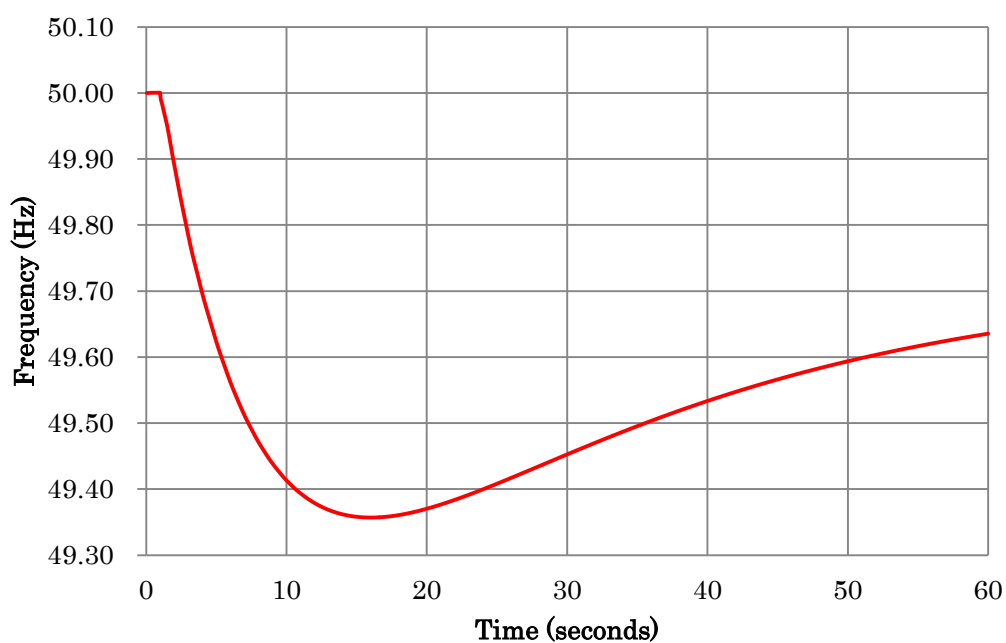


(2025年乾季ピーク、発電、 π 分岐接続、Maha 単機容量 200MW)

(出典：調査団作成)

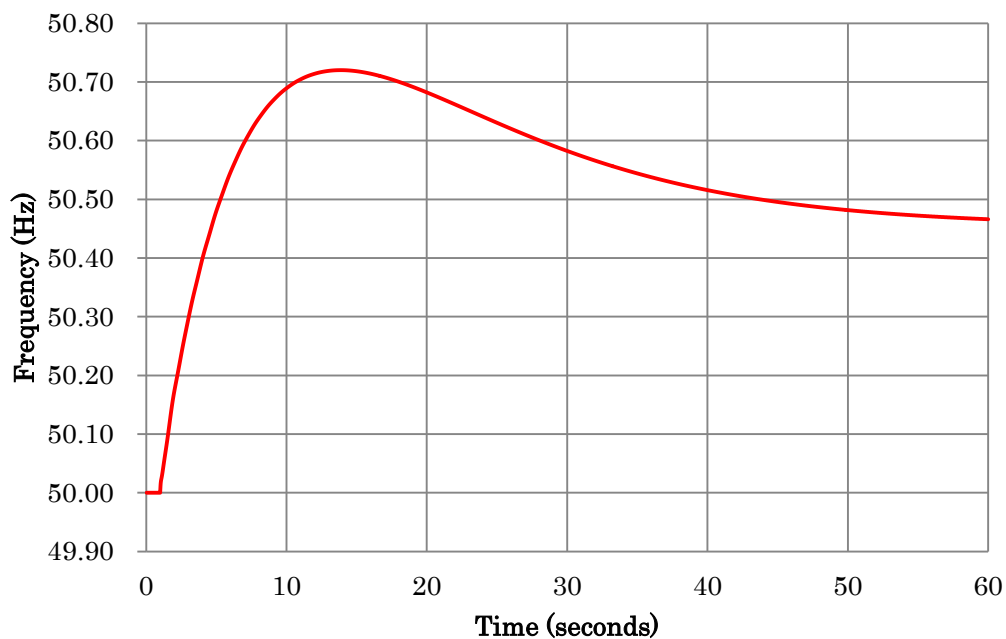
Figure 10.4.5-31 Maha PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落



(2025年乾季ピーク、発電、 π 分岐接続、Maha 単機容量 150MW)

(出典：調査団作成)

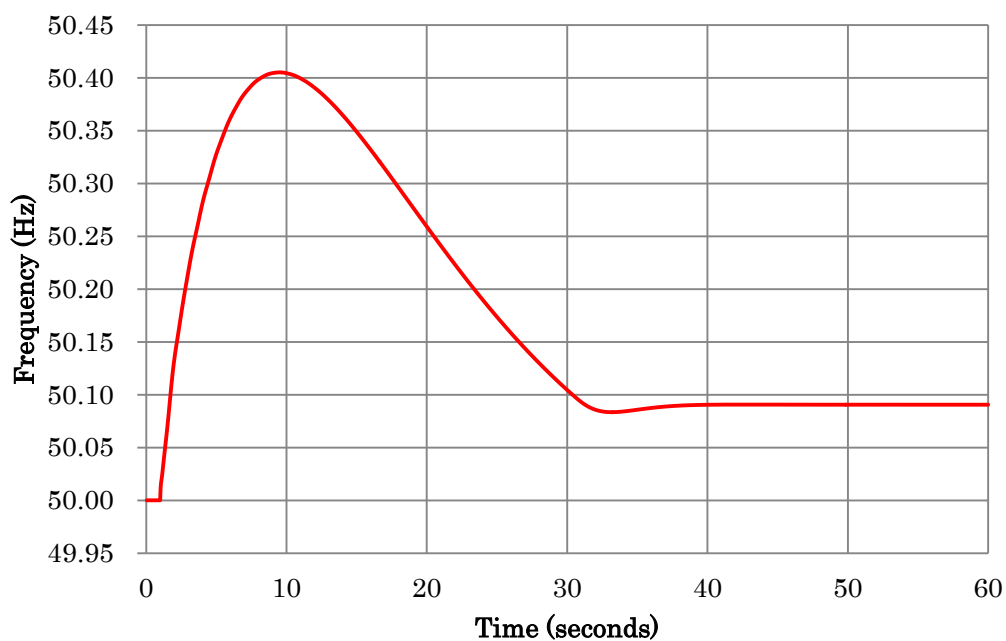
Figure 10.4.5-32 Maha PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落



(2025年オフピーク、揚水、Kotmale接続、Maha単機容量200MW)

(出典：調査団作成)

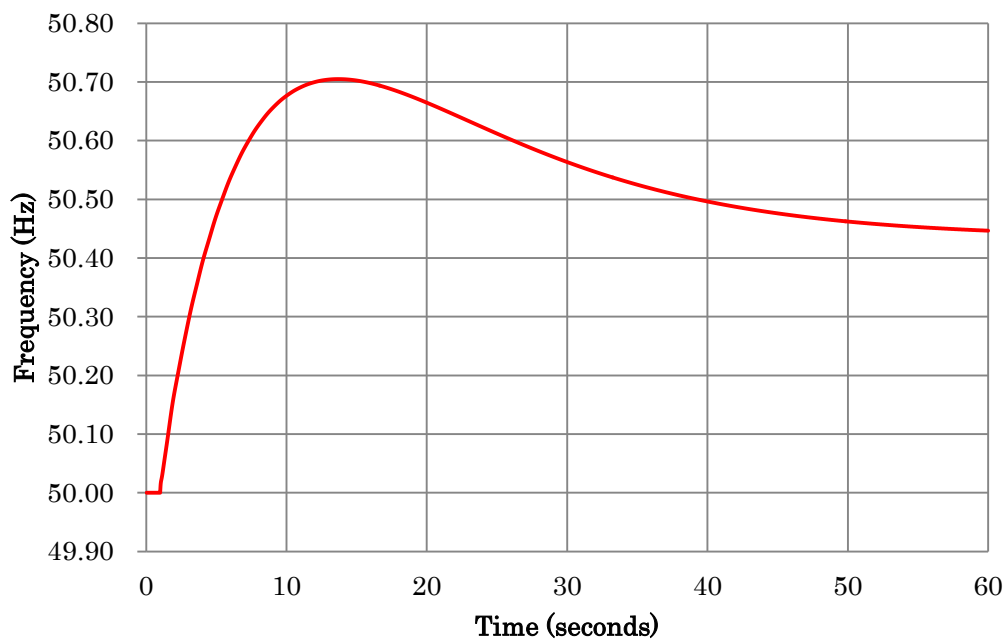
Figure 10.4.5-33 Maha PSPP 発電機 (1ユニット) 脱落



(2025年オフピーク、揚水、Kotmale接続、Maha単機容量150MW)

(出典：調査団作成)

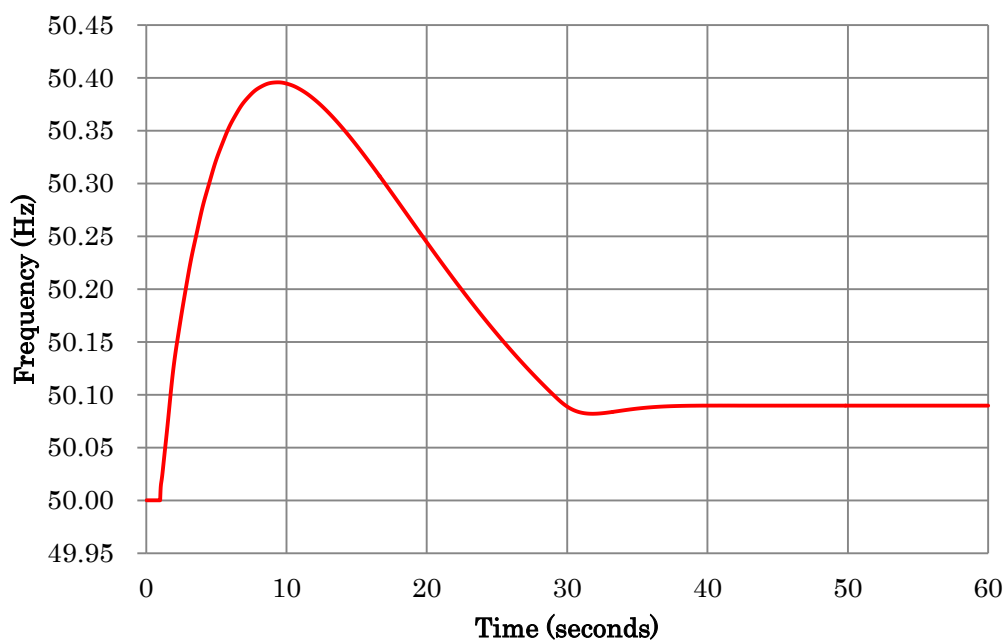
Figure 10.4.5-34 Maha PSPP 発電機 (1ユニット) 脱落



(2025年オフピーク、揚水、 π 分岐接続、Maha 単機容量 200MW)

(出典：調査団作成)

Figure 10.4.5-35 Maha PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落



(2025年オフピーク、揚水、 π 分岐接続、Maha 単機容量 150MW)

(出典：調査団作成)

Figure 10.4.5-36 Maha PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落

(4) 結論

- Maha 揚水発電所から 220kV-Low Loss ACSR/AS 550×2 導体の 2 回線で Kotmale に接続した場合、N-1 条件を考慮しても、過負荷、電圧基準の超過の問題は生じない。
- 送電線は既設の Kotmale – Kirindiwela 間の送電線に 4 回線で Maha 揚水発電所に引込む場合、N-1 条件を考慮しても、過負荷、電圧基準の超過の問題は生じない。
- 2025 年を想定した系統において、全てのケースで安定な運転が可能であることが確認された。
- 発電機(1 ユニット)脱落した場合は、周波数安定性の問題はみられない。但し、ガバナフリー運転を行う電源の運用と、今後開発される大型電源には周波数調整能力を有するガバナフリーの機能を具備することが推奨される。

10.4.6 概算工事費

Table 10.4.6-1 に Maha2 地点の概算工事費を示す。ここで示す工事費は、第 9 章候補地点の一次選定で算定した工事費と同様に、9.4.4 に示した条件に基づき算定したものである。対象とする発電計画は 10.2.3 に示すとおり、地形測量で得られた上ダム・下ダム地点の 1/5,000 地形図により見直したものとし、見直した計画に基づき土木工事数量、電気工事費を精査した。また、送電線工事費、建設中利子も含むものとした。

また、本地点は、単機出力 200MW×3 台案および 150MW×4 台案ともに適用範囲内であるため、両案の工事費を算定した。

Table 10.4.6-1 Maha 2地点の概算工事費

Item/Project	Maha 2		Remarks
	200 MW	150 MW	
	(US\$)	(US\$)	
1. Preparation and Land Acquisition	6,036,169	6,023,037	
2. Environmental Mitigation Cost	9,054,254	9,034,556	3. Civil Works * 3%
3. Civil Works	301,808,458	301,151,864	
4. Hydromechanical Works	52,106,510	52,409,718	
5. Electro-Mechanical Equipment	197,300,000	204,400,000	
6. Transmission Line	3,900,000	3,900,000	
Direct Cost	570,205,391	576,919,175	
7. Administration and Engineering Service	85,530,809	86,537,876	Direct Cost * 15%
8. Contingency	57,020,539	57,691,918	Direct Cost * 10%
9. Interest during Construction	38,346,313	38,797,815	$\Sigma(1,2,\dots,8)*0.4*i*T$
Total Cost	751,103,052	759,946,784	
Power Output	600,000	600,000	
USD per kW	1,252	1,267	
Notes; i: interest rate(=2.69%), T; Construction Period(=5years)			

(出典：調査団作成)

また、土木構造物の主な諸元は Table 10.4.6-2 に示すとおりである。

Table 10.4.6-2 Maha 2地点 主な土木構造物諸元

Maha 2	200MW	150MW
Upper Dam		
Type	Rockfill	Rockfill
Height * CrestLength	80m * 250m	79m * 250m
Volume	1,920,000m ³	1,847,000m ³
Lower Dam		
Type	Rockfill	Rockfill
Height * CrestLength	71m * 350m	68m * 350m
Volume	2,212,000m ³	2,036,000m ³
Headrace Tunnel		
Dia.*Length*lines	6.0m * 510m *1line	4.3m * 510m *2line
Penstock Tunnel		
Dia.*Length*lines	4.7m * 885m * 1line	3.3m * 889m * 2line
Tailrace Tunnel		
Dia.*Length*lines	6.6m * 1,000m * 1line	4.7m * 1,000m * 2line

(出典：調査団作成)

10.4.7 自然環境

(1) 上ダム/貯水池

1) 森林面積

森林はない。

2) 絶滅危惧種（植物）

Maha 2 上ダム/貯水池で、環境調査(1)では絶滅危惧種（植物）は記録されなかった。

3) 絶滅危惧種（動物）

Maha 2 上ダム/貯水池で環境調査(1)によって記録された絶滅危惧種（動物）を Table 10.4.7-1 に示す。

Table 10.4.7-1 Threatened Faunal Species at Maha Upper

GROUP	Family	Species	English Name	NCS	GCS
MOLLUSCS	Corillidae	Corilla adamsi		EN	
FRESHWATER CRABS	Parathelphusidae	Ceylonthelphusa rugosa		NT	LC
AMPHIBIANS	Rhacophoridae	Polypedates cruciger	Common hour-glass tree frog	LC	
REPTILES	Scincidae	Lankascincus fallax	Common lankaskink	LC	
		Lankascincus gansi	Gans'slankaskink	VU	
	Colubridae	Aspidura brachyorrhos	Boie'sroughside	VU	DD
	Natricidae	Xenochrophis asperrimus	The checkered keelback	LC	
	Viperidae	Trimeresurus trigonocephalus	Green pit viper	LC	
BIRDS	Phasianidae	Gallus lafayetii	Sri Lanka Junglefowl	LC	LC
	Ramphastidae	Megalaima flavifrons	Sri Lanka Yellow-fronted Barbet	LC	LC
	Bucerotidae	Ocyeros gingalensis	Sri Lanka Grey Hornbill	LC	LC
	Psittacidae	Loriculus beryllinus	Sri Lanka Hanging Parakeet	LC	LC

NOTE: refer to the note of Table 10.3.7-1.

(出典：調査団作成)

4) 生態系

Maha 2 上ダム/貯水池の主な生態系と特徴を Table 10.4.7-2 にまとめた。

Table 10.4.7-2 Ecosystems of Maha 2 Upper

生態系	特徴
水没地	
茶畑	当該サイトのほとんどの部分は茶畑である。茶畑の中に日陰を作る高木がある。水没面積の 81.6%。
荒廃地/低木	露頭とその周辺にある低木。水没面積の 4.6%。
その他	水没面積の残りの部分 (13.8%) は紅茶栽培地の従業員居住地。
バッファゾーン	
茶畑、荒廃地/低木、従業員居住地の他に、マツ植林地、低木、あまり発達していないホームガーデン、紅茶工場、事務所、学校がある。	
淡水生態系	
常に水がある川はなく、雨期など降水量が多いと流れができる沢がある。	

(出典：調査団作成)

(2) 下ダム/貯水池

1) 森林面積

水没によって直接影響を受ける森林面積は 2 次林が 3.1 ha、ホームガーデン（ゴムとの混合）が 16.3 ha、ゴム植林地が 0.9 ha、合計で 20.3 ha。水没する総面積は 23.7 ha で、森林の水没地に占める比率は 85.7%である（Table 10.4.8-4、Figure 10.4.8-2 を参照）。



当該サイトはほとんどがホームガーデンに覆われている。

ゴムノキが現金収入を得る木としてホームガーデンに植えられている。

(出典：調査団作成)

Figure 10.4.7-1 Forests at Maha Lower

2) 絶滅危惧種 (植物)

Maha 下ダム/貯水池で環境調査(2)によって記録された絶滅危惧種 (植物) を Table 10.4.7-3 に示す。

Table 10.4.7-3 Threatened Floral Species at Maha Lower

Family	Species	NCS	GCS
Anacardiaceae	<i>Semecarpus acuminata</i> *	VU	EN
Apocyanaceae	<i>Ochrosia oppositifolia</i>	VU	
Araceae	<i>Lagenandra praetermissa</i> *	LC	
Flacourtiaceae	<i>Chlorocarpa pentaschista</i> *	VU	
Lauraceae	<i>Cinnamomum zeylanicum</i> *	VU	
Lythraceae	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	NT	
Melastomataceae	<i>Osbeckia octandra</i> *	LC	
Moraceae	<i>Ficus trimenii</i>	VU	
Pandanaceae	<i>Pandanus ceylanicus</i>	VU	
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus myrtifolius</i> *	VU	
	<i>Antidesmum waitesianum</i>	VU	
	<i>Margaritaria indicus</i>	VU	
Poaceae	<i>Cyrtococcum deccanense</i>	VU	
Rhamnaceae	<i>Ziziphus rugosa</i>	NT	
Rubiaceae	<i>Ixora calycina</i>	VU	EN
Thymelaeaceae	<i>Gyrinops walla</i>	VU	

NOTE: refer to the note of Table 10.3.7-1.

(出典：調査団作成)

3) 絶滅危惧種 (動物)

Maha 下ダム/貯水池で環境調査 (2) によって記録された絶滅危惧種 (動物) を Table 10.4.7-4 に示す。

Table 10.4.7-4 Threatened Faunal Species at Maha Lower

Group	Family	Species	English Name	NCS	GCS
BEES	Apidae	<i>Apis cerana</i>		VU	
		<i>Apis dorsata</i>		EN	
	Megachilidae	<i>Megachile lanata</i>		VU	
MOLLUSCS	Ariophantidae	<i>Cryptozonia chenui</i> *		VU	
	Cyclophoridae	<i>Aulopoma grande</i> *		VU	
	Acavidae	<i>Acavus phoenix</i> *		NT	
DRAGONFLIES	Calopterygidae	<i>Vestalis apicalis</i> *	Black-tipped flashwing	VU	LC
	Cholorocyphidae	<i>Libellago adami</i> *	Adam's Gem	VU	
		<i>Libellago greeni</i> *	Green's Gem	EN	
	Euphaeidae	<i>Euphaea splendens</i> *	Shining Gossamerwing	NT	
	Protoneuridae	<i>Elatoneura centralis</i> *	Dark-glittering Threadtail	VU	
		<i>Prodasineura sita</i> *	Stripe-headed Threadtail	LC	
BUTTERFLIES	Papilionidae	<i>Troides darsius</i> *	Common birdwing / Ceylon birdwing	LC	
		<i>Papilio helenus</i>	Red helen	VU	
	Hesperiidae	<i>Sarangesa dasahara</i>	Common Small Flat	NT	
FRESHWATER CRABS	Gecarcinucidae	<i>Ceylonthelphusa rugosa</i> *		NT	LC
		<i>Perbrinckia scansor</i> *		EN	LC
FRESHWATER FISHES	Cyprinidae	<i>Garra ceylonensis</i> *	Stone sucker	VU	EN
		<i>Dawkinsia singhala</i> *	Filamented Barb	LC	LC
	Balitoridae	<i>Schistura notostigma</i> *	Banded mountain loach	NT	
	Channidae	<i>Channa orientalis</i> *	Smooth-Breasted snakehead	VU	
	AMPHIBIANS	Bufonidae	<i>Adenomus kelaartii</i> *	Kelaart's dwarf toad	VU
Dicroglossidae		<i>Fejervarya greenii</i> *	Sri Lanka paddy field frog	EN	EN
Ranidae		<i>Hylarana gracilis</i> *	Sri Lanka wood frog	LC	
		<i>Hylarana temporalis</i> *	Common wood frog	NT	
Rhacophoridae		<i>Polypedates cruciger</i> *	Common hour-glass tree frog	LC	
REPTILES		Gekkonidae	<i>Hemidactylus depressus</i> *	Kandyan gecko	LC
	Uropeltidae	<i>Rhinophis blythii</i> *	Blyth's earth snake	EN	
	Viperidae	<i>Trimeresurus trigonocephalus</i> *	Green pit viper	LC	
BIRDS	Phasianidae	<i>Gallus lafayetii</i> *	Sri Lanka Junglefowl	LC	LC
	Ramphastidae	<i>Megalaima flavifrons</i> *	Sri Lanka Yellow-fronted Barbet	LC	LC
	Psittacidae	<i>Loriculus beryllinus</i> *	Sri Lanka Hanging Parakeet	LC	LC
MAMMALS	Cercopithecidae	<i>Macaca sinica</i> *	Sri Lanka toque monkey	LC	EN
	Tragulidae	<i>Moschiola kathygre</i> *	Sri Lanka pigmy mouse-deer	VU	LC
	Sciuridae	<i>Ratufa macroura</i>	Giant squirrel	LC	NT

NOTE: refer to the note of Table 10.3.7-1.

(調査団作成)

4) 生態系

Maha 下ダム/貯水池の主な生態系と特徴を Table 10.4.7-5 にまとめた。

Table 10.4.7-5 Ecosystems of Maha Lower

生態系	特徴
水没地	
田	わずかに稲作が営まれている。水没面積の 0.2%。
ゴム植林地	ゴムノキのみが植林されている。水没面積の 4.8%。
ホームガーデン	水没地のホームガーデンではゴムノキが多く植えられている。複層的（キャノピー、中間層、低木）な構造を持つ。キャノピーは 20m ほどの高さである。水没面積の 68.8%。
2 次林	自然林が長期間の人による干渉によって変化した 2 次林で、当該サイトの 2 次林はほぼ 4 層（キャノピー、中間層、低木、林床）に分かれている。水没面積の 13.1%。
その他	露頭および小水力発電所がある。
バッファゾーン	
	田、ゴム植林地、ホームガーデン、2 次林の他、河畔林、低木、畑（野菜栽培）がある。河畔林はダムサイト下流にあり、3 層の構造を保っている。
淡水生態系	
	谷底を幅約 10m の川が流れている。そこに流れ込む支流がいくつかある。

（出典：調査団作成）

10.4.8 社会環境

(1) 上ダム/貯水池

1) 社会環境概要

環境調査(1)と(2)の結果を踏まえ、Maha 2 上ダム/貯水池の社会環境概要を Table 10.4.8-1 にまとめた。

Table 10.4.8-1 Social conditions at Maha 2 Upper

Name of site Characteristics	Maha 2 Upper dam/reservoir
Location	直接影響地域及びバッファゾーンは Narangala (GN)及び Podape (GN) Aranayake Divisional Secretariat, Kegalle District と、 Patithalawa (GN) Ganga Ihala Korale Divisional Secretariat of Kandy District に属する。
Demographic status of the GND	Narangala : 833 人、152 世帯、平均家族数 5.48 人 Patithalawa : 1,998 人、538 世帯、平均家族数 3.71 人 Podape : 971 人、273 世帯、平均家族数 3.56 人
The number of sampling social survey	社会調査未実施（Tea Estate より社会調査実施許可が得られなかったため）
Residence year of the family	該当なし
Ethnics and Religion	Narangala(GN): シンハラ人、インディアンタミル人、仏教徒、ヒンズー教、イスラム教、カソリック、クリスチャン Patithalawa(GN): シンハラ人及びインディアンタミル人、仏教徒、ヒンズー教

Name of site	Maha 2 Upper dam/reservoir
Characteristics	Podape(GN): シンハラ人及びムーア人、仏教徒、イスラム教
Accessibility to the proposed site	Gampola から Dolosbage までの国道 (B318) 11.75km を経て、Udahentenna Junction から Berawila 村までの紅茶園私有道路によりアクセス可能である。Patithalawa 村から Ingurugolla 紅茶園までの既設道路及びダムサイトまでの最後 0.75km は、建設時に拡幅などの整備が必要。
Number of those who to be resettled	直接的影響地域(現時点で移転の必要がある): 34 世帯(3 ラインハウス含む、84 人)水没。 バッファゾーンで間接的影響 (建設期間中一時的に移転、または田畑を失い生計手段を失う可能性がある) を受ける世帯: 14 世帯
Area of land to be acquired	15.24ha
Number of those who to be affected by losing livelihood	直接影響地域 34 世帯 3 ラインハウス(84 人)が生計手段を失う。
Major occupation	茶畑労働者
Impacts on public facilities	なし
Existence of poverty people	社会調査未実施のため情報なし
Existence of indigenous people	なし
Water Utilization	直接的影響地域での飲料及び灌漑による河川水利用なし。
Impacts on agriculture	茶畑
Non timber forest product Utilization	Tea Estate 内の 2 次林にて薪を収集。
Tourism	観光スポット、観光資源なし。
Religious, cultural and archeological heritages	直接的影響地域: ヒンズー寺 1 軒が水没。
Impacts on landscape	観光スポット、観光資源なし。
People's consciousness toward the proposed project	社会調査未実施のため情報なし。

(出典: 調査団作成)

2) 土地利用

上池水没予定地域の主な土地利用を Table 10.4.8-2 に示す。

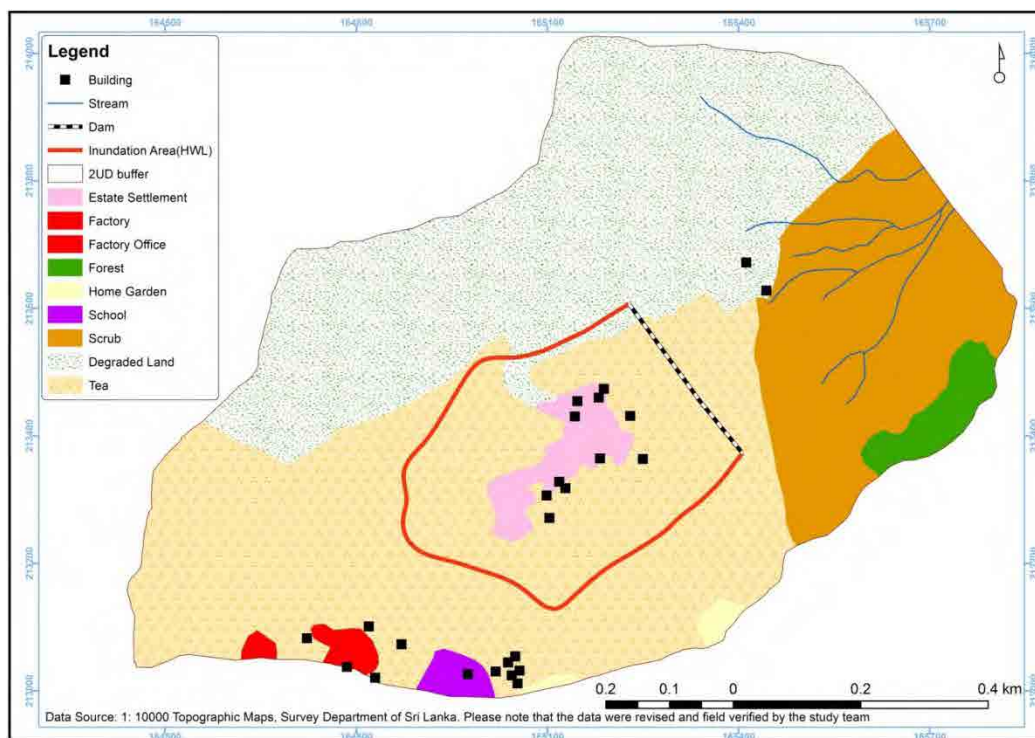
Table 10.4.8-2 Land use pattern of Maha 2 Upper

Land Use Type	Inundation Area (ha)	with Buffer (ha)
Estate Settlement	2.12	2.13
Factory	0.00	0.51
Factory Office	0.00	0.18
Forest	0.00	1.69
Scrub	0.00	14.83
Scrub & Degraded Land	0.73	31.39
Home Gardens	0.00	0.47
Schools	0.00	0.64
Tea	12.39	40.18
TOTAL	15.24	92.54

(出典: 調査団作成)

3) 家屋所在地及び土地利用図

直接影響地域及びバッファゾーンでの家屋所在地と土地利用を Figure 10.4.8-1 に示す。



(出典：調査団作成)

Figure 10.4.8-1 Land use pattern and locations of houses of the inundated area the Buffer Zone of Maha 2 Upper

(2) 下ダム/貯水池

1) 社会環境概要

環境調査(2)の結果を踏まえ、Maha 下ダム/貯水池の社会環境概要を Table 10.4.8-3 にまとめた。

Table 10.4.8-3 Social conditions at Maha Lower

Name of site	Maha Lower dam/reservoir
Characteristics	
Location	直接的影響地域は Arama (GN)と Deiyanwela(GN) Aranayake DS division in Kegalle District 及びに属す。 バッファゾーンは Arama(GN)と Deiyanwela(GN) Aranayake DS division in Kegalle District 及び Watakedeniya(GN) Ganga Ihala Korale DS division in Kandy District に属する。
Demographic status of the GND	Deiyanwela : 人口 1,013 人、337 世帯、平均家族数 : 3 人 Arama : 人口 811 人、270 世帯、平均家族数 : 3 人 Watakedeniya : 人口 1,817 人、605 世帯、平均家族数 : 3 人
The number of sampling social survey	The inundated area: 8 家屋 9 世帯(27 人) The buffer zone: 18 家屋 23 世帯(68 人)

Name of site Characteristics	Maha Lower dam/reservoir
Residence year of the family	The inundated area: 2 世帯は生まれた時から住んでいる。1960 年以降 2014 年の間に移住: 6 世帯 The buffer zone: 9 世帯は生まれたときから住んでいる。1960 年以降 2014 年の間に移住: 9 世帯
Ethnic and Religion	The inundated area: シンハラ人、仏教徒 The buffer zone: シンハラ人、仏教徒
Accessibility to the proposed site	Mawanella から Aranayake を通り、Arama までアクセス可能。水没予定の Asupiniella 小水力発電所までは私有道路が約 1.5km あり、アクセス可能であるが、建設にあたっては整備が必要である。
Number of those who to be resettled	直接的影響地域(現時点で移転の必要がある): 11 世帯 バッファゾーンで間接的影響(建設期間中一時的に移転、または田畑を失い生計手段を失う可能性がある)を受ける世帯: 88 世帯
Area of land to be acquired	23.52ha
Number of those who to be affected by losing livelihood	直接的影響地域 11 世帯が生計手段を失う
Major occupation	民間雇用者、農業、政府雇用者、日雇い労働者
Impacts on public facilities	なし
Existence of poverty people	水没予定世帯数 11 軒中 3 軒が Samurdhi (政府補助生計支援)を受けている。
Existence of indigenous people	なし
Water Utilization	飲料、灌漑用水、小水力発電 2 施設による河川利用あり
Impacts on agriculture	森林、水田、ゴムプランテーション、ホームガーデンでのゴム栽培
Non timber forest product Utilization	The inundated area: 300m 先のホームガーデンより薪収集 The buffer zone: 1km 先のホームガーデンより薪収集
Impacts on tourism	ダムサイトから直線距離で約 2 km 上流に全国的に有名な滝がある。
Religious, cultural and archeological heritages	直接的影響地域: なし バッファゾーン: 仏教寺 1 軒、墓あり
Impacts on landscape	予定貯水池より直接距離約 2 キロ上流に滝が見える。
People's consciousness toward the proposed project	直接影響地域内でのインタビュー回答者 8 人中 7 人が当該案件に関して、地域のインフラ整備がされる、雇用機会が増える等便益を認めているが、プロジェクトが自分の地域に来ることには反対、住居移転、職業が変わるのには反対と回答している。

(出典: 調査団作成)

2) 土地利用

下ダム/貯水池水没予定地域の主な土地利用を Table 10.4.8-4 に示す。

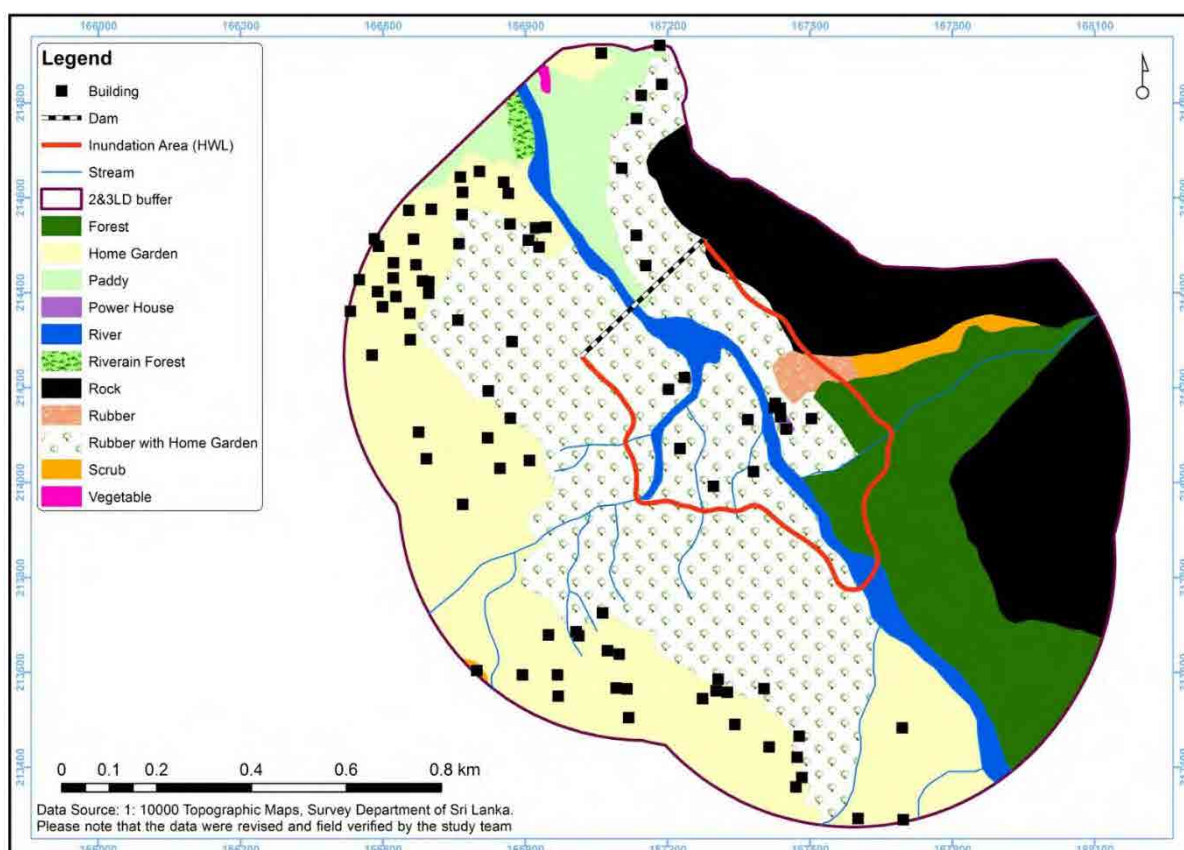
Table 10.4.8-4 Land use pattern of Maha Lower

Land Use Type	Inundation Area (ha)	with Buffer (ha)
Forest	3.13	24.05
Home Garden without rubber	0.00	48.56
Paddy	0.05	7.26
Power House	0.15	0.15
River	3.07	6.30
Riverine Forest	0.00	0.60
Rock	0.22	32.85
Rubber	0.87	1.21
Rubber with Home Garden	16.25	63.59
Scrub	0.00	1.44
Vegetable	0.00	0.11
TOTAL	23.52	186.12

(出典：調査団作成)

3) 家屋所在地及び土地利用図

直接影響地域及びバッファゾーンでの家屋所在地と土地利用を Figure 10.4.8-2 に示す。



(出典：調査団作成)

Figure 10.4.8-2 Land use pattern and locations of houses of the inundated area the Buffer Zone of Maha Lower

10.5 Maha 3 計画

10.5.1 計画概要

本地点は、新たに見出した Maha 2 上池の代替地点 (Maha 2 上池より南に約 2km) に上池ダムを、Maha 川に下池ダムを、それぞれ設置し、その間に得られる落差を用いる 600MW、等価ピーク継続時間 6.0 時間の揚水発電計画である。本地点は、単機出力 200MW×3 台案、単機出力 150MW×4 台案の 2 計画を立案した。基準有効落差、最大使用水量はそれぞれ 486.40m、487.40m、最大使用水量 148.09m³/s、147.78m³/s となる。

水路水平延長 L(m)と総落差 H(m)の比は、L/H=4.6 である。

10.5.2 地質

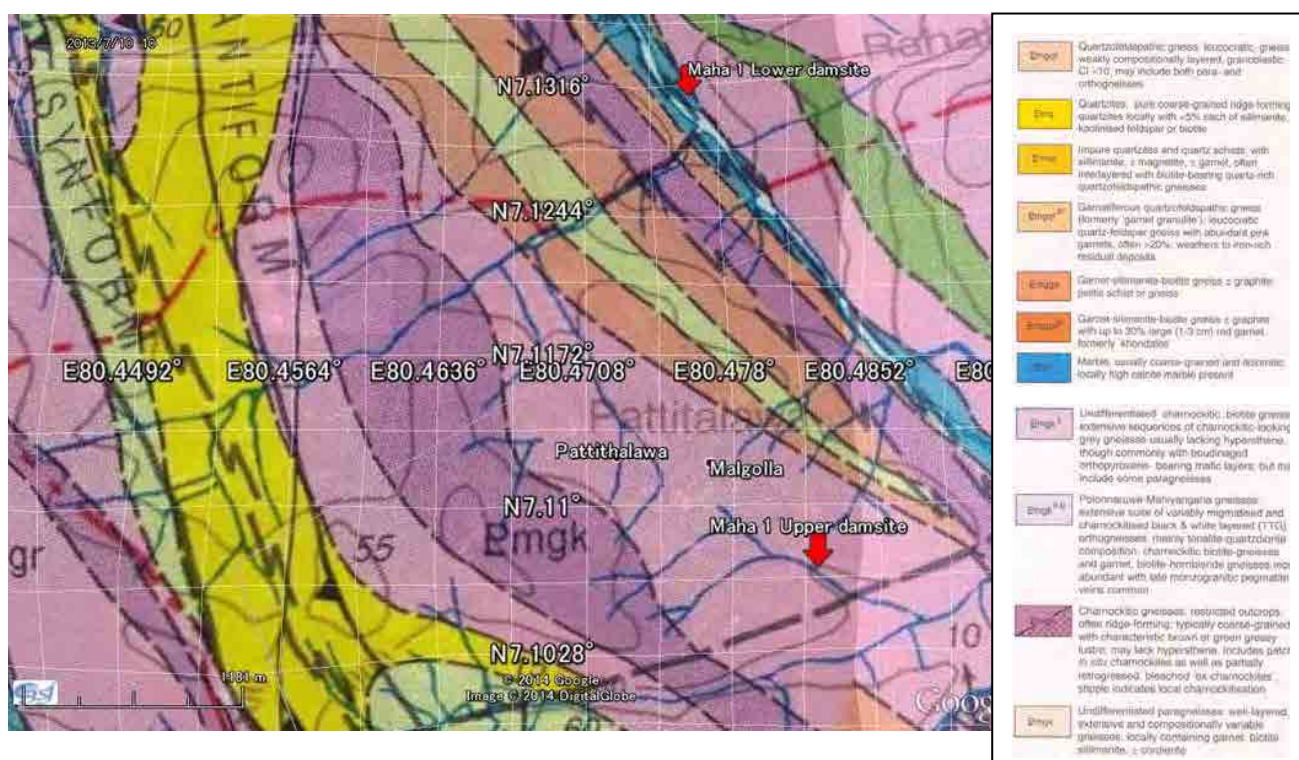
(1) 概要

Maha 3 地点は Maha2 近傍で計画され、下池を共有、上池を Maha 2 上池の SE 側に計画しているものである。従って、既往地質図から基本的には Maha2 同様に NW-SE 系背斜軸北翼に位置し、NW-SE、NE 傾斜の単斜構造を呈していると考えられている。

地質岩種は全般に片麻岩から構成される。

本調査の結果から、実際に本地点の地質は片麻岩、既往調査による単斜構造 (NW-SE、NE 傾斜) であることが検証された。

既往地質図 (1:100,000) よる地質を Figure 10.5.2-1 に示す。

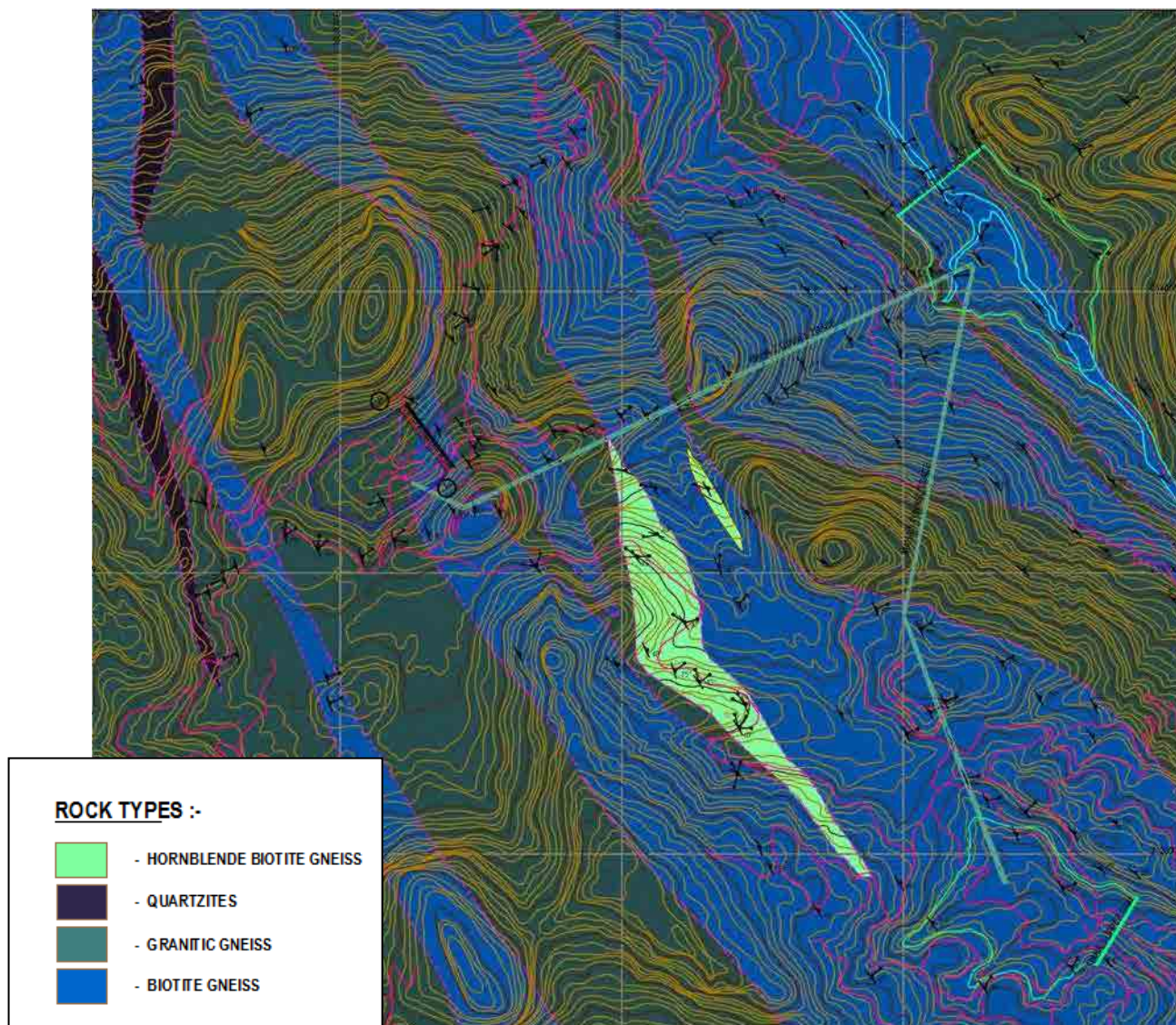


(出典 : Geological Survey and Mines Bureau , Sri Lanka)

Figure 10.5.2-1 Maha3 既往地質図による地質状況 (1:100,000)

(2) 地質調査結果

再委託調査により実施、編集した地表地質図 (1:10,000)を Figure 10.5.2-2 に示す。主要な結果は下記のとおりである。



(出典：調査団作成)

Figure 10.5.2-2 Maha 3 地表地質調査結果 (1:10,000)

上池地点は SE 側に開けた開放谷に位置し、貯水池はダム NW 側に位置し、NW、SW 方向より小河川が流れ込む開けた盆状凹地を形成している。ダム軸部の両岸は右岸 30-40 度、左岸 15-20 度の勾配である。水路は NNW 方向から NNE に曲折、ほぼ堅硬な山岳部地下を通過する。NE-SW 系小河川沿いのリニアメントが 2 本水路を横断している。下池は Maha2 共通地点である。

地表調査の結果、全域の地質構造は既往地質図(1:100,000)と整合的することが確認された。主な岩種は黒雲母片麻岩で、一部花崗岩片麻岩を水路途中に挟在している。地表部は大半が岩

石起源風化残留土で被覆されているが表土厚は薄い。両岩種ともに塊状かつ亀裂が少ない。基本的な層理構造は NW-SE、NE 中傾斜で既往地質図（100,000）の背斜北翼とする見解を裏付けている。

空中写真から NW-SE 系のリニアメントが河川沿い、ダム軸を交差する方向に連続するが破碎等の兆候は確認できなかった。

(3) 地質工学的評価

1) 上池ダム

本地点の基礎は弱風化（slightly weathered）～新鮮な黒雲母片麻岩から構成されるが、右岸部ではやや風化（moderately weathered）している。地表部では砂質、粘土質風化残留土が被覆するが、左岸ダム端部直上部では広く崖錐が分布しており風化残留土に上載している。

黒雲母片麻岩は塊状、亀裂も少なく（間隔 3m）、基盤表面で基本的に岩盤分類で CH 級（一部 CM）に該当する。風化残留土は 1-2m 程度で基盤に達し全般には薄い。左岸崖錐は 1-3m で HWL 直上だが非常に緩く、大きな影響はないと推定している。

全体の層理面は N30-40W、30-40 NE 傾斜で、ダム軸に対し左岸側、やや下流傾斜となるが大きな問題とはならない。空中写真からリニアメントが谷方向(NW-SE)に抽出されたが、表層土もあったものの露頭に破碎等の断層兆候は認められなかった。

2) 上池貯水池

全域を黒雲母片麻岩から構成しており、表層を風化残留土および崩積土が水没域全域を覆っている。厚さは薄く 1-2m である。左岸沿いに崖錐が約 300m に渡り分布するが 1-5m の厚さであり、一部で HWL に触れる。これらについては今後、安定性評価を検討する必要がある。

3) 水路

全長約 2.5km で ダム地点より NNW 方向に計画。

主要岩種は黒雲母片麻岩である。花崗岩片麻岩が調圧水槽地点下流約 200m に露頭しているが新鮮塊状な性状を呈している。両岩種ともに新鮮～弱風化（slightly weathered）露頭を現し、塊状かつ亀裂が少ない。ほとんどの水路予定ルート上で風化残留土が表層を覆うが 1m と薄い。全般に層理面は N30-40W、30-40 NE 傾斜であり、水路とおおむね平行に位置しているため、掘削上は不利であり好ましい方向ではない。

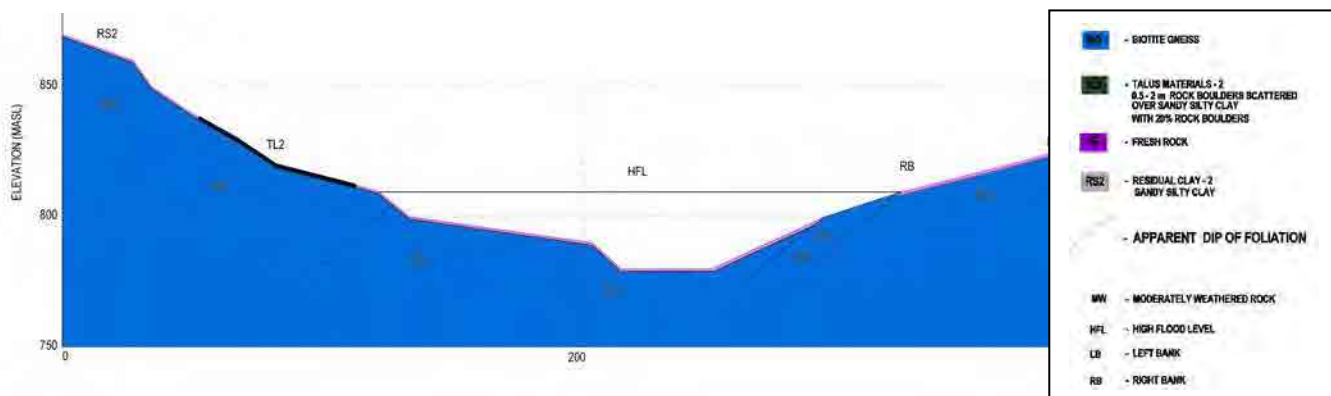
水路深度での岩盤は全体に CH 級とみなせ、さらに地下発部を含む水圧管路以降では CH-B 級と推定される。水路は途中 NE-SW 系リニアメント 2 本と交差するが、峡谷は大きく浸食されておらず、現状では大きな問題は想定していない。

4) 地下発電所

地下発電所地点の地質は黒雲母片麻岩である。地表部でも風化していない。全般に CH-B 級岩盤と推定され、特段の地質上の問題は予想されない。

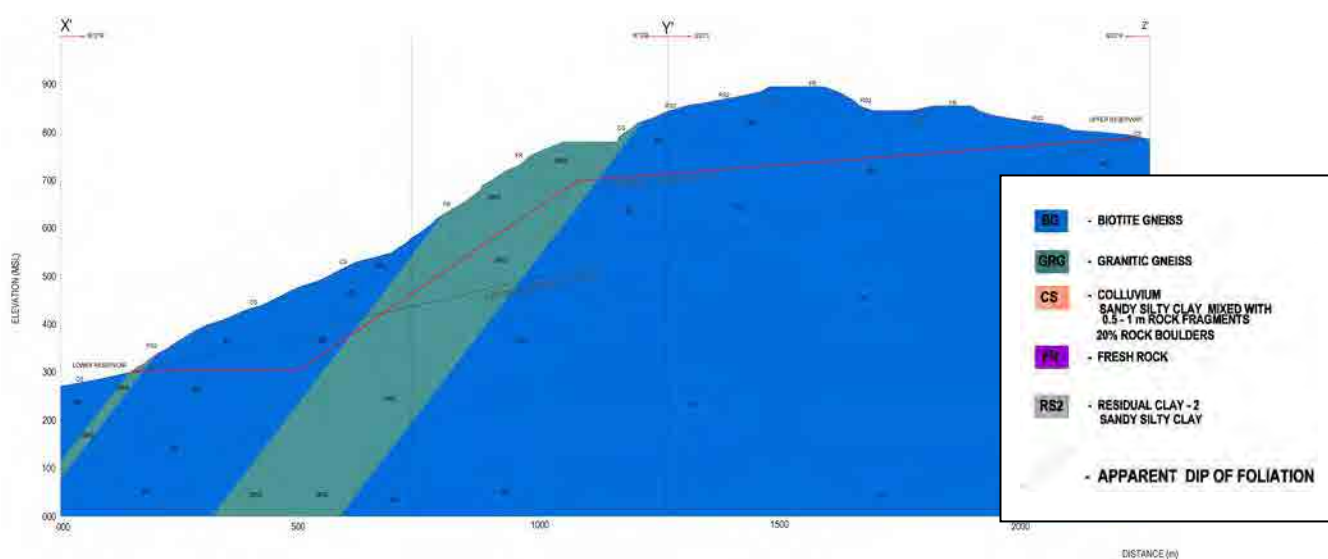
- 5) 下池ダム
- 6) 下池貯水池

Maha 2 計画と同一の下池の計画であり、10.4.2 を参照のこと。



(出典：調査団作成)

Figure 10.5.2-3 Maha 3 上池ダム軸地質断面 (1:10,000)



(出典：調査団作成)

Figure 10.5.2-4 Maha 3 水路地質断面 (1:10,000)

10.5.3 建設工事の施工性

本地点は、下池ダムは Maha2 計画と同一であり、上池も Maha2 計画の近傍であることから、全般的な計画地点へのアクセスは Maha2 計画と同様である。そのうち上ダムエリアへのアクセス、上ダムエリア内のアクセスは、既設道路がダム軸河床付近や貯水池周辺にあり、アクセスの条件は非常に良好である。上ダムエリア～下ダムエリアのアクセスは、新たな道路を建設することになるが、技術的な困難や制約は想定されない。水路ルート上には、民家等はほとんどなく、各作業トンネルのレイアウトも容易と考えられる。

仮設用地の確保の点では、上池ダムエリア、下池ダムエリアともに地形は緩やかであり、容易であると判断される。

利用水深は、上ダムで 19.6m、下ダムで 16.6m であり問題となるレベルではない。

10.5.4 接続送電線

発電所、開閉所は Maha 2 計画とほとんど同じ位置に計画されることとなり、現在検討段階ではほとんど差異は生じないことから、Maha 3 計画と同一の接続送電線計画とした。接続送電線の検討内容については 10.4.4 を参照のこと。

10.5.5 系統安定

10.5.4 で述べたとおり、接続送電線計画は Maha2 計画と同一となる。また、発電計画も単機出力も 200MW×3 台案と 150MW×4 台案と同一であることから、Maha2 計画の系統影響とほとんど差異を生じない。系統安定の検討内容に関しては、10.4.5 を参照のこと。

10.5.6 概算工事費

Table 10.5.6-1 に Maha3 地点の概算工事費を示す。ここで示す工事費は、第 9 章候補地点の一次選定で算定した工事費と同様に、9.4.4 に示した条件に基づき算定したものである。対象とする発電計画は 10.2.3 に示すとおり、地形測量で得られた上ダム・下ダム地点の 1/5,000 地形図により見直したものとし、見直した計画に基づき土木工事数量、電気工事費を精査した。また、送電線工事費、建設中利子も含むものとした。

また、本地点は、単機出力 200MW×3 台案および 150MW×4 台案ともに適用範囲内であるため、両案の工事費を算定した。

Table 10.5.6-1 Maha3地点の概算工事費

Item/Project	Maha 3		Remarks
	200 MW (US\$)	150 MW (US\$)	
1. Preparation and Land Acquisition	4,887,708	4,870,124	
2. Environmental Mitigation Cost	7,331,563	7,305,186	3. Civil Works * 3%
3. Civil Works	244,385,420	243,506,210	
4. Hydromechanical Works	56,516,012	57,088,153	
5. Electro-Mechanical Equipment	193,400,000	200,200,000	
6. Transmission Line	3,900,000	3,900,000	
Direct Cost	510,420,703	516,869,673	
7. Administration and Engineering Service	76,563,105	77,530,451	Direct Cost * 15%
8. Contingency	51,042,070	51,686,967	Direct Cost * 10%
9. Interest during Construction	34,325,792	34,759,485	$\Sigma(1,2,\dots,8)*0.4*i*T$
Total Cost	672,351,670	680,846,576	
Power Output	600,000	600,000	
USD per kW	1,121	1,135	
Notes; i: interest rate(=2.69%), T; Construction Period(=5years)			

(出典：調査団作成)

また、土木構造物の主な諸元は Table 10.5.6-2 に示すとおりである。

Table 10.5.6-2 Maha 3 地点 主な土木構造物諸元

Maha 3	200MW	150MW
Upper Dam		
Type	Rockfill	Rockfill
Height * CrestLength	61m * 275m	60m * 275m
Volume	1,163,000m ³	1,127,000m ³
Lower Dam		
Type	Rockfill	Rockfill
Height * CrestLength	68m * 350m	65m * 350m
Volume	2,035,000m ³	1,867,000m ³
Headrace Tunnel		
Dia.*Length*lines	5.7m * 1,100m * 1line	4.0m * 1,100m * 2line
Penstock Tunnel		
Dia.*Length*lines	4.4m * 979m * 1line	3.1m * 983m * 2line
Tailrace Tunnel		
Dia.*Length*lines	6.2m * 500m * 1line	4.4m * 500m * 2line

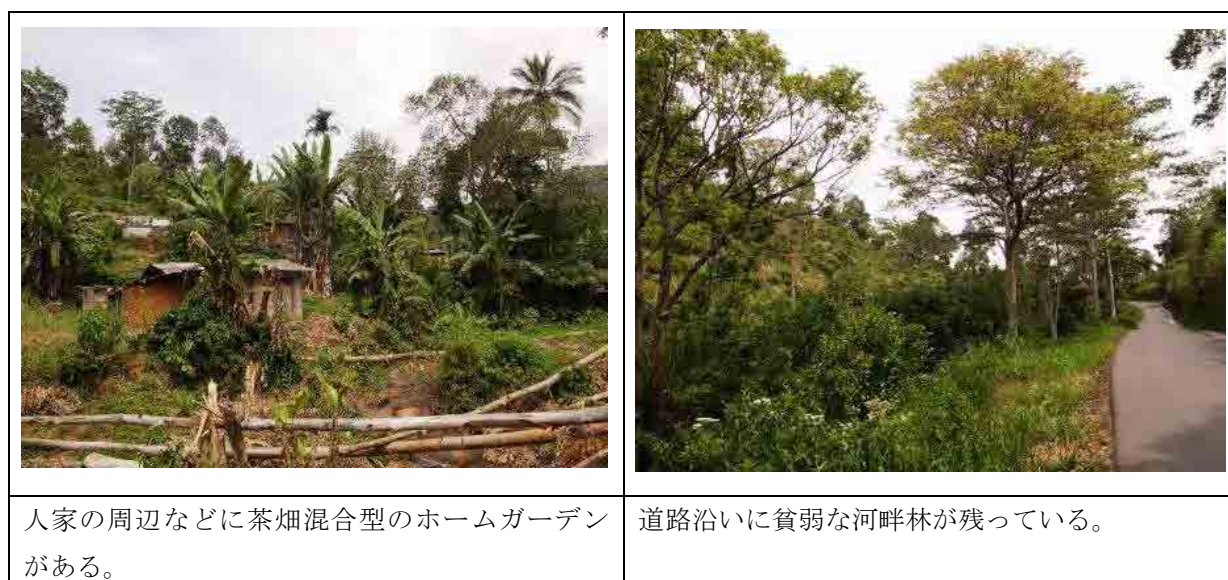
(出典：調査団作成)

10.5.7 自然環境

(1) 上ダム/貯水池

1) 森林面積

水没によって直接影響を受ける森林面積は河畔林が 0.06 ha、ホームガーデン（茶畑との混合）が 6.1 ha、合計で 6.2 ha。水没する総面積は 23.2 ha で、森林の水没地に占める面積は 26.7%である（Table 10.5.8-2、Figure 10.5.8-1 を参照）。



(出典：調査団作成)

Figure 10.5.7-1 Forests at Maha 3 Upper

2) 絶滅危惧種（植物）

Maha 3 上ダム/貯水池で環境調査(2)によって記録された絶滅危惧種(植物)を Table 10.5.7-1 に示す。

Table 10.5.7-1 Threatened Floral Species at Maha 3 Upper

Family	Species	NCS	GCS
Campanulaceae	Lobelia leschenaultiana	VU	
Lauraceae	Cinnamomumzeylanicum*	VU	

NOTE: refer to the note of Table 10.3.7-1.

(出典：調査団作成)

3) 絶滅危惧種（動物）

Maha 3 上ダム/貯水池で環境調査 (2) によって記録された絶滅危惧種 (動物) を Table 10.5.7-2 に示す。

Table 10.5.7-2 Threatened Faunal Species at Maha 3 Upper

Group	Family	Species	English Name	NCS	GCS
BEES	Apidae	Apis cerana		VU	
		Apis dorsata		EN	
	Megachilidae	Megachile lanata		VU	
BUTTERFLIES	Papilionidae	Troides darsius *	Common birdwing	LC	
FRESHWATER CRABS	Gecarcinucidae	Ceylonthelphusa rugosa*		NT	LC
FRESHWATER FISHES	Cyprinidae	Garra ceylonensis*	Stone sucker	VU	EN
AMPHIBIANS	Ranidae	Hylarana temporalis *	Common wood frog	NT	
REPTILES	Gekkonidae	Hemidactylus depressus *	Kandyan gecko	LC	LC
BIRDS	Ramphastidae	Megalaima flavifrons *	Sri Lanka Yellow-fronted Barbet	LC	LC
	Psittacidae	Loriculus beryllinus *	Sri Lanka Hanging Parakeet	LC	LC
	Timalidae	Pellorneum fuscicapillus*	Sri Lanka Brown-capped Babbler	LC	LC
MAMMALS	Cercopithecidae	Macaca sinica *	Sri Lanka toque monkey	LC	EN
	Sciuridae	Ratufa macroura	Giant squirrel	LC	NT

NOTE: refer to the note of Table 10.3.6-1.

(出典：調査団作成)

4) 生態系

Maha 3 上ダム/貯水池の主な生態系と特徴を Table 10.5.7-3 にまとめた。

Table 10.5.7-3 Ecosystems of Maha 3 Upper

生態系	特徴
水没地	
田	谷底部分で比較的傾斜が緩やかな場所に遺棄された田があり、草本などが生えている。水没地の 13.1%。
茶畑	単一の紅茶会社によって管理されているのではなく、個々の世帯が管理している。遺棄、貧弱な管理、適切な管理と世帯によって管理の度合いが違っている。水没地の 59.2%。
ホームガーデン	茶畑と混合しているホームガーデンがあるが、複層的な構造は発達していない。水没地の 4.3%。
低木	茶畑の間などにある。面積は 0.25 ha。
河畔林	当該サイトでは、人による干渉（農業活動や採取など）が多く、沢沿いわずかに 2 次林のような形で残っている。面積は 0.06ha。
バッファゾーン	
田、茶畑、低木、河畔林の他に、マツ植林地がある。	
淡水生態系	
常に水がある川はなく、雨期など降水量が多いと流れができる沢がある。	

(出典：調査団作成)

(2) 下ダム/貯水池

Maha 2 と共通の下ダム/貯水池であり、調査内容については 10.4.7 を参照のこと。

10.5.8 社会環境

(1) 上ダム/貯水池

1) 社会環境概要

環境調査(2)の結果を踏まえ、Maha 3 上ダム/貯水池の社会環境概要を Table 10.5.8-1 にまとめた。

Table 10.5.8-1 Social conditions at Maha 3 Upper

Name of site	Maha 3 Upper dam/reservoir
Characteristics	
Location	直接的影響地域及びバッファゾーンは Patithalawa(GN) Ganga Ihala Korale DS division in Kandy District に属する。
Demographic status of the GND	Patithalawa: 人口 2,140 人、535 世帯、平均家族数 4 人
The number of sampling social survey	The inundated area: 25 軒 29 世帯(96 人) The buffer zone: 7 軒 8 世帯 (26 人)
Residence year of the family	The inundated area: 8 軒は生まれたときから住んでいる。17 軒は 2001 年以降 2014 年の間に移住してきた。 The buffer zone:7 軒が 2001 年以降 2014 年現在までに移転してきた。
Ethnic and Religion	The inundated area: シンハラ人、インディアンタミル人、仏教徒、ヒンズー教

Name of site	Maha 3 Upper dam/reservoir
Characteristics	
Accessibility to the proposed site	The buffer zone: シンハラ人、インディアンタミル人、仏教徒、ヒンズー教 Gampola から Dolosbage まで国道 (B318) を通り、Udahentenna Junction から 7.5km で Patithalawa 村の Malgolla Estate にたどり着く。建設時には既設道路の拡幅が必要である。
Number of those who to be resettled	直接的影響地域(現時点で移転の必要がある): 28 軒 29 世帯 (112 人) バッファゾーンで間接的影響 (建設期間中一時的に移転、または田畑を失い生計手段を失う可能性がある) を受ける世帯: 27 世帯 (108 人)
Area of land to be acquired	23.22ha
Number of those who to be affected by losing livelihood	直接的影響地域 29 世帯が生計手段を失う
Major occupation	日雇い労働者、民間雇用者
Impacts on public facilities	既設道路の一部が水没
Existence of poverty people	水没予定世帯数 28 軒中 7 軒が Samurdhi (政府補助生計支援) を受けている。
Existence of indigenous people	なし
Water Utilization	飲料、畑に河川利用あり
Impacts on agriculture	茶畑及びホームガーデン
Non timber forest product Utilization	The inundated area: ホームガーデンより薪収集 The buffer zone: ホームガーデンより薪収集
Impacts on tourism	なし
Religious, cultural and archeological heritages	直接的影響地域: 墓があり
Impacts on landscape	なし
People's consciousness toward the proposed project	直接影響地域内でのインタビュー回答者 25 人中 14 人が当該案件を知らないと回答。当該プロジェクトが住民の生計向上に寄与するならば、案件に支持する、但し移転は望まないと回答している。 プロジェクトの便益として、地域発展、雇用機会、水供給が整備される、新しい土地が提供される、不利益として、土地を失う、地滑りが増える、収入が減ると回答している。 直接的影響地域及びバッファゾーンでインタビューを受けた 32 人中 18 人は現在の職業を変えたいと思ったことはなく、12 人は民間雇用、自営業等に転職したいと回答している。

(出典: 調査団作成)

2) 土地利用

上ダム/貯水池水没予定地域の主な土地利用を Table 10.5.8-2 に示す。

Table 10.5.8-2 Land use pattern of Maha 3 Upper

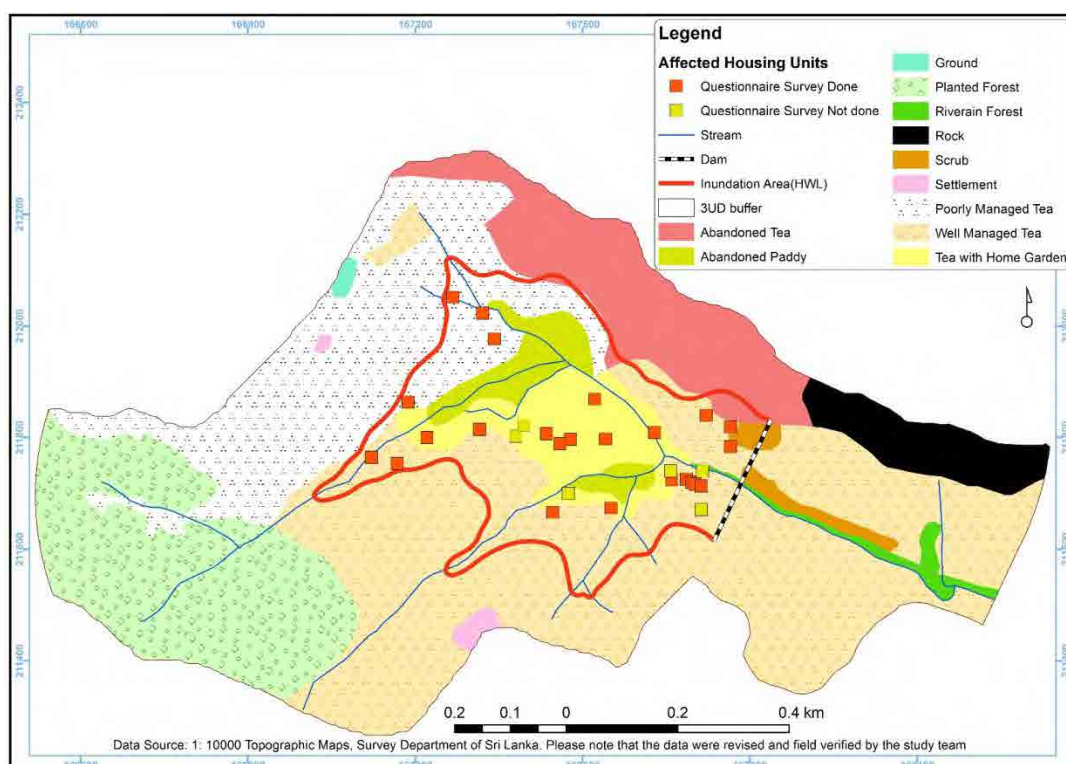
Land Use Type	Inundation Area (ha)	with Buffer (ha)
Abanded Tea Land	0.52	10.20
Abandoned Paddy	3.05	3.05
Ground	0.00	0.21
Planted Forest	0.00	16.55
Riverine Forest	0.06	1.08
Rock	0.00	3.81

Land Use Type	Inundation Area (ha)	with Buffer (ha)
Scrub	0.25	1.07
Settlement	0.00	0.45
Poorly Managed Tea	4.03	20.04
Well Managed Tea	9.18	42.60
Tea with Home Garden	6.12	6.12
TOTAL	23.23	105.18

(出典：調査団作成)

3) 家屋所在地及び土地利用図

直接影響地域及びバッファゾーンでの家屋所在地と土地利用を Figure 10.5.8-1 に示す。



(出典：調査団作成)

Figure 10.5.8-1 Land use pattern and locations of houses of the inundated area the Buffer Zone of Maha 3 Upper

(2) 下ダム/貯水池

Maha 2 と共通の下ダム/貯水池であり、調査内容については 10.4.8 を参照のこと。

10.6 Loggal 計画

10.6.1 計画概要

本地点は、Loggal 川左岸の支川 Kekale 川に上ダムを、その西側を北流する Loggal 川支川の Katugaha Kandura 川に下池ダムを設置し、その間に得られる落差を利用する 600MW の揚水発電

計画である。基準落差 561.76m、最大使用水量 128.22m³/s、等価ピーク継続時間は 6.0 時間である。

水路水平延長 L (m) と総落差 H (m) の比は、L/H=6.5 である。

本地点では、10.2.1、10.2.2 等で述べたとおり、現地再委託により行った環境調査(2)に対して、地域住民の一部より強い反対があり、1/5,000 地形測量および地質調査の実施を見送った。従って、揚水発電計画の見直し・精査は実施できず、上に述べた計画概要は、9 章のものと同一のものである。また、環境調査(2)についても、地元の同意を得た後、調査は再開できたが、調査内容の一部を減じたものとしたので、他地点と比較して調査精度は劣るものとなっている。

単機容量 200MW×3 台案、単機容量 150MW×4 台案の両者とも適用可能であるが、単機容量 150MW 案については、適用限界の境界線付近にプロットされる結果を得た。(10.2.4 参照)

10.6.2 地質

本地点は、10.2.2 に述べたとおり地形・地質調査 (1) は実施していないことから、地質評価に関しては候補地点の一次選定での評価 (9.5.11 (2) 参照) を適用した。

10.6.3 建設工事の施工性

Loggal 地点へのアクセスについては、9.5.11 (4) で述べたとおり、上ダムエリアのアクセスは、最終 10km 程度、狭隘、急峻、未舗装の間道を通過する必要があるため、建設工事のためには大部分改良が必要である。下ダムエリアに関しては、既設道路からのアクセスは容易である。両ダム共に、ダムエリア内の地形は緩やかであり、工事用の道路新設は容易。上ダム、下ダム間のアクセスは、前述のとおり既設道路の 10km 程度の改良が必要となる。

仮設用地の確保に関しては、上ダムエリア、下ダムエリアともに緩やかな地形であり、活用できる土地は多い。

地下発電所アクセストンネルの延長は、1,600m と見積もられ、有力候補地点中最長である。

利用水深は、上ダム、下ダムでそれぞれ 11m、27m であり、下ダムは一般的な上限である 30m に近い。

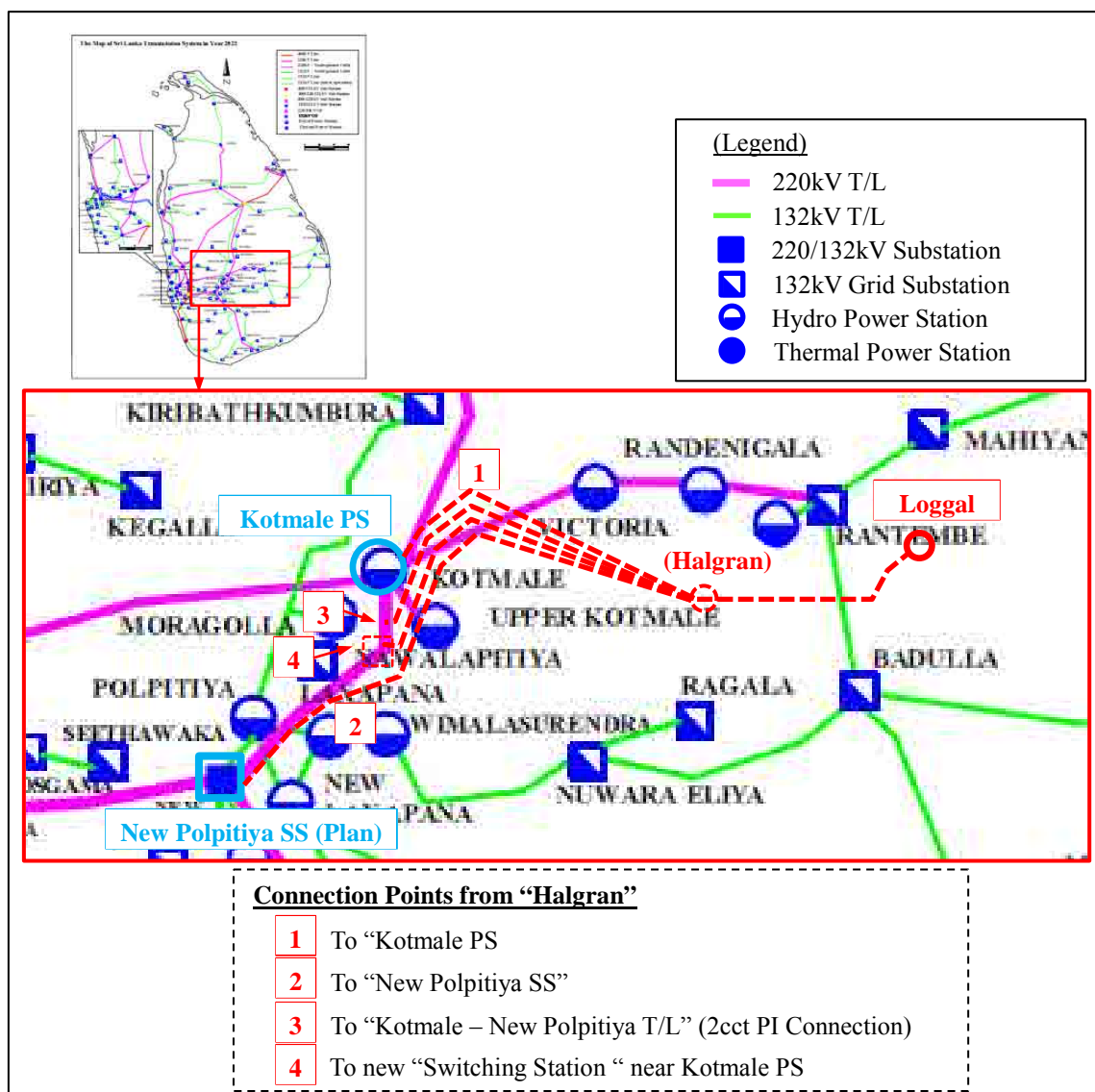
10.6.4 接続送電線

(1) 系統接続点

スリランカ国内の送電系統及び将来の拡張計画を参照し、今回提案する揚水発電所からの送電線の接続点の検討を行った。系統容量と潮流の状況から、「Kotmale 発電所以西の系統点」に接続する必要があると判明した。また、132kV 系統では十分な送電容量が確保できないため、220kV 以上の系統に接続する必要がある。

上記を考慮し、Loggal 地点からの接続点を検討した結果、下記 i)～iv) の案を選定した。Figure 10.6.4-1 に位置関係を示す。

- i) Kotmale PS への接続
- ii) New Polpitiya SS への接続
- iii) Kotmale～New Polpitiya 間 T/L への π 接続
- iv) Kotmale PS 付近に開閉所を新設し、その開閉所へ接続



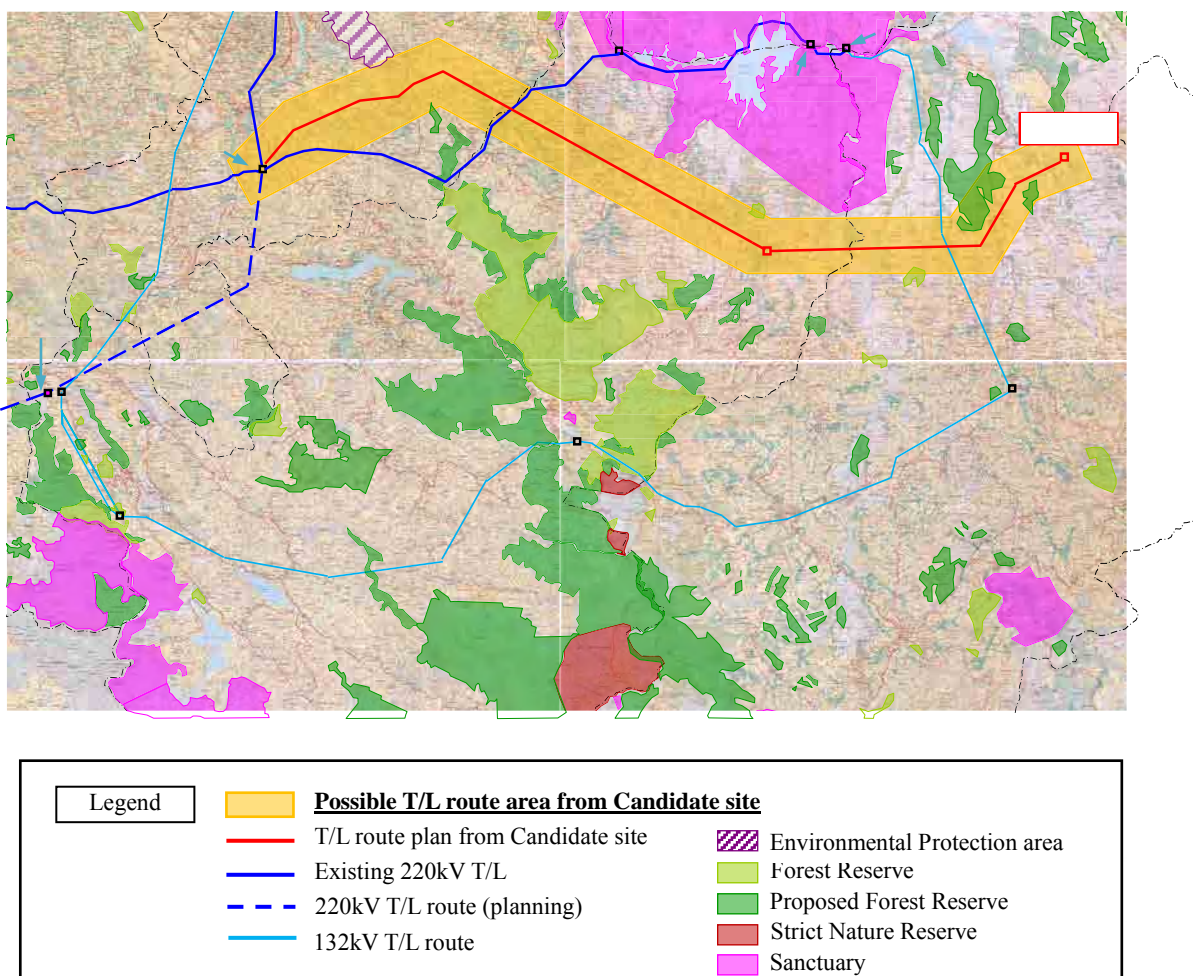
(出典：調査団作成)

Figure 10.6.4-1 Connection Points from "Loggal"

(2) 送電線ルート

周辺の環境保護地域を考慮し、Loggal 地点から各系統接続点への概略送電線ルートについて検討を行った。

Figure 10.6.4-2 に、「Loggal 地点～接続点」周辺の環境保護地域及び概略送電線ルート案を示す。



(出典：調査団作成)

Figure 10.6.4-2 Transmission Line Route Plan from “Loggal”

Loggal から最も近い 220kV 系統は Rantembe PS～Randenigala PS～Victoria PS～Kotmale PS 間 T/L となる。しかし、この送電線は、今回提案する揚水発電所からの送電線を接続するには容量不足となる。

また、Rantembe PS～Randenigala PS～Victoria PS 付近は「Sanctuary」に指定されていること、及び Victoria PS～Kotmale PS 間には「Forest Reserve」があることから、既設送電線の増容量化工事の実施や、Victoria PS, Randenigala PS, Rantembe PS への引込送電線の建設は困難である。

このため、Kotmale PS 付近への接続が、最も近い接続点候補となる。

(3) Kotmale PS への接続についての留意事項

Halgran3 と同様の留意が必要である。検討内容については 10.3.4 (3)参照のこと。

(4) Loggal 地点から送電線ルートと接続点の評価

各「送電線ルートと接続点」案の評価を下記に記載する。

i) Kotmale PS への接続

Kotmale PS が最も近い接続点候補で、延長 65km×1 ルートである。

しかし、Kotmale 発電所のスイッチヤードは、10.2.5 に記載のように、現状のレイアウトでは、新規送電線を接続するスペースが無いという点が問題となる。この点に関して、前述したように何らかの解決策が取られる必要がある。

Kotmale PS のスイッチヤードのレイアウト上の問題が解決されない場合は、送電線の建設費用に加え、スイッチヤードのレイアウト変更費用を考慮して考える必要があり、この費用は高額になることが予想される。

ii) New Polpitiya SS への接続

New Polpitiya SS に接続する案で、延長 85km×1 ルートである。

Loggal~New Polpitiya 間の直線上には、Nuwara Eliya を中心に、環境保護地域が分布しており、直線的な送電線ルートは設定出来ない。送電線ルートは Kotmale PS 付近を通過するように大きく迂回させる必要がある。このため、送電線ルートは長くなり、建設コストはその分増加する。Loggal~Kotmale PS 間は、i)の「Kotmale PS 接続」と同じルートとなる。Kotmale PS~New Polpitiya SS 間のルートは、CEB の送電拡張計画にあげられている「Kotmale~New Polpitiya 間 T/L」に平行したルートが想定される。

なお、CEB の「Kotmale~New Polpitiya 間 T/L」はまだ計画段階であり、そのルートや対向端となる New Polpitiya SS の位置は決められていない。本検討での揚水発電所からの送電線ルートは、CEB の計画送電線のルートを考慮した上で、検討する必要があり、現時点では、不確定な要素が含まれる。

また、送電システムの構成から考えると、今回提案の揚水発電所が揚水運転モードで運用される際は、主に、Kotmale PS から揚水発電所側へ電力が供給される。この場合、潮流は、Kotmale PS→New Polpitiya SS→揚水発電所という順路で送られるため、揚水発電所の電氣的な距離が遠くなるため、系統安定度面での問題が生じる可能性が高い。

iii) Kotmale PS~New Polpitiya SS 間 T/L への π 接続

CEB が計画している新規送電線（Kotmale~New Polpitiya 間 T/L）へ π 接続する案で、延長 65km×2 ルートとなる。「1 回線 π 接続」と「2 回線 π 接続」の二通りが考えられる。

π 分岐の接続点は、Kotmale PS に近い場所の方が、接続点までの送電線ルート長が短くなるため好ましい。接続先の送電線（Kotmale~New Polpitiya 間 T/L）が計画段階であることから、予め、揚水発電所からの送電線の分岐接続箇所を見込んだ計画を立案し、鉄塔設計等に考慮しておくことも可能と思われる。

ここで、「1 回線 π 接続」は、Halgran からの接続の場合で、「安定度が保てない」という結果が得られている。ここでの Loggal からの接続は、Halgran の場合より送電線ルート長が長

くなっており、「1 回線 π 接続」は不可であることが明白であるため、「2 回線 π 接続」についてのみ検討する。

「2 回線 π 接続」の場合は、送電線 2 ルート (4 回線) の新設が必要となる。接続点を Kotmale PS 付近に設定しても、ルート長は 65km 程度になり、これが 2 ルートになると、コストは大きく増加する。

iv) Kotmale PS 付近に開閉所を新設し、その開閉所へ接続

新規に開閉所を建設し、そこに接続する案で、延長 65km \times 1 ルートである。

新規開閉所を適切な場所に設置することにより、揚水発電所からの接続送電線は、1 ルートで構成可能となる。また、将来のさらなる引込や系統増強も可能となる。

但し、新規開閉所の設置費用が必要となる。

なお、本検討では、新規開閉所についての、設置候補地の検討や費用検討は実施していない。

上述の各案を比較し、Table 10.6.4-1 にまとめる。

Table 10.6.4-1 Comparison of T/L routes and Connection Point (from “Loggal”)

	i) To "Kotomale P/S"	ii) To "New Polpitiya S/S"	iii) To T/L between "Kotomale - New Polpitiya"	iv) To New "Switching Station"
Connecting type	Connection to P/S	Connection to S/S	PI Connection (2cct)	Connection to S/S
Route Length	65km × 1 route	85km × 1 route	65km × 2 route	65km × 1 route
Conductor	Low Loss TACSR/AS 550mm ² (×2 cond./phase)	Low Loss TACSR/AS 550mm ² (×2 cond./phase)	ACSR Zebra (×2 cond./phase)	Low Loss TACSR/AS 550mm ² (×2 cond./phase)
Assessment				
Cost [MUSD]				
Transmission Line	37.3	48.7	63.7	37.3
Reinforcement of existing T/L	0	0	0	0
Augmentation of Connection Point	(0) ^{(*)3}	0	0	(0) ^{(*)4}
Total	37.3	48.7	63.7	37.3
Other^{(*)1}				
Condition of Connection Point	B - Layout of Kotmale PS switchyard is congested.	A	A	A
Environmental and Social	A	B - Affected area will be larger due to longer T/L route.	B - Affected area will be larger due to increase of nos. of T/L route.	A
T/L Construction and Maintenance	A	B - Affected area will be larger due to longer T/L route.	B - Affected area will be larger due to increase of nos. of T/L route.	A
System Analysis (Preliminary)	C - Stability of system cannot be secured.	C - Stability of system cannot be secured.	A	C - Stability of system cannot be secured.
Rating^{(*)2}	-	-	1	-

Remarks

(*1) Assessment (Other): A: Good <-----> C: Bad

(*2) Rating : Order of Preferability ("-" means "Out of consideration".)

(*3) The cost for augmentation / rearrangement of the switchyard is excluded for this consideration.

(*4) The cost for installation of new "Switching Station" is excluded for this consideration.

(出典：調査団作成)

Table 10.6.4-1 に示す i)~iv) 案のうち、i) 案及び iii) 案について、系統解析を実施することとした。

ii) 案及び iv) 案は下記の理由から除外した。

ii) 案は、揚水運転時の電氣的距離が長くなるため、系統安定度の面で問題が生じることが予想されたことから、検討対象から除いた。

iv) 案は、Kotomale PS 付近に新規開閉所を建設することを考えた場合、系統解析上の条件は、i) 案とほとんど同じとなることから、実施対象から除いた。

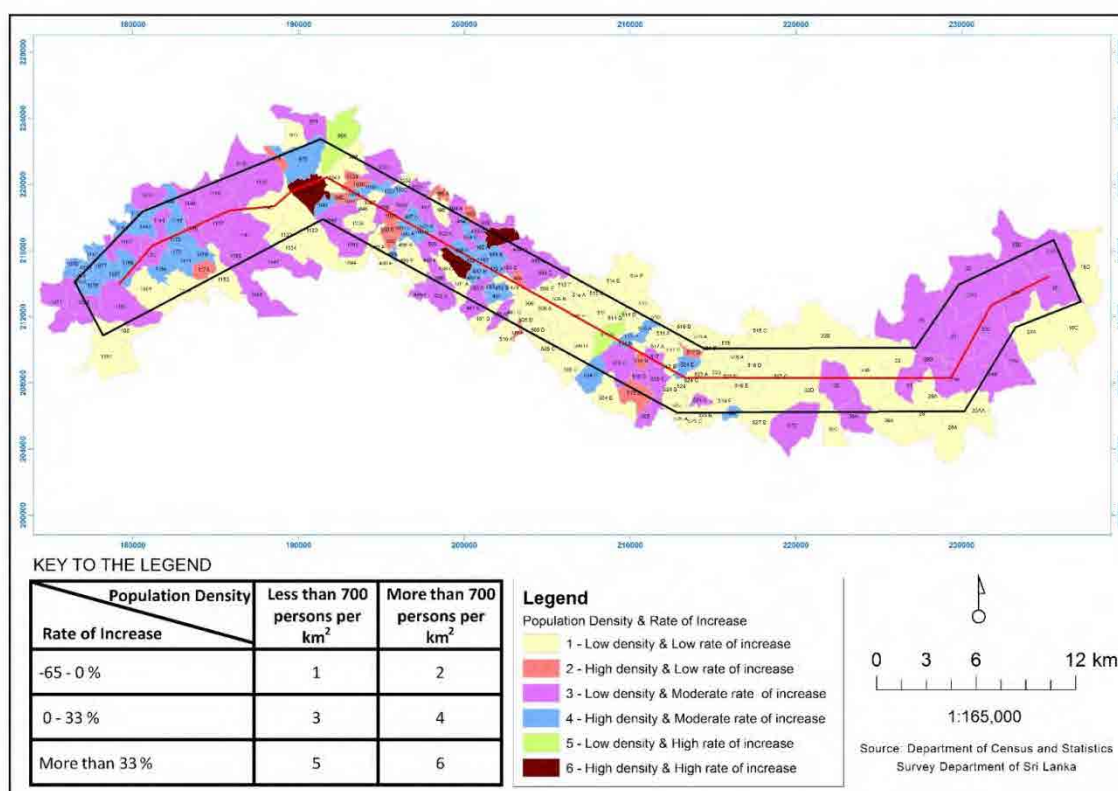
i) 案及び iii) 案の系統解析結果は次項に記載するが、i) 案の「Kotmale PS 接続」については、系統安定度が保てないことから、不可との結果が得られた。iii) 案の「Kotmale PS～New Polpitiya SS 間 T/L への π 接続」の場合は、問題ないとの結果が得られた。

但し、iii) 案の「Kotmale PS～New Polpitiya SS 間 T/L への π 接続」は、単独の揚水発電所のために 65km×2 ルートの送電線を新設することになるため、実際には、効率的な選択肢とは言えない。Loggal からの接続方法を考える場合は、Halgran など、近隣の電源候補も考慮した上で、400kV 系統の採用も含め、将来的な電源及び系統構成を考慮して有効な計画を検討すべきと思われる。

(5) 環境社会調査と評価

1) 人口稠密地の位置と程度

(2) 電線ルートに示すとおり、送電線ルートは技術面と周辺の保護区を避けるように設定している。ここでは、社会環境面から送電線ルート上にある各 GN Division の人口密度と人口増加率（10 年：2001 年から 2011 年）⁴を計算し、人口密度と人口増加率が高い場所と低い場所を 6 つのカテゴリーに分けて、ルート上で色分けした（Figure 10.6.4-3）。送電線ルートは、不確定要素を考慮して 3 - 4 km の幅で示してある。



(出典：調査団作成)

Figure 10.6.4-3 Population density and their growth rate along the route

⁴ データは「Department of Census and Statistics Survey of Sri Lanka」による。

送電線ルートには、比較的人口密度が高くかつ増加率が高い GN Division が数か所あるが、影響は回避または緩和できると考えられる。

2) 障壁と位置

既存のデータを使用し、送電線ルートの障壁となりうるものと位置を確認した。Table 10.6.4-2 に結果をまとめた。

Table 10.6.4-2 Barriers and the route

Barrier	On the route and its buffer	Source
Natural Environment		
Protected areas	Galaha Reserved Forest is partially on the route.	CEA, Forest Department, Department of Wildlife Conservation
IBAs	None	BirdLife International (2004)
Bird migration routes	None	Sarath Kotagama and Athula Wijeyasinghe (1998). Siri Laka Kurullo. Wildlife Heritage Trust, Sri Lanka, cxviii+394.
Social Environment		
Built-up areas	Some but can be avoided	50,000 topographic maps from Survey Department of Sri Lanka
Residential areas	Some but can be avoided	
Archeological sites	There are small sites on the route, but can be avoided.	CEA
Temples	There are temples on the route, but can be avoided.	50,000 topographic maps from Survey Department of Sri Lanka
Hospitals	There are some hospitals on the route, but can be avoided.	
Military bases	None	
Other facilities	None in particular	

(出典：調査団作成)

自然環境で大きな影響は想定されず、社会環境でも大きな影響は想定されない。

3) まとめ

Loggal から Kotomale PS までの送電線ルートの評価を Table 10.6.4-3 にまとめた。

Table 10.6.4-3 Assessment on the Loggal - Kotamale PS route

Assessment aspect	Assessment
Population Density and its growth	A
Social Environment (barriers)	A
Overall Evaluation (Social Environment)	A
Natural Environment (barriers)	A
Overall Evaluation(Natural Environment)	A

(出典：調査団作成)

- A: 問題がない、または限定的。
- B: 問題がある可能性がある。
- C: 重大な問題がある可能性がある。
- D: 明らかに重大な問題がある。

10.6.5 系統安定

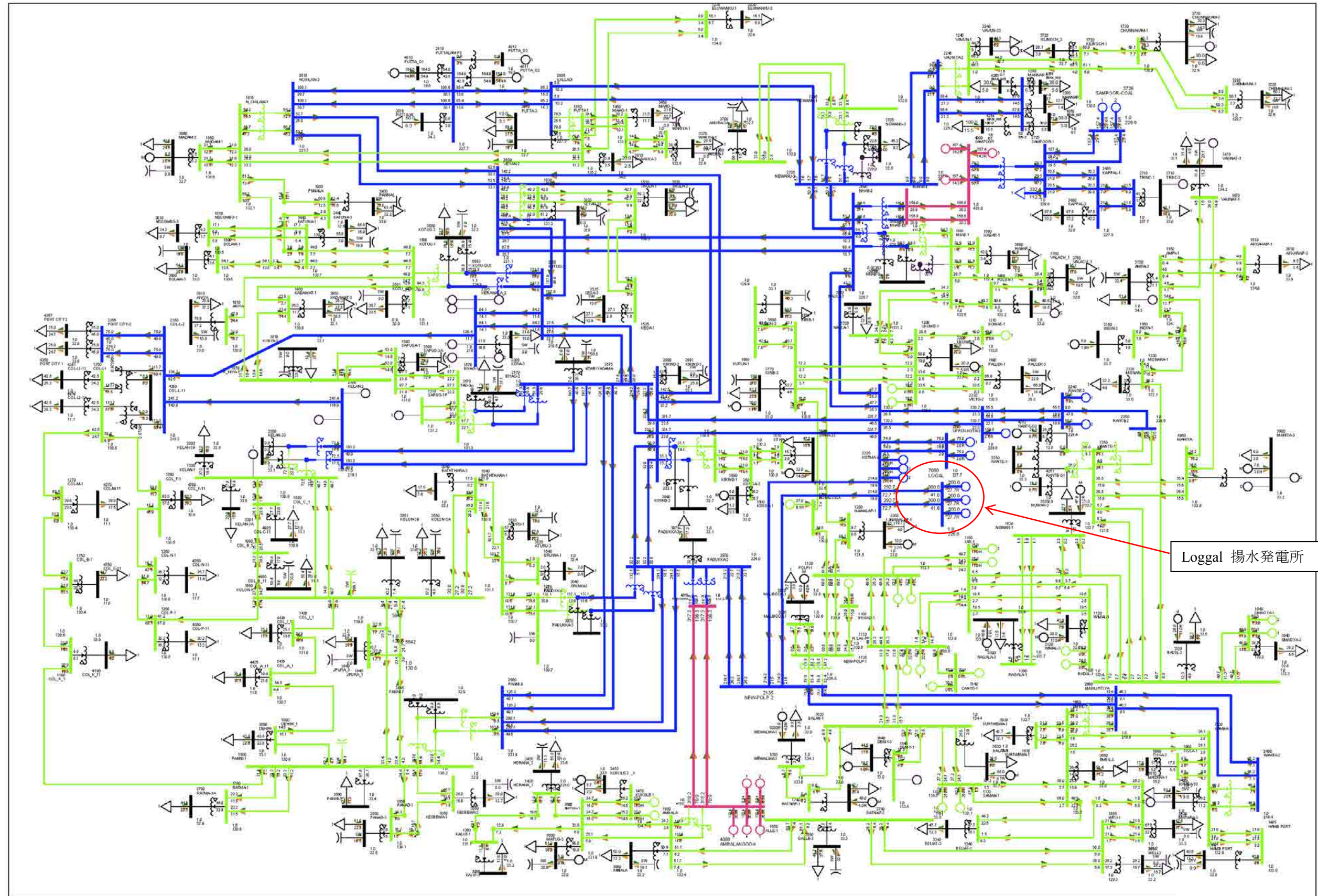
(1) 潮流解析

単機容量の大きさ(200MW,150MW)と需要断面、送電系統毎に 12 ケースの潮流解析を実施した。潮流解析結果を Figure 10.6.5-1 から Figure 10.6.5-12 に示す。

通常運用状態では、全てのケースで送電線過負荷、電圧の異常が生じないことが確認された。

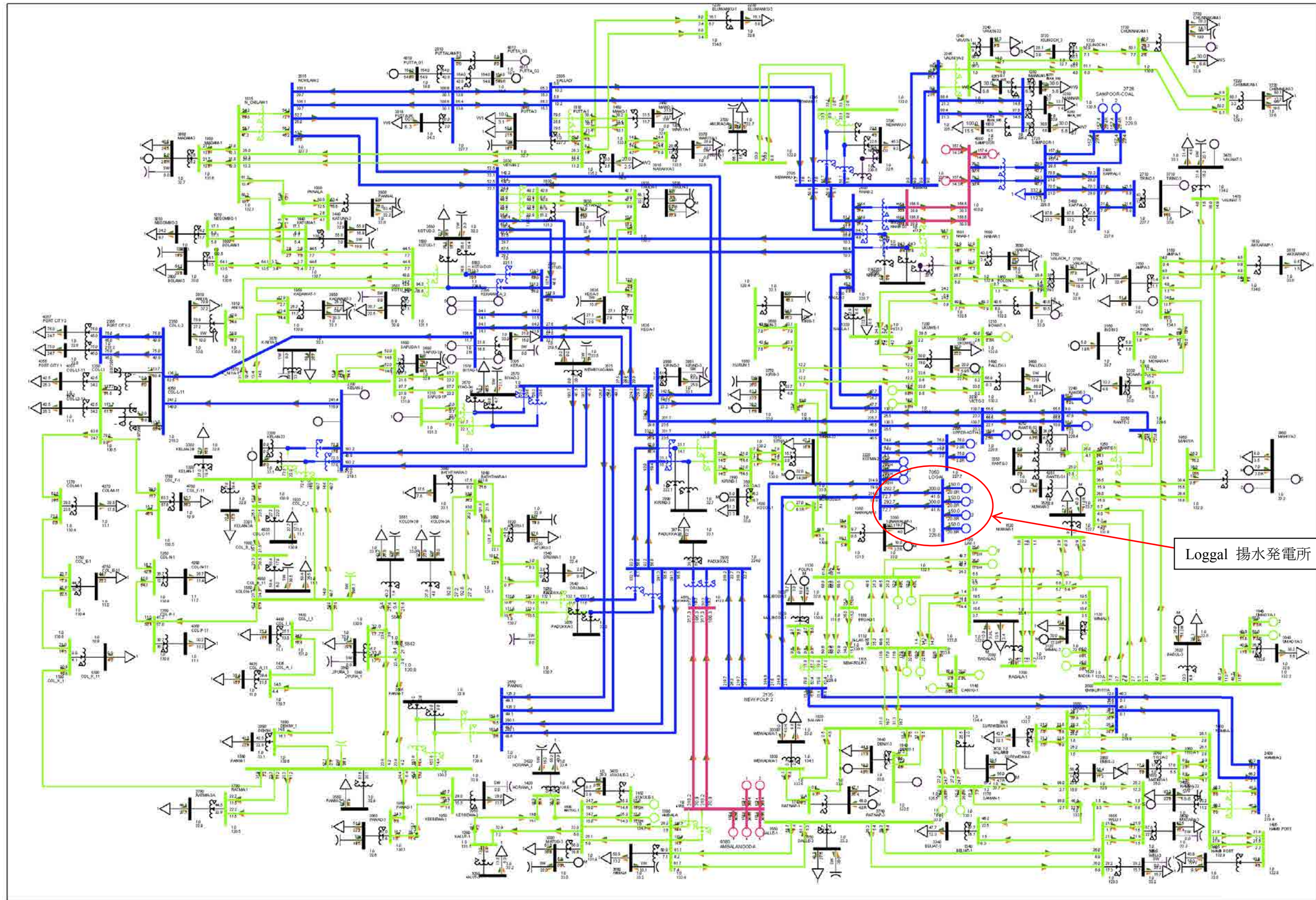
また、Kotmale から Loggal 揚水発電所に 220kV 送電線 2 回線を引き込むケースでは、Kotmale – Kirindiwela 間、Kotmale – New Polpitiya 間の送電線において、2 回線の内 1 回線が停止した場合でも、残りの 1 回線に過負荷が生じないことが確認された。

同様に、Kotmale-New Polpitiya 間の送電線から Loggal 揚水発電所に 220kV 送電線 4 回線で引き込むケースでは、Loggal-New Polpitiya 間および Loggal-Kotmale 間の送電線において、2 回線の内 1 回線が停止した場合でも、残りの 1 回線に過負荷が生じないことが確認された。



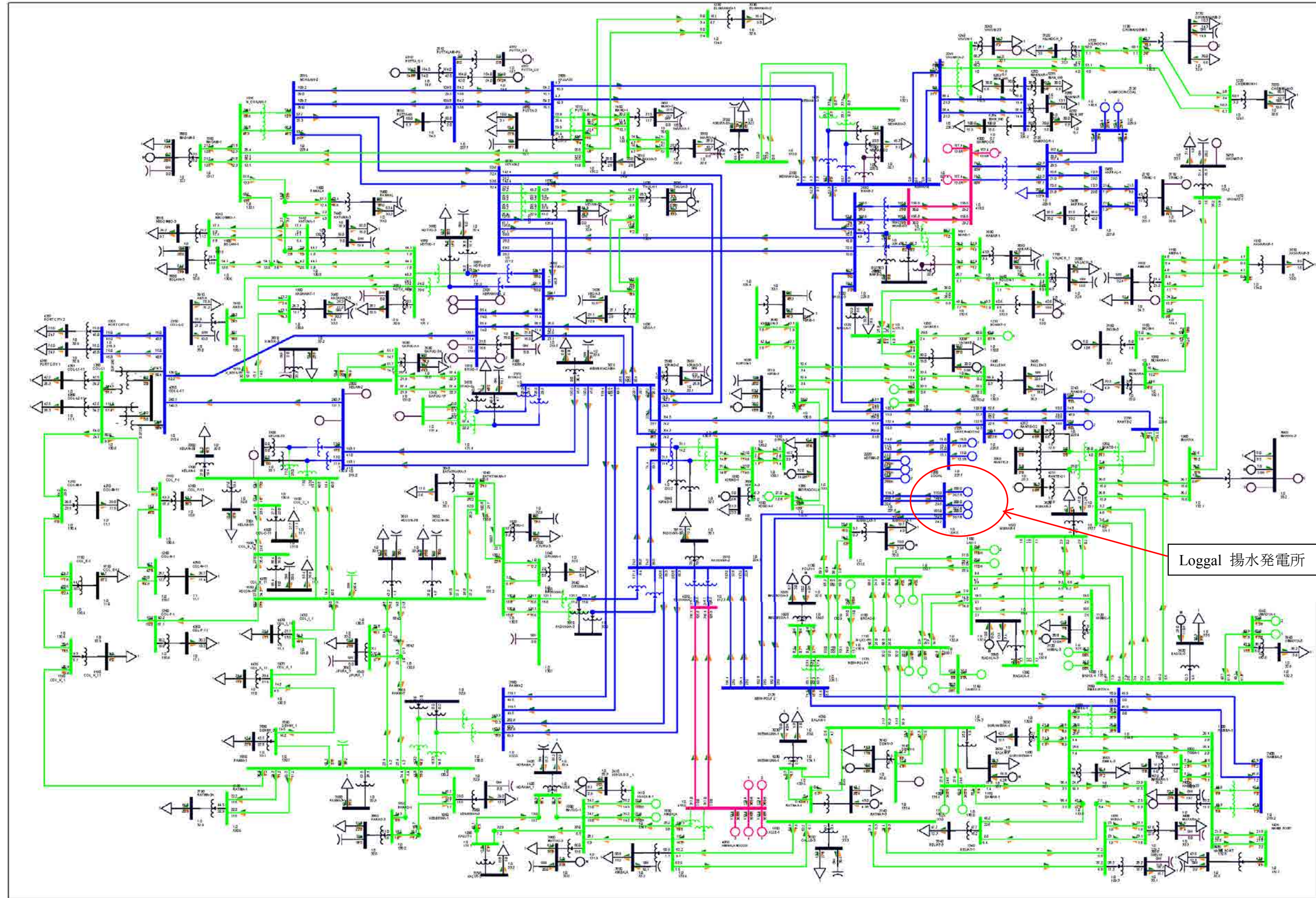
(出典：調査団作成)

Figure 10.6.5-1 潮流図 (2025年雨季ピーク、発電、Kotmale接続、Loggal 単機容量200MW)



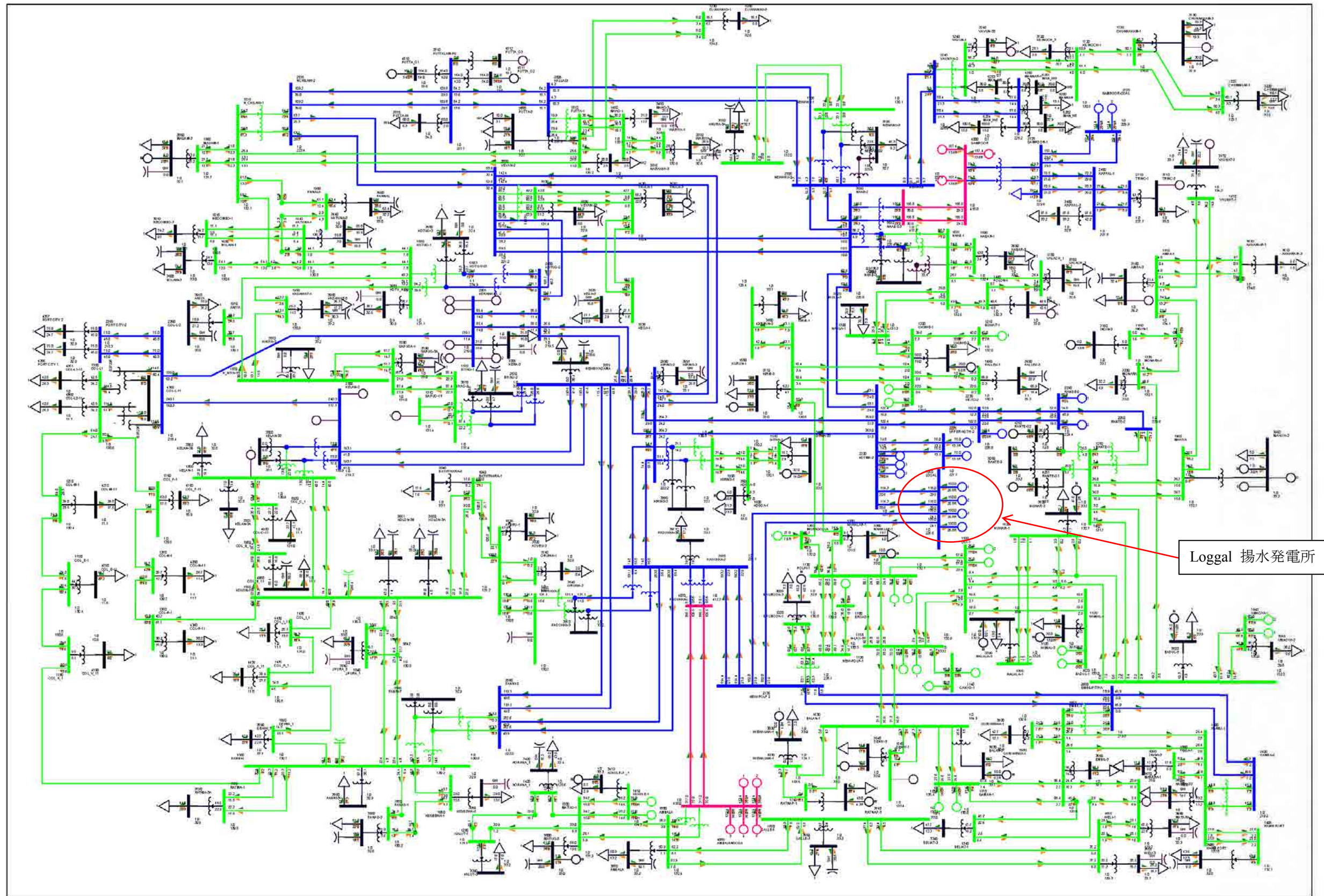
(出典：調査団作成)

Figure 10.6.5-2 潮流図 (2025年雨季ピーク、発電、Kotmale接続、Loggal 単機容量150MW)



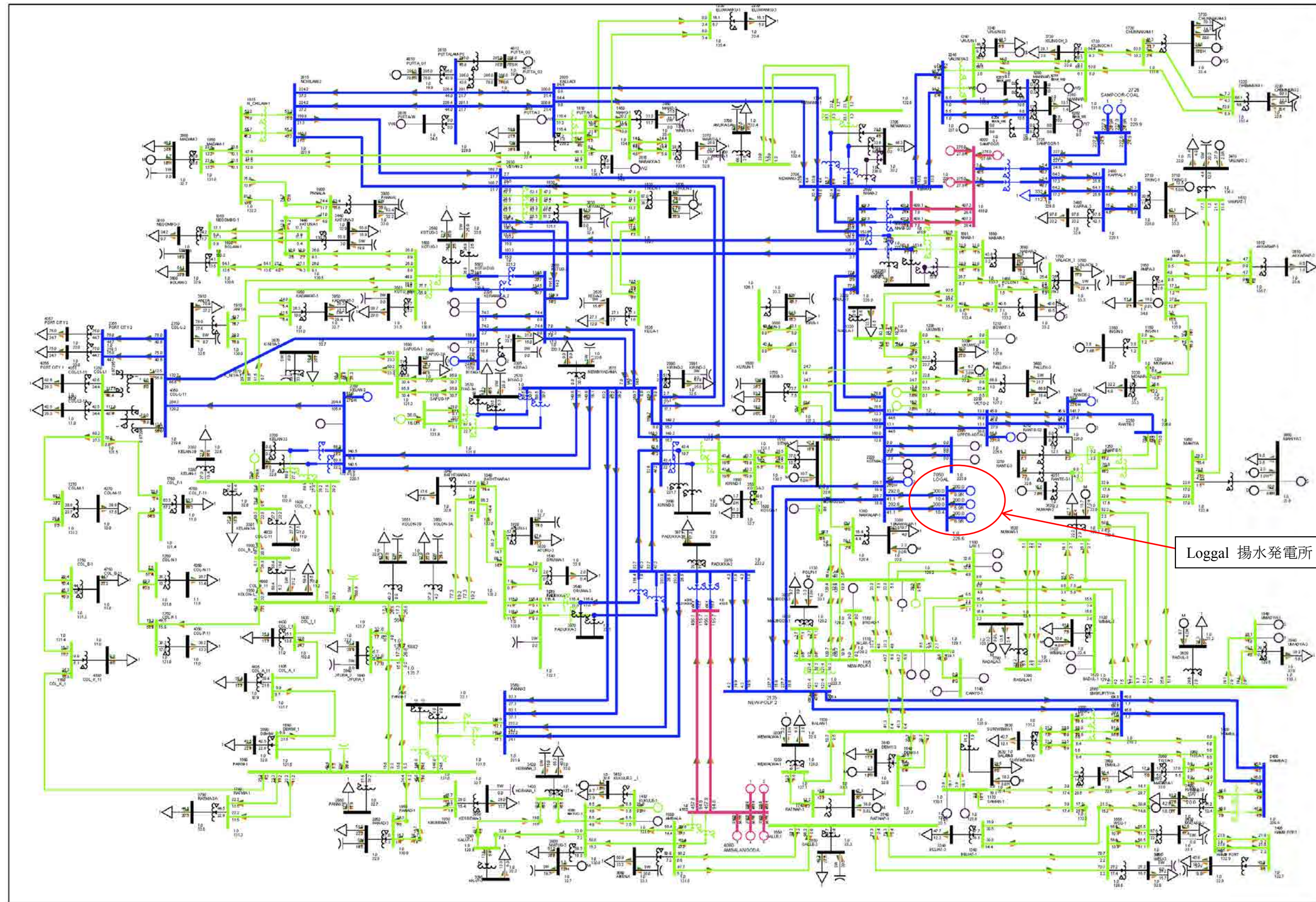
(出典：調査団作成)

Figure 10.6.5-3 潮流図 (2025年雨季ピーク、発電、 π 分岐接続、Loggal 単機容量 200MW)



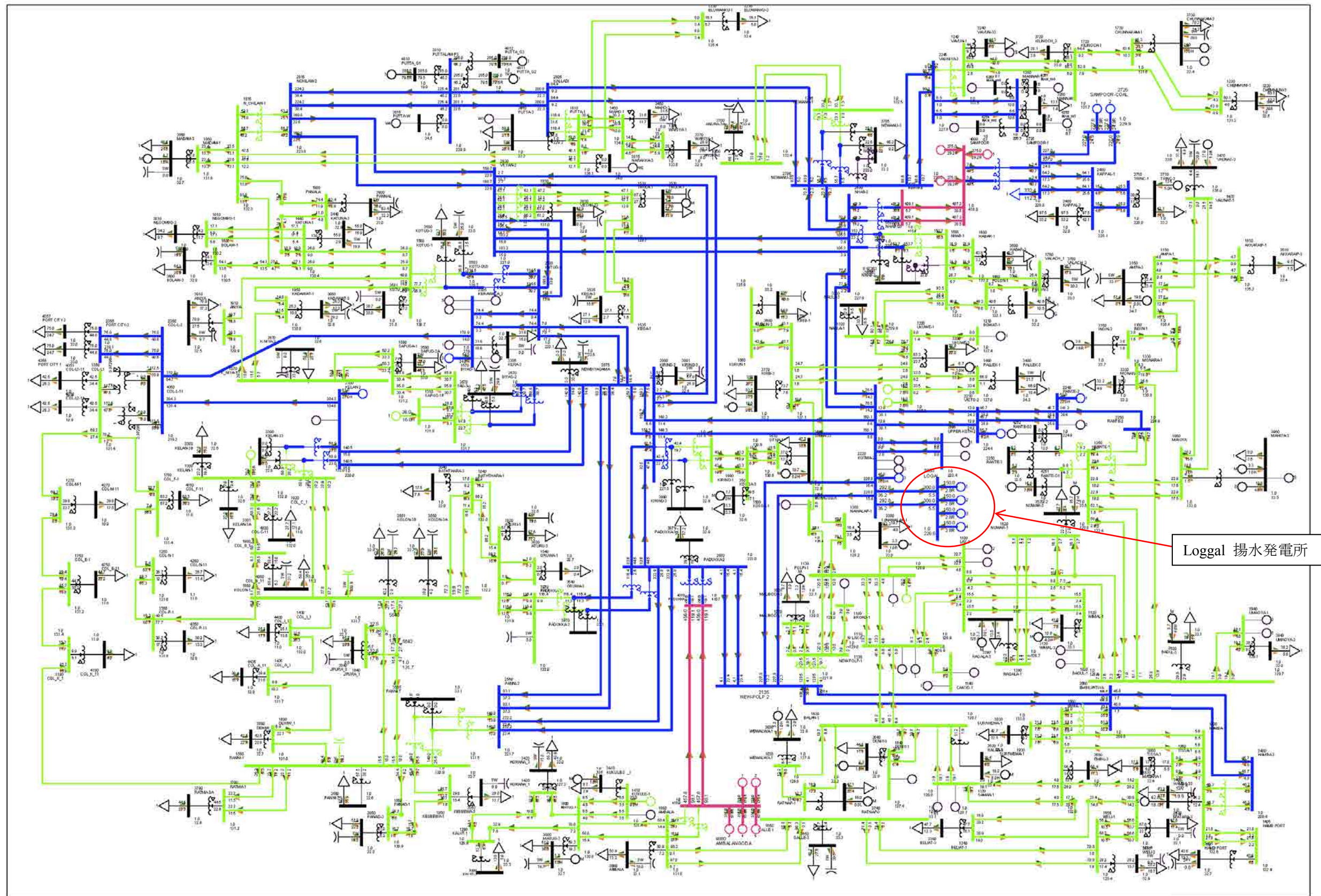
(出典：調査団作成)

Figure 10.6.5-4 潮流図 (2025年雨季ピーク、発電、 π 分岐接続、Loggal 単機容量150MW)



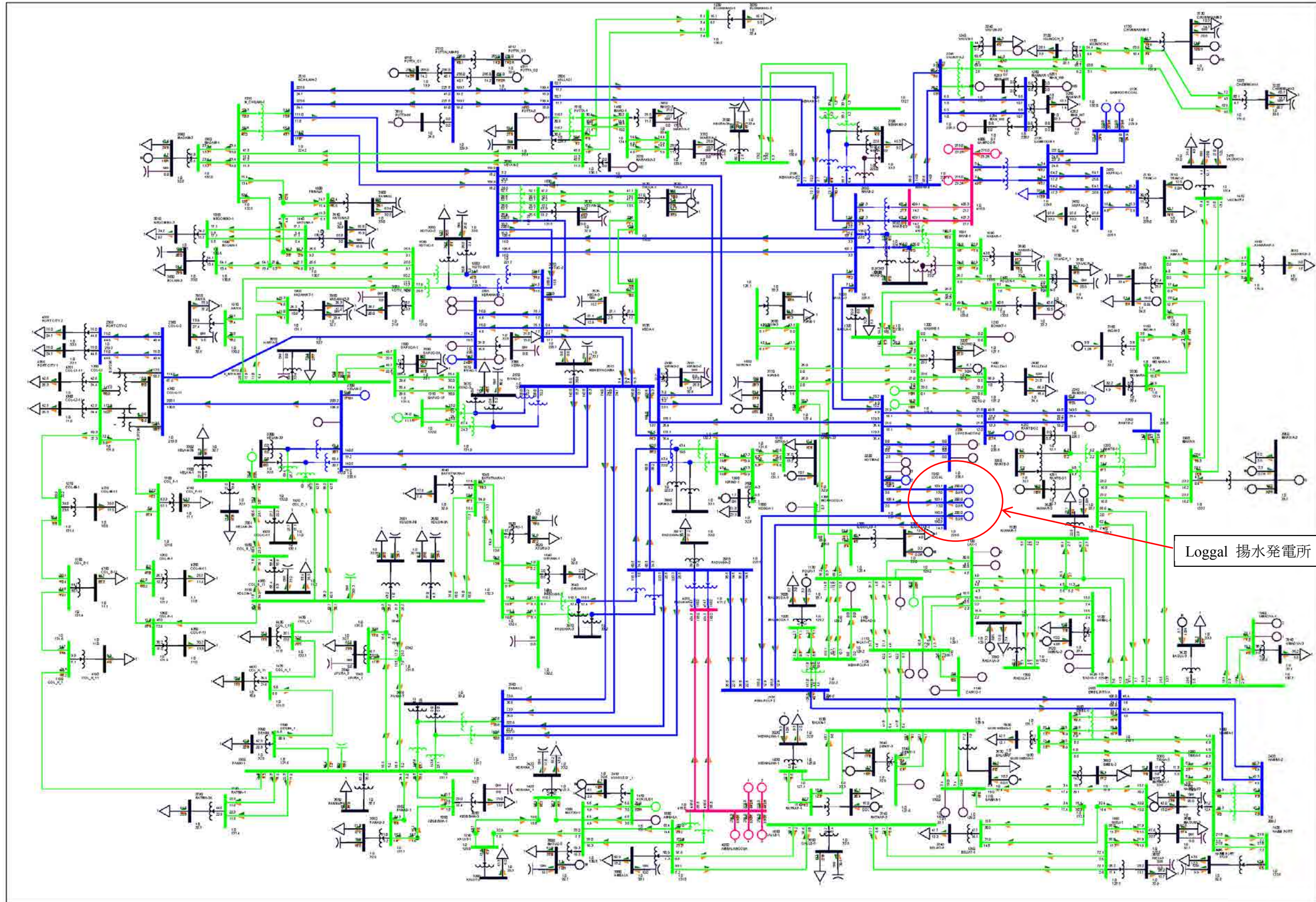
(出典：調査団作成)

Figure 10.6.5-5 潮流図 (2025年乾季ピーク、発電、Kotmale接続、Loggal 単機容量200MW)



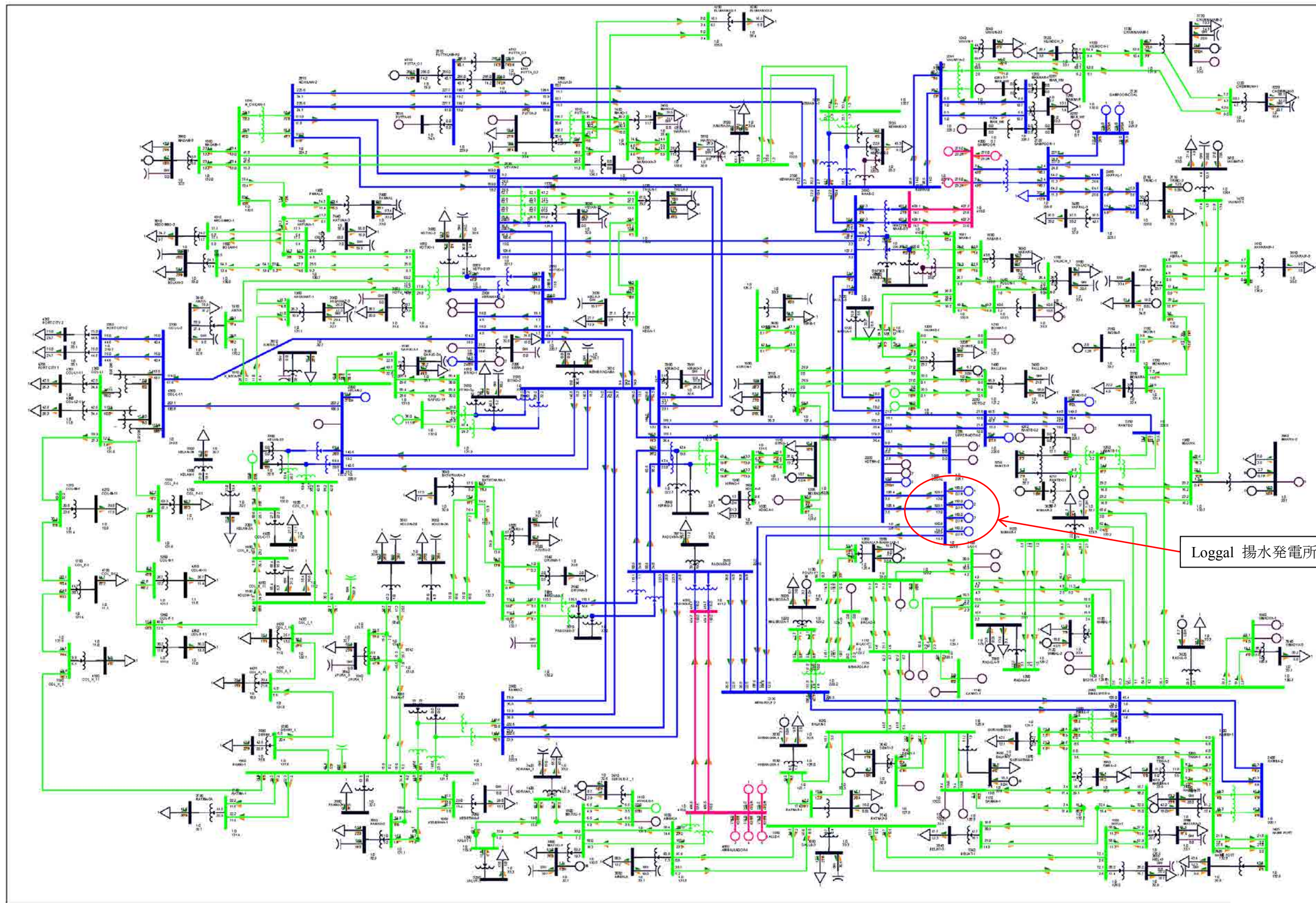
(出典：調査団作成)

Figure 10.6.5-6 潮流図 (2025年乾季ピーク、発電、Kotmale接続、Loggal 単機容量150MW)



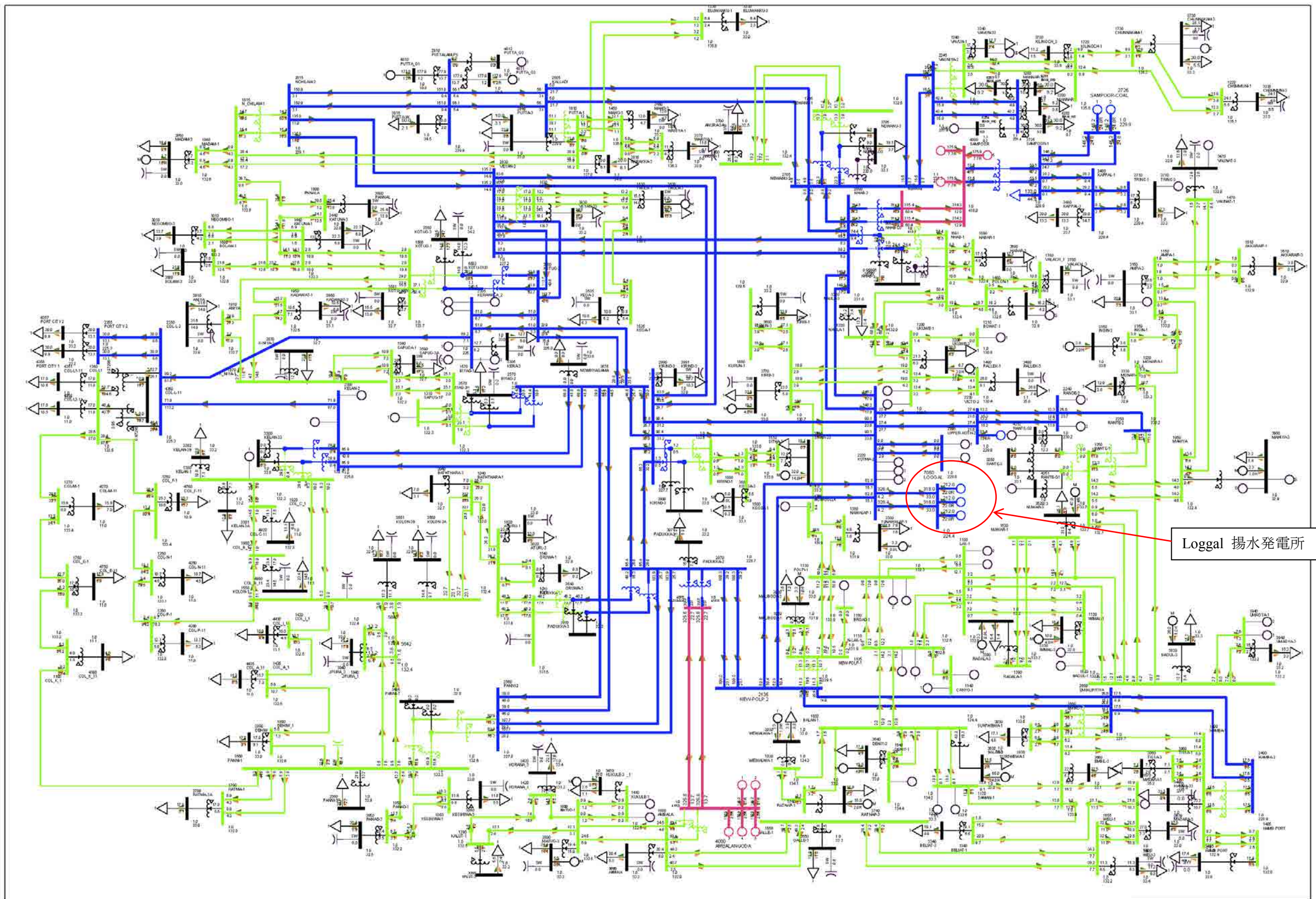
(出典：調査団作成)

Figure 10.6.5-7 潮流図 (2025年乾季ピーク、発電、 π 分岐接続、Loggal 単機容量 200MW)



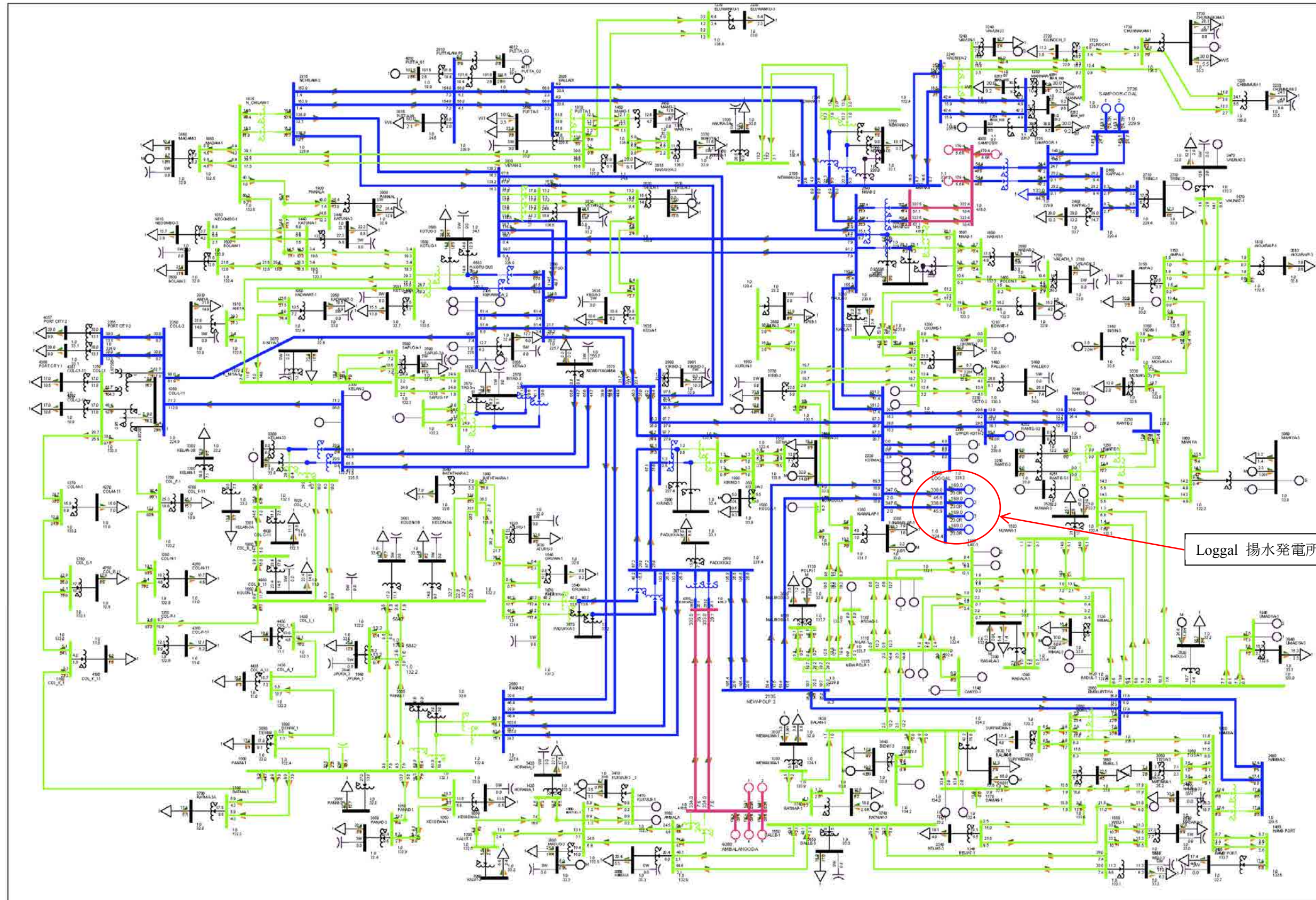
(出典：調査団作成)

Figure 10.6.5-8 潮流図 (2025年乾季ピーク、発電、 π 分岐接続、Loggal 単機容量150MW)



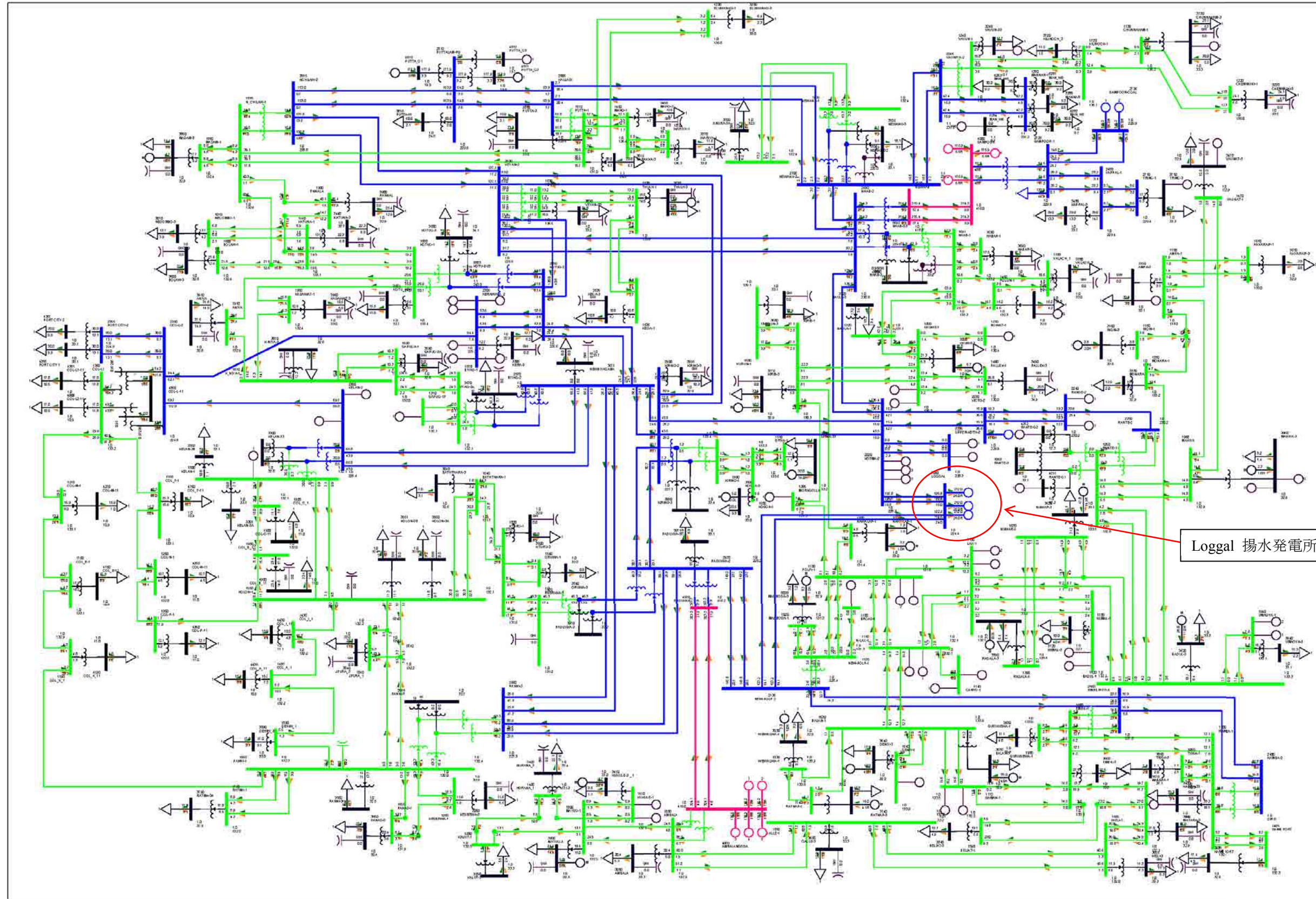
(出典：調査団作成)

Figure 10.6.5-9 潮流図 (2025年オフピーク、揚水、Kotmale接続、Loggal 単機容量200MW)



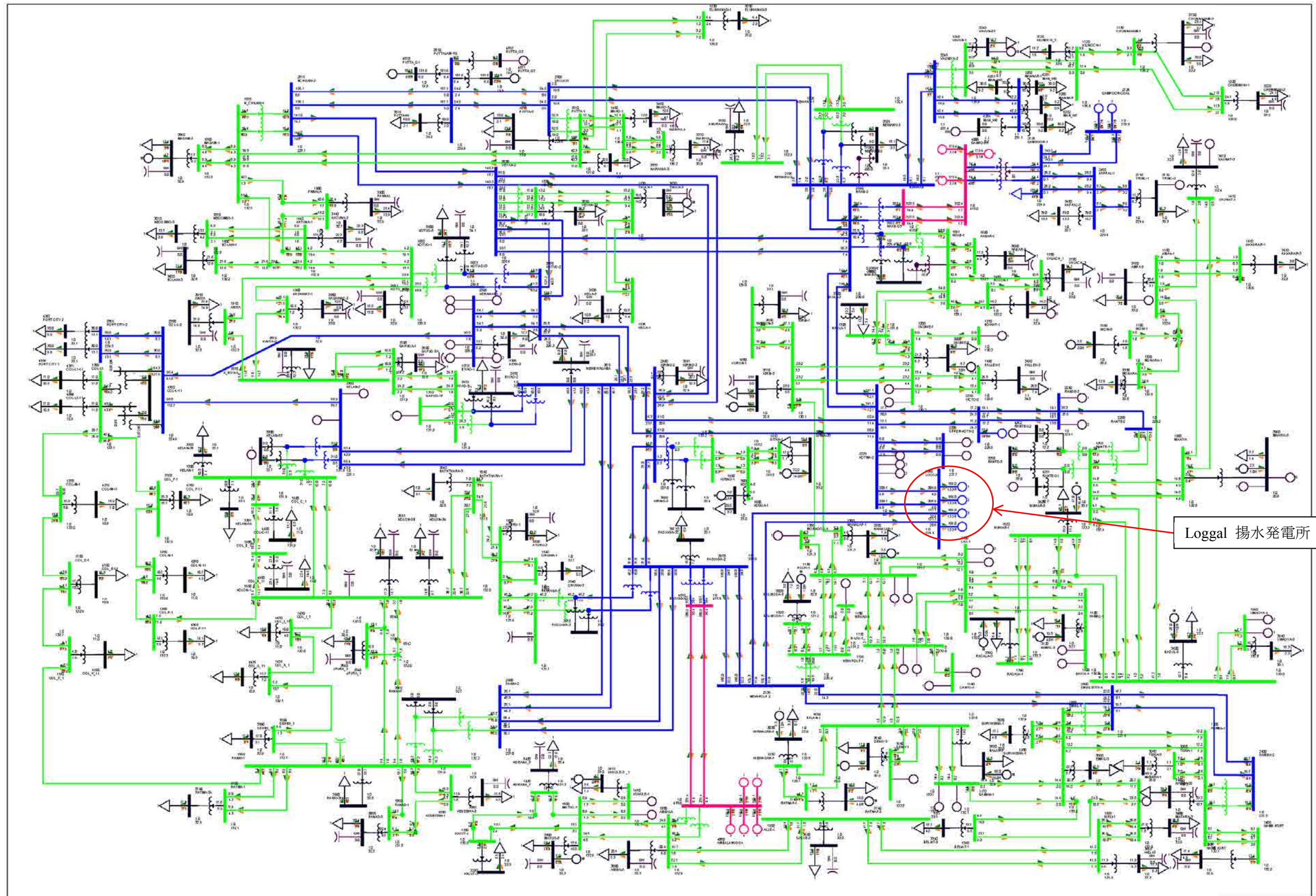
(出典：調査団作成)

Figure 10.6.5-10 潮流図 (2025年オフピーク、揚水、Kotmale接続、Loggal 単機容量150MW)



(出典：調査団作成)

Figure 10.6.5-11 潮流図 (2025年オフピーク、揚水、 π 分岐接続、Loggal 単機容量 200MW)



(出典：調査団作成)

Figure 10.6.5-12 潮流図 (2025年オフピーク、揚水、 π 分岐接続、Loggal 単機容量150MW)

(2) 短絡容量解析

短絡容量解析では、過酷な需要断面である雨季ナイトピーク、乾季ナイトピークで、Loggal PSPP と Kotmale、New Polpitiya の母線における三相短絡故障時の事故電流を下表のとおり算出した。何れのケースにおいても、事故電流は基準（40kA 以下）を満足しており、通常の遮断器で遮断可能なレベルである。

Table 10.6.5-1 2025年ピーク需要断面の短絡電流

需要断面	送電系統	Loggal の単機容量	発電所		短絡電流
雨季ピーク	Kotmale 接続	200MW	Kotmale	220kV	25.3kA
			Loggal	220kV	9.2kA
		150MW	Kotmale	220kV	25.3kA
			Loggal	220kV	9.1kA
	π 分岐接続	200MW	Kotmale	220kV	24.0kA
			Loggal	220kV	18.7kA
			New Polpitiya	220kV	20.1kA
		150MW	Kotmale	220kV	23.9kA
			Loggal	220kV	18.4kA
			New Polpitiya	220kV	20.0kA
乾季ピーク	Kotmale 接続	200MW	Kotmale	220kV	21.3kA
			Loggal	220kV	8.8kA
		150MW	Kotmale	220kV	21.2kA
			Loggal	220kV	8.7kA
	π 分岐接続	200MW	Kotmale	220kV	20.7kA
			Loggal	220kV	17.8kA
			New Polpitiya	220kV	18.2kA
		150MW	Kotmale	220kV	20.6kA
			Loggal	220kV	17.5kA
			New Polpitiya	220kV	18.1kA

(出典：調査団作成)

(3) 安定度解析

1) 三相地絡故障

π 分岐接続の場合、三相地絡故障が発生する送電線は各ケースにおいて重潮流である以下の送電線とした。

ピーク：Loggal- New Polpitiya 間、オフピーク：Loggal- Kotmale 間

三相地絡故障の解析を実施した結果について Figure 10.6.5-13 から Figure 10.6.5-24 に示す。

解析結果の概要を以下に記す。

- 安定度解析の結果、Kotmale 接続の場合にはオフピークの揚水運転時に脱調し、不安定となることが確認された。不安定となる原因として、Loggal PSPP – Kotmale 間の送電線が Maha PSPP、Halgran PSPP と比較して長距離であることが考えられるため、この送電線種を見直し、インピーダンスを低減させることが必要である。

- ・ その他のケースでは、安定な運転が可能であることが確認された。但し、10秒付近まで弱制動がみられる。将来において安定度の問題が生じる可能性があることから、今後開発する大容量の発電機には系統安定化装置が具備されることを推奨する。

2) 発電機(1ユニット)の脱落

a) 発電運転時の電源脱落による系統周波数低下

発電運転時における発電機(1ユニット)脱落の解析を実施した結果について Figure 10.6.5-25 から Figure 10.6.5-32 に示す。

全てのケースにおいて周波数低下により、需要の遮断が行われる 48.75Hz には至らないことが確認された。

また、雨季ピークより乾季ピークの方が周波数の低下が大きいことが判る。これは、雨季と乾季では、周波数調整能力を有するガバナフリー運転を行っている電源の運用が異なるためである。雨季と乾季に運用を想定した、ガバナフリー運転を行っている電源について以下に示す。

雨季： Samanalawewa, Bowathenna, Kotmale, Upper Kotmale, Victoria, Puttalam, Ambalangoda, Sampoor

乾季： Victoria, Kotmale, Kelanitissa

これを踏まえると、周波数調整能力を考慮した運用が行われるべきである。

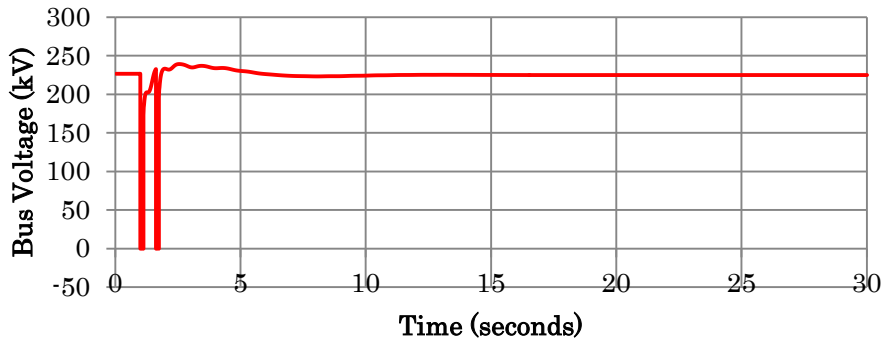
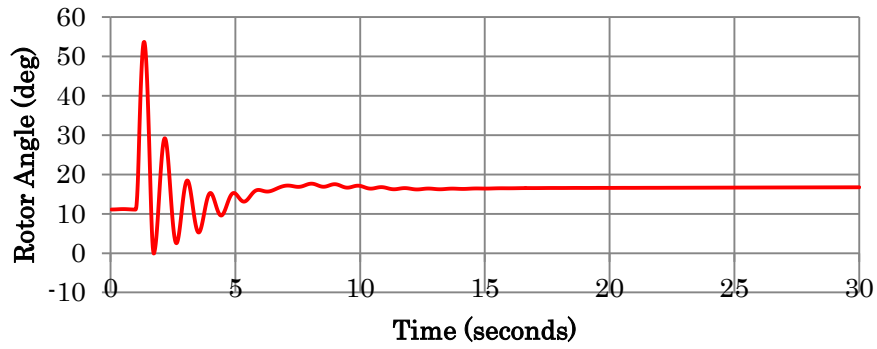
b) 揚水運転時の入力遮断による系統周波数上昇

揚水運転時における発電機(1ユニット)脱落の解析を実施した結果について Figure 10.6.5-33 から Figure 10.6.5-36 に示す。

全てのケースにおいて周波数上昇により、火力発電所の警報が発生する 51.5Hz には至らないことが確認された。

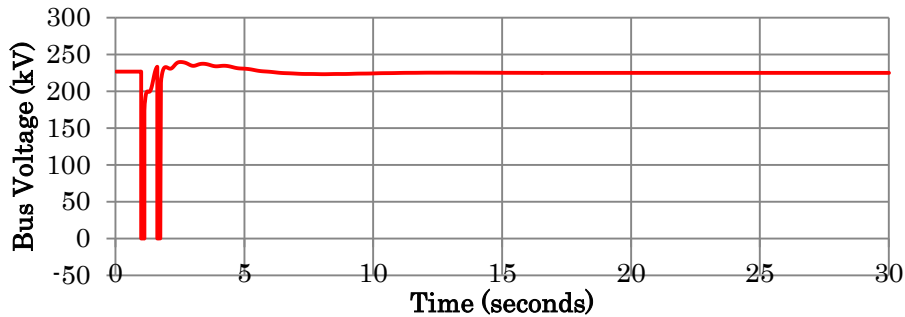
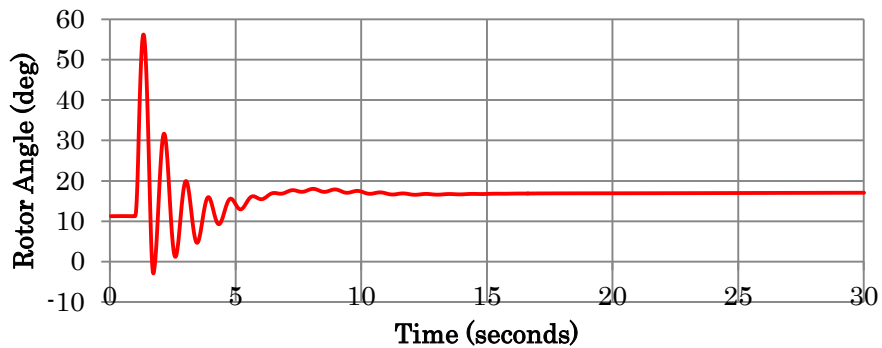
但し、本解析では、石炭火力の Puttalam、Ambalangoda、Sampoor が周波数調整能力を有するガバナフリー運転していることを想定している。

これを踏まえて、今後開発される大型電源にはガバナフリーの機能を具備することが推奨される。



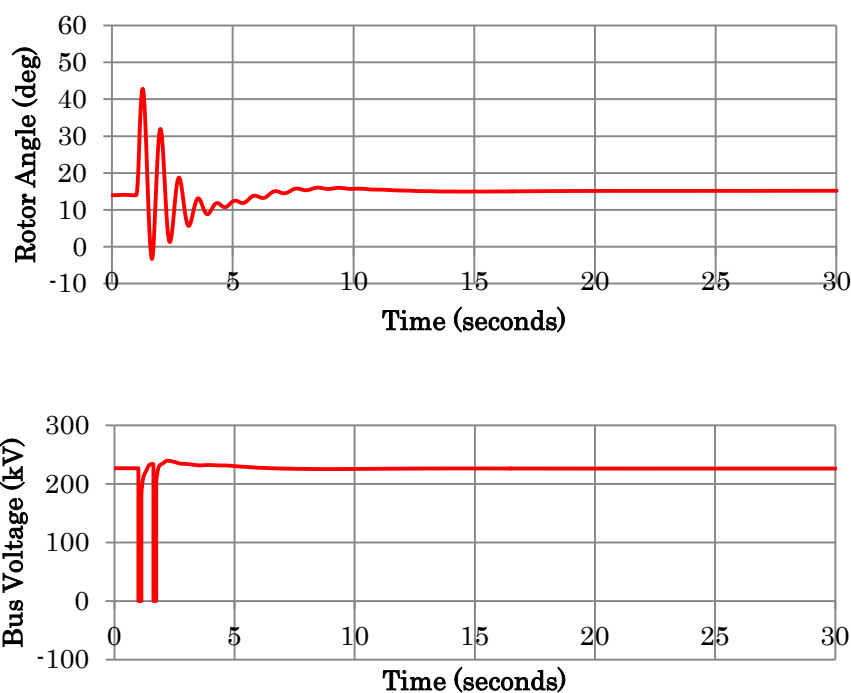
(2025年雨季ピーク、発電、kotmale 接続、Loggal 単機容量 200MW)
 (出典：調査団作成)

Figure 10.6.5-13 Loggal PSPP - Kotmale 三相地絡故障再開路最終遮断



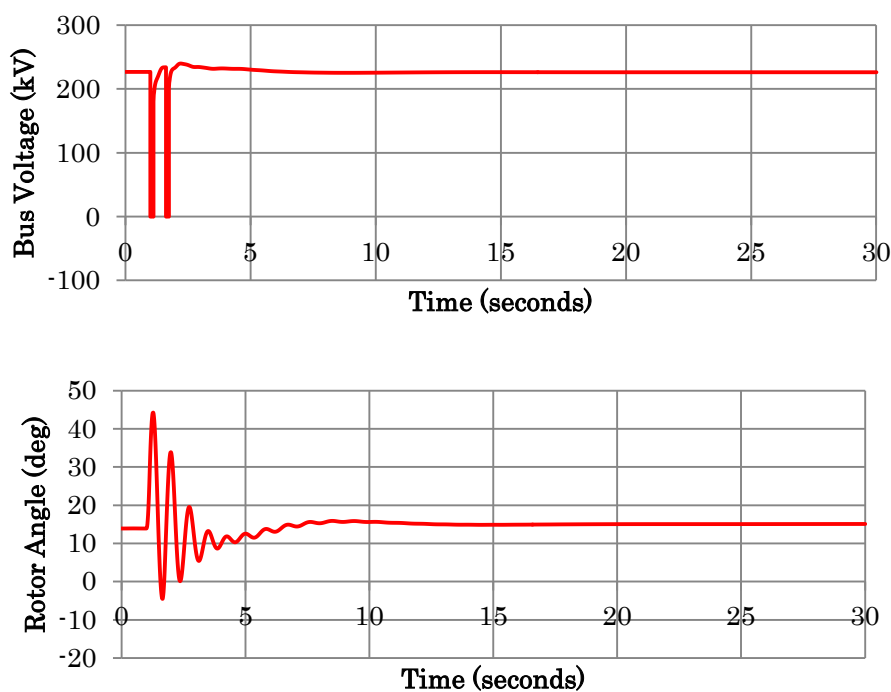
(2025年雨季ピーク、発電、Kotmale 接続、Loggal 単機容量 150MW)
 (出典：調査団作成)

Figure 10.6.5-14 Loggal PSPP - Kotmale 三相地絡故障再開路最終遮断



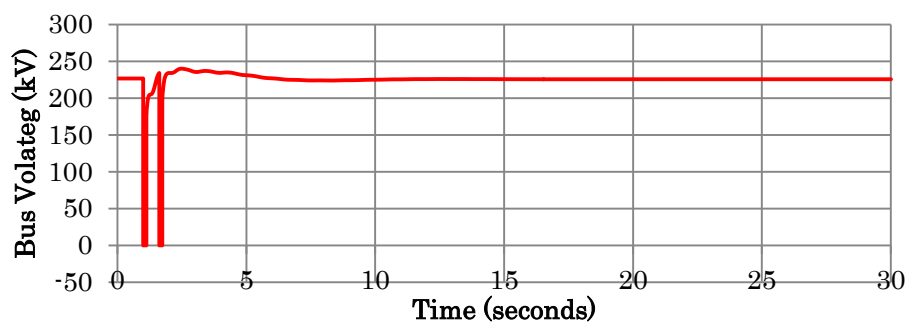
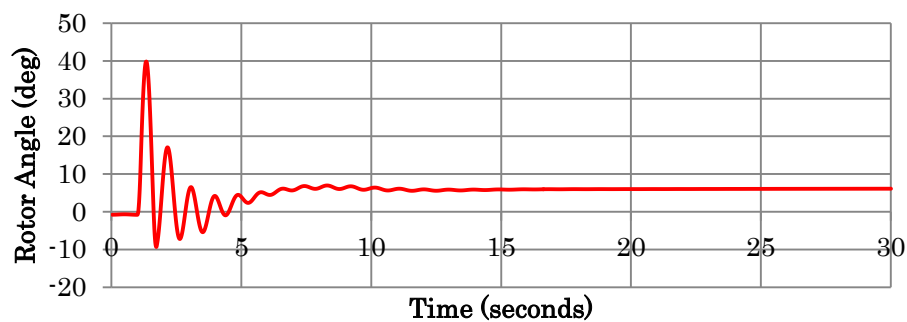
(2025 年雨季ピーク、発電、 π 分岐接続、Loggal 単機容量 200MW)
 (出典：調査団作成)

Figure 10.6.5-15 Loggal PSPP - New Polpitiya 三相地絡故障再開路最終遮断



(2025 年雨季ピーク、発電、 π 分岐接続、Loggal 単機容量 150MW)
 (出典：調査団作成)

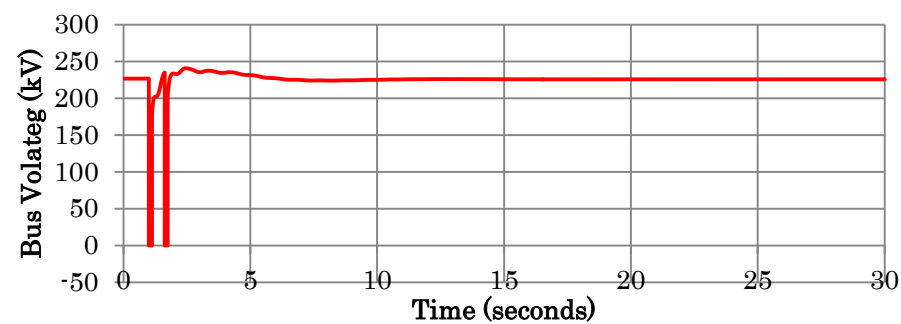
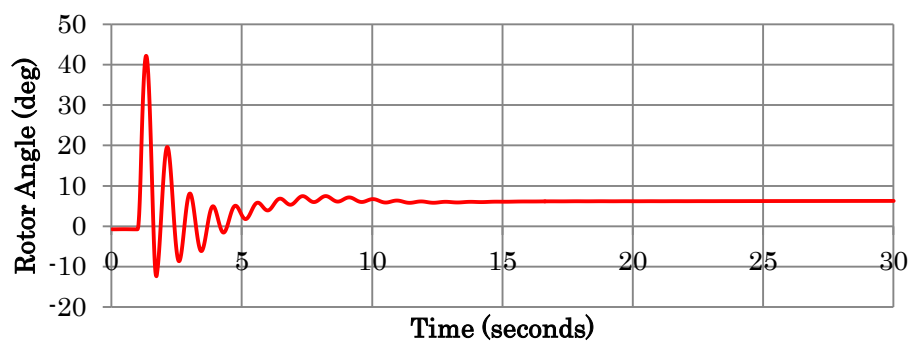
Figure 10.6.5-16 Loggal PSPP - New Polpitiya 三相地絡故障再開路最終遮断



(2025 年乾季ピーク、発電、Kotmale 接続、Loggal 単機容量 200MW)

(出典：調査団作成)

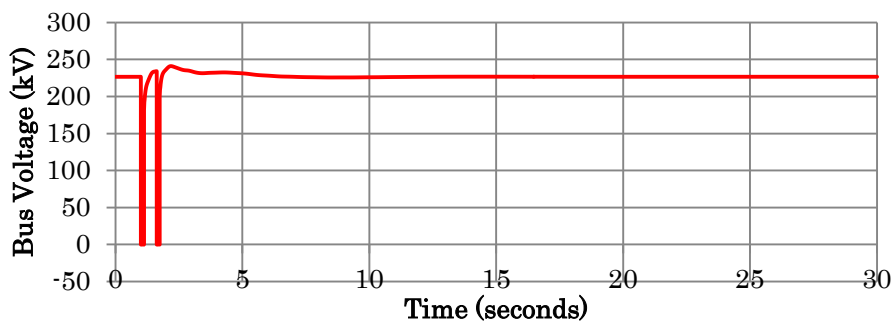
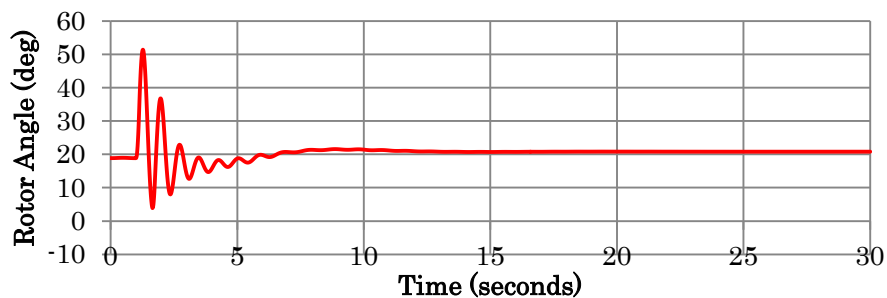
Figure 10.6.5-17 Loggal PSPP - Kotmale 三相地絡故障再開路最終遮断



(2025 年乾季ピーク、発電、Kotmale 接続、Loggal 単機容量 150MW)

(出典：調査団作成)

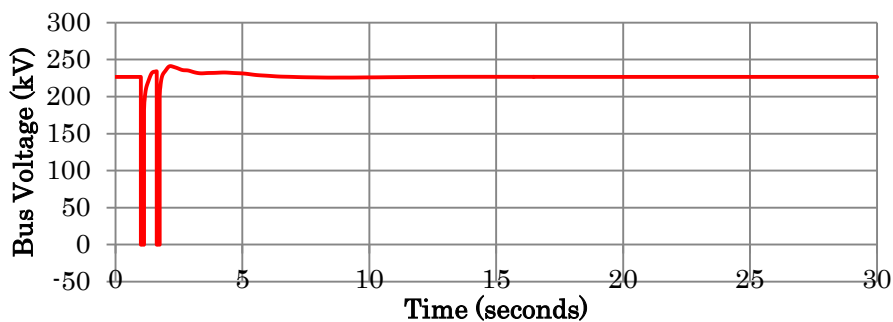
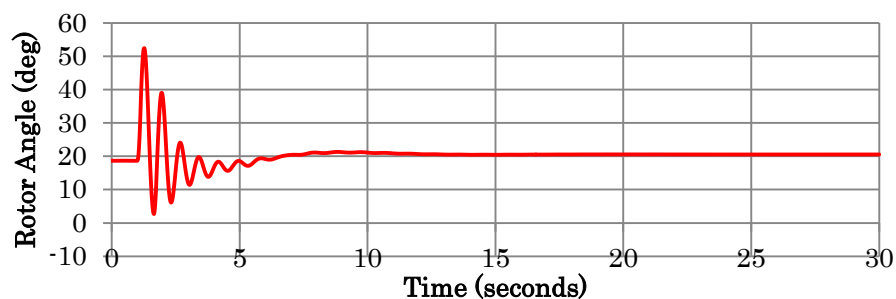
Figure 10.6.5-18 Loggal PSPP - Kotmale 三相地絡故障再開路最終遮断



(2025 年乾季ピーク、発電、 π 分岐接続、Loggal 単機容量 200MW)

(出典：調査団作成)

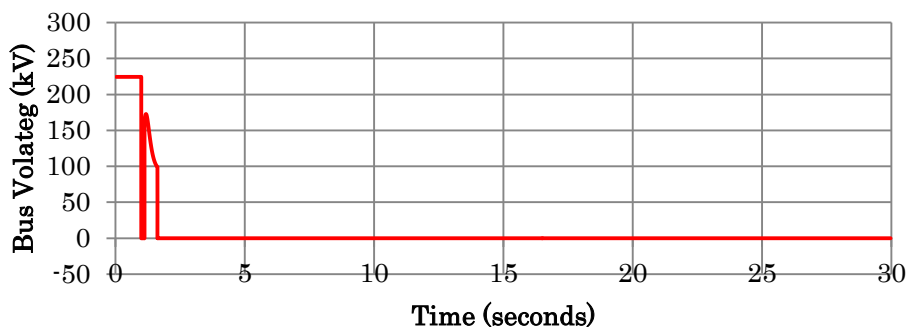
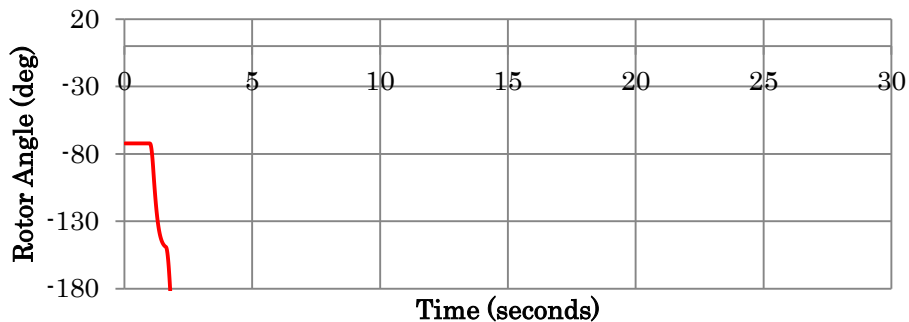
Figure 10.6.5-19 Loggal PSPP - New Polpitiya 三相地絡故障再開路最終遮断



(2025 年乾季ピーク、発電、 π 分岐接続、Loggal 単機容量 150MW)

(出典：調査団作成)

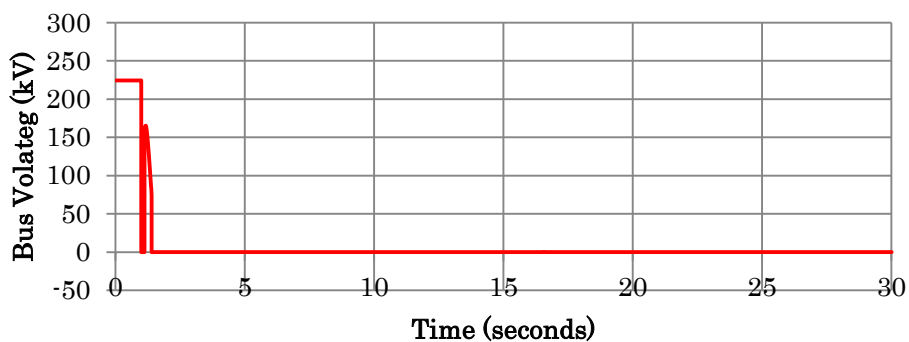
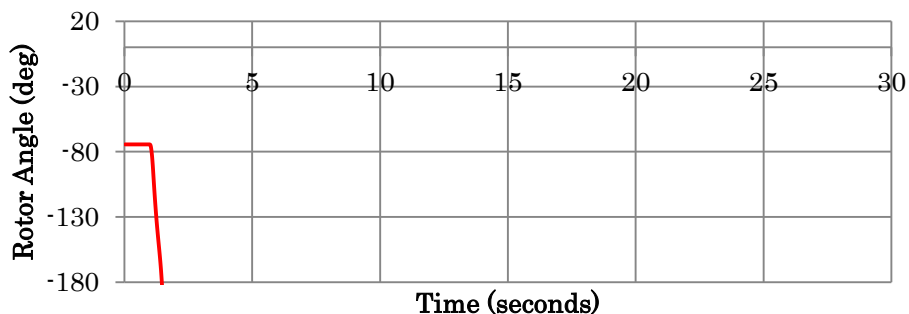
Figure 10.6.5-20 Loggal PSPP - New Polpitiya 三相地絡故障再開路最終遮断



(2025年オフピーク、揚水、Kotmale接続、Loggal 単機容量 200MW)

(出典：調査団作成)

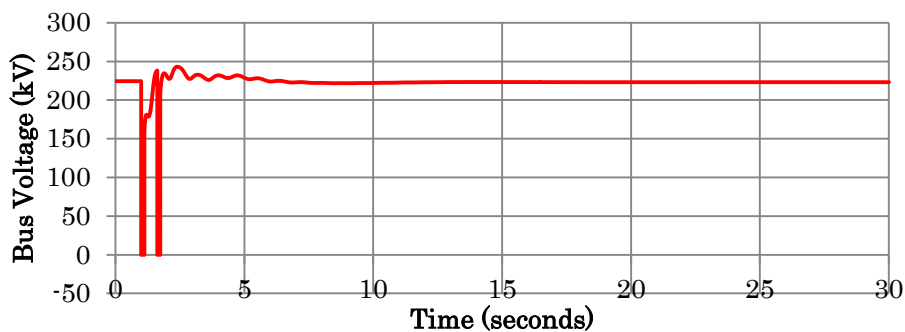
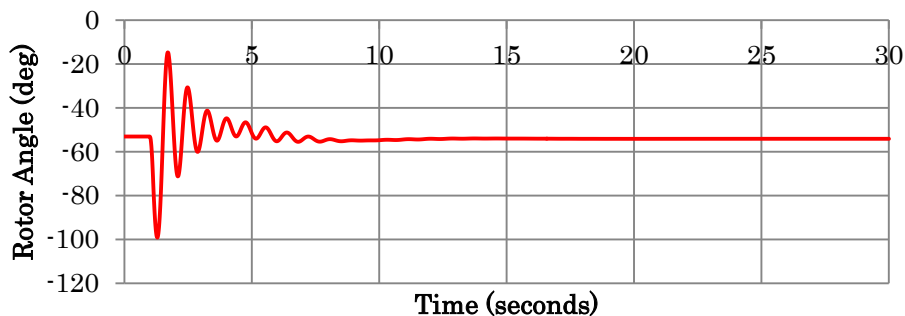
Figure 10.6.5-21 Loggal PSPP - Kotmale 三相地絡故障再開路最終遮断



(2025年オフピーク、揚水、Kotmale接続、Loggal 単機容量 150MW)

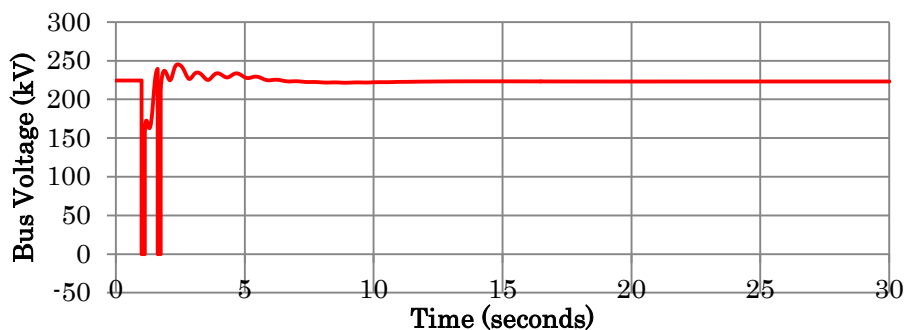
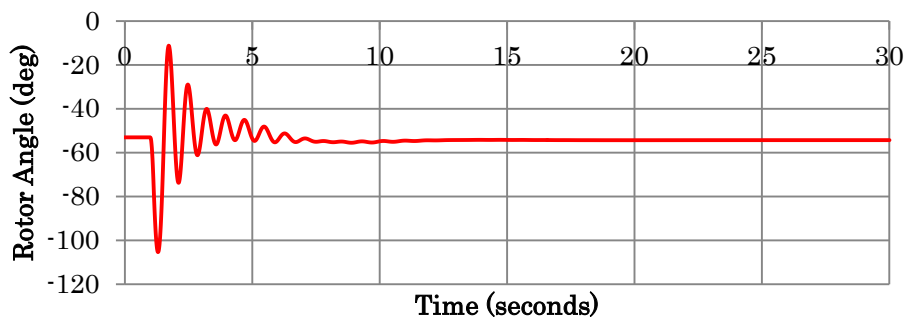
(出典：調査団作成)

Figure 10.6.5-22 Loggal PSPP - Kotmale 三相地絡故障再開路最終遮断



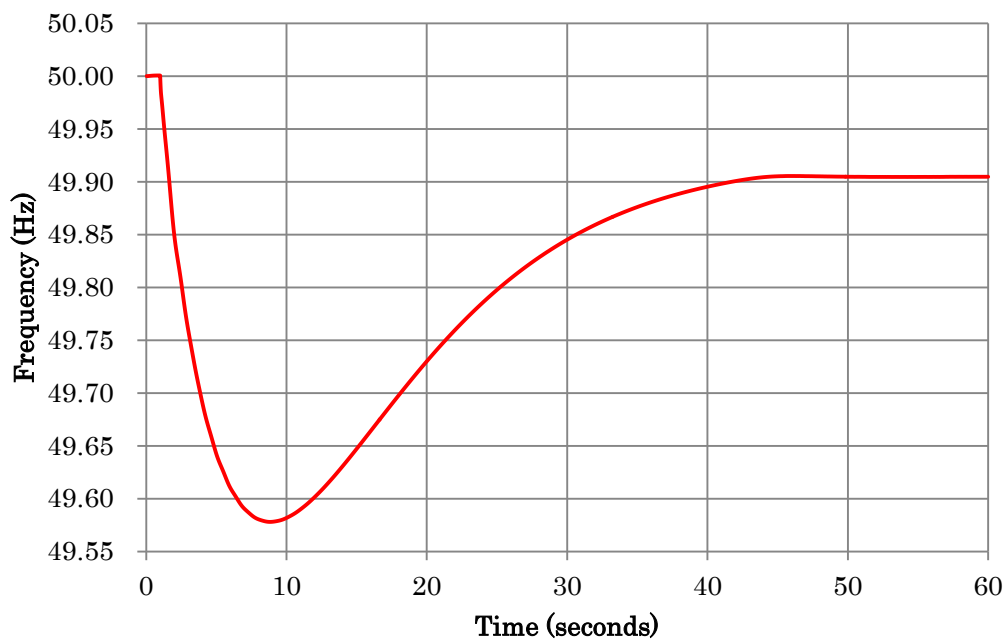
(2025 年オフピーク、揚水、 π 分岐接続、Loggal 単機容量 200MW)
 (出典：調査団作成)

Figure 10.6.5-23 Loggal PSPP - Kotmale 三相地絡故障再閉路最終遮断



(2025 年オフピーク、揚水、 π 分岐接続、Loggal 単機容量 150MW)
 (出典：調査団作成)

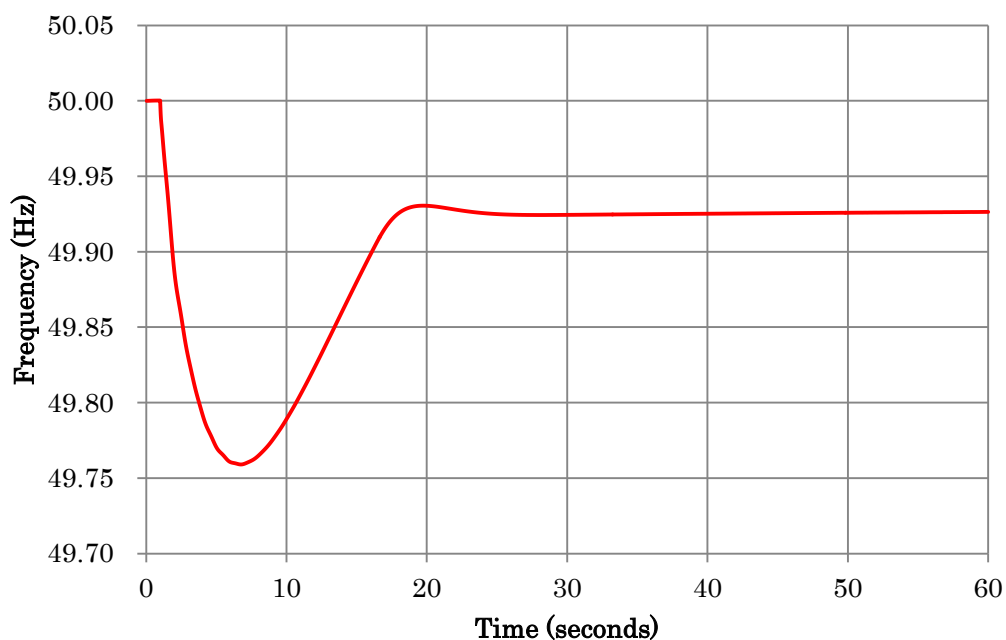
Figure 10.6.5-24 Loggal PSPP - Kotmale 三相地絡故障再閉路最終遮断



(2025年雨季ピーク、発電、Kotmale 接続、Loggal 単機容量 200MW)

(出典：調査団作成)

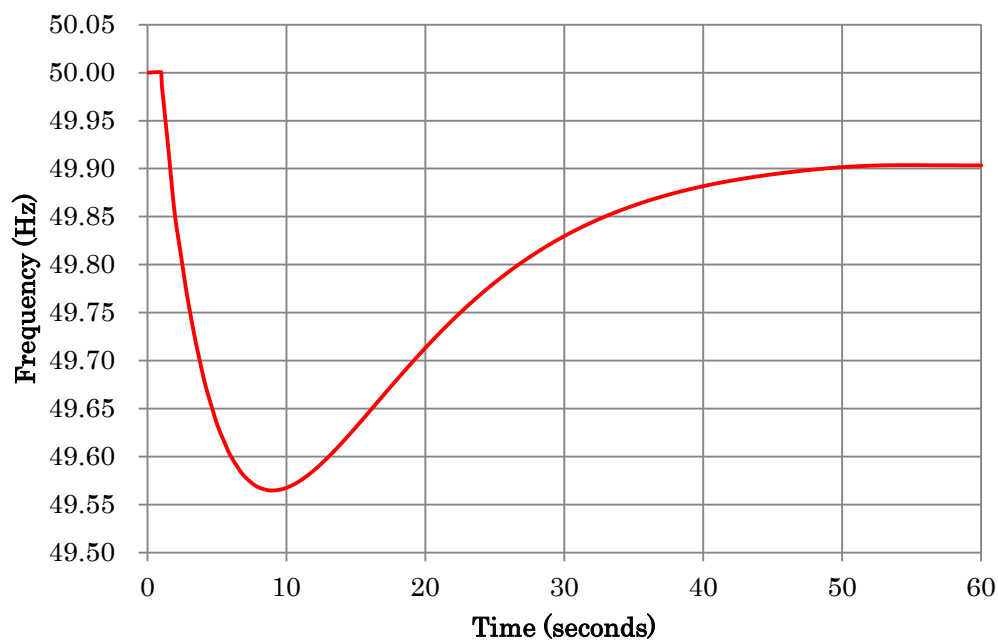
Figure 10.6.5-25 Loggal PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落



(2025年雨季ピーク、発電、Kotmale 接続、Loggal 単機容量 150MW)

(出典：調査団作成)

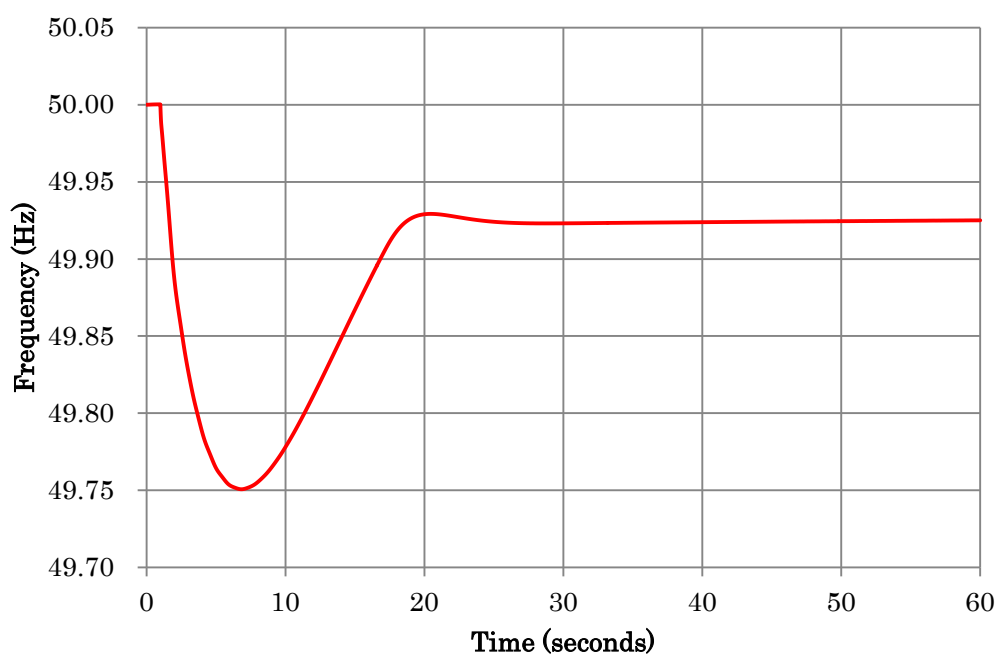
Figure 10.6.5-26 Loggal PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落



(2025年雨季ピーク、発電、 π 分岐接続、Loggal 単機容量 200MW)

(出典：調査団作成)

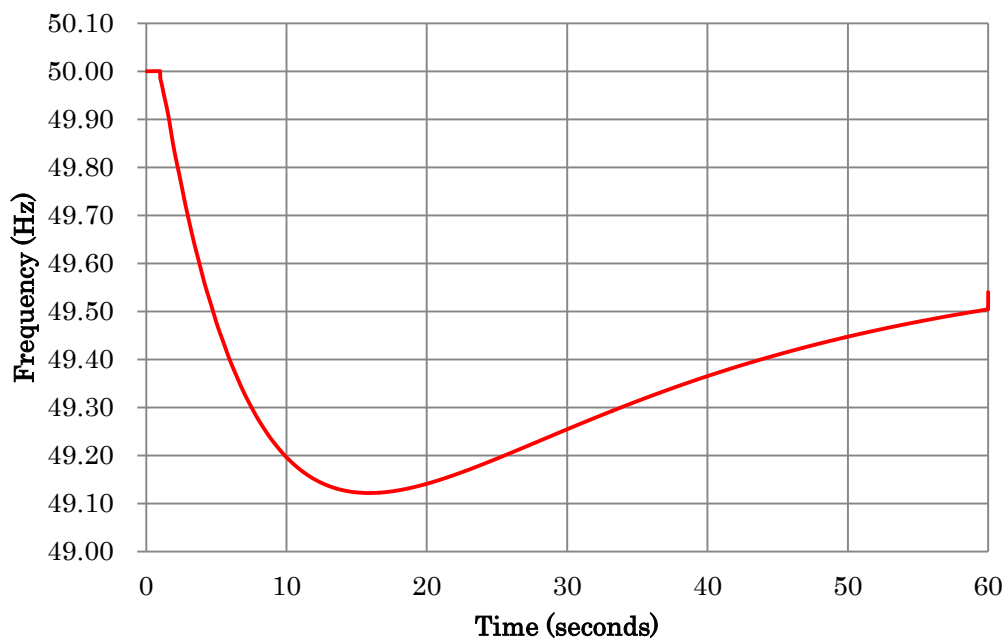
Figure 10.6.5-27 Loggal PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落



(2025年雨季ピーク、発電、 π 分岐接続、Loggal 単機容量 150MW)

(出典：調査団作成)

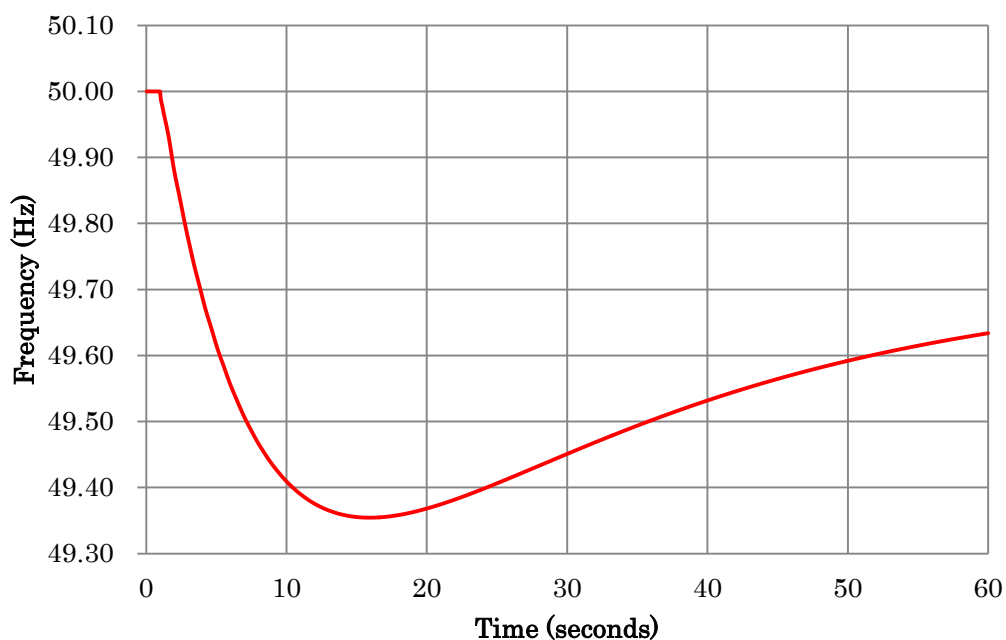
Figure 10.6.5-28 Loggal PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落



(2025年乾季ピーク、発電、Kotmale 接続、Loggal 単機容量 200MW)

(出典：調査団作成)

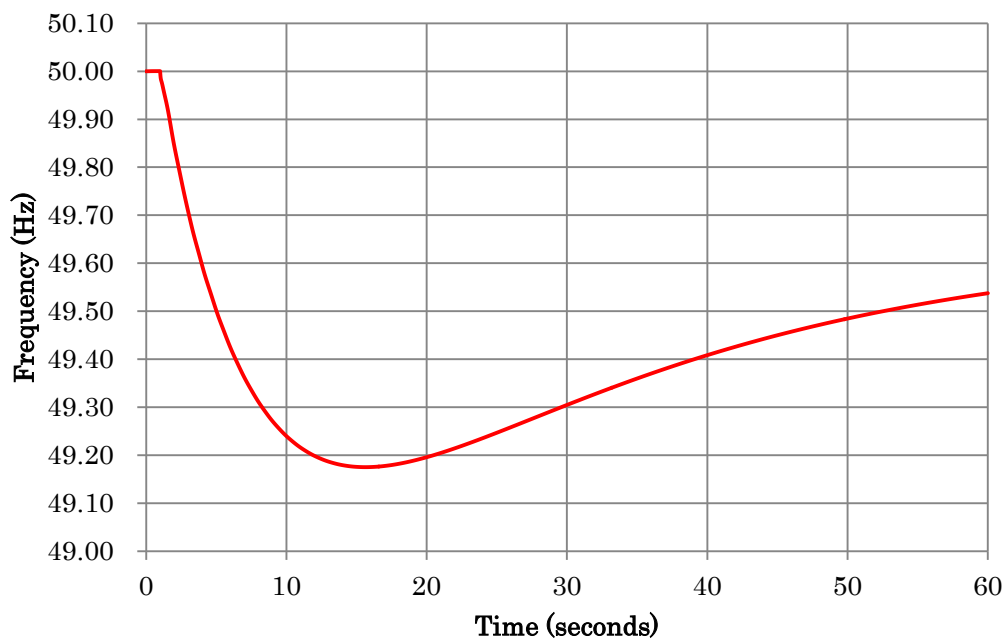
Figure 10.6.5-29 Loggal PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落



(2025年乾季ピーク、発電、Kotmale 接続、Loggal 単機容量 150MW)

(出典：調査団作成)

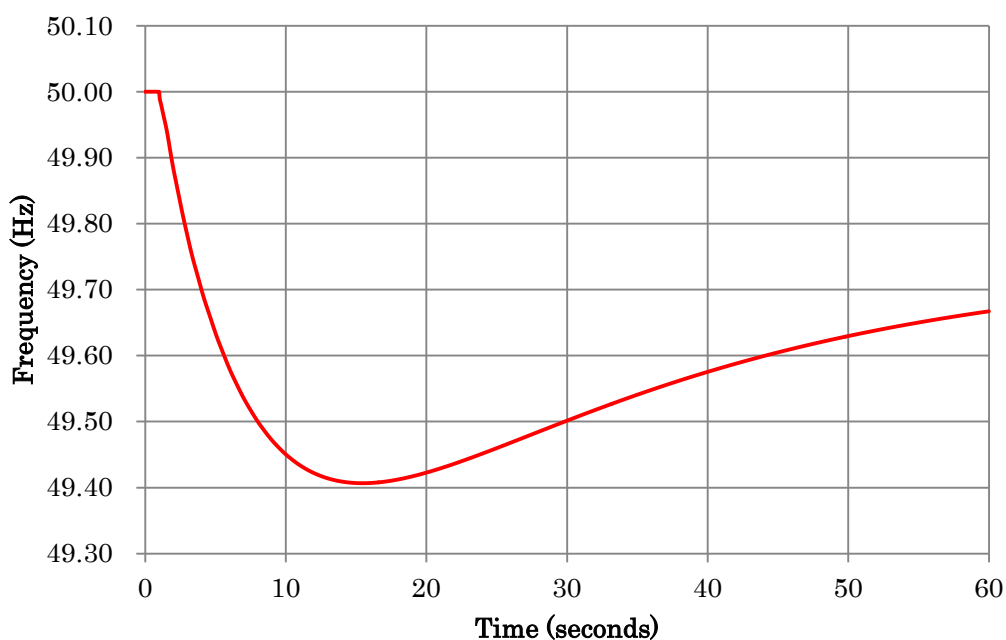
Figure 10.6.5-30 Loggal PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落



(2025 年乾季ピーク、発電、 π 分岐接続、Loggal 単機容量 200MW)

(出典：調査団作成)

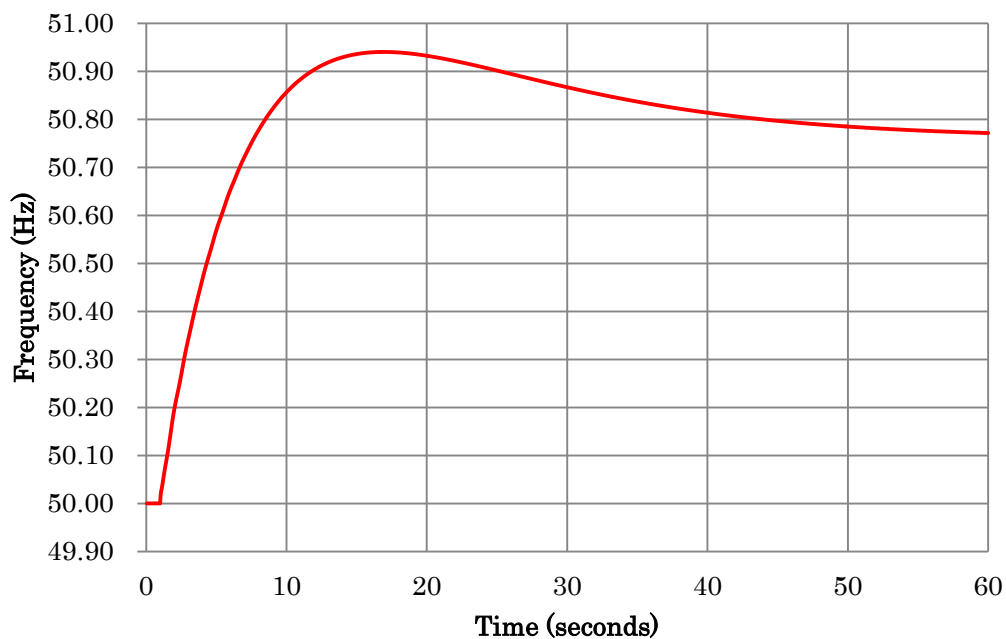
Figure 10.6.5-31 Loggal PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落



(2025 年乾季ピーク、発電、 π 分岐接続、Loggal 単機容量 150MW)

(出典：調査団作成)

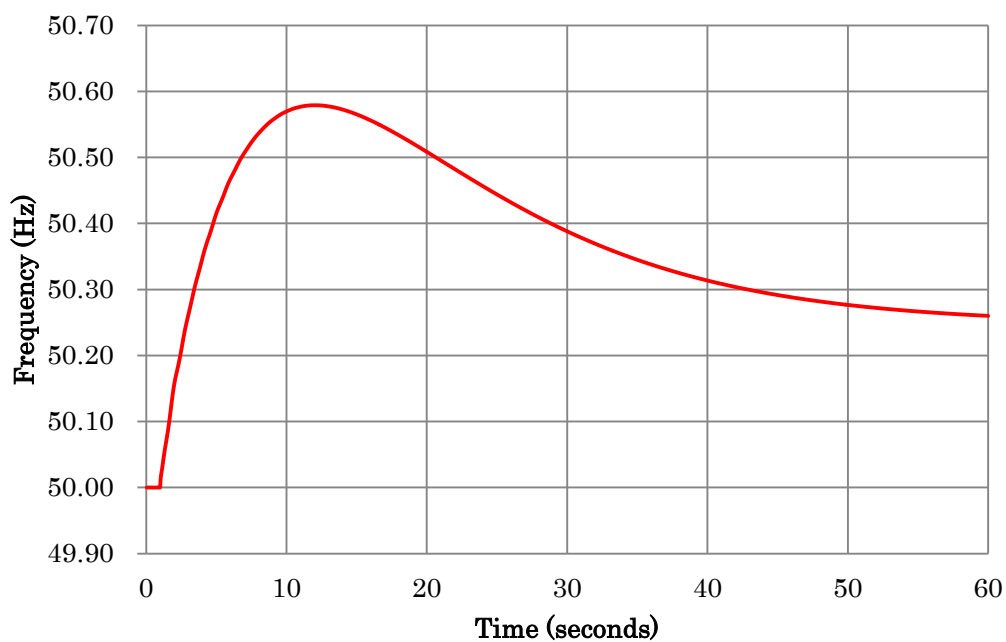
Figure 10.6.5-32 Loggal PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落



(2025年オフピーク、揚水、Kotmale 接続、Loggal 単機容量 200MW)

(出典：調査団作成)

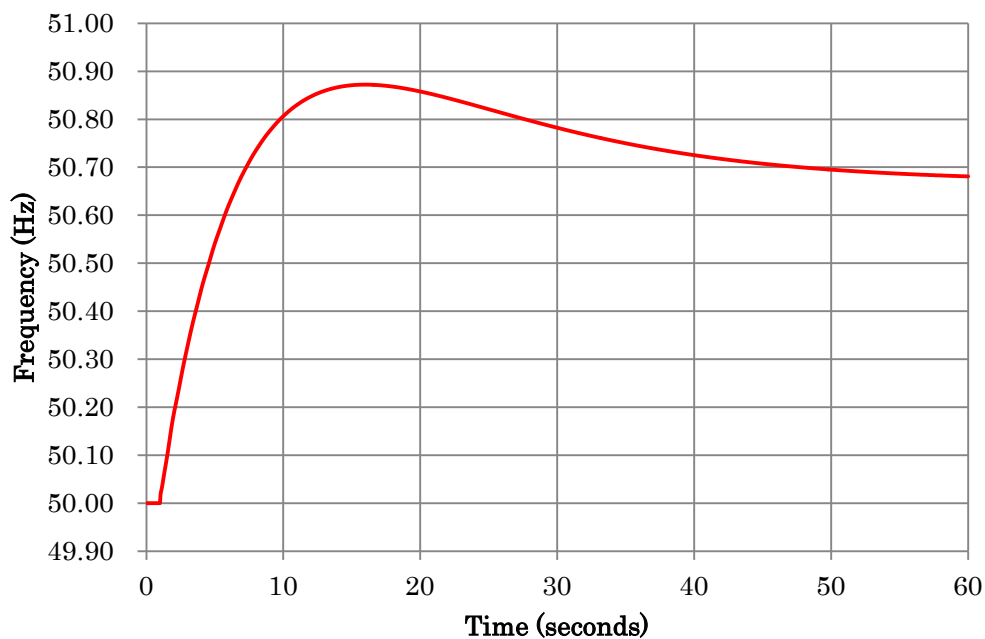
Figure 10.6.5-33 Loggal PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落



(2025年オフピーク、揚水、Kotmale 接続、Loggal 単機容量 150MW)

(出典：調査団作成)

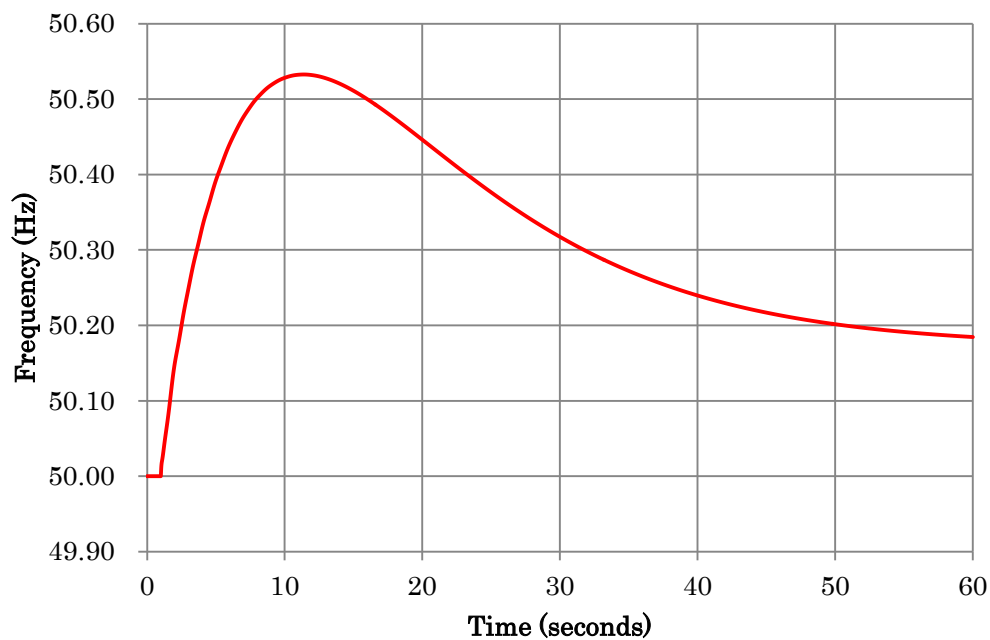
Figure 10.6.5-34 Loggal PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落



(2025 年オフピーク、揚水、 π 分岐接続、Loggal 単機容量 200MW)

(出典：調査団作成)

Figure 10.6.5-35 Loggal PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落



(2025 年オフピーク、揚水、 π 分岐接続、Loggal 単機容量 150MW)

(出典：調査団作成)

Figure 10.6.5-36 Loggal PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落

(9) 結論

- ・ Loggal 揚水発電所から 220kV-Low Loss ACSR/AS 550×2 導体の 2 回線で Kotmale に接続した場合、N-1 コンディションを考慮しても、過負荷、電圧基準の超過の問題は生じない。
- ・ 新設される Kotmale-New Polpitiya 間の送電線に 4 回線で Loggal 揚水発電所に引込む場合、N-1 コンディションを考慮しても、過負荷、電圧基準の超過の問題は生じない。
- ・ 2025 年を想定した系統において、発電運転は安定度の問題はみられないが、Kotmale 接続の場合には揚水運転は不安定となる可能性がある。揚水運転で安定とするためには、Loggal 揚水発電所から Kotmale 間の送電線種の見直しが必要である。また、発電運転においても、10 秒付近まで弱制動現象がみられることから、今後開発される大型電源には系統安定化装置を具備することが推奨される。
- ・ 発電機(1 ユニット)脱落した場合は、周波数安定性の問題はみられない。但し、周波数調整能力を考慮した電源の運用と、今後開発される大型電源には周波数調整能力を有するガバナフリーの機能を具備することが推奨される。

10.6.6 概算工事費

Table 10.6.6-1 に Loggal 地点の概算工事費を示す。10.6.1 に述べたとおり、1/5,000 地形測量が実施できなかったため、ここで示す工事費は、第 9 章候補地点の一次選定で算定した工事費と同じものである。

また、本地点は、単機出力 200MW×3 台案および 150MW×4 台案ともに適用範囲内であるため、両案の工事費を算定した。

Table 10.6.6-1 Loggal地点の概算工事費

Item/Project	Loggal		Remarks
	200 MW (US\$)	150 MW (US\$)	
1. Preparation and Land Acquisition	6,915,636	7,053,835	
2. Environmental Mitigation Cost	10,373,454	10,580,752	3. Civil Works * 3%
3. Civil Works	345,781,796	352,691,748	
4. Hydromechanical Works	62,287,324	62,978,428	
5. Electro-Mechanical Equipment	188,900,000	196,700,000	
6. Transmission Line	46,300,000	46,300,000	
Direct Cost	660,558,210	676,304,763	
7. Administration and Engineering Service	99,083,731	101,445,714	Direct Cost * 15%
8. Contingency	66,055,821	67,630,476	Direct Cost * 10%
9. Interest during Construction	44,422,540	45,481,495	$\Sigma(1,2,\dots,8)*0.4*i*T$
Total Cost	870,120,301	890,862,448	
Power Output	600,000	600,000	
USD per kW	1,450	1,485	
Notes; i: interest rate(=2.69%), T; Construction Period(=5years)			

(出典：調査団作成)

また、土木構造物の主な諸元は Table 10.6.6-2 に示すとおりである。

Table 10.6.6-2 Loggal 地点 主な土木構造物諸元

Loggal	200MW	150MW
Upper Dam		
Type	RCC	RCC
Height * CrestLength	42m * 220m	42m * 220m
Volume	112,000m ³	112,000m ³
Lower Dam		
Type	Rockfill	Rockfill
Height * CrestLength	76m * 540m	76m * 540m
Volume	5,200,000m ³	5,200,000m ³
Headrace Tunnel		
Dia.*Length*lines	5.3m * 1,750m * 1line	3.7m * 1,750m * 2line
Penstock Tunnel		
Dia.*Length*lines	4.1m * 1,106m * 1line	2.9m * 1,106m * 2line
Tailrace Tunnel		
Dia.*Length*lines	5.8m * 1,230m * 1line	4.1m * 1,230m * 2line

(出典：調査団作成)

10.6.7 自然環境

(1) 上ダム/貯水池

1) 森林面積

水没によって直接影響を受ける森林面積はホームガーデンが 16.2 ha (うち茶畑との混合が 7.4 ha)、植林 (マツ・アカシア) が 0.6 ha、河畔林が 0.8 ha、合計で 17.6 ha。水没する総面積は 35.4 ha で、森林の水没地に占める比率は 49.7%である (Table 10.6.8-2、Figure 10.6.8-1 を参照)。



(出典：調査団作成)

Figure 10.6.7-1 Forests at Loggal Upper

2) 絶滅危惧種（植物）

Loggal 上ダム/貯水池で環境調査(2)によって記録された絶滅危惧種（植物）を Table 10.6.7-1 に示す。

Table 10.6.7-1 Threatened Floral Species at Loggal Upper

Family	Species	NCS	GCS
Anacardiaceae	Mangifera zeylanica*	LC	VU
	Semecarpus nigro-viridis	LC	VU
Lauraceae	Alseodaphne semecarpifolia	VU	
	Cinnamomum zeylanicum	VU	
	Litsea longifolia*	LC	VU
Loganiaceae	Strychnostricho calyx*	VU	
Moraceae	Plecosperrum spinosum	VU	
Myristicaceae	Myristica ceylanica	VU	VU
Rubiaceae	Lasianthus gardneri*	EN	
	Psychotria gardneri*	NT	EN

NOTE: refer to the note of Table 10.3.7-1.

(出典：調査団作成)

3) 絶滅危惧種（動物）

Loggal 上ダム/貯水池で環境調査(2)によって記録された絶滅危惧種（動物）を Table 10.6.7-2 に示す。

Table 10.6.7-2 Threatened Faunal Species at Loggal Upper

Group	Family	Species	English Name	NCS	GCS
BEES	Apidae	Apis cerana		VU	
MOLLUSCS	Ariophantidae	Euplecta semidecussata		VU	
	Cyclophoridae	Theobaldius parma*		EN	
		Corilla adamsi*		EN	
DRAGONFLIES	Calopterygidae	Vestalis apicalis *	Black-tipped flashwing	VU	LC
	Euphaeidae	Euphaea splendens *	Shining Gossamerwing	NT	
BUTTERFLIES	Papilionidae	Troides darsius *	Common birdwing	LC	
		Papilio helenus	Red helen	VU	
FRESHWATER CRABS	Gecarcinucidae	Ceylonthelphusa rugosa*		NT	LC
FRESHWATER FISH	Cyprinidae	Garra ceylonensis*	Stone sucker	VU	EN
AMPHIBIANS	Ranidae	Hylarana temporalis *	Common wood frog	NT	
REPTILES	Scincidae	Lankascincus deignani *	Deignan'slankaskink	EN	EN
		Lankascincus fallax *	Common Lankaskink	LC	
	Viperidae	Trimeresurus trigonocephalus *	Green pit viper	LC	
BIRDS	Ramphastidae	Megalaima flavifrons *	Sri Lanka Yellow fronted Barbet	LC	LC

Group	Family	Species	English Name	NCS	GCS
	Psittacidae	Loriculus beryllinus *	Sri Lanka Hanging Parakeet	LC	LC
		Psittacula calthropae *	Sri Lanka Layard's Parakeet	NT	LC
	Ciconiidae	Ciconia episcopus	Woolly-necked Stork	NT	LC
	Timalidae	Pellorneum fuscicapillus *	Sri Lanka Brown-capped Babbler	LC	LC
	Zosteropidae	Zosterops ceylonensis *	Sri Lanka White-eye	NT	LC
MAMMALS	Cercopithecidae	Macaca sinica *	Sri Lanka toque monkey	LC	EN
	Felidae	Prionailuru siverrinus	Fishing cat	EN	EN
	Sciuridae	Ratufa macroura	Giant squirrel	LC	NT

NOTE: refer to the note of Table 10.3.6-1.

(出典：調査団作成)

4) 生態系

Loggal 上ダム/貯水池の主な生態系と特徴を Table 10.6.7-3 にまとめた。

Table 10.6.7-3 Ecosystems of Loggal Upper

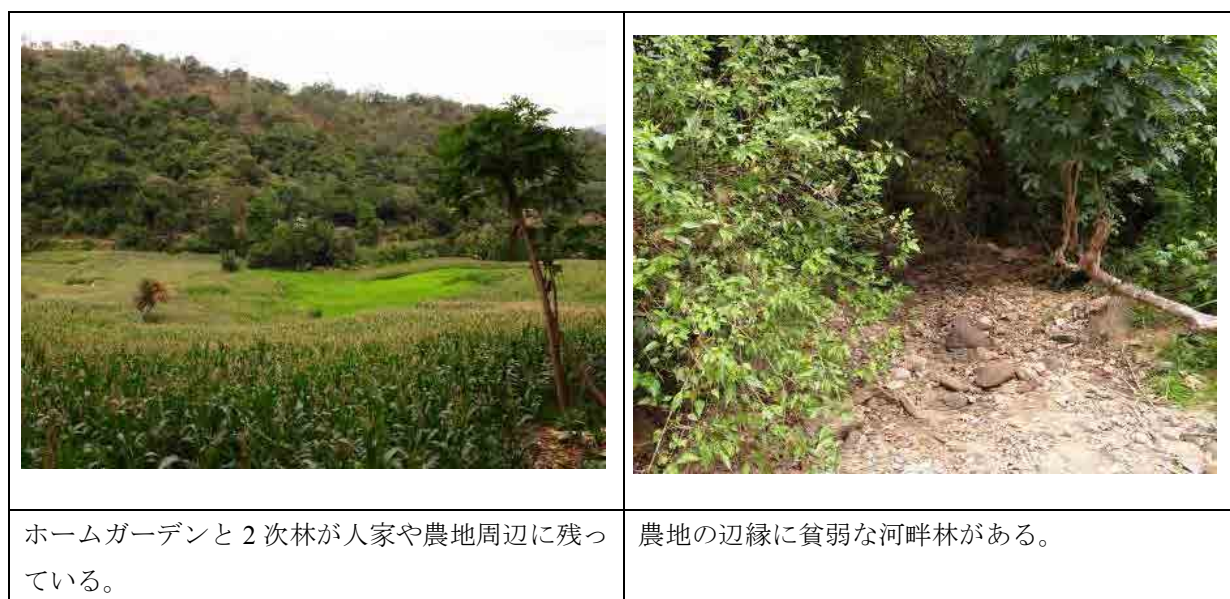
生態系	特徴
水没地	
田	谷底部分で比較的傾斜が緩やかな場所、特にバックウォーター近くから上流が田になっている。水没地の 41.2%。
植林地	マツとアカシアの植林地。水没地の 2%。
低木	急斜面などにサバンナ型の低木がある。水没地の 1%。
ホームガーデン	茶畑との混合型のホームガーデンと各戸の周囲に複層的（キャノピー、中間層、低木）なホームガーデンがある。複層的なホームガーデンも当該サイトでは、層があまり発達していない。水没地の 45.8%。
河畔林	当該サイトでは、人による干渉（農業活動や採取など）が多く、沢沿いわずかに 2 次林のような形で残っている。3 層の構造を保っているが、在来種がわずかに残っているだけである。水没地に占める比率は 2.2%。
その他	寺院がある。
バッファゾーン	
田、植林地、ホームガーデン、河畔林の他に墓地がある。	
淡水生態系	
谷底を幅約数 m の川が流れている。そこに流れ込む支流がいくつかある。	

(出典：調査団作成)

(2) 下ダム/貯水池

1) 森林面積

水没によって直接影響を受ける森林面積はホームガーデンが 5.0 ha、2 次林が 5.0 ha、河畔林が 0.03 ha、合計で 10.0 ha。水没する総面積は 17.6 ha で、森林の水没地に占める比率は 56.8% (Table 10.6.8-4、Figure 10.6.8-2 を参照)。



(出典：調査団作成)

Figure 10.6.7-2 Forests at Loggal Lower

2) 絶滅危惧種 (植物)

Loggal 下ダム/貯水池で環境調査(2)によって記録された絶滅危惧種 (植物) を Table 10.6.7-4 に示す。

Table 10.6.7-4 Threatened Floral Species at Loggal Lower

Family	Species	NCS	GCS
Anacardiaceae	Mangifera zeylanica*	LC	VU
Anacardiaceae	Semecarpus nigro-viridis*	LC	VU
Cycadaceae	Cycas nathorstii	VU	VU
Phyllanthaceae	Margaritaria indicus	VU	

NOTE: refer to the note of Table 10.3.6-1.

(出典：調査団作成)

3) 絶滅危惧種 (動物)

Loggal 下ダム/貯水池で環境調査(2)によって記録された絶滅危惧種 (動物) を Table 10.6.7-5 に示す。

Table 10.6.7-5 Threatened Faunal Species at Loggal Lower

Group	Family	Species	English Name	NCS	GCS
BEES	Apidae	<i>Apis cerana</i>		VU	
MOLLUSCS	Ariophantidae	<i>Euplecta semidecussata</i>		VU	
		<i>Ratnadvipia irradians*</i>		VU	
	Cyclophoridae	<i>Theobaldius parma*</i>		EN	
		<i>Pterocyclus cingalensis*</i>		NT	
		<i>Corilla adams*</i>		EN	
DRAGONFLIES	Calopterygidae	<i>Vestalis apicalis *</i>	Black-tipped flashwing	VU	LC
	Cholorocyphidae	<i>Libellago greeni *</i>	Green's Gem	EN	
	Euphaeidae	<i>Euphaea splendens*</i>	Shining Gossamerwing	NT	
BUTTERFLIES	Papilionidae	<i>Troides darsius*</i>	Common birdwing	LC	
	Nymphalidae	<i>Ideopsis similis</i>	Blue glassy tiger	VU	
		<i>Tirumala septentrionis</i>	Dark blue tiger	NT	
	Hesperiidae	<i>Sarangesa dasahara</i>	Common Small Flat	NT	
FRESHWATER CRABS	Gecarcinucidae	<i>Ceylonthelphusa rugosa*</i>		NT	LC
FRESHWATER FISH	Cyprinidae	<i>Esomus thermoicos*</i>	Flying barb / Bearded rasbora	LC	LC
		<i>Garra ceylonensis*</i>	Stone sucker	VU	EN
		<i>Puntius kamalika*</i>	Kamalika's barb	EN	
		<i>Pethia melanomaculata*</i>	Tic tac-toe barb	VU	
	Balitoridae	<i>Schistura notostigma*</i>	Banded mountain loach	NT	
AMPHIBIANS	Ranidae	<i>Hylarana gracilis*</i>	Sri Lanka wood frog	LC	
		<i>Hylarana temporalis*</i>	Common wood frog	NT	
REPTILES	Testudinidae	<i>Geochelone elegans</i>	Indian star tortoise	NT	
	Agamidae	<i>Calotes liolepis*</i>	Whistling lizard / Forest lizard	NT	
		<i>Otocryptis wiegmanni*</i>	Sri Lankan kangaroo lizard	LC	
	Scincidae	<i>Lankascincus deignani*</i>	Deignan's lankaskink	EN	EN
		<i>Lankascincus fallax*</i>	Common lankaskink	LC	
	Colubridae	<i>Aspidura copei*</i>	Cope's roughside	DD	
	Viperidae	<i>Trimeresurus trigonocephalus*</i>	Green pit viper	LC	
	Cylindrophidae	<i>Cylindrophis maculata*</i>	Sri Lanka Pipe snake	NT	
BIRDS	Phasianidae	<i>Gallus lafayetii*</i>	Sri Lanka Junglefowl	LC	LC
	Ramphastidae	<i>Megalaima flavifrons*</i>	Sri Lanka Yellow-fronted Barbet	LC	LC
	Bucerotidae	<i>Ocyrceros gingalensis*</i>	Sri Lanka Grey Hornbill	LC	LC
	Cuculidae	<i>Surniculus lugubris</i>	Drongo Cuckoo	NT	
	Psittacidae	<i>Loriculus beryllinus*</i>	Sri Lanka Hanging Parakeet	LC	LC
	Timalidae	<i>Pellorneum fuscicapillus*</i>	Sri Lanka Brown-capped Babbler	LC	LC
MAMMALS	Cercopithecidae	<i>Macaca sinica*</i>	Sri Lanka toque monkey	LC	EN
	Soricidae	<i>Suncus montanus*</i>	Highland shrew	EN	VU
	Felidae	<i>Prionailurus viverrinus</i>	Fishing cat	EN	EN
	Sciuridae	<i>Ratufa macroura</i>	Giant squirrel	LC	NT

NOTE: refer to the note of Table 10.3.7-1.

(出典：調査団作成)

4) 生態系

Loggal 下ダム/貯水池の主な生態系と特徴を Table 10.6.7-6 にまとめた。

Table 10.6.7-6 Ecosystems of Loggal Lower

生態系	特 徴
水没地	
田	谷底部分で比較的傾斜が緩やかな場所に田が広がっている。水没地の 39.8%。
ホームガーデン	田の周辺部分と人家周辺に発達している。複層的なホームガーデンは人家周辺にある。水没地の 28.4%。
2 次林	焼き畑放棄地に発達している林で、当該サイトでは、在来種は 2 次林に残っている。水没地の 28.4%。 面積はホームガーデンと合わせて 10.0ha、水没地に占める比率は 56.8%。
河畔林	当該サイトでは、人による干渉（農業活動や採取など）が多く、沢沿いわずかに 2 次林のような形で残っている。面積は 0.03 ha。
バッファゾーン	
田、ホームガーデン、2 次林、河畔林の他に、低木、学校、寺院	
淡水生態系	
谷底に幅約数 m の川があるが、降水量が少ないときはほとんど水が流れていない。支流がいくつかある。	

(出典：調査団作成)

10.6.8 社会環境

(1) 上ダム/貯水池

1) 社会環境概要

環境調査(1)と(2)の結果を踏まえ、Loggal 上ダム/貯水池の社会環境概要を Table 10.6.8-1 にまとめた。

Table 10.6.8-1 Social conditions at Loggal Upper

Name of site Characteristics	Loggal Upper dam/reservoir
Location	直接的影響地域及びバッファゾーンは、Pitamaruwa (GN)と Wewatenna (GN) in Meegahakiuala DS Division in Badulla District に属する。
Demographic status of the GND	Pitamaruwa: 人口 945 人、270 世帯、平均家族数：3.49 人 Wewatenna：人口 502 人、143 世帯、平均家族数：3.49 人
The number of sampling social survey	社会調査未実施
Residence year of the family	直接的影響地域及びバッファゾーンに住む大多数の人が生まれてからずっと村に住んでいる。
Ethnic and Religion	大多数がシンハラ人の仏教徒。一部タミル人のヒンズー教徒。
Accessibility to the proposed site	国道 B36 号線にて Meegahakiuala までアクセス可能。Meegahakiuala より Kalugahakandura 村を通り、約 6km で Pitimadura 村にたどりつくが、道路は舗装されていない。ダムサイトまでの最後の 0.5km は新設道路が必要となる。
Number of those who to be resettled	直接的影響地域(現時点で移転の必要がある)：21 軒 バッファゾーンで間接的影響(建設期間中一時的に移転、または田畑を失い生計手段を失う可能性がある)を受ける世帯：99 軒
Area of land to be acquired	35.40ha
Number of those who to be affected by losing livelihood	直接的影響地域 21 軒が生計手段を失う
Major occupation	農業、民間雇用者(近くの紅茶園に雇われているものが多い)
Impacts on public facilities	既設道路の一部が水没
Existence of poverty people	Pitimadura 村全体では、66 世帯が Samurdhi (政府補助生計支援)を受けている。 直接的影響地域及びバッファゾーン内は社会調査未実施のため貧困層の有無は不明。
Existence of indigenous people	なし
Water Utilization	Pitimadura 村全体では、飲料水として河川や井戸から取水している。約 33ha の水田に灌漑用水があるが、当該プロジェクトエリア外である。社会調査未実施のため詳細不明であるが、直接的影響地域及びバッファゾーンでは河川による飲料水利用はなく、沐浴及び畑に河川利用しているのみ。500m 以上下流(バッファゾーンの外)に既設小水力発電所があり、建設中に建設的影響を受ける。
Impacts on agriculture	水田、ホームガーデン、ホームガーデン+茶畑
Non timber forest product Utilization	ホームガーデンや近隣の森林より薪を収集。
Impacts on tourism	なし
Religious, cultural and archeological heritages	直接的影響地域：1 仏教寺水没
Impacts on landscape	なし
People's consciousness toward the proposed project	2014 年 1 月に行われた最初のコンサルテーションに約 50 人の村人が集まり、プロジェクト概要説明をしたところ、少数の村人が過敏に反応し、プロジェクトに対して強い反対意見が上がった。理由は、寺、水田や家屋が水没すること、移転させられることに反対のため。

(出典：調査団作成)

2) 土地利用

上ダム/貯水池水没予定地域の主な土地利用を Table 10.6.8-2 に示す。

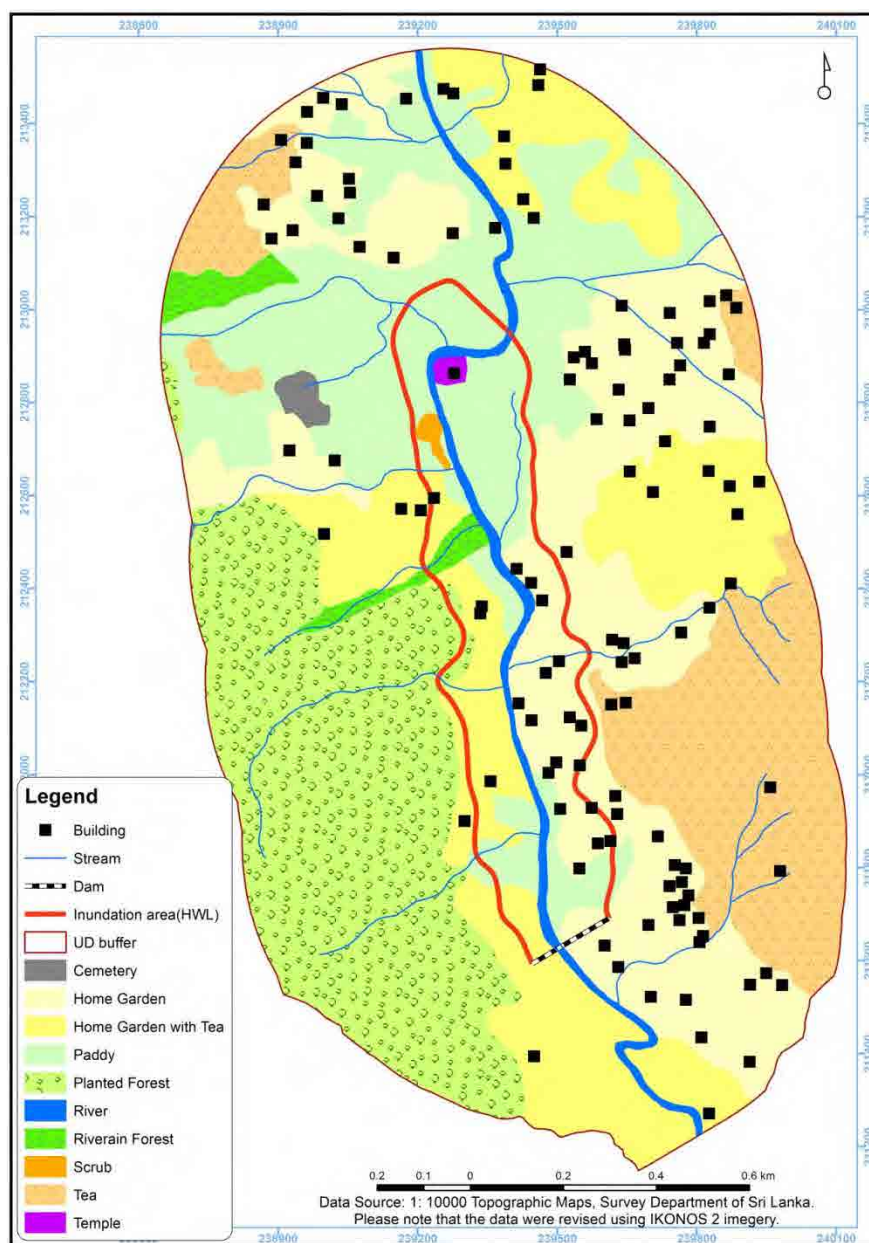
Table 10.6.8-2 Land use pattern of Loggal Upper

Land Use Type	Inundation Area (ha)	with Buffer (ha)
Cemetery	0.00	0.91
Home Garden	8.76	62.67
Home Garden with Tea	7.44	50.77
Paddy	14.60	53.38
Planted Forest	0.60	55.67
River	2.31	4.07
Riverain Forest	0.88	3.72
Scrub	0.40	0.40
Tea	0.00	35.81
Temple	0.42	0.42
TOTAL	35.41	267.82

(出典：調査団作成)

3) 家屋所在地及び土地利用図

直接影響地域及びバッファゾーンでの家屋所在地と土地利用を Figure 10.6.8-1 に示す。



(出典：調査団作成)

Figure 10.6.8-1 Land use pattern and locations of houses of the inundated area the Buffer Zone of Loggal Upper

(2) 下ダム/貯水池

1) 社会環境概要

環境調査(1)と(2)の結果を踏まえ、Loggal 下ダム/貯水池の社会環境概要を Table 10.6.8-3 にまとめた。

Table 10.6.8-3 Social conditions of Loggal Lower

Characteristics	Name of site	Loggal Lower dam/reservoir
Location		直接的影響地域及びバッファゾーンは、Kalugahakandura (GN) Meegahakiula DS Division in Badulla District に属する。
Demographic status of the GND		Pitamaruwa: 人口 651 人、187 世帯、平均家族数：3.49 人
The number of sampling social survey		社会調査未実施
Residence year of the family		直接的影響地域及びバッファゾーンに住む大多数の人が生まれてからずっと村に住んでいる。
Ethnic and Religion		大多数がシンハラ人の仏教徒。
Accessibility to the proposed site		国道 B36 号線にて Meegahakiula までアクセス可能。Meegahakiula より Kalugahakandura 村、道路は舗装されていない。ダムサイトまでの最後の約 1-1.5km は新設道路が必要となる。
Number of those who to be resettled		直接的影響(現時点で移転の必要がある)地域：4 軒 バッファゾーンで間接的影響（建設期間中一時的に移転、または田畑を失い生計手段を失う可能性がある）を受ける世帯：24 軒
Area of land to be acquired		17.59ha
Number of those who to be affected by losing livelihood		直接的影響地域 4 軒が生計手段を失う
Major occupation		農業、政府職員、自営業
Impacts on public facilities		直接的影響地域で学校が水没。
Existence of poverty people		Kalugahakandura 村全体では、96 世帯が Samurdhi（政府補助生計支援）を受けている。 直接的影響地域及びバッファゾーン内は社会調査未実施のため貧困層の有無は不明。
Existence of indigenous people		なし
Water Utilization		Kalugahakandura 村全体では、飲料水として河川や井戸から取水している。Maha 期に約 65ha、Yala 期に約 21ha の水田に灌漑用水を利用しているが、当該プロジェクトエリア外である。 社会調査未実施のため詳細不明であるが、直接的影響地域及びバッファゾーンでは河川による飲料水等の利用はない。
Impacts on agriculture		ホームガーデン、水田、2 次林
Non timber forest product Utilization		ホームガーデンや 2 次林より薪を収集。
Impacts on tourism		なし
Religious, cultural and archeological heritages		直接的影響地域とバッファゾーンの境界線上よりややバッファゾーン内に 1 軒の仏教寺があり、水没はしないが、建設時には間接的影響を受ける。
Impacts on landscape		なし
People's consciousness toward the proposed project		2014 年 1 月に行われた最初のコンサルテーションには 78 人の村人が集まり、プロジェクト概要説明をしたところ、プロジェクトに対して強い反対意見が上がった。理由は、寺、水田や家屋が水没すること、移転させられることに反対のため。

(出典：調査団作成)

2) 土地利用

下ダム/貯水池水没予定地域の主な土地利用を Table 10.6.8-4 に示す。

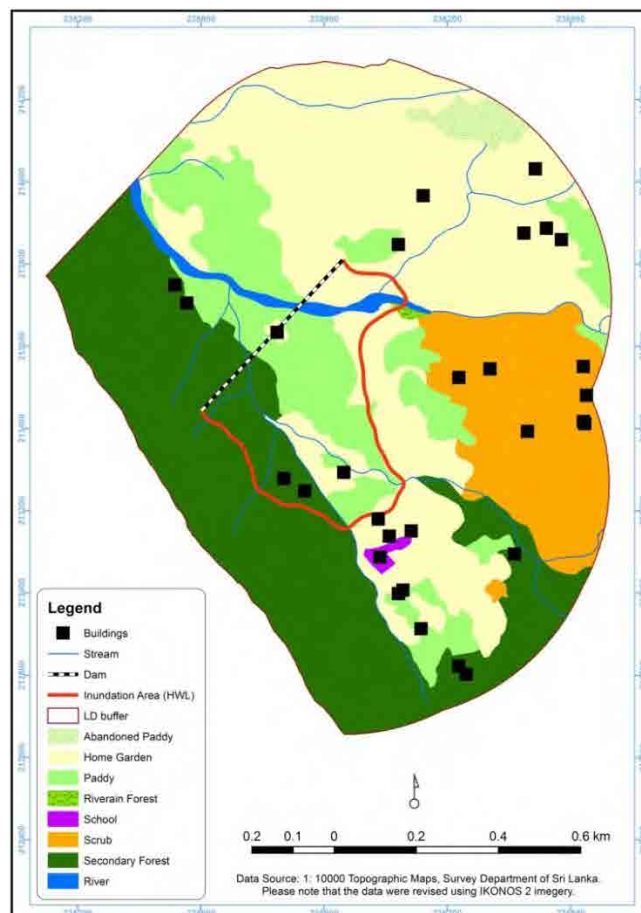
Table 10.6.8-4 Land use pattern of Loggal Lower

Land Use Type	Inundation Area (ha)	with Buffer (ha)
Abandoned Paddy	0.00	2.14
Home Garden	4.98	58.16
Paddy	7.02	24.71
Riverine Forest	0.03	0.17
School	0.00	0.44
Scrub	0.00	20.04
Secondary Forest	4.96	48.97
Stream	0.61	1.68
TOTAL	17.60	156.30

(出典：調査団作成)

3) 家屋所在地及び土地利用図

直接影響地域及びバッファゾーンでの家屋所在地と土地利用を Figure 10.6.8-2 に示す



(出典：調査団作成)

Figure 10.6.8-2 Land use pattern and locations of houses of the inundated area the Buffer Zone of Loggal Lower

10.7 最有力候補地点の選定

10.7.1 概要

有力候補地点 3 地点（4 計画：Halgran 3 計画、Maha 2 計画、Maha 3 計画、および Loggal 計画）について、現地再委託により 1/5,000 地形測量実施を計画した。第 9 章の候補地点の一次選定（有力候補地点 3 地点選定）においては、各地点の揚水発電計画は 1/10,000 地形図（Survey Department of Sri Lanka 発行）を利用していたので、最有力候補地点 1 地点の選定にあたっては、計画の精度向上を目的として同測量を実施したものである。しかしながら、有力候補 3 地点のうち Loggal 地点については、再委託により併せて実施していた社会環境調査に対して一部地域住民の強い反対が生じたために、CEB と協議して地形測量の実施を控えた。よって、1/5,000 地形図により新たに計画を見直ししたのは、Halgran 3 計画、Maha2 計画、Maha 3 計画の 3 計画となった。

Table 10.7.1-1 に有力候補地点の計画諸元を示す。

10.2～10.6 にそれぞれ示したとおり、各計画地点は、地質、建設工事の施工性、接続送電線、系統安定、概算工事費、自然環境および社会環境面より評価を行った。本節では、評価結果をもとに、有力候補地点のランキングスタディーを行い、最有力候補 1 地点を選定する。以下には、ランキングスタディーに先立ち、各地点評価結果について、評価項目ごとに取りまとめた。

Table 10.7.1-1 有力候補地点の計画諸元

Candidate Site	unit	Halgran 3	Maha 2		Maha 3		Logal		
			case1	case2	case1	case2	case1	case2	
Installed Capacity	MW	600	600	600	600	600	600	600	
Unit Capacity	MW	200	200	150	200	150	200	150	
Number of Units	unit	3	3	4	3	4	3	4	
Peak Generating Time	hours	6.03	6.00	6.00	6.09	6.03	6.16	6.16	
Gross Head	m	677.34	448.93	450.40	512.00	513.06	591.33	591.33	
Rated Head	m	643.47	426.48	427.88	486.40	487.40	561.76	561.76	
Rated Discharge	m ³	111.94	168.89	168.34	148.09	147.78	128.22	128.22	
Upper Pond	Latitude	7°02'14"	7°07'20"	7°07'20"	7°06'23"	7°06'23"	7°06'20"	7°06'20"	
	Longitude	80°52'31"	80°27'26"	80°27'26"	80°28'49"	80°28'49"	81°07'46"	81°07'46"	
	Catchment Area	km ²	2	5	5	1	1	5	5
	Reservoir Area	km ²	0.16	0.15	0.15	0.23	0.23	0.43	0.43
	Crest Elevation	E.L.-m	1400.0	765.0	764.0	821.0	819.5	1002.0	1002.0
	High Water Level	E.L.-m	1,394.0	759.0	758.0	815.0	813.5	996.0	996.0
	Low Water Level	E.L.-m	1,366.0	724.0	720.6	795.4	792.0	985.0	985.0
	Drawdown	m	28.0	35.0	37.4	19.6	21.5	11.0	11.0
	Sediment Level	E.L.-m	1,354.6	710.5	710.5	782.1	782.1	369.3	369.3
	Gross Capacity	MCM	2.77	4.35	4.21	3.94	3.58	4.59	5
	Available Capacity	MCM	2.45	3.65	3.69	3.25	3.29	3.16	3
	Dam Height	m	70	80	79	61	60	42	42
	Crest Length	m	210	250	250	275	275	220	220
	Lower Pond	Latitude	7°03'57"	7°07'50"	7°07'50"	7°07'50"	7°07'50"	7°7'23"	7°7'23"
Longitude		80°54'11"	80°28'27"	80°28'27"	80°28'27"	80°28'27"	81°05'46'	81°05'46'	
Catchment Area		km ²	16	35	35	35	35	5	5
Reservoir Area		km ²	0.17	0.15	0.15	0.23	0.23	0.15	0.15
Crest Elevation		E.L.-m	720.0	310.5	307.5	308.0	305.0	416.0	416.0
High Water Level		E.L.-m	714.0	304.5	301.5	302.0	299.0	410.0	410.0
Low Water Level		E.L.-m	694.0	286.2	282.4	285.4	281.8	383.0	383.0
Drawdown		m	20.0	18.3	19.1	16.6	17.2	27.0	27.0
Sediment Level		E.L.-m	681.6	271.8	271.8	271.8	271.8	369.3	369.3
Gross Capacity		MCM	3.79	6.92	6.21	6.33	5.65	3.66	4
Available Capacity		MCM	2.43	3.73	3.67	3.28	3.21	2.84	3
Dam Height		m	75	71	68	68	65	76	76
Crest Length		m	280	350	350	350	350	540	540
Headrace Tunnel									
	Inner Diameter	m	4.90	6.00	4.30	5.70	4.00	5.30	3.70
	Length	m	1,350	510	510	1,100	1,100	1,750	1,750
	Nos. of lines	-line	1	1	2	1	2	1	2
Penstock Tunnel									
	Inner Diameter	m	3.80	4.70	3.30	4.40	3.10	4.10	2.90
	Length	m	1,212	885	889	979	983	1,106	1,106
	Nos. of lines	-line	1	1	2	1	2	1	2
Tailrace Tunnel									
	Inner Diameter	m	5.40	6.60	4.70	6.20	4.40	5.80	4.10
	Length	m	2,200	1,000	1,000	500	500	1,230	1,230
	Nos. of lines	-line	1	1	2	1	2	1	2
Access Tunnel to PH									
	Length	m	1,500	1,000	1,000	900	900	1,600	1,600

(出典：調査団作成)

10.7.2 地質による評価

各前で述べたとおり、いずれの有力候補地点においても地質的に重大な問題は見出されていない。各地点の評価結果を Table 10.7.2-1 に示す。下表に示すとおり、上ダム、下ダムの評価は岩質、水密性、断層、河床堆積物の多寡、貯水池の斜面安定性、また、水路の評価は、岩質、断層、卓越する亀裂と水路軸の方向の関係より行った。評価結果は、A、B、C、D の四段階のレーティングで表現することとし、各レーティングの意味するところは、Excellent~Poor: A>B>C>D である。

なお、Loggal 地点では、ローカルコンサルタントに委託して行う地質調査を実施しなかったことから、評価は第 9 章の調査結果もとに行っている。他地点と比較して調査精度が劣ることから、全体評価（Overall Evaluation）のレーティングは割り引いたものとした。

Table 10.7.2-1 有力候補地点の評価結果

Items	Halgran 3			Maha 2			Maha 3			Loggal		
	UD	LD	Route	UD	LD	Route	UD	LD	Route	UD	LD	Route
Rock Quality	B	C	B	A	B	B	B	B	B	A	B	B
Permiability	C	C		B	B		B	B		B	B	
Faults	B	B	C	A	C	B	A	C	A	A	A	B
River bed	A	B		A	A		A	A		A	C	
Slope	A	C		A	C		B	C		A	B	
Direction			C			A			C			A
Overall Evaluation	C			A			B			C		

(出典：調査団作成)

10.7.3 施工性による評価

施工性に関しては、計画地点の地形等を勘案して、上ダム・下ダムへのアクセス、仮設ヤードの設置の容易さ、発電所アクセストンネルの延長、および利用水深の大きさにより評価した。このうち、利用水深の深さについては、以下のことを考慮して評価項目に含めた。すなわち、揚水発電所の場合、日間で満水位から低水位まで水位が変動するような運用が想定され、利用水深が大きな場合には、貯水池周辺の法面の安定性に悪影響を与えることが懸念される。その結果、対策に必要な工事費が増嵩する可能性が高くなることを勘案した。なお、一般的には、最大 30m 程度を上限として利用水深を定める例が多い。評価結果は、A、B、C、D の四段階のレーティングで表現することとし、各レーティングの意味するところは、容易~難しい: A>B>C>D である。

Table 10.7.3-1 施工性に関する評価

Items	Halgran 3	Maha 2	Maha 3	Loggal
Access to Upper Dam	C	B	A	C
Access to Lower Dam	B	B	B	B
Temporary Yards	B	B	B	B
Length of Access to PH	C	B	A	C
Drawdown depth	B	C	B	B
Overall Evaluation	C	B	A	C

(出典：調査団作成)

10.7.4 接続送電線・系統安定性

各節で述べたとおり、各地点の送電線のルートは、計画地点近傍の既設送電線、既設変電所の位置および環境保護エリアや市街地を勘案して決定した。また、選定した送電線ルートに関しては、既設電力系統への影響を明らかにするために系統解析を実施した。結果として、技術的、経済的、および環境配慮面から、望ましい送電線ルートが選定された。

Halgran3 地点と Loggal 地点においては、Kotmale 発電所への接続ルート案が選定された。送電線の延長と回線数は、それぞれ 45km×1 回線、65km×1 回線である。また、Maha2 地点と Maha3 では、Kotmale 発電所と Kirindiwela 変電所の既設送電線にπ分岐する案が選定された。送電線延長と回線数は、3.8km×2 回線となった。ただし、送電線延長と回線数の優劣は、各候補地点の送電線工事費に反映されることになるので、ここではレーティングの対象としない。

Table 10.7.4-1 には、系統解析より得られた既設電力系統に対する影響に対するレーティングを示した。深刻な影響としては、Loggal 地点では 3 相地絡時に脱調が生じる結果を得た。それ以外は、深刻な影響は見出されていない。(レーティング A, B, C, D の意味は、影響判定基準からの余地の大きさ : A>B>C, D は基準外)

Table 10.7.4-1 系統解析の結果に対する評価

Items	Halgran 3	Maha 2	Maha 3	Loggal
Power Fault Analysis	A	B	B	A
Short Circuit Currents Analysis	A	A	A	A
Stability to 3-phase line fault	A	A	A	D
200 MW unit Trip	B	B	B	B
Overall Evaluation	A	B	B	D

(出典：調査団作成)

10.7.5 ポンプ・水車の製作限界

各節に述べたとおり、有力候補地点の見直した計画諸元に基づき、ポンプ・水車の製作限界に関して、単機出力 200MW および単機出力 150MW の適用性を精査した。Table 10.7.5-1 にその結果を示すとおり、Halgran 3 では単機容量 200MW が、同様に Loggal では単機容量 150MW がそれぞれ製作限界の基準の境界線上にプロットされることが判明した。(レーティング A, B, C, D の意味は、製作限界の基準からの余地の大きさ : A>B>C, D は基準外、Overall Evaluation では、A : 200MW、150MW とともに適用可能、C : 200MW のみ適用可能、D : 200MW、150MW とともに適用不可)

Table 10.7.5-1 ポンプ・水車の製作限界に対する評価

	Halgran 3	Maha 2	Maha 3	Loggal
200 MW	B	A	A	A
150 MW	D	A	A	B
Overall Evaluation	C	A	A	B

(出典：調査団作成)

10.7.6 概算工事費

各節に記したとおり有力候補地点の見直した計画諸元に基づき、概算工事費について精査した。精査した概算工事費を Table 10.7.6-1 に示す。ここで示した建設費には、各地点とも送電線の建設費を含む。また、Loggal 地点については、第 9 章で求めた建設工事費に送電線建設費を付加したものである。(レーティング A, B, C, D の意味は、A : 1,200USD/kW 以下、B : 1,200kW～1,300USD/kW、C : 1,300USD/kW～1,400USD/kW、D : 1,400USD/kW 以上)

Table 10.7.6-1 概算工事費

Unit Capacity	Item	Halgran 3	Maha 2	Maha 3	Loggal
200 MW	Construction Cost	724,521,769	751,103,052	672,351,670	870,120,301
	per kW	1,208	1,252	1,121	1,450
150 MW	Construction Cost		759,946,784	680,846,576	890,862,448
	per kW		1,267	1,135	1,485
Evaluation		B	B	A	D

(出典：調査団作成)

10.7.7 自然・社会環境影響

(1) 評価基準

候補地点の一次選定（第 9 章）では影響の大きさに応じてそれぞれのサイトに A-C を割り振ったが、今回は A-D を影響の大きさに割り振り、大きさは $A < B < C < D$ とし、それぞれ評価基準を与えた。

4 段階にした理由は「環境調査(1)よりも詳細な調査結果を的確に反映させるため」と「3 候補地の差異を明確にするため」である。評価基準を Table 10.7.7-1 に示す。

Table 10.7.7-1 Selection Criteria from the Environmental considerations

自然環境	評価項目	評価基準	備考																														
自然環境への影響	1 森林面積	森林面積と貯水池面積の比率を基準とする。 A : 0-24% B : 25-49% C : 50-74% D : 75-100%	本案件の貯水池の面積は上池が 0.15-0.43km ² 、下池が 0.15-0.24km ² と大規模ダム貯水池に比較して小さい(例えばスリランカ国のビクトリア貯水池の面積は 22.7km ²)ので、全体的な影響は限定的と考えられる。そのため、重み付けをする場合は、大きな重みをつけない。																														
	2 絶滅危惧種(動物)	地球規模のカテゴリーとスリランカのカテゴリー別に、それぞれのカテゴリーに属する種が生息しているかどうか(観察されたかどうか)を確認し、基準とする。ただし、同じサイトで大きな影響と小さい影響(例えば D と A)が混在した場合、予防原則の考えから大きい影響をそのサイトの評価とする。	動物(Fauna)と植物(Flora)はそれぞれ以下の表を作成し、別々に比較する。 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Global</th> <th>CR</th> <th>EN</th> <th>VU</th> <th>Others</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>Sri Lankan</th> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th>CR</th> <td>D</td> <td>D</td> <td>D</td> <td>D</td> </tr> <tr> <th>EN</th> <td>D</td> <td>D</td> <td>D</td> <td>D</td> </tr> <tr> <th>VU</th> <td>C</td> <td>C</td> <td>B</td> <td>B</td> </tr> <tr> <th>Others</th> <td>B</td> <td>B</td> <td>A</td> <td>A</td> </tr> </tbody> </table>	Global	CR	EN	VU	Others	Sri Lankan					CR	D	D	D	D	EN	D	D	D	D	VU	C	C	B	B	Others	B	B	A	A
	Global	CR	EN	VU	Others																												
Sri Lankan																																	
CR	D	D	D	D																													
EN	D	D	D	D																													
VU	C	C	B	B																													
Others	B	B	A	A																													
3 絶滅危惧種(植物)	混在した場合、予防原則の考えから大きい影響をそのサイトの評価とする。	CR: Critically Endangered, EN: Endangered, VU: Vulnerable Global category by IUCN, Sri Lankan category: Government of Sri Lanka (2012) Others: NT (Near Threatened), LC (Least Concern)またはカテゴリー分けなしを含む。																															

				スリランカでの絶滅危惧カテゴリーを重視するよう考慮した。スリランカで数が少ない場合は、開発事業の影響を受けやすく、その影響も大きいと考えられるからである。
4	生態系	<p>生態系を以下の4つのカテゴリーとし、それぞれの特徴を基準とする。</p> <p>A: 単一種栽培地 B: 2次的生態系 (単層的) C: 2次的生態系 (複層的) D: 自然生息地</p> <p>2次的生態系 (複層的) と自然生息地は、影響を受ける面積についても勘案する。</p>	<p>単一種栽培地: 1つの栽培種を画一的に管理・栽培している場所。茶畑、田、ユーカリ植林地など。</p> <p>2次的生態系 (単層的): 複数の栽培種と在来種等を管理・栽培しているが、構造が単層的で、生態系として初期の段階にある。初期段階のHome Garden。</p> <p>2次的生態系 (複層的): 複数の栽培種と在来種等を長期にわたり管理・栽培し、複層構造を持ち、生態系としてある程度成熟している。成熟したHome Garden。</p> <p>自然生息地: 1. (a) Natural habitats are land and water areas where (i) the ecosystems' biological communities are formed largely by native plant and animal species, and (ii) human activity has not essentially modified the area's primary ecological functions.” (世界銀行 OP4.04 Annex A)。まとまって残存している河畔林。</p> <p>2次的生態系 (複層的) については、影響面積が少ない (全体の1/3以下) ならば「B」の可能性もある。ただし、自然生息地については面積の多寡にかかわらず予防的観点から「D」とする。</p>	

社会環境	評価項目	評価基準	備考	
地域住民への影響	1	住民移転数(世帯数)	<p>影響を受ける世帯数</p> <p>A: 0 B: 1-14 C: 15-29 D: 30以上</p>	<p><参考></p> <p>アッパーコトマレ水力発電事業: 497世帯</p> <p>モラゴラ水力発電事業: 26世帯</p> <p>ビクトリア増設事業: 57世帯</p>
	2	用地取得面積	<p>影響面積</p> <p>A: 15ha未満 B: 15-19ha C: 20-24ha D: 25ha以上</p>	
	3	移転又は農地を失うことにより生計手段を失う世帯数	<p>影響を受ける世帯数</p> <p>A: 0 B: 15未満 C: 15-29 D: 30以上</p>	<p>本来ならば、各世帯の家計を詳細に調査し、各世帯の収入の内どのくらいの割合が本事業によって影響を受けるかを推測する必要がある。しかし、第2回環境調査ではそこまで詳細な調査を実施していない。そこで予防的観点から「移転または農地を失うこと」=「生計手段を失う」と考えた。実際は「移転または農地を失うこと」がそのまま生計手段を失うことにつながらない場合(例えば、ほかの収入源がある)もあるため、もっと少ない可能性がある。</p>
	4	公共施設への影響(学校、道路等)	<p>学校、道路、病院等の水没</p> <p>A: 0 B: 上記3つの内、1つが水没 C: 上記3つの内、2つが水没、又は同じものが2つ水没 D: 上記3つの内、3つが水没、又は同じものが3つ以上水没</p>	
	5	貧困層及び少数民族への影響	<p>貧困層及び先住民の世帯数</p> <p>A: 0 B: 10未満</p>	<p>少数民族は候補地には居住または働いていない。また、Upper Tamilについては、少数民族ではなく「貧困層」として考える。</p>

			C: 11-19 D: 20 以上	先住民族かつ少数民族である Vedda も候補地には居住または働いていない。
	6	河川水利用への影響	飲料、灌漑、水力発電による水利用の数 A: 0 B: 上記3つの内、1つの利用 C: 上記3つの内、2つの利用 D: 上記3つすべて利用	各候補地では漁業はないため、漁業は考慮していない。河川の水利用について影響の大きな3つの利用形態を考慮した。洗濯、沐浴等にも川の水は利用されているが、3つの水利用に比べて比較的影響は少ないため、今回は除いた。
地域産業への影響	7	農業への影響(森林、ゴムプランテーションを含む)	茶畑、自作農家、水田、森林、プランテーションの影響面積 A: 15ha 未満 B: 15-19ha C: 20-24ha D: 25ha 以上	
	8	観光事業への影響	観光事業の有無及び保全対象への影響 A. 観光資源がない、眺望点がない B. 観光資源があるが、直接的及び間接的影響は回避可能 C. 観光資源があり、直接的及び間接的影響があるが、緩和策の実施で影響の軽減が可能 D. 観光資源があり、影響緩和策を実施しても、負の影響を受ける	
地域文化遺産及び景観への影響	9	地域にとって重要な寺、菩提樹、墓や遺跡への影響	A. 地域にとって重要な文化遺産等はなく、影響がない B. 地域にとって重要な文化遺産等があるが、回避可能である C. 地域にとって重要な文化遺産等があるが、影響緩和策の実施で影響の軽減が可能 D. 地域にとって重要な文化遺産等があり、影響緩和策を実施しても負の影響を受ける	
	10	景観への影響	A. 地域レベルで日常的に親しまれている、あるいは大切にされているような景観資源なし B. 主要な眺望点及び眺望景観への影響は回避可能 C. 主要な眺望点及び眺望景観への影響は緩和策の実施で軽減が可能 D. 主要な眺望点及び眺望景観への影響は、影響緩和策を実施しても負の影響を受ける	

(出典：調査団作成)

(2) 各地点の概要と評価結果

各地点の概要と、Table 10.7.7-1 の評価基準に従って評価した結果を Table 10.7.7-2 にまとめた。

Table 10.7.7-2 Outlines and results of evaluation of each site

評価項目	Halgran				評価	Loggal				評価																																																																																																					
	Upper		Lower			Upper		Lower																																																																																																							
自然環境への影響 (Impacts on fauna and flora)	森林面積	【説明】 水没する総面積は 15.6 ha。森林面積はユーカリ植林地が 4.3 ha、河畔林が 5.6 ha、合計で 9.9 ha。森林の水没地に占める比率は 63.5%。 【評価】 C		【説明】 水没する総面積は 14.6 ha。森林面積は 2 次林が 1.1 ha、ホームガーデンが 0.3 ha、合計で 1.4 ha。森林の水没地に占める比率は 9.6%。 【評価】 A		C	【説明】 水没する総面積は 35.4 ha。森林面積はホームガーデンが 16.2 ha (うち茶畑との混合が 7.4 ha)、植林 (マツ・アカシア) が 0.6 ha、河畔林が 0.8 ha、合計で 17.6 ha。森林の水没地に占める比率は 49.7%。 【評価】 B		【説明】 水没する総面積は 17.6 ha。森林面積はホームガーデンが 5.0 ha、2 次林が 5.0 ha、河畔林が 0.03 ha、合計で 10.0 ha。森林の水没地に占める比率は 56.8%。 【評価】 C		C																																																																																																				
	絶滅危惧種 (動物)	【説明】 各欄の数字は種数を表す。 <table border="1"> <tr><th>Global Sri Lankan</th><th>CR</th><th>EN</th><th>VU</th><th>Others</th></tr> <tr><td>CR</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>EN</td><td>0</td><td>2</td><td>0</td><td>8</td></tr> <tr><td>VU</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>8</td></tr> <tr><td>Others</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>16</td></tr> </table> 【評価】 D		Global Sri Lankan	CR		EN	VU	Others	CR		0	0	0	1	EN	0	2	0	8	VU	0	1	0	8	Others	0	1	0	16	【説明】 各欄の数字は種数を表す。 <table border="1"> <tr><th>Global Sri Lankan</th><th>CR</th><th>EN</th><th>VU</th><th>Others</th></tr> <tr><td>CR</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>EN</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>5</td></tr> <tr><td>VU</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>6</td></tr> <tr><td>Others</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>21</td></tr> </table> 【評価】 D		Global Sri Lankan	CR	EN	VU	Others	CR	0	0	0	1	EN	0	1	0	5	VU	0	1	1	6	Others	0	1	0	21	D	【説明】 各欄の数字は種数を表す。 <table border="1"> <tr><th>Global Sri Lankan</th><th>CR</th><th>EN</th><th>VU</th><th>Others</th></tr> <tr><td>CR</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>EN</td><td>0</td><td>2</td><td>0</td><td>2</td></tr> <tr><td>VU</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>4</td></tr> <tr><td>Others</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>13</td></tr> </table> 【評価】 D		Global Sri Lankan	CR	EN	VU	Others	CR	0	0	0	0	EN	0	2	0	2	VU	0	1	0	4	Others	0	1	0	13	【説明】 各欄の数字は種数を表す。 <table border="1"> <tr><th>Global Sri Lankan</th><th>CR</th><th>EN</th><th>VU</th><th>Others</th></tr> <tr><td>CR</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>EN</td><td>0</td><td>2</td><td>1</td><td>4</td></tr> <tr><td>VU</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>6</td></tr> <tr><td>Others</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>24</td></tr> </table> 【評価】 D		Global Sri Lankan	CR	EN	VU	Others	CR	0	0	0	0	EN	0	2	1	4	VU	0	1	0	6	Others	0	1	0
	Global Sri Lankan	CR	EN	VU	Others																																																																																																										
	CR	0	0	0	1																																																																																																										
EN	0	2	0	8																																																																																																											
VU	0	1	0	8																																																																																																											
Others	0	1	0	16																																																																																																											
Global Sri Lankan	CR	EN	VU	Others																																																																																																											
CR	0	0	0	1																																																																																																											
EN	0	1	0	5																																																																																																											
VU	0	1	1	6																																																																																																											
Others	0	1	0	21																																																																																																											
Global Sri Lankan	CR	EN	VU	Others																																																																																																											
CR	0	0	0	0																																																																																																											
EN	0	2	0	2																																																																																																											
VU	0	1	0	4																																																																																																											
Others	0	1	0	13																																																																																																											
Global Sri Lankan	CR	EN	VU	Others																																																																																																											
CR	0	0	0	0																																																																																																											
EN	0	2	1	4																																																																																																											
VU	0	1	0	6																																																																																																											
Others	0	1	0	24																																																																																																											
絶滅危惧種 (植物)	【説明】 各欄の数字は種数を表す。 <table border="1"> <tr><th>Global Sri Lankan</th><th>CR</th><th>EN</th><th>VU</th><th>Others</th></tr> <tr><td>CR</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>EN</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>9</td></tr> <tr><td>VU</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>13</td></tr> <tr><td>Others</td><td>1</td><td>3</td><td>4</td><td>3</td></tr> </table> 【評価】 D		Global Sri Lankan	CR	EN	VU	Others	CR	0	0	0	0	EN	0	0	0	9	VU	0	1	2	13	Others	1	3	4	3	【説明】 各欄の数字は種数を表す。 <table border="1"> <tr><th>Global Sri Lankan</th><th>CR</th><th>EN</th><th>VU</th><th>Others</th></tr> <tr><td>CR</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>EN</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>VU</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>13</td></tr> <tr><td>Others</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table> 【評価】 D		Global Sri Lankan	CR	EN	VU	Others	CR	0	0	0	0	EN	0	0	0	1	VU	0	0	1	13	Others	0	0	1	1	D	【説明】 各欄の数字は種数を表す。 <table border="1"> <tr><th>Global Sri Lankan</th><th>CR</th><th>EN</th><th>VU</th><th>Others</th></tr> <tr><td>CR</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>EN</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>VU</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>4</td></tr> <tr><td>Others</td><td>0</td><td>1</td><td>3</td><td>0</td></tr> </table> 【評価】 D		Global Sri Lankan	CR	EN	VU	Others	CR	0	0	0	0	EN	0	0	0	1	VU	0	0	1	4	Others	0	1	3	0	【説明】 各欄の数字は種数を表す。 <table border="1"> <tr><th>Global Sri Lankan</th><th>CR</th><th>EN</th><th>VU</th><th>Others</th></tr> <tr><td>CR</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>EN</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>VU</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>Others</td><td>0</td><td>0</td><td>2</td><td>0</td></tr> </table> 【評価】 D		Global Sri Lankan	CR	EN	VU	Others	CR	0	0	0	0	EN	0	0	0	0	VU	0	0	1	1	Others	0	0	2	0	D	
Global Sri Lankan	CR	EN	VU	Others																																																																																																											
CR	0	0	0	0																																																																																																											
EN	0	0	0	9																																																																																																											
VU	0	1	2	13																																																																																																											
Others	1	3	4	3																																																																																																											
Global Sri Lankan	CR	EN	VU	Others																																																																																																											
CR	0	0	0	0																																																																																																											
EN	0	0	0	1																																																																																																											
VU	0	0	1	13																																																																																																											
Others	0	0	1	1																																																																																																											
Global Sri Lankan	CR	EN	VU	Others																																																																																																											
CR	0	0	0	0																																																																																																											
EN	0	0	0	1																																																																																																											
VU	0	0	1	4																																																																																																											
Others	0	1	3	0																																																																																																											
Global Sri Lankan	CR	EN	VU	Others																																																																																																											
CR	0	0	0	0																																																																																																											
EN	0	0	0	0																																																																																																											
VU	0	0	1	1																																																																																																											
Others	0	0	2	0																																																																																																											
生態系	【説明】 単一種栽培地：茶畑、ユーカリ植林地 2 次的生態系 (単層的)：なし 2 次的生態系 (複層的)：なし 自然生息地：河畔林が存在する。この林は面積が 5.6 ha で、水没地に占める比率は 35.9%である。複層的な構造で、多様性に富む自然生息地である。 【評価】 D		【説明】 単一種栽培地：田 (遺棄されたものを含む)、畑 2 次的生態系 (単層的)：なし 2 次的生態系 (複層的)：2 次林とホームガーデン。面積は合わせて 1.4 ha、水没地に占める比率は 9.6%と少ない。2 次的で貧弱な河畔林がわずかにある。 自然生息地：なし 【評価】 B		D	【説明】 単一種栽培地：田、マツ・アカシアの植林地 2 次的生態系 (単層的)：ホームガーデン (茶畑との混合)、低木 2 次的生態系 (複層的)：ホームガーデン。面積は 8.8 ha で水没地に占める面積は 24.8%。2 次的な河畔林はあるが、面積は 0.8 ha、水没地に占める比率は 2.2%。 自然生息地：なし 【評価】 B		【説明】 単一種栽培地：田 2 次的生態系 (単層的)：なし 2 次的生態系 (複層的)：2 次林とホームガーデン。面積は合わせて 10.0 ha、水没地に占める比率は 56.8%。2 次的で貧弱な河畔林がわずかにある。 自然生息地：なし 【評価】 C		C																																																																																																					
地域住民への影響 (Impacts on local communities)	住民移転数	【説明】 直接的影響地域に住民移転はない。 間接的影響を受けるバッファゾーン (予定貯水池より周囲 500m 範囲) には、ダム直下に 2 軒の家屋、その他 5 世帯 (23 人) が居住。 【評価】 A		【説明】 直接的影響地域で 4 世帯 (12 人) 水没。 バッファゾーンで間接的影響を受ける世帯 163 世帯。 【評価】 B		B	【説明】 直接的影響地域で 21 世帯水没。 バッファゾーンで間接的影響を受ける世帯 99 世帯。 【評価】 C		【説明】 直接的影響地域で 4 世帯水没。 バッファゾーンで間接的影響を受ける世帯は 24 世帯。 【評価】 B		C																																																																																																				
	用地取得面積	【説明】 ユーカリ植林：4.33ha 河畔林：5.65ha 茶畑：5.62ha 合計：15.60ha 【評価】 B		【説明】 多年生作物：2.5ha 水田：5.1ha 放棄された水田：4.0ha 2 次林：1.1ha ホームガーデン：0.3ha 水域 (河川)：1.6ha 合計：14.6ha 【評価】 A			B	【説明】 ホームガーデン：8.76ha ホームガーデン+茶畑：7.43ha 水田：14.6ha 植林：0.6ha 河畔林：0.88ha 低木地：0.4ha 寺：0.42ha 合計：35.4ha 【評価】 D		【説明】 ホームガーデン：4.98ha 水田：7.02ha 河畔林：0.03ha 2 次林：4.96ha 合計：0.60ha 合計：17.59ha 【評価】 B		D																																																																																																			

評価項目	Halgran		評価	Loggal		評価	
	Upper	Lower		Upper	Lower		
移転又は農地を失うことにより生計手段を失う世帯数	【説明】 影響世帯数なし（農地を失う世帯数は把握していない）。 【評価】 A	【説明】 直接的影響地域 4 世帯及びバッファゾーンに居住する 82 世帯中 78 世帯がダム湛水予定地に土地を所有しているため「移転または農地を失うこと」＝「生計手段を失う」と判断した。 【評価】 D	D	【説明】 直接的影響地域居住する 21 世帯が生計手段を失う。 【評価】 C	【説明】 直接的影響地域居住する 4 世帯が生計手段を失う。 【評価】 B	C	
	公共施設への影響(学校、道路等)	【説明】 学校、道路、病院等直接影響を受ける施設はない。 【評価】 A	【説明】 学校、道路、病院等直接影響を受ける施設はない。 【評価】 A	A	【説明】 直接的影響地域で学校、既設道路が水没。 【評価】 C	【説明】 直接的影響地域で学校が水没。 【評価】 B	C
	貧困層及び少数民族への影響	【説明】 先住民(Vedda)や、Samurdhi という生計支援を政府より受けているような貧困層はない。 【評価】 A	【説明】 先住民はいない。 Samurdhi という生計支援を政府より受けている世帯が、直接影響地域で 1 世帯、バッファゾーンで 26 世帯ある。 【評価】 B	B	【説明】 社会調査ができなかったため情報なし。 【評価】 未評価	【説明】 社会調査ができなかったため情報なし。 【評価】 未評価	未評価
	河川水利用への影響	【説明】 直接・間接的影響を受ける地域での水利用(飲料、灌漑、水力発電)はなし(バッファゾーン内に住む 4 世帯はプロジェクト影響エリア外の約 1km 離れた場所の湧き水を利用している)。 【評価】 A	【説明】 直接的影響地域での飲料及び灌漑による河川水利用あり。 【評価】 C	C	【説明】 直接的影響地域及びバッファゾーンでは河川による飲料水利用はなく沐浴及び畑に河川水を利用しているのみ。約 33ha の水田に灌漑用水があるが、当該プロジェクトエリア外である。500m 以上下流(バッファゾーンの外)に既設小水力発電所があり、建設中に建設的影響を受ける。 【評価】 B	【説明】 直接的影響地域での飲料及び複数の灌漑による河川水利用なし。Maha 期に約 65ha、Yala 期に約 21ha の水田に灌漑用水を利用しているが、当該プロジェクトエリア外である。 【評価】 A	B
地域産業への影響 (Impacts on industries)	農業への影響(森林、ゴムプランテーションを含む)	【説明】 ユーカリ植林 4.33ha 及び茶畑 5.62ha、合計 9.95ha が水没予定。 【評価】 A	【説明】 多年生作物 2.52ha、水田 5.14ha、2 次林 1.08ha、ホームガーデン 0.32ha、合計 9.06ha が水没予定。 【評価】 A	A	【説明】 ホームガーデン 8.76ha、ホームガーデン+茶畑 7.43ha、水田 14.60ha、2 次林 0.60ha、合計 31.39ha 【評価】 D	【説明】 ホームガーデン 4.98ha、水田 7.02ha、2 次林 4.96ha、合計 16.96ha 【評価】 B	D
	観光事業への影響	【説明】 観光スポット、観光資源なし。 【評価】 A	【説明】 観光スポット、観光資源なし。 【評価】 A	A	【説明】 観光スポット、観光資源なし。 【評価】 A	【説明】 観光スポット、観光資源なし。 【評価】 A	A
地域文化遺産及び景観への影響 (Impacts on culture and landscape)	地域にとって重要な寺、菩提樹、墓や遺跡への影響	【説明】 地域住民によって立てられたヒンズー教の寺 2 軒(Kovil)が水没する。 【評価】 C	【説明】 直接的影響地域には文化遺産等はない。間接的影響を受けるバッファゾーンには、国の保護を受けてはいないが、地域住民にとって重要な仏教の寺が 7 つある。 【評価】 A	C	【説明】 直接的影響地域で仏教寺 1 軒が水没する。 【評価】 C	【説明】 直接的影響地域で仏教寺 1 軒が水没する。 【評価】 C	C
	景観への影響	【説明】 直接的影響地域及びバッファゾーン一帯は、ほとんど集落がなく、茶畑とユーカリ植林が広がっている。保全すべき対象となる景観資源はない。 【評価】 A	【説明】 直接的影響地域及びバッファゾーン一帯は、水田、畑、ホームガーデン等田園風景が広がっているが、特に保全すべき対象となる景観資源はない。 【評価】 A	A	【説明】 直接的影響地域及びバッファゾーン一帯は、山岳地帯で孤立した集落があり、その地域住民によって水田、ホームガーデン、植林等が営まれており、保全すべき対象となる景観資源はない。 【評価】 A	【説明】 直接的影響地域及びバッファゾーン一帯は、山岳地帯で孤立した集落があり、その地域住民によって水田、ホームガーデン、植林等が営まれており、保全すべき対象となる景観資源はない。 【評価】 A	A

(出典：調査団作成)

評価項目	Maha 2					Maha 3					Maha Lower					Maha2	Maha3																																																																											
	Upper					Upper					Lower					評価	評価																																																																											
森林面積	【説明】 水没面積は 15.2 ha。森林はない。 【評価】 A					【説明】 水没する総面積は 23.2 ha。森林面積は河畔林が 0.06 ha、ホームガーデン（茶畑との混合）が 6.1 ha、合計で 6.2 ha。森林の水没地に占める面積は 26.7%。 【評価】 A					【説明】 水没する総面積は 23.7 ha。森林面積は 2 次林が 3.1 ha、ホームガーデン（ゴムとの混合）が 16.3 ha、ゴム植林地が 0.9 ha、合計で 20.3 ha。森林の水没地に占める比率は 85.7%。 【評価】 D					D	D																																																																											
絶滅危惧種（動物）	【説明】 各欄の数字は種数を表す。 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Global Sri Lankan</th> <th>CR</th> <th>EN</th> <th>VU</th> <th>Others</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CR</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>EN</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>VU</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Others</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>9</td> </tr> </tbody> </table> 【評価】 D					Global Sri Lankan	CR	EN	VU	Others	CR	0	0	0	0	EN	0	0	0	1	VU	0	0	0	2	Others	0	0	0	9	【説明】 各欄の数字は種数を表す。 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Global Sri Lankan</th> <th>CR</th> <th>EN</th> <th>VU</th> <th>Others</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CR</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>EN</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>VU</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Others</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>8</td> </tr> </tbody> </table> 【評価】 D					Global Sri Lankan	CR	EN	VU	Others	CR	0	0	0	0	EN	0	0	0	1	VU	0	1	0	2	Others	0	1	0	8	【説明】 各欄の数字は種数を表す。 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Global Sri Lankan</th> <th>CR</th> <th>EN</th> <th>VU</th> <th>Others</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CR</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>EN</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>VU</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Others</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>17</td> </tr> </tbody> </table> 【評価】 D					Global Sri Lankan	CR	EN	VU	Others	CR	0	0	0	0	EN	0	1	0	4	VU	0	2	0	10	Others	0	1	0	17	D	D
Global Sri Lankan	CR	EN	VU	Others																																																																																								
CR	0	0	0	0																																																																																								
EN	0	0	0	1																																																																																								
VU	0	0	0	2																																																																																								
Others	0	0	0	9																																																																																								
Global Sri Lankan	CR	EN	VU	Others																																																																																								
CR	0	0	0	0																																																																																								
EN	0	0	0	1																																																																																								
VU	0	1	0	2																																																																																								
Others	0	1	0	8																																																																																								
Global Sri Lankan	CR	EN	VU	Others																																																																																								
CR	0	0	0	0																																																																																								
EN	0	1	0	4																																																																																								
VU	0	2	0	10																																																																																								
Others	0	1	0	17																																																																																								
絶滅危惧種（植物）	【説明】 各欄の数字は種数を表す。 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Global Sri Lankan</th> <th>CR</th> <th>EN</th> <th>VU</th> <th>Others</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CR</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>EN</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>VU</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Others</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> 【評価】 A					Global Sri Lankan	CR	EN	VU	Others	CR	0	0	0	0	EN	0	0	0	0	VU	0	0	0	0	Others	0	0	0	1	【説明】 各欄の数字は種数を表す。 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Global Sri Lankan</th> <th>CR</th> <th>EN</th> <th>VU</th> <th>Others</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CR</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>EN</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>VU</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Others</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> 【評価】 B					Global Sri Lankan	CR	EN	VU	Others	CR	0	0	0	0	EN	0	0	0	0	VU	0	0	0	2	Others	0	0	0	0	【説明】 各欄の数字は種数を表す。 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Global Sri Lankan</th> <th>CR</th> <th>EN</th> <th>VU</th> <th>Others</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CR</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>EN</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>VU</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Others</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table> 【評価】 C					Global Sri Lankan	CR	EN	VU	Others	CR	0	0	0	0	EN	0	0	0	0	VU	0	2	0	10	Others	0	0	0	4	C	C
Global Sri Lankan	CR	EN	VU	Others																																																																																								
CR	0	0	0	0																																																																																								
EN	0	0	0	0																																																																																								
VU	0	0	0	0																																																																																								
Others	0	0	0	1																																																																																								
Global Sri Lankan	CR	EN	VU	Others																																																																																								
CR	0	0	0	0																																																																																								
EN	0	0	0	0																																																																																								
VU	0	0	0	2																																																																																								
Others	0	0	0	0																																																																																								
Global Sri Lankan	CR	EN	VU	Others																																																																																								
CR	0	0	0	0																																																																																								
EN	0	0	0	0																																																																																								
VU	0	2	0	10																																																																																								
Others	0	0	0	4																																																																																								
生態系	【説明】 単一種栽培地：茶畑。水没面積の 81.6%を占める。 2 次的生態系（単層的）：荒廃地/低木。水没面積の 4.6%。 2 次的生態系（複層的）：なし 自然生息地：なし このほか、紅茶栽培地で働く従業員の宿舍等があり、水没面積の 13.8%を占めている。 【評価】 A					【説明】 単一種栽培地：遺棄された田、遺棄された茶畑、茶畑 2 次的生態系（単層的）：ホームガーデン（茶畑と混合）、低木 2 次的生態系（複層的）：2 次的で貧弱な河畔林がわずかにある（0.06 ha）。 自然生息地：なし 【評価】 B					【説明】 単一種栽培地：田（わずか）、ゴム植林地 2 次的生態系（単層的）：なし 2 次的生態系（複層的）：2 次林とホームガーデン（ゴムとの混合）。面積は合わせて 19.4 ha、水没地に占める比率は 81.9%。バッファゾーンにわずかに河畔林がある。 自然生息地：なし。 【評価】 C					C	C																																																																											
地域住民への影響 (Impacts on local communities)	住民移転数	【説明】 直接的影響地域で 34 世帯、3 ラインハウス（84 人）が水没。バッファゾーンで間接的影響を受ける世帯 14 世帯。 【評価】 D					【説明】 直接的影響地域で 28 世帯水没。バッファゾーンで間接的影響を受ける世帯 27 世帯。 【評価】 C					【説明】 直接的影響地域で 11 世帯(36人)水没。バッファゾーンで間接的影響を受ける世帯 88 世帯。 【評価】 B					D	C																																																																										
	用地取得面積	【説明】 ラインハウス居住地 : 2.12ha 雑林または放棄された土地 : 0.73ha 茶畑 : 12.39ha 合計 : 15.24ha 【評価】 B					【説明】 放棄された水田 : 3.05ha 放棄された茶畑 : 0.52ha ホームガーデン+茶畑 : 6.12ha 茶畑 : 13.22ha 河畔林 : 0.06ha 低木 : 0.25ha 合計 : 23.22ha 【評価】 C					【説明】 森林 : 3.13ha 水田 : 0.05ha 小水力発電所 : 0.15ha ゴム plantation : 0.87ha ホームガーデンでのゴム栽培 : 16.25ha 合計 : 23.52ha 【評価】 C					C	C																																																																										
	移転又は農地を失うことにより生計手段を失う世帯数	【説明】 直接影響地域 34 世帯 3 ラインハウス(84 人)が生計手段を失う。 【評価】 D					【説明】 直接的影響地域 28 世帯が生計手段を失う。 【評価】 C					【説明】 直接的影響地域 11 世帯が生計手段を失う。 【評価】 B					D	C																																																																										
	公共施設への影響（学校、道路等）	【説明】 直接影響地域に公共施設は特になし。 【評価】 A					【説明】 直接影響地域に公共施設は特になし。 【評価】 A					【説明】 直接影響地域に公共施設は特になし。 【評価】 A					A	A																																																																										

評価項目		Maha 2	Maha 3	Maha Lower	Maha2	Maha3
		Upper	Upper	Lower	評価	評価
	貧困層及び少数民族への影響	【説明】 社会調査ができなかったため情報なし。 【評価】 未評価	【説明】 水没予定世帯数 28 軒中 7 軒が Samurudhi という生計支援を政府より受けており、これらの世帯は貧困層といえる。 【評価】 B	【説明】 水没予定世帯数 11 軒中 3 軒 (27%) が Samurudhi という生計支援を政府より受けており、これらの世帯は貧困層といえる。 【評価】 B	未評価	B
	河川水利用への影響	【説明】 直接的影響地域で飲料や灌漑による河川利用なし。 【評価】 A	【説明】 直接的影響地域で飲料、ホームガーデンによる河川利用あり。 【評価】 C	【説明】 直接的影響地域で飲料、灌漑、水力発電による河川利用あり。 【評価】 D	D	D
地域産業への影響 (Impacts on industries)	農業への影響（森林、ゴムプランテーションを含む）	【説明】 茶畑 12.39ha、合計 12.39ha 【評価】 A	【説明】 ホームガーデン 6.12ha、茶畑 13.22ha、合計 19.34ha 【評価】 B	【説明】 森林 3.13ha、水田 0.05ha、ゴムプランテーション 0.87ha、ホームガーデンでのゴム栽培 16.25ha、合計 20.3ha 【評価】 C	C	C
	観光事業への影響	【説明】 直接的影響地域に観光資源、眺望点なし。 【評価】 A	【説明】 直接的影響地域に観光資源、眺望点なし。 【評価】 A	【説明】 直接的影響地域に観光資源、眺望点なし。 バッファゾーン外、予定貯水池より直線距離約 2 キロ上流に滝が見えるが、直接的影響は回避可能である。地元行政には滝による観光開発計画があるが、当該案件との共同開発により地域周辺のインフラ整備が可能であり、正の影響が考えられる。 【評価】 A	A	A
地域文化遺産及び景観への影響 (Impacts on culture and landscape)	地域にとって重要な寺、菩提樹、墓や遺跡への影響	【説明】 直接的影響地域にヒンズー寺 1 つあり。 【評価】 C	【説明】 直接的影響地域に墓があり。 【評価】 C	【説明】 直接的影響地域に重要な寺、菩提樹、墓等はない。 【評価】 A	C	C
	景観への影響	【説明】 直接的影響地域及びバッファゾーン一帯は茶畑であるが、地域住民によく利用されるような眺望点は特になく、保全対象とするような景観資源はない。 【評価】 A	【説明】 直接的影響地域及びバッファゾーン一帯は茶畑及び放棄された水田跡があるが、地域住民によく利用されるような眺望点は特になく、保全対象とするような景観資源はない。 【評価】 A	【説明】 予定貯水池より直線距離約 2 キロ上流に滝が見えるが、主要な眺望点及び眺望景観への影響は回避可能である。 【評価】 B	B	B

(出典：調査団作成)

(3) 各地点接続送電線

Halgran 地点、Maha 地点および Loggal 地点からの送電線ルートについて、環境社会配慮の面からの評価を Table 10.7.7-3 にまとめた。

Table 10.7.7-3 Environmental and Social Assessment on the proposed transmission lines' routes

Assessment aspect	Halgran – Kotomale PS	Maha				Loggal – Kotomale PS
		Kirindiwela SS	Polpitiya SS	Kotmale PS -Kirindiwela SS T/L	Kotomale PS	
Population Density and its growth	A	A	A	A	A	A
Social Environment (barriers)	A	A	A	A	A	A
Overall Evaluation (Social Environment)	A	A	A	A	A	A
Natural Environment (barriers)	A	A	B	A	A	A
Overall Evaluation	A	A	B	A	A	A

(出典：調査団作成)

- A: 問題がない、または限定的。
- B: 問題がある可能性がある。
- C: 重大な問題がある可能性がある。
- D: 明らかに重大な問題がある。

10.7.8 最有力候補地点の選定

10.7.1～10.7.6 に述べた地質、施工性、系統安定、ポンプ・水車製作限界、概算工事費、自然・社会環境配慮の各評価結果に基づき、各有力候補地点のスコアを計算し、スコアにより各候補地点のランキングを決定した。スコアの計算、ランキングの決定に当たっては、以下の計算条件に従った。

- ・ レーティング A, B, C, D に対し、それぞれ 1.0、0.75、0.50、0.25 を与えた。
- ・ 評価基準を次の 4 つの大項目に分類し、各大項目に 25 点ずつ配点した；1. 技術評価(地質、施工性、系統安定、ポンプ・水車製作限界)、2. 概算工事費、3. 自然環境影響、4. 社会環境影響
- ・ 評価基準大項目を構成する小項目には、大項目の中での重要度等を勘案して、小項目の合計が大項目に配点した 25 点になるように、それぞれ配点を与えた。

- ・レーティングと評価基準小項目の積をそれぞれ小項目での得点とし大項目毎に得点を合計した。
- ・その際、Maha2 地点の上ダム、Loggal 地点の上ダム、下ダムでは環境調査 (2) が限定的となったことから、環境影響に関連する 2 つの評価基準大項目である 3. 自然環境影響と 4. 社会環境影響のスコアを、それぞれ 0.9 倍、0.8 倍に修正した。
- ・各候補地点の総合得点は 4 つの評価基準大項目の得点を合計して求めた。
- ・各地点のランキングは、各候補地点の得点に基づき決定した。ランキングは次の 2 ケースについて決定した；

- | | |
|-------------|--|
| 1) Even ケース | (1. 技術評価+2. 経済性) : (3. 自然環境+4. 社会環境)=50 : 50
(スコアは各大項目の配点 25 点相当をそのまま合計) |
| 2) 環境重視ケース | (1. 技術評価+2. 経済性) : (3. 自然環境+4. 社会環境)=30 : 70
(技術評価と概算工事費のスコアは 15/25 を乗じ、自然環境と社会環境のスコアは 35/25 を乗じて合計) ⁵ |

Table 10.7.8-1 に各候補地点のスコア計算表を示す。

⁵ 環境重視ケースの場合：(1. 技術評価 25 点+2. 経済性 25 点) × 15/25+ (3. 自然環境 25 点+4. 社会環境 25 点) × 35/25 = (1. 技術評価 15 点+2. 経済性 15 点) + (3. 自然環境 35 点+4. 社会環境 35 点) = 30 点+70 点

Table 10.7.8-1 各候補地点のスコア計算表

Criteria		Score	Halgran 3			Maha 2			Maha 3			Loggal		
		allocation	Eva	(rate)	Score	Eva	(rate)	Score	Eva	(rate)	Score	Eva	(rate)	Score
1. Technical Evaluation		25			15.50			22.00			21.75			12.50
1.1	Geological aspects	7	C	0.50	3.50	A	1.00	7.00	B	0.75	5.25	C	0.50	3.50
1.2	Ease of construction works	6	C	0.50	3.00	B	0.75	4.50	A	1.00	6.00	C	0.50	3.00
1.3	Manufacturing Limitation	6	C	0.50	3.00	A	1.00	6.00	A	1.00	6.00	B	0.75	4.50
1.4	System Stability	6	A	1.00	6.00	B	0.75	4.50	B	0.75	4.50	D	0.25	1.50
2. Economical Evaluation		25	B	0.75	18.75	B	0.75	18.75	A	1.00	25.00	D	0.25	6.25
3. Natural Environmental Evaluation		25			7.25			10.75			10.75			9.00
Correction				*1.0	7.25		*0.9	9.68		*1.0	10.75		*0.8	7.20
3.1	Inundated forest area	1	C	0.50	0.50	D	0.25	0.25	D	0.25	0.25	C	0.50	0.50
3.2	Impacts on faunal endangered species	8	D	0.25	2.00	D	0.25	2.00	D	0.25	2.00	D	0.25	2.00
3.3	Impacts on floral endangered species	8	D	0.25	2.00	C	0.50	4.00	C	0.50	4.00	D	0.25	2.00
3.4	Impacts on ecosystem	7	D	0.25	1.75	C	0.50	3.50	C	0.50	3.50	C	0.50	3.50
3.5	Transmission line-Natural environment	1	A	1.00	1.00	A	1.00	1.00	A	1.00	1.00	A	1.00	1.00
4. Social Environmental Evaluation		25			17.50			11.50			13.75			11.75
correction				*1.0	17.50		*0.9	10.35		*1.0	13.75		*0.8	9.40
3.6	Number of those who to be resettled	6	B	0.75	4.50	D	0.25	1.50	C	0.50	3.00	C	0.50	3.00
3.7	Area of land to be acquired	5	B	0.75	3.75	C	0.50	2.50	C	0.50	2.50	D	0.25	1.25
3.8	Number of those who to be affected by losing livelihood	3	D	0.25	0.75	D	0.25	0.75	C	0.50	1.50	C	0.50	1.50
3.9	Impacts on public facilities	1	A	1.00	1.00	A	1.00	1.00	A	1.00	1.00	C	0.50	0.50
3.1	Impacts on water utilization	2	C	0.50	1.00	D	0.25	0.50	D	0.25	0.50	D	0.25	0.50
3.11	Agriculture	2	A	1.00	2.00	C	0.50	1.00	C	0.50	1.00	D	0.25	0.50
3.12	Tourism	1	A	1.00	1.00	A	1.00	1.00	A	1.00	1.00	A	1.00	1.00
3.13	Religious, and/or cultural facilities, burial ground	3	C	0.50	1.50	C	0.50	1.50	C	0.50	1.50	C	0.50	1.50
3.14	Impacts on landscape	1	A	1.00	1.00	B	0.75	0.75	B	0.75	0.75	A	1.00	1.00
3.15	Transmission line-Social environment	1	A	1.00	1.00	A	1.00	1.00	A	1.00	1.00	A	1.00	1.00

(出典：調査団)

また、Table 10.7.8-2 および Table 10.7.8-3 には、Even ケースおよび環境重視ケースのランキング結果を示す。

Table 10.7.8-2 Evenケースのランキング結果

	Score Allocation	Halgran 3	Maha 2	Maha 3	Loggal
1. Technical Evaluation	25.00	15.50	22.00	21.75	12.50
2. Economical Evaluation	25.00	18.75	18.75	25.00	6.25
3. Natural Environment	25.00	7.25	9.68	10.75	7.20
4. Social Environment	25.00	17.50	10.35	13.75	9.40
Total	100.00	59.00	60.78	71.25	35.35
Rank		3	2	1	4

(出典：調査団作成)

Table 10.7.8-3 環境重視ケースのランキング結果

	Score Allocation	Halgran 3	Maha 2	Maha 3	Loggal
1. Technical Evaluation	15.00	9.30	13.20	13.05	7.50
2. Economical Evaluation	15.00	11.25	11.25	15.00	3.75
3. Natural Environment	35.00	10.15	13.55	15.05	10.08
4. Social Environment	35.00	24.50	14.49	19.25	13.16
Total	100.00	55.20	52.49	62.35	34.49
Rank		2	3	1	4

(出典：調査団作成)

Table 10.7.8-4 および Table 10.7.8-5 に示すとおり、Even ケースおよび環境重視ケースの両方で Maha3 計画がランキング 1 位となった。評価基準大項目別にみると、1. 技術評価、2. 経済性、3. 自然環境、4. 社会環境でそれぞれ、2 位、1 位、1 位、2 位であり、平均的に高い順位である。

環境関連の評価基準（3. 自然環境、4. 社会環境）のみに着目すると、Table 10.7.7-3 に示すとおり 1 位の地点は Halgran3 地点で環境関連 3.+4.の合計得点は 24.75 点、これに対して Maha3 地点で環境関連 3.+4.の合計得点は 2 位、24.5 点であり、両者の得点差は 0.25 点と僅差であった。また、Halgran3 地点では、3. 自然環境と 4. 社会環境の得点がそれぞれ 7.25 点と 17.50 点であり社会環境面に偏って高得点であるのに対して、Maha3 地点では、3. 自然環境と 4. 社会環境の得点はそれぞれ 10.75 点、13.75 点となり平均的である。よって、より自然環境を重視すれば環境面でも Maha3 地点の環境面での評価は、Halgran 地点の評価よりも高くなるものと思われる。Table 10.7.7-4 には、3. 自然環境と 4. 社会環境の重み付けを 30 : 70 とした場合の環境関連評価基準によるランキングを例として示した。

Table 10.7.8-4 環境関連評価基準によるランキング結果

	Score Allocation	Halgran 3	Maha 2	Maha 3	Loggal
3. Natural Environment	25.00	7.25	9.68	10.75	7.20
4. Social Environment	25.00	17.50	10.35	13.75	9.40
Total	50.00	24.75	20.03	24.50	16.60
Rank		1	3	2	4

(出典：調査団作成)

Table 10.7.8-5 環境関連評価基準によるランキング結果（自然環境重視）

	Score Allocation	Halgran 3	Maha 2	Maha 3	Loggal
3. Natural Environment	35.00	10.15	13.55	15.05	10.08
4. Social Environment	15.00	10.50	6.21	8.25	5.64
Total	50.00	20.65	19.76	23.30	15.72
Rank		2	3	1	4

(出典：調査団作成)

上記のとおり、以下の理由により本調査では Maha3 地点を最有力候補地点として選定する。

- ・ Even ケース、環境重視ケースの両者において 1 位にランキングされる。
- ・ 将来において課題とすべき重大な技術的な問題は見出されていない。
- ・ 環境関連（3. 自然環境+4. 社会環境）のみによるランキングでは、2 位にランキングされるが、1 位地点（Halgran3 地点）とのスコア差は僅かである。
- ・ 環境関連のみによるランキングにおいて自然環境面を重視したランキングでは、1 位にランキングされる。

第 11 章

經濟・財務分析

目 次

第 11 章 経済・財務分析

11.1	経済評価	11-1
11.1.1	評価手法	11-1
11.1.2	本計画の経済費用	11-2
11.1.3	本計画の経済便益	11-4
11.1.4	本計画の経済分析と感度分析	11-6
11.1.5	補論（ケーススタディ）：石炭火力抑制・LNG 開発シナリオによる揚水 経済性の影響	11-8
11.2	財務評価	11-10
11.2.1	評価手法	11-10
11.2.2	本計画の財務費用及び便益	11-11
11.2.3	感度分析	11-14

表リスト

Table 11.1.2-1	Factors Used for Economic Cost (Construction) Calculation	11-2
Table 11.1.2-2	Initial Investment Cost	11-3
Table 11.1.2-3	Replacement Investment Cost	11-3
Table 11.1.2-4	PSPP Pump-up Cost (Coal Power Case)	11-3
Table 11.1.2-5	PSPP Pump-up Cost (LNG-Combined Cycle)	11-4
Table 11.1.3-1	Alternative Thermal Power Plant (Gas Turbine 105MW Auto Diesel)	11-5
Table 11.1.3-2	Alternative Thermal Power Plant (LNG-Simple Cycle Gas Turbine)	11-6
Table 11.1.4-1	Cash-flow of Base Case and Its EIRR	11-7
Table 11.1.4-2	Results of Economic Sensitivity Analysis	11-8
Table 11.1.5-1	Case Studies with Limitation on Coal Power Development	11-9
Table 11.1.5-2	Case Study Results	11-10
Table 11.2.2-1	Initial Investment Cost (Financial)	11-11
Table 11.2.2-2	Replacement Investment Cost (Financial)	11-11
Table 11.2.2-3	Cash-flow of Base Case and Its FIRR	11-13
Table 11.2.3-1	Results of Financial Sensitivity Analysis	11-14

図リスト

Figure 11.1.4-1	Utilization Rate of PSPP in OECD Countries (2012)	11-6
-----------------	---	------

第11章 経済・財務分析

本章では、調査により特定された最適計画案 (Most Promising Site の揚水発電所建設実施計画案) の経済性を検討する。具体的には、本事業が国民経済に利益をもたらすことを確認し (国民経済の視点から経済性分析)、更に、事業の実施主体 (CEB) の財務的収支についても検討する (CEB 視点による財務分析)。

11.1 経済評価

11.1.1 評価手法

経済評価はある計画を実施することに伴う経済的インパクトを国家経済の観点から計測することを目的としている。本計画では通常使用されている割引キャッシュフロー法により経済価格によって表された費用と便益の比較を行う。

評価指標は、純現在価値 (NPV) および経済的内部収益率 (EIRR) とする。EIRR は費用および便益の二つのキャッシュフローの現在価値合計額が同額になるように設定された割引率であり、プロジェクトから期待される収益率を表わす。EIRR は以下の式により表される。

$$\sum_{t=0}^n C_t / (1-r)^t - \sum_{t=0}^n B_t / (1-r)^t = 0$$

ここに、

- C_t : 費用
- B_t : 便益
- t : 年
- n : プロジェクト期間 (年)
- r : 割引率 (= EIRR)

主な前提条件は、以下のとおりである。

- 割引率：現在価値を求めるための割引率は 10% とする。これは他のプロジェクトでも統一的に使用されている。
- 標準変換係数：内貨分について市場価格を経済価格に変換する標準変換係数は、他のプロジェクトでも採用されている 0.9 を適用する。
- プロジェクトライフ：計算期間を 55 年とする。土木設備の耐用年数である 50 年に建設期間の 5 年を加えたものである。
- 耐用年数：各設備の耐用年数は標準的な年数である、土木設備：50 年、水力機器・電気機器：35 年を採用する。
- 積算時点：2014 年 5 月の価格を用いて積算する。
- エスカレーション：価格上昇は考慮せず、コンスタント・プライスとする。
- 税金の取り扱い：VAT を含む税金及び関税は移転項目であるので、経済分析から除外する。

11.1.2 本計画の経済費用

本事業の経済費用（建設費）は、第 10 章で市場価格により積算されているプロジェクト費用から計算される。市場価格から経済価格への変換は、①内外貨ともに税金・補助金等の移転項目を除外し、②内貨については標準変換係数（0.9）を適用して、経済価格を算出する。経済費用（建設費）積算の前提数値を Table 11.1.2-1 に纏めた。

Table 11.1.2-1 Factors Used for Economic Cost (Construction) Calculation

Name of Input Data		Value	Unit	Remarks
A. PSPP Development				
A 1	Unit Capacity	200	MW	
A 2	Number of Unit	3	Number	
A 3	Development Cost			
A 4	(1) Preparation	4,994,007	US\$	
A 5	(2) Environmental Mitigation Cost	7,491,011	US\$	
A 6	(3) Civil Works	249,700,365	US\$	
A 7	(4) Hydromechanical Works	54,550,427	US\$	
A 8	(5) Electro-Mechanical Works	194,800,000	US\$	
A 9	(6) Transmission Line	3,900,000	US\$	
A10	Direct Cost Total	515,435,810	US\$	
A11	Administration/Engineering Services	77,315,372	US\$	15% of A10
A12	Contingency	51,543,581	US\$	10% of A10
A13	Interest during Construction (IDC)	32,929,905	US\$	$(A10+A11+A12)*A24*0.38*A28$
A14	TOTAL Cost	677,224,668	US\$	$A10+A11+A12+A13$
A15	Unit Construction Cost	1,129	US\$	$A14/(A1*A2)$
A16	TOTAL Cost excluding IDC	644,294,763	US\$	$A14-A13$
A17	Base Year of Cost Estimate	2014		
A18	Replacement Cost in Yr 31st-35th	249,350,427	US\$	(4) + (5) above
A19	Percentage of Foreign Currency of Direct Cost	64%		
A20				
A21	Interest Rate (Foreign)	1.40%	% p.a.	JICA Loan
A22	Percentage of Foreign Loan	85%		
A23	Interest Rate (Local)	10.00%	% p.a.	Domestic Borrowing
A24	Weighted Average Cost of Capital (WACC)	2.69%	% p.a.	$A21*A22+A23*(1-A22)$
A25	Standard Conversion Factor (SCF) for LKR	0.9		
A26	Economic Construction Cost after SCF	621,100,151	US\$	$A16*A19*1.0+A16*(1-A19)*A25$
A27	Economic Replacement Cost after SCF	240,373,812	US\$	$A18*A19*1.0+A18*(1-A19)*A25$
A28	Construction Period	5	years	
A29	Disbursement Schedule (1st - 5th; 31st-35th)			
A30	1st Year	5%		
A31	2nd Year	10%		
A32	3rd Year	25%		
A33	4th Year	40%		
A34	5th Year	20%		

(調査団作成)

上記前提をもとに計算した初期投資及び設備更新投資の経済価格を Table 11.1.2-2 及び Table 11.1.2-3 に示す。

Table 11.1.2-2 Initial Investment Cost

(Unit: US\$)

Year	Initial Investment
1st Year	31,055,008
2nd Year	62,110,015
3rd Year	155,275,038
4th Year	248,440,060
5th Year	124,220,030

(出典：調査団作成)

Table 11.1.2-3 Replacement Investment Cost

(Unit: US\$)

Year	Replacement Cost
36th Year	12,018,691
37th Year	24,037,381
38th Year	60,093,453
39th Year	96,149,525
40th Year	48,074,762

(出典：調査団作成)

揚水水力発電の運転費用は、①水力発電の通常の運転維持費と②揚水のためのエネルギー（電力）の2つの要素からなる。

- ① 水力発電の通常の運転維持費は、建設費に一定の率を乗じて年間所要金額を算出する。この率は類似プロジェクトにおける経験から、土木工事費の0.5%、水力機器・電気機器の1.5%とした。この前提で計算した本事業の運転維持費は4,171千ドル/年である。
- ② 揚水のためのエネルギーは、ベースケースにおいては石炭火力発電が揚水原資になるが、補論：ケーススタディ（後述）においてはLNGコンバインドサイクル（LNG-CC）が揚水原資になる場合も想定した。石炭火力を揚水原資にした場合、LNG-CCを揚水原資にした場合、それぞれの揚水費用をTable 11.1.2-4、Table 11.1.2-5に示す。なお、揚水発電の効率率は70%とした。この結果、揚水費用は、石炭火力の場合USCts 10.29/kWh、LNG-CCの場合にはUSCts 14.96/kWhとなる。

Table 11.1.2-4 PSPP Pump-up Cost (Coal Power Case)

Name of Input Data		Value	Unit	Remarks
D. Generation Specifications: Coal Power Plant (For Pump-up)				
D 1	Heat Content	6,300	kCal/kg	
D 2	Fuel Cost @ Col CIF	142.8	US\$/ton	[\$126/ton for Puttalam 2013]
D 3	Fuel Cost @ Col CIF	2,267	USCts/GCal	D2/D1
D 4	Full Load Heat Rate	2,583	kCal/kWh	
D 5	Thermal Efficiency	33.3%		860/D4 [29.7% at Puttalam 2013]
D 6	Fuel Cost/kWh	5.85	USCts/kWh	D3*D4 [Rs. 7.76/kWh Puttalam 2013]
D 7	Variable OM Cost	0.56	USCts/kWh	
D 8	Station Use	8.00%		
D 9	Transmission Loss	3.20%		
D 10	Pump-up cost/kWh Generation	10.29	USCts/kWh	$(D6+D7)/((1-D8)*(1-D9))/0.7^*$
				*0.7= Pump-up Efficiency

(出典：調査団作成)

Table 11.1.2-5 PSPP Pump-up Cost (LNG-Combined Cycle)

E. Generation Specifications: LNGCC Plant (For Pump-up)			
E 1	Heat Content	13,000	kCal/mmBtu
E 2	Heat Content	5,850	kCal/kg
E 3	Fuel Cost @ Col CIF	13.5	US\$/mmBtu
E 4	Fuel Cost @ Col CIF	5,357	USCts/GCal
E 5	Full Load Heat Rate	1,786	kCal/kWh
E 6	Thermal Efficiency	48.2%	860/E5
E 7	Fuel Cost/kWh	9.57	USCts/kWh
E 8	Variable OM Cost	0.296	USCts/kWh
E 9	LNGCC Generation Cost/kWh	9.86	USCts/kWh
E 10	Station Use	2.70%	
E 11	Transmission Loss	3.20%	
E 12	Pump-up cost/kWh Generation	14.96	USCts/kWh
			$E9/((1-E10)*(1-E11))/0.7^*$
			*0.7= Pump-up Efficiency

(出典：調査団作成)

11.1.3 本計画の経済便益

本計画の経済便益は、供給するピーク時の電力の消費によって得られる国民経済的な価値である。市場で取引される財についてはその価格が経済的価値を表示するが、電力料金は政策的に低く抑えられていることが多く（スリランカもこれに当てはまる）、電気の真の経済的価値を直接計測することは困難である。ここでは、水力発電の経済評価に通常用いられる「水力と同等のサービス即ち同一便益を提供する代替火力のコストと水力のコストを比較する」手法を用いる。これは当該国の社会経済開発政策の一環として本プロジェクトまたは同等のプロジェクトが必要とされており、もし、本プロジェクトが実現しないときは、それに相当する他のプロジェクトの実現が要請されることを前提にしている。

本計画のベースケースの場合の代替火力は、ガスタービン発電（燃料：Auto Diesel）である。CEBのLTGEP 2013-2032で使用されている Gas Turbine 105MW の設備費及びO&M費用を経済価格に変換しつつ整理したものが Table 11.1.3-1 である。

Table 11.1.3-1 Alternative Thermal Power Plant (Gas Turbine 105MW Auto Diesel)

Name of Input Data		Value	Unit	Remarks
F. Generation Specifications: Gas Turbine 105MW (Auto Diesel)				
F 1	GT Construction Cost			
F 2	Foreign Portion	403.8	US\$/kW	
F 3	Local Portion	79.2	US\$/kW	
F 4	Local Discounted by SCF	71.3	US\$/kW	F3*A25
F 5	Total Construction Cost	475.1	US\$/kW	F2+F4
F 6	Rate of Cumulative IDC for 1.5 Years	6.51%		Interest Rate: 10% p.a.
F 7	Total Construction Cost including IDC	506.0	US\$/kW	F5*(1+F6)
F 8	Station Use	2.70%		
F 9	Forced Outage	8.00%		
F 10	Scheduled Outage	8.20%		
F 11	Transmission Loss	3.20%		
F 12	kWh-Value (Adjusted)	598.3	US\$/kW	$F7*((1-C2)*(1-C3)*(1-C4)*(1-C5))/((1-F8)*(1-F9)*(1-F10)*(1-F11))$
F 13	Fixed Annual OM Cost	6.10	US\$/kW	
F 14	Fixed Annual OM Cost (Adjusted)	7.2	US\$/kW	$F13*((1-C2)*(1-C3)*(1-C4)*(1-C5))/((1-F8)*(1-F9)*(1-F10)*(1-F11))$
F 15	Heat Content	10,550	kCal/kg	
F 16	Heat Content	8,862	kCal/l	F15*0.84
F 17	Fuel Cost @ Col CIF	128.4	US\$/bbl	
F 18	Fuel Cost @ Col CIF	9,112	USCts/GCal	F17/159/F16
F 19	Full Load Heat Rate	2,857	kCal/kWh	
F 20	Thermal Efficiency	30.1%		860/F19
F 21	Fuel Cost /kWh	26.03	USCts/kWh	F18*F19
F 22	Variable OM Cost	0.402	USCts/kWh	
F 23	kWh-Value (adjusted)	27.05	USCts/kWh	$(F21+F22)*((1-C2)*(1-C5))/((1-F8)*(1-F11))$

(出典：調査団作成)

また、ケーススタディで想定する LNG が利用可能になった場合の代替火力発電を LNG-Simple Cycle Gas Turbine (LNG-SC) と設定し、この設備費及び O&M 費用（ともに経済価格）を整理したものが Table 11.1.3-2 である。

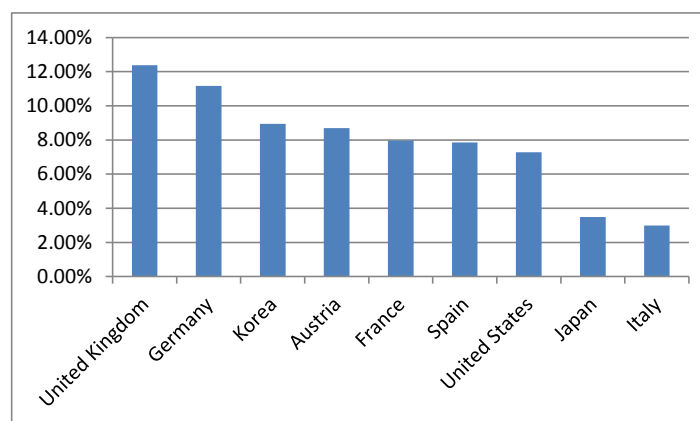
Table 11.1.3-2 Alternative Thermal Power Plant (LNG-Simple Cycle Gas Turbine)

Name of Input Data		Value	Unit	Remarks
G. Generation Specifications: Gas Turbine (LNGSC)				
G 1	GT Construction Cost			
G 2	Foreign Portion	403.8	US\$/kW	
G 3	Local Portion	79.2	US\$/kW	
G 4	Local Discounted by SCF	71.3	US\$/kW	G3*A25
G 5	Total Construction Cost	475.1	US\$/kW	G2+G4
G 6	Rate of Cumulative IDC for 1.5 Years	6.51%		Interest Rate: 10% p.a.
G 7	Total Construction Cost including IDC	506.0	US\$/kW	G5*(1+G6)
G 8	Station Use	2.70%		
G 9	Forced Outage	8.00%		
G 10	Scheduled Outage	8.20%		
G 11	Transmission Loss	3.20%		
G 12	kW-Value (Adjusted)	598.3	US\$/kW	$G7*((1-C2)*(1-C3)*(1-C4)*(1-C5))/((1-G8)*(1-G9)*(1-G10)*(1-G11))$
G 13	Fixed Annual OM Cost	6.10	US\$/kW	
G 14	Fixed Annual OM Cost (Adjusted)	7.2	US\$/kW	$G13*((1-C2)*(1-C3)*(1-C4)*(1-C5))/((1-G8)*(1-G9)*(1-G10)*(1-G11))$
G 15	Heat Content	13,000	kCal/kg	
G 16	Heat Content	5,850	kCal/l	G15*0.45
G 17	Fuel Cost @ Col CIF	13.5	US\$/bbl	
G 18	Fuel Cost @ Col CIF	5,357	USCts/GCal	G17*3.9683
G 19	Full Load Heat Rate	2,857	kCal/kWh	
G 20	Thermal Efficiency	30.1%		860/G19
G 21	Fuel Cost /kWh	15.31	USCts/kWh	G18*G19
G 22	Variable OM Cost	0.402	USCts/kWh	
G 23	kWh-Value (adjusted)	16.07	USCts/kWh	$(G21+G22)*((1-C2)*(1-C5))/((1-G8)*(1-G11))$

(出典：調査団作成)

11.1.4 本計画の経済分析と感度分析

本計画（揚水発電）の運用は、年間運転時間 1,000 時間（平日平均 4 時間稼働、定期点検と事故による運転停止日数を 10 日間）を想定した。その結果、年間総発電量は 600GWh となる。年間 1,000 時間運転は設備利用率 11.4% に相当するが、参考として OECD 諸国の揚水発電設備利用率¹を Figure 11.1.4-1 に示す。



(出典：Electricity Information 2014, IEA)

Figure 11.1.4-1 Utilization Rate of PSPP in OECD Countries (2012)

¹ 揚水設備が 2,000MW 以上の 9 か国。日本とイタリアの揚水発電設備利用率が低い。日本は原子力発電の低下が影響、イタリアは国内の発電コストが高く、電力自由化とともに近隣国からの輸入増加等が影響している。

このベースケースのキャッシュフローは Table 11.1.4-1 のとおりである。経済的内部収益率 (EIRR) は、21.5%、純現在価値 (NPV) は 696 百万ドルである。途上国で一般的に使用される資本の機会費用 10%を EIRR は上回っており、本事業は国民経済の視点から評価した経済性 (経済分析結果) は十分に高いと判定される。

Table 11.1.4-1 Cash-flow of Base Case and Its EIRR

Year	PSP Cost				Revenue				Net Cash Flow	NPV disc @IRR	NPV disc @10%	
	Investment	Fixed OM	PumpCost	Total	Investment	Fixed OM	Fuel+Vari.	Total				
-4	31,055			31,055				0	-31,055	-67,682	-45,468	
-3	62,110			62,110				0	-62,110	-111,408	-82,668	
-2	155,275			155,275				0	-155,275	-229,230	-187,883	
-1	248,440			248,440				0	-248,440	-301,861	-273,284	
0	124,220			124,220	359,003			359,003	234,783	234,783	234,783	
1		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	82,881	91,548	
2		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	68,213	83,225	
3		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	56,142	75,659	
4		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	46,206	68,781	
5		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	38,029	62,528	
6		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	31,299	56,844	
7		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	25,760	51,676	
8		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	21,201	46,978	
9		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	17,449	42,708	
10		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	14,361	38,825	
11		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	11,820	35,296	
12		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	9,728	32,087	
13		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	8,006	29,170	
14		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	6,589	26,518	
15		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	5,423	24,107	
16		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	4,464	21,916	
17		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	3,674	19,923	
18		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	3,023	18,112	
19		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	2,488	16,466	
20		4,171	61,741	65,911	359,003	4,328	162,286	525,617	459,706	9,349	68,332	
21		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	1,686	13,608	
22		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	1,387	12,371	
23		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	1,142	11,246	
24		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	940	10,224	
25		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	773	9,294	
26		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	637	8,449	
27		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	524	7,681	
28		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	431	6,983	
29		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	355	6,348	
30		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	292	5,771	
31	12,019	4,171	61,741	77,930		4,328	162,286	166,614	88,684	212	4,620	
32	24,037	4,171	61,741	89,949		4,328	162,286	166,614	76,665	151	3,631	
33	60,093	4,171	61,741	126,005		4,328	162,286	166,614	40,609	66	1,748	
34	96,150	4,171	61,741	162,061		4,328	162,286	166,614	4,553	6	178	
35	48,075	4,171	61,741	113,986		4,328	162,286	166,614	52,628	58	1,873	
36		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	91	3,258	
37		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	75	2,961	
38		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	61	2,692	
39		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	51	2,448	
40		4,171	61,741	65,911	359,003	4,328	162,286	525,617	459,706	190	10,157	
41		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	34	2,023	
42		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	28	1,839	
43		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	23	1,672	
44		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	19	1,520	
45		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	16	1,382	
46		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	13	1,256	
47		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	11	1,142	
48		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	9	1,038	
49		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	7	944	
50		4,171	61,741	65,911		4,328	162,286	166,614	100,702	6	858	
									IRR =	21.5%	0	695,395

(出典：調査団作成)

次に、実際の費用及び便益が見積り値から変動した場合に、経済評価の指標（EIRR、NPV）がどの程度影響を受けるか感度分析を行う。以下のケースを想定する。

- ケース E-1 経済分析ベースケース
- ケース E-2 揚水発電の初期建設投資コストが 10%増加したケース
- ケース E-3-1 揚水発電の発電量が 10%増加したケース
- ケース E-3-2 揚水発電の発電量が 10%減少したケース
- ケース E-4 揚水のための石炭火力発電用の石炭価格が 10%増加したケース
- ケース E-5 代替火力ガスタービン用のディーゼル燃料価格が 10%低下したケース

以上の各ケースの EIRR 及び NPV を Table 11.1.4-2 に纏める。

Table 11.1.4-2 Results of Economic Sensitivity Analysis

Case	Description	EIRR (%)	NPV (US\$ Mil)
E-1	Base Case	21.5%	695.4
E-2	Initial Construction Cost 10% Up	19.3%	624.0
E-3-1	Generation 10% Up	22.8%	795.1
E-3-2	Generation 10% Down	20.1%	595.7
E-4	Coal Price for Pump-up 10% Up	20.7%	634.2
E-5	Fuel Price for Alternative Thermal Gas-turbine 10% Down	19.2%	534.5

(出典：調査団作成)

費用及び便益に影響する各要素が 10%変動した場合、EIRR に与える影響が相対的に大きいのは初期建設コスト増加 (E-2)、代替火力燃料価格増加 (E-5) で、これ以外 (揚水発電量の増減：E-3-1, E-3-2、石炭価格上昇：E-4) の影響は比較的小さい。いずれの場合でも、感度分析の各要素の増減が経済分析結果に与える影響は大きくないことが分かる。

11.1.5 補論 (ケーススタディ)：石炭火力抑制・LNG 開発シナリオによる揚水経済性の影響

前項までの本計画の経済評価は、LTGEP 2013-2032 の発電設備開発シナリオ (Revised Base Case Plan) に沿って分析している。一方、スリランカ政府は石炭火力発電の開発を抑制し、LNG によるベース～ミドル需要充足の可能性を研究し始めたことから、実施機関 CEB より調査団に対し、そのようなシナリオを想定をした場合に、揚水水力発電の経済性にどのような影響が生じるか検討したいとの依頼があった。

この場合、経済評価への影響は、①費用側では、揚水のためのエネルギー源が石炭火力から LNG 電力に置き換え、②便益側 (費用節約) では、ピーク発電代替火力がディーゼル GT から LNG-GT に置き換え、として現れ、この 2 つの要素の組み合わせにより異なったシナリオが描ける。

ベースケース (本調査の Case E-1) は、LTGEP 2013-2032 のベースケース (Revised Base Case 2012 Plan) である。石炭火力の設備容量が 3,500MW あり、①石炭火力設備がベースロードの 2,000MW を大きく超過しているので揚水原資は石炭火力、②LNG は想定していないので代替火力はガスタービン (燃料は Auto Diesel) である。

ベースケース以外のケースシナリオとして、“No Coal Plants permitted after Trinco Coal Case”（以下 Case X）、“Coal Limited around 60% from Total Generation”（以下 Case Y）を適用してシミュレートした。なお、Case Y については、揚水原資を石炭 100%とする場合（Case Y-1）と揚水原資を石炭 50%、LNG 50%とする場合（Case Y-2）の 2 つのシナリオを設定した。

また、LNG を導入する場合のピーク発電代替火力については LNG-Simple Cycle (LNG-SC)とし、それ以外の場合はガスタービン（燃料は Auto Diesel）とした。

以上のケースの想定を Table 11.1.5-1 に纏めた。

Table 11.1.5-1 Case Studies with Limitation on Coal Power Development

	Case E-1 ベースケース	Case X 石炭 2,000MW 制限	Case Y-1	Case Y-2
			石炭発電 60%まで	
①揚水原資	石炭 100%	LNG-CC 100%	石炭 100%	石炭 50% LNG-CC 50%
②代替火力	GT (Auto Diesel)	LNG-SC	LNG-SC	

（出典：調査団）

想定したケーススタディの EIRR 試算結果を下表に示す。LNG が利用可能な場合（Case X）、EIRR は 4.3%まで低下した。その理由は、揚水用エネルギーとして石炭より割高な LNG を使うことによりコストが増加し、加えて代替火力の燃料にディーゼルより安価な LNG を使うのでアボイダブルコストが減少（便益が減少）するためである。この 4.3%が意味するところは、ピーク電力供給設備建設のための資金調達コストが 4.3%以下であれば、揚水発電が有利であり、4.3%以上の場合は LNG の方に相対的なメリットがあるということである。なお、LNG 費用の算定に当たっては、スリランカでは関係機関のコンセンサスが得られた LNG 計画が未だ存在せず、LTGEP 2013-2032 が想定した計画数値（「LNG 価格の前提は世界情勢に照らして楽観的」とのコメントが付されている）を利用して評価した。ピーク電源を揚水水力で賄うか LNG に担わせるかを適切に判断するためには、比較検討に耐えられる精度の高い LNG 計画が不可欠であり、その早期作成が待たれる。

Table 11.1.5-2 Case Study Results

Scenario		Case E-1: Base Case (Coal 3,500MW at 2025)			Case X: Coal Limit at 2,000MW [Case 7 in LTGEP]			Case Y-1: Coal Generation 60% [Case 9 in LTGEP]			Case Y-2
PSPP Cost	Construction Cost (Maha 3)	Unit cost with IDC	1,129	\$/kW	Unit cost with IDC	1,129	\$/kW	Unit cost with IDC	1,129	\$/kW	1,129
		Total Eco Cost for 600,000kW, SCF: -10% for local cost, Total from "Yr -4" to "Yr 0"	621,100	\$/,000	Total Eco Cost for 600,000kW, SCF: -10% for local cost, Total from "Yr -4" to "Yr 0"	621,100	\$/,000	Total Eco Cost for 600,000kW, SCF: -10% for local cost, Total from "Yr -4" to "Yr 0"	621,100	\$/,000	621,100
	Pump-up Cost	Coal @\$142/ton Thermal efficiency 33.3% Pump-up efficiency 70% 1000hrs/yr=> 600GWh/yr	10.29	Cts/kWh	LNG @\$13/mmBtu Thermal efficiency 48.2% Pump-up efficiency 70% 1000hrs/yr=> 600GWh/yr	14.96	Cts/kWh	Coal 100% Thermal efficiency 30.1% Pump-up efficiency 70% 1000hrs/yr=> 600GWh/yr	10.29	Cts/kWh	Coal 50%/ LNGCC 50% 12.63C/kWh
			61,741	\$/Year		89,767	\$/Year		61,741	\$/Year	75,754
		Alternative Thermal = GT (Auto Diesel)			Alternative Thermal = GT (LNG)			Alternative Thermal = GT (LNG)			GT (LNG)
PSPP Benefit (=Alternative Thermal)	Construction Cost (GT-AutoDiesel)	Total for 600,000kW, SCF: -10% for local cost, kW-adjustment 1.18 Total for "Yr 0", "Yr 20", "Yr 40"	359,003	\$/,000	Total for 600,000kW, SCF: -10% for local cost, kW-adjustment 1.18 Total for "Yr 0", "Yr 20", "Yr 40"	359,003	\$/,000	Total for 600,000kW, SCF: -10% for local cost, kW-adjustment 1.18 Total for "Yr 0", "Yr 20", "Yr 40"	359,003	\$/,000	359,003
	Fuel + Variable OM Cost	Auto Diesel @\$128.4/bbl Thermal efficiency 30.1% kWh-adjustment 1.02, 1000hrs/yr=> 600GWh/yr	27.05	Cts/kWh	LNG @\$13/mmBtu Thermal efficiency 30.1% kWh-adjustment 1.02, 1000hrs/yr=> 600GWh/yr	16.07	Cts/kWh	LNG @\$13/mmBtu Thermal efficiency 30.1% kWh-adjustment 1.02, 1000hrs/yr=> 600GWh/yr	16.07	Cts/kWh	16.07
			162,286	\$/Year		96,425	\$/Year		96,425	\$/Year	96,425
	EIRR	21.5%			4.3%			10.9%			7.9%

(出典：調査団作成)

11.2 財務評価

11.2.1 評価手法

(1) 財務評価手法

財務評価は、ある計画が企業会計の立場から見て成立するかどうかを検討するものである。分析手法としてはキャッシュ割引フロー法を採用する。この手法による基本的なアプローチは以下のとおりである。ここでは、市場価格（＝財務費用）による建設・O&M 費用を費用とし、売電収入を便益として、キャッシュ・アウトフロー（費用）、及びインフロー（収入）をプロジェクト期間全体にわたり年別に展開する。次に各年度の費用と収入を割引率を使用してプロジェクト初年度における現在価値に換算する（NPV）。また、評価指標として資金調達手段にかかわらずプロジェクト本来の収益性を評価するための総資本財務的内部収益率（FIRR on investment）を算出する。

(2) 前提条件

CEB と協議のうえ、スリランカにおける他の電力案件における数値を参考に、本計画の評価にあたって、以下の条件を設定した。

- 耐用年数
各設備の耐用年数は標準的な値として以下を採用する。
 - 土木設備：50 年
 - 水力機器、電気機器：35 年
- 計算期間
計算期間については、建設期間 5 年間、土木設備の耐用年数 50 年間を合わせた 55 年とする。

- エスカレーション
価格上昇は考慮せず、コンスタント・プライスを使用する。
- 税金及び輸入関税
財務分析においては通常は税金を算入する。しかしながら、CEB の開発事業は国の Specified Project として実施されているため付加価値税 (VAT)、輸入関税、Nation Building Tax (NBT)、Port and Airport Development Levy (PAL)等、主な税金を免除されている。従って、実態に合わせて税金は財務分析に算入しないこととする。

11.2.2 本計画の財務費用及び便益

(1) 財務費用

本計画の財務費用は市場価格（税金なし）による初期投資額、機器更新費用及び運転維持費（O&M 費用）である。このうち初期投資額及び機器更新費用については第 10 章記載の工事費を財務費用として採用する。

Table 11.2.2-1 Initial Investment Cost (Financial)

(Unit: US\$)

Year	Initial Investment
1st Year	32,214,738
2nd Year	64,429,476
3rd Year	161,073,691
4th Year	257,717,905
5th Year	128,858,953

(出典：調査団作成)

Table 11.2.2-2 Replacement Investment Cost (Financial)

(Unit: US\$)

Year	Initial Investment
36th Year	12,467,521
37th Year	24,935,043
38th Year	62,337,607
39th Year	99,740,171
40th Year	49,870,085

(出典：調査団作成)

O&M 費用：

- ① 水力発電の通常の運転維持費は、建設費に一定の率を乗じて年間所要金額を算出する。この率は類似プロジェクトにおける経験から、土木工事費の 0.5%、水力機器・電気機器の 1.5%とした。この前提で計算した本事業の運転維持費は 4,171 千ドル/年である。
- ② 揚水のためのエネルギーは、ベースケースにおいては石炭火力発電が揚水原資になる。この揚水費用は前節の Table 11.1.2-4 に示したとおりである。揚水発電の効率は 70%とした。揚水により 1kWh を発電するために、石炭火力費用は US\$ 10.29/kWh である。揚水で 600GWh を発電するためには、石炭火力費用 US\$ 61.7 百万を要する。

(2) 財務便益

本計画の財務便益は電力販売収入である。2013年のCEBの電力平均料金はRs. 18.23/kWhであった。本事業はピーク対応の発電設備であり、平均より高く設定されているピーク料金を基に収入を見積ることが妥当である。但し、スリランカ公益事業規制委員会(PUCSL)は全需要家カテゴリーに時間別料金を導入するという方針があるものの、現行は高圧需要家に限って導入しているので、ピーク時間の全販売がピーク料金とはなっていない。従って、PUCSLが2013年6月20日に決定したDecision on Electricity Tariffs 2013の指針、即ちピーク時料金(18:30~22:30)調整係数(ピーク時料金インデックス)を、昼間料金(05:30~18:30)に対して1.25と定めたことを根拠に、平均料金Rs.18.23/kWhの1.25倍(Rs. 22.79/kWh)をピーク時の平均収益とした。これを2013年の平均為替レート(Rs. 129.11/US\$)でドル換算するとUScts 17.65/kWhとなる。

また、発電量から総ロス率10.5%(LTGEP 2013-2032の2025年の値)を差し引いた値537GWh(600GWh*89.5%)を電力販売量とした。以上の結果、年間の販売額は94.8百万ドルである。

(3) 財務評価

前述の前提を元に、総費用を資本により賄うことを前提とした総資本財務的内部収益率を求めた。FIRRは2.8%、NPV(割引率10%)はマイナス(-)464.1百万ドルである。FIRRは円借入金金利1.4%(全体の85%)と国内市場調達10%(同15%)の加重平均金利2.69%をわずかに上回るだけである。財務的には、赤字にはならないが利益も出ない選択肢である。元々ピーク時電力の供給コストは高いことから、収益性が低くとどまることは止むを得ない面もある。

なお、ピーク時需要を満たすための代替手段であるガスタービン発電を利用した場合は、発電費用UScts34.08/kWh²に対して収入はUScts17.66/kWhに留まるので、UScts16/kWh以上の逆ザヤが生じる。前述のとおり揚水発電は収支がようやくバランスする手段であるからCEB財務的には決して魅力的ではないが、大きな赤字が生じるガスタービンよりは優れた発電手段である。そもそも、CEBは送電事業免許において電力供給義務を負っているため³、供給しないという選択はあり得ない。従って、揚水発電は現在の料金体系下では収益性が十分に高いとは言えないが、供給義務の制約下でとり得る選択肢の中では最も合理的な選択と言える。

²燃料費UScts27.05/kWh、資本費UScts7.03/kWhの合計。資本費はTable 11.1.3-1のF12の投資費用を金利10%、償還20年で年経費化し(US\$70.28/year)、年間発電量1,000kWhで除して求めた。

³Section 17 Special conditions of transmission licensees; Without prejudice to generality of section 15, a transmission license issued to a licensee shall include conditions – (b) requiring the licensee to forecast future demand, to plan the development of the licensee's transmission system and to procure the development of new generation plant to meet reasonable forecast demand, Sri Lanka Electricity Act, No. 20 of 2009

Table 11.2.2-3 Cash-flow of Base Case and Its FIRR

Year	Cash Outflow				Inflow Sales	Net Cash Flow	(US\$, '000)	
	Investment	Fixed OM	PumpCost	Total			NPV disc @IRR	NPV disc @10%
-4	32,215			32,215		-32,215	-36,012	-47,166
-3	64,429			64,429		-64,429	-70,046	-85,756
-2	161,074			161,074		-161,074	-170,304	-194,899
-1	257,718			257,718		-257,718	-264,999	-283,490
0	128,859			128,859		-128,859	-128,859	-128,859
1		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	28,074	26,243
2		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	27,303	23,857
3		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	26,553	21,688
4		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	25,823	19,717
5		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	25,114	17,924
6		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	24,424	16,295
7		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	23,753	14,814
8		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	23,100	13,467
9		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	22,465	12,243
10		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	21,848	11,130
11		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	21,248	10,118
12		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	20,664	9,198
13		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	20,096	8,362
14		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	19,544	7,602
15		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	19,007	6,911
16		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	18,485	6,282
17		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	17,977	5,711
18		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	17,483	5,192
19		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	17,003	4,720
20		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	16,535	4,291
21		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	16,081	3,901
22		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	15,639	3,546
23		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	15,210	3,224
24		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	14,792	2,931
25		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	14,385	2,664
26		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	13,990	2,422
27		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	13,606	2,202
28		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	13,232	2,002
29		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	12,868	1,820
30		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	12,515	1,654
31	12,468	4,171	61,741	78,379	94,779	16,400	6,914	854
32	24,935	4,171	61,741	90,846	94,779	3,932	1,612	186
33	62,338	4,171	61,741	128,249	94,779	-33,470	-13,347	-1,441
34	99,740	4,171	61,741	165,652	94,779	-70,873	-27,485	-2,774
35	49,870	4,171	61,741	115,782	94,779	-21,003	-7,921	-747
36		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	10,588	934
37		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	10,297	849
38		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	10,014	772
39		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	9,739	702
40		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	9,472	638
41		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	9,211	580
42		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	8,958	527
43		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	8,712	479
44		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	8,473	436
45		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	8,240	396
46		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	8,014	360
47		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	7,793	327
48		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	7,579	298
49		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	7,371	270
50		4,171	61,741	65,911	94,779	28,867	7,169	246
					IRR =	2.8%	0	-464,148

(出典：調査団作成)

11.2.3 感度分析

次に、実際の費用及び便益が見積り値から変動した場合に、財務評価の指標（FIRR、NPV）がどの程度影響を受けるか感度分析を行う。以下のケースを想定する。

- ケース F-1 財務分析ベースケース
- ケース F-2 揚水発電の初期建設投資コストが 10%増加したケース
- ケース F-3-1 揚水発電の発電量が 10%増加したケース
- ケース F-3-2 揚水発電の発電量が 10%減少したケース
- ケース F-4 揚水のための石炭火力発電用の石炭価格が 10%増加したケース
- ケース F-5 ピーク時電気料金インデックス（対昼間時料金）を 1.50 に変更したケース（ベースケースは 1.25）

以上の各ケースの FIRR 及び NPV を Table 11.2.3-1 に纏める。ピーク時電気料金インデックス（対昼間時料金）を 1.50 に代えた場合、FIRR は一定程度改善する。実際、導入済のピーク時電力料金のうち、業務用のピーク時料金インデックスは 1.23 程度だが、工業用及びホテル用では 1.6～2.3 であり、大きな数値のインデックス（ピーク時料金が相対的に高い）が使われている。未導入の利用者は小規模需要家であることから、大きなインデックスをいきなり導入することは難しいが、既に導入実績もあることから、時間をかけてインデックスを 1.5 まで引き上げることは現実性のある選択肢だと考えられる。

Table 11.2.3-1 Results of Financial Sensitivity Analysis

Case	Description	FIRR (%)	NPV (US\$ Mil)
F-1	Base Case	2.8%	-464.1
F-2	Initial Construction Cost 10% Up	2.3%	-538.2
F-3-1	Generation 10% Up	3.5%	-431.4
F-3-2	Generation 10% Down	2.1%	-496.9
F-4	Coal Price for Pump-up 10% Up	1.4%	-525.4
F-5	Peak Tariff Index Increase from 1.25 to 1.50	6.2%	-276.2

（出典：調査団作成）

本事業は、財務的収益性の改善が課題であり、それはピーク時電気料金の単価を引き上げることで、収益性改善はある程度可能であると上述の感度分析は示している。但し、その場合でも FIRR は 6.2%であり、収益性改善の限界も同時に示している。従って、本事業の財務的収益性を補完するひとつの手段として、円借款等の譲許性の高い資金を活用することが望ましい。

第 12 章

結論および提言

目 次

第 12 章 結論および提言

12.1	結論	12-1
12.1.1	プロジェクトの必要性	12-1
12.1.2	最有力地点の概要	12-1
12.1.3	地質調査結果	12-5
12.1.4	工事費・工期	12-8
12.1.5	経済・財務分析	12-13
12.1.6	可変速揚水機の導入	12-15
12.1.7	各検討課題における結論	12-17
12.2	提言	12-23
12.2.1	プロジェクト実施計画	12-23
12.2.2	次段階の調査実施に向けた提言	12-24

表リスト

Table 12.1.2-1	Maha 3 計画諸元	12-4
Table 12.1.2-2	Summary of Major Parameters of Pump-turbine, Generator-Motor	12-5
Table 12.1.3-1	地形・地質調査 (1) 調査数量一覧表	12-6
Table 12.1.3-2	地形・地質調査 (2) 調査数量一覧表	12-6
Table 12.1.4-1	Maha 3 計画概算工事費	12-9
Table 12.1.4-2	Maha 3 計画概算工事費 (可変速 1 台)	12-9
Table 12.1.5-1	Results of Economic Sensitivity Analysis	12-13
Table 12.1.5-2	Results of Financial Sensitivity Analysis	12-14
Table 12.1.7-1	Ranking Summary of Options	12-18
Table 12.1.7-2	各地点のスコアおよびランキング結果	12-20

図リスト

Figure 12.1.2-1	Maha 3 計画位置図	12-2
Figure 12.1.2-2	揚水発電計画見直しフロー	12-3
Figure 12.1.4-1	Maha 3 揚水発電所建設工事概略工程	12-11
Figure 12.1.6-1	タービン効率特性	12-16
Figure 12.2.1-1	Draft Overall Implementation Schedule of Development of PSPP in Sri Lanka	12-24
Figure 12.2.2-1	等価ピーク計測時間と建設費および EIRR の関係	12-29

第12章 結論および提言

12.1 結論

12.1.1 プロジェクトの必要性

スリランカの 2013 年の発電電力量は 11,962GWh（発電端、自家発は除く）、販売電力量は 10,621GWh となっている。Central Bank of Sri Lanka の Annual Report 2013 によれば、2013 年以降もインフラ開発や観光産業の伸びにより、引き続き 8%程度の GDP 成長率が見込まれている（2014 年：7.8%、2015 年：8.2%）。このような状況下、引き続き電力需要の大幅な伸びが予測されている。

特にスリランカは、電灯需要を主因とした夕方から 22 時ごろまでのピーク電力需要が卓越しており、電化率の向上もピークの先鋭化に拍車をかけている。本来、全発電設備の 23%の容量を占める発電専用の貯水池式水力発電所がピーク対応電源としてその機能を発揮すべきところであるが、2012 年に起きた異常渇水でも分かるよう、乾季におけるピーク対応発電能力の低下を補うため、発電原価の高い石油系の火力発電所を運転せざるを得ない事態を招いている。こうした状況下、スリランカ政府は、安定的な電力供給および電気料金の適正化を念頭に、国家エネルギー政策・戦略の中で電力セクター関連の具体的目標の一つとして、石油火力発電の低減、石炭火力発電・再生可能エネルギーの拡大を掲げ、この目標を達成するために必要な国産エネルギーを有効活用したピーク需要対応電源として揚水発電所の開発を検討する方針とし、日本国政府に技術支援を要請した。

LTGEP 2013-2032 では、電気料金の低減および CEB の財務体質改善を目的に、システム全体のコストミニマムを評価関数としてシミュレーションを行い、長期電源開発計画が策定されている。この結果、燃料費および発電原価の廉価な石炭火力開発に偏重した計画となっている。このため、石炭火力の負荷追従性能が悪いため、ピーク対応電源として十分な負荷追従特性を具備し、環境インパクトが小さく、加えて経済性に優れ、システムの安定に寄与する電源を選定する必要がある。

本調査では、ピーク需要対応型電源の選定を行うに当たり、スリランカ国内で開発可能な 8 種の電源オプションから、その発電特性、環境社会配慮、経済性の面から絞り込みを行い、最適電源の選定を行った。この結果、負荷追従性・発電特性、環境社会配慮および経済性の観点から、最適なピーク対応型電源オプションとして、水力発電所（増設）および揚水発電を選択したうえで、揚水発電についてのマスタープラン調査を実施した。

12.1.2 最有力地点の概要

第 3 回ステークホルダーミーティング（2014 年 5 月開催）で選定された最有力候補地点である Maha 3 計画の位置図を Figure 12.1.2-1 に示す。サイトへのアクセスのうち下池ダムに関しては、コロomboからの全道のり 110km 程度、A1、A21、B136、B278 を経たのち、間道に入り 2km 程度走行するとダム地点に到達する。上池ダムについては、下池ダムより、間道約 6.2km でアクセス可能であるが、調査団による現場視察実施時では、下池と上池を結ぶ間道は、道幅が狭く直接車での乗り入れは難しい状況を確認している。しかし、上池自体へのアクセスは、道路が新設され

ており良好である。

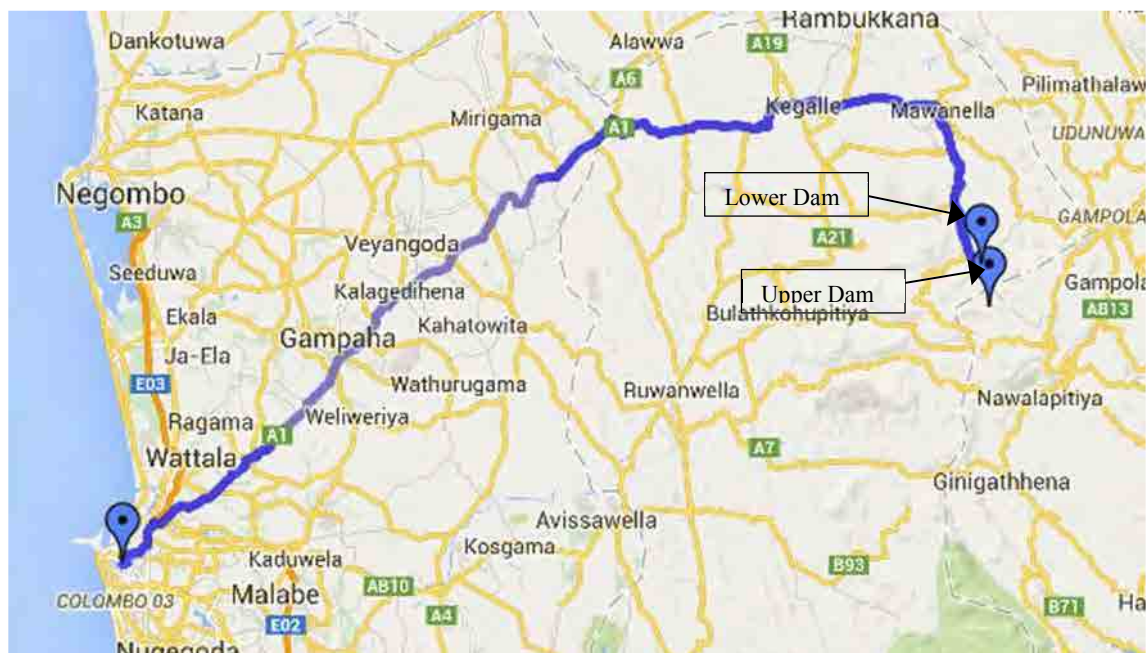


Figure 12.1.2-1 Maha 3 計画位置図

Maha 3 計画においては、上池貯水池および下池貯水池を対象として 1/1,000 地形測量を実施した。1/1,000 測量において得られた地形図を元に、貯水池容量曲線を作成して、

Figure 12.1.2-2 に示すフローに従い、計画諸元を見直した。なお、フローに示すとおり、基準落差、基準使用水量とポンプ水車発電機の総合効率を繰り返し計算によって収束させ、計画諸元を決定した。

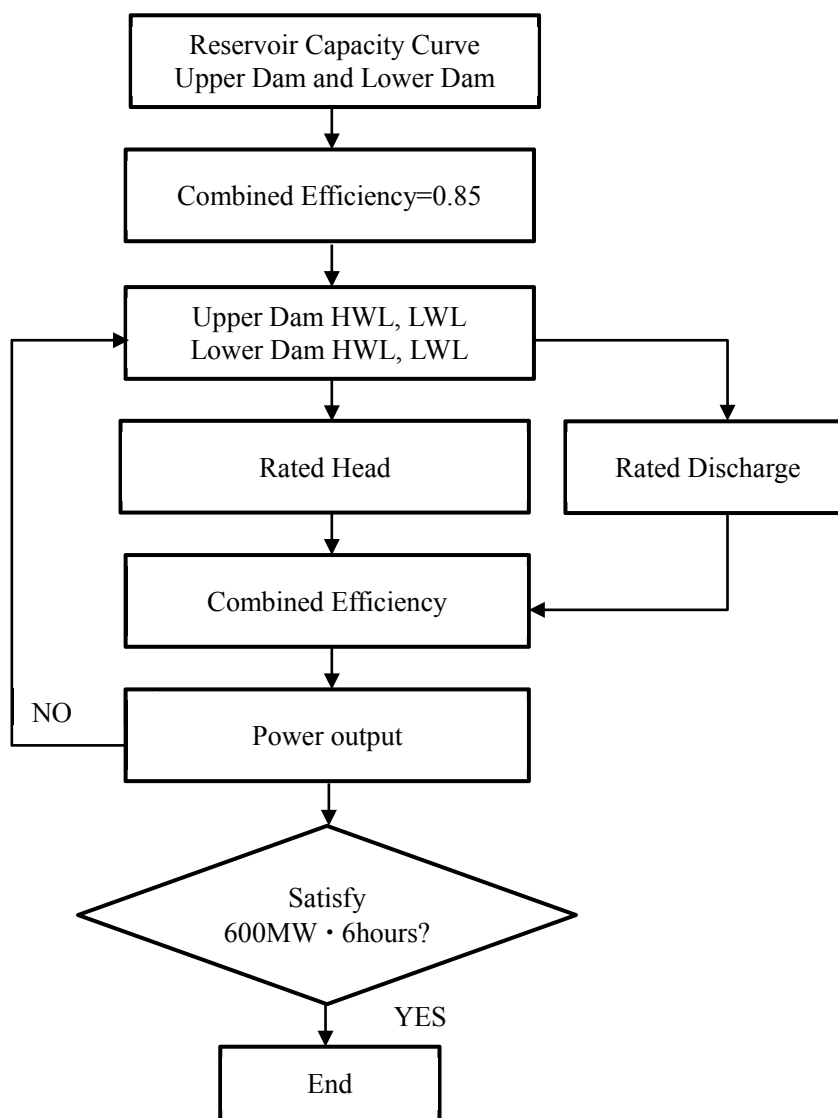


Figure 12.1.2-2 揚水発電計画見直しフロー

また、最有力候補地点の計画諸元を Table 12.1.2-1 に示す。Table 12.1.2-1 に示すとおり、第 10 章で計画した、1/5,000 地形図に基づく計画と大きく変更になったものはない。また、計画諸元は、単機出力 200MW×3 台案 (case 1) と 150MW×4 台案 (case 2) を併記した。

Table 12.1.2-1 Maha 3計画諸元

Candidate Site	unit	Maha 3		
		case1	case2	
Installed Capacity	MW	600	600	
Unit Capacity	MW	200	150	
Number of Units	unit	3	4	
Peak Generating Time	hours	6.14	6.17	
Gross Head	m	521.04	521.44	
Rated Head	m	493.37	483.95	
Rated Discharge	m ³	142.64	147.10	
Upper Pond	Latitude		7°06'23"	7°06'23"
	Longitude		80°28'49"	80°28'49"
	Catchment Area	km ²	1	1
	Reservoir Area	km ²	0.22	0.22
	Crest Elevation	E.L.-m	821.0	820.5
	High Water Level	E.L.-m	815.0	814.5
	Low Water Level	E.L.-m	794.5	791.3
	Drawdown	m	20.5	23.2
	Sediment Level	E.L.-m	782.3	782.3
	Gross Capacity	MCM	3.71	3.60
	Available Capacity	MCM	3.15	3.27
	Dam Height	m	59	59
	Crest Length	m	260	260
	Lower Pond	Latitude		7°07'50"
Longitude			80°28'49"	80°28'49"
Catchment Area		km ²	35	35
Reservoir Area		km ²	0.24	0.24
Crest Elevation		E.L.-m	298.5	297.5
High Water Level		E.L.-m	292.5	291.5
Low Water Level		E.L.-m	276.4	273.0
Drawdown		m	16.1	18.5
Sediment Level		E.L.-m	263.2	263.2
Gross Capacity		MCM	6.22	5.78
Available Capacity		MCM	3.20	3.30
Dam Height		m	73.5	72.5
Crest Length		m	380	380
Headrace Tunnel				
	Inner Diameter	m	5.60	4.00
	Length	m	960	960
	Nos. of lines	-line	1	2
Penstock Tunnel				
	Inner Diameter	m	4.30	3.10
	Length	m	993	996
	Nos. of lines	-line	1	2
Tailrace Tunnel				
	Inner Diameter	m	6.10	4.40
	Length	m	415	415
	Nos. of lines	-line	1	2
Access Tunnel to PH				
	Length	m	900	900

(出典：調査団作成)

また、Maha3計画におけるポンプ水車、発電電動機の主要諸元はTable 12.1.2-2のとおりである。

Table 12.1.2-2 Summary of Major Parameters of Pump-turbine, Generator-Motor

ケース		200MW×3 units	150MW×4 units
ポンプ水車主要諸元			
形式		縦軸フランシス形可逆式単段ポンプ水車	縦軸フランシス形可逆式単段ポンプ水車
最大出力	MW	600	600
最大使用水量	m ³ /s	142.64	147.1
基準有効落差	m	493.37	483.95
主機台数	unit	3	4
周波数	Hz	50	50
水車出力	MW/unit	204	153
ポンプ入力	MW/unit	185	154
回転数	min-1	500	500
ポンプ効率	%	86.7	85.7
入口弁		球形弁	球形弁
発電機主要諸元			
定格出力	MW	200	150
定格電圧	kV	16.5	16.5
定格電流	A	7,380	5,530
回転方向		時計方向	時計方向
効率	%	98.0	98.0
電動機主要諸元	unit	3	4
定格出力	MW	189	157
効率	%	97.9	98.1

主要な電機設備の構成は以下のとおりである。

- ポンプ水車
- 発電電動機
- 主要変圧器
- 220 kV XLPE 電力ケーブル
- 220 kV 屋外開閉設備
- 発電電動機始動装置 (Static Frequency Converter = SFC)
- 制御装置

その他、主回路方式、所内回路、天井クレーンなどについて Feasibility Study において、更に具体的な諸元が検討されることになる。

12.1.3 地質調査結果

本調査段階での地質調査・評価の目的は、揚水発電候補地点抽出に資する地質評価と、pre-FS調査に先立つ候補地点、特に最有力地点の地質的な問題点の洗い出しを行うことにある。

本調査では、まず 11 地点の候補地点に対して主に既往資料に基づく 1 次評価、次いで有望 3 地点に対して地表地質踏査を主体とする地質調査(1)、さらに最有力地点 1 地点に対してボーリング調査を主とする地質調査(2)を実施した。各々の結果および評価の詳細は、1 次評価を「9.2.4 各候補地点の地質」～「9.6.4 地質による評価」、地質調査(1)評価を「10.3.2、10.4.2、10.5.2 地点地質」～「10.7.2 地質による評価」、ならびに地質調査(2)評価を「Appendix 12.1 Geology evaluation of the most promising site Maha 3」(英文報告書)に記した。

本調査のスケジュールから、最有力地点の抽出は、実質的には地質調査(1)の結果が出た段階で行われ、地質調査(2)の調査結果および評価結果は、特に重大な支障の有無がないことを確認しつつ、次段階以降の調査に資する目的を含んで実施された。以下では地質調査(2)を含めて判明した評価結果を纏める。地質調査(2)の詳細は Appendix 12.1 に記載している。

(1) 地質調査

本調査地点において実施した地形・地質調査(1)、(2)は、主に地表地質踏査、ボーリング調査、室内試験である。各段階での調査数量は下表に示すとおりである。

Table 12.1.3-1 地形・地質調査 (1) 調査数量一覧表

Survey Item	Quantity	Remarks
Topography Survey (T-1)	1:5,000 scale	Mapping for 3 promising areas
	5.53 km ²	ie. Maha 3 (1.14km ²), Maha 2 (1.82km ²), Halgran 3 (2.57km ²)
Topography Survey (T-2)	1:1,000 scale	Detailed Mapping for 1 most promising site
	1.0 km ²	ie. Maha 3 (1.0km ²)

(出典：調査団作成)

Table 12.1.3-2 地形・地質調査 (2) 調査数量一覧表

Survey Item	Quantity	Remarks
Geological Survey (G-1)	1:10,000 scale	Surface Geology Survey for 3 promising areas
	42 km ²	ie. Maha 2 & Maha3 (10km ²), Halgran 3 (15km ²)
		Collection of available data and maps
		Aerophotograph, satellite image study
		Geological mapping and study
Geological Survey (G-2)	6 holes	Drilling Survey for 1 most promising site
	306.13 m	ie. Maha 3
		6 holes (right bank, river bed, left bank for Upper & Lower damsites)
		Core drillings, Geological logging, Permeability test
		Laboratory test for rock cores

(出典：調査団作成)

(2) 地質調査結果

地質調査により判明した Maha 3 地点の結果は以下のとおりである。

(a) 上池ダム

これまでの調査の結果から、上池ダム軸地点では、右岸～河床部にかけては基盤も浅く良好な黒雲母片麻岩岩盤（CH 級以上）が確認されたが、左岸では、脆弱部厚が 47m にも達することが確認され、想定以上に不良岩盤が厚いことが確認された。このことから、左岸高標高部の断層崖を供給源にした崖錐堆積物が厚く堆積し、さらにその一部は河川側に押し出されている可能性があるものと考えられる。

具体的には、地形的には空中写真を解析すると、河川左岸、高標高沿いには NW-SE 方向に、きわめて明瞭かつ長距離にわたり直線状に延びるリニアメントが認められる。これは潜在的な断層を示唆している可能性があるが、上池左岸山麓部では、このリニアメントのなす直線崖からの崩落崖錐が一様に崖錐堆積物として堆積している。ボーリング地点も表層部は崖錐堆積物が覆っていたが、地質調査(1)ではそれほどの厚さは想定されていなかった。

しかし、地質調査(2)の結果、ダム軸左岸中標高部（ダム軸より 20m 上流）に掘削したボーリング（BHUI）から、27m 付近までは崖錐堆積物等の土砂状堆積物が厚く被覆し、27m 以深で岩塊を確認するもののコア回収率が非常に低く（33.3~47.0m 間 \leq 20%、特に 39.0~45.7m \leq 10%と僅少）、深度 47m にいたるまで新鮮堅硬な基盤を確認することがなかった。この区間も不良部とみなすと、河川標高以下 13m に達することになる。また、河床標高+2~3m にあたる深度 32m で地下水流動層に遭遇した。

一方、地形調査(2)の結果から、ダム軸地点左岸の崖錐堆積物～岩盤強風化層がなす山麓は緩い斜面であるが（ <20 度）、その先端部は非常に低角度の（ <5 度）ほぼフラットな地形をなしていることが判明した。

これらのことから、左岸部は、厚い崖錐堆積斜面というだけではなく、厚い崖錐堆積物を主体としながらも、一定厚の堆積物（崖錐堆積物および下部の強風化部）が深度 32m 付近の地下水流動部を境界として河川部に移動、緩平坦面を形成した移動土塊の可能性があると考えている。その場合、32~47m 間の脆弱部は、崖錐堆積以前の旧表層強風化層に相当するもの、岩相に起因するもの（特にコア回収がほぼできなかった 39.0~45.7m 間は黒雲母～角閃石等の有色鉱物が大量に濃集し、脆弱面をなしている）、構造要因（想定される断層による深層風化に起因するもの）など、複数の可能性が考えられるが、現時点では断定する根拠が乏しい。

なお、32~47m を含めて移動土塊とすると河床以下 13m に及ぶことから、現段階ではその可能性は少ないと考えているが確実ではない。さらに、今回の調査では、他ボーリングの結果からボーリング掘削技術の未熟によるコア回収未達も可能性としては完全否定できないが、コアによる観察を主体に考察した。

ただし、左岸部でも 47m 以深では新鮮堅硬な岩盤が確認されている。左岸部全体では、高標高部で急崖をなす黒雲母片麻岩露頭が連続する地形形状や山麓部での水位分布形状か

ら、地下水位は上昇していくと想定しており、貯水池全体の保水性は維持されるものと予想される。

(b) 下池ダム

下池ダム地点では新鮮なかつ良好な黒雲母片麻岩基盤（CH 級以上）が、浅い深度で確認されている。河床部を連続する可能性のある断層についてはボーリングでは確認はできていない。現段階では、ダム地点として重大な地質的問題はないと予想される。

(c) 水路・発電所

発電所地点を含む水路部は、黒雲母片麻岩、花崗岩質片麻岩からなる。現段階では地表踏査のみに基づく判断であるが、基本的な岩盤の片理面は掘削上好ましい方向ではないものの、水路深度ではおおむね全体に良好な岩盤(CH 級以上)と推定されることから、重大な地質的問題は生じないと予想される。地下発電所部の岩盤は黒雲母片麻岩と推定され、基礎岩盤として特に問題はないものと推定される。

(d) 材料調査

本調査（地質調査(2)）では今後の材料調査に資することを目的として、建設材料としての骨材、フィル材料の適性を予察するために、ボーリングコアによる室内試験を実施した。その結果、1軸圧縮強度が全般に小さく今後追加調査する必要があるが、それを除き物性値はおおむね良好で材料に適している結果を得ている。

12.1.4 工事費・工期

(1) 概算工事費

10.2.7 と同様の方法により概算工事費を算定した。10.2.7 からの変更点は、12.1.2 に示したとおり、新たに地形測量により得られた上ダム地点・下ダム地点の 1/1,000 地形図を用いて、揚水発電計画の見直しを行ったこと、上ダム・下ダムの数量が 1/1,000 地形図を用いて精査されたことである。

Table 12.1.4-1 に 200MW×3 台案、150MW×4 台案の概算工事費を示す。また、Table 12.1.4-2 には、200MW×3 台案では 3 台のうち 1 台を可変速機に、150MW×4 台案では 4 台のうち 1 台を可変速機に、それぞれ置き換えた場合の概算工事費を示した。（変更）

Table 12.1.4-1 Maha 3 計画概算工事費

	Item/Project	200MW 3units	150MW 4units	Remarks
		(US\$)	(US\$)	
1.	Preparation and Land Acquisition	4,994,007	5,125,380	
	(1) Access Roads			@550,000US\$/km
	(2) Compensation & Resettlement			
	(3) Camp & Facilities	4,994,007	5,125,380	3. Civil Works * 2%
2.	Environmental Mitigation Cost	7,491,011	7,688,070	3. Civil Works * 3%
3.	Civil Works	249,700,365	256,268,986	
4.	Hydromechanical Works	54,550,427	57,433,434	
5.	Electro-Mechanical Equipment	194,800,000	202,500,000	
6.	Transmission Line	3,900,000	3,900,000	
	Direct Cost	515,435,810	532,915,870	
7.	Administration and Engineering Service	77,315,372	79,937,381	Direct Cost * 15%
8.	Contingency	51,543,581	53,291,587	Direct Cost * 10%
9.	Interest during Construction	32,929,905	34,046,663	$\Sigma(1-8)*0.38*i*T$
	Total Cost	677,224,668	700,191,501	
	Power Output (kW)	600,000	600,000	
	USD per kW	1,129	1,167	

(出典：調査団作成)

Table 12.1.4-2 Maha 3 計画概算工事費（可変速1台）

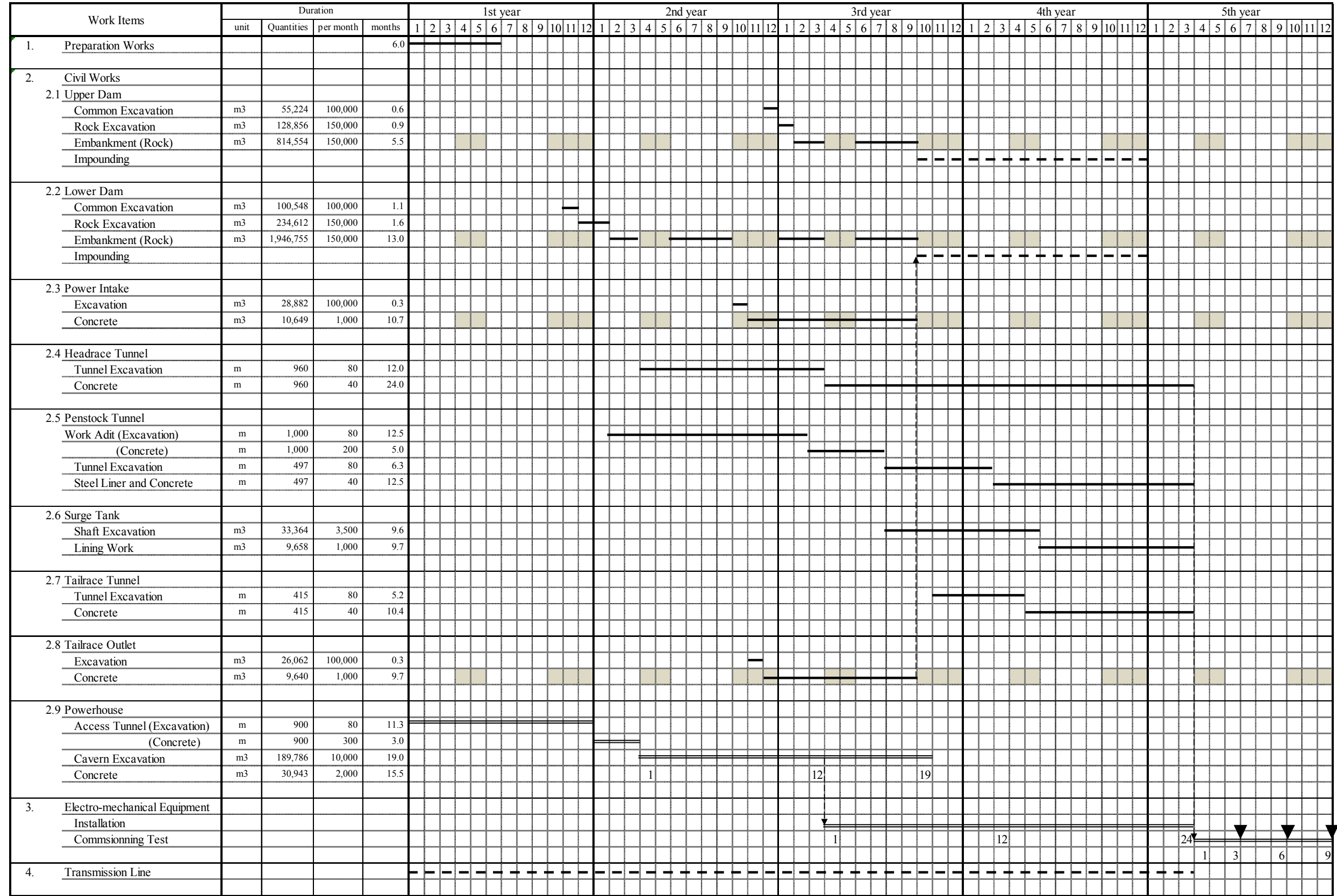
	Item/Project	200MW 3units	150MW 4units	Remarks
		(US\$)	(US\$)	
1.	Preparation and Land Acquisition	5,042,581	5,174,707	
	(1) Access Roads			@550,000US\$/km
	(2) Compensation & Resettlement			
	(3) Camp & Facilities	5,042,581	5,174,707	3. Civil Works * 2%
2.	Environmental Mitigation Cost	7,563,872	7,762,061	3. Civil Works * 3%
3.	Civil Works	252,129,070	258,735,366	
4.	Hydromechanical Works	54,550,427	57,433,434	
5.	Electro-Mechanical Equipment	205,500,000	211,400,000	
6.	Transmission Line	3,900,000	3,900,000	
	Direct Cost	528,685,950	544,405,568	
7.	Administration and Engineering Service	79,302,893	81,660,835	Direct Cost * 15%
8.	Contingency	52,868,595	54,440,557	Direct Cost * 10%
9.	Interest during Construction	33,776,424	34,780,711	$\Sigma(1-8)*0.38*i*T$
	Total Cost	694,633,862	715,287,671	
	Power Output (kW)	600,000	600,000	
	USD per kW	1,158	1,192	

(出典：調査団作成)

(2) 工期

概算工事費算定のために計算した工事数量を基にして、Figure 12.1.4-1 に示すとおり Maha3 揚水発電所建設工事（200MW×3 台案）の概略工程を見積もった。4 月～5 月および 10 月～12 月は雨季として、ダムの盛り立て工事は休止することとした。

クリティカルパスは、発電所工事となり、発電所へのアクセストンネルの掘削工事から、最終 3 号機の Commissioning Test 完了まで 60 ヶ月を要する。なお、水圧管路斜坑は、掘削切羽を 4 断面設ける計画としている。



■ : Rainy Season

(出典：調査団作成)

Figure 12.1.4-1 Maha 3 揚水発電所建設工事概略工程

12.1.5 経済・財務分析

(1) 経済分析

調査で特定された最適計画案について、経済的内部収益率（EIRR）及び純現在価値（NPV）により、国家経済の視点から事業の経済性評価を行った。

ベースケース費用（経済価格表示）

- 初期投資費用 621,100 千ドル
- 設備更新投資費用 240,374 千ドル
- 毎年の O&M 費用 4,171 千ドル/年
- 毎年の揚水費用 61,741 千ドル/年

ベースケース便益（節約したガスタービン発電費用、経済価格表示）

- ガスタービン投資費用 1,077,009 千ドル/50 年 3 回合計
- 毎年の O&M 費用 4,328 千ドル/年
- 燃料費（Auto Diesel） 162,280 千ドル/年

感度分析

ベースケースに加え、実際の費用及び便益が見積り値から変動した場合に、経済評価の指標（EIRR、NPV）がどの程度影響を受けるか感度分析を行った。各ケースの EIRR 及び NPV を Table 12.1.5-1 に纏める。

- ケース E-1 経済分析ベースケース
- ケース E-2 揚水発電の初期建設投資コストが 10%増加したケース
- ケース E-3-1 揚水発電の発電量が 10%増加したケース
- ケース E-3-2 揚水発電の発電量が 10%減少したケース
- ケース E-4 揚水のための石炭火力発電用の石炭価格が 10%増加したケース
- ケース E-5 代替火力ガスタービン用のディーゼル燃料価格が 10%低下したケース

Table 12.1.5-1 Results of Economic Sensitivity Analysis

Case	Description	EIRR (%)	NPV (US\$ Mil)
E-1	Base Case	21.5%	695.4
E-2	Initial Construction Cost 10% Up	19.3%	624.0
E-3-1	Generation 10% Up	22.8%	795.1
E-3-2	Generation 10% Down	20.1%	595.7
E-4	Coal Price for Pump-up 10% Up	20.7%	634.2
E-5	Fuel Price for Alternative Thermal Gas-turbine 10% Down	19.2%	534.5

（出典：調査団作成）

ベースケースの経済的内部収益率（EIRR）21.5%は、途上国で一般的に使用される資本の機会費用 10%を上回り、本事業は国民経済の視点から評価した経済性は十分高いと判定される。また、感度分析で用いた各要素の増減が経済分析結果に与える影響は比較的小さい。

(2) 財務分析

CEB の企業会計的視点から本事業の財務分析を行った。

ベースケース費用（市場価格表示）

- 初期投資費用 644,295 千ドル
- 設備更新投資費用 249,350 千ドル
- 毎年の O&M 費用 4,171 千ドル/年
- 毎年の揚水費用 61,741 千ドル/年

ベースケース便益（市場価格表示）

- 電力販売収入 94,779 千ドル/年（ピーク時料金）

感度分析

ベースケースに加え、実際の費用及び便益が見積り値から変動した場合、財務評価の指標（FIRR、NPV）がどの程度影響を受けるか感度分析を行った。各ケースの FIRR 及び NPV を Table 12.1.5-2 に纏める。

- ケース F-1 財務分析ベースケース
- ケース F-2 揚水発電の初期建設投資コストが 10%増加したケース
- ケース F-3-1 揚水発電の発電量が 10%増加したケース
- ケース F-3-2 揚水発電の発電量が 10%減少したケース
- ケース F-4 揚水のための石炭火力発電用の石炭価格が 10%増加したケース
- ケース F-5 ピーク時電気料金インデックス（対昼間時料金）を 1.50 に変更したケース（ベースケースは 1.25）

Table 12.1.5-2 Results of Financial Sensitivity Analysis

Case	Description	FIRR (%)	NPV (US\$ Mil)
F-1	Base Case	2.8%	-464.1
F-2	Initial Construction Cost 10% Up	2.3%	-538.2
F-3-1	Generation 10% Up	3.5%	-431.4
F-3-2	Generation 10% Down	2.1%	-496.9
F-4	Coal Price for Pump-up 10% Up	1.4%	-525.4
F-5	Peak Tariff Index Increase from 1.25 to 1.50	6.2%	-276.2

（出典：調査団作成）

ベースケースの FIRR は 2.8%、10%の割引率を使って求めた NPV はマイナス(-) 464.1 百万ドルである。FIRR は円借款金利 1.4%（全体の 85%）と国内市場調達 10%（同 15%）の加重平均金利 2.69%をわずかに上回るだけである。財務的には、赤字にはならないが利益も出ない選択肢である。元々ピーク時電力の供給コストは高いことから、収益性が低くとどまることは止むを得ない面がある。

なお、ピーク時需要を満たすための代替手段であるガスタービン発電を利用した場合は、発電費用 UScts34.08/kWh¹ に対して収入は UScts17.66/kWh に留まるので、UScts16/kWh 以上の逆ザヤが生じる。前述のとおり揚水発電は収支がようやくバランスする手段であるから CEB 財務的には決して魅力的ではないが、大きな赤字が生じるガスタービンよりは優れた発電手段である。そもそも、CEB は送電事業免許において電力供給義務を負っているため²、供給しないという選択はあり得ない。従って、揚水発電は現在の料金体系下では収益性が十分に高いとは言えないが、供給義務の制約下でとり得る選択肢の中では最も合理的な選択と言える。

ケース F-5 のピーク時電気料金インデックス（対昼間時料金）を 1.50 に代えた場合、FIRR は一定程度改善する。大きなインデックスをいきなり導入することは難しいが、ピーク時料金制度は既に導入されていることから、時間をかけてインデックスを 1.5 まで引き上げることは本事業の財務収益性を改善する現実性のある選択肢だと考えられる。但し、その場合でも FIRR は 6.2% であり、収益性改善の限界も同時に示している。従って、本事業の財務的収益性を補完するひとつの手段として、円借款等の譲許性の高い資金を活用することが望ましい。

12.1.6 可変速揚水機の導入

(1) 可変速揚水発電システム導入のメリット

固定速揚水発電システムでは、発電電動機は一定の回転速度でしか運転できないが、可変速揚水発電システムでは、回転速度をある一定の範囲で任意に変えることができる。また、回転子が交流励磁であることを利用して、サイリスタ始動方式と同等の揚水始動を行うことができるため、別途始動装置を取り付ける必要がない。

可変速揚水発電システムは、回転速度を連続的に変えられることにより、以下に挙げるいくつかのメリットが得られる。

1) 系統周波数調整

ポンプ入力は、およそ回転速度の 3 乗に比例して変化するため、可変速揚水システムでは、回転速度を変えることにより、ポンプ入力値をある一定の幅で調整することができる。このことから、揚水運転時も揚水入力値を任意に変化させて、系統周波数調整に貢献できる。また、揚水始動時に揚水入力値を最低に制御することで、揚水始動時の系統への影響を抑制できる。

2) 発電時の水車効率向上

可変速機では、落差と流量の変化に対して、回転速度の調整範囲内で最も効率が良くなる回転速度で運転できるため、同等の固定速機に比べて水車効率が数パーセント向上する。

Figure 12.1.6-1 に、従来型と可変速型の実績効率曲線の比較を示す。

¹燃料費 UScts27.05/kWh、資本費 UScts7.03/kWh の合計。資本費は Table 11.1.3-1 の F12 の投資費用を金利 10%、償還 20 年で年経費化し (US\$ 70.28/year)、年間発電量 1,000kWh で除して求めた。

²Section 17 Special conditions of transmission licensees; Without prejudice to generality of section 15, a transmission license issued to a licensee shall include conditions – (b) requiring the licensee to forecast future demand, to plan the development of the licensee's transmission system and to procure the development of new generation plant to meet reasonable forecast demand, Sri Lanka Electricity Act, No. 20 of 2009

可変速型の効率は、軽負荷帯域で約3%程度向上している。

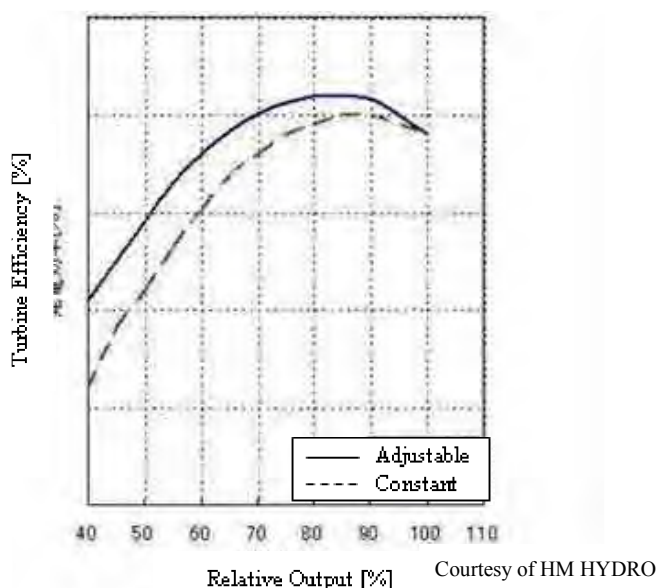


Figure 12.1.6-1 タービン効率特性

3) 発電運転可能範囲の拡大

可変速機では軽負荷時の水車効率が固定速機に比べて向上するため、最低出力を下げる事ができる。一般に、固定速機では最低出力は定格出力の50%程度であるのに対して、可変速機では40%程度まで下げることができる。すなわちより広範囲での出力調整ができるため、系統周波数の調整範囲が拡大できる。また、同様の理由により運転可能な落差範囲が拡大するため、より大きな上池・下池の水位変動が許容される。すなわち、より長時間のプラント運転が可能となる。

4) 系統安定度向上

発電電動機内部位相角を迅速かつ正確に制御できるので、同一電力系統に接続されている他の同期機の定態安定度の向上に寄与する。また、系統擾乱に対しても励磁システムを高速で調整できるため、過渡安定度の向上が期待できる。

(2) 可変速揚水発電システムのデメリット

可変速揚水発電システムには、従来型の揚水発電システムに比べて以下のデメリットもある。

1) 機器調達費用

可変速揚水発電システムは、巻線型回転子や二次励磁装置などの採用により、同規模の固定速揚水発電システムより約2割から3割、電機設備の建設コストが高くなる。

2) 機器設置スペース

可変速発電電動機の回転子は、三相交流で励磁されるためコレクタリングが三相分必要となる。また、固定速機より励磁電圧・励磁電流ともに大きくなるため、コレクタリングを大

型化して冷却装置も専用としている。これらのことから、可変速機では固定速の発電電動機に比べて上部風洞部が高くなる。また、巻線型回転子は同規模の突極型回転子と比較して構造上高くなるため、天井クレーンの吊り上げ高さや発電所建屋の高さを設計する際には、これらの違いを考慮する必要がある。

回転子吊り高さが固定速機より高くなることや回転子二次励磁装置の設置にも広いスペースが必要であることから、より広い発電所空間が必要となる。特に地下発電所の場合は掘削量が多くなり、土木工事費も増加することになる。

12.1.7 各検討課題における結論

(1) 電力の需要想定と供給計画

スリランカの電力需要は至近 10 年間平均で 5.7%伸び、2013 年の発電電力量は 11,962GWh（発電端、自家発除く）に達している。また最大電力も、料金改定等の影響による落ち込みがみられるものの、至近 10 年間の平均では 3.6%の堅調な伸びを示している。

需要の日負荷曲線をみると、朝、昼、夜の 3 回ピークがあり、最大需要は夜に記録されているが、近年の実績では日負荷曲線の形状は変わっていない。今後、国家政策等に大きな変化がなければ昼ピークが夜ピークと拮抗するまでにはかなりの年数がかかると想定されるので、当面の需要想定は夜ピークを対象とすることは適切であると判断する。

CEB は計量経済モデルを作成して電力需要想定を行っている。想定には DSM や省エネ政策等による負荷率改善効果も見込まれており、寄与率（決定係数）が高いことから現状の想定モデルとして妥当と思われる。

一方、供給計画は LTGEP 2013-2032 の中で Revised Base Case が政府承認を受けている。この供給計画は、夜ピークの需要想定に対し適正な LOLP を確保できるように策定されており、妥当である。ただし、この供給計画は、電気料金の低減を目途とし総開発コストを抑えた計画となっており、ベース電源の石炭火力の開発に偏重している傾向が認められる。ピーク需要対応電源として機能してきた石油系火力発電所は、老朽化を理由に、順次廃止していく計画となっており、今後、ピーク需要対応型電源の比率は徐々に小さくなっていく。このため、ピーク需要対応型電源の開発が喫緊の課題となっている。

今後社会インフラ整備進展や産業構造の変化によって電気の使い方が変わった場合、将来的には現状の電力需要想定トレンドと合わなくなることが想定される。従って、今後、需要想定精度向上には、スマートメータを導入して顧客の時間毎の使用電力量データを蓄積し、顧客カテゴリ別に、電力使用状況から産業構造の変化や国家開発計画の影響を踏まえたカテゴリ別にユーザーモデルを作成し、これを基に将来の日負荷曲線の想定をおこなうことが望まれる。また、現状では大口需要家の自家発自家消費にかかる情報を収集する体制が整っていないため、国全体の電力需給の全容が把握出来ていないが、スリランカ全体の電力最適化を検討するためにも自家発設置や自家消費の報告を義務づける等の法律やデータ集約体制の整備を進めることも必要である。

(2) 最適ピーク対応電源の選択

ピーク需要対応型電源の選定を行うに当たり、選定過程の信頼性および客観性を確保するため、LTGEP 2013-2032 に記載されている 8 種の新規電源および 3 種の施策を開発可能なオプションとして採用し、これら電源オプションのピーク需要対応型電源としての適性面から、第 1 次スクリーニングを行った。この結果、水力発電の増設計画、揚水発電計画、LNG コンバインドサイクル発電、ガスタービン発電の 4 電源が選定された。引き続き、発電特性、環境社会配慮、経済性の面から更に絞込みを行い、最適なピーク需要対応型電源の選定を行った（第 2 次スクリーニング）。あわせて、更に効果的なピーク需要への対応を行うことを念頭に、電源の組み合わせ開発の必要性について検討した。

8 章で電源オプションの負荷追従性・電源特性、環境社会配慮および経済性についてそれぞれ評価し、ランキングを行った。それらを取りまとめ、Table 12.1.7-1 に示す。

Table 12.1.7-1 Ranking Summary of Options

	Hydropower (Extension)	PSPP	LNG CC	Gas Turbine
Generation Characteristics	2	1	4	3
Environment & Social Considerations	1	2	3	3
Economic Aspect	1	2	3	4

Table 12.1.7-1 より明らかなように、第 2 次スクリーニングの結果として、負荷追従性・発電特性、環境社会配慮および経済性の観点から、ピーク対応型電源として相応しいオプションとして、水力発電（増設）および揚水発電を選択した。

水力発電（増設）については、今後開発が期待されるプロジェクトとして、ビクトリア発電所増設計画がある。この増設計画は、JICA によって既に F/S および EIA レポートが完成しており、至近年の開発が可能である。一方、本調査では 2025 年以降のピーク対応電源を対象としており、ビクトリア発電所増設だけでは当該年のピーク電力を賄うことができない。揚水発電についてはスリランカ国において開発ポテンシャルが高いものの、未だ詳細な調査が行われていない。また、2025 年以降の増大するピーク需要に対応可能な電源であり、本調査の Stage 2、Stage 3 では揚水発電に特化し、最適化調査（マスタープラン調査）を実施した。

再生可能エネルギーおよび LNG コンバインドサイクル発電について、揚水発電との組み合わせ開発について検討を行った。

“National Energy Policy” や“Mahinda Chinthana 10 year development framework”によれば、2015 年断面で全発電量の 10%を再生可能エネルギーで賄うことを目標としている。また、スリランカ政府は 2007 年 10 月に Sustainable Energy Authority (SEA)を設立し、再生可能エネルギーの開発を通じ、電力の安定的で信頼度が高く安価な供給を期待している。この目標を着実に推進していくと以下の問題が発生する。

- 系統電圧が変動する
- 系統周波数の維持が困難になる

- 余剰電力が発生する

これらの課題解決には負荷追従性の良い揚水発電や LNG CC 発電等のバックアップ電源の整備、または蓄電池の設置が有効な手段となる。蓄電池に関しては、その技術に改良の余地が残っていることや高コストになることから、あまり使われていない。また、LNG CC 発電は、再生可能エネルギーを優先利用する場合、設備利用率を制限した運転が必要となり、経済性が悪くなるので、再生可能エネルギーと揚水発電の組み合わせ開発が最適である。

LNG CC 発電については、その導入時期が不透明であるものの、将来的には揚水発電と LNG CC 発電の組み合わせ開発がスリランカ国のピークおよびミドル需要に対する経済的な供給力として期待される。

LNG CC 発電が開発されるまでの間は、ミドル需要に対応するため、水力発電および IPP 火力発電が対応する。ただし、小規模の IPP 火力発電所は熱効率が悪く、また使用燃料が石油系のためその調達コストが不安定で、CEB の財務状況を圧迫しているため、今後の発電計画においてコストの最小化を可能にするよう、IPP 火力発電所を段階的に減らしていく施策をとっている。

これらのことから、将来的なスリランカの電源のベストミックスという観点で、揚水発電はピーク対応電源、LNG CC 発電は主にミドル対応電源と位置付けとすることが望ましい。

(3) 揚水開発地点の選定

第9章に述べたとおり、まず揚水発電開発候補地点として全11候補地点の計画を立案した。それらの地点に対して、技術的な評価、経済性評価、および自然・社会環境影響に関する評価を行い、有力候補として Halgran 3、Maha 2 および Loggal 地点の3地点を第2回ステークホルダー会議（2013年6月）において選択した。Maha 2 地点の上池の代替地点を見出し、Maha 3 地点として有力候補地点に加えた。

その後、選定された有力候補3地点に対しては、自然・社会環境影響調査、1/5,000 地形測量、地質調査（地表踏査による）を現地再委託により実施する等、より詳細な検討を行った。さらに、第10章に示すとおり、詳細な検討結果に基づき、技術的な評価、経済性評価、および自然社会環境影響に関する評価により、第3回ステークホルダー会議において、最有力候補1地点として、Maha 3 地点を選択した。

Table 12.1.7-2 には、第10章で行ったランキングスタディーのスコアおよびランキング結果を示す。評価基準の大項目としては、1. 技術、2. 経済性、3. 自然環境、および 4. 社会環境がある。Table 12.1.7-2 中の「Even」とは、(1. 技術+2. 経済性) : (3. 自然環境+4. 社会環境) = 50 : 50 で評価したケース（以下、Even ケース）、「Env.」とは、(1. 技術+2. 経済性) : (3. 自然環境+4. 社会環境) = 30 : 70 で評価したケース（以下、環境重視ケース）である。Maha 3 地点は、4つの大項目別にそれぞれ順位を示すと、1. 技術 : 2位、2. 経済性 : 1位、3. 自然環境 : 1位、4. 社会環境 : 2位であり、総合1位とランキングされた。なお、3. 自然環境+4. 社会環境の環境関連2大項目のみで比較すると、2位（合計24.50点）となるものの、

1位の Halgran 3 (合計 24.75 点) との差は僅差であったが、3. 自然環境を重視した場合は、環境関連の 2 大項目による評価は逆転することを確認した。(詳細は 10.7.8 参照のこと)

Table 12.1.7-2 各地点のスコアおよびランキング結果

	Halgran 3		Maha 2		Maha 3		Loggal	
	Even	Env.	Even	Env.	Even	Env.	Even	Env.
1. Technical Evaluation	15.50	9.30	22.00	13.20	21.75	13.05	12.50	7.50
2. Economic Evaluation	18.75	11.25	18.75	11.25	25	15	6.25	3.75
3. Natural Environment	7.25	10.15	9.68	13.552	10.75	15.05	7.2	10.08
4. Social Environment	17.5	24.5	10.35	14.49	13.75	19.25	9.4	13.16
Total	59.00	55.2	60.78	52.492	71.25	62.35	35.35	34.49
Rank	3	2	2	3	1	1	4	4

(出典：調査団作成)

(4) 環境社会配慮

本項では、戦略的影響評価 (SEA) の流れとそれぞれの段階における環境社会配慮 (自然・社会環境への影響) について述べる。したがって、ピーク需要に対応する電源についての結論は「12.1.7-(3) 最適ピーク対応電源の選択」で、電源に最も適した電源開発地点の選定については「12.1.2 最有力地点の概要」で詳述した。

1) 戦略的環境影響評価 (Strategic Environmental Assessment: SEA)

本調査ではマスタープラン調査にもっとも適した環境評価である SEA を次の 2 段階—a) ピーク需要に対応する電源を選定する段階、b) 選定した電源開発地点を選ぶ段階—で実施した。それぞれの段階で、考えられる選択肢 (電源または電源開発地点) について、技術的・経済的・環境社会 (自然・社会環境への影響) 的基準から比較検討を行い、もっとも適した選択肢を選定した。

さらに SEA に関する情報は公開し、関連中央政府機関、関連地方政府機関、NGO、学識経験者を招いたステークホルダー会議 (Stakeholders Meeting : SHM) を 3 回開催して SEA の主要な内容を協議し、参加者からの合意を取り付けた。

2) 最適ピーク対応電源の選択に関する自然・社会環境への影響からの評価

水力発電所増設、揚水発電所、火力発電所 (LNG CC とガスタービン) の 4 つの電源に対し、環境社会面 (自然・社会環境への影響) の 10 項目で一般的・定性的評価を実施した。結果は、水力発電所増設がもっとも負の影響が小さく、他の 3 つの電源については環境社会面での差はほとんどないと考えられる。

3) 電源開発地点の選択に関する自然・社会環境への影響からの評価

最適ピーク対応電源としては、揚水発電所が選択された。その開発地点の選択評価の精度を高めるために、まず 11 か所の開発候補地点から有力候補 3 地点を選定 (第一選定) し、その後さらに最有力地を選定 (第二選定) した。電源開発地点の選定については、環境社会配慮の面からだけでなく、技術的・経済的な基準からも比較検討を実施した。

自然・社会環境への影響からの評価の結果は以下のとおり。

1) 第一選定

11 か所について調査を実施したが、技術的に開発が難しい地点、上池または下池が Sanctuary（保護区）内にある地点を除いた 6 か所についての結果をまとめた。

自然環境面では各地点で影響が懸念される（特に絶滅危惧種³）が、その内容に差はない。留意すべき点は、すべての地点が、野生生物保護局・森林局・中央環境庁が管理する保護区（国立公園等）、生物圏保護区、世界自然遺産、IBAs など生物多様性保全で重要と考えられている地域との重複はないこと、ラムサール登録湿地への影響は想定されないことである。社会環境面でも影響が懸念されるが、特に Maha 1（住民移転数が多い）と Loggal（寺院の移転が必要）の評価が他の地点に比べると低かった。

2) 第二選定

第一選定で残った 3 地点に新たに Maha 3 を検討地点として追加し、4 か所について調査を実施した。追加した Maha 3 も保護区等の生物多様性保全で重要と考えられている地域との重複はない。

自然環境については、どの地点でも絶滅危惧種が記録され、その影響が懸念される。社会環境については、Loggal と Maha 2 で住民からの反対があり社会調査が実施できなかったため、両地点で「未評価」の項目があり、未評価以外の項目でも調査内容の精度が劣る。全調査を実施した Halgran と Maha 3 では、影響はあるがその違いに大きな差がない。

送電線については 4 地点からの送電線ルートを検討・調査した。自然環境面では生物多様性保全で重要と考えられている地域との重複はない（保護区、IBAs など）こと、鳥類の渡りのルート上にはないこと、また社会環境面でも人口稠密地は避けられること、大きな社会インフラ等はないことから「負の影響はない、または限定的」と考えられる。

(5) ステークホルダー協議

本調査では、その節目で 3 回のステークホルダー協議を実施し、ステークホルダーの確認を得ながら調査を実施した。

1) 第 1 回ステークホルダー会議（2013 年 6 月 27 日於 Hilton Hotel）

- ピーク需要対応電源オプションの中で、揚水発電所開発の妥当性確認
- 揚水発電所開発候補地・立地検討段階の SEA（その 1）とそのスコーピング案の確認

参加者は JICA 調査団を除いて 66 人（8 省庁、4 NGO）。ピーク需要対応型電源として揚水発電が選ばれたこと、その選定プロセス、評価方法について承認された。次に、揚水発電候補地点およびその選定方法、スコーピング案について議論し、次のステップとして揚水候補地点選定調査に進むことが承認された。スコーピング案に関し、森林局や IUCN からコメン

³ 「The National Red List 2012 of Sri Lanka – Conservation Status of the Fauna and Flora (Ministry of Environment, Sri Lanka, 2012)」を参照

トがあった他、反対意見は特になかった。なお、事前に関係 Divisional Secretariat を訪問し、内容の説明を実施した。(詳細は 7.2.3 参照のこと)

2) 第 2 回ステークホルダー会議 (2013 年 11 月 22 日於 Galadari Hotel)

- 揚水発電所の 11 候補地点から 3 有望地点の絞り込み過程の確認
- 揚水発電所の 3 有望地点から最有力候補視点を絞り込む方法の確認

参加者は JICA 調査団を除いて 66 人 (9 省庁(2 地方行政含む)、4 NGO、1 紅茶会社)。揚水発電候補地点 11 地点から 3 地点へ絞り込みを行うその選定プロセス、評価方法、3 地点の選定結果について承認された。森林局、社会関係 NGO、IUCN などから環境調査方法に対する再確認のコメントがあり、JICA 調査団として適切に対応していることを回答した。その他、反対意見は特になかった。なお、事前に有望地点の村、郡関係者を訪問し、内容の説明を実施し、現地での住民代表者を含めた説明会開催の要望があったが、次の調査段階にて現地で SHM を開催することを説明した。(詳細は 7.3.3 参照のこと)

3) 第 3 回ステークホルダー会議 (2014 年 5 月 27 日於 Galadari Hotel)

- 揚水発電所の 3 有望地点から最有力候補地点の絞り込み過程の確認
- 揚水発電所最有力候補地点の概要の確認

参加者は JICA 調査団を除いて 77 人 (10 省庁(3 地方行政含む)、7 NGO、1 紅茶会社、1 民間水力発電会社)。揚水発電候補地点 3 地点から最有力候補 1 地点への絞り込みを行うその選定プロセス、評価方法について説明し、最終的に最有力候補地点 Maha3 決定について承認された。各地点の環境上の特徴について再確認を求めるコメントが参加者からあり、現場写真を見せて再度説明を行った。引き続き Maha 3 地点の概要について説明を行い、確認された。(詳細は 7.4.3 参照のこと)

(6) セミナー・研修

1) セミナー

第 1 次現地調査時に「Characteristic Features required to Peak Load Power Stations & Basic Technologies of Pumped Storage Power Station」をテーマとして、政府機関職員を対象にセミナーを以下のとおり実施した。

日時： 2013 年 4 月 9 日、15:00～18:30
場所： Galadari Hotel
参加者： 45 名 (MOPE、CEA、ERD、SEA、MASL、CEB)

セミナーの中では、主に、スリランカにおけるピーク負荷の現況、揚水発電技術、今回取り入れる戦略的環境影響評価の手法について説明し、参加者からは、スリランカにおける揚水発電の必要性、既設発電所活用の可能性、再生可能エネルギー開発量拡大への揚水発電の貢献度についての議論が活発に行われた。

2) C/P 研修

2013年8月26日～9月5日の16日間、日本国内でのカウンターパート研修を実施した。参加者は、AGM (Region1) を筆頭に、CEB の開発計画部門、既設水力発電所から選ばれた10人であった。研修では、揚水発電に係る性格、設計、O&M、および、特に研修生から希望のあった直流送電技術について講義を行った。現場視察として、揚水発電所地点2か所、既設水力発電所を増設した発電所、日本の高い環境技術を適用した石炭火力発電所2か所、および重電メーカー工場の視察を行った。その結果、スリランカ国におけるピーク需要対応電源としての揚水発電の優位性について、研修生は理解することができた。

12.2 提言

現行の LTGEP(2013-2032)に沿って負荷追従性の面で劣る石炭火力を中心に電源開発を進めると、電力供給システムに以下の問題が発生する。

- ピーク需要時のパワーカット等安定的な電力供給に支障が出る
- パワーカットを避けるために、高価な石油系のガスタービンやディーゼル発電の運転が必要となる。

こうした状況を回避するためには、適正な価格のピーク需要対応専用の電源の確保のため、本報告書では、ピーク需要対応型の最適電源として揚水発電を選択した(8章参照)。このため、揚水発電プロジェクトの実施計画および次段階の調査実施に向けた対応として、次項の通り提言する。

なお、一般水力は、ピーク対応電源のオプションの一つであるが、一般水力の特性として、豊水・渇水の影響を受けること、また、ミドル対応電源としての運用が可能であるので、ミドル需要からピーク需要に移行時には、出力の余力でしかピーク対応電源として運用できないこと、が挙げられる。また、LNG や天然ガス火力の導入も検討されているが、これらは将来のミドル需要対応電源として有力な電源オプションであることから、LNG ないし天然ガスの開発方針を早急に決定する必要がある。こうした検討を推し進めるうえで、電源のベストミックスを念頭に、国として電源の開発指針を取りまとめる必要がある。

12.2.1 プロジェクト実施計画

スリランカの電力事情は逼迫した状況が続き、特にピーク需要対応電源として最適な揚水発電の新設が2025年頃に不可欠となることから、本調査において、最有力候補地点として Maha 3 揚水発電計画を選定した。Maha 3 揚水発電計画を実現するために、プロジェクト実施計画を以下のように提言する。Figure 12.2.1-1 に概略スケジュールを示す。

- | | |
|-----------------|--|
| 1) フィージビリティ調査 : | 2015 年第 3 四半期～2017 年第 2 四半期 (2 年) |
| 2) 環境アセスメント : | 2016 年第 2 四半期～2017 年第 2 四半期 (1 年 3 か月) |
| 3) 環境クリアランス : | 2017 年第 3 四半期～2017 年第 4 四半期 (6 か月) |
| 4) 円借アレンジメント : | 2018 年第 1 四半期～2018 年第 2 四半期 (6 か月) |

- 5) D/D・S/V コンサルタント調達：2018年第3四半期～2018年第4四半期（6か月）
 6) 詳細設計：2019年第1四半期～2020年第4四半期（2年）
 7) 建設：2021年第1四半期～2025年第4四半期（5年）
 8) 運転開始：2025年第3四半期～2025年第4四半期

1) フィージビリティ調査では、2) 環境アセスメント開始までに仮設備レイアウト等の工事計画を検討し、環境アセスメント内容に反映させる必要があること、また地形・地質調査を実施して、後半の基本設計に反映させることが必要であり、全体で2年の工期を見込んでいる。また、CEBからの要望により、3) 環境クリアランスの期間へのサポートとして当該期間を付加している。

6) 詳細設計は、前半で詳細設計を行い後半に契約図書準備、土木工事の発注を実施することとして、全体で2年の期間を見込んでいる。

	2015				2016				2017				2018				2019				2020				2021	2022	2023	2024	2025
	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4					
Feasibility Study																													
EIA																													
Environmental Clearance																													
Loan Arrangement																													
Procurement of Consultant																													
Detailed Design																													
Construction																													
Commissioning																													

Figure 12.2.1-1 Draft Overall Implementation Schedule of Development of PSPP in Sri Lanka

12.2.2 次段階の調査実施に向けた提言

(1) 地形・地質調査

1) 地形調査

本調査では、上池・下池地点に限定して、1:5,000 地形図 (5m コンター)、1:1,000 地形図 (1m コンター) を作成した。(10.2.2 および 12.1.3 参照)

次段階以降の調査では、材料候補地点の調査、仮設ヤード、仮設道路等の設計が必要となるため、これらの地点を包含した形での、水路部も含む 1:1,000～1:5,000 精度での地形図を作成する必要がある。

2) 地質調査

左岸は、一定深度までは断層崖よりの崩落土塊からなる崖錐堆積物が一様に分布すること

は元来より判明している。しかし現時点では、ボーリング本数が限られている（上池ダム 3 孔、下池ダム 3 孔）。現ダム軸左岸部は、風化層が深く、移動岩塊が想定されることから必ずしも最適な地点ではない。可能であれば、より上池左岸の地質構造を把握するため、左岸上下流に最低 2 孔（以上）のボーリング調査を行い、崖錐堆積層の分布、想定される断層（破碎帯）の有無、地下水位の分布形状を含めて、広くダム基礎岩盤の分布を確認することが望ましい。

調査範囲は今後詰める必要があるものの、現ダム軸の上流 250m、下流 300m 地点に各々左岸斜面が比較的高傾斜面で張り出し、比較的表層崖錐堆積物が薄いと期待できる地点があることから（ただし空中写真等から上流側 250m 地点は右岸尾根が緩い山体形状となるためやや劣る）、この範囲が調査対象になり得ると見受けられる。

また、次段階以降の調査では水路部、取水口・放水口地点でのボーリング調査および弾性波探査、地下発電所候補地点でのボーリング調査、材料候補地点の調査・選定も検討していく必要がある。

(2) 環境社会配慮調査

1) EIA の手順について

EIA の手続きは、1988 年に改訂された国家環境法 No.56 に従う。まず、初期概要情報（Preliminary Information: PI）を中央環境庁に提出し、EIA が必要な場合は、事業計画承認機関（Project Approving Agency: PAA）が関係機関を招聘してスコーピング委員会を開催し、スコーピングが実施される。スコーピング委員会では事業者による事業内容のプレゼンテーションが行われる。これに基づいて EIA の技術仕様書（Terms of Reference: TOR）が作成され、事業実施者に交付される。本案件は上記法令のスクリーニング基準から EIA を実施する必要がある。

揚水発電所開発はスリランカでは初めてのことなので、本案件では事業内容がある程度決まった段階で、CEB（事業実施者）を JICA 調査団が支援する形でスコーピング委員会でのプレゼンテーションを行うことが望ましい。PAA から交付される EIA の TOR は一般的な内容であるので、JICA の意見を反映させたい場合は PAA（本案件の場合は中央環境庁である可能性が高い）と協議をして、内容を加筆修正することが可能である。また、法的には PI を CEA に提出して 30 日で TOR が交付されることになっているが、実際は 2~3 ヶ月を要す。以上から、F/S の調査開始から EIA 調査開始まで、6~9 ヶ月が必要と想定される。

事業対象地としては、ダム、貯水池、発電所、土捨場、採石場、変電所、アクセス道路、送電線を含める。

スリランカでは通常 EIA 段階で事業代替案を検討する。しかし、本案件はすでに代替案の検討を行っているので、その結果を EIA 報告書に簡単に記述・報告すれば、F/S 時に再び代替案の検討を行う必要はない。

PI 案、スコーピング案、EIA 調査の TOR 案を Appendix 12.2、Appendix12.3、および Appendix12.4 としてそれぞれ添付した。

2) 自然環境

本案件による保護区等への直接の影響はなく、事業対象地の面積が大型ダム・貯水池プロジェクトに比べて小さいため、自然環境への影響も比較的小さい。また、下流にラムサール登録湿地はないなど、下流域の自然環境への影響も少ない。

しかし、本案件対象地で確認されている動植物の絶滅危惧種⁴への影響は、その大きさはまだ不明であるが、避けられない。アジア開発銀行⁵によれば、開発予定地が当該絶滅危惧種にとって「Critical habitat（非常に重要な生息地）」であるかどうか重要な基準となるが、現在確認されている絶滅危惧種にとって本案件対象地がどのような生息地であるのかは確認できていない。また、本調査期間の短さからすべての絶滅危惧種を確認できていない可能性がある。

そこで F/S 時には、a) 少なくとも 1 年間の現地調査期間を設定し、絶滅危惧種の再確認とその生息状況を調査する、b) それに基づいて、絶滅危惧種への影響を含めた自然環境への影響について、回避案、緩和案、代償案を提案する。

さらに、これらの案を検討するにあたり、調査団以外のスリランカ専門家に積極的に参加・提案をしてもらうことが本案件実現以降の自然環境保全の持続性を高めることになる。

3) 社会環境

本案件では社会環境の最も大きな影響は住民移転によって生じるため、その影響をできるだけ緩和するために、スリランカ・国家住民移転政策に従い住民移転計画を作成する。ただし、同政策と JICA ガイドライン（2010）には乖離があるので、その部分を補填する形で住民移転計画を策定する。具体的には特に以下の点に留意する－ (a) 補償額が JICA ガイドラインの基準では再取得価格となっているかどうかの確認、(b) 土地の権利をもっていないプロジェクト影響者への補償をどうするか、そのメカニズムの確認、(c) 生計喪失者がいる場合は、住民移転計画にその対象者を含める、(d) 苦情処理システムの構築についての確認。その上で、メカニズムが機能しない場合などは、どのように担保していくのかを決めていく必要がある。

適切な住民移転計画を策定するために、より詳細な社会環境調査を本案件対象地で実施する。また、スリランカ国内の他案件での住民移転計画についても調査を行い、スリランカの現状により応じた住民移転計画を作成する。

4) SHM について

スリランカでは EIA 報告書が完成してから一般からコメントを募集するだけで、現地での SHM 開催は要求されていず、特にプロジェクト開始前には被影響住民からの要望等について聴取の機会がない。そこで、本案件は JICA ガイドラインに従い、スコーピング案作成時と報告書案作成時において事業対象地で SHM を開催し、被影響住民、地元行政機関、NGO からの意見を事業計画に反映させる。特に、住民の不安（例えば「ダム下流で水がなくなるの

⁴ 「The National Red List 2012 of Sri Lanka – Conservation Status of the Fauna and Flora (Ministry of Environment, Sri Lanka, 2012)」を参照。

⁵ Safeguard Policy Statement (Asian Development Bank, 2009)

ではないか」)を解消するために現地 SHM で十分な説明をする必要がある。

(3) 土木設備

本検討で算定した土木工事費は、第9章(9.4.4)に示したとおり、水力開発ガイドラインマニュアル(JICA, 2011)の手法に基づき算定した。よって、次段階では、土木工事費の精査が必要である。

特に、ダム工事費の土木工事費に占める割合は高い。よって、ダムの形式については、重力式コンクリートとロックフィルタイプの工事費を比較し、経済的に有利なロックフィルダムを選定した。検討に用いたコンクリート単価はスリランカ国における類似プロジェクトのコンクリート単価を、ロックフィルについては、スリランカ国内においては適当な例がなく、インド国における単価を、それぞれ用いた。次段階の検討においては、フィルダム材料のサイト近傍の賦存量、コンクリート単価、フィル材料単価の精査を行い、適切なダムタイプ選定を行う必要がある。

また、ポンプ水車設置標高は、同マニュアルによりポンプ水車の吸出し高さを設定して決定している。同マニュアルによる吸出し高さは、一定の余裕を確保したものであるが、ポンプ水車の設定標高は水路レイアウトに与える影響が大きいこと、発電所アクセストンネルの延長に与える影響も大きく、この精査も必要である。

(4) 電気設備

CEBで策定された開発計画によれば、出力を頻繁に変えることができず一般にベース電源として利用される大型石炭火力発電の比率は、2025年時点で全設備出力の約60%になる。現在、夜間の電力は昼間のピーク電力の約46%であり、スリランカの経済成長とともにその差は拡大することが予想され、上記のベース電源比率の向上と相まって将来的に周波数の安定運用に支障が出る可能性が懸念される。

12.1.6に示したように、可変速揚水発電システムは、電力品質の維持向上に多くのメリットを有しており、周波数調整や電圧調整等、電力ネットワークシステムのリスクを軽減し、安定化に大きく貢献することができる。

価格的には従来型の揚水発電システムに比較して高いシステムであるが、将来的に継続して系統の安定運用を図ることが可能となることから、次期のFS調査において可変速揚水発電システムを検討することも推奨される。

(5) 送電線設備

Maha地点からの接続送電線は、Kotmale~Kirindiwela T/Lへの2回線 π 接続方式が、最も有効な案として選定される。次段階の調査ではi)~iii)の点を考慮すべきである。

i) 接続送電線ルート

本調査では、詳細な送電線ルートの検討は実施していない。Maha 地点から近傍送電線（Kotmale～Kirindiwela T/L）に至る接続送電線の経過候補地近傍では、地形上特に困難となるような箇所や環境保護地域などは見受けられない。しかし、次段階の調査では、より詳細な経過地状況（地形、地目、建築物など）を考慮の上、実施可能な接続送電線のルート選定を行う必要がある。

ii) 既設送電線との接続点

本調査では、近傍送電線（Kotmale～Kirindiwela T/L）側の具体的な接続点については、検討を実施していない。次段階の調査では、既設送電線鉄塔の設計条件（耐張鉄塔の位置、鉄塔の適用水平角、及び設計耐荷重条件など）を考慮し、既存の設計条件の許容範囲内で実施可能であるか、あるいは既設送電線鉄塔に補強などの対応が必要かどうかなどを検討し、具体的な接続点と接続方法についての計画を立案する必要がある。

iii) 工事

既設送電線への接続にあたっては、既設送電線の線路停止が必要となる。次段階の調査では、接続工事に要する線路停止日数、既設送電線の線路停止可能日数などについて検討し、工事計画を立案する必要がある。

(6) 施工計画

本調査では、仮設備計画の検討は詳細に実施していない。このため、次段階の調査においては、建設工事の施工計画を検討した上で、必要な仮設備についてレイアウト、規模の検討を行う必要がある。また、これらの検討は、次段階の調査の初期に行い、環境現況調査に反映させる。次段階の調査で行う検討項目として、以下の仮設備計画が挙げられる。

- 1) 各工事サイトにおける工事用地（資機材置き場を含む）
- 2) 原石山
- 3) コンクリートプラント用地
- 4) アクセス道路
- 5) 鉄管組立工場用地
- 6) 土捨て場用地
- 7) 発注者・請負者の仮建物用地

(7) 開発規模

本調査において、揚水発電計画は発電出力 600MW、等価ピーク継続時間 6 時間として検討した。発電出力については、スリランカ国における第一号揚水発電所の投入時期のピーク需要と設備供給力を勘案して決定した。一方、等価ピーク継続時間については、2025 年時点でのピーク需要の継続時間は約 3 時間程度であるが、将来の需要パターンの変化等にも柔軟に対応

出来るように、一般に揚水発電計画では等価ピーク継続時間は6～8時間程度とされることが多いことを勘案して決定したものである。

Figure 12.2.2-1 には、Maha 3 計画 200MW×3 台案における等価ピーク継続時間と建設工事費、EIRR(%)の関係を示した。ピーク継続時間が長くなると、上池・下池の貯水容量が大きくなるため、ダムが高くなり建設工事費は増加するが、発電時間の伸びにより便益も大きくなることから高い EIRR も得られることがわかる。しかし、等価ピーク継続時間を長くとした計画としても、それが需給面で必要とされなければ過大となる。また、将来長い運転時間が必要となった時には、ピーク需要も増大し第二号以降のピーク発電所が必要となっている場合もある。

次段階の検討においては、最適開発規模（発電規模および等価ピーク継続時間）についてより詳細に検討する必要がある。

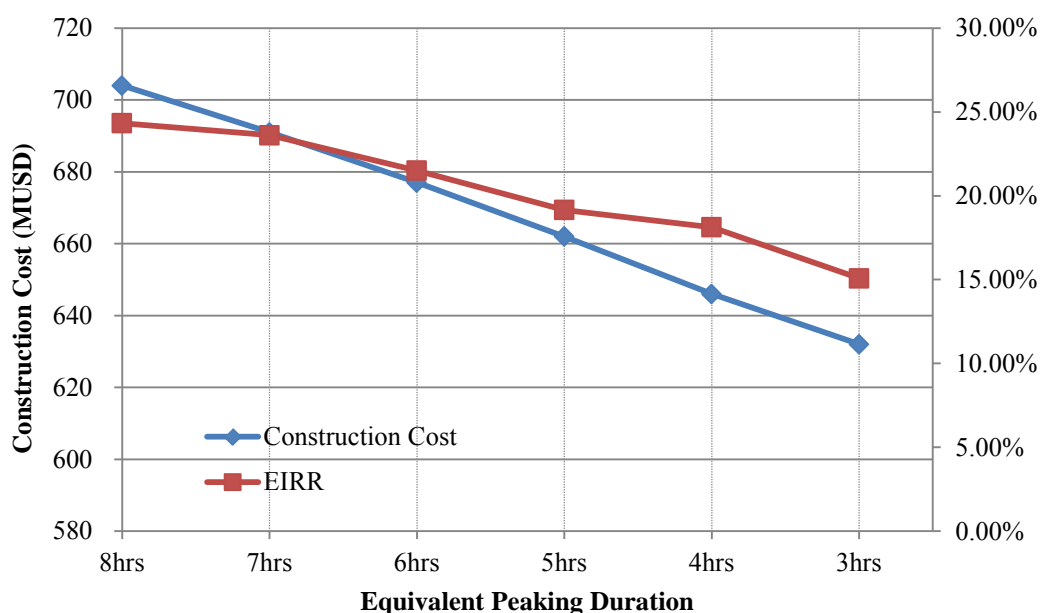


Figure 12.2.2-1 等価ピーク計測時間と建設費および EIRR の関係