされ、同第 29 条では RP の公開方法が規定されている(上記第 6 項参照)	相違点はない。
8.	協議に際しては、影響を受ける人々が理解できる言語と様式による説明が行われていなければならない。	政令 192 第 12 条および環境影響評価に関する政令(政令 112)第 8 条および 9 条で住民協議が規定されており、TGCR 第 11 章および添付 24 で、言語・様式を含む住民協議の方法が規定されている。	相違点はない。

No.	JICA ガイドライン	ラオス国内法規	JICA ガイドラインとの相違点
9.	非自発的住民移転及び生計手段の喪失に係る対策の立案、実施、モニタリングには、影響を受ける人々やコミュニティーの適切な参加が促進されていなければならない	政令 192 第 12 条および政令 112 第 7 条・8 条で事業計画段階、実施段階、モニタリング段階での被影響住民の参加が規定されている。	相違点はない。
10.	影響を受ける人々やコミュニティーからの苦情に対する処理メカニズムが整備されていなければならない。	政令 192 第 13 条で苦情処理のメカニズムが規定されており、規則 2432 第 31 条および TGCR 第 12 章で、容易な苦情提起を含む詳細な苦情処理のメカニズムが規定されている。	相違点はない。
11.	影響を受ける人々は、できればプロジェクト発掘段階で、その資格を確立し、便益を得ようとする侵入者のその後の流入を予防するため、可能な限り早期に特定され、初期ベースライン調査(カットオフデートを定める人口センサス、財産目録、社会経済調査を含む)を通して記録されるようにする。(世界銀行 OP4.12 第 6 条)	政令 192 第 16 条でカットオフデートが規定されている。TGCR 第 6 章で計画段階でのカットオフデート以降の住民調査、資産調査の方法が定められている。	相違点はない。
12.	便益を受ける資格を有する被影響住民は、正式かつ法的な地権(法律によって認められる習慣上、伝統上の土地への権利を含む)を持つ者、センサス実施時に正式・法的な地権が確認されないものの土地もしくは財産を主張する者、占拠地に係る法的権利が認められない者を含む。(世界銀行 OP4.12 第 15 条)	政令 192 第 8 条で法的権利を持つ地権者、借入者、法的権利を持たない住民に関する規定として、「すべての影響住民は土地利用の権利の有無にかかわらず、再建設費による補償、移転期間の支援、経済再建支援を、事業以前より生活水準が悪くなることのないよう、受ける権利を有する」と規定されている。TGCR 第 8 章には権利の詳細が定められている。	相違点はない。
13.	その生計手段が土地に起因する移転住民については、土地ベースの移転戦略とすることが望ましい。(世界銀行 WB OP4.12 第 11 条)	政令 192 第 6 条では、「農地、住宅地または商業地において、大規模または土地権利のすべてが影響を受ける場合は、同規模面積、同様の生産性を有する土地対土地の補償方式とする」ことを規定している。規則 2432 第 22 条で、土地対土地の補償方式を適用する場合は、TGCR 第 10 章では詳細な補償基準が定められている。	相違点はない。
14.	影響を受ける人々に対し、移行期(移転から生計回復が図られる期間)に支援を与える。(世界銀行 OP4.12 第 6 条)	政令 192 第 7 条で移行期における支援が事業者に義務づけられている。TGCR 第 8 章に、移動物資支援、生活物資支援、修復支援、事業機会喪失支援ほか、社会的弱者への特別支援を含めた詳細が規定されている。	相違点はない。
15.	移転住民の中でも社会的弱者、とりわけ貧困線下にある人々や土地を持たない住民、高齢住民、女性や子ども、少数民族等のニーズに特に注意を払う。(世界銀行 OP4.12 第 8 条)	政令 192 第 8 条で、生活再建に関する規定が定められており、特に社会的弱者に対する支援が事業者の義務として規定されている。事業者は、社会的弱者に対し、国の定める貧困ライン以上の生活レベルとなるように補償およびその他の支援を実施する義務がある。	相違点はない。
16.	200 名未満の非自発的住民移転を伴う用地取得が発生するプロジェクトの場合には、簡易住民移転計画を作成する。(世界銀行 OP4.12 第 25 条)	規則 2432 第 11 条で、200 名未満(約 40~50 世帯)の移転が必要となる事業で、影響が軽微または限定的な移転である場合は、土地買収補償計画(Land Acquisition and Compensation Report)を作成することが規定されている。	相違点はない。

(4) 本事業における用地取得・住民移転方針

本事業における用地取得及び住民移転は、ラオス国内法及び JICA ガイドラインに基づいて実施する。

6.9.3 用地取得・住民移転の規模・範囲

(1) 人口センサス

(a) 被影響住民等

Zone2 における送電線建設によって、1 戸の家屋移転と 5 戸の農作業小屋の移転が必要となり、6 世帯が影響を受ける。

また、取水堰、アクセス道路、工事用仮設設備用地および送電線鉄塔敷のための用地取得が必要となり、110 世帯と 3 社が影響を受け、そのうち 20 世帯は工事用仮設設備用地であるため、影響は一時的である。また、鉄塔敷の用地取得は鉄塔 1 基あたり 144m² であり、1 軒あたりの平均耕作地面積に対する割合は 1.5%であるため、影響は小さいと考えられる。

表 6.9-3 Number of Project Affected Area and Units (Resettlement)

Type of Loss	Project Affected Area			Project Affected Units (PAU's)		
	Legal	Illegal	Total	Legal	Illegal	Total
Zone 2 – Transmission Line						
Permanent House re-location	1 house		1 house	1 HH		1 HH
Permanent Farm shelter relocation	5 shelters		5 shelters	5 HH		5 HH
Zone 2 – Total	1 house + 5 shelter			6 HH		
Grand Total	1 house + 5 shelter			6 HH		

表 6.9-4 Number of Project Affected Area and Units (Land Acquisition)

	Project Affected Area			Project Affected Units (PAU's)		
Type of Loss	Legal	Illegal	Total	Legal	Illegal	Total
Zone 1 – Construction and Operation - Intakes, Headrace Tunnel and Adits, Headtank Penstock, Powerhouse						
Permanent						
Intake weirs and Pond	8.1 ha		8.1 ha	3 HH		3 HH
Headrace Tunnel, adit and Intake weirs	Provincial Protected Forest					
Header tank & Penstock	Provincial Protected Forest					
Power house	Provincial Protected Forest					
Road Upgrade Household Occupier Lands (HH)	2.2 ha		2.2 ha	37HH		37 HH
Road Upgrade Private Company Lands (CBE)	3.4 ha		3.4 ha	2 CBE*		2 CBE
Road Upgrade Village and Government Lands	Provincial and Village forest 10.8 ha					
Zone 1 - Permanent Total	24.5 ha			40 HH + 2 CBE		
Temporary						
Temporary yard No 2	2.5 ha			3HH		3 HH
	Nong Thuam Village Land - Unstocked forest (0.4 ha)					
Temporary yard No 3	12.2 ha			14 HH		14 HH
	Nong Hin Village Land - Unstocked forest (1.7 ha)					
Temporary yard No 4	Provincial Protected Area					
Temporary yard No 5	Nam Touad Village Land - Riverbank Forest					
Temporary yard No 6	Provincial Protected Area					
Temporary yard No 7	Provincial Protected Area					
Temporary yard No 8	Provincial Protected Area					
Construction Worker Camp	4.9 ha		4.9 ha	2 HH		2 HH
Disposal Area No 1&2	Provincial Protected Area (see tree survey species/ volume data)					
Disposal Area No 3	Provincial Protection Area					
Disposal Area No 4	Provincial Protection Area					
Disposal Area No 5	Provincial Protection Area					
Zone 1 - Temporary Total	19.6 ha			19 HH		
Zone 1 - Total	44.1 ha			59 HH + 2 CBE		
Zone 2 – Transmission Line						
Permanent						
Transmission Tower Pads (excluding Govt Land) - 131 towers	1.6 ha		1.6 ha	40 HH +1 CBE		40 HH + 1 CBE
Zone 2 – Permanent Total	1.6 ha			40 HH + 1 CBE		
Temporary						
Abandoned old coffee garden (9.0ha) + Agarwood garden (0.2 ha)	9.2 ha			11 HH		
Zone 2 - Temporary Total	9.2 ha			11 HH		
Zone 2 - Total	10.8 ha			51HH + 1 CBE		
Permanent Total	26.1 ha (Zone 1: 24.5 ha, Zone 2: 1.6 ha)			80 HH +3 CBE (Zone 1: 40 HH, Zone 2: 40 HH)		
Temporary Total	28.8 ha (Zone 1: 19.6 ha, Zone 2: 9.2 ha)			30 HH (Zone 1: 19 HH, Zone 2: 11 HH)		
Grand Total	54.9 ha (Zone 1: 44.1 ha, Zone 2: 10.8 ha)			110 HH +3 CBE (Zone 1: 59 HH, Zone 2: 51 HH)		

*CBE: Commercial and business enterprises

(b) カットオフデート

カットオフデートは、プロジェクト実施時点で Champasak 県に設置される補償委員会が決定し、被影響資産を再度調査する。カットオフデート後に新たに建てられた建物や流入した住民は補償の対象としない。カットオフデートは、被影響資産調査開始前に住民に告知し、事業対象地への新規の流入を防止する。

協力準備調査における暫定的なカットオフデートは、2015 年 4 月 10 日（社会経済調査最終日）としている。

(2) 財産・用地調査

(a) 土 地

用地取得の対象となる土地面積、土地利用状況、補償価格を以下に示す。

表 6.9-5 Land Use and Cost for Compensation_Zone 1

No.	Village	Land Type															Total
		Housing Land	Fish Pond	Nursery Farm	Swidden	Garden	Paddy Field	Coffee Garden	Abandoned Coffee Garden	Khaem Garden	Bong Garden	Pepper Garden	Camp Garden	Banana Garden	Bamboo	Unstocked Forest	
1	Nong Thuam	4093	0	899	0	0	0	0	27,666	0	0	670	156	21,169	1,827	39,545	77,214
2	Nam Touad	0	669	0	27,543	8,226	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,841	168,369
3	Nong Hin	0	0	0	0	0	4,250	28	25,576	8,904	3,086	0	0	0	0	64,966	106,810
4	Nam Houng	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87,729	87,729
Total Area		4,093	669	899	27,453	8,226	4,250	28	53,242	8,904	3,086	670	156	21,169	1,827		440,122
Unit Cost		0.15	1.00	0.15	0.15	0.45	0.45	0.60	0.15	0.45	1.50	0.60	0.45	0.45	0.15	0.15	
Total Cost		614	669	135	4,131	3,702	1,913	17	7,986	4,007	4,629	402	70	9,526	274	29,412	67,487

表 6.9-6 Land Use and Cost for Compensation_Zone 2_Tower

Village	Agarwood Garden	Agricultural Plantation	Coffee Garden	Abandoned Coffee Garden	Forest	Garden	Pasture Land	Potato Garden	Village Protection Forest	Swidden	Tall Reed Garden	Tavoy Garden	Unstock Forest	Yang Bong	Total
Nong Thuam		1,152	144	144		288									1,728
Nam Touad															2,880
Nong Tuang			576								144		288	144	1,152
Lasasin				144							144	144			432
Nam Tang			144	144									144		432
Huay Kong			864			288				144			576		1,872
Nong Kin			288										720		1,008
Nam Pot			432	288											720
Nongkuang Gnai			1,152			288									1,440
Chansavang			144			144			144				720		1,152
Km 15			144										288		576
Km 12			432			144							144		720
Km 11			144					144					432		720
Nonchan			288	2,160			288								2,736
Nongking Kham	288		144	288	144	144	288						144		1,440
Total Area	288	1,152	4,896	3,168	144	1,296	576	144	144	144	288	144	3,456	144	19,008
Unit Cost	0.20	0.15	0.60	0.15	0.15	0.45	0.07	0.60	0.15	0.15	0.45	0.45	0.15	1.50	
Total Cost	58	173	2,938	475	22	583	40	86	22	22	130	65	518	216	5,347

(b) 建 物

送電線の ROW 内で、1 軒の家屋および 5 軒の一時的な農作業小屋が確認された。

(3) 家計・生活調査

第 6.7.2 項に記載。

(4) 社会的弱者

第 6.7.2 項に記載。

表 6.9-7 Affected Structures_Zone 2_ROW of Transmission Line

Village	House	Hut	Total
Nong Tuang		1	1
Nong Kin		2	2
Km 15		1	1
Km 12		1	1
Km 11	1		1
Total Unit	1	5	6
Unit Cost	2000	200	0
Total Cost	2,000	1,000	3,000

6.9.4 補償の具体策

(1) 補償基準

補償基準の策定・決定はプロジェクトの政府承認後に県が設立する補償委員会（Compensation Committee）により実施されるが、本計画においては、その基礎となる案について、法令の範囲・周辺での他プロジェクトの補償実績等を勘案して提案している。補償基準は以下に沿っ

て作成した。

- 1) 土地の価格は、既往プロジェクトの価格か近隣において同等の生産能力のある土地の市場価格のどちらか高いほうの価格とする。補償は、土地価格、元の土地と同様の生産レベルに改良するための費用及び登録費や転居税を含んだ価格で行う。
- 2) 移転する必要がある被影響住民は、金銭あるいは同等の土地による補償を選ぶことが出来る。
- 3) 建物の再取得価格は、元のものと同等あるいはより良い建物を建てるための資材費、部分的に影響を受ける部分の修繕費、資材運搬費、建設のための人件費、登録費や転居税を含んだ価格を含んだ価格とする。
- 4) 事業によって影響を受ける建物もしくは墓地は移転するか、あるいは、被影響住民もしくはコミュニティに対して補償を行う。
- 5) 多年生作物の transition period を考慮する。作物によっては Transition period は 1 年以上のものがある。樹木の補償費は永久的な消失として算出する。一年生作物は将来的な補償は行わず、生計再建支援を行う。
- 6) 正式な権利を持たない被影響住民については、該当する法令やガイドライン及び協議によって補償を行う。

発電設備により影響を受ける住民への補償基準を表 6.9-8、送電線により影響を受ける住民への補償基準を表 6.9-9 に示す。なお、ダム水路式から流れ込み式への変更に伴い、各住民が影響を受ける土地の面積も小さくなったため、法令に基づき、代替地による補償ではなく、金銭による補償を行うこととしている。ほとんどの被影響住民は、自宅から徒歩での往来が可能な範囲に取得可能な農地が存在する。ただし、取水堰設置により影響を受ける住民 3 名については、近隣に取得可能な農地は無いが、金銭補償に合意している。

注) 表中の略語は以下を表現する (表 6.14-1 参照)。

- XKHC : 開発事業会社
CC : 県が組織する補償委員会
DWG : 郡に設置される補償を担当するワーキンググループ
VC : 村落に設置される委員会
LURC : 土地利用権証明

表 6.9-8 補償基準 (Zone 1)

Type of Loss	Application	Definition of Entitled Person	Compensation Policy	Implementation Issues / Guidelines	Responsible Organization
Arable land	Permanent loss of arable land which affects less than 20% of household income	a) Legal user of affected land with permanent land rights, and AP's who meet the criteria for permanent land use rights and will therefore be issues with permanent LURC in due time	<ul style="list-style-type: none"> - Cash compensation for crops and trees at market price - Cash compensation for acquired land at 100% of replacement cost 	<ul style="list-style-type: none"> - Official inventory survey (land area, ownership and affected assets) will be done by cC. - Market price of affected assets and replacement cost of land will be determined by CC with consultation with PAPs. 	<ul style="list-style-type: none"> - XKHC is responsible for cash expense for survey, documentation assistance to PAPs and payment of compensation. - CC is responsible for determination of market price. - And DWG are responsible for conducting inventory survey and supervising XKHC's performance. - VC is responsible to cooperate with XKHC and government activities.
		b) Legal user of affected land with temporary land rights	<ul style="list-style-type: none"> - Cash compensation for crops and trees at market price - (a) Cash compensation for affected land corresponding to 100% of the replacement cost of affected land: OR - (b) Cash assistance for lost income from the affected land for the remaining period of the temporary land use right 	Same as a)	Same as a)
		c) Legal user of affected land with lease land rights	<ul style="list-style-type: none"> - Cash compensation for crops and trees at market price - Cash assistance for loss of income for the remaining lease period 	Same as a)	Same as a)
Fish resources	Loss of fish resource due to, reduced river flow	River users in Nong Thuam, and Nam Touad villages	<ul style="list-style-type: none"> - Fishery program will be promoted by: - Development of Fish - Develop community based fishing in weir and village pools and restocking program. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fishery program and training will be established by experts with consultation with PAPs and local authorities. 	<ul style="list-style-type: none"> - XKHC is responsible for funding for establishment of fishery pools and training. -
Water use	Less accessibility to river water due to reduced river flow	No impact	<ul style="list-style-type: none"> - None required 	-	-

表 6.9-9 補償基準 (Zone 2)

Type of Loss	Application	Definition of Entitled Person	Compensation Policy	Implementation Issues / Guidelines	Responsible Organization
Arable land	Permanent loss of arable land which affects less than 20% of household income	a) Legal user of affected land with permanent land rights, and AP's who meet the criteria for permanent land use rights and will therefore be issues with permanent LURC in due time	<ul style="list-style-type: none"> - Cash compensation for crops and trees at market price - Cash compensation for acquired land at 100% of replacement cost 	<ul style="list-style-type: none"> - Official inventory survey (land area, ownership and affected assets) will be done by CC. - Market price of affected assets and replacement cost of land will be determined by CC with consultation with PAPs. 	<ul style="list-style-type: none"> - XKHC is responsible for cash expense for survey, documentation assistance to PAPs and payment of compensation. - CC is responsible for determination of market price. - And DWG are responsible for conducting inventory survey and supervising XKHC's performance. - VC is responsible to cooperate with XKHC and government activities.
		b) Legal user of affected land with temporary land rights	<ul style="list-style-type: none"> - Cash compensation for crops and trees at market price - (a) Cash compensation for affected land corresponding to 100% of the replacement cost of affected land: OR - (b) Cash assistance for lost income from the affected land for the remaining period of the temporary land use right 	- Same as a)	- Same as a)
		c) Legal user of affected land with lease land rights	<ul style="list-style-type: none"> - Cash compensation for crops and trees at market price - Cash assistance for loss of income for the remaining lease period 	- Same as a)	- Same as a)
	Temporary loss of arable land due to temporary facility, quarry, borrow area and disposal area	Legal user of affected land	<ul style="list-style-type: none"> - Cash compensation for crops and trees at market price 	- Same as a)	- Same as a)
Structures	Temporary loss of structures due to construction activities	Legal owner of affected structure	<ul style="list-style-type: none"> - Cash compensation for affected structures at 100% of replacement cost of the affected structure 	- Same as a)	- Same as a)

6.9.5 実施機関によるモニタリング体制

セカタム事業会社内に設立される ECO（Environment and Community Office）がモニタリングおよび政府関係組織への報告を実施する。（表 6.14-1 参照）

6.10 緩和策及び緩和策実施のための費用

6.10.1 緩和策

影響評価によって、負の影響が認められた項目について緩和策の検討を行った。緩和策の検討結果、実施・責任機関、予算を表 6.10-1 に示す。

表 6.10-1 緩和策 (Zone 1)

項目	時期	影響	緩和策	実施機関	責任機関	予算
大気汚染	工事中	土地造成による粉塵、重機や交通量増大による大気汚染	散水による粉塵防止等、適切な建設環境管理計画 (Constructor's Environmental Monitoring and Management Plan: CEMMP) の策定及び実施	HC	XKHC	EPC
	供用時	交通量増大による粉塵等、大気汚染	モニタリングの実施	XKHC	XKHC	TBD
水質汚濁	工事中	河川工事による水質汚濁	1. シルトフェンス等を用いた対策案の策定 (CEMMP) 2. 水質モニタリングの実施	1. HC 2. XKHC	1. XKHC 2. XKHC	1. EPC 2. \$15,000
		燃料・潤滑油・化学物質等の流出事故	1. 有害物質取扱規則の策定 (CEMMP) 2. 水質モニタリングの実施			
	供用時	水車発電機障害時の油脂類流出	1. 適切な管理計画の策定 2. 水質モニタリングの実施	XKHC	XKHC	1. TBD 2. \$34,000
		生活排水による水質汚濁				
廃棄物	工事中	宿舍・機械からの廃棄物による環境汚染	廃棄物取扱規則の策定 (CEMMP)	HC	XKHC	EPC
	供用時	廃油や生活廃棄物による環境汚染	適切な管理計画の策定	XKHC	XKHC	TBD
土壌汚染	工事中	燃料・潤滑油・化学物質による土壌汚染	危険物質取扱規則の策定 (CEMMP)	HC	XKHC	EPC
	供用時	屋外機器の廃油等の油流出による土壌汚染	適切な管理計画の策定	XKHC	XKHC	TBD
騒音・振動	工事中	建設工事による環境基準を超える騒音・振動	騒音・振動防止対策の策定・実施 (CEMMP)	HC	XKHC	EPC
悪臭	工事中	有害物質流出事故	有害物質取扱規則の策定 (CEMMP)	HC	XKHC	EPC
底質	工事中	河川工事・建設宿舍からの生活排水による底質汚染	水質汚濁防止策の着実な実施 (CEMMP)	HC	XKHC	EPC
	供用時	泥土形成の可能性	定期的な堆積物の除去	XKHC	XKHC	Operation Cost
保護区	工事中	県の保全区域内 (Provincial Protected Forest) への設備の建設	動植物相保護対策 (森林再生、植林、重要種の移動に関する対策) に対するラオス国政府への支援	GOL	GOL	\$62,475
	供用時					\$375,000
生態系	工事中	建設工事による生態系の擾乱	伐採した保全林エリアの復元	HC	XKHC	EPC
		建設工事の騒音や人間活動による敏感動物の退避	動植物保全計画の策定 (CEMMP)	HC	XKHC	EPC

項目	時期	影響	緩和策	実施機関	責任機関	予算
生態系	工事中	建設労働者の狩猟による影響	建設労働者への適切な教育および食料供給の実施 (CEMMP)	HC	XKHC	EPC
	供用時	河川流量の減少による河川生態系への影響	1. 取水堰からの環境流量の放流 2. 河川流水・水質・魚類についてのモニタリングの実施	XKHC	XKHC	2. \$34,000
		取水堰による回遊性魚類の遡上妨害	回遊性魚類を考慮した漁業振興策の実施	XKHC	XKHC	\$34,000
		アクセス向上に伴う人間の活動範囲増加による生態系への影響および不法狩猟の増加	動植物相保護のためのラオス国政府への支援	GOL	GOL	\$375,000
		アクセス向上に伴う開発行為の誘発	県による開発行為規制			
水象	工事中	取水堰建設中の転流工による河川流況変化の河岸侵食、生態系への影響	モニタリングの実施と必要に応じた対応	HC	XKHC	EPC
	供用時	河川流量減少区域における河川生態系への影響及び漁業への影響	1. 取水堰からの環境流量の放流 2. 河川流水・水質・魚類についてのモニタリングの実施	XKHC	XKHC	2. \$34,000
地形・地質	工事中 供用時	掘削・切取工事による地形の改変、地滑りリスクの増加	地盤の安定を確保する設計 (CEMMP)	HC	XKHC	EPC
用地取得・住民移転	工事中	施設建設のための耕作地および樹林の取得	1. 適切な補償の実施 2. 適切な組織化と苦情処理メカニズムの確立	XKHC	XKHC/ GOL	1. \$67,487 2. \$38,598
貧困層	工事中	生活向上機会の不足	1. 地域開発プログラムの実施 2. 地域開発ユニットへの支援	XKHC	XKHC	1. \$212,830 2. \$33,600
	供用時		地域開発プログラムの継続			\$43,750
少数民族	工事中	被影響住民である Nyaheun 族への影響	1. 地域開発プログラムの実施 2. 地域開発ユニットへの支援	XKHC	XKHC	1. \$212,830 2. \$33,600
	供用時		地域開発プログラムの継続			\$43,750
雇用や生活手段等の地域経済	工事中	建設労働者の一時的増加による地域経済の混乱	建設労働者への適切な教育の実施 (CEMMP)	HC	XKHC	EPC
土地利用や地域資源利用	工事中	土地買収、森林伐採等による農産物や地域資源の収穫減少	1. 適切な補償の実施 2. 地域開発プログラムの実施 3. 地域開発ユニットへの支援	XKHC	XKHC	1. \$67,487 2. \$212,830 3. \$33,600
	供用時	森林消失による森林資源の減少、流況変化による漁業への影響	地域開発プログラムの継続	XKHC	XKHC	\$43,750
水利用	工事中	工事に起因した水質悪化による河川水利用および漁業への影響	1. シルトフェンス等を用いた対策案の策定 (CEMMP) 2. 漁業振興策の実施	1. HC 2. XKHC	1. XKHC 2. XKHC	1. EPC 2. \$89,000
	供用時	河川流量減少による河川水利用への影響	漁業振興策の継続	XKHC	XKHC	\$15,000
既存の社会インフラや社会サービス	工事中	交通量増加による影響	交通管理ルール の 策 定 (CEMMP)	HC	XKHC	EPC
社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織	工事中	補償・用地買収交渉の社会システム・組織への影響	適切な組織化と苦情処理メカニズムの確立	XKHC	XKHC/ GOL	\$38,598

項目	時期	影響	緩和策	実施機関	責任機関	予算
被害と便益の偏在	工事中	不公正な補償評価	適切な組織化と苦情処理メカニズムの確立	XKHC	XKHC/ GOL	\$38,598
地域内の利害対立	工事中	用地買収・補償時の利害対立	適切な組織化と苦情処理メカニズムの確立	XKHC	XKHC/ GOL	\$38,598
文化遺産	工事中	事業計画地周辺の墓地や聖地への影響	墓地や聖地に配慮した工事の実施	HC	XKHC	EPC
景観	工事中	工事作業の景観への支障	計画工事範囲内における適切な措置の実施	HC	XKHC	EPC
	供用時	発電所運用に起因する河川流量の減少による Xe Katam 滝の景観への影響	環境流量および景観保全流量の放流	XKHC	XKHC	-
HIV/AIDS 等の感染症	工事中	建設労働者の流入による感染症の発生	1. 建設労働者への予防対策についての教育・指導 (CEMMP) 2. 被影響住民に対する保健衛生支援	1. HC 2. XKHC	1. XKHC 2. XKHC	1. EPC 2. \$22,080
労働環境(労働安全を含む)	工事中	労働由来疾病や事故	労働者の保安・健康・安全策の策定・実施 (CEMMP)	HC	XKHC	EPC
事故	工事中	工事中の事故、交通事故、不発弾による事故の発生	1. 公衆安全プログラムの策定・実施 (CEMMP) 2. 不発弾調査及び除去計画の策定・実施	HC	XKHC	EPC
	供用時	運転中の事故、交通事故の発生	運転マニュアルの整備	XKHC	XKHC	TBD
越境の影響、気候変動	工事中	排気ガスの増加及び森林伐採による吸収能力の低下による CO ₂ 排出量の増加	動植物相保護対策(森林再生、植林、重要種の移動に関する対策)に対するラオス国政府への支援	HC	XKHC/ GOL	\$62,475
	供用時		支援の継続			\$375,000

HC：建設請負業者、XKHC：セカタム事業会社、EPC：建設請負契約、TBD：実施段階で検討、GOL：ラオス政府

表 6.10-2 緩和策 (Zone 2)

項目	時期	影響	緩和策	実施機関	責任機関	予算
大気汚染	工事中	土地造成による粉塵、重機や交通量増大による大気汚染	散水による粉塵防止等、適切な建設環境管理計画 (CEMMP) の策定及び実施	HC	XKHC	EPC
水質汚濁	工事中	掘削工事による水質汚濁	シルトフェンス等を用いた対策案の策定 (CEMMP)	HC	XKHC	EPC
廃棄物	工事中	建設残土や廃棄物の発生	廃棄物取扱規則の策定 (CEMMP)	HC	XKHC	EPC
土壌汚染	工事中	燃料・潤滑油・化学物質による土壌汚染	危険物質取扱規則の策定 (CEMMP)	HC	XKHC	EPC
騒音・振動	工事中	建設工事による環境基準を超える騒音・振動	騒音・振動防止対策の策定・実施 (CEMMP)	HC	XKHC	EPC
保護区	工事中	県の保全区域内 (Provincial Protected Forest) への設備の建設	動植物相保護対策(森林再生、植林、重要種の移動に関する対策)に対するラオス国政府への支援	GOL	GOL	\$62,475
	供用時					\$375,000
生態系	工事中	建設工事による生態系の擾乱	工事中の動植物保全計画の策定 (CEMMP)	HC	XKHC	EPC
生態系	供用時	送電線による鳥類の飛来への影響	鳥類衝突防止用標識等の設置の検討	XKHC	XKHC	TBD

項目	時期	影響	緩和策	実施機関	責任機関	予算
地形・地質	工事中 供用時	掘削・切取工事による地形の改変、 地滑りリスクの増加	地盤の安定を確保する設計 (CEMMP)	HC	XKHC	EPC
非自発的住民移 転	工事中	1 軒の住宅および 5 軒の農作業小 屋の移転が必要 鉄塔用地等の用地取得が必要	1. 適切な移転計画の実施 2. 適切な補償の実施 3. 適切な組織化と苦情処理メカ ニズムの確立	XKHC	XKHC	1. \$3,014 2. \$24,274 3. \$38,598
貧困層	工事中	鉄塔敷地買収による農耕地の減少	1. 適切な補償の実施 2. 適切な組織化と苦情処理メカ ニズムの確立	XKHC	XKHC	1. \$24,274 2. \$38,598
少数民族	工事中	住宅や農作業小屋の移転および鉄 塔用地等の用地取得による影響	1. 適切な移転計画の実施 2. 適切な補償の実施 3. 適切な組織化と苦情処理メカ ニズムの確立	XKHC	XKHC	1. \$3,014 2. \$24,274 3. \$38,598
雇用や生活手段 等の地域経済	工事中	建設労働者の一時的増加による地 域経済の混乱	建設労働者に対する教育・指導 (CEMMP)	HC	XKHC	EPC
土地利用や地域 資源利用	工事中	土地利用制限による収穫減少	1. 適切な補償の実施 2. 適切な組織化と苦情処理メカ ニズムの確立	XKHC	XKHC	1. \$24,274 2. \$38,598
既存の社会インフ ラや社会サービス	工事中	工事用車両の交通量増加による影 響	交通管理ルールの策定 (CEMMP)	HC	XKHC	EPC
社会関係資本や 地域の意思決定機 関等の社会組織	工事中	補償・用地買収交渉の社会システ ム・組織への影響	1. 適切な移転計画の実施 2. 適切な補償の実施 3. 適切な組織化と苦情処理メカ ニズムの確立	XKHC	XKHC	1. \$3,014 2. \$24,274 3. \$38,598
被害と便益の偏在	工事中	不公正な補償評価	適切な実施体制と苦情処理メカ ニズムの確立	XKHC	XKHC/ GOL	\$38,598
地域内の利害対立	工事中	用地買収・補償時の利害対立	適切な実施体制と苦情処理メカ ニズムの確立	XKHC	XKHC/ GOL	\$38,598
景 観	供用時	送電線が景観を悪化する。	不可避であり、影響軽減不可	—	—	—
HIV/AIDS 等の感 染症	工事中	建設労働者の流入による感染症の 発生	感染症対策の建設労働者への教 育・指導 (CEMMP)	HC	XKHC	EPC
労働環境 (労働安 全を含む)	工事中	労働由来疾病や事故の懸念	労働者の保安・健康・安全策の確 立と実施 (CEMMP)	HC	XKHC	EPC
事故	工事中	工事中の事故、交通事故、不発弾 による事故の発生	1. 公衆安全プログラムの確立と実 施 (CEMMP) 2. 不発弾調査及び除去計画の策 定・実施	HC	XKHC	EPC

HC：建設請負業者、XKHC：セカタム事業会社、EPC：建設請負契約、GOL：ラオス政府

6.10.2 河川維持流量の検討

(1) 環境流量の検討手法

一般に環境流量の検討にあたっては、水生生物、特に魚類の遡上や生存環境の維持、舟運、周辺住民の生活環境維持等の観点が考慮される。また、検討手法も当該河川の自然環境上、社会上の重要度から、水文データに基づく簡易手法や対象河川の生態系調査に基づく詳細な検討まで多くの手法が提案されている。

河川・湿地帯における環境流量の検討例を表 6.10-3 に示す。

表 6.10-3 環境流量の検討例

	主目的	流量レベル目標	検討手法
Babingley 川 (英国)	ニジマスの保全	ニジマスの生態系を維持する流量	物理的生態モデル (PHABSIM) 及び降雨モデルによる自然流 況解析
Kennet 川 (豪州)	ニジマスの保全	ニジマス個数が 10%以上減少しな い流量	PHABSIM
Avon 川 (英国)	鮭の遡上保全	クリティカルな時期の最低流量	鮭の生態追跡調査
Pevensy 湿地帯 (英国)	1970 年レベルの 生態系回復・保全	地表面からの小河川水深の保持 (3 ～9 月は地表より 30cm 以下、10～ 2 月は 60cm 以下)	湿地帯の生態系の専門家による検討
Somerset Moor 平原 (英国)	渉禽類数を 1970 年レベルに回復	冬季の洪水導入、春季の水深 20 cm 以下の保持	渉禽類専門家による検討
Fulbourn 湖沼 (英国)	植生の保護	Granta 川及び Lodes 川での目標流 量	両河川の地下水位モード、試験 ポンプ、水文解析

出典：IUCN

河川生物調査、社会環境調査から、Xe Katam 川流域は以下のとおりの特徴がある。

河川生物： 53 種の魚類が確認され、*CYPRINIDEA* (鯉科の魚類) が卓越する。53 種のうち、
6 種の魚類が IUCN のレッドデータブックに絶滅危惧種として掲載されている
が、調査機関によると、Mekong 河に広く生息する魚類である。

社会環境： 周辺 2 村の住民は年間を通じて漁業を営んでおり、漁業による収入は、年間収入
の約 26～31%を占める。(第 6.7.2 (11) (c)項参照)

景 観： プロジェクトの影響区間に 10 箇所の滝が存在し、中でも Xe Katam 滝 (*Katam
Tok*) は最も規模が大きく、アクセスも良好であることから観光資源として期待
されている。

以上を勘案して、環境流量の検討は、流域面積比例により最低流量を決定する方法を採用し
た。当手法は日本で広く採用されており、流域面積 100km² に対して 0.1～0.3m³/s の環境流量
が一般的に用いられる。一般に流域面積と水文データとは相関性が認められることから、水
文データを用いた簡易手法のひとつである。

ラオス国での既往水力発電プロジェクトにおける環境流量を表 6.10-4 に示す。

表 6.10-4 ラオス国での環境流量実績

プロジェクト名	流域面積 (km ²)	最小放流量 (m ³ /s)	流域換算 (m ³ /s/100km ²)	最大使用水量 (m ³ /s)	出力 (MW)
Nam Theun 2	4,031	2.00	0.05	201	1,075
Theun Hinboun	8,937	5.00	0.06	110	210
Houay Ho	192	0.00	-	22	150
Nam Song 転流工	1,303	2.00-6.00*1	0.15-0.46	80.6	-
Nam Leuk	274	0.00	-	9.6	60
Nam Mang 3	82	0.00	-	4.1	40
Xeset 1	320	0.00	-	18	45

注) Nam Song 転流工は Nam Ngum 貯水池への流域変更目的で建設され、当初は最小放流量が 2m³/s であったが、下流域住民の生活に影響することが判明したため、6m³/s に変更された。

(2) 環境流量の算定

表 6.10-5 に年間の Nong Mek 村の流量観測所における実測データを示す。また、表 6.10-6 に同流量データを単位流域面積あたりに換算したデータを示す。このデータは Xe Katam 川の流況を代表するものとして考えることができる。なお、表 6.10-6 は Nong Mek 村の流量実測値を観測所の流域面積 (263km²) で除したものである。

表 6.10-5 Nong Mek 村における流量観測値

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Av.
2004	-	-	-	-	-	-	-	-	9.91	3.92	2.00	1.20	4.26
2005	0.82	0.61	0.61	0.61	2.18	3.68	9.13	19.46	25.74	5.87	3.68	2.00	6.20
2006	1.07	0.82	0.82	1.66	5.87	6.18	18.63	25.10	14.77	6.50	4.71	2.18	7.36
2007	1.66	1.20	1.07	0.66	2.77	3.32	11.14	14.77	12.22	8.39	3.32	2.18	5.23
2008	1.07	0.61	0.42	0.42	2.89	6.91	5.57	13.75	14.20	8.23	3.42	2.05	4.96
2009	1.88	1.56	0.64	0.85	4.88	5.02	6.45	13.31	12.45	8.93	4.37	2.22	5.21
2010	1.88	1.96	1.02	1.08	2.79	2.79	8.93	17.29	9.67	5.71	2.40	1.15	4.72
2011	0.79	0.39	-	-	-	-	-	19.34	19.34	9.85	3.42	1.96	7.87
2012	1.28	0.69	0.39	0.59	3.31	8.40	11.21	10.42	17.79	6.00	2.59	1.49	5.35
2013	0.79	0.28											0.54
Ave	1.2496	0.9043	0.7117	0.8402	3.5288	5.1869	10.1528	16.6795	15.1202	7.0455	3.3248	1.8254	
Min	0.7943	0.2826	0.3863	0.4244	2.1793	2.7902	5.5680	10.4247	9.6650	3.9248	1.9969	1.1471	

出典：関西電力

表 6.10-6 Xe Katam 川の単位流域面積あたり流量実測

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Av.
2004	-	-	-	-	-	-	-	-	3.7695	1.4923	0.7593	0.4581	1.62
2005	0.3137	0.2325	0.2325	0.2325	0.8286	1.3987	3.4733	7.3974	9.7870	2.2320	1.3987	0.7593	2.36
2006	0.4069	0.3137	0.3137	0.6297	2.2320	2.3498	7.0833	9.5450	5.6149	2.4707	1.7912	0.8286	2.80
2007	0.6297	0.4581	0.4069	0.2517	1.0548	1.2641	4.2364	5.6149	4.6464	3.1893	1.2641	0.8286	1.99
2008	0.4069	0.2325	0.1614	0.1614	1.0993	2.6287	2.1171	5.2285	5.3989	3.1300	1.3016	0.7782	1.89
2009	0.7144	0.5949	0.2441	0.3227	1.8568	1.9075	2.4520	5.0608	4.7337	3.3970	1.6608	0.8448	1.98
2010	0.7144	0.7460	0.3887	0.4121	1.0609	1.0609	3.3970	6.5730	3.6749	2.1712	0.9141	0.4362	1.80
2011	0.3020	0.1469	-	-	-	-	-	7.3528	7.3528	3.7461	1.3016	0.7460	2.99
2012	0.4863	0.2627	0.1469	0.2262	1.2598	3.1957	4.2636	3.9638	6.7638	2.2815	0.9861	0.5667	2.03
2013	0.3020	0.1074											0.20
Ave	0.4751	0.3439	0.2706	0.3195	1.3417	1.9722	3.8604	6.3420	5.7491	2.6789	1.2642	0.6941	
Min	0.3020	0.1074	0.1469	0.1614	0.8286	1.0609	2.1171	3.9638	3.6749	1.4923	0.7593	0.4362	

出典：関西電力

プロジェクトの建設・運営により生じる減水区間の環境流量は、ラオス国における既往の水力発電所の実績を勘案して、流域面積 100km² あたり 0.2m³/s とした。実放流量を表 6.10-7 に示す。当該流量は、年間平均流量の 4%、1/25 に相当し、表 6.10-6 によると

表 6.10-7 環境流量

位置	流域面積 (km ²)	環境流量 (m ³ /s)
取水堰	263	0.52

実測期間中の 26 乾季のうち、10 ヶ月にわたり実際に生じた流量である。河川の生態系の維持に対する影響の解明は困難であるが、最も大きな影響を与えられと考えられる周辺住民の漁業への影響に関しては、漁業振興策を実施することにより社会経済上の影響を軽減するものとする。

(3) 景観保全流量の算定

Xe Katam 滝の景観を保全し、観光資源としての価値を維持するための最低流量に関し、2004 年から 2005 年に観測された流量と滝の景観の関係から、必要最低流量を判断した。表 6.10-8 に観測流量を、図 6.10-1 にそれぞれの流量での景観を示す。

表 6.10-8 観測流量

単位：m³/s

位置	流域 (km ²)	2004		2005									
		11/10	12/26	01/22	02/21	04/06	05/13	06/27	07/18	08/15	09/24	10/30	11/22
測水所	178	2.21	0.94	0.58	0.51	0.43	1.91	4.33	8.16	26.06	23.24	4.01	2.87
取水堰	263	3.26	1.39	0.86	0.75	0.64	2.83	6.40	12.06	38.51	34.34	5.93	4.24
Xe Katam 滝	300	3.72	1.58	0.98	0.85	<u>0.73</u>	3.22	7.30	13.75	43.93	39.17	6.77	4.83



0.73m³/s, April 6, 2005



0.85 m³/s, February 21, 2005



0.98 m³/s, January 22, 2005



1.58 m³/s, December 26, 2004



13.75 m³/s, July 18, 2005



43.93 m³/s, August 15, 2005

図 6.10-1 流量毎の Xe Katam 滝の景観

上記の調査結果から、Champasak 県の関係者の意見も勘案し、Xe Katam 滝において 0.73m³/s を確保することとした。これは取水堰地点での放流量 0.67m³/s に相当する。

なお、当放流の目的は観光資源としての景観を保持することであることから、放流は昼間のみとする。

取水堰からの実放流量は、環境流量と景観保全のための流量の大きい方の流量となる。

6.11 環境管理計画

6.11.1 自然環境保全計画

(1) 工事中の環境保全計画

工事請負者が策定する。残土処理計画、原石山管理計画、生活排水管理計画、有害物質流出事故時の対応計画、排気ガス・粉じん・騒音防止計画、排水・廃棄物処理計画、交通管理計画、景観・植栽計画を含む。事業者は不発弾処理計画を策定し、建設工事中の環境保全対策に含める。

工事中の環境保全計画を表 6.11-1 に示す。

表 6.11-1 工事中の環境保全計画

環境保全計画	実施内容	実施機関
Soil Disposal Management Plan	掘削により発生した土壌の適切な処理及び掘削後の対策を行う。 ・ 表土除去 ・ 掘削後の植生回復、排水溝の設置など	建設請負業者
Domestic Waste Management Plan	工事現場及び宿舍からの廃棄物による水質汚濁や感染症の蔓延を防ぐため、排水やゴミの適切な処理を行う。 ・ ゴミの分別 ・ 排水の適切な処理 ・ 工事終了後の表土まき出しや植生回復	建設請負業者
Emergency Plan for Hazardous Materials	有害物質の流出や偶発的な放出による影響を防ぐために対策を実施する。 ・ 有害物質が流出した場合の手順 ・ 緊急事態に必要な機器の一覧表 ・ 近隣住民への連絡体制 ・ XKHC/ECO への緊急連絡体制 ・ 緊急事態に備えたスタッフの訓練プログラム	建設請負業者
Emission, Dust Control and Noise Plan	工事用車両及び機械からの汚染物質の排出、粉塵、騒音を最小限にするために対策を実施する。 ・ 未舗装の道路における取水 ・ 騒音・振動のモニタリング ・ 近隣住民の合意を得た作業時間の設定	建設請負業者
Waste Water Management Plan	建設作業による排水の適切な処理を行う。 ・ トイレや家庭用排水の適切な処理による排水基準の厳守 ・ 沈砂池やシルトラップの設置による土壌浸食及び堆積の抑制 ・ 沈砂池からの排水基準 TSS:50mg/L の厳守 ・ 水質モニタリング	建設請負業者
Traffic Management Plan	建設現場への交通の管理 ・ 走行速度の制限 ・ 駐車箇所の限定 ・ 警告看板の設置	建設請負業者

環境保全計画	実施内容	実施機関
Landscaping and Re-vegetation Plan	景観及び土壌浸食防止のために植栽を実施する。 ・ 自然植生が攪乱された場所の再生 ・ 自生種による植栽	建設請負業者 /XKHC
Unexploded Ordnances (UXO) Plan	不発弾調査及び除去計画を作成し、実施する。 ・ 不発弾調査及び除去の資格を持つ会社との契約 ・ 不発弾が発見された場合の行動計画の全スタッフに対する教育	建設請負業者 /XKHC
Protection of Eco-system Plan	生態系保護計画を作成し、実施する。 ・ 事業地内及び周辺における狩猟・漁獲の禁止 ・ 不必要な伐採の禁止 ・ 保護区および重要動植物の認知 ・ 作業員に対する教育プログラム	建設請負業者
Health, Safety and Security Management Plan	作業員の健康及び安全を維持するため、Safety and Security Program を作成し、実施する。 ・ 組織図の作成 ・ 労働者の病気・事故の予防対策の作成 ・ HIV/AIDS 等の感染症教育	建設請負業者
Education Program	定期的に作業員に対する環境管理計画の適切な報告及び啓蒙を行う。教育対象は、地域コミュニティ等を含む。	建設請負業者

XKHC：セカタム事業会社、ECO：Environment and Community Office（表 6.14-1 参照）

(2) 供用時の環境保全計画

事業者が策定する。排水・廃棄物処理計画、有害物質流出事故時の対応計画、取水堰損壊時の対応計画、流量管理計画、洪水処理計画、流量変動時（洪水時を含む）の下流域安全対策を含む。

供用中の環境保全計画を表 6.11-2 に示す。

表 6.11-2 供用中の環境保全計画

環境保全計画	実施内容	実施機関
排水・廃棄物処理計画	・ 排水及び廃棄物処理、オイル回収のシステムの構築 ・ モニタリング	セカタム 事業会社
有害物質流出事故時の対応計画	・ 発電所管理施設において変圧器や他の設備からオイル流出が起こった場合の緊急体制の構築	
取水堰損壊時の対応計画	・ 取水堰損壊及び予期せぬ洪水が起こった場合の緊急体制の構築	
流量管理計画	・ 取水堰からの放水量のモニタリング体制の構築	
下流域安全対策	・ 取水堰からの放水及び洪水時を含む下流域の安全対策を構築する。安全対策には以下の内容を含む。 ・ 放水時の警報サイレン ・ 水位上昇に合わせた放水量の制御基準 ・ 大洪水が生じた場合の河川状況のモニタリング	

(3) 河川流水・水質および水生生物モニタリング計画

プロジェクトの建設・運営により河川の流況が変化することで生じる影響として、以下の影響が予測される。

- (a) 流量減少による周辺住民の生活用水への影響
- (b) 流量減少による Xe Katam の滝の景観への影響
- (c) 水生生物の個体数減少、種の減少

これら影響の度合いを適切に把握し、問題が明らかとなった場合に適切に対応するため、図 6.11-1 に示す位置において水質・水生生物生息状況を、図 6.11-2 に示す位置において水位、河川断面、水量のモニタリングを定期的を実施する。

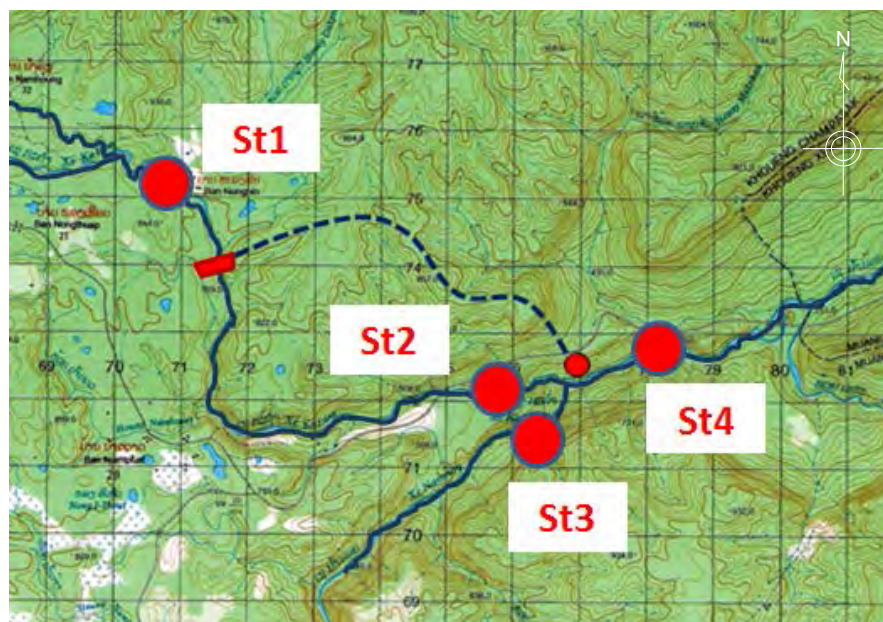
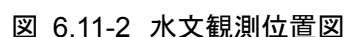


図 6.11-1 水質・水生生物モニタリング位置図



社会環境への影響緩和策の実施・管理計画として、補償・地域（少数民族）開発計画（Compensation and Community (Ethnic People) Development Plan）を策定した。住民移転が1軒であることから、ラオス法令上は住民移転計画（Resettlement Plan）を策定する必要はないが、JICA 環境社会配慮ガイドライン（2010）に基づく簡易住民移転計画に相当するものとして策定したものである。同計画には、補償に関する手続きや社会環境影響緩和策の実施管理体制、苦情処理メカニズムとともに、地域開発計画（Community Development Plan）、少数民族開発計画（Ethnic People Development Plan）、社会的弱者開発計画（Vulnerable People Development Plan）、女性開発計画（Gender Development Plan）を記載している。なお、補償・地域（少数民族）開発計画の策定にあたっては、少数民族を研究しているラオス社会科学研究所（Lao Academy of Social Science）の少数民族の専門家や、村落の持続的発展を推進している NGO である Village Focus International の意見を聴取し、参考とした。

(1) 地域開発計画

地域開発計画は、社会経済調査及び被影響住民との協議の結果を基にして作成した。地域開発計画の概要を表 6.11-3 に示す。具体的な開発計画の内容は、対象村を代表する委員会と協議して決定し、県が組織する委員会の承認を得て決定する。地域開発計画は基本的に被影響村である Nong Thuam および Nam Touad を対象としているが、Nong Hin の住民も用地取得による影響を受けるため一部対象としている。

職業訓練は年間 10 人程度、事業開始から 10 年間実施することを計画しており、合計 100 人程度を対象とする。対象人員の選定にあたっては、社会的弱者、女性を優先する。収入向上目標、訓練内容等の詳細は、事業実施段階で県の委員会において対象住民の意見を踏まえて決定するが、他のプロジェクトの例では、手工芸品の製作、小規模畜産業、農作物・畜産流通指導、会計処理、電工・機械工等の職業訓練等が実施されている。

表 6.11-3 地域開発計画

No.	開発計画	概要	対象村
1	教育サービス支援	・ 小学校の改築：3 教室、トイレ完備	Nong Thuam *Nam Touad では政府による小学校の改築が計画されている。
		・ 教材（教科書、教育用具）の提供－工事・運用期間 ・ 職業訓練奨学金の支給（10 人/年）－工事・運用期間	Nong Thuam, Nam Touad, Nong Hin
2	保健サービス支援	・ 村落保健員（VHV: Village Health Volunteer）の研修－工事期間 ・ 医療品の支給－工事期間	Nong Thuam, Nam Touad
		・ トイレの設置 ・ マラリアや疾患の予防対策：啓蒙、蚊帳及び薬品の提供－工事期間（2 年間）	Nong Thuam, Nam Touad, Nong Hin （各家庭に対する支援）
3	漁業及び水産養殖開発支援	・ 漁業資源の持続的な管理や利用に向けた漁業規定の策定 ・ 養殖池、取水堰の池における漁業の管理体制の開発 ・ 安定的な供給を目的とした稚魚の養殖体制及び養殖池の整備－工事・運用期間	Nong Thuam, Nam Touad
4	研修	・ 管理能力開発－工事期間（4 年間）	Nong Thuam, Nam Touad, Nong Hin （村の管理組織）
		・ 社会的弱者及びジェンダー開発：収入向上のための職業訓練－工事期間（4 年間）	Nong Thuam, Nam Touad, Nong Hin （社会的弱者及び女性）

(2) 民族開発計画

プロジェクトにより多大な影響を受ける Zone1 の住民である Nyaheun 族は、World Bank Operation Policy 4.10 の定義から、少数民族に分類される。調査結果に基づき、民族の特性を

考慮した影響分析と緩和策を検討した。検討結果を表 6.11-4 に示す。

表 6.11-4 民族への影響と緩和策

No.	Nyaheun 族に関する調査結果	考えられる影響	影響緩和策/開発計画
1	女性等に一部ラオス語を話せない人がいる。	言語の違いにより誤解が生じる恐れがある。	専門家による言語トレーニング
2	精霊信仰が一般的で、豊作、病気、自然災害等に対し、水牛・豚・鶏等を生贄として捧げる風習がある。	宗教上の土地の精霊への影響	宗教上の精霊を尊重する方策（事業遂行上の禁忌等）、宗教行事への参加・協力を含め、宗教リーダーと合意する。
3	事業計画地周辺で墓地が確認されている。	墓地の損壊	現計画では墓地には影響しないが、詳細な調査により墓地を含む他の支障物がないかを確認し、墓地の移動が不可避である場合は、少数民族の長や関係者と相談し、対応を決定する。
4	事業計画地周辺で聖地が確認されている。	聖地の損壊	調査で判明した範囲で、プロジェクトの実施が聖地に影響しないように計画されているが、他の聖地または宗教上の重要な構造物等が発見された場合は損壊を回避するための設計変更を含めて適切な対応を協議する。
5	独自の歴史及び文化を持つ。	事業による歴史・文化への影響	民族のリーダーを含めて定期的な協議（月 1 回程度）を行い、工事計画・運営計画の説明・調整を行う。

(3) 社会的弱者開発計画

事業会社は地域開発の専門家を雇用、社会的弱者が置かれている状況の詳細な調査を実施し、社会的弱者の生活改善のための実行計画を策定する。実行計画の策定にあたっては以下を考慮する。

- 1) 当初 1～2 年間の食糧援助。
- 2) 健康状態の確認、蚊帳の配布。
- 3) 身体障害者には必要に応じて手工芸品の技術教育等を検討。
- 4) 優先的な職業訓練受講、職業用具配布。職業としては手工芸品、小規模畜産、小規模な養魚場またはカエルの育成、商業流通性のある NTFP 植樹等が考えられる。
- 5) 計算能力・識字能力が十分でないことを考慮した市場売買の支援。

(4) ジェンダー開発計画

女性は男性に比較して、教育機会が少なく、過酷な労働条件や出産により健康上の不安要素があり、出産時に十分な施設や補助員の不足等により、生活上不利な状況にあることがインタビュー等により判明した。女性の生活レベル向上のため、セカタム事業会社は専門家を雇用し、詳細な計画を策定する。計画の策定にあたっては、以下を考慮する。

- 1) 地域開発計画の当初より、専門家による指導を実施。また、2～3 ヶ月毎にフォローのための指導を実施する。
- 2) 全ての女性が計画策定段階で議論に参加していること、生活向上策を十分正しく理解していることを確認する。
- 3) 学校教育への慫慂。
- 4) 全ての女性が計画の内容を十分承知していること。

6.12 モニタリング計画

事業実施による負の影響が予測される項目について、工事中及び供用時においてモニタリングを実施する。

6.12.1 モニタリング結果の評価体制

モニタリングはセカタム事業会社が実施し、その結果を定期的に政府関係機関に報告し、定められた基準を逸脱している場合は是正措置を講じる。表 6.12-1 に政府との協議体制を示す。

表 6.12-1 政府機関によるモニタリング評価体制

Activity/ Frequency	Monitoring Item	Indicator
Progress meetings / 3 months XKHC/Province/ District	Quarterly reports XKHC's responses or instructions	Minutes of meetings and reports
CC and DWG/ XKHC monthly meeting	Resettlement and Compensation monthly progress reports	Minutes of meetings and reports
EC and DWG/XKHC monthly meeting	Physical-Biological monthly monitoring reports.	Meeting of minutes and reports

XKHC：事業会社、CC/EC：県委員会、DWG：郡ワーキンググループ（表 6.14-1 参照）

6.12.2 自然環境モニタリング

自然環境のモニタリング計画を表 6.12-2 に示す。

表 6.12-2 自然環境モニタリング計画

No.	項目	頻度	地点数	実施 機関	責任 機関
1	大気質：TSP, PM ₁₀ , SO ₂ , NO ₂	2 回／年	2 地点	HC	HC
2	騒音	1 回／月	4 地点	HC	HC
3	水質：河川表層水	表 6.12-3 に 記載	4 地点	XKHC	XKHC
4	生活排水	1 回/週（工事中）	3 地点	XKHC	XKHC
5	水質：水生生物生息地	2 回（雨季・乾季） ／年	4 地点	XKHC	XKHC
6	河岸侵食・土壌堆積：河川横断測量	1 回／年	3 地点	XKHC	XKHC
	流水（水深、幅、流速）	3 回（雨季）／年			

HC：工事請負事業者、XKHC：事業会社

表 6.12-3 水質(河川表層水)モニタリング調査項目

Parameter	Symbol	Frequency	Locations
Temp Air	T air	1/Month during Construction 1/Quarterly during Operation	Surface Water 4 sites
Temp Water	T water		
pH	pH		
Dissolved Oxygen	DO		
Total Coliform			
Biological Oxygen Demand	BOD		
Chemical Oxygen Demand	COD		
Total nitrogen	Tot –N		
Total phosphate	Tot P		
Total suspended solids	TSS		
Chlorophyll	Ch-a		
Nitrate – nitrogen	NO3		
Conductivity	Ec		
Ammonia-nitrogen	NH3=N		
Alkalinity	Ca CO ₃		
Hardness		1/Quarterly	
Fecal Coliform			
Phenols	C ₆ H ₃ OH		
Copper	Cu		
Nickel	Ni		
Manganese	Mn		
Zinc	Zn		
Cadmium	Cd		
Chromium	Cr6		
Lead	Pb		
Mercury	Hg		
Arsenic	As		
Cyanide	Cn		

表 6.12-4 生活排水モニタリング調査項目

Parameter	Frequency	Locations
Potential of Hydrogen(pH)	1/week During Construction	1 × Main camp/office 2 work sites
Biological Oxygen Demand (BOD)		
Chemical Oxygen Demand (COD)		
Total Nitrogen (T-N)		
Total Phosphorous (T-P)		
Oil and Grease		
Total Suspended Solid (TSS)		
Total Coliform Bacteria		

表 6.12-5 水質(水生生物)調査項目

Parameter	Unit	Frequency	Av. Value	Max Val	Lao Std	No. Locations
Temperature	°C	2/year -Start rainy season & dry season.			6-9	4
pH					30	
Conductivity	Cm				125	
Alkalinity	Mg/liter				10	
Hardness	Mg/liter				2	
Dissolved Oxygen	Mg/liter				10	
Ammonia	Mg/liter				50	
Nitrate	Mg/liter				400	
Nitrite	Mg/liter				6-9	
Free CO ₂	Mg/liter				30	
Phosphate - phosphorus	Mg/liter				125	

表 6.12-6 河川横断調査項目

Parameter	Unit	Frequency	Av. Value	Max Val	No. Locations
X – Section Surveys	Profile	1/year	Profile Change Analysis		3
Water Flows					
- Flow Depth		3 × rainy season × 3 days			
- Flow Width					
- Flow Velocity					

6.12.3 社会環境モニタリング

社会環境のモニタリング計画を表 6.12-7 に示す。なお、モニタリングの頻度等については実施段階で政府関係個所と調整のうえ、決定する。

表 6.12-7 社会環境モニタリング計画

Monitoring Items - Parameters	Monitoring Results for Period	Responsible Authority
Permanent Loss & Relocation at Zone 1 & 2 —	<ul style="list-style-type: none"> • ECO with assistance of DWG and VC summarize compensation status monthly and report to CC and GOL (if necessary) quarterly. • GRC reports cases and settlement records to CC and GOL (if necessary) quarterly. 	XKHC
Temporary Losses of Land & Crops at Zone 1 & 2	<ul style="list-style-type: none"> • ECO with assistance of DWG and VC summarize compensation status monthly and report to CC quarterly. 	
Compensation and Community (Ethnic People) Development Plan	<ul style="list-style-type: none"> • ECO with assistance of DWG and VC summarize actual activities in reports below and report to CC quarterly. • Education support reports • Health and sanitary support reports • Fishery program reports • Training reports 	
Vulnerable Group	<ul style="list-style-type: none"> • ECO with assistance of DWG and VC summarize actual activities in reports below and report to CC quarterly. • Nutrition and shelter security report • Health security assistance report • Work plans for vulnerable households • Employment/ income generation assistance report 	
Gender Development	<ul style="list-style-type: none"> • ECO with assistance of DWG and VC summarize actual activities and report to CC quarterly. 	
Communication - Language	<ul style="list-style-type: none"> • Language training report of ECO to submit to CC quarterly 	
Cultural Heritage <ul style="list-style-type: none"> • Sacred Places • Spirit Territories • Cemeteries • Cultural Activities • Historic /Natural Structures • Archeological Sites 	Monthly checks summarized in quarterly reports to GOL and Developer. Confirmation that: <ul style="list-style-type: none"> • All sites of spiritual significance avoided or appropriate arrangements made to respect EP concerns. • Cultural activities respected in construction activities. • Archeology site discoveries notified to GOL 	

XKHC : 事業会社、CC: Compensation Committee, VC: Village Committee, DWG: District Working Group, ECO: Environment and Compensation Office (表 6.14-1 参照)

6.13 苦情処理メカニズム

プロジェクトの実施がラオス国政府に承認された段階で、事業会社はラオス国政府に対し、苦情処理委員会（Grievance Resolution Committee : GRC）を Pakxong 郡内に設立することを正式に要請する。GRC の委員は以下の構成による。

- 1) 地方政府代表者
- 2) 村のリーダー（複数）
- 3) 影響を受ける住民の代表者
- 4) 村の年長者または村の組織等の代表者
- 5) 事業会社の代表者

苦情処理の手続きは以下による。

- 1) 被影響住民から事業会社に対し、苦情を申し入れ、事業会社は問題解決に努力する。申し入れから 15 日以内に解決しない場合、被影響住民は GRC に解決を依頼する。
- 2) GRC が依頼から 20 日以内に処理できない場合、または被影響住民が苦情処理委員会の決定に不服を持つ場合、被影響住民は MONRE または県が設置する補償委員会に苦情解決を依頼する。
- 3) MONRE または県が設置する補償委員会が 20 日以内に解決できない場合、裁判所に訴えることができる。

6.14 実施体制および実施スケジュール

6.14.1 実施体制

用地取得・住民移転および環境管理計画等の実施機関の役割を表 6.14-1 に、実施体制を図 6.14-1 に示す。

表 6.14-1 用地取得・住民移転および環境管理計画実施機関の役割

機 関	役 割
政府機関	
Compensation Committee (CC)	補償の政策及び承認を行う。
Environmental Committee (EC)	事業による環境影響をモニタリングし、必要な是正措置を承認する。
District Working Group (DWG)	県や ECO と協調して地区レベルで補償・移転及び緩和策を実施する。
Village Development Committees (VC)	DWG や ECO と協調して、補償・移転、被影響住民の苦情処理を行う。
Grievance Resolution Committees (GRC)	法制度に沿って被影響住民の問題を解決する。
事業者	
Environment and Community Office (ECO)	事業会社（XKHP）が設置し、環境管理計画の管理および政府との調整を実施する。
工事請負業者	
Head Contractor (HC)	工事請負業者は、Contractor's Environmental Management and Monitoring Plan (CEMMP) を作成し、自然・社会環境に対する負の影響の回避、緩和に努める。
Sub-Contractors	Sub-Contractors は、HC の指導のもと、CEMMP を実施する。

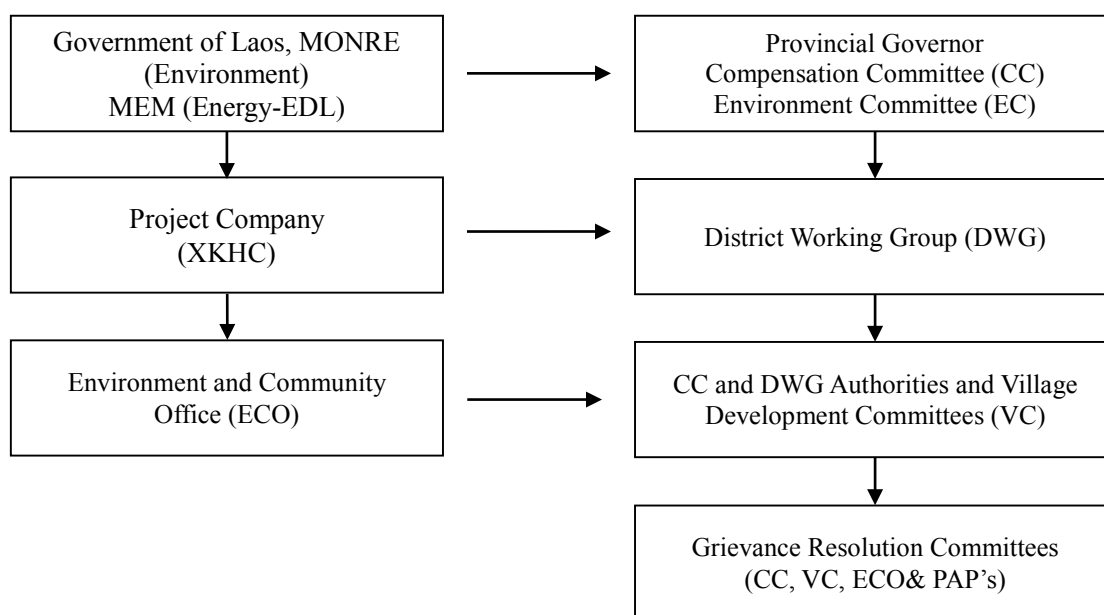


図 6.14-1 環境管理計画の実施体制

6.14.2 実施スケジュール

補償および社会環境管理計画の実施スケジュールを以下に示す。

表 6.14-2 実施スケジュール

Plan Activity	Year 1 Construction start	Year 2	Year 3	Year 4 COD	Year 5
Province establishes CC and EC.	■				
Work Timetables / Budgets reviewed.	■	■	■		
Asset survey for compensation.	■	■			
Valuation lost assets completed.	■	■			
Compensation explained to PAPs.		■			
PAP cash compensation approved and paid.		■			
PAP land/crop restoration values approval.		■	■		
GRC formed		■			
PAP work plans/budgets completed.		■			
Community Development Program approval.			■		
1 new Primary schools with toilets		■	■		
2 fish ponds built and weir pond vegetation clearance		■	■		
Toilet upgrade.		■	■		
HIV/AIDS/STD training.	■	■	■	■	
School materials support		■	■	■	■
Gender Vulnerable group support plans.			■	■	■

6.15 環境対策予算と財源

6.15.1 環境対策予算

補償、移転費用、環境管理計画、コミュニティ開発計画等に必要な予算は、当初 5 年間（建設開始は 2 年目から 3 年間）で約 113 万米ドルと見積もられた。運転開始後の環境管理予算は、概略年間約 12 万米ドルと見積もられるが、5 年毎にそれまでの実績とモニタリングの結果を考慮して見直す必要がある。環境対策予算は、被影響住民が自活できるだけの収入に達することを目標としているが、運転開始後 10 年以降において目標に達していない場合は、引き続き事業者が負担することも含めて検討する。政府の環境対策に対する支援は、運転開始後 10 年以降、年間 2,53 万米ドルを運転開始後 30 年まで見込んでいる。

表 6.15-1 環境対策予算

		Planning and Construction Phase					Operation Phase					Total
		Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	Year 7	Year 8	Year 9	Year 10	
1	Compensation Cost	83,793	-	35,516	-	-	-	-	-	-	-	122,309
2	Resettlement Cost	-	-	3,000	-	-	-	-	-	-	-	3,000
3	Community (Ethnic Group) Development Cost	23,150	140,150	31,150	24,750	13,750	8,750	10,750	8,750	10,750	8,750	220,700
4	Environment Management Cost	-	21,000	67,200	38,000	109,500	85,500	89,500	85,500	89,500	89,000	657,700
5	Government Administration Cost	28,560	18,160	18,160	18,160	18,160	11,440	11,440	11,440	11,440	11,440	158,400
6	Developer's Site Management Cost	114,000	204,000	4,000	4,000	60,000	-	-	-	-	29,000	415,000
7	Contingency	12,475	19,166	7,951	4,246	10,071	5,285	5,585	5,285	5,585	6,910	78,855
Total Costs		261,978	402,476	166,978	89,156	211,481	110,975	117,275	110,975	117,275	145,100	1,733,665
Period Total		1,132,067					601,598					
		Average 226,413 USD per year					Average 120,320 USD per year					

6.15.2 財 源

用地取得および住民移転を含む補償に関する費用は、事業者が負担する。

6.16 住民協議およびステークホルダー協議

6.16.1 住民協議およびステークホルダー協議の実施方法

Decree on Environmental Impact Assessment, 2010 (Decree No. 112) では、事前の住民協議と、環境影響緩和対策の検討への住民参加が義務づけられている。プロジェクトの環境許可（Environmental Compliance Certificate）を得るまでに、以下に示す最低 4 回のステークホルダー協議を実施する必要がある。

- 1) Village Dissemination Meeting：プロジェクト計画の村民への説明、意見の聴取。
- 2) Village Level Consultation Meeting：環境影響評価書の第一ドラフトが作成されたのち、その内容を村民に説明し、意見を聴取するもの。
- 3) District Level Consultation Meeting：事業者は Village Level Consultation Meeting で参加者から提起された意見を勘案し、環境影響評価書の第二ドラフトを作成し、District Level Consultation Meeting で説明して郡全体のステークホルダーの意見を聴取する。
- 4) Province Level Consultation Meeting：District Level Consultation Meeting での意見を勘案し、環境影響評価書の第三ドラフトを作成、MONRE 等中央政府関係省庁の審査を受けたのち、最終ドラフトとする。最終ドラフトは Province Level Consultation Meeting で説明され、広く住民、県レベル、中央政府レベルの意見を聴取する。

被影響村を対象とした Village Dissemination Meeting は 2013 年 6 月に実施された。この協議を例にとり、具体的なステークホルダー協議の手順を以下に示す。なお、ステークホルダー協議の実施に先立ち、開催日時、開催場所、目的、出席予定者、説明方法、会議の実施手順を定めた実施計画書を策定している。ステークホルダー協議にあたっては、広い年齢層および女性からの意見を聴取し、住民が自由に発言できる場とすることに留意した。

- 1) 事業者より環境コンサルタントを通じて、県の環境資源局（Provincial Office of Environment and Natural Resources；PONRE）にステークホルダー協議実施の依頼を行う。
- 2) PONRE より Pakxong 郡の出先機関（District Office of Environment and Natural Resources；DONRE）にステークホルダー協議実施の指示を行う。DONRE は指示を受けて、関係各村の村長ほか役員に、実施日・時間を連絡し、住民への周知を依頼する。

- 3) 村長ほか役員から口頭や張り紙を通じて全住民にステークホルダー協議への参加をよびかける。
- 4) ステークホルダー会議は、村長を含む住民のほか、PONRE の代表者、DONRE の代表者の立会のもとに実施された。議事次第を以下に示す。
 - a) 出席した住民の名簿作成。
 - b) 事業者またはその代理人である環境コンサルタントからの計画概要およびプロジェクトにより想定されるメリット・デメリットの説明。説明は壁にかけられた図面と配布資料により実施。
 - c) 参加者を 3 つの小グループに分け、グループミーティングの実施。グループ構成は、基本的に男性+女性のグループ、女性みのグループ、社会的弱者のグループとする。各グループには環境コンサルタントの説明者が同席する。
 - d) グループミーティング終了後、再度出席者全員が集合し、その場でグループミーティングの結果をグループの代表者が発表。
 - e) 意見の総括と議事録の作成。議事録には DONRE 代表、村の代表（通常は村長）がサインする。
- 5) 説明はラオス国標準語で実施された。ただし民族の言語を話せる通訳も同席した。

図 6.16-1 に協議の様子を示す。



図 6.16-1 協議の様子(Nong Mek 村)

なお、これらの協議は、当初ダムを有する事業計画について実施され、最終段階のステークホルダー協議（県レベルの Consultation Meeting）を 2014 年 11 月に実施した。ダムを省略し

た流れ込み式の発電事業計画については 2015 年 5 月に、計画変更に伴う影響評価の見直しについて県レベルのステークホルダー協議が実施されている。

6.16.2 発電所区域における協議結果

発電所区域において、MONRE との Technical Workshop を含め、計 11 回のステークホルダー協議を実施した。うち 5 回はダム・発電所・工事用道路により影響を受ける住民を対象として実施した。その他は JICA を含んだ村長会議、郡レベル及び県レベルでの協議である。

それぞれの協議の結果を以下に示す。

表 6.16-1 住民協議およびステークホルダー協議実施状況(発電所区域)

No.	Date	SHM
1	11-16/Jun/2013	1st village level consultation meeting
2	20-21/Dec/2013	2nd village level consultation meeting
3	12-13/Feb/2014	3rd village level consultation meeting
4	09/May/2014	4th village level consultation meeting
5	12/Jun/2014	District level consultation meeting
6	27/Aug/2014	Technical workshop
7	30/Aug/2014	Village officer meeting
8	15/Oct/2014	Additional Village level consultation meeting
9	21/Nov/2014	Provincial level consultation meeting
10	19/May/2015	Provincial level consultation meeting for the revised design
11	15/July/2015	PCM Follow-up meeting for the revised design

(1) 村レベルの第 1 回ステークホルダー会議

第 1 回住民協議は、2013 年 6 月にダム・発電施設、工事用道路の建設・運用により影響を受ける 5 村落を対象に実施された。参加者は、Pakxong 郡等関係者及び各村の村長、村民等であった。事業計画および想定される自然環境、社会環境への影響について説明したところ、反対意見は聞かれず、公正な補償の実施を要請された。住民協議で提起された主な意見を表 6.16-2 に示す。

表 6.16-2 発電所区域第 1 回住民協議の概要

Village	Day, Time	Participants (Total/ Female)	Summary of Requests and Concerns.	Responses/Remarks
Nong Mek	June 11	40/19	<ol style="list-style-type: none"> 1) Request of appropriate compensation for affected land, property and crop. 2) Request to supply rice during new rice plantation period (3 to 5 years) 3) Request to develop infrastructure (school, hospital and clean water system) 4) Request to support vocational training 5) Request to develop land for compensation 3 to 5 years in advance to ensure productivity 6) Request to check the details of affected lands and properties. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) accepted 2) to 5) Requests will be considered and compensation policy will be explained at the next meeting 6) accepted
Nam Houg	June 13, 10:00 am	39/8	<ol style="list-style-type: none"> 1) Affirmative response to the Project. 2) Request of appropriate compensation for affected land. 3) Request to supply rice during livelihood restoration period. 4) Request to develop infrastructure (road, school, clinic and clean water system) 5) Request to support vocational training (agriculture, animal raising, health service, handicrafts, etc.) 6) Request to supply experts to support livelihood restoration. 7) Proposal of land resettlement site (old Non Hin Village) 	<ol style="list-style-type: none"> 2) accepted 3) to 6) Requests will be considered and compensation policy will be explained at the next meeting 7) proposed land will be investigated
Nong Hin	June 14, 9:00 am	36/16	<ol style="list-style-type: none"> 1) Request to compensate affected land and develop new land. 2) Request to supply rice during livelihood restoration period. 3) Request to develop infrastructures (road, school, clinic and clean water system) 4) Request to support vocational training (agriculture, animal raising, health service, handicraft etc.) 5) Request to supply experts to support livelihood restoration. 6) Proposal of land resettlement site (8km east of Non Hin, now belonging to Nam Houg) 	<ol style="list-style-type: none"> 1) accepted 2) to 5) Requests will be considered and compensation policy will be explained at the next meeting 6) proposed land will be investigated.
Nong Thuam	June 15	32/5	<ol style="list-style-type: none"> 1) Request of appropriate compensation for losses and to develop new land. 2) Request to supply rice during livelihood restoration period (3 to 5 years) 3) Request to develop infrastructures (road, electricity and clean water system). 4) Request to provide fund to support education (renovation or built school) and scholarship. 5) to explore and develop land, located in the state conservative forest, This area has plenty of water from streams. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) to 4) Requests will be considered and compensation policy will be explained at the next meeting 5) proposed land will be investigated.
Nam Touad	June 16, 10:00 am	16/6	<ol style="list-style-type: none"> 1) Affirmative response to the Project. 2) Request of support infrastructure (school, clinic, village office and clean water system) 3) Request to supply electricity if possible 4) Request to supply scholarship for vocational training if possible 5) Request of appropriate compensation for affected land, property and crop. 6) Request to develop new land 	<ol style="list-style-type: none"> 2) to 5) Requests will be considered and compensation policy will be explained at the next meeting 6) proposed land will be investigated.

(2) 村レベルの第 2 回ステークホルダー会議

第 2 回住民協議では、現況調査の結果を踏まえたアセスメント結果、補償基準・生活再建プログラムの説明を含む事業計画とその影響について、より詳細な説明が実施された。参加者は、Pakxong 郡等関係者及び各村の村長、村民等であった。出席した 4 村落のうち、Nong Mek 村、Nam Houg 村から反対意見が表明された。住民協議で提起された意見の概要を表 6.16-3 に示す。

この協議の後、Pakxong 郡の関係者は、2014 年 1 月に各村落の代表者を招集し、代表者の意見を聴取するとともに対応を協議した。事業者からは補償等を法令に則り公正に実施すること等を改めて説明し、地方政府からは事業の重要性を訴えた。

表 6.16-3 発電所区域第 2 回住民協議の概要

Village	Day, Time	Participants (Total/Female)	Summary of Requests and Concerns.	Response/Remarks
Nong Mek	Dec 20 pm	57/15	<ol style="list-style-type: none"> 1) They object to the project proceeding because they have never been properly compensated by previous projects. 2) The land for livelihood restoration is already occupied by other persons. 3) If project proceeds, all social obligations must be met 3 years before project proceeds. 4) The project should provide jobs to local people for 5 years before construction starts. 5) Vocational training and scholarships should be provided to 5 persons per year. 6) Replacement land provided must be good quality and at least the same size. 7) The company must inform and compensate for losses appropriately in advance. 	<ol style="list-style-type: none"> 2) Proposed land has enough vacant area for land replacement. 3) Social obligation of the developer strictly follow Lao regulations. 4) The Project will bring job opportunities, but starting with construction works. 5) Vocational training is included in the Community Development Program together with education support program. 6) accepted 7) accepted
Nam Houg	Dec 20 pm	50/11	<ol style="list-style-type: none"> 1) They disagreed with the project due to reservoir formation. Replacement land proposed is already being occupied. 2) If the project proceeds it must respond to their 15 requests given in writing on 15 August 2013 that included: <ul style="list-style-type: none"> - Replacement all houses with cement/brick structures - Infrastructure must include electricity, water supply, access road and bridge. - Develop pasture and fish ponds and purchase livestock and fish for ponds - Supply agriculture production equipment. - During development new land supply food, household utilities and clothing. - Support medicine supply fund for the project life. - Support 6 scholarships per year for secondary education. 	<ol style="list-style-type: none"> 2) The compensation and livelihood restoration program will follow the Lao regulations. Some of the requests are beyond the regulations and will not be accepted.

Village	Day, Time	Participants (Total/ Female)	Summary of Requests and Concerns.	Response/Remarks
Nong Hin	Dec 21 am	26/6	1) No objection to June meeting proposals and specific proposals presented for livelihood development on replacement land and community health and education improvement at the meeting. 2) Development of production land must be in parallel with project development. 3) If mitigations change, the mitigations must provide benefits of equivalent or higher value.	2) accepted 3) accepted
Nong Thuam	Dec 21 pm	18/3	1) No objection to June meeting proposals and specific proposals presented for livelihood development on replacement land and community health and education improvement 2) Development of production land must be in parallel with project development.	2) accepted

(3) 村レベルの第 3 回ステークホルダー会議

2014 年 2 月に第 3 回住民協議が実施された。参加者は、Pakxong 郡等関係者及び各村の村長、村民等であった。本住民協議においては、反対していた 2 村とも、事業実施を許容する姿勢に転じた。表 6.16-4 に示すように、Nong Mek 村の村長は貯水池用地の移転先（Old Nong Hin 地区）の状況に懸念を表明した。

第 3 回住民協議において懸念が示された移転先用地に関し、Pakxong 郡の指導のもと、2014 年 4 月に Nong Mek 村長、Nam Houng 村長等が現地調査を実施した。参加者は用地の状況を確認し、Pakxong 郡からは土壌調査結果から耕作に適した土地であることが説明された。また、事業者はパイロット農園を早急に実施することを表明した。その結果、第三回住民協議時の議事録を Nong Mek 村長が承認した。

表 6.16-4 発電所区域第 3 回住民協議の概要

Village	Day, Time	Participants (Total/ Female)	Summary of Requests and Concerns.	Response/Remarks
Nong Mek	Feb. 12	/	<ul style="list-style-type: none"> Participating villagers agreed to develop the Project but it must be built in accordance with Lao Law. Head of Village denied signing the official meeting minutes because he has concerns about the availability and productivity of the resettled land (Old Nong Hin) 	After the visit of the resettled land and input about the productive soil conditions from the District Officers, the Head of Village agreed and signed the official meeting minutes of in April 2014
Nam Houng & Nong Hin	Feb. 13	13/2	Combined meeting of the 2 Villages <ul style="list-style-type: none"> They agree to the company to develop the project but it must be built in accordance with Lao Law. Compensation must be fair. Developer must help with food and other basic needs while the new land is being developed until they can support themselves with better income from their new land. Developer to support purchase household items like tools, mosquito nets, cooking utensils. 	<ul style="list-style-type: none"> All plans have to be approved by Government who will follow up to check work is done correctly. Compensation according to Lao Law and complaints settled according to Government regulations. Food and other support included in livelihood restoration program and community development program to be approved by Government. Development plan will consider the support of very poor people.
Nong Thuam	Feb. 13	17/6	<ul style="list-style-type: none"> They agree to construction of project by developer and require compensation to be fair. They want the developer to prepare the replacement land and make ready for permanent agricultural production. They want developer to help them with food and other basic necessities to survive until they can support themselves with better income from their new land. 	<ul style="list-style-type: none"> All compensation will be according to Lao law. Proposed agriculture development plan to be submitted to Government for approval. Food and other temporary support will be included in the compensation package and be submitted to Government for approval.

(4) 村レベルの第 4 回ステークホルダー会議

第 4 回住民協議は、Village Level Consultation Meeting として 2014 年 5 月に実施された。参加者は、Pakxong 郡等関係者及び各村の村長、村民等であった。実施概要を表 6.16-5 に示す。住民協議では、ダム建設により水没する 384ha の農地の移転と補償、4 小学校の建設、農作物の生産拡大、村落の衛生施設の改善、村落への医療用品の配置、道路・橋梁の改良等が示された。住民協議参加者は事業者が政令 192 号に従い、公正に補償することを要請し、事業の推進を了承した。

表 6.16-5 発電所区域第 4 回住民協議実施状況

Date	Purpose	Venue	Attended Villages	Participants /Female
May 9	Power and Road Construction Zone (Zone 1 and 2)	Nong Mek	Nong Mek, Nam Houng, Nong Hin, Nong Thuam, Nam Touad	65/18

(5) 郡レベルのステークホルダー会議

2014 年 6 月 12 日に、District Level Consultation Meeting が開催され、75 名が参加した。中央政府、Champasak 県政府、Pakxong 郡政府の関係者、影響を受ける村落の住民、代表者が参加した。

事業者と再委託先のコンサルタントから、事業の詳細、事業による影響、および影響軽減策が示され、影響軽減策は同時に地域住民やコミュニティの生活向上を目指したものであると説明された。協議会での主要な意見は次のとおりである。

- 政府関係者は事業者に対し、事業の範囲、森林の範囲、森林の種別をより詳細に調査することを求め、政府の環境モニタリングのため十分な予算を確保することを要請した。
- Pakxong 郡代表は、女性の収入機会を増大させるための、ラオス国女性組合（Lao Women's Union : LWU）への支援を要請した。
- 村落の代表は事業への賛成を表明し、事業者に対し地方政府と緊密に連携をとった対応を求めるとともに、移転農地の耕作地としての適性を確認すること、影響を受ける資産を再度確認することを要請した。

事業者はこれら意見に対し、以下を表明した。

- 補償と生活再建はラオス国の法令に基づき実施する。影響を受ける資産に関しては、補償手続きの中で再度詳細に調査する。
- LWU の役割に関しては、民族開発、女性開発、生活弱者グループの開発計画を検討し、その実施にあたり協力を要請するとともに、対応する予算を確保する。
- 貯水池により水没する農地の代替地は、土壌調査により農地として同等であることが確認されており、灌漑用水の整備も実施する。
- 森林、水生生物の詳細調査はラオス国立大学、農業森林調査研究所（Agriculture and Forest Institute）および水生生物資源調査センター（Living Aquatic Resource Research Center: LARREC）により完了している。
- 事業者としては被影響住民、地方政府の関係者が事業に関する情報を十分に理解していることを確認したい。地域住民が便益を享受し、より良い生活を送れるようにならない限り事業は実施しない。そのため、ラオス国政府の政令を遵守し、地域住民、地方政府と緊密な連絡をとりながら、補償、生活再建、地域開発計画を実施していきたい。

住民協議の最後に、議長である Pakxong 郡長から事業者に対し、開発計画に示されている上水供給施設の改善、地域インフラの整備、女性と地域へのサポートを確実に実施することを要請された。

(6) 政府合同会議

政府合同会議は、2014 年 8 月 27 日に実施され、ESIA についての技術的な課題について議論を行った。参加者は、関係機関である MONRE、MOH、MAF、LFNC である。

(7) JICA による村役員との協議

被影響村の役員と JICA との協議が 2014 年 8 月 30 日に実施された。プロジェクト、補償、地域開発計画等に対する意見を被影響住民が直接 JICA に伝える機会となった。その際、Nong Mek 村から以下に示す 11 項目の要求が示された。

- Nong Mek 村の要求
 - 1) 十分な農耕地の供給
 - 2) 水と電気の供給
 - 3) 道路の建設
 - 4) 村民の生活水準の向上
 - 5) 学校、診療所の供給
 - 6) 影響を受ける住民の子供への奨学金の供給
 - 7) 村落開発基金、教育基金の供給
 - 8) 商品価値のある生産物の生産性向上と市場流通性を高めるためのグループの設立
 - 9) 農業に関するより良い技術、方法、農耕機具の供給
 - 10) 村落内の土地整備
 - 11) 少数民族文化の保護および尊重（聖地に立ち入らない等）

(8) 村レベルのステークホルダー会議（追加実施）

先に実施された協議で提示された 11 の要求を受けて、Pakxong District Office と被影響住民（Nong Mek, Nam Houng, Nong Hin, and Nong Thuam）間で、2014 年 10 月 5 日に協議が行われた。参加人数は 52 人で、そのうち 10 人が女性であった。

(9) 県レベルのステークホルダー会議(第 1 回)

ダム水路式案に対する Provincial Level Consultation Meeting が 2014 年 11 月 21 日に開催され、関係機関及び被影響村等からの参加者は 54 人であった。ESIA 報告書の説明後、参加者間で協議が行われた。主な協議内容を以下に示す。

- 事業者は影響を受ける住民との協議を継続することを要求する。
- プロジェクト実施時点で委員会を設立し、その委員会が再度プロジェクトによる影響を調査し、補償等に関する詳細を決定する。
- プロジェクト実施期間中に、生活再建策と地域開発プログラムに関し、より深い検討を実施する。

(10) 県レベルのステークホルダー会議(第 2 回)

ダム水路式案から流れ込み式案へ計画が変更されたことから、流れ込み式案を対象とした Provincial Level Consultation Meeting が 2015 年 5 月 19 日に開催された。関係機関及び被影響村等からの参加者は 22 人であった。流れ込み式案の諸元および影響範囲、補償等における変更点の説明後、参加者間で協議が行われた。協議後、MONRE より参加者の意見のとりまとめとして以下の提言が示された。

- 総括として、本会議はプロジェクトを受入れ、早期に実施することを要請する。
- 環境コンサルタントは事業者と協力して、ESIA 報告書の不明点を明確にした修正を実施し、MONRE に再提出することを要請する。
- 河川水の利用計画は下流のプロジェクトに対する影響を最小化するべく計画すること。必要であれば、下流のプロジェクトの事業者との協議を継続することを提言する。
- 補償を実施する前に、事業者は地方政府担当機関と協力して影響を受ける資産の正確なデータを収集し、補償計画を見直したうえで、補償実施計画を政府関係機関または補償委員会に提出し、承認を受けること。
- 事業者は、建設請負業者との契約にあたり、環境社会配慮に対する建設請負業者の責任を明記することで、すべての建設請負業者が環境社会配慮に留意し、問題が生じた際に責任をもって対処するように規定することを要請する。
- 事業者は、下流における他のプロジェクトの開発事業者を含め、影響を受ける住民及び関

係者に対し、プロジェクト開発計画を開示し、プロジェクトに対する理解を得、対立を回避するよう要請する。

- プロジェクト実施段階において、事業実施者は県・郡レベルの代表者と協議・協力の上、地域開発計画に対する政府関係者および地域関係者の参画を図るよう留意すること。
- プロジェクトの建設・運営段階において、事業実施者は環境社会配慮に関するモニタリングと管理を、ラオス政府の関係機関と協力して実施する責任部門を組織すること。
- 問題が生じた場合は友好的な協議により解決を図ること。

同会議において、県のエネルギー鉱山局 (Department of Energy and Mines of Champasak Province: DOEM) から、セカタムの取水堰・発電所間の河川を利用して実施されている流れ込み式小水力発電建設プロジェクトに対する影響について質問があり、事業者である関西電力から、小水力開発事業者と既に協議していること、エネルギー鉱山省からセカタム水力発電所の Project Development Agreement (PDA) が 2007 年に取得されたものであることからセカタム水力発電所の開発が優先するとの判断が示されたこと、流れ込み式への変更により PDA 取得時の計画と比してより多くの水を流す計画となったことが説明された。

(11) 県レベル第 2 回ステークホルダー会議のフォローアップ会議

2015 年 5 月 19 日に開催された Provincial Level Consultation Meeting に、急な天候悪化のため参加できなかった村落に対し、2015 年 7 月 15 日に PCM Follow-up Meeting を実施した。Follow-up Meeting の対象村を以下に示す。

表 6.16-6 県レベル第 2 回ステークホルダー会議フォローアップ会議の対象村

村	被影響村		Follow-up Meeting	
	ダム水路式案	流れ込み式案	対象村	備考
Nong Mek	✓			2015/5/19 PCM 参加
Nong Hin	✓		✓	
Nam Houng	✓		✓	
Nong Thuam	✓	✓	✓	
Nam Touad	✓	✓	✓	

- 流れ込み式案の被影響村 (Nong Thuam, Nam Touad)
流れ込み式案の被影響村となる Nong Thuam 及び Nam Touad 村に対して、Nong Thuam 小学校で住民協議を実施した。参加者は、Pakxong 郡等関係者及び Nong Thuam 村長、Nam

Touad 副村長、村民等、計 15 名であった。事業者である関西電力より流れ込み式案の概要、流れ込み式案での補償等についての説明後、参加者間で協議が行われた。主な協議内容を表 6.16-7 に示す。

表 6.16-7 流れ込み式案に対する被影響村の意見

質問・要望		応答	
Nong Thuam	<ul style="list-style-type: none"> ・ 土地(コーヒー農園等)に影響がある場合、生活改善支援プログラムとして魚の養殖や畜産の支援をしてもらいたい。 ・ 6 教室を有する学校を建設してもらいたい。 ・ 学生への奨学金を年間 15 名に支給してもらいたい。 ・ 清浄な水の井戸を 10 世帯に 1 ケ所供給してもらいたい。 ・ 電気の引込み費用を 50%補助してもらいたい。 	事業者	<ul style="list-style-type: none"> ・ 要望に対しては、検討する。 ・ 電気の引込みに対する支援については、将来的に検討する。

● ダム水路式案の被影響村 (Nong Hin、Nong Houng)

ダム水路式案から流れ込み式案への変更で、被影響村とはならなくなった Nong Hin 及び Nam Houng 村に対して、Houaykong 村集会所で住民協議を実施した。参加者は、Pakxong 郡等関係者及び Nong Hin 村長、Nam Houng 村長、村民等、計 7 名であった。事業者である関西電力より流れ込み式案の概要、流れ込み式案での補償等についての説明後、参加者間で協議が行われた。主な協議内容を表 6.16-7 に示す。

表 6.16-8 ダム水路式案の被影響村の意見

質問・要望		応答	
村民	<ul style="list-style-type: none"> ・ 補償の必要はないが、地域開発支援として道路等のインフラ整備をして欲しい。 	事業者	<ul style="list-style-type: none"> ・ 住民の支援要請については、理解した。

6.16.3 送電線区域における協議結果

送電線により影響を受ける住民を対象とした協議を 2 回実施した。

表 6.16-9 住民協議およびステークホルダー協議実施状況(送電線区域)

No.	Date	SHM
1	26-30/Aug/2013 29/Sep/2013 01-03/Oct/2013	1st village level consultation meeting
2	08-11/May/2014	2nd village level consultation meeting

送電線区域における住民協議において、低周波電磁界による健康影響について被影響住民から懸念は挙げられなかった。

(1) 村レベルの第 1 回ステークホルダー会議

第 1 回住民協議は、14 の村落を対象として 2013 年 8 月に、Village Dissemination Meeting として実施された。2 村落は発電所区域の影響村落と重複している。参加者は、Pakxong 郡等関係者及び各村の村長、村民等であった。事業に対する反対はなく、政府の補償に関する法令にのっとった公正な補償を要求する意見が聞かれた。

表 6.16-10 送電線区域第 1 回住民協議参加者

Transmission Line Zone – First meeting				
Village	Date	No families	No at Meeting	No Women Present
Nam Touad		31	No family land impacted. GOL only	
Nong Tuang	27/08/2013	86	33	12
Nong Thuam	26/08/2013	48	15	6
Lasasin	28/08/2013	87	9	1
Houaykong	30/08/2013	252	30	7
Nam Tang	30/08/2013	154	30	7
Nong Keuang Yai	02/10/2013	252	26	7
Nam Pod	01/10/2013	84	14	6
Nong Kin	29/09/2013	64	22	2
Chan Sa vang	01/10/2013	228	12	4
Km15	01/10/2013	174	20	6
Km 12	03/10/2013	136	48	8
Km 11	03/10/2013	85	20	6
Nong Chan	03/10/2013	101	11	3
Bangliang	03/10/2013	377	9	1
Total		2159	299	76

(2) 村レベルの第 2 回ステークホルダー会議

第 2 回住民協議は、Village Level Consultation Meeting として 2014 年 5 月に実施された。参加者は、Pakxong 郡等関係者及び各村の村長、村民等であった。実施概要を表 6.16-11 に示す。住民協議参加者は事業者が政令 192 号に従い、公正に補償することを要請し、事業の推進を了承した。

表 6.16-11 送電線区域第 2 回住民協議実施状況

Date	Venue	Attended Villages	Participants /Female
May 8	Nong Thuam	Nong Thuam, Nongtouang, Lalasin	27/5
May 10	Houaykong	Houaykong, Nam Tang	35/5
May 11	Chansavang	Nongkin, Nam Pot, Nongheuang Gnai, Chansavang, Lak 15, Lak 12, Lak 11, Nonhchan	[72/14]

第 7 章

プロジェクトの実施計画と経済財務分析

第7章 プロジェクトの実施計画と経済財務分析

7.1 事業スキームの検討

事業スキームに関しては、複数のオプションの長所・短所を比較し検討する。

7.1.1 BOT 事業モデルの提案、比較検討

事業モデルには一般的に以下のようなものがある。事業モデルの比較を表 7.1-1 に示す。

(1) BOT (Build, Own, Transfer)

建設・所有・移転の略。民間等の事業会社が建設し、自らが一定期間その施設を運営して投資金を回収した後、政府機関・当該国の電力会社等に設備の所有権を譲渡するモデル。

(2) BOO (Build, Own, Operate)

建設・所有・運営の略。BOT と異なり、事業会社が契約期間終了後も土地や施設を保有・使用し続けることができるモデル。

(3) BLT (Build, Lease, Transfer)

建設・リース・移転の略。事業会社が建設するが、運開後、一定期間、当該国の電力会社等にその施設をリースして投資金を回収した後、政府機関・当該国の電力会社等に設備の所有権を譲渡するモデル。

表 7.1-1 事業モデルの比較

		BOT	BOO	BLT
建設		事業会社	同左	同左
投資資金回収方法		PPA 等による売電収入	同左	リース料金収入
設備の 所有	契約期間中	事業会社	事業会社	事業会社
	契約期間後	政府・電力会社等へ移転	事業会社	政府・電力会社等へ移転
運転・ 保守	契約期間中	事業会社 (外部委託含む)	事業会社 (外部委託含む)	当該国電力会社
	契約期間後	当該国電力会社	事業会社 (外部委託含む)	当該国電力会社

契約期間終了後の設備移転の有無については、海外の技術・設備の導入によるをラオス国への貢献を考慮すると、設備を譲渡するモデル（つまり BOO 以外）が望ましい。

また、運転期間中は、事業会社に参加する関西電力は自らの経験を活かして運転・保守に係わることを通じてラオス国への貢献することを志向していることから、運転期間中の運転・保守の観点では BOT もしくは BOO モデルが望ましい。

これらを検討した結果、本事業においては BOT モデルの採用が望ましいと判断する。

7.1.2 事業実施、運営に関わる官民の役割分担の検討

発電事業をラオス国で実施するにあたっての官の基本的な役割としては、

- ・ラオス国政府（GOL）による事業権契約（CA：Concession Agreement）
- ・ラオス国電力公社（EDL）による買電契約（PPA：Power Purchase Agreement）

の締結がある。

また、民間による事業会社への参画・事業会社の健全な運営やラオス国外からの融資契約の獲得のためには、官である GOL から、

- ・発電した電力のオフテーカーである EDL の買電料金支払いに対する政府保証の付与
- ・民間の事業投資に対する税制面の優遇
- ・各種許認可の一部免除およびスムーズな許認可手続きの実施

等、様々な公的支援が提供されることが望ましい。

一方、民間は着実な事業実施や各種契約の調整を行うことが必要である。

なお、後述のとおり、ラオス国政府が選定する機関（EDL）が事業会社に資本参加することが想定されていることから、官の立場にある EDL が、建設段階から民間の事業会社のパートナーとして参画し、事業の実施・運営に関わる業務（建設、運転・保守、社会・環境保全計画の遵守、経理、人事、総務・庶務、IT 等）の一部を担うことが考えられる。

なお、重要な許認可のひとつに環境適合許可（ECC：Environmental Compliance Certificate）があり、天然資源環境省（MONRE）が管轄している。ECC 及び CA 承認後の環境社会配慮に関

連した対応は基本的にプロジェクト会社の責任であるが、その実施に関しては実質的に官民の役割分担が存在する。その内容については以下の通り。

環境適合許可（ECC）が発給され、CA が締結された後、EIA に則り環境社会影響を防止または軽減するための措置を適正に実施し、モニタリングすることは基本的にプロジェクト会社の責任として求められる。ただし、プロジェクト会社が実施する用地買収、補償、住民移転、環境保全策に関しては、それら対応措置の実施時点から、官側でも専門的な組織を設立し、プロジェクトの開始から運営期間中のモニタリングに至るまで、プロジェクト会社の実施内容をモニタリングするとともに、一部の行為に関しては官側が自らの責任として実施する（ただしその費用はプロジェクト会社が負担する）。表 7.1-2 に官民の役割分担を示す。

表 7.1-2 環境社会配慮に関する官民の役割分担(CA 締結後から運営段階)

項 目	責 任	備 考
CA 締結後の環境社会配慮委員会及びその下部組織の設立	県知事	一般的には Provincial Environmental and Social Management Committee (PESMC)*、下部組織として郡の元で Environmental Management Unit (EMU)、Social Management Unit (SMU)または Resettlement Management Unit (RMU)と呼ばれる組織が設立されることが多い。
環境社会配慮委員会によるカット・オフ・デートの設定と補償対象物件の調査	PESMC SMU または RMU	
補償基準の決定	PESMC	
補償交渉	プロジェクト会社	
苦情処理委員会の設置と運営	PESMC SMU または RMU	プロジェクト会社も苦情処理委員会のメンバーとなる。
環境モニタリング	プロジェクト会社が実施、EMU・PESMC に報告	第三者による環境モニタリングが実施される場合がある。

* 本事業に関しては Environmental Committee (EC) と Resettlement Committee (RC) が個別に設置される見込みである。

また、EDL の買電料金支払いへの政府保証付与に係わる、ラオス国側のしくみ等は以下のとおりである。概要としては、政府保証は電力政策の重要事項として、首相府内の MEM、財務省、国家計画委員会、EDL 等から構成される Lao National Committee for Energy (LNCE) のエネルギー電力委員会（Committee for Energy and Electric Power : CEEP）における決議が必要である。

- (1) GOL の一機関である財務省（MOF）には、State Company（政府機関ではない）の債務に国家予算を使う固有の権限はない。

EDL は、State Company である。従って、MOF には、EDL・Project Company 間の売電契約（PPA）に基づく EDL の債務を保証する固有の権限もない。

- (2) ラオス国の水力発電案件で EDL が単独オフテイカーとなる案件では、GOL は、MOF を通じて、“GOL Undertaking” または “MOF Undertaking” の形で、EDL の PPA に基づく債務を保証している。
- (3) 世銀、ADB 及び IFC 等の財務アドバイザーにより、GOL は、EDL が単独債務の保証を止めるよう指導を受けている。発電プロジェクトのコンセッション契約の交渉主担当を務める Department of Energy Business は、同契約に GOL 保証を盛り込むことを拒否している。そのため、プロジェクトスポンサーは、PPA に基づく EDL 債務に対する GOL 保証について、MOF と直接交渉することになる。
- (4) MOF による GOL Undertaking 供与については、MOF の権限に留意する必要がある。すなわち、政府機関である MOF は国家予算法の縛りを受けるところ、同法は、省庁が、国会承認を受けた年度予算において配賦されていない資金を拠出することを禁じている。従って、GOL Undertaking に基づく支出は、以下のいずれかの方法によることになる。
 - (a) 国会または National Assembly Standing Committee（NASC）の特別決議
 - (b) 国会承認を受けた年度予算上の配賦
- (5) 但し、憲法上、MOF が国会に要求通りの予算を承認させることはできない。従って、(b) 年度予算上の配賦による場合には、プロジェクトレンダーは、国会が GOL Undertaking のための予算配賦を拒否する年度があり得るというリスクをとることになる（なお、国会は国家の信用を悪化させるような行動は慎むであろうと考えられる）。
- (6) 上記を斟酌した場合のオプションとして、政府保証を明示的に承認する NASC 決議がある。NASC のかかる権限については、国家予算法上は完全に明らかなわけではないが、一般的には受け入れられている。但し、国家予算法において、国会には、NASC が行った解釈・決議・行動の取消権が与えられている。
- (7) GOL Undertaking は、Document Registration Decree に基づきラオス国内での執行力を確保するため、MOF の State Assets Management Department（SAMD）に登録される。また、法律上義務づけられているわけではないが、guarantee を公証してもらうことにより、保証について事実上文書の真正が確保される。

なお、政府による EDL 支援に関する事項は以下のとおり。

- ・ EDL は、ラオス国政府（財務省）に 100%保有された State company である。
- ・ State company は有限責任会社であるため、その株主は株式（Registered Capital）の払込義務のみを負うところ、EDL の B/S によれば、ラオス国政府はかかる払込義務を全部履行しているようである。
- ・ EDL が将来増資を決定すれば、ラオス国政府（財務省）は増資分の払込義務を負う。
- ・ EDL に対するローンに関しては、ラオス国政府（財務省）は、EDL のような State company に対してローンを供与する権限を有しており、多くの PPP 案件において実際にローンが実行されている（大半は、国際または多国籍機関レンダーによるラオス国政府向け特別目的融資の転貸）。もっとも、インドネシアの例とは異なり、ラオス国政府（財務省）は、State company に対してローンや補助金交付等を行う義務までは負っていない。
- ・ また、ローンを供与するためには予算の割当てが必要となるが、憲法上、ラオス国政府（財務省）は、最高機関である National Assembly に対して、予算の承認を強制する権限を有しない。
- ・ 他方、Electricity Law には、EDL の財務状況が悪化した場合に、電力販売価格を増額する根拠となる規定はあるものの、国による補助金等については規定されていない。

EDL 国内売り案件で、ラオス政府の Undertaking が付与された直近の事例を表 7.1-3 に示す。

表 7.1-3 GOL Undertaking 事例

FC 年	案件名	出資者	レンダー	概要
2009	Nam Ngum 5	Sinohydro (85%) EDL (15%)	Export-Import Bank of China	Luangprabang 県、120MW 2012 年 COD
2009	Nam Lik 1-2	CWE (90%) EDL-Gen (10%)	China Development Bank	Vientiane 県、100MW 2010 年 COD
2013	Nam Ou Phase 1	Sinohydro (85%) EDL (15%)	China Development Bank	Phongsaly 県・Luangprabang 県。 Nam Ou 2, 5, 6 の 3 箇所、合 計 540MW 2018 年 COD
2014	Nam Ngiep 2	CWE (90%) EDL (10%)	China Development Bank	Xiengkhuang 県、180MW 2015 年 COD
2014	Nam Lik 1	PTT IH (40%) Hydro Engineering Co. (40%) POSCO E&C (10%) EDL (10%)	Thai Exim Bank Krung Thai Bank Thanchart Bank	Vientiane 県、64.7MW 2016 年 COD

また、Undertaking の範囲・行使条件は最近の例等に基づく以下の通りである。

- ・ Undertaking の範囲

売電契約の条項に基づき事業会社に対して EDL が負う金銭債務で、EDL が支払い義務を履行できなかったものすべて。

- ・ Undertaking の行使条件

売電契約に基づく EDL の支払期限日から 30 日以内の支払督促を行い、期間が経過しても EDL による支払義務が履行されない場合に、Guarantor (GOL) に対し Undertaking に基づく支払を請求。GOL は請求から 30 日以内に支払う義務(遅延時は規定の遅延利息を加算)。

7.1.3 事業の実施および運営組織(特別目的会社、関係組織)形態の検討

(1) 特別目的会社(SPC:Special Purpose Company)

セカタム水力発電事業の実施、運営、維持・管理業務は、民間とその他の出資者が共同で設立する SPC が主体となって実施する予定である。

海外で発電事業を実施する場合、SPC の設立以外の方法として、投資企業が直接投資を行うことも可能であるが、発電事業は投資規模が大きく、投資回収期間も長期に渡るため、投資企業自身が大きなリスクを負うことになる。よって、そのリスクを一定程度切り離すことが可能な SPC を設立したうえで、発電事業に投資を行うことが望ましい。

なお、ラオス国の法律(投資促進法)では、外国企業がラオス国内の水力発電事業に投資する場合の出資比率の上限等に対して、特段の制約はない。

(2) 運転・保守

発電所の運転・保守については、以下 3 案が考えられる。

＜a 案＞SPC が直接実施する

＜b 案＞SPC への出資企業が別途運転・保守会社を設立し、運転・保守業務を委託する

＜c 案＞SPC から十分な経験を有するラオス国の運転・保守会社に委託する

本事業では、関西電力の長年に渡る水力発電所の運転・保守の経験を活用しラオス国の水力発電事業の技術力向上に貢献する観点等から、当社より熟練した技術者を派遣し、その指導のもとで、SPC が直接水力発電所の運転・保守を実施する＜a 案＞を採用する方向で検討中である。なお、関西電力による指導のために、関西電力と SPC で運転・保守のアドバイザー

契約を結ぶ方向で検討中である。

なお、現在検討しているプロジェクトスキームは、図 7.1-1 のとおりである。

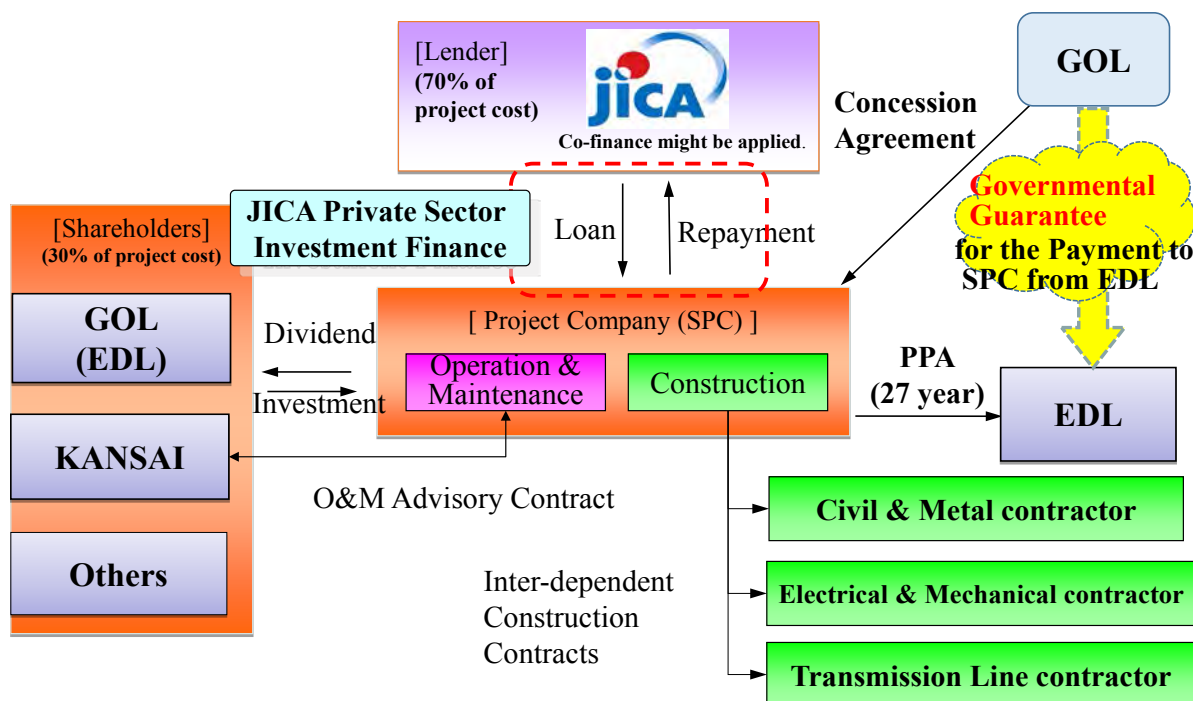


図 7.1-1 セカタム水力発電プロジェクトスキーム(案)

7.1.4 初期投資段階における資金調達方の検討(出資・借入等)

発電事業開発では、特に初期投資額が大きくなる。よって、スポンサーによる出資に加えて、プロジェクトファイナンスを活用したローンを借入することが一般的である。

プロジェクトファイナンスは、通常、当該事業を唯一の目的とするSPCに対して供与される。

一般的に、プロジェクトファイナンスでは初期投資額に対するローンの比率をより高くすることで、自己資金の負担やリスク等を軽減するとともに、レバレッジを効かせることで内部収益率（IRR）の向上を図っている。

なお、本事業ではローンと資本の割合を7対3と想定している。

(1) 借入先

セカタム水力発電プロジェクトでは、ラオス国内への電力供給を想定している。このため、輸出向けのプロジェクトと比較して売電単価が低く、事業採算性が厳しくなると想定される。また、比較的风险の高いラオス国内売りの発電事業であることから、JBIC（国際協力銀行）や市中の邦銀から融資を受けることは困難であると考えられる。

しかしながら、本プロジェクトは、ラオス国で、特に発電所の比較的不足している南部地域に水力発電所を建設・運営するものであり、電力供給の安定化、技術移転等を通じて、ラオス国の発展に貢献する事業である。よって、JICA の海外投融資の活用を検討しており、その活用を前提にして、本協力準備調査（PPP インフラ事業）を実施している。

また、借入先としては、融資条件による経済性の確保を前提に、JICA とその他の国際金融機関（IFC 等）との協調融資も候補である。

(2) 資本金の調達

一般的に、資本金は、スポンサーからの出資、金融機関からの借入れにより賄われる。

本事業では、関西電力の海外発電事業の運営・管理機能を担うオランダ籍子会社である KPN（KPIC Netherlands BV）を通じて、出資することを想定している。また、ラオス国政府が選定したスポンサーが事業参画する場合（EDL を想定）は、過去の同種案件や、EDL へのヒアリングから、自己資金による出資が財務的に困難であると予想されるため、ODA（円借款）によるバックファイナンスがあると望ましい。

(3) スポンサー

現在日系企業と調整中で、スポンサーおよび出資比率は未定である。なお、スポンサーに期待する事項は以下のとおり。

- (a) 工事・O&M コストに対する削減技術・ノウハウの供与
- (b) リスクの適切な配分・抑制への積極的な経営資源の投入・関与
- (c) 資本金調達に貢献できる割合の出資

7.1.5 事業キャッシュフロー分析および感度分析

(1) 事業キャッシュフロー分析

ここでは、本プロジェクトの採算性を検証するために、キャッシュフロー分析を実施する。海外における発電事業は、事業から生み出される売電収入が唯一の収入源であり、これをもとにレンダーへの借入金の返済やスポンサーへの配当を行う。この節では、元利金支払い余裕度（Debt Service Coverage Ratio : DSCR）が十分にあるかを確認し、内部収益率（Internal Rate of Return : IRR）や資金回収率（Pay-back Period）をもとに、本プロジェクトの事業性を評価する。

(a) 入力パラメータの設定（基本ケース）

基本ケースとなる変動パラメータを表 7.1-4 のように設定した。また、資金収入及び資金の借入は USD と仮定した。

表 7.1-4 キャッシュフロー分析におけるインプットパラメータ(基本ケース)

項 目		値
対象期間		2016 年 12 月～2046 年 4 月
Financial Close		2016 年 12 月 1 日
建設開始		2016 年 12 月 1 日
操業開始		2016 年 4 月 30 日
建設期間		29 ヶ月
為替レート		120 円／米国ドル
年間発生電力量		299GWh／年
PPA	期間	27 年間
	通貨	米ドル：90%、キープ：10%
	タリフ	6.91 米セント／kWh
融資	通貨	米ドル 100%
	JICA 金利	5.5%
	JICA 以外金利	6.0%（変動金利固定化後）
	JICA 以外融資割合	15%
	融資期間	18 年間（Grace Period 3 年）
税務・会計	DE レシオ	70：30
	ラオス国税率 （法人所得税）	1～ 5 年：0%（免税） 6～15 年：10% 以 降：15%
	減価償却	27 年間で定額償却（定額法）
プロジェクトコスト	建設コスト	106 百万米ドル
	間接コスト	39 百万米ドル
	財務コスト	12 百万米ドル
	合計コスト	157 百万米ドル

(b) 分析結果

キャッシュフローを分析するために、以下の指標を用いた。

また、前提条件として、Debt Service Coverage Ratio (DSCR) の健全性も確認した。事業が成立するためには少なくとも借入金を返済している期間は $DSCR > 1.0$ である必要がある。

分析の結果、返済期間中は DSCR が 1.0 以上であることを確認した。その結果を表 7.1-5 に示す。

表 7.1-5 キャッシュフローの分析結果

指 標	値
プロジェクト IRR	8.37%
資本 IRR (E-IRR)	9.75%
最低 DSCR	1.27
Pay-back Period	11 年

以上より、本プロジェクトは、表 7.1-4 に示す仮定にもとで事業として成立し得ると判断できる。

(2) 感度分析

感度分析を行う際、変動パラメータとして大きく分けて支出面と収入面の 2 つがある。

支出面には、プロジェクトコスト、インフレ率、金利、為替レートなどが挙げられる。特にプロジェクトコストは、プロジェクトの成否に大きく関わる。

また、収入面には、発電電力量や売電単価などが挙げられる。特に、売電単価は、現時点でどの程度となるのかは、購入者との契約次第で変動するために、確定して議論することは出来ない。

そこで、支出面、収入面、それぞれの代表的パラメータを下記のとおり抽出し、感度分析 (Sensitivity Analysis) を行う。各パラメータについては、表 7.1-6 に示すシナリオを設定する。感度分析結果を図 7.1-2 に示す。

表 7.1-6 パラメータの変動範囲

パラメータ	単位	ベースケース	変動ケース
売電単価	米ドル／kWh	6.91	6.66 (-0.25)
年間発生電力量	GWh	299	296 (-1%)
建設コスト (プロジェクトコスト)	百万米ドル	106 (157)	101 (-5) (152)
運転・保守費用 (27 年間の平均)	百万米ドル ／年	4.5	4.3 (-5%)
JICA 以外融資割合	%	15	30
JICA 融資利率 (JICA 以外の利率は固定)	%	5.5	5.0

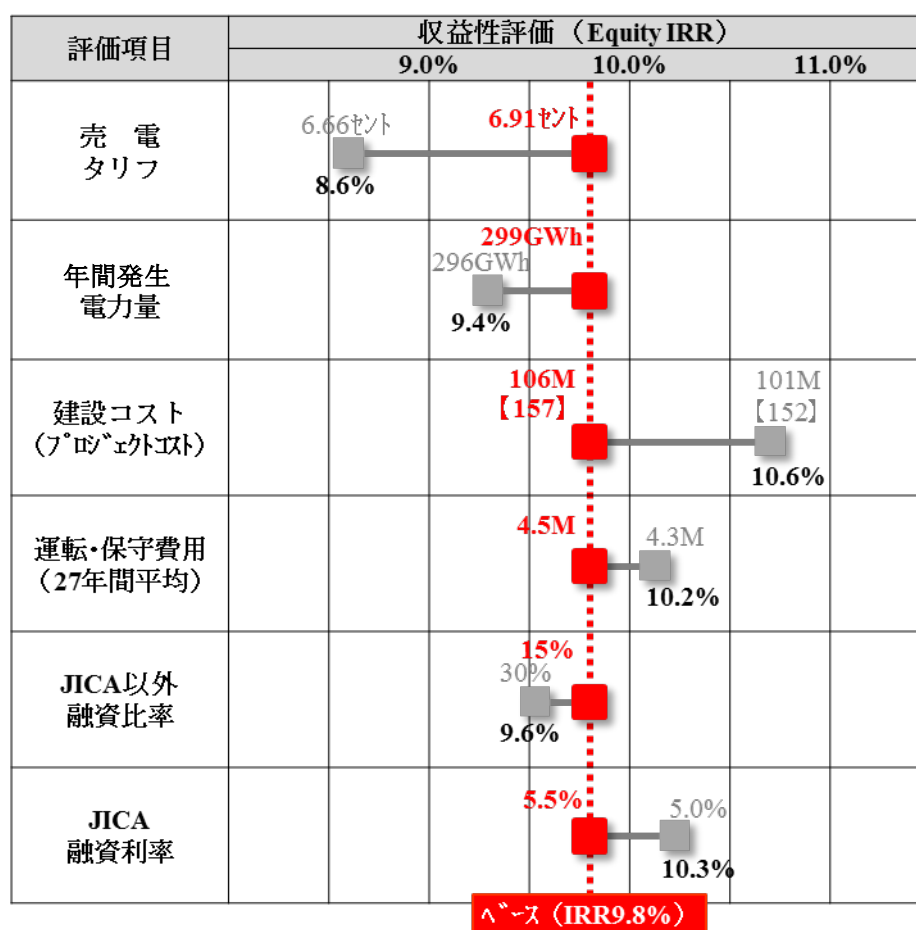


図 7.1-2 感度分析結果

7.1.6 関連法制度との整合性の検討

(1) 会社法

SPC の健全な運営のために必要な定款、株主間協定を策定する際には、ラオス国の会社法における、株主の権利保護、株主総会および取締役会の開催、決議および成立条件、ならびに取締役の選任、人数等に対する整合性を図っていくこと等が必要である。

(2) 外国為替に関する規制(海外送金規制)

外資が SPC に出資し、発電プロジェクトに参画する場合、海外への送金が可能であることが必須である。例えば、配当の送金、BOT 後の資本金の回収等で海外送金が必要となる。

ラオス国では、資本金、資産および収益の海外送金が法律で認められているが、海外に送金する場合、税金および法的手数料を適切に納付したことの証明が求められる。このため、税金、手数料の免除も含めた、海外送金に係る諸条件について、今後 GOL と協議を進めていく。

(3) 投資インセンティブ

ラオス国では、外国資本誘致のために、最長 10 年間の法人税免税等、種々の優遇措置が用意されている。プロジェクトの実現可能性を高め、収益性を確保するためにも、免税措置等について、今後 GOL と協議を進めていく。

(4) 外国人の雇用

ラオス国内では、事業の実施にあたり、外国人の雇用に関し一定の義務が課される場合がある。本プロジェクトでは、外資を活用し、事業計画に沿ってプロジェクトを完遂することが求められることから、高度な国際経験、技術力等を有する人材の確保が必要である。このため、ラオス国内だけで適切な人材を確保することは困難であると想定されることから、スポンサーからの職員の派遣、外国人労働者の雇用比率等について、今後 GOL と協議を進めていく。

7.2 プロジェクトの効果

プロジェクトの効果は、運用・効果指標（最大出力(MW)、年間発生電力量(GWh)、計画外停止時間(hours)、設備利用率(%)等）を設定し、発電所運開後約 2 年を評価年として目標値を設定する。

目標値の設定結果は以下の通りである。プロジェクトの仕様等に基づき設定した。

(1) 運用・効果指標（最大出力(MW)）	81MW
(2) 年間発生電力量（GWh）	299GWh
(3) 年間の計画外停止期間（日）	4 日
(4) 設備利用率（%）	41%

7.3 関係機関の財務分析

以下の関係機関について財務分析を実施する。請負工事コントラクターについては、財務的に安定していること、本プロジェクト完工に十分な技術力を有していること確認のうえ、選定することとする。

- ① 共同事業者（SPC への共同出資予定企業）
- ② オフテーカー
- ③ 保証人

本レポートでは、②オフテーカーであり、かつ①共同事業者となる可能性がある EDL の財務分析の結果を報告する。

(1) EDL の財務状況

(a) 貸借対照表

貸借対照表を表 7.3-1 に示す。

- ・ 設備投資額の増加により固定資産は増加傾向にある一方、借入金も増加傾向にある。自己資本比率は低下しており、2012 年度末では 40%を割っている。
- ・ 今後も自己資本比率が低下し続けた場合、財務基盤が脆弱になる可能性があることから、注意が必要である。また、短期の財務健全性を示す流動比率も 100%を割っており、借入金を支払いに充当している様子が確認される。

表 7.3-1 EDL 貸借対照表(2009-2012 年)

(単位: 百万 Kip)

項 目	① 2012	② 2011	③ 2010	④ 2009	増減額 (①-④)
資産の部					
固定資産					
所有物・プラント・設備(固定資産)	11,599,568	8,741,746	5,025,001	7,981,752	3,617,816
その他固定資産	1,572				
子会社への投資(合併企業投資)	3,678,652	2,605,792	3,231,189	557,751	3,120,901
合併企業での利息	80,286	671,520			
固定資産合計額	15,360,052	12,019,058	8,256,190	8,539,503	6,820,549
流動資産					
売上債権(売掛金)	475,087	367,017	346,569	341,534	133,553
棚卸し資産	264,476	215,352	180,546	156,702	107,774
その他債権(receivable)	191,204	68,043	49,039	39,132	152,072
現金・現金同等物	179,749	70,703	126,200	356,683	-176,934
流動資産合計額	1,110,516	721,115	702,354	894,051	216,465
総資産合計額	16,470,568	12,740,173	8,958,544	9,433,554	7,037,014
負債・株式資本の部					
非流動負債(固定負債)					
長期借入金 非流動分	7,281,105	5,484,554	2,609,488	3,077,652	4,203,453
その他非流動負債			37,434	81,131	-81,131
非流動負債合計額	7,281,105	5,484,554	2,646,922	3,158,783	4,122,322
流動負債					
買掛金その他未払金	2,009,773	1,272,540	613,437	552,752	1,457,021
長期借入金の流動部分	701,960	504,646	175,835	296,352	405,608
流動所得税負債	173,831	6,296	62,530	11,906	161,925
その他流動負債	118,924	34,441	10,378	7,882	111,042
見越し利息(Interests accruals)				27,768	-27,768
流動負債合計額	3,004,488	1,817,923	862,180	896,660	2,107,828
負債合計額	10,285,593	7,302,477	3,509,102	4,055,443	6,230,150
株主資本					
資本金	735,976	735,976	668,228	655,800	80,176
留保所得(Retained earnings)	2,953,247	2,298,751	2,422,981	2,373,199	580,048
再評価余剰金(Revaluation surplus)	2,166,868	2,166,868	2,166,868	2,166,868	0
法定準備金	73,598	61,779	61,779	57,471	16,127
その他準備金	255,286	174,322	129,586	124,773	130,513
株主資本合計額	6,184,975	5,437,696	5,449,442	5,378,111	806,864
総負債・株主資本合計額	16,470,568	12,740,173	8,958,544	9,433,554	7,037,014

■流動比率(流動資産/流動負債)	37%	40%	81%	100%
■自己資本比率(株主資本/総資産)	38%	43%	61%	57%

(出典: EDL Annual Report 2010,2012 より作成)

(b) 損益計算書

損益計算書を表 7.3-2 に示す。

- ・ 売上高は増加傾向にあるものの、売上原価も増加しており、売上総利益が不安定な動きを示している。また、一般管理費が売上総利益を上回ることもあり、営業利益はマイナス傾向となっている。
- ・ これを補完するのが投資先からの配当収入である。2012 年は投資先の株式を売却しており、その収益が営業外収益に計上されている。その結果、2012 年度は大幅な増益となっているが、これは一時的な要因によるものである。

表 7.3-2 損益計算書(2009-2012 年)

(単位：百万 Kip)

項 目	① 2012	増減率 (①/②)	② 2011	増減率 (②/③)	③ 2010	増減率 (③/④)	④ 2009	増減額 (①-④)
売上高	2,434,530	124.7%	1,952,050	115.5%	1,689,551	113.7%	1,485,535	948,995
売上原価	-2,214,128	116.4%	-1,902,779	167.9%	-1,133,179	108.7%	-1,042,199	-1,171,929
売上純利益	220,402	447.3%	49,271	8.9%	556,372	125.5%	443,336	-222,934
一般管理費	-552,818	121.9%	-453,640	90.1%	-503,299	118.9%	-423,283	-129,535
営業利益 (営業損失)	-332,416	82.2%	-404,369	-	53,073	264.7%	20,053	-352,469
その他収益 (営業外収益)	1,279,533	386.1%	331,434	198.5%	166,977	60.2%	277,427	1,002,106
為替差益 (Gain on exchange rate, net)	37,290	71.4%	52,238	155.2%	33,654	31.8%	105,691	-68,401
支払利息引前・税引前 純利益(経常利益)	984,407	-	-20,697	-	253,704	62.9%	403,171	581,236
支払利息 (営業外費用)	-105,742	77.6%	-136,299	102.7%	-132,728	112.1%	-118,447	12,705
税引前純利益	878,665	-	-156,996	-	120,976	42.5%	284,724	593,941
法人税等	-212,350	464.6%	-45,706	131.3%	-34,817	61.6%	-56,554	-155,796
純利益	666,315	-	-202,702	-	86,159	37.8%	228,170	438,145

(出典：EDL Annual Report 2010,2012 より作成)

(c) キャッシュフロー計算書

キャッシュフロー計算書を表 7.3-3 に示す。

表 7.3-3 キャッシュフロー計算書(2009-2012 年)

(単位:百万 Kip)

項 目	① 2012	② 2011	③ 2010	④ 2009	増減額 (①-④)
営業活動によるキャッシュ・フロー					
税前利益	878,665	-156,996	120,976	284,724	593,941
減価償却費	189,983	171,178	286,933	242,592	-52,609
その他サービスに係る償却額	895	895	4,813	8,660	-7,765
偶発債務引当	21,029	21,345	7,958	3,194	17,835
繰延為替換算償却額	-158,909	105,661	-143,307	-138,316	-20,593
ダム修繕引当金				-22,230	22,230
配当収入	-408,298	-245,667			-408,298
利息費用	105,742	136,299	132,728	118,447	-12,705
除却損	-22,647	12,711		4,929	-27,576
合併企業への投資移転による収入	-819,333				
棚卸資産減損引当金増減額	513	-112	529	-117	630
運転資金調整前の営業活動による営業収入	-212,360	45,314	410,630	501,883	-714,243
売掛金等	-253,832	-57,891	-14,942	-11,650	-242,182
棚卸資産	-49,637	-34,694	-23,844	-41,764	-7,873
買掛金等	744,929	639,295	-86,370	19,088	725,841
運転資金調整後の営業活動によるキャッシュ・フロー	229,100	592,024	285,474	467,557	-238,457
利息支払額	-137,262	-169,154	-14,034	-53,208	-84,054
法人税支払額	-44,815	-101,940	-16,262	-96,630	51,815
営業活動によるキャッシュ・フロー	47,023	320,930	255,178	317,719	-270,696
投資活動によりキャッシュ・フロー					
固定資産、機械、設備購入	-3,200,714	-3,812,227	-1,455,738	-1,369,487	-1,831,227
固定資産売却による収入	283,863	650	1,664	1,464	282,399
合併企業への投資売却による収入	412,837	0			412,837
合併企業の利益と子会社への投資 (2010 年の合併事業への投資額?)	-48,096	-20,322	-67,646	-130,069	81,973
受取配当金	588,504	248,058	76,312	168,332	420,172
投資活動によるキャッシュ・フロー	-1,963,606	-3,583,841	-1,445,408	-1,329,760	-633,846
財務活動によるキャッシュ・フロー					
借入金による資金調達	2,186,311	3,709,617	1,176,318	1,187,148	999,163
借入金の返済	-160,682	-502,203	-184,502	-240,603	79,921
支払配当金	0	0	-32,069	-9,123	9,123
資本分配金				37,590	-37,590
財務活動によるキャッシュ・フロー	2,025,629	3,207,414	959,747	975,012	1,050,617
キャッシュ・フローの増減額	109,046	-55,497	-230,483	-37,029	146,075
期首キャッシュ・フロー残高	70,703	126,200	356,683	393,712	-323,009
期末キャッシュ・フロー残高	179,749	70,703	126,200	356,683	-176,934

(出典: EDL Annual Report 2010,2012 より作成)

- ・ 営業活動によりキャッシュフローは2011年まで堅調に増加しているが、2012年は売上高の未回収額が増加したこと等により前年より大幅減となっている。
- ・ 投資活動によるキャッシュフローは、設備投資額が2011年および2012年に大幅に増加しているが、2012年は株式の売却、配当収入の増加等により、投資活動によるキャッシュフローは前年に比べ大幅に減少している。
- ・ その結果、借入金実行額が減少したため、2012年の財務活動によるキャッシュフローは減少しているものの、依然として借入金は増加傾向が続いている。

7.4 リスク分析・セキュリティパッケージ検討

7.4.1 提案事業の実施にあたり想定されるリスクの抽出およびセキュリティパッケージの検討

(1) 提案事業の実施にあたり想定されるリスクとその対応例

(a) プロジェクト・投資パートナーリスク

1) プロジェクト遂行能力リスク

- ・ ラオス国電力公社（EDL）を想定。
- ・ 関西電力のラオス国内での経験・関係者との人脈等を活用。
- ・ その他日系のパートナーを検討している。

2) 出資者のデフォルトリスク

- ・ SHA において出資者のデフォルト時の取扱を規定する。また、転売時には既存出資者への優先交渉権、売却先の承認権を担保する。

3) 出資者の持ち分転売リスク。

- ・ SHA にて、既存出資者による優先交渉権、売却先の承認権を担保する。

(b) 完工リスク

1) 期日・予算面でのプロジェクト完工リスク

- ・ 工事請負会社には、海外での水力発電所建設の経験およびセカタム案件の完工に必要な技術力を有し、かつ健全な財務状況であることを求める。
- ・ 工事の契約において、予定損害賠償金（Delay Liquidated Damages）を契約に規定することで、工事の遅延が生じた場合の影響を低減する。

- ・不測の事態に備えた費用を予備費として計上する。
- ・必要に応じて、精度をあげるための追加調査を行う（地質調査等）。
- ・建設・組立オールリスク保険、海上貨物保険等のプロジェクト完工、遅延リスクに備えた保険を付保することを前提とする。

2) 設計リスク

- ・関西電力グループの長年の水力発電ノウハウを活用し、当社が責任を負う部分の工事設計を行う。
- ・工事請負会社が設計責任を持つ工事においては、契約書及び入札図書において、要求仕様、完工試験の要求事項及び受入基準等を明確化するとともに、工事請負会社の責任範囲に応じた予定損害賠償金（性能保証関係：Performance Liquidated Damage）の負担を求める。

3) 施工品質リスク

- ・工事請負契約において、完工試験の要求事項及び受入基準等を明確化するとともに、施工不良に伴う予定損害賠償金（性能保証関係: Performance Liquidated Damage）を規定する。
- ・工事請負契約において瑕疵担保期間を2年に設定するとともに、この間に瑕疵が確認された場合には、当該日から更に2年間、瑕疵担保期間の延長を求める条件を盛り込む。

4) 工事請負会社の撤退・デフォルトリスク

- ・工事請負会社の選定に当たっては、入札図書において、工事請負会社の過去5年間の財務諸表、訴訟実績の提出を求めることで、請負候補会社の撤退・デフォルトリスクを回避する。
- ・「撤退する前、一定期間（例：735日）以上の停止状態が継続する場合に撤退可能」という規定を工事請負契約に盛り込んで、出来る限り長く工事請負会社を撤退させないように努める。

(c) 技術リスク

1) 長期安定操業が可能なプラント技術

- ・水力発電技術は比較的成熟したものであり、また、本プロジェクトの要求仕様（高回転・高落差に対応可能なフランシス水車等）に準ずる経験を、工事請負契約の入札参加条件とすることで、技術リスクの低減を図る。
- ・長年に渡る水力発電所の開発・運用実績を有する関西電力が、地点調査、工事・運用計画の策定を実施。

- ・また、投資パートナーに、ローカル事情に強いラオス電力公社（EDL）及び日系企業を想定しており、建設中・運用中も充実した常駐管理体制を想定。
- ・ゲート操作については関西電力がノウハウを SPC に移転する。
- ・万が一の被害には保険でカバーすることを前提とする。

(d) 操業・保守リスク

1) 長期安定的な操業体制

- ・関西電力のノウハウや人材を活用するとともに、ローカル事情に精通する EDL をパートナーに加えることで、運転・保守リスクを軽減することを検討する。

2) 長期修繕リスク

- ・大規模修繕費用については、専用の準備金勘定を設定し、利益から一定額を計画的に積み立てする。
- ・保守・運用管理を SPC 自身で実施することで、設備状況及び経営状況に応じた柔軟かつ長期的な視点での修繕計画の見直しを行う。

(e) 原燃料調達リスク

1) 水文リスク

- ・取水量の変動による発電量変動リスクを低減するため、PPA 契約条項において、一定の売電電力量をベースとした支払いを認めるよう、EDL と交渉を進める。
- ・水利権については、特に水利権単独の認可ではないが、CA の中でプロジェクトに必要となる水の利用権等が規定される（ただし、定量的な規定はない）。
- ・長期的な測定データに基づき、保守的な発電電力量の想定を行う。

(f) 生産物・サービスの購入・引取りリスク

下記の方角で EDL 等と交渉を進める。

1) 売電リスク

- ・発電した電力は全量を EDL に売電するが、EDL とは 25～30 年間長期契約（27 年程度の予定）を締結できる見込みであり、長期的な収入の担保となりうる。
- ・Take or Pay 条項（発電可能状態であれば EDL が必ず受電して料金を支払う、または受電しない場合でも相当する料金を支払う）の規定を設ける。（なお、EDL の PPA 案では最初から規定されている。）
- ・SPC の長期安定的な運営のためには、EDL から SPC への買電料金支払いに対する政府保証が付与されることが必須である。政府保証の付与は、レンダーからの

プロジェクトファイナンスによる融資獲得に寄与するものと想定される。

3) 発電量リスク

- ・ PPA に最低発電量保証やペナルティー条項を入れないよう交渉を行う。
- ・ 最低発電量保証条項が入る場合には、年数回はそれを下回っても免除してもらう条項を付記する等で対応する。

4) EDL 送変電設備に起因するリスク

- ・ PPA にて、EDL 変電所、EDL 送電線、系統受入等、EDL の事由により売電ができない場合には、Take or Pay の対象とする。

5) 発電所・変電所間の送電線に起因するリスク

- ・ 発電所ポイントから変電所までの送電線の所有権を EDL に移管することを第一に EDL との交渉を進める。
- ・ 上記所有権を移管出来ない場合でも、保守業務を EDL に委託し、管理責任/保守責任を担ってもらうとともに、保守委託した設備に起因する事故時等に発電・売電ができなかった場合には、Take or Pay の対象とするよう EDL との交渉で求める。
- ・ 所有権や保守管理責任が SPC に残る場合は、保険を活用して補修費用をカバーする。

6) 発電所・変電所間の送電線ロス等のリスク

- ・ 売電量の測定点は発電所側のメーターとし、このポイントでの電力量を売電量とする契約とすべく交渉する。これにより、変電所までの送電ロス、EDL の責任とするよう交渉を進める。

(g) 環境リスク

1) 自然・社会環境リスク

- ・ ラオス国政府の協力の下、JICA 環境社会配慮ガイドラインを遵守した計画・対策等を進める。
- ・ 住民移転なし。（送電線ルート線下に 1 軒のみあるが、移転には同意）
- ・ 住民協議はラオス国政府、開発者が共同で実施している。
- ・ 減水区間にある滝の流量減（環境資源保護）に関し、適切な最低維持流量を検討。

2) 文化遺産リスク

- ・ 今まで対象エリアでは発掘された経緯はない模様。詳細調査は未定。
- ・ お墓等の場所は地域ヒアリングにより特定済み。

3) UXO(Unexploded Object=不発弾)リスク

- ・SPC の責任で調査する予定。（南部は比較的少ない模様）

(h) 関連インフラストラクチャー／ユーティリティーリスク

1) 電力ユーティリティーリスク

- ・本プロジェクトでは、送電線（アクセス道路含む）を SPC 側の責任で建設することを想定しており、また、送電線関連の住民移転は 1 箇所のみあるが当該住民とは移設に関し合意済みのため、送電線の建設遅延リスクは比較的コントロールしやすい。なお、EDL 側の既存送電線は増強不要である。
- ・セカタム発電所からの送電線を連系する Pakxong 変電所において、系統連系用の変電設備が設置されるが、その設置のために必要なスペースは既に確保されていることを確認しており、スペース予約の正式なレターを EDL から受領済み。

(i) ポリティカル・リスク（ポリティカル・フォース・マジュール）

1) プロジェクトにかかる外国為替規制、法制・許認可変更、収容・接收・国有化、ストライキ、内乱、戦争、政府機関の契約義務履行違反

- ・ラオス国政府 (EDL) が出資者として SPC に参画し、ロイヤリティー等に加えて、配当収入の機会を得ることが可能な事業スキームとすることで、ラオス国政府側にも安定的に事業を推進するインセンティブが発生する。これによりプロジェクトに対するリスクの低減を図る
- ・GOL から入手した CA（事業権契約）の標準ひな形において、Lao Sovereign Force Majeure として、法律の変更、GOL による強制収用・国有化、GOL 開始する戦争・紛争、輸出入の制限、ラオス国による交通制限、GOL による軍事行動、等が定義されており、当該 Force Majeure の発生時に GOL による補償（事業者は Force Majeure が発生しなかった場合と同等の経済的状態が担保される等）が規定されている。
- ・GOL から入手した CA（事業権契約）の標準ひな形において、事業者、建設会社等に対して、口座の開設、金銭の受取、外国為替への変換、送金等の権利が配当等の対象も含めて認められている。また、CA 期間中、事業者・建設会社は、海外でのオフショア口座の設立とラオス国以外での受け取りが認められている。（なお、CA 締結後、MOF 承認が別途必要）

(j) 事故・災害リスク（ナチュラル・フォースマジュール）

- 1) プロジェクトでの事故や火災・地震・台風・豪雨等の災害によるリスク
 - ・実績かつ信用力のある国際的損害保険会社による再保険を今後検討する。
- 2) 気象変動リスク(大幅な降雨量減少)
 - ・事業運営の中で調整を行う。

(k) マクロ経済リスク（外貨換金リスク等）

- 1) 為替リスク(キップ・ドル間)
 - ・外貨換金リスクは、売電収入の大部分を USD とするよう EDL と PPA の交渉を行うことで低減を図る。関西電力のラオス国の別案件の実績では、EDL 向け売電収入は USD 単価にて算出し、その 85%は USD 建てで支払うこととされた。残りは現地通貨建てであるが、現地運営費用として用いることを検討する。
 - ・ドル建て融資が可能となれば活用する。
 - ・EDL 関連の支出をキップにする

(l) （主として上記リスク発生に起因する）キャッシュフロー変動・ファイナンシャルリスク

- 1) キャッシュフロー変動リスク
 - ・別途感度分析を実施する。
- 2) 元利金返済資金ショートリスク
 - ・プロジェクトコストにリザーブ資金を積んでおくことでローン支払いを担保。

(m) 引き渡しリスク

- 1) 引渡前に発電設備をリノベーションするリスク
 - ・現状 CA サンプルでは、in good operation と表記されているため、これを明確に記載する方向で調整する。仮に、補修が必要であっても機器に対してのみとし、最低限の日常補修に留める。
- 2) 引渡前に浚渫を行うリスク(取水堰)
 - ・CA にて、現状引渡しとすべく交渉していく。

(n) その他リスク

1) コンプライアンス違反リスク

- ・各種契約にコンプライアンス遵守項目を入れる。

2) 配当関連の税制リスク

- ・送金規制による配当制限は、CA（ひな形）に規定されている政治的不可抗力の条項の適用を検討する。

(2) その他のリスクとプロジェクトファイナンスにおけるセキュリティパッケージ

融資者は、直接的には SPC の経営に関与しないため、「セキュリティ・パッケージ」と呼ばれる担保契約等を通じて、ローンの返済を確かなものにする。

一般的な担保・保証については、以下のようなものが想定される。

- (a) プロジェクトサイト、プラント設備等に対する担保設定
- (b) プロジェクトの株式およびそれに付随する権利に対する担保設定
- (c) プロジェクト会社の口座預金（予備口座含む）に対する担保設定
- (d) プロジェクトの主要契約の各種権利に対する担保設定
- (e) プロジェクト保険パッケージに対する担保設定
- (f) 現金化可能な債権に対する担保設定
- (g) 関連契約に対するステップイン権利の規定
- (h) 政府保証

特に、SPC の長期安定的な運営のためには、EDL から SPC への買電料金支払いに対する政府保証が付与されることが必須である。

7.4.2 事業実施に必要な各種契約のリストアップと主要契約条項の設定(CA、PPA、工事、O&M 等)

事業実施にあたって必要な各種契約と主要な契約条項は以下の通り。

(1) CA(Concession Agreement: 事業権契約)

SPC と GOL との間で締結される。

- (a) 政府・事業者の権利と責務
- (b) 報告

- (c) 税金
- (d) 外貨
- (e) 不可抗力
- (f) 契約の解除
- (g) 紛争解決手続き

上記の他、社会環境保全、許認可手続きとその免除、免税・軽減税率の適用等に係る詳細が付属書（Annex）に規定される。

(2) PPA(Power Purchase Agreement: 買電契約)

SPC と EDL との間で締結される。

- (a) 建設期間中の取り決め（報告等）、設備要件
- (b) 完成試験、設備容量、営業運転開始日の決定方法
- (c) 設備の運転
- (d) 売電価格、電気料金の支払い、販売電力量の測定
 - ・ 事業性が確保できる売電価格の設定
 - ・ Take or Pay 条項（発電可能状態であれば EDL が必ず受電して料金を支払う、または受電しない場合でも相当する料金を支払う）の設定
 - ・ 電気料金の支払い通貨における USD の比率が重要である。
- (e) 不可抗力
- (f) 契約解除
- (g) その他（準拠法、紛争解決方法等）

(3) 請負工事契約

本プロジェクトの請負工事契約は、トータルコスト低減の観点から、土木・金物工事、電気・変電工事・送電線工事に 3 分割して実施する。請負工事契約先は未定である。

なお、各契約条件（Conditions of Contracts）は、FIDIC の一般契約条件をベースとしている。

- (a) 雇用者側・請負会社に関する事項（責務等）
- (b) 設計
- (c) スタッフと労働
- (d) 設備・資材

- (e) 工事の開始、遅延、中断
- (f) 完成試験
- (g) CA、PPA に伴い請負会社に課せられる責務
- (h) 契約価格と支払い
- (i) 契約解除
- (j) リスクと責任
- (k) 保険
- (l) 不可抗力 等

(4) O&M(Operation & Maintenance: 運転保守)アドバイザー契約

運転・保守業務について、当社が SPC に対して専門家を派遣することを通じてアドバイザー家約して指導するために締結予定である。

- (a) アドバイザリー範囲 (TOR)、受託会社 (当社) の責務
- (b) アドバイザリー契約金額と支払い
- (c) 改修工事が必要になった場合の措置
- (d) 契約の解除 等

(5) SHA(Share Holder's Agreement: 株主間協定)

株主間のトラブルを回避・処理するための規定がある。なお、当該国の会社法等との整合性の確認が重要である。

- (a) 資本構成および払込
- (b) 株主総会・取締役会における議決権・意思決定方法
- (c) 取締役の任命
- (d) 利益相反が生じた場合の対処
- (e) スポンサーの株式売却制限
- (f) スポンサーのプロジェクト会社との競合制限 等

(6) Loan Agreement: 融資契約

一般的に、融資契約では以下が条項に盛り込まれる。

- (a) 融資条件
- (b) 融資実行における先行充足条件 (Condition Precedents)

- (c) 実施すべき誓約事項および実施してはならない誓約事項 (Covenants)
- (d) デフォルト条件
- (e) コンサルタント 等

なお、JICA の海外投融資を活用する場合、その申請においては、以下の提出が必要となることから、本協力準備調査を活用して整理を進めている。

- i) 経緯 (F/S の有無含む)
- ii) 事業背景および必要性
- iii) 事業概要・計画
- iv) 投融資希望金額・条件
- v) 投融資先の概要
- vi) リスクおよびその対応方針
- vii) 政府支援・許認可
- viii) 環境社会配慮 (JICA 環境社会配慮ガイドラインに沿うこと)
- ix) 既存金融機関からの借入困難性 (海外投資支援の必要性)
- x) 運用効果指標 (開発効果)
- xi) 今後の実施スケジュール

(7) 保険契約

プロジェクトファイナンスにおいて、保険の加入は必須条件である。

(a) 建設期間中の保険

- (i) 建設・組立オールリスク保険 (Construction & Erection All Risks (CEAR) Insurance)
- (ii) 海上貨物保険 (Marine Cargo Insurance)
- (iii) 第三者賠償保険 (Third Party Liability Insurance)
- (iv) 運転開始遅延保険 (Delay in Start-up : DSU)
- (v) 海上運営開始遅延保険 (Marine DSU Insurance / Marine Advance Loss of Profite Insurance)

(b) 運転期間中の保険

- (i) オールリスク保険 (All Risks Insurance)
- (ii) 第三者賠償保険 (Third Party Liability Insurance)
- (iii) 企業費用利益保険 (Business Interruption Insurance)
- (iv) 不可抗力保険 (Force Majeure Insurance)

添付資料 ダム水路式の検討結果

添付資料:ダム水路式の検討結果

1. 主ダム

(1) ダム形式の比較検討の概要

当該地点の最適なダム形式を検討する。セカタム地点は、年間調整が可能な貯水池式に分類され、貯水池は環境影響緩和のために Xe Katam 本川ではなく、Xe Katam 川支流にあるくぼ地を利用する。ダム地点の周辺は平坦な地形のため、必要な貯水容量を確保するには主ダムと副ダムが必要である。主ダムはダム高約 40m、堤頂長約 450m、副ダムはダム高約 15m、堤頂長約 1,300m である。既往調査では主ダムに中央遮水型ロックフィルダム（以下、ロックフィルダム）、副ダムにアースフィルダムを選定した。

まず、1 次選定において、既往調査の検討結果、地形地質条件、材料調達性を考慮し、技術的、経済的に、当該地点で実現可能な案を選定する。ついで、2 次選定で選定されたダム形式の比較検討を行い、主ダムの形式を決定する。

(2) 1 次選定

ダム形式はコンクリートダムとフィルダムに大別される。コンクリートダムの形式としては、重力式コンクリートダム、アーチ式コンクリートダムがあるが以下の理由から重力式、アーチ式コンクリートダムは不利と想定される。

- 基礎岩盤の風化層が厚く、掘削量が多い
- 地点周辺にはコンクリート骨材に適した砂礫が見当たらず、骨材を運搬するか、現地で製造する必要がある
- ダム高と比較してダム堤長が長く、堤体積が大きい

フィルダムの形式は、アースフィルダム、中央遮水壁型ロックフィルダム、コンクリート遮水型ロックフィルダム（CFRD : Concrete Facing Rockfill Dam）がある。

アースフィルダムは、近年では堤高 30m 以下のダムに適用されており、堤高約 40m のセカタム地点では、地震、浸透水、越水に対する安定性が低く適用は困難である。

これらのダム形式に加え、近年日本国内で検討されている、現地で採取可能な礫、骨材、掘削ず

りをセメントで固結する台形セメント固結ダム（CSG：Cemented Sand and Gravel）があり、セカタム地点における適用可能性について検証する。

以上より、本調査ではロックフィルダム、CFRD、台形 CSG ダムについて比較検討し、ダム形式を選定する。

(a) 各ダム形式の概要

(i) 中央遮水型ロックフィルダム（Rockfill with Center Core）

ロックフィルダムはその透水性から透水ゾーン（ロック材）、半透水ゾーン（フィルター材）、遮水ゾーン（コア材）の3ゾーンより構成される。これらのゾーンそれぞれが遮水や安定性の機能を分担すると共に、堤体内に発生する浸透流によって各ゾーン間で進行的な破壊につながるような構成粒子の移動が生じないような構造に設計される。日本国内の実績も多く、規模の大きいフィルダムでは本形式が採用されている。

(ii) コンクリート遮水型ロックフィルダム（CFRD：Concrete Face Rockfill Dam）


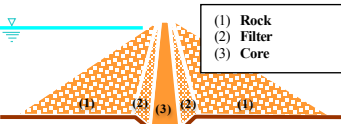

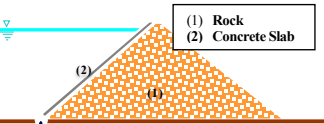

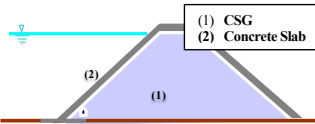
この形式のフィルダムは、堤体の上流面にコンクリートの人工遮水材料による遮水壁を設置することで、ダムとしての遮水機能を満たし、その背後に、透水性の材料が配置される。堤体はロック、砂礫等の良好な透水性材料により構成される本体と、遮水壁、カットオフから構成される。ロックフィルダムと比較して、堤体積が小さく工事費も少ないとされている。近年では200mを超えるダムも建設されている。

(iii) 台形セメント固結ダム（CSG：Cemented Sand and Gravel）

台形 CSG ダムは日本国内において、設計・材料・施工の合理化を目的として開発された比較的、新しい形式のダムである。CSG とは河床砂礫や掘削ずり等、ダムサイト近傍で容易に入手できる岩石質材料を必要に応じてオーバーサイズカットによって粒度調整し、セメント、水を添加して簡易な練り混ぜにより製造される材料である。台形 CSG ダムの特徴を以下に述べる。

設計の合理化	堤体を台形形状にすることにより、耐震安定性が向上し、堤体材料の所要強度を小さくできる。
材料の合理化	堤体材料の所要強度が小さいため、低品質な材料の利用が可能となり、材料選定の幅が広がる。
施工の合理化	簡易な施工設備により迅速に施工できる。

表 1-1 各ダム形式の概要

ダム形式		ロックフィルダム (中央遮水壁型ロックフィルダム)	コンクリート遮水型ロックフィルダム (CFRD : Concrete Facing Rockfill Dam)	台形 CSG ダム (CSG : Cement Sand and Gravel)
説 明		 	 	 
特 徴	材料	現地で採取可能なロック材、フィルター材、コア材を利用。	現地で採取可能なロック材と、コンクリートを利用。	現地で採取可能な河床砂礫・掘削ずりなどの母材、セメント、水から成る CSG 材とコンクリートを利用。
	堤体	堤体の滑りに対する安定性は透水ゾーン、遮水性は遮水ゾーンにより確保する。	表面を覆うコンクリートで遮水性を確保し、ロック材によって安定性を保つ。	表面のコンクリートで遮水性を確保し、CSG 材によって安定性を保つ。
	施工	3 種類以上の材料を適切に調達し、盛り立てていく必要がある。	ロック材によってダム堤体を盛り立て、コンクリートをスラブを施工する。ロック材盛立は雨期でも施工可能であり、施工も単純である。	CSG 材によるダムの盛り立て後、コンクリートスラブを施工する。
	安 定 性	大規模なダムにも適用可能。	近年では海外における施工実績も増えており、大規模なダムにも適用可能である。	比較的新しい形式であり、国内の施工実績としては、沖縄県の金武ダム（堤高 39m）をはじめ、主に中小規模のダムで適用されはじめている。

(b) 1 次選定の結果

第 1 次選定の結果を表 1-2 に示す。台形 CSG ダムは現地で入手可能な CSG 材を活用することで、設計・材料・施工の合理化を図ったダム形式だが、前述の通り、セカタム地点では、河床砂礫等の礫材の調達が困難とされている。CSG 材についても現地で製造する必要があることから、台形 CSG ダムの材料の合理化という利点を生かすことは非常に困難であり、セカタム地点には不適と判断した。

以上より、一次選定ではロックフィルダムと CFRD を、セカタム地点における主ダム形式の候補として選定し、更なる検討を実施することとする。

表 1-2 1 次選定の結果

評価項目	ロックフィルダム	CFRD	台形 CSG ダム
地形・地質	○ 基礎地盤の強度等、 地形地質条件の問題はない。	○ 基礎地盤の強度等、 地形地質条件の問題はない。	○ 基礎地盤の強度等、 地形地質条件の問題はない。
盛立材料	△ フィルター材は他から運搬するか、 現場で製造する必要があるが所要 量は比較的少ない。コア材の調達 について調査が必要である。	△ フィルター材とコンクリートスラブの 骨材は他から運搬するか、現場で 製造する必要があるが所要量は比 較的に少ない。	× CSG 材(最大寸法 80mm 程度以 下の河床砂礫、掘削ずり)は他から 運搬するか、現場で製造する必要 がある。
安定性	○ ダム高 40m 程度であり、安定性は 確保できる。	○ ダム高 40m 程度であり、安定性は 確保できる。	○ ダム高 40m 程度であり、安定性は 確保できる。
施工計画	△ 盛立とグラウチングを同時に施工 できないため、グラウト後に盛立 る必要がある。	○	△ 適当な CSG 材が入手困難なた め、品質管理も困難である。
経済性 (概略工事費)	○ (100%)	△ (156%)	× (214%) CSG 材の調達コストが増大する。
総括	○ 当該地点において適用可能であ る。	○ 当該地点において適用可能であ る。	× 盛立材料の調達および経済性か ら当該地点には不適である。

(3) 設計条件の整理

(a) 設計震度

サイトの位置するボロベン高原は、差別浸食による開析谷が発達するものの、活断層の特徴である線状地形は認められない。高原より東方のラオス国とベトナム国との国境付近では、延長 1,100 km に及ぶアンナン山脈（Annamite Range）が北北西－南南東方向に走っており、山脈裾部は地質時代の古い断層で画すると想定されている。これはラオス国の中でも大きな構造線であるが、第四紀以降に活動した根拠はない。セカタムプロジェクトサイトから 50 km 以上東側に位置しており、この断層によるプロジェクトサイトへの影響はないと判断される。

ラオス国の過去 100 年間の地震記録によると、ラオス国南部での地震の発生は認められておらず、セカタムプロジェクトサイトは地震危険度の最も低い（Minor）地域に属している（図 1-1）。ラオス国工業省による指針によれば、“Minor” 地域における設計水平震度の閾値は定められていないが、既往ダム構造物での実績によると、セセットダム（重力式コンクリートダム）で $g=0.07$ 、ホアイホーダム（アースダム）で $g=0.10$ の震度が採用されている。

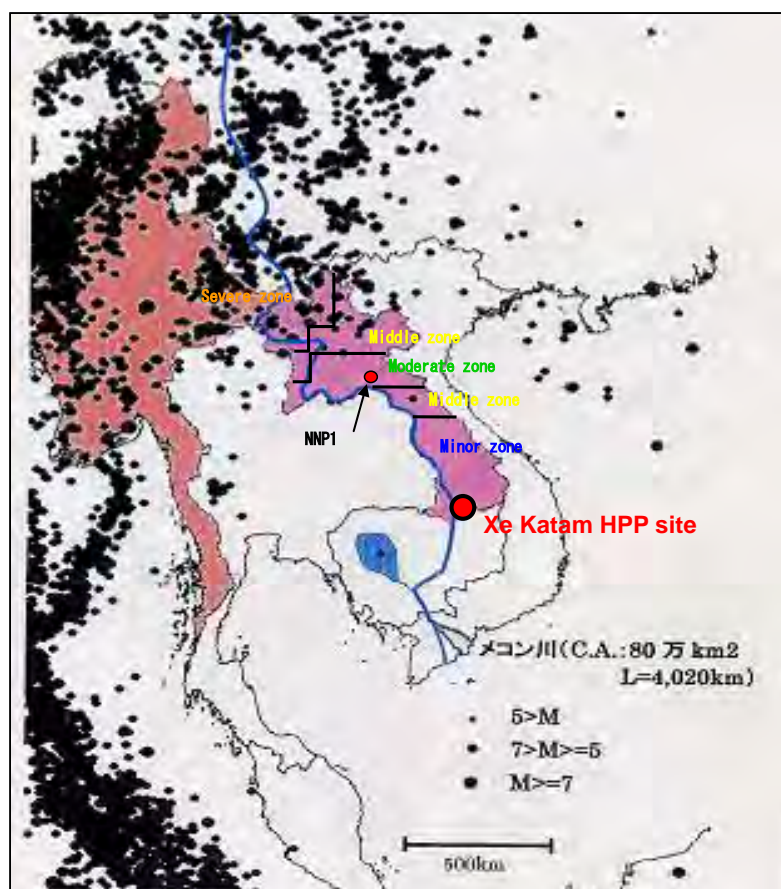


図 1-1 ラオス国における 1904－1996 年間の地震発生分布

(出典：Seismic Zoning: Laotian Electric Power Technical Standard, Ministry of Industry and Handicrafts, 23 April, 2002)

表 1-3 ラオス国内の地震危険度分帯と設計水平震度との対応

ゾーン	重力式 コンクリートダム	アーチダム	ロックフィルダム	
			均一式	ゾーン式
Severe	0.12	0.24	0.15	0.15
Middle	0.12 (Theum Hinboune: 0.12)	0.24	0.15	0.12
Moderate	0.10 (Nam Ngum: 0.03)	0.20	0.12	0.10 (Nam Leuk: 0.10)
Minor	(Xeset: 0.07)	-	(Houay Ho: 0.10)	-

(出典：Seismic Zoning: Laotian Electric Power Technical Standard, Ministry of Industry and Handicrafts, 23 April, 2002)

本 F/S では、既往検討と同様に他地点で用いられる 0.07 を採用する。

(b) 基礎岩盤の評価と掘削線

ダムサイトの地質は谷底の平坦面の下では玄武岩溶岩からなり、平坦面の左右両岸の山体は砂岩および泥岩からなる。谷底部平坦面のほぼ中央部（RB02）で実施したボーリング結果によると、深度 10～12m の風化帯（不整合面）以下の岩盤は良好な玄武岩である。また、谷底部右岸側（RB04）で実施したボーリング結果では、深度 14m までの不整合面付近で、風化軟質化した砂岩を介して深度 15.2m 以深の泥岩、砂岩からなる岩盤は良好である。

表 1-4 基礎の着岩条件

ゾーニング	岩級	強度・変形性	透水性
Rockfill Dam			
コア敷	CL 級の着岩とする。	<ul style="list-style-type: none"> ・せん断破壊しない。 ・過大な変形を生じない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・一定の遮水性を有し、グラウトにより遮水性の改善ができる(3～5Lu 程度)。 ・浸透破壊を生じない。
ロック敷	表土および風化帯を取り除いた D 級着岩とする。	<ul style="list-style-type: none"> ・ロック材と同程度以上の強度を有し、せん断破壊しない。 ・過大な変形を生じない。 	
CFRD			
プリンス	CL 級の着岩とする。	<ul style="list-style-type: none"> ・せん断破壊しない。 ・過大な変形を生じない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・一定の遮水性を有し、グラウトにより遮水性の改善ができる(3～5Lu)
トランジション	CL 級の着岩とする。	トウスラブ基礎に準ずる。	トウスラブ基礎に準ずる。
ロック材	表土および風化帯を取り除いた D 級着岩とする。	<ul style="list-style-type: none"> ・ロック材と同程度以上の強度を有し、せん断破壊しない。 ・過大な変形を生じない。 	

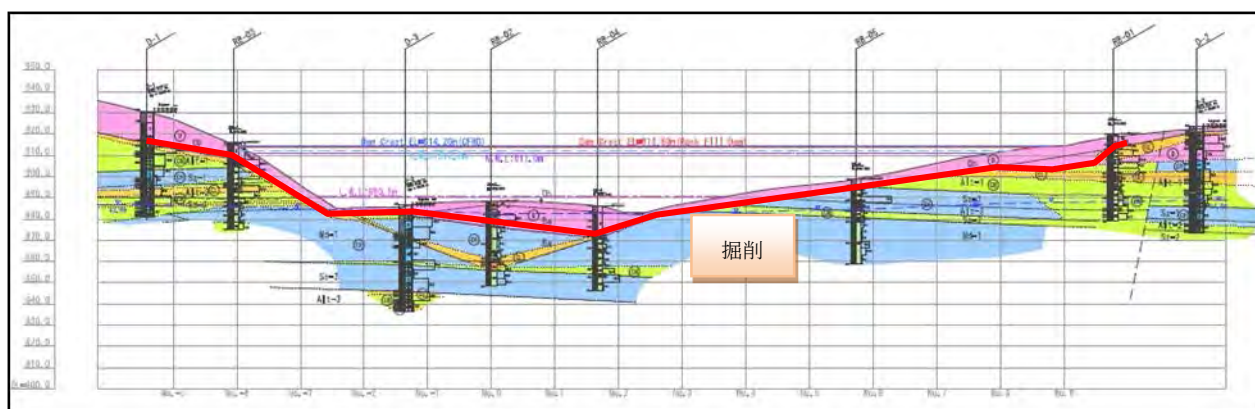


図 1-2 ダム軸の掘削線図

(c) ダム天端標高の検討

貯水ダムの非越流部の高さ (Freeboard) は USBR が規定した FREEBOARD CRITERIA AND GUIDELINES FOR COMPUTING FREEBOARD ALLOWANCES FOR STORAGE DAMS (U.S.DEPARTMENT OF THE INTERIOR Bureau of Reclamation, 1981) に基づいて検討した。この算定方法は下式に示す H1 および H2 のうち、最も大きい標高を非越流部の最低標高として求めるものである。HWL については、高水解析の結果から、1000 年確率-48 時間の洪水流量 380m³/s の時の HWL 912.2m を採用した。

$$H1 = \text{Minimum Freeboard} + Hd$$

$$H2 = \text{Normal Freeboard} + Hn$$

ここに、 a) Minimum Freeboard = Wind Run-up + Wind Set-up + Settlement (Static)

b) Normal Freeboard = 以下に示す Comb.-1 Comb.-2 の大きい方の値

Comb.-1 = a) Wind Run-up + b) Wind Set-up + c) Settlement (Static)

Comb.-2 = a) Settlement (Static) + b) Settlement (Earthquake)

Minimum Freeboard: 最小フリーボード

Normal Freeboard: 常時フリーボード

Hd: NWL 911.0m + サーチャージ深さ 1.2m = EL. 912.2m

Hn: NWL 911.0m

Wind Run-up: 波の打ち上げ高

Wind Set-up: 波浪効果による水位上昇

Settlement (Static): 沈下量 (常時)

Settlement (Earthquake): 沈下量 (地震時)

以上より常時フリーボード (Normal freeboard) と最小フリーボード (Minimum freeboard) を求めた結果を以下に示す。

表 1-5 非越流部標高の計算結果(ロックフィルダム)

		Normal freeboard		Minimum freeboard
		Comb.-1	Comb.-2	
波浪	Hs (m)	1.34	-	
	T (s)	3.78	-	2.48
	Run-up (m)	1.78	-	0.57
	Set-up	0.03	-	0.01
沈下量	Static	0.30	0.30	0.30
	Earthquake	-	1.27	-
合 計		2.12	1.57	0.88
		2.12		
非越流部高		913.20		913.10

表 1-6 非越流部標高の計算結果(CFRD)

CFRD		Normal freeboard		Minimum freeboard
		Comb.-1	Comb.-2	
波浪	Hs (m)	1.34	-	0.49
	T (s)	3.78	-	2.48
	Run-up (m)	2.82	-	0.89
	Set-up	0.03	-	0.01
沈下量	Static	0.30	0.30	0.30
	Earthquake	-	1.24	-
合計		3.15	1.55	1.20
		3.15		
非越流部高		914.20		913.50

以上の検討により、ロックフィルダムの場合の非越流部高は、H2 Normal Freeboard の EL. 913.2m となる。一方、前述の高水解析では PMF 時の洪水水位は EL. 913.5m のため、本検討では越流部高として PMF を考慮した EL. 913.5m を採用し、ダム天端高さは保護層厚 0.4m を加えた EL. 913.9m とした。

CFRD の非越流部の高さは、PMF 時の EL. 913.5m を上回る H2 Normal Freeboard の EL. 914.2m を採用する。ダム堤頂の上流面には波防御コンクリート壁のパラペットを設置するとして、ダム天端高さは EL. 914.2m とした。

(4) ロックフィルダムの基本設計

(a) 盛立材料

ロックフィルダムは基本的に遮水ゾーンを中心とし、その上下流側に半透水ゾーン、更にその両側に透水ゾーンを配置し、それぞれが遮水や安定性の機能を分担するとともに、堤体内に発生する浸透流によって各ゾーン間で進行的な破壊につながるような構成粒子の移動が生じないような構造に設計する必要がある。

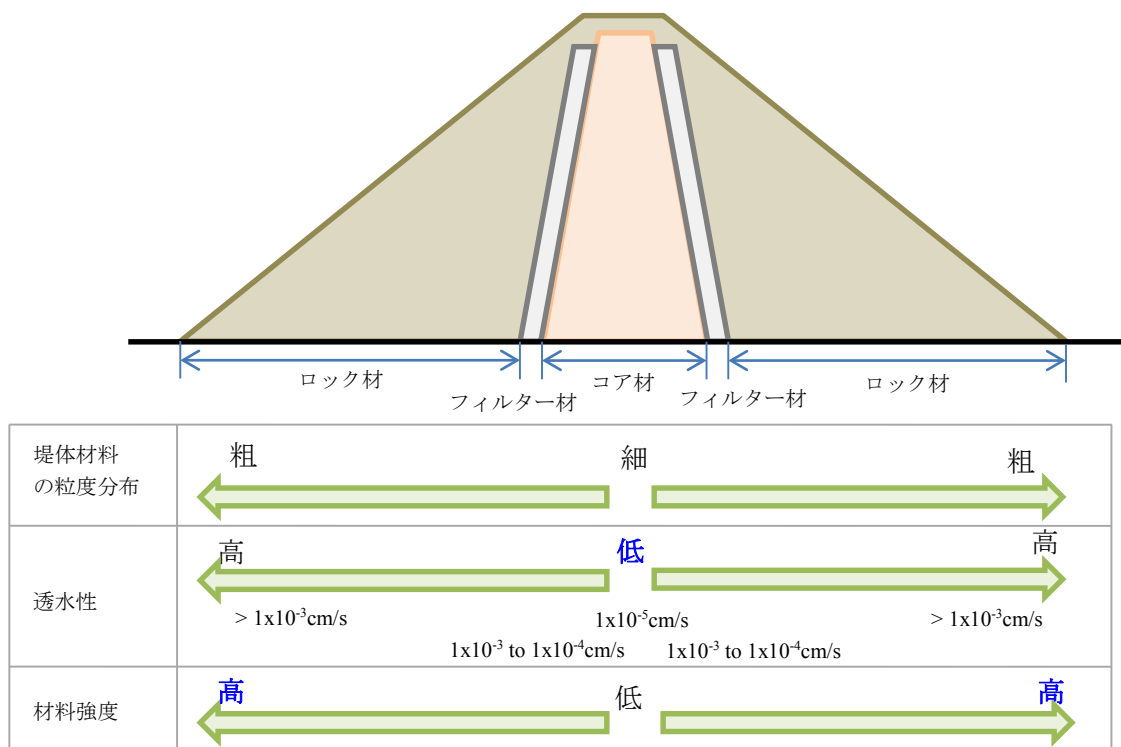


図 1-3 ロックフィルダムの概要

(i) コア材

コア材は透水係数、パイピングに対する抵抗性、不等沈下、遮水ゾーンの厚みを考慮して設計する。第3章の3.2 地形地質調査結果に示したように、セカタム地点の土質材料は細粒分が多く、実施した土質試験のほとんどでコア材への適用が困難だったが、主ダム右岸下流で実施したテストピット TC-6 付近は適用可能と考える（図 1-4 参照）。TC-6 周辺テストピットの粒度分布と、TC-6 のコア材への適性を表 1-7 に示す。

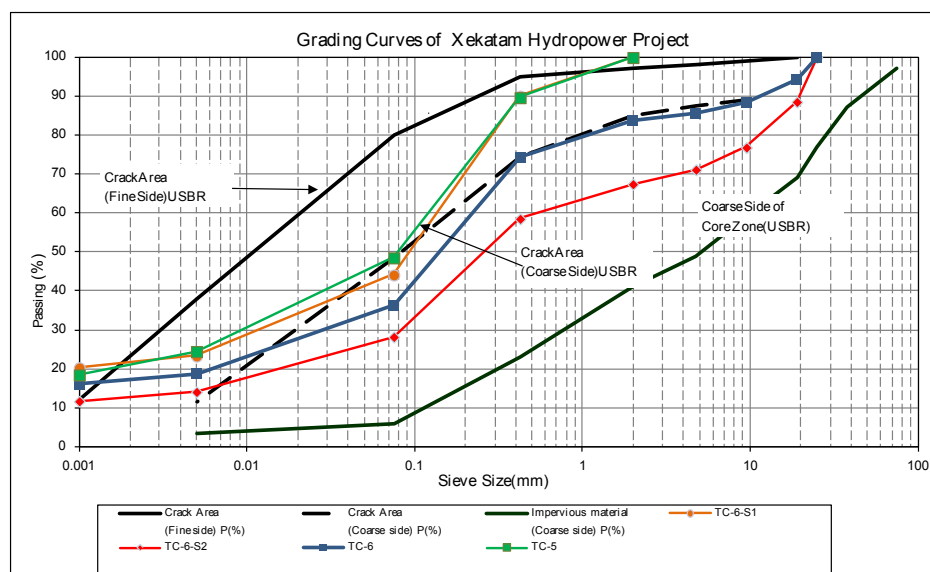


図 1-4 TC-6 周辺のテストピットの粒度分布曲線

表 1-7 TC-6 のコア材への適正

項目	条件		試験結果	評価
透水性	透水係数	施工時 : $1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 以下 室内試験 : $1 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ 以下	$1.013 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$ (最適含水比)	○
パイピング に対する抵抗性	締め固め	締め固めが容易なもの	締め固め試験結果は 良好である。	◎
	塑性指数 (PI : Plastic Index)	PI : 10~15	PI=13.8	◎
不当沈下	材料	粒度分布に偏りがない	粒度は適切に分布 している。	◎
間隙水圧	粒径分布	過剰間隙水圧が発生しない	粒径 0.05mm 以下の 材料が多い。	○

(ii) フィルター材

半透水ゾーンは遮水ゾーンと透水ゾーンの上に配置され両ゾーンの構成材料の性質の急変を避け、応力の伝達と変形の影響を緩和する役割を有する。遮水ゾーンの材料の流出を防ぐと共に、浸透水を安全に排水する目的で粒度規制を行って設けられた半透水ゾーンをフィルターという（図 1-5 参照）。セカタム地点のフィルター材は現場製造となるため、必要な条件を満たすよう粒度調整した材料を用いるものとする。

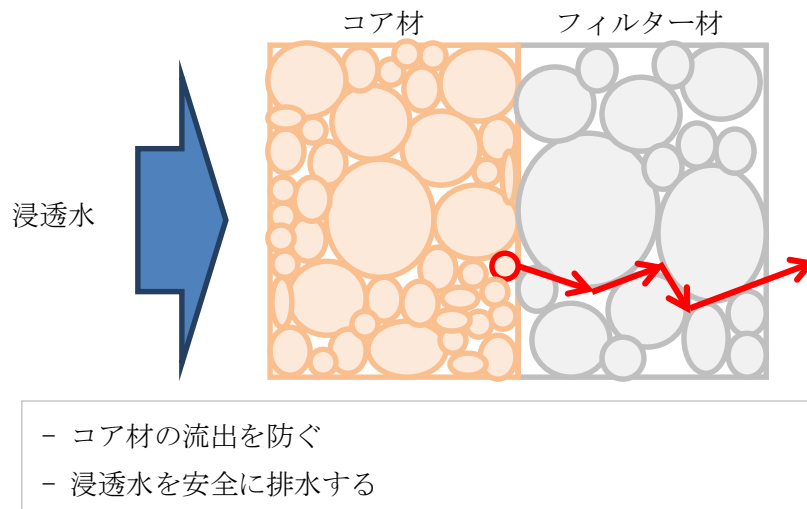


図 1-5 フィルター材の役割

(iii) ロック材

透水ゾーンは堤体の力学的安定に及ぼす影響が大きいいため、ロック、砂礫等のせん断強さの大きい材料により構成する必要がある。特に、表層や天端付近には大粒径の材料を含む粒度分布が良く、締固めが容易で耐久性の高い材料を配置することが望ましい。また、遮水ゾーンからの浸透水、雨水および貯水池の水位急低下に伴う間隙水を速やかに排除できる排水性を有している必要がある。

前述の通り、セカタム地点は主ダム左岸下流の尾根一帯の原石山から得られる砂岩と泥岩互層、そして貯水池内の床掘りから得られる玄武岩がロック材の候補として検討された。床掘りの玄武岩は掘削単価が高額となるため、可能な限り原石山の材料を活用することが望ましいが、フィルター材、コンクリート骨材の碎石を含むロック材の必要量に対して、原石山の材料賦存量は十分ではない。

このため、ロックフィルダムのロック材は比較的、材料強度の優れる砂岩を外部ロック、泥岩互層を内部ロックとする2つのゾーンを配置する。

(b) ロックフィルダムの基本設計

ロックフィルダム基礎はコア敷、フィルター材はCL級、ロック材は地層の表土を除去したD級着岩とする。ダム天端標高は非越流部高 EL. 913.5m に余裕高 0.40m を加えた EL. 913.9m とし、ダム天端幅は 8.0m とする。ダム高は $H=41.6\text{m}$ 、ダム堤体長は $L=449.8\text{m}$ とする。ダムの上下流勾配は後述する円弧すべりによる安定解析結果から上流面 1:2.0、下流面 1:1.7 とする。外部ロック、内部ロックを含むゾーニングの配置は各ゾーンの施工幅と安定解析結果を考慮して設定した。ダム高が最も高くなる No. 1 +20.0m 地点の標準断面図と平面図を

以下に示す。

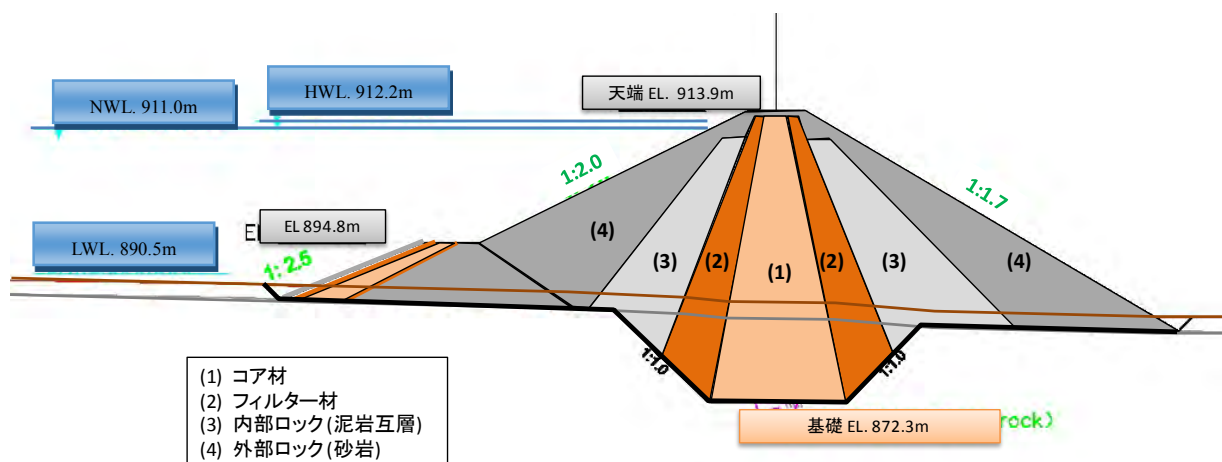


図 1-6 ロックフィルダムの標準断面(H=41.6m, No. 1 +20.0m)

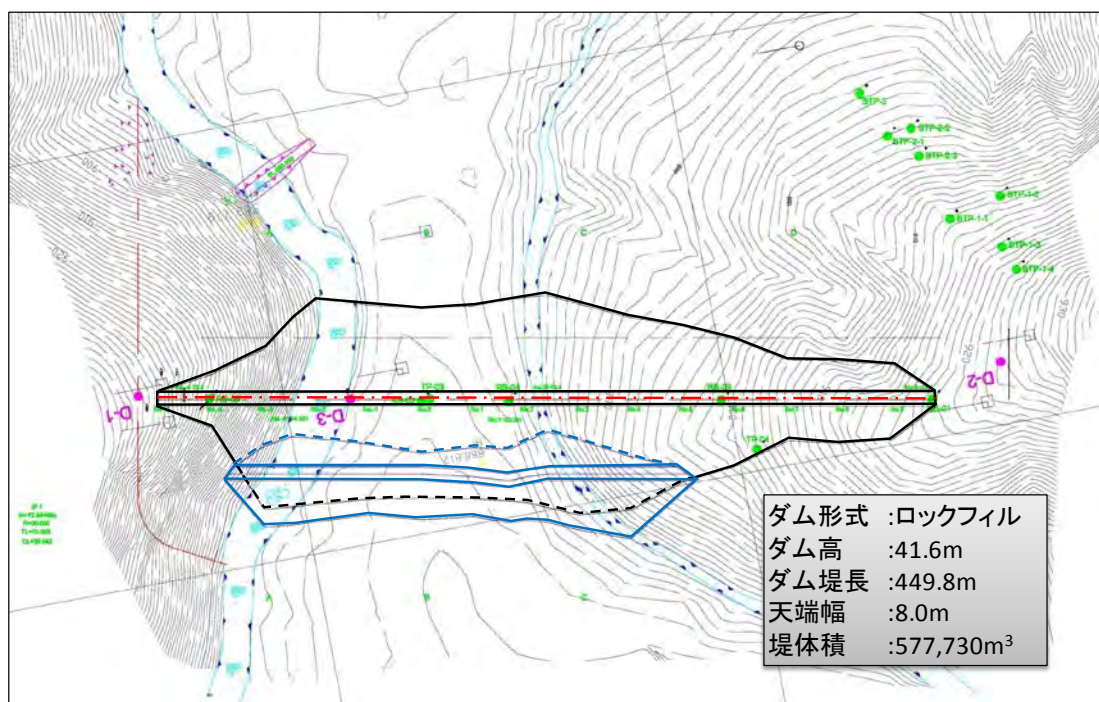


図 1-7 ロックフィルダムの平面図

ダム堤体の既往検討との主要諸元の比較表を以下に示す。

表 1-8 ロックフィルダムの主要諸元

項目		単位	既往案 (TR2009)	本 F/S	特記事項
天端標高		EL. m	913.7	913.9	高水解析（1000 年確率洪水流量）と堤体勾配の見直しを反映
基礎岩盤標高		EL. m	872.3	872.3	
堤高		m	41.4	41.6	
天端幅		m	8.0	8.0	
堤長		m	420.5	449.8	地質岩級図に基づき、コア数の CL 級着岩で堤長を決定
堤体勾配	上流面	-	1.8	2.0	堤体勾配はロック材の物性値（ $\phi 40^\circ \rightarrow 38^\circ$ ）と設計震度（ $kh=0.05 \rightarrow 0.07$ ）の見直しを反映した安定解析によって決定
	下流面	-	1.6	1.7	
堤体積 （仮締切含む）		m ³	550,000	577,730	27,730m ³ 増。堤体勾配は緩くなったものの、小段省略により堤体積の増分は抑えた。
掘削量	土石	m ³	80,063	83,776	コアトレンチの掘削勾配（1:1.5 \rightarrow 1:1.0）により岩石の掘削量が減った。
	岩石	m ³	79,202	66,043	

(5) CFRD

(a) 盛立材料

CFRD の標準的なゾーニング例と各ゾーンの説明を図 1-8、表 1-9 に示す。

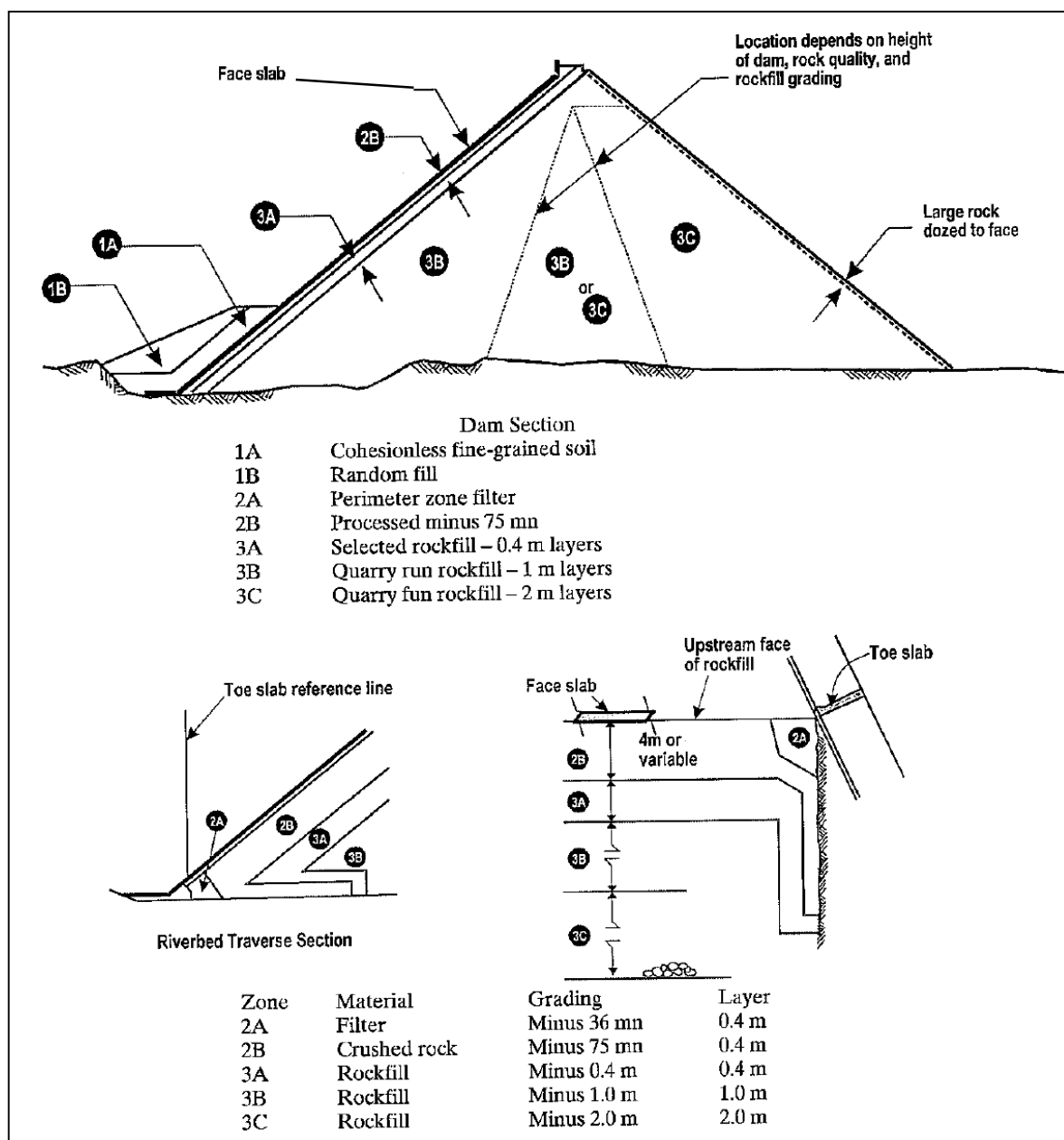


図 1-8 一般的なCFRDレイアウト

表 1-9 CFRD のゾーニング

Zone		機能	材料の性質	着目点	セカタム地点への適用
1A	ブランケット (不透水性材料)	フェイススラブ表面の上流側、下位標高部に設置するゾーンで、クラックヒールントとも呼ばれ、淡水後にクラックが発生した場合に、構成粒子が自然に流下して漏水箇所を塞いで漏水量フェイススラブやトウスラブおよび周辺継ぎ目に漏水を抑制する役割を持つ。	高水圧下でも移動しやすく、クラック等の極めて小さな間隙にも入っていきける微細粒径の材料でなければならない。一般的に、Non-Plastic Silt または Silty Sand が多く用いられ、粘土質材料であってはならないとされている。	粒度 コンシステンシー	○
1B	ブランケット (半透水性材料)	Zone 1A に対し、トランジションおよび抑え盛土の役割を果たす。	Zone 1A の水位低下による吸い出しを防止でき、かつ、Zone 1A の抑え盛土となる強度が見込めること。	透水性 排水性 強度	○
2A	フィルター ゾーン	トウスラブとスタータースラブ接合部背面に位置するゾーンであり、スタータースラブの変位を抑制する役割を持ち、かつ継ぎ目やクラックからの漏水を抑える働きもある。	①所定の密度を有すること。 ②ある程度の遮水性を持つこと。	変形性 遮水性	○
2B	トランジション (半透水性材料)	フェイススラブ下面の薄層ゾーンであり、フェイススラブを支持し、フェイススラブが堤体より受ける拘束力の軽減とフェイススラブ断面の均一化を図る役割を持ち、かつフェイススラブの継ぎ目やクラックからの漏水を抑える働きもある。	①所定の支持力を有すること。 ②フェイススラブの接合部を平滑に仕上げ る粒度であること。 ③ある程度の遮水性を持つこと。	強度 変形性 施工性	○
3A	トランジション (半透水性材料)	Zone 2 と Zone 3B のトランジションの役目を果たす。漏水時にはフィルター材としての機能を持つ。	Zone 2 と Zone 3B の中間的な粒度を持つこと。	透水性 強度	○
3B	ロックゾーン	堤体本体を形成するメインロックゾーンであり、フェイススラブより伝達される水圧荷重に対抗する役割を持つ。	安定上、所定の強度を有し、かつ圧縮性が小さいこと。	強度 変形性	○
3C	ロックゾーン	Zone 3B と同様、堤体本体を形成する。比較的、強度の劣る材料を適用可能である。	Zone 3B と同様。ただし、強度、変形性は Zone 3B よりも小さくできる。	強度 変形性	○
3E	リップラップ ゾーン	堤体下流面に設置され、斜面に安定性確保と法面を保護する役割を持つ。	侵食、風化の気象条件に対する耐久性を有し、表層の安定性を確保できる強度および粒径を持つこと。	粒径 岩質	○
5	ドレーン	地山湧水、雨水やスラブ継ぎ目、クラックからの漏水をすみやかに下流へ配する機能を持つ。堤体材料が低透水の場合、鉛直方向にも設けられる。	所定の透水性を有する。 パイピングを生じさせない粒度であること。	透水性	×

(b) コンクリート構造物

CFRD は堤体上流面にコンクリートの遮水壁を形成することで止水を行う構造となっている。これらのコンクリート遮水壁の主な構造物を表 1-10 に示す。

表 1-10 CFRD のコンクリート構造物

名称	概 要	機 能
プリンス (Plinth)	フェイススラブと基礎岩盤を接続するために、ダム堤体の上流面法先に沿って施工されるコンクリート構造物で、基礎処理もプリンスから施工される。	<ul style="list-style-type: none"> ・基礎岩盤との間に十分な水密性を確保する。 ・導水勾配を抑えるために必要な浸透路長を確保する。 ・グラウチング施工時のカバーコンクリートとなる
フェイススラブ (Face Slab)	フェイススラブは堤体の最上流面に位置し、ダムとしての止水ラインを形成するコンクリート構造物である。	<ul style="list-style-type: none"> ・上流の水圧に対して安全であること。 ・堤体の変形に追従できること。 ・フェイススラブ自身の収縮によるひび割れが極力少なくすること。

(c) CFRD の基本設計

CFRD の基礎着岩はプリンス、Zone 2A、Zone 2B、Zone 3A は CL 級、Zone 3B、Zone 3C は地層の表土を除去した D 級着岩とする。ダム天端標高は非越流部高 EL. 914.2m とし、ダム天端にはパラペットを設置する。ダム天端幅は 8.0m とする。ダム高は H=41.9m、ダム堤体長は L=423.4m とする。ダムの上下流勾配は後述する円弧すべりによる安定解析結果から上下流面 1:1.6 とする。ダム堤体のゾーニング配置は各ゾーンの施工幅と安定解析結果を考慮して設定した。堤体上流面に設置するブランケットについて、水位の下がる乾季において、最低水位の EL. 890.5m 以上はプリンスの補修が可能になるので、ブランケット標高は EL. 890.5m 以上とする。

ダム高が最も高くなる No. 1 +20.0m 地点の標準断面図と平面図を以下に示す。

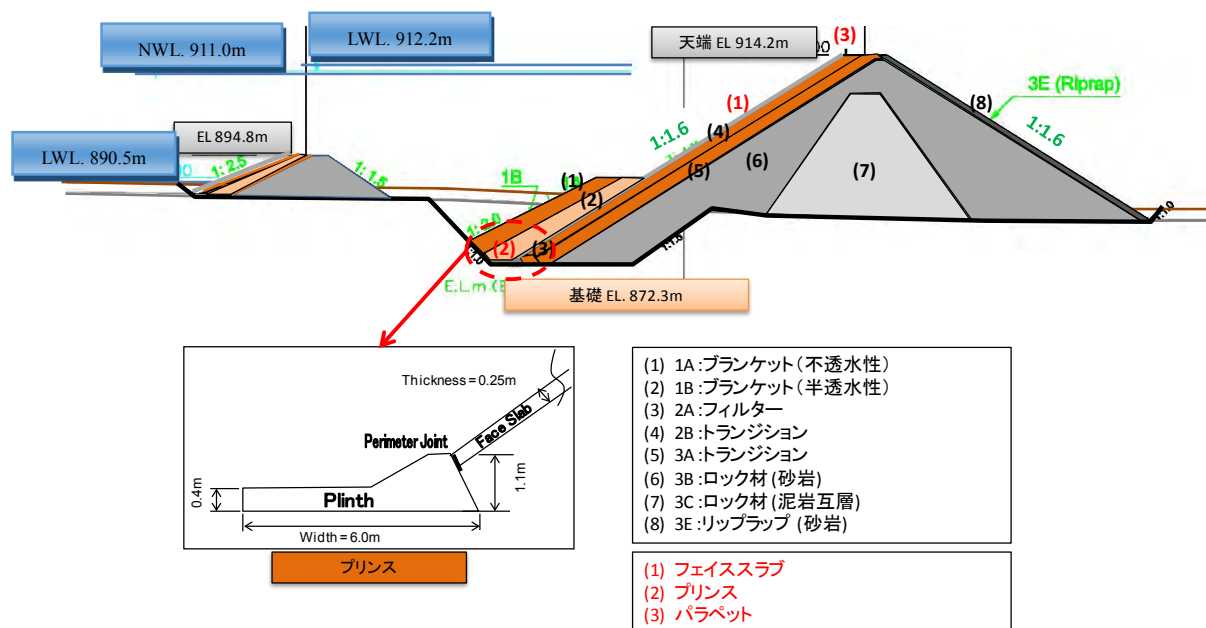


図 1-9 CFRD の標準断面 (H=41.9m, Section No1 +20.0m)

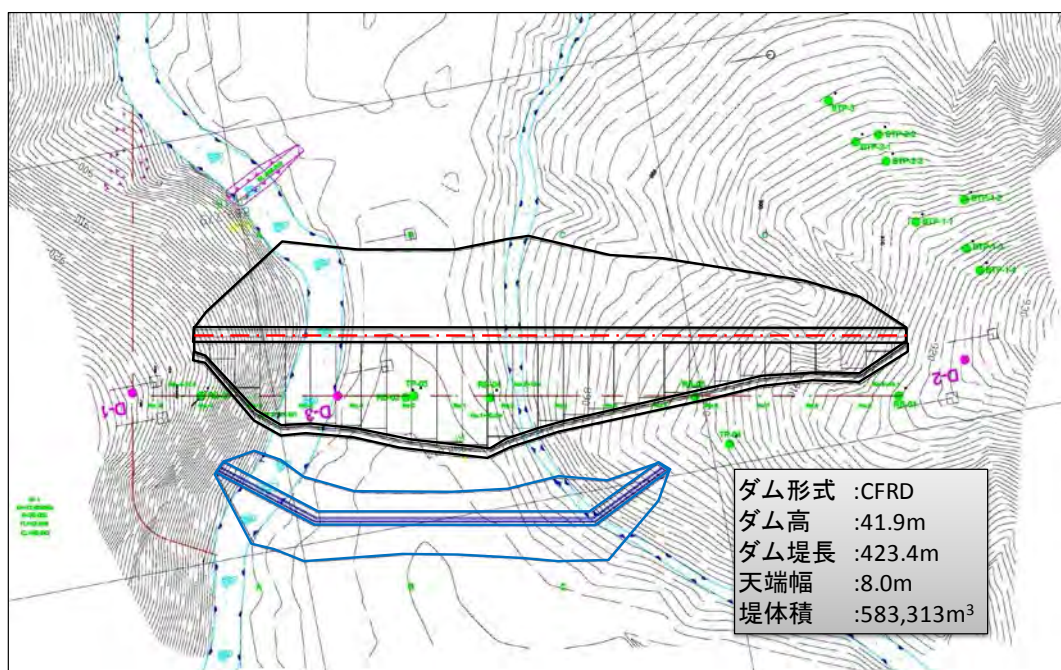


図 1-10 CFRD の平面図

CFRD の主要諸元を以下に示す。

表 1-11 CFRD の主要諸元

項目		単位	本 F/S	特記事項
天端標高		EL. m	914.2	高水解析(1000 年確率洪水流量)と堤体勾配の見直しを反映した。
基礎岩盤標高		EL. m	872.3	地質調査の結果を反映し、基礎岩盤はロックフィルと同様に CL 級まで掘削する。
堤高		m	41.9	
天端幅		m	8	
堤長		m	423.4	地質岩級図に基づき、両岸リム部は表土 2m を除去
堤体勾配	上流面	-	1.6	既往検討は CFRD の標準的な勾配を採用した。
	下流面	-	1.6	堤体勾配はロック材の物性値($\phi 40^{\circ} \rightarrow 38^{\circ}$)と設計震度($kh=0.05 \rightarrow 0.07$)の見直しを反映した安定解析によって決定した。
堤体積 (ブランクett及び 仮締切含む)		m ³	583,313	基礎岩盤標高および堤体勾配の見直しにより、98,364m ³ 増となった。
掘削量	土石	m ³	108,571	基礎岩盤の掘削線変更により掘削量が増えた。
	岩石	m ³	67,569	

(6) ダム形式の比較検討

(a) ダム堤体盛立数量

各ダム形式の堤体盛立数量を示す。ロックフィルダムの堤体積は 577,730m³、CFRD は 583,313m³ となる(仮締切、ブランクett含む)。CFRD は上流側に配置するブランクettゾーン(1A、1B)を除いた堤体のみの体積でロックフィルと比較すると堤体積は約 3%少なくなる。ダム高の低いセカナム地点では、プリンス設置のための掘削量が大きく、それに伴う盛立量が増えるとともに、勾配を急にすることで堤体積を小さくする CFRD のメリットが得られていないことが分かる。両形式のダム堤体盛立数量の比較を表 1-12 に示す。

表 1-12 堤体盛立数量の比較

項目	材料	ロックフィル	CFRD	特記
コア材	土取場	100,327	8,824	CFRD は 1A に廃棄土転用。
	廃棄土		13,106	
ロック材	砂岩	244,892	278,605	ロックフィルは仮締切の下流側ロック材を主ダムの一部として数量を算出した。
	泥岩互層	119,991	122,210	内部ロックに利用。
	廃棄岩		57,173	CFRD は 1B と仮締切のロック材に廃棄土転用。
リップラップ	砂岩	28,780	20,463	
フィルター材	砂岩	83,741	76,044	ロックフィルはフィルター材、CFRD は 1B、2A、2B、3A、仮締切フィルター。
掘削	土石	83,776	108,571	
	岩石	66,043	67,569	
コンクリート	-	-	6,889	ロックフィルはフィルター材、CFRD は 1B、2A、2B、3A、仮締切フィルター。

(b) ダム形式の決定

各ダム形式の主要諸元の比較表を表 1-13 に、比較検討の結果を表 1-14 に示す。

表 1-13 各ダム主要諸元の比較表

項 目		単位	ロックフィル	CFRD	特記事項
天端標高		EL. m	913.9	914.2	
基礎岩盤標高			872.3	872.3	
堤高		m	41.6	41.9	
天端幅		m	8.0	8.0	
堤長		m	449.8	423.4	
堤体勾配	上流面	-	2.0	1.6	
	下流面	-	1.7	1.6	
堤体積（仮締切含む）		m ³	577,730	583,313	
掘削量	土石	m ³	83,776	108,571	
	岩石	m ³	66,043	67,569	
工期		月	22.0	22.0	
工事費		%	100%	156%	ロックフィル工事費を 100%とする

表 1-14 ダム形式の比較検討結果

項目	ロックフィル	CFRD
盛立材料	○ ➤ フィルター材は現場で製造する必要があるが所要量は比較的少ない。 ➤ コア材を調達する必要がある。	○ ➤ フィルター材とコンクリートスラブの骨材は現場で製造する必要があるが、所要量は比較的少ない。
基礎処理	◎ ➤ 河床部のグラウチングの施工期間が短い ため監査廊を設置する。	◎ ➤ ダムの試験湛水までグラウチングの施工期間を確保できる。 ➤ 堤体盛立後は河床部の追加グラウチングが不可能である。
工期	◎ (22 ヵ月)	◎ (22 ヵ月)
施工	◎ ➤ 雨期にコア材を盛り立てる必要がある。	◎ ➤ コンクリートフェイススラブの施工用のスリップフォーム等が必要となる。
経済性 (工事費)	◎ (100%)	× (156%)
総括	◎ <u>(採用)</u>	× <u>(不採用)</u>

以上の検討より、経済性の良いロックフィルダムをセカタム地点の主ダム形式として採用する。

2. 副ダム

(1) 位置の選定

副ダムは堤体積を低減するため、ダム軸は現地形で標高が高い箇所を通るように弧状の線形を選定した。副ダムの平面図を図 2-1 に示す。

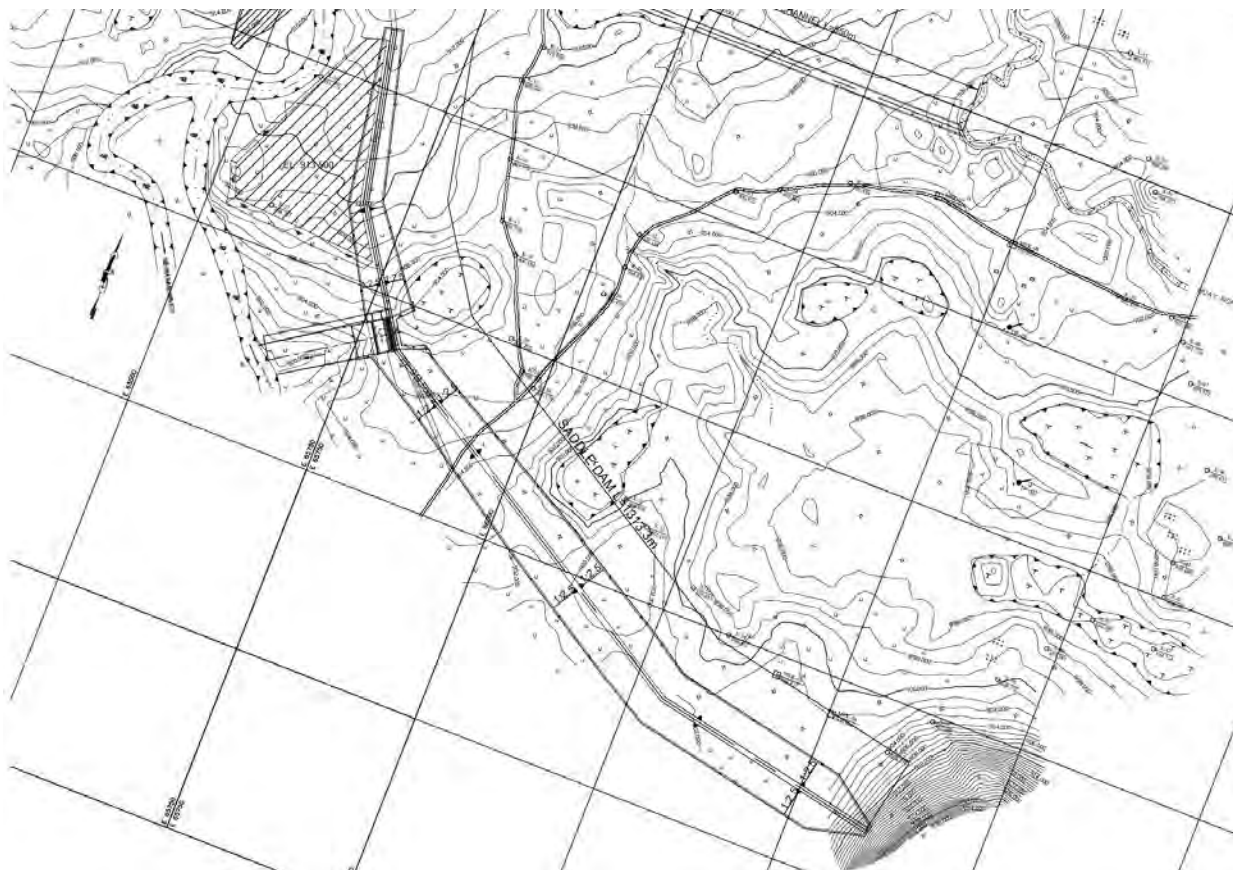


図 2-1 副ダム平面図

(2) 副ダムの形式

副ダムは、ダム高が低いものの堤頂長は長く、大量の盛立材料が必要であること等から均一型アースフィルダムを採用した。副ダムの標準断面図を図 2-2 に示す。

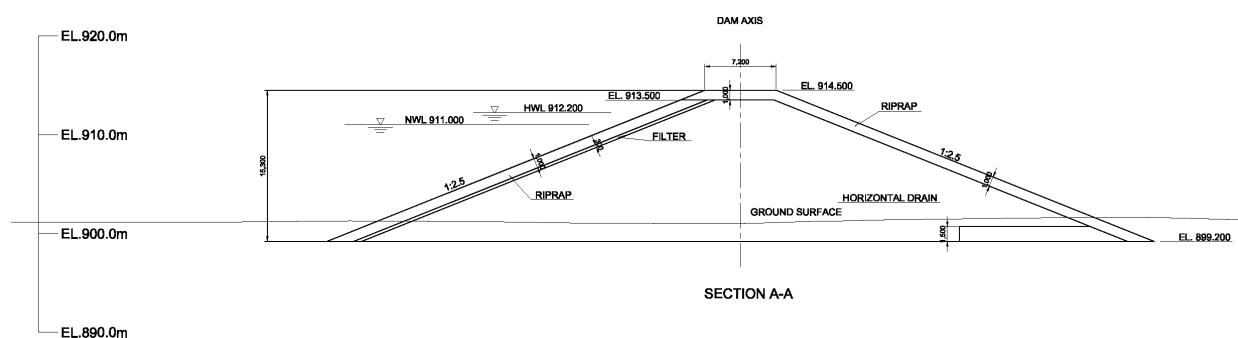


図 2-2 副ダムの標準断面

(3) 副ダムの基本設計

(a) 着岩ライン

副ダム近傍で実施した 2 箇所のテストピットによれば、玄武岩台地は厚さ 1–2m の表土および粘土化の進んだ強風化層で覆われており、その下はあまり粘土化していない風化層である。現地盤より有機物を含んだ 2m 程度の表土を剥ぎ取り、玄武岩の風化層(D 級)を着岩ラインとした。

(b) ダム法面勾配

土質材の室内試験結果を用いてダム堤体の安定計算を実施し、上下流とも常時および地震時において所定の安全率を満足するようにダム法面勾配を決定した。設計震度は貯水ダムと同様に 0.07 を採用した。この結果、上下流ともダム法面勾配を 1:2.5 とした。

(c) 堤体材料

土質材は約 55 万 m^3 必要となり、堤体材料は土取場および原石山表土から調達する。

(d) 基礎処理

副ダム近傍で実施した 2 箇所のテストピットによれば、1–2m の表土および強風化層の下は、粘土化していない風化層で岩石がやや硬いものの水平方向に開口した割れ目が発達しており、透水性はやや大きい可能性がある。しかしながら、ダム高は 15m 程度と規模は小さく、かつ長い浸透路長が得られているため、グラウト等の浸透流対策は必要ないと思われる。

今後の追加地質調査結果によっては、キートレンチ、ブランケットコア等の止水対策の検討が必要となる可能性もある。

3. 洪水吐

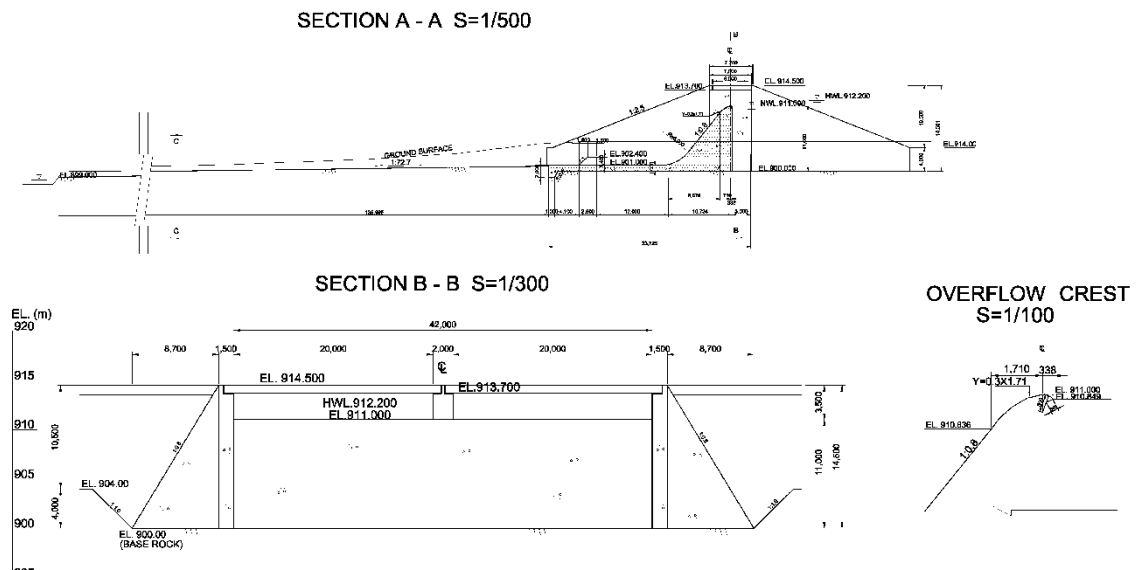


図 3-1 洪水吐の構造図

洪水吐は、副ダムの一部区間に設けており、洪水吐越流部の下流が谷地形となり、また Xe Katam 川への放流区間が最短となる位置に配置した。洪水吐は越流型コンクリート堰堤で高さ 12m、越流幅は 42m で、中央にアクセス道路の橋脚用のピアを設置する。1000 年確率流量は 370 m³/s であるが、貯水池の貯留効果を見込み約 110 m³/s の洪水量を下流に流せるように設計し、越流部から流下した洪水は Xe Katam 川に放流される。洪水吐の基礎は、洪水吐から約 150m 下流の Xe Katam 川河床部に玄武岩の露頭が現地踏査で確認されており、この玄武岩を基礎岩盤とし河床レベルまで 6m 程度掘削し、着岩させる計画である。洪水吐の構造を図 3-1 に示す。

4. 放流設備(仮排水路、放流路)

(1) 放流設備の位置の選定

貯水ダムの基礎掘削、基礎処理、また貯水ダム本体の盛立工事のため、Nam Houng 川およびマッカ川を工事期間を通じて転流する必要がある。

ダム左岸上流 30m に呑口を設け、出口はダム左岸下流 150m の位置に設けた。仮排水路の位置は、貯水ダムのカーテングラウチングの範囲や、トンネル掘削がダム本体の基礎に影響を及ぼさないように、貯水ダム本体の着岩ラインから、約 35m 離れた。

呑口、出口地点とも砂岩が露頭しており基礎基盤の地質は良好だが、トンネル上部は CL 級の砂岩と泥岩の互層を通過する可能性がある。

(2) 放流設備の基本設計

(a) 概 要

放流設備の構造は、図 4-1 に示すとおりで、ダム建設中は仮排水路として使用し、完成後はトンネルの一部を閉塞し、そこに放流管とジェットフローゲートを設置することで、発電使用水量の通水が可能な放流路として設計した。

また、ゲート室下流の仮排水路に隔壁を設けることで、右側を放流路、左側を連絡通路とした。なお仮排水路の流入部には、豎坑を予め設けており、ダム完成後は、仮排水路を閉塞し豎坑取水する構造である。取水敷高は、50 年の推定堆砂面 EL. 890.0m 以上の標高に設定した。

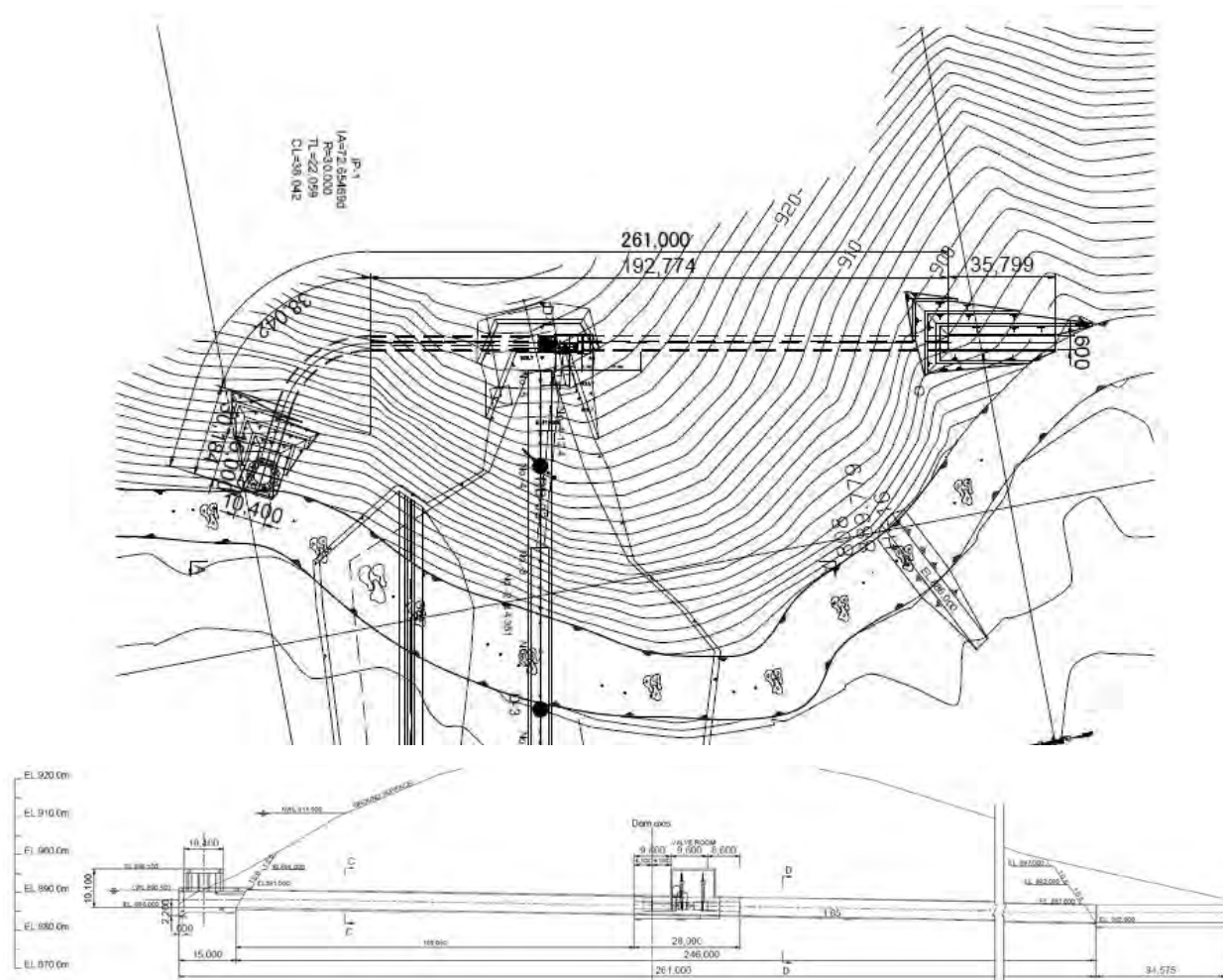


図 4-1 仮排水路平面図および縦断面図

(b) 仮排水路

(i) 設計洪水量

ロックフィルダムの仮排水路の施工例では、10–20 年確率流量を採用しているものが多い。本検討では施工期間および流域規模を考慮し、10 年確率流量 $150 \text{ m}^3/\text{s}$ を採用した。

(ii) 通水量

設計洪水量 $Q=150 \text{ m}^3/\text{s}$ を圧力トンネルで流下させるために必要な仮締切の高さおよびトンネル内径を求めた。ここでは、仮締切の高さを EL. 894.8m と設定した。これによりトンネル内径は 4.5–4.6m の幌型断面で、トンネルが 1 条あれば洪水流量を処理することが出来る。

なお、完成後は、仮排水路は放流路として転用され、取水口からバルブ室は圧力トンネル、バルブ室から放水口は無圧トンネルで発電使用水量が放流される。このため、圧力トンネル区間は全周コンクリート巻立、無圧トンネル区間はインバートおよび側壁のみコンクリート巻立とした。仮排水路の諸元は以下の通り。

- ①トンネル条数 : 1 条
- ②仮締切標高 : EL. 894.8m (上流側)
- ③トンネル延長 : L=246m
- ④トンネル勾配 : I=1/65
- ⑤取水口ーバルブ室 : L=53m,内径 4.5m
- ⑥バルブ室ー放水口 : L=193m,内径 4.6m

(c) 放流路

(i) 放流バルブ

放流バルブは発電使用水量の補給の他に、貯水池の初期湛水時において急激な水位上昇を規制する流量調節、下流河川への最小放流、非常時の緊急放流用としての機能を有している。仮排水路閉塞部およびゲート室に $\Phi 1.9\text{m}$ 放流管 1 条と $\Phi 1.9\text{m}$ のジェットフローゲートと高圧スライドゲートを 1 門設け、常時は下流側バルブで操作し、上流側を予備ゲートとする。

なお、放流量は最低水位(LWL.890.5m)時においてもジェットフローゲートで $20\text{ m}^3/\text{s}$ の発電使用水量の補給に対応出来る設備とした。バルブ室の構造を図 4-2 に、表 4-1 にバルブの仕様を示す。

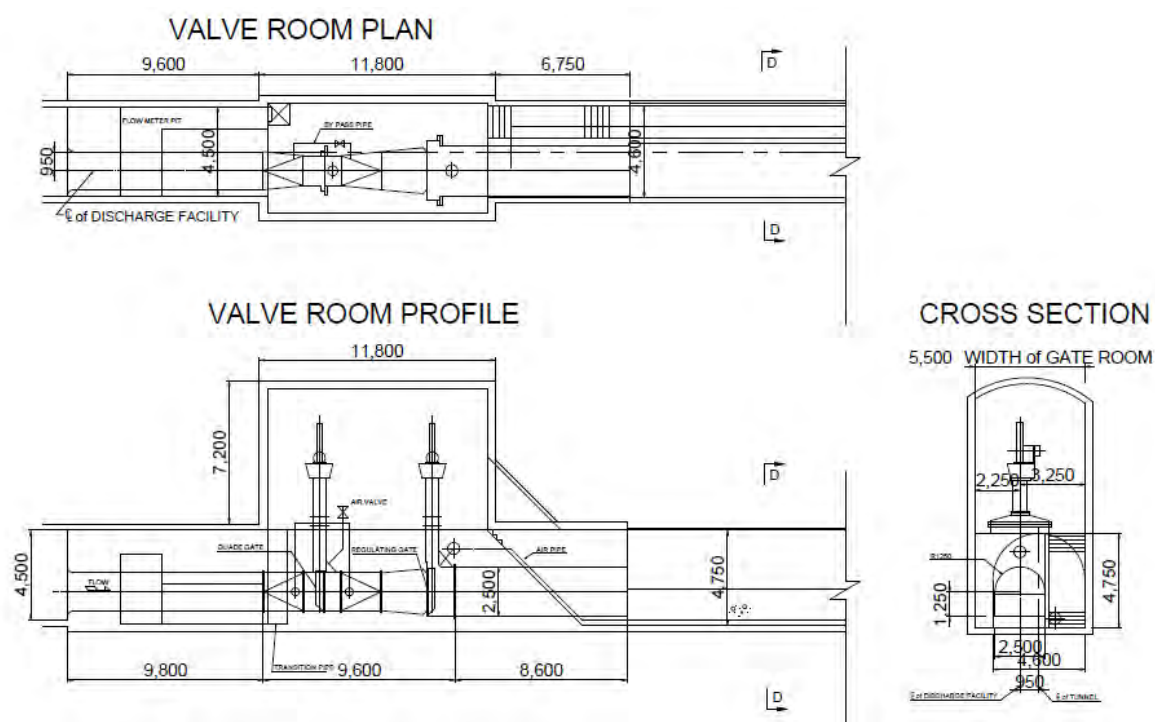


図 4-2 バルブ室構造図

表 4-1 放流バルブ仕様

項目		放流バルブ設計要領	
バルブ名		放流主弁（下流）	放流副弁（上流）
型式		ジェットフローゲート	高圧スライドゲート
数量		1	1
口径		1.9m	1.9m
最大設計水深		27.5m	27.5m
放流能力	HWL	51 m ³ /s	—
	LWL	20 m ³ /s	—

(ii) 取水塔

取水塔はグローリーホール型式で、呑口高 EL. 890.1m、呑口部径 10.4m（8 角形）、高さ 10.1m である。取水塔の構造を図 4-3 に示す。

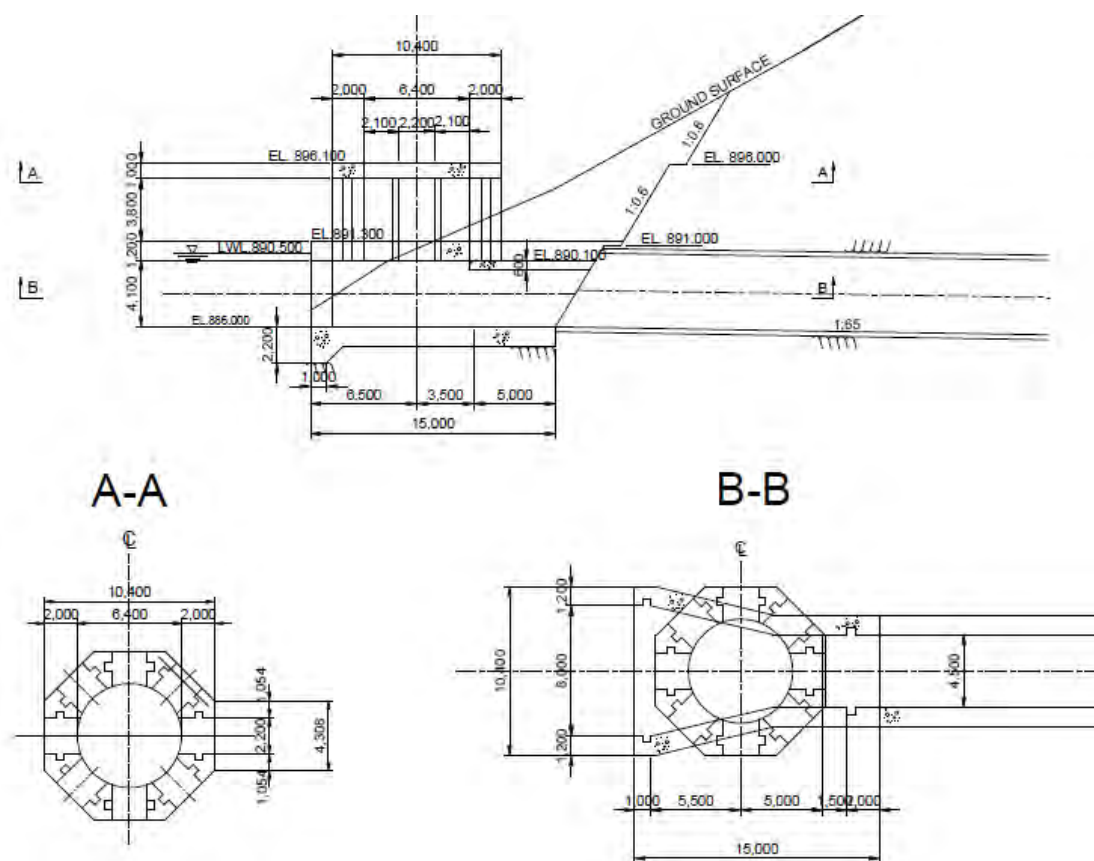


図 4-3 取水塔構造図

(iii) 水路部

ゲート室から下流の仮排水路の中央部に隔壁を設けることで、放流バルブからの放流が上流からみて右側半分を流下する構造とし、左側半分を連絡通路としてゲート室へ進入可能な計画とした。

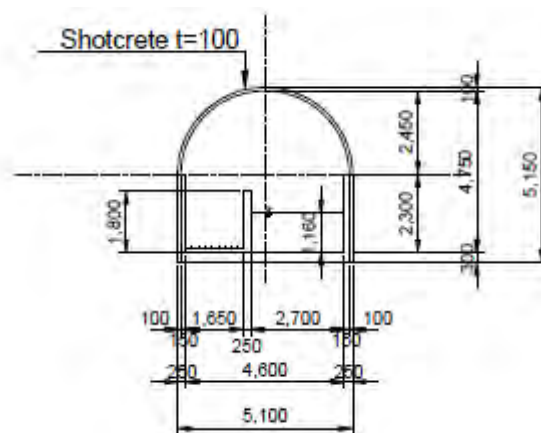


図 4-4 水路部断面図

5. 引水堰

(1) 位置の選定

引水堰の選定にあたっては、次の事項に配慮し位置を決定した。

- 貯水池が満水位(NWL. 911m)の場合でも引水可能となる位置
- 全体的に緩やかな地形の中で右岸側に利用可能な小山がある位置
- 貯水池までの引水距離が最短となる位置

引水堰の平面図を図 5-1 に示す。



図 5-1 引水堰と引水路

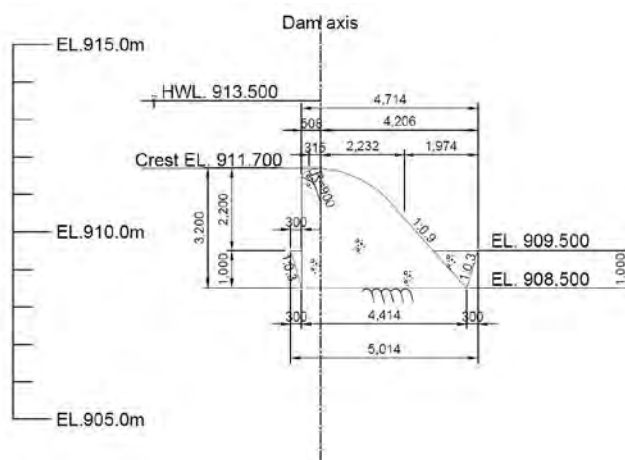


図 5-2 引水堰の標準断面

(2) 引水堰の型式

引水堰は図 5-2 に示すように堰高が 3.2m と極めて小規模であり、洪水吐ゲートを設置せず洪水時には堰堤上を越流させる構造として、重力式越流型コンクリートダム型式を採用した。なお、引水堰の河床部には、ほぼ全面的に玄武岩の露頭が確認されており、重力式ダムの基礎として良好である。

(3) 引水堰の基本設計

引水堰の堤頂長は 144.2m と長いが堰高は 3.2m と小規模である。引水堰の河床部は、ほぼ全面的に玄武岩が露出しているが、両袖部は厚い表土および土状の風化岩で覆われており、露頭は認められない。特に、右岸側は袖部を 90m 程度掘削する必要がある、河床までの 4.5m 程度を掘り込み、着岩させるものとする。引水堰の天端は NWL. 911.7m で、引水堰における 100 年確率洪水量(750 m³/s)での洪水位は HWL.913.5m となる。なお、洪水時には堰堤幅全体で越流させる構造である。

(4) 付帯設備

引水路前面に堆砂した場合でも土砂を排出でき、貯水池への引水に影響が出ないように幅 2.4m、高さ 4.9m の排砂ゲートを設置する。排砂ゲートの敷高は、引水路の敷高より 1m 下がりとした。なお、排砂ゲートは、引水堰から下流の河川機能維持を目的とした最小放流を行う用途も備えている。

6. 引水路

(1) 位置の選定

引水路の選定にあたっては、貯水池までの引水距離が最短となるような位置を選定し、終端は表土の流出等を防止する目的で LWL.905m の沢まで延伸した。

(2) 通水能力

通水能力の検討に利用できる流量データは、第 3 章で述べたように 1991－1994（4 年間）の日平均流量および 2005 年から 2010 年までに観測した時間単位の洪水波形が得られたため、これらのデータを用いて、日平均流量とピーク流量の関係について検証を行った。結果は以下に示す通りである。

- 1991－1994（4 年間）および 2005 年～2010 年までの最大日平均流量は $88\text{m}^3/\text{s}$ （August 9th, 2005）である。
- 2005 年から 2010 年までの雨季に 13 回時間単位の洪水波形が観測されており、そのうちピーク流量が $100\text{m}^3/\text{s}$ を超えたのは 2006 年 10 月 2 日 15 時（ $121\text{m}^3/\text{s}$ ）と 2009 年 7 月 23 日（ $133\text{m}^3/\text{s}$ ）の 2 回で、残りの 11 回は $100\text{m}^3/\text{s}$ 以下のピーク流量である。

以上の結果から、観測データを保有する期間中の流量のほぼ全量を引水可能とするため、引水路は $100\text{m}^3/\text{s}$ が通水可能な構造とした。

(3) 基本設計

引水路周辺は厚い表土および土状の風化岩で覆われているが、Xe Katam 川の河床レベルには、ほぼ全面的に玄武岩の基礎岩盤が露頭している。そこで、基礎岩盤に達していない引水堰から NWL. 911m までの約 250m 区間については、側壁の洗掘を防止するためにコンクリート構造物の開水路を構築する。

(4) 付帯設備

引水路には、応水制御が可能な幅 5.4m、高さ 4.2m の制水ゲートを 1 門、設置する。

