

(9) 結論

- ・ Halgran 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。
- ・ 新設される Kotmale-New Polpitiya 間の送電線に 4 回線で Halgran3 揚水発電所に引き込む場合、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、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。

10.3.6 概算工事費

Table 10.3.6-1 に Halgran3 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 150MW×4 台案は適用範囲外であるため、200MW×3 台案の工事費のみを算定している。

Table 10.3.6-1 Halgran 3地点の概算工事費

	Item/Project	Halgran 3		Remarks
		200 MW (US\$)	150 MW (US\$)	
1.	Preparation and Land Acquisition	5,038,292		
2.	Environmental Mitigation Cost	7,557,438		3. Civil Works * 3%
3.	Civil Works	251,914,592		
4.	Hydromechanical Works	66,815,693		
5.	Electro-Mechanical Equipment	186,800,000		
6.	Transmission Line	31,900,000		
	Direct Cost	550,026,015		
7.	Administration and Engineering Service	82,503,902		Direct Cost * 15%
8.	Contingency	55,002,602		Direct Cost * 10%
9.	Interest during Construction	36,989,250		$\Sigma(1,2,\dots,8)*0.4*i*T$
	Total Cost	724,521,769		
	Power Output	600,000		
	USD per kW	1,208		
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 10.3.6-2 に示すとおりである。

Table 10.3.6-2 Halgran 3地点主な土木構造物諸元

Halgran 3	200MW
Upper Dam	
Type	Rockfill
Height * CrestLength	70m * 210m
Volume	1,153,000m ³
Lower Dam	
Type	Rockfill
Height * CrestLength	75m * 280m
Volume	1,755,000m ³
Headrace Tunnel	
Dia.*Length*lines	4.9m * 1,350m * 1line
Penstock Tunnel	
Dia.*Length*lines	3.8m * 1,212m * 1line
Tailrace Tunnel	
Dia.*Length*lines	5.4m * 2,200m * 1line

(出典：調査団作成)

10.3.7 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ユーカリ植林地が 4.3 ha、河畔林が 5.6 ha、合計で 9.9 ha。水没する総面積は 15.6 ha で、森林の水没地に占める比率は 63.5% である (Table 10.3.8-2、Figure 10.3.8-1 を参照)。



(出典：調査団作成)

Figure 10.3.7-1 Forests at Halgran 3 Upper

2) 絶滅危惧種 (植物)

Halgran 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 10.3.7-1 に示す。

Table 10.3.7-1 Threatened Floral Species at Halgran 3 Upper

Family	Species	NCS	GCS
Anacardiaceae	Semecarpus nigro-viridis* Thw.	LC	VU
Araceae	Arisaema leschenaultii Blume	VU	
Cactaceae	Rhipsalis baccifera (J.S.Mueller) Stearn	VU	
Celastraceae	Salacia reticulata Wight	EN	
Centroceaeae	Bhesa ceylanica* (Arn. ex Thw.) Ding Hou	LC	VU
	Bhesa nitidissima* Kosterm.	LC	CR
Elaeocarpaceae	Elaeocarpus glandulifer* (Hook.) Masters	VU	VU
	Elaeocarpus montanus* Thw.	EN	
	Elaeocarpus subvillosus Arn.	NT	
Euphorbiaceae	Agrostistachys coriacea* Alston	LC	VU
Fabaceae	Albizia chinensis (Osbeck) Merr.	VU	
Lauraceae	Actinodaphne speciosa* Nees.	EN	
	Actinodaphne stenophylla* Thw.	VU	
	Cinnamomum dubium* Nees	VU	
	Cinnamomum zeylanicum* Blume	VU	
	Cryptocarya membranacea* Thw.	VU	EN
	Litsea glaberrima* (Thw.)Trimen	NT	EN
	Litsea longifolia* (Nees) Trimen	LC	VU
	Litsea ovalifolia* (Wight) Trimen	NT	
Loganiaceae	Strychnos benthamii* C.B.Clarke	NT	
Marattiaceae	Marattia fraxinea Smith	EN	
Melastomataceae	Memecylon macrophyllum* Thw.	EN	
	Memecylon sylvaticum* Thw.	NT	
	Memecylon urceolatum* Cogn.	EN	
	Osbeckia Parvifolia Arn.	EN	
Meliaceae	Aphanamixis polystachya (Wall.) R.Parker	VU	LC
Monimiaceae	Hortonia floribunda* Wight ex Arn.	EN	
Myrtaceae	Syzygium alubo* Kosterm.	NT	
	Syzygium cordifolium* (wight) Walp.	VU	
	Syzygium umbrosum* Thw.	LC	EN
Olacaceae	Strombosia ceylanica Gardner	VU	
	Strombosia nana* Kosterm.	VU	
Phyllanthaceae	Glochidion acutifolium* Alston	NT	
Piperaceae	Piper zeylanicum* Miq.	LC	
Poaceae	Ochlandra stridula* Moon ex Thw.	LC	
Psilotaceae	Psilotum nudum (L.) P. Beauv.	VU	
Rubiaceae	Psychotria gardneri* (Thw.) Hook. f.	NT	EN
Rubiaceae	Psychotria sohmeri Kiehn	VU	

Family	Species	NCS	GCS
	Wendlandia bicuspidata* Wight & Arn.	LC	
Sapotaceae	Palaquium hinmolpedda* van Royen	VU	
Sapotaceae	Palaquium thwaitesii* Trimen	VU	VU
Theaceae	Gordonia ceylanica* Wight	EN	

NCS – National Conservation Status; GCS – Global Conservation Status; CR: Critically Endangered; EN: Endangered; VU: Vulnerable; NT: Near Threatened; LC: Least Concern; and, [blank]: Not assessed or no threat (from The National Red List 2012 of Sri Lanka – Conservation Status of the Fauna and Flora (Ministry of Environment, Sri Lanka, 2012)). *Endemic.

(出典：調査団作成)

3) 絶滅危惧種（動物）

Halgran 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 10.3.7-2 に示す。

Table 10.3.7-2 Threatened Faunal Species at Halgran 3 Upper

Group	Family	Species	English Name	NCS	GCS	
MOLLUSCS	Euconulidae	Eurychlamys regulata *		EN		
	Ariophantidae	Cryptozonia chenui *		VU		
		Euplecta isabellina *		VU		
		Euplecta partita*		NT		
		Macrochlamys nepas*		CR		
		Camaenidae	Beddomea trifasciatus*		VU	
		Cyclophoridae	Aulopoma grande*		VU	
	Pupinidae	Tortulosa nevilli*		EN		
DRAGONFLIES	Euphaeidae	Euphaea splendens*	Shining Gossamerwing	NT		
BUTTERFLIES	Papilionidae	Troides darsius*	Common birdwing / Ceylon birdwing	LC		
		Papilio helenus	Red helen	VU		
	Nymphalidae	Parantica taprobana*	Ceylon tiger	EN	NT	
FRESHWATER CRABS	Gecarcinucidae	Perbrinckia scansor*		EN		
FRESHWATER FISH	Cyprinidae	Garra ceylonensis*	Stone sucker	VU	EN	
	Balitoridae	Schistura notostigma*	Banded mountain loach	NT		
AMPHIBIANS	Dicroglossidae	Fejervarya greenii*	Sri Lanka paddy field frog	EN	EN	
	Ranidae	Hylarana temporalis*	Common wood frog	NT		
	Rhacophoridae	Polypedates cruciger*	Common hour-glass tree frog	LC		
		Taruga eques*	Mountain tree frog	EN	EN	
REPTILES	Agamidae	Ceratophora stoddartii*	Rhinohorn lizard	EN		
	Scincidae	Lankascincus taprobanensis*	Smooth Lanka skink	EN	NT	
	Colubridae	Aspidura trachyprocta*	Common roughside	EN	LC	
BIRDS	Ramphastidae	Megalaima flavifrons*	Sri Lanka Yellow-fronted Barbet	LC	LC	
	Bucerotidae	Ocyeros gingalensis*	Sri Lanka Grey Hornbill	LC	LC	

Group	Family	Species	English Name	NCS	GCS
	Cuculidae	Cuculus varius	Common Hawk Cuckoo	EN	LC
	Psittacidae	Loriculus beryllinus*	Sri Lanka Hanging Parakeet	LC	LC
	Apodidae	Collocalia unicolor	Indian Swiftlet	LC	LC
	Muscicapidae	Eumyias sordidus *	Sri Lanka Dull Blue Flycatcher	VU	NT
		Culicicapa ceylonensis	Grey-headed Canary Flycatcher	LC	LC
	Sturnidae	Gracula ptilogenys*	Sri Lanka Myna	VU	NT
	Pycnonotidae	Pycnonotus penicillatus*	Sri Lanka Yellow-eared Bulbul	VU	NT
		Hypsipetes leucocephalus	Black Bulbul	LC	LC
	Zosteropidae	Zosterops ceylonensis*	Sri Lanka White-eye	NT	LC
		Pellorneum fuscicapillus *	Sri Lanka Brown-capped Babbler	LC	LC
		Pomatorhinus melanurus *	Sri Lanka Scimitar 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

Halgran 上ダム/貯水池の主な生態系と特徴を Table 10.3.7-3 にまとめた。

Table 10.3.7-3 Ecosystems of Halgran 3 Upper

生態系	特徴
水没地	
茶畑	左岸の大半が茶畑で覆われている。ところどころに日陰を作る高木が見られる（高いものは30mほど）。また、茶が植えられていない場所に高さ50cmくらいの低木が少し生えている。水没地の35.9%。
ユーカリ植林地	右岸の大半はユーカリ（ <i>Eucalyptus grandis</i> ）植林地である。高い木は30mに達する。林床には低木、草本がわずかにある。水没地の27.6%。
ホームガーデン	茶畑の労働者の家の周辺で貧弱なホームガーデンが散見された（土地利用図には表せない程度の面積）。
河畔林	沢沿いに数 m から 10m の幅で発達している林で、キャノピー層は20m-30mで、中間層（15m）、低木と3層の構造を持っている。水没地の35.9%。
バッファゾーン	
茶畑、ユーカリ植林地、河畔林の他、荒廃地、低木林がある。	
淡水生態系	
谷底を幅数 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2次林が1.1 ha、ホームガーデンが0.3 ha、合計で1.4 ha。水没する総面積は14.6 haで、森林の水没地に占める比率は9.6%である (Table 10.3.8-4、Figure 10.3.8-2 を参照)。



(出典：調査団作成)

Figure 10.3.7-2 Forests at Halgran 3 Lower

2) 絶滅危惧種 (植物)

Halgran 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 10.3.7-4 に示す。

Table 10.3.7-4 Threatened Floral Species at Halgran 3 Lower

Family	Species	LCS	GCS
Anacardiaceae	Semecarpus nigro-viridis* Thw.	LC	VU
	Spondias pinnata (L.f.) Kurz	VU	
Basellaceae	Basella alba L.	EN	
Calophyllaceae	Calophyllum moonii* Wight	VU	
Cycadaceae	Cycasna thorstii J.Schust.	VU	VU
Dioscoreaceae	Dioscorea spicata Roth	VU	
Lythraceae	Woodfordia fruticosa (L.) Kurz	VU	LC
Menispermaceae	Stephania japonica (Thumb.) Miers	VU	
Moraceae	Broussonetia zeylanica* (Thw.) Corner	VU	
	Plecosperrum spinosumTrecul	VU	
Orchidaceae	Acampeochracea (Lindley) Hochr.	VU	
Pandanaceae	Pandanus ceylanicus* Solms	VU	
Phyllanthaceae	Margaritaria indicus (Dalz.) Airy Shaw	VU	
	Phyllanthus emblica L.	VU	
	Phyllanthus myrtifolius* (Wight) Muell. Arg.	VU	

Family	Species	LCS	GCS
Rubiaceae	Wendlandia bicuspidata* Wight & Arn.	LC	
Rutaceae	Chloroxylon swietenia DC.	VU	
Sapindaceae	Lepisanthes erecta(Thw.) Leenh.	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）

Halgran 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 10.3.7-5 に示す。

Table 10.3.7-5 Threatened Faunal Species at Halgran 3 Lower

Group	Family	Species	English Name	NCS	GCS
BEES	Apidae	Apis cerana		VU	
	Megachilidae	Megachile lanata		VU	
MOLLUSCS	Euconulidae	Eurychlamys regulata *		EN	
	Ariophantidae	Cryptozona chenui *		VU	
		Euplecta partita*		NT	
		Macrochlamys neapas*		CR	
	Cyclophoridae	Aulopoma grande*		VU	
	Pupinidae	Tortulosa nevilli*		EN	
DRAGONFLIES	Calopterygidae	Vestalis apicalis*	Black-tipped flashwing	VU	LC
	Euphaeidae	Euphaea splendens*	Shining Gossamerwing	NT	
BUTTERFLIES	Papilionidae	Papilio helenus	Red helen	VU	
	Pieridae	Appias galene*	Lesser albatross	LC	
	Nymphalidae	Euploea klugii	Brown king crow	LC	
		Cirrochroa thais	Tamil yeoman / Yeoman	LC	
		Mycalesis subdita	Tamil bush brown	LC	
FRESHWATER CRABS	Gecarcinucidae	Ceylonthelphusa rugosa*	NT	LC	
FRESHWATER FISH	Cyprinidae	Garra ceylonensis*	Stone sucker	VU	EN
		Dawkinsia singhala*	Filamented Barb	LC	LC
AMPHIBIANS	Dicroglossidae	Fejervarya greenii*	Sri Lanka paddy field frog	EN	EN
	Ranidae	Hylarana temporalis*	Common wood frog	NT	
REPTILES	Scincidae	Lankascincus taprobanensis*	Smooth Lanka skink	EN	NT
	Colubridae	Aspidura trachyprocta*	Common roughside	EN	LC
	Natricidae	Xenochrophis piscator*	Checkered Keelback	LC	
BIRDS	Phasianidae	Gallus lafayetii*	Sri Lanka Junglefowl	LC	LC
	Ramphastidae	Megalaima flavifrons*	Sri Lanka Yellow-fronted Barbet	LC	LC
	Bucerotidae	Ocyrceros gingalensis*	Sri Lanka Grey Hornbill	LC	LC
	Cuculidae	Cuculus varius	Common Hawk Cuckoo	EN	LC
	Psittacidae	Loriculus beryllinus*	Sri Lanka Hanging Parakeet	LC	LC

Group	Family	Species	English Name	NCS	GCS
	Columbidae	Columba torringtoniae*	Sri Lanka Wood Pigeon	VU	VU
	Ciconiidae	Ciconia episcopus	Woolly-necked Stork	NT	LC
	Sittidae	Sitta frontalis	Velvet-fronted Nuthatch	LC	LC
	Pycnonotidae	Iole indica	Yellow-browed Bulbul	LC	LC
		Hypsipetes leucocephalus	Black Bulbul	LC	LC
		Pellorneum fuscicapillus*	Sri Lanka Brown-capped Babbler	LC	LC
	Timalidae	Pomatorhinus melanurus*	Sri Lanka Scimitar 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 10.3.7-1.

(出典：調査団作成)

4) 生態系

Halgran 3 下ダム/貯水池の主な生態系と特徴を Table 10.3.7-6 にまとめた。

Table 10.3.7-6 Ecosystems of Halgran 3 Lower

生態系	特徴
水没地	
田および畑（野菜栽培）	谷底部分で比較的傾斜が緩やかな場所のほとんどが棚田・畑になっている。その周辺部分に低木が散見される。遺棄された田や焼き畑放棄地に草本が生えている場合がある。水没地の 78.9%。
ホームガーデン	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が、各戸の管理状況によって、発達の仕方に違いがある。水没地の 2%。
2 次林	焼き畑放棄地や自然林の伐採跡地に発達している林で、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。水没地の 7.5%。
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、沢沿いに 2 次林のような形でわずかに残っている。一応 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。
バッファゾーン	
田・畑、ホームガーデン、2 次林、河畔林の他にコショウ栽培地がある。	
淡水生態系	
谷底を幅数 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)

10.3.8 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、Halgran 3 上池の社会環境概要を Table 10.3.8-1 にまとめた。

Table 10.3.8-1 Social conditions at Halgran Upper

Name of site	Halgran 3 Upper dam/reservoir
Characteristics	
Location	直接的影響地域及びバッファゾーンは Harabedda North (GN) と Morabedda(GN)、Walapane DS division in Nuwara Eliya District に属する。
Demographic status of the GND	The inundated area: 居住者なし The buffer zone: Harabedda: 人口 1,421 人、355 世帯、平均家族数 : 4 人 Moarbedda 小さな森林が間接的影響をうけるのみで、居住者なし
The number of sampling social survey	The inundated area: 居住者なし The buffer zone: 4 軒、4 世帯、23 人
Residence year of the family	The inundated area: 居住者なし The buffer zone: 1980 年から 2014 年の間に外から移住してきた : 4 世帯
Ethnics and Religion	The inundated area: 居住者なし The buffer zone: 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、キリスト教
Accessibility to the proposed site	国道 B413 号線でキャンディよりヌワラエリアまでアクセス可能、ダムサイトまでは約 1.6km の紅茶園私有道路を利用。建設時には拡幅整備が必要である。
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) : 0 世帯 バッファゾーンにて間接的影響 (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 : 5 世帯
Area of land to be acquired	15.60ha
Number of those who to be affected by losing livelihood	直接的影響地域 : 茶畑の水没により茶畑労働者が生計手段を失う。 バッファゾーン居住者の主な職種は日雇い労働者であるが、プロジェクトにより生計手段を失うかどうかは、現時点では不明。
Major occupation	日雇い労働者
Impacts on public facilities	なし
Existence of poverty people	なし
Existence of indigenous people	なし
Water Utilization	直接的影響地域及びバッファゾーンでの水利用 (飲料、灌漑、水力発電) はなし。
Impacts on agriculture	人工林、茶畑
Non timber forest product Utilization	The inundated area: なし The buffer zone: 750m 先の人工林より薪収集。
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 2 軒が水没。 バッファゾーン : ヒンズー寺 1 軒(紅茶園内) あり。
Impacts on landscape	観光スポット、観光資源なし。
People's consciousness toward the proposed project	バッファゾーン内に居住する 4 世帯 4 人にインタビューし、当該案件により雇用機会が増える、インフラが整う等の期待はしている半面、薪を得る場所がなくなる、茶畑を失う、工事による地すべりの不安を持っている。現在の茶畑労働には満足しておらずよりよい仕事を求めている人もいれば、現在の職業を変えたくないと回答している者もいる。

(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 10.3.8-2 に示す。

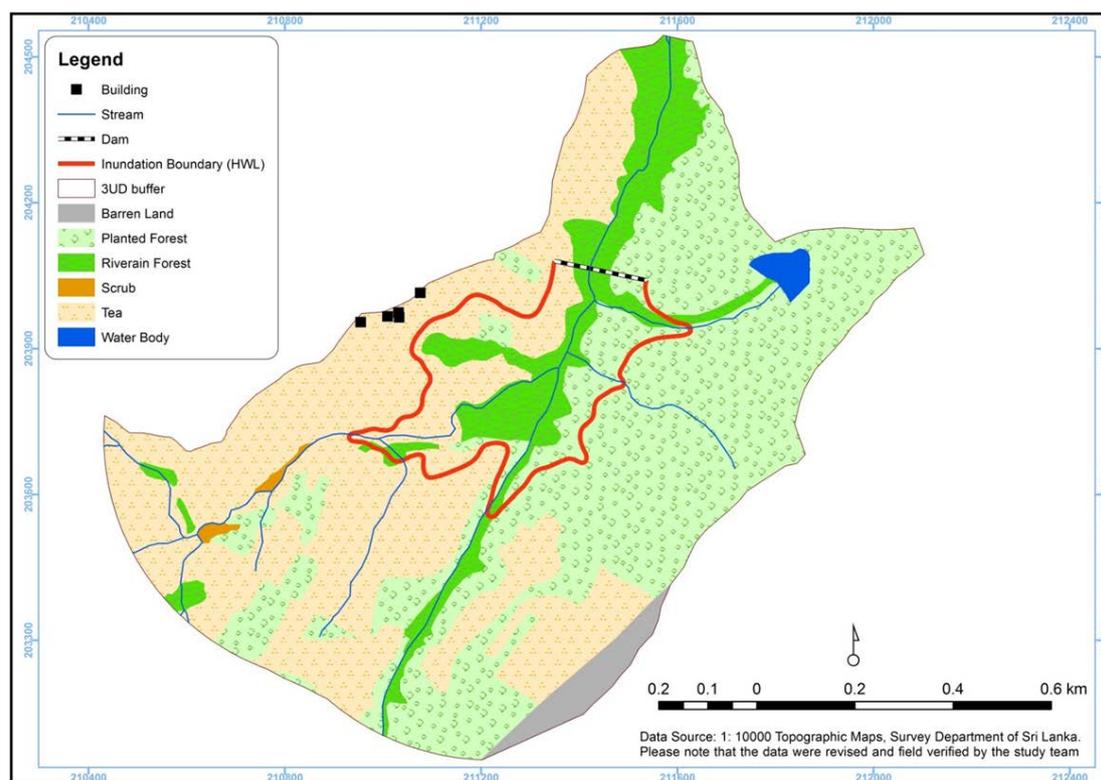
Table 10.3.8-2 Land use pattern of Halgran Upper

Land Use Type	Inundation Area (ha)	With Buffer (ha)
Planted Forest	4.33	50.80
Riverine Forest	5.65	13.31
Tea	5.62	49.56
Barren Land	0.00	2.47
Scrub	0.00	0.40
Water Body	0.00	0.73
TOTAL	15.60	117.27

(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 10.3.8-1 に示す。



(出典：調査団作成)

Figure 10.3.8-1 Land use pattern and locations of houses of the inundated area the Buffer Zone of Halgran 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、Halgran 3 下池の社会環境概要を Table 10.3.8-3 にまとめた。

Table 10.3.8-3 Social conditions at Halgran 3 Lower

Name of site Characteristics	Halgran 3 Lower dam/reservoir
Location	直接影響地域及びバッファゾーンは4つの Grama Niladari Division に属する: Denambure (GN), Purankumbura (GN), Hegama (GN), and Dambagolla (GN)、Walapane DS division in Nuwara Eliya District。
Demographic status of the GND	Denambure : 510 人、148 世帯、平均家族数 3.45 人 Purankumbura : 541 人、153 世帯、平均家族数 3.54 人 Hegama : 379 人、123 世帯、平均家族数 3.08 人 Dambagolla : 375 人、119 世帯、平均家族数 3.15 人
The number of sampling social survey	The inundated area: 4 世帯(12 人) The buffer zone: 100 世帯 (326 人)
Residence year of the family	The inundated area: 1940 年から 1999 年の間に移住してきた : 4 世帯 The buffer zone: 1940 年から 1979 年の間に移住してきた : 18 世帯、1980 年から 2014 年の間に移住してきた : 5 世帯
Ethnics 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	Nildandahinna 村から Hegama 村に 3.6km ほど国道沿い左手にハルグラン川を見下ろしながら下る。Dambagolla 村より 5.2km ほど国道沿い右手にハルグラン川を見ながらサイトに行くことも可能。ダムサイトまでの最後約 1km は新設道路が必要。
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) : 4 世帯(12 人)水没 バッファゾーンにて間接的影響 (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 : 163 世帯(537 人)
Area of land to be acquired	14.6ha
Number of those who to be affected by losing livelihood	直接的影響地域 4 世帯及びバッファゾーンに居住する 78 世帯がダム湛水予定地に土地を所有している。
Major occupation	農業、行政職員、民間雇用
Impacts on public facilities	なし
Existence of poverty people	Samurdhi (政府補助生計支援) 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。
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あり。
Impacts on agriculture	野菜畑、水田、2 次林、ホームガーデン
Non timber forest product Utilization	The inundated area: ホームガーデンや自宅周辺の森林より薪収集。 The buffer zone: ホームガーデンや 1.25km 先の森林より薪収集。
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 2 軒が水没。 バッファゾーン : ヒンズー寺 1 軒(紅茶園内) あり。
Impacts on landscape	観光スポット、観光資源なし。
People's consciousness toward the proposed project	直接的影響地域に居住する 4 世帯にインタビューした。プロジェクトに強い反対はない。4 世帯の内、2 世帯は転職を考えたことがあり、残り 2 世帯は転職を考えたことはないと回答している。 バッファゾーン内に居住する 82 世帯にインタビューし、当該案件により雇用機会が増える、インフラが整う、電気需要を満たせる等の期待

Name of site	Halgran 3 Lower dam/reservoir
Characteristics	<p>をしている半面、土地を失う、地滑りが増える、収入が減る等の不安があると回答している。</p> <p>82 世帯中、53 世帯は現在の職業を変えたいとは思っていない。27 世帯は正規職員や自営業を求めている。</p>

(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 10.3.8-4 に示す。

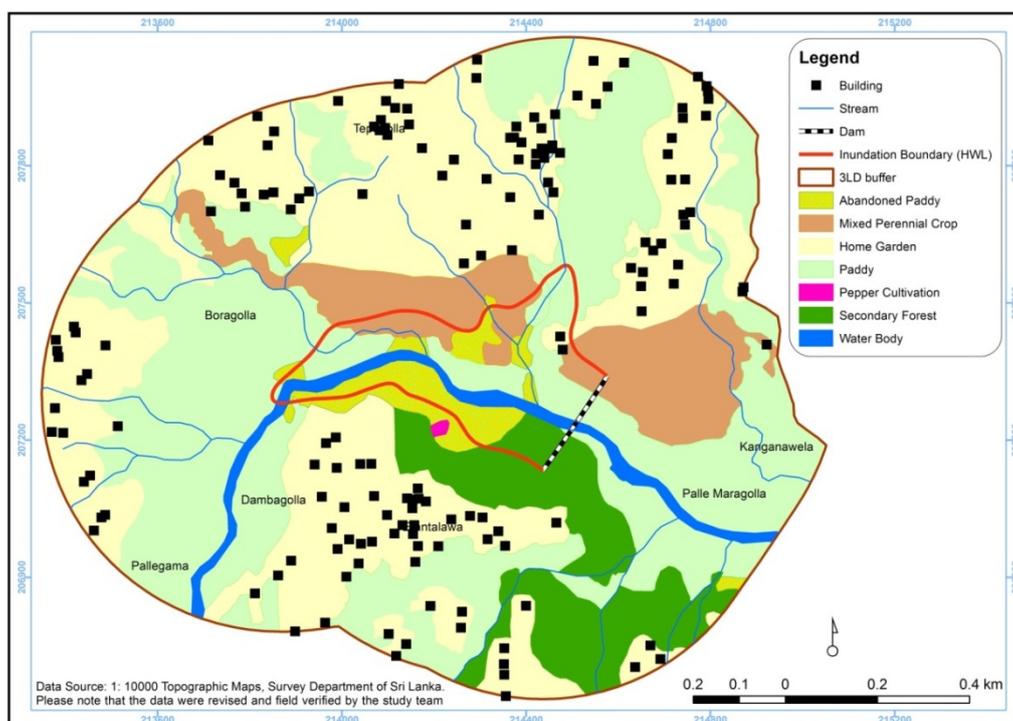
Table 10.3.8-4 Land use pattern of Halgran 3 Lower

Land Use Type	Inundation Area (ha)	with Buffer (ha)
Mixed Perennial Crops	2.52	17.17
Paddy	5.14	71.58
abandoned Paddy	4.00	6.06
Secondary Forest	1.08	16.01
Water Body	1.62	3.68
Home Garden	0.32	68.03
Pepper Cultivation	0.00	0.11
TOTAL	14.68	182.64

(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 10.3.8-2 に示す。



(出典：調査団作成)

Figure 10.3.8-2 Land use pattern and locations of houses of the inundated area the Buffer Zone of Halgran 3 Lower

10.4 Maha 2 計画

10.4.1 計画概要

本地点は、Maha 川左岸台地上に上池ダムを、Maha 川に下池ダムを設置し、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 426.48m、427.88m、最大使用水量 168.89m³/s、168.34m³/s となる。

水路水平延長 L(m)と総落差 H(m)の比は、L/H=4.9 である。

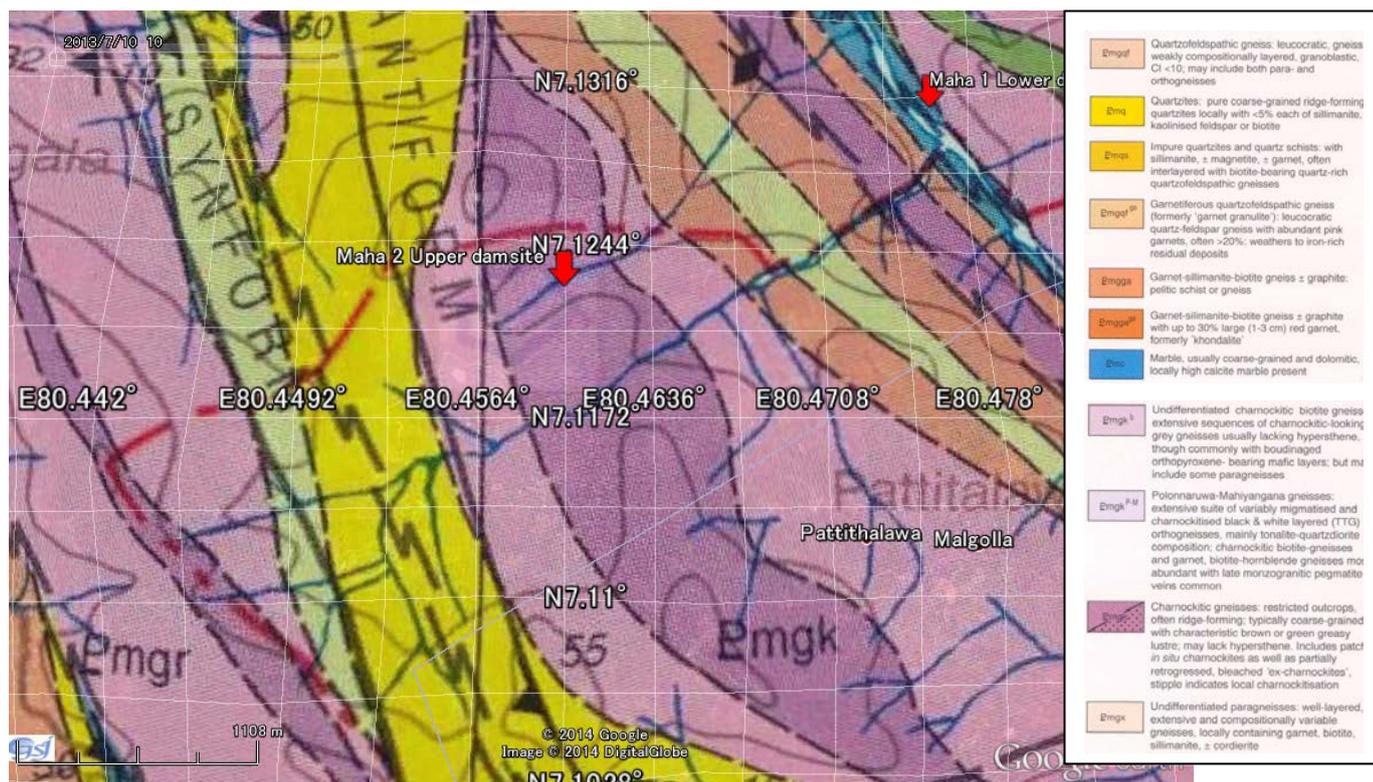
10.4.2 地質

(1) 概要

既往地質図によると、Maha2 地点は NW-SE 方向の背斜軸北翼に位置し、全体的な地層構造は（層理、葉理面が）NW-SE 方向 NE 傾斜を軸とする単斜構造である。岩種は Kadugannawa Complex に属し、主に片麻岩が分布する。下池ダムおよび貯水池は Maha Oya 河川に沿って計画されているが、本河川は NW-SE 方向に連続する断層に沿って流下しており、おそらくは断層浸食による下刻河川とみられる。河川に沿って石灰質岩が露出しており、断層による石灰岩部浸食を伴って下刻進展した可能性がある、とされる。

今回の地表地質踏査によっても、基本的な単斜構造 (NW-SE 走向 NE 傾斜)は全域に共通することが確認できた。しかしながら、Maha Oya に連続する NW-SE 断層ならびに挟在する石灰岩自体はいずれも確認できなかった。これは断層が少なくとも現在は非活動となって長期間に至ることを示唆している可能性があるが、本調査団としては（再委託による）調査が十分とは考えておらず、仮に本地点が最有望地点となる場合にはボーリングによる調査検証がいずれ必要との見解を持っている。

既往地質図（1: 100,000）を Figure 10.4.2-1 に示す。



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

Figure 10.4.2-1 Maha2 既往地質図による地質状況 (1:100,000)

(2) 地表地質調査結果

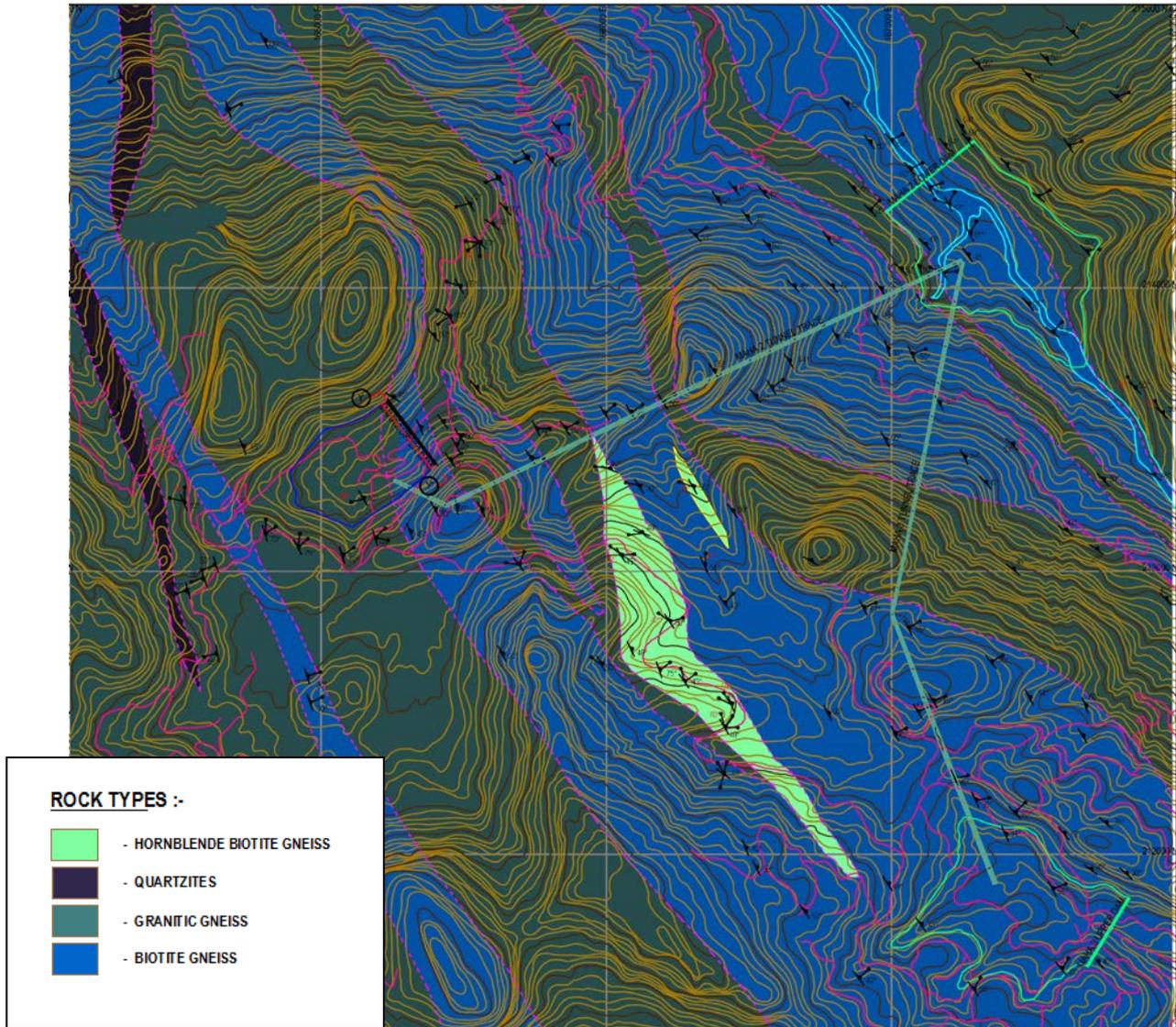
再委託調査により実施、編集した地表地質図 (1:10,000) を Figure 10.4.2-2 に示す。主要な結果は下記のとおりである。

上池地点は、ダム軸部は広い U 地形谷に位置し、貯水池は周辺より小規模河川が流れ込む盆状凹地を形成している。水没域は全域が薄い表層土で被覆され、紅茶栽培プランテーションに供されている。高標高部は両岸 (右岸、左岸) とともに岩盤露頭が急峻な崖部をなしている。水路は NE-SW 方向に山岳斜面下部を通過する。特に深い谷部を横断することはないが、200～300m 南部に水路と平行に連続する谷がある。下池は Maha Oya 河川に位置し、全体に深い V 字谷を形成、両岸からは河川に直交して小河川が多数流入している。

地表調査の結果、全域の地質構造は既往地質図 (1:100,000) と整合することが確認された。主な岩種は花崗岩質片麻岩、黒雲母質片麻岩からなる。花崗岩質片麻岩が優勢岩種であるが、上池ダムでは挟在する黒雲母片麻岩がダム軸部をすべて構成する。水路は上半部が花崗岩質、下半部が黒雲母質から構成される。基本的な層理構造は NW-SE、NE 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。

空中写真から明瞭な連続リニアメントが Maha Oya 河川に沿って NW-SE に連続する。また 2 本の NE-SW 系リニアメントが河川横断する方向に確認された。前述の NW-SE 系の河川沿いリニアメントは既往地質図では広域に連続する断層破碎帯として解釈しているが本調査の中では明瞭な断層に関連する破碎兆候は露頭部で確認できなかった。これは NW-SE 系断層は明

瞭な断層ではあっても地質時代の長期に渡り活動を終息しており、固結・埋没しているとも解釈されるが、JICA 調査団としてはボーリング等の地下調査での検証が必要と判断している。



(出典：調査団作成)

Figure 10.4.2-2 Maha 2 地表地質調査結果 (1:10,000)

(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。ただし高標高部では兩岸ともに新鮮な花崗岩質片麻岩が分布することから、黒雲母片麻岩は谷沿いにバンド状に挟在された岩体と考えられる。境界はダム軸上部で遷移的に移行していると考えられる。地表部は、右岸は岩石起源の砂質～粘土質風化表層土、左岸低標高部は崩積土が分布する。

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は CH 級(電

研分類)に該当する。表層土は最大 2m 程度で基盤に達する程度であり全般には薄い。

全体の層理面は N10-15W、60-70 NE 傾斜で、ダム軸に対し下流傾斜となる。この方向は強いて言えば不利であるが、亀裂層理分離面も少なく問題は少ない。空中写真からリニアメントが谷方向(NE-SW)に抽出されたが、破碎等の断層兆候は認められなかった。

2) 上池貯水池

貯水池の地形は全体に山岳に周囲を囲まれたダム軸部で NE に開けた凹地形を呈している。全域を花崗岩片麻岩および挟在する黒雲母片麻岩で構成されて、表層を風化残留土および崩積土が薄く被覆する。1-5m の礫岩を含むが全体に 1-2m 程の厚さで薄い。ただし上流末端部にかけて崖錐が 1-4m 厚さで分布している。全体に満水位に及ぶことはなく安定上は問題は少ない。貯水池の基礎岩盤は塊状新鮮な片麻岩であること、周辺から集水する凹地構造をなすこと、から右岸山体が左岸に比して低標高であるものの全般に保水性には問題はないと考えられる。貯水池斜面も表層土の薄さから安定性に大きな問題はないと判断される。

3) 水路

全長約 2.4km で ダム地点より NE 方向に計画。

主要岩種は、上流部が花崗岩片麻岩で、下流部に向け遷移的に黒雲母片麻岩に変化する。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。大半で岩石起源の風化残留土が表層を被覆するが 2m 程度と薄い。全般に層理面は N10-30W、40-60 NE 傾斜であり水路と直交しているため、掘削上は好ましい。

空中写真から、NW-SE 系のリニアメントが水路中間地点で交差している。本リニアメントは連続性が明瞭で、このリニアメントのなす NW-SE 峡谷沿いに花崗岩片麻岩が黒雲母片麻岩に挟在する可能性があるが、断層を示唆する破碎は認められなかった。

水路深度での岩盤は全体に CH 級とみなせ (一部風化部を除き)、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。NW-SE 系リニアメント交差部では若干の地質上の脆弱部等との遭遇も想定されるが、水路両側の峡谷は浸食されているものの、水路尾根頂部 (=交差部) 自体は削剥されておらず、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。全般に塊状で亀裂が少ない。本地点は NW-SE 系リニアメントから十分下流側に位置することから全般に CH-B 級岩盤と推定される。特段の地質上の問題は予想されない。

5) 下池ダム

下池ダム地点の地質は、左岸～河床部では黒雲母片麻岩、右岸部では花崗岩片麻岩から構

成されている。両岩種共に基盤では弱風化（slightly weathered）～新鮮で、左岸では上位に岩石起源の風化残留土が被覆している。右岸では崖錐が分布する。

黒雲母片麻岩、花崗岩片麻岩は共に塊状かつ亀裂が少なく（3m 間隔）、CH 級と推定。風化残留土、崖錐共に 2m 程度と薄い。

河床では黒雲母片麻岩露頭が多く見られ、河床砂礫堆積物は最大 2m 程度と薄い。

層理面は NW-SE、NE 傾斜で、ほぼダム軸と直交し右岸側に傾斜する方向である。これは特段不利な方向ではない。

既往地質図では NW-SE 断層破碎帯が Maha Oya 河川に沿って連続的に認められていたが、本調査では確認できなかった。これは一つには地表部は薄いが広域に河床堆積物、表層土に被覆されていたこと、また断層があるにしても固結し、長期間非活動である可能性があることが考えられる。挟在するとされた石灰岩のバンドも確認できなかった。

しかしながら、調査団としてはこれら断層、石灰岩はさらに調査する必要があると考えている（今回の再委託調査では十分な調査ができていない）。

左岸高標高部には山麓に明瞭な地滑り跡があるが、ダム端の相当上部であり、同跡地でも露頭が散見されていることから地塊の厚さは薄いと考えられ、安定性には問題がないと判断される。全般に両ダム岸は安定している。

6) 下池貯水池

貯水池は急峻な V 字谷に位置する。岩種は左岸が黒雲母片麻岩、右岸が花崗岩片麻岩であり、両岸共に塊状、亀裂が少ない。右岸には崖錐が広く分布、左岸には風化残留土が分布するものの、共に 1-5m 程度の厚さである。斜面が緩く基本的に斜面の安定性は保たれると想定しているが、局所的には表層崩壊の可能性はあると思われる。

Maha Oya 沿いの NW-SE 系断層は本調査では破碎等は確認できなかったが、追加調査を行う必要があると判断している。

東西急峻斜面より多数の小河川流入を得ており、地形的な形状から基本的には貯水池の保水性には問題はないと判断されるが、ダム軸上流 150m 地点で河川を横断してリニアメントが確認された。右岸側の山体鞍部を横断しており、地形的に鞍部は十分 HWL 以上ではあるがやや薄くなっていることからさらに調査する必要がある。

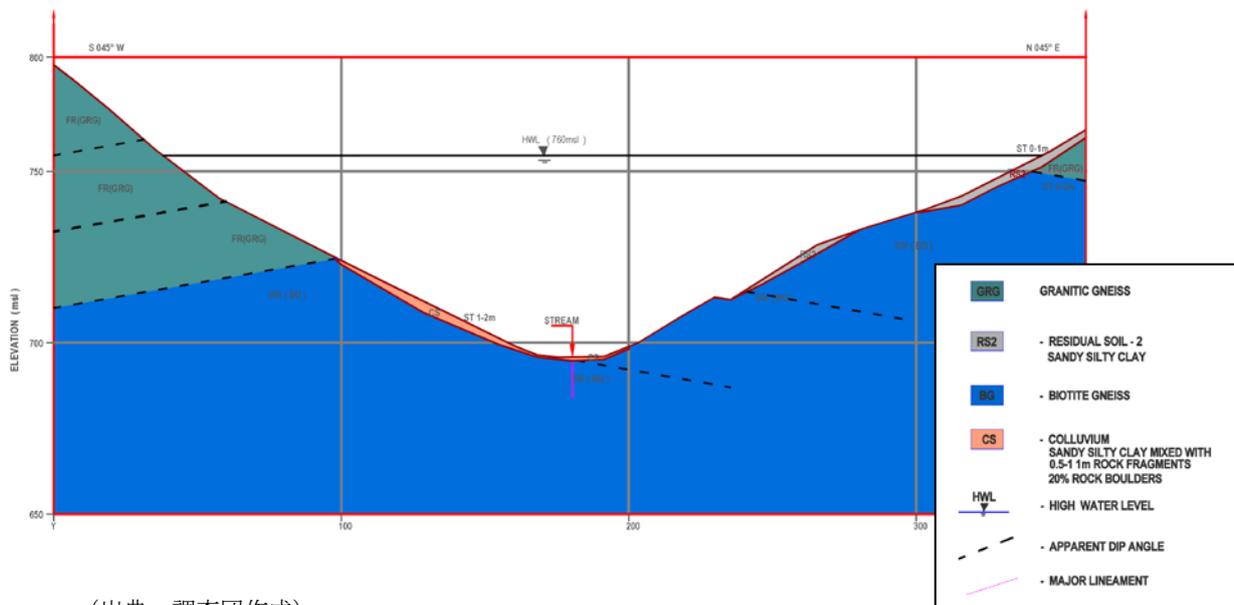


Figure 10.4.2-3 Maha 2 上池ダム軸断面 (1:10,000)

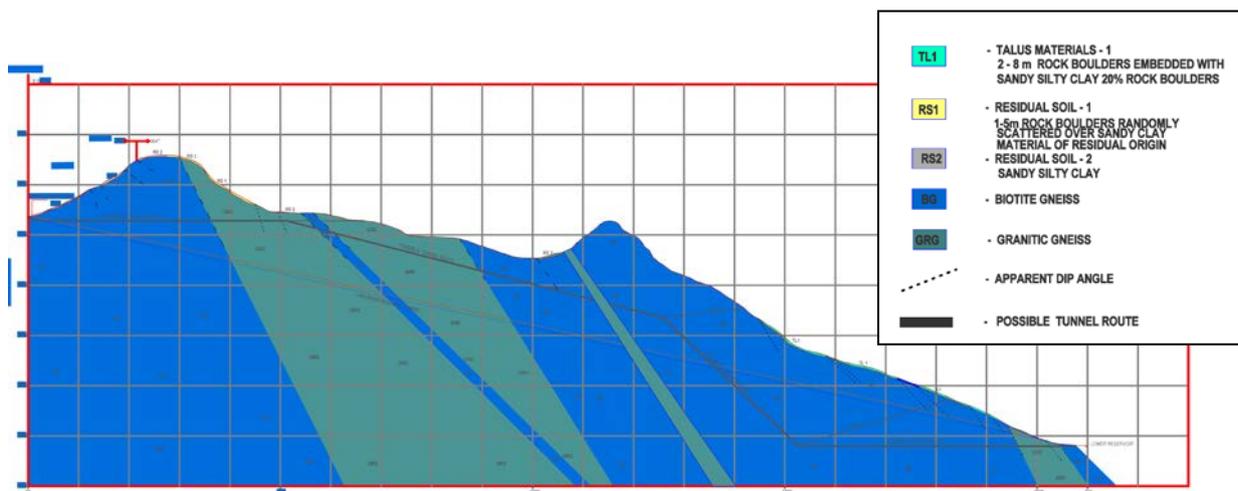


Figure 10.4.2-4 Maha 2 水路地質断面 (1:10,000)

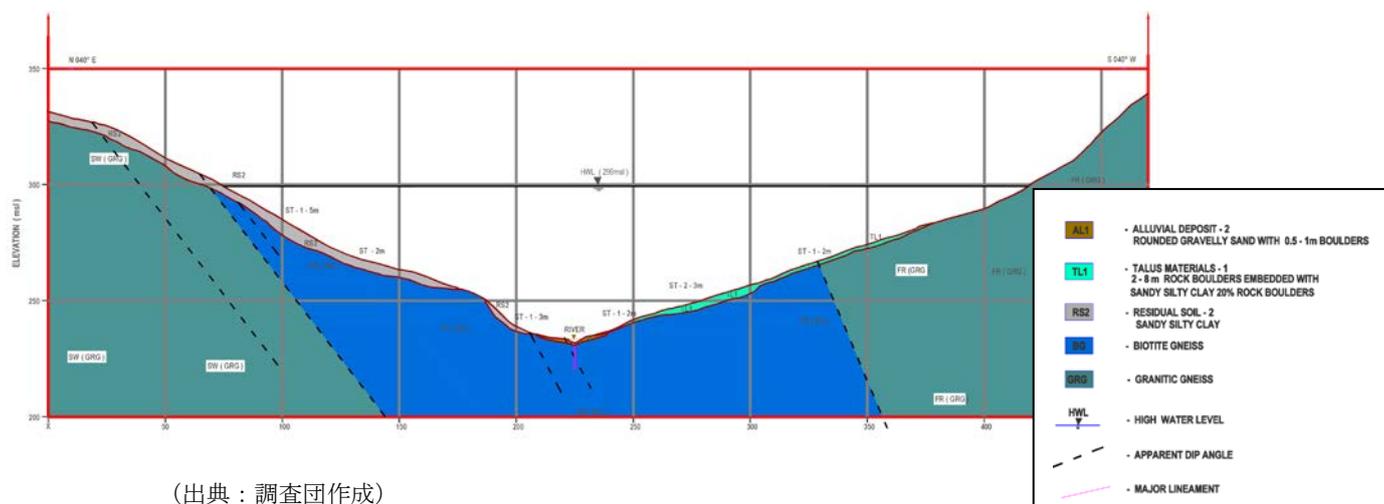


Figure 10.4.2-5 Maha 2 下池ダム地質断面 (1:10,000)

10.4.3 建設工事の施工性

Maha 2 地点へのアクセスについては、9.5.10 (4)で述べたとおり、上ダムエリア、下ダムエリアともに大きな問題はない。上ダム内でのダム基礎部でのアクセスも、地形的は急峻であるものの、既存の間道などを拡幅するなどが可能と考えられ、技術的な困難さはない。下ダムエリア内は、河川沿いの既存の道路が活用できるなど、良好な条件下にあるものと判断される。仮設用地の確保に関しても、下ダム下流部に緩やかな土地が相当面積存在しており、それらを活用できる。上ダムエリア～下ダムエリアへのアクセスは地形が急峻であること、既設のアクセスの距離が長いこと等、やや問題ありと思慮される。

地下発電所アクセストンネルの延長は、1,000m と見積もられ施工性は良好である。

利用水深は、上ダム、下ダムでそれぞれ 35m、18m であり、上ダムは一般的な上限である 30m を超過しており、貯水池法面の安定性に対する問題が懸念される。

10.4.4 接続送電線

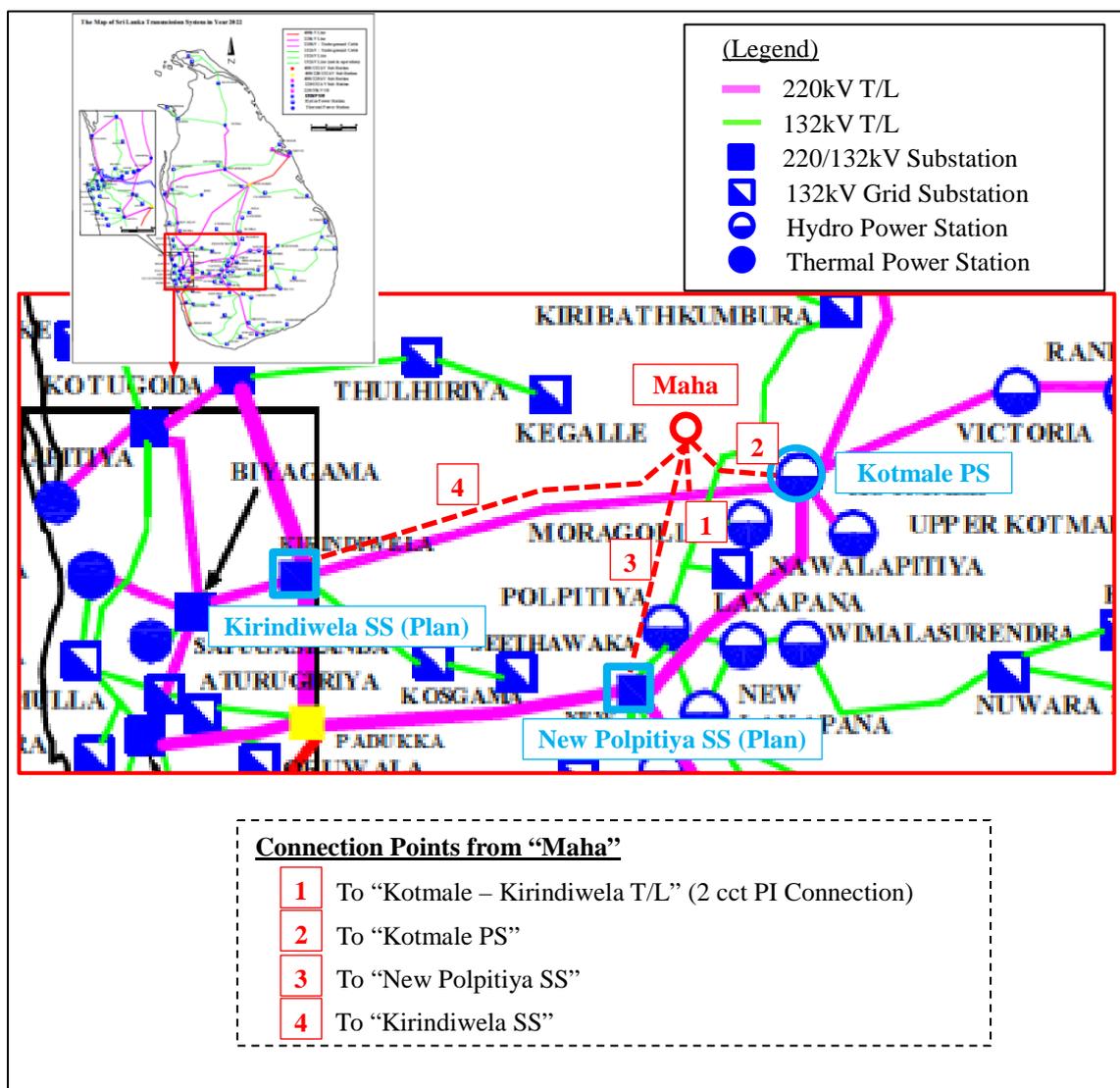
(1) 系統接続点

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」に接続する必要性が判明した。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、Maha 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 10.4.4-1 に位置関係を示す。

- i) Kotmale PS～Kirindiwela SS 間 T/L への π 接続
- ii) Kotmale PS への接続
- iii) New Polpitiya SS への接続

iv) Kirindiwela SS への接続



(出典：調査団作成)

Figure 10.4.4-1 Connection Points from “Maha”

(2) 送電線ルート

周辺の環境保護地域を考慮し、Maha 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 10.4.4-2 に、「Maha 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。

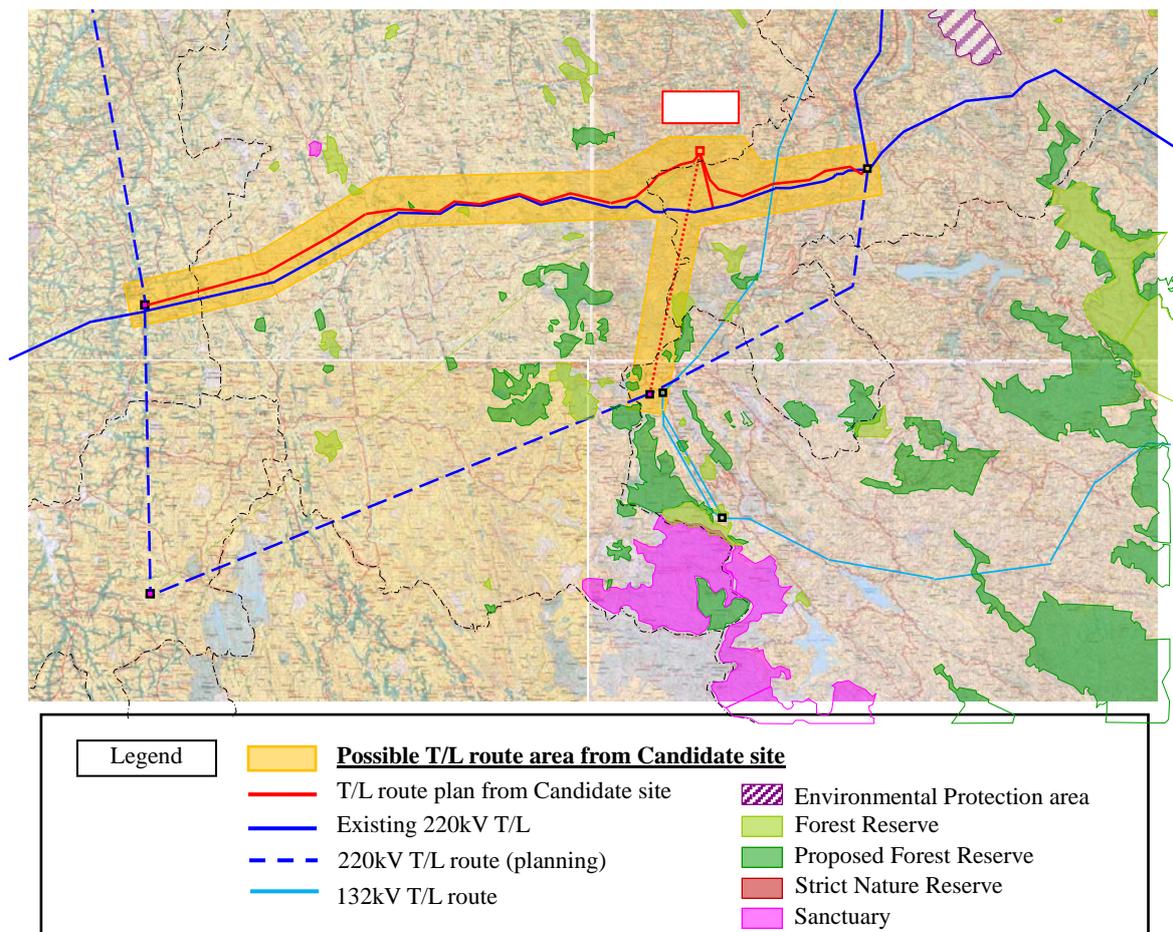


Figure 10.4.4-2 Transmission Line Route Plan from “Maha”

(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) Maha 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～Kirindiwela SS 間 T/L への π 接続

Kotmale～Kirindiwela T/L の電線は、ACSR Zebra×2 導体であり、1 回線 π 接続方式では、今回提案する揚水発電所からの電力を送電するには容量不足となる。このため、2 回線 π 接続方式が必要となる。延長 3.8km×2 ルート（4 回線）の新設 T/L が必要となるが、Maha 地点は、Kotmale～Kirindiwela T/L のルートから近いいため、接続分岐送電線のルート長は短く設定でき、2 ルートの新設でも、送電線建設費用は、比較的安価で可能となる。

経過地の地形などからも特に問題点は見当たらない。また、提案ルート周辺には環境保護

地域も見受けられない。

既設送電線への接続工事にあたっては、既設送電線の線路停止が必要となるものの、1、2回線の交互停止で済み、各回線の停止期間も比較的短期間で実施可能と思われる。

但し、具体的な接続場所の選定にあたっては、既設鉄塔の設計条件（耐張鉄塔の位置、鉄塔の適用水平角、及び設計耐荷重条件）を考慮して、設計条件の許容範囲内で施工可能であるか、又は既設送電線鉄塔の補強が必要かどうか等を、検討し計画を立案する必要がある。

ii) Kotmale PS への接続

i) 案に次ぎ、二番目に近い接続点で、延長 15km×1 ルートとなっている。

しかし、Kotmale 発電所のスイッチヤードは、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、10.3.4(3)に記載したとおり何らかの解決策が実施されることを条件として、i) 案に次ぐ有効なオプションとなる。

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する必要があり、この費用は高額になることが予想される。

iii) New Polpitiya SS への接続

3番目に近い接続点で、延長 20km×1 ルートである。

このルートの経過地は、深い山間部で、周辺に道路等がない地域も多い。工事用及び保守作業用のアクセスルートの設定に苦慮することが予想されることから、このルートは推奨できない。

また、環境保護地域が近いこともあり、選定ルートによっては、影響を受ける場合も考えられる。

iv) Kirindiwela SS への接続

送電線ルートは i)～iii)の案に比べ長くなる。提案ルートは延長 40km×1 ルートで、ほぼ既設送電線に平行して設定されているが、Kirindiwela SS 付近に近づくにつれ、住宅地や市街地が多くなることから、用地取得や補償の面が懸案となる。

上述の各案を比較し、Table 10.4.4-1 にまとめる。

Table 10.4.4-1 Comparison of T/L routes and Connection Point (from “Maha”)

	i) To T/L between "Kotmale - Kirindiwela"	ii) To "Kotmale P/S"	iii) To "New Porpitiya S/S"	iv) To "Kirindiwela S/S"
Connecting type	PI Connection (2cct)	Connection to P/S	Connection to S/S	Connection to S/S
Route Length	3.8km × 2 route	15km × 1 route	20km × 1 route	40km × 1 route
Conductor	ACSR Zebra (×2 cond./phase)	Low Loss TACSR/AS 550mm ² (×2 cond./phase)	Low Loss TACSR/AS 550mm ² (×2 cond./phase)	Low Loss TACSR/AS 550mm ² (×2 cond./phase)
Assessment				
Cost [MUSD]				
Transmission Line	3.9	8.6	11.5	22.9
Reinforcement of existing T/L	0	0	0	0
Augmentation of Connection Point	0	(0) ^{(*)3}	0	0
Total	3.9	8.6	11.5	22.9
Other ^{(*)1}				
Condition of Connection Point	A	B - Layout of Kotmale PS switchyard is congested.	A	A
Environmental and Social	A	A	B - Environmental sensitive area exists near T/L route.	B - T/L route includes residential and urban area.
T/L Construction and Maintenance	A	A	C - T/L route passes deep mountainous area.	B - T/L route includes residential and urban area.
System Analysis	A	A	A	A
Rating ^{(*)2}	1	2	-	-

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.

Table 10.4.4-1 より、i) の「Kotmale～Kirindiwela 間 T/L への π 接続」が最も好ましいものと考えられる。次善は、ii) の「Kotmale PS への接続」となる。

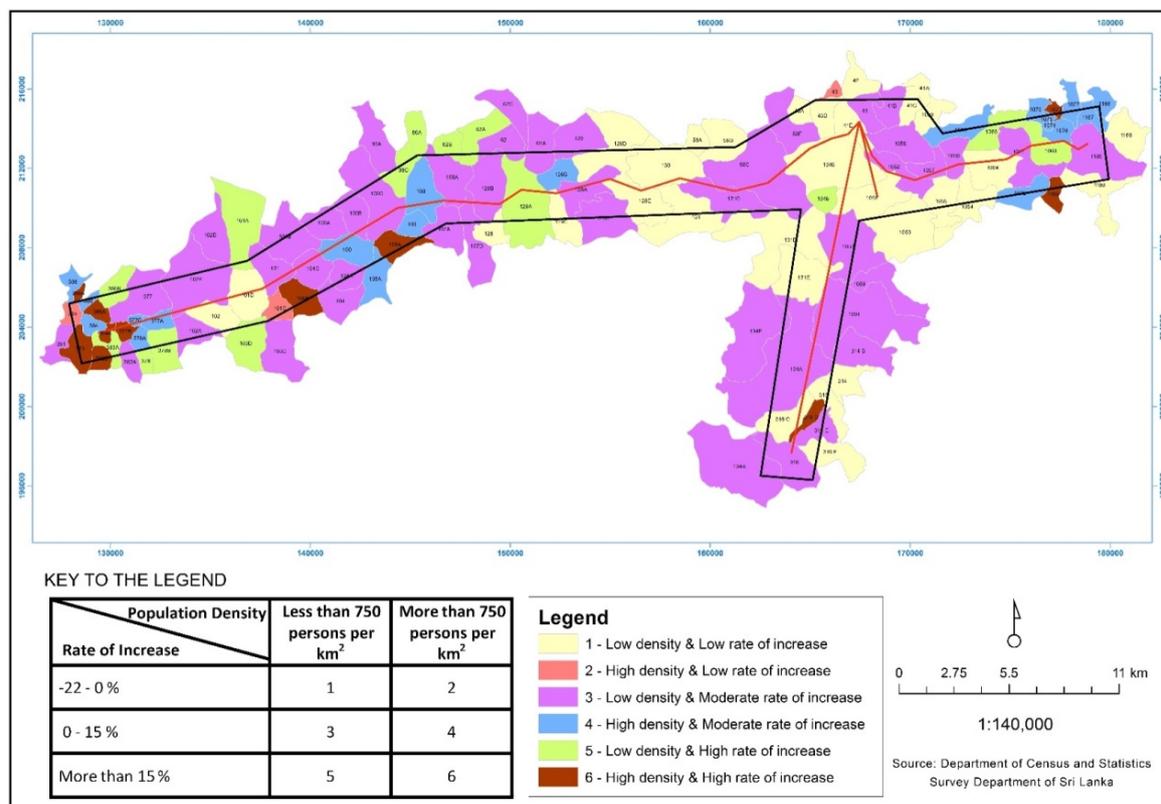
なお、Maha からの接続送電線については、i) 案と ii) 案について、詳細な系統解析を行うものとした。系統解析の結果は次項に記載するが、i) 案及び ii) 案のいずれも問題ないとの結果が得られた。

(5) 環境社会調査と評価

1) 人口稠密地の位置と程度

(2) 送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）³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 10.4.4-3）。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 10.4.4-3 Population density and their growth rate along the route

送電線ルート上には、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 10.4.4-2 に結果をまとめた。

³ データは「Department of Census and Statistics Survey of Sri Lanka」による。

Table 10.4.4-2 Barriers and the routes

Barrier	On the route and its buffer	Source
Natural Environment		
Protected areas	On the route to the Kirindiwela SS, there are small Reserved Forests. On the route to Polpitiya SS, there are some Reserved Forests.	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 routes, but can be avoided.	CEA
Temples	There are temples on the routes, but can be avoided.	50,000 topographic maps from Survey Department of Sri Lanka
Hospitals	There are some hospitals on routes, 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。ただし、Maha と Polpitiya SS 間では、Reserved Forests が緩衝帯に一部横たわるようにあるため、自然環境上問題がある可能性がある。

3) まとめ

Maha からの複数の送電線ルートを選択肢の評価を Table 10.4.4-3 にまとめた。

Table 10.4.4-3 Assessment on the Maha proposed routes

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

10.4.5 系統安定

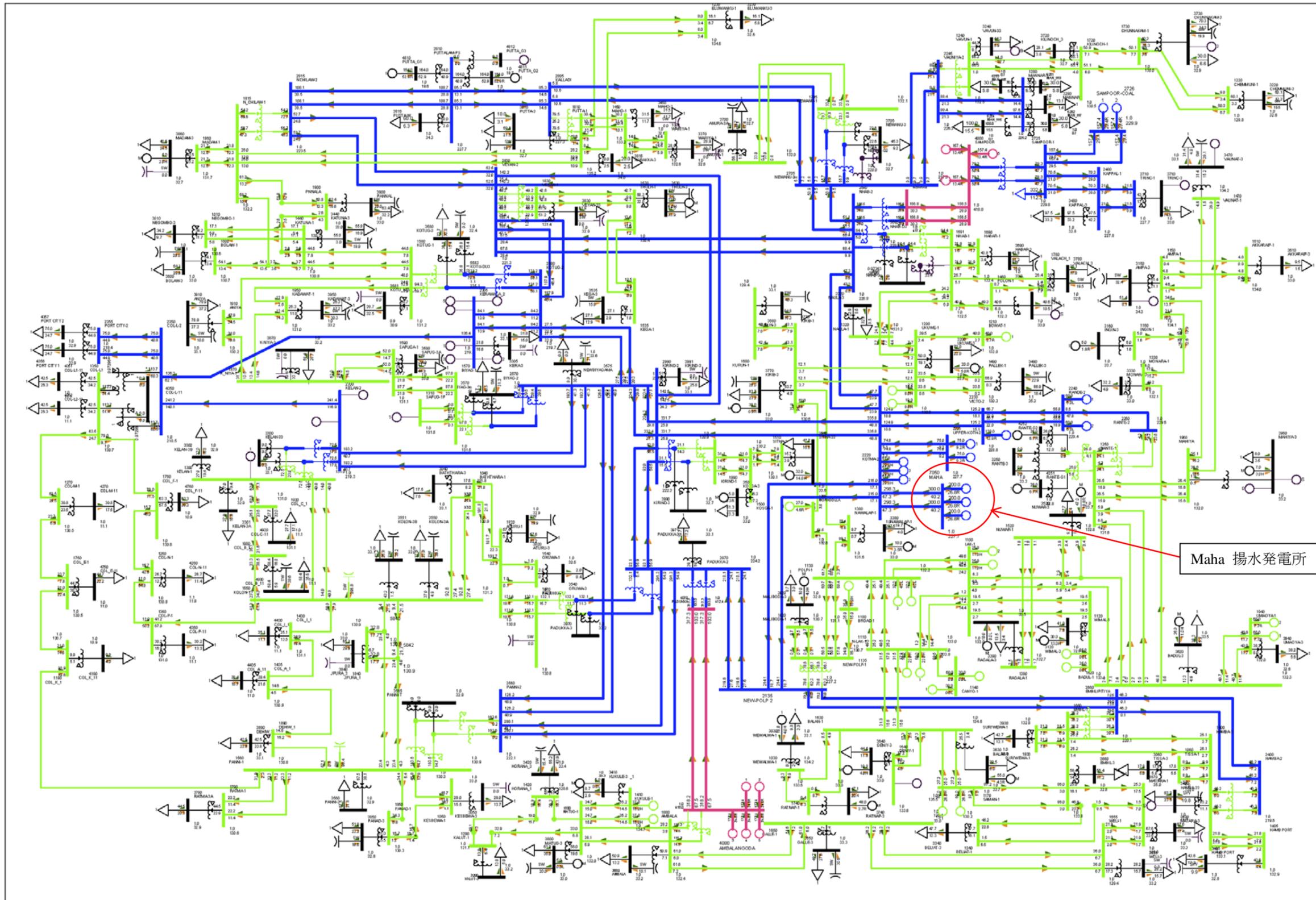
(1) 潮流解析

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 10.4.5-1 から Figure 10.4.5-12 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。

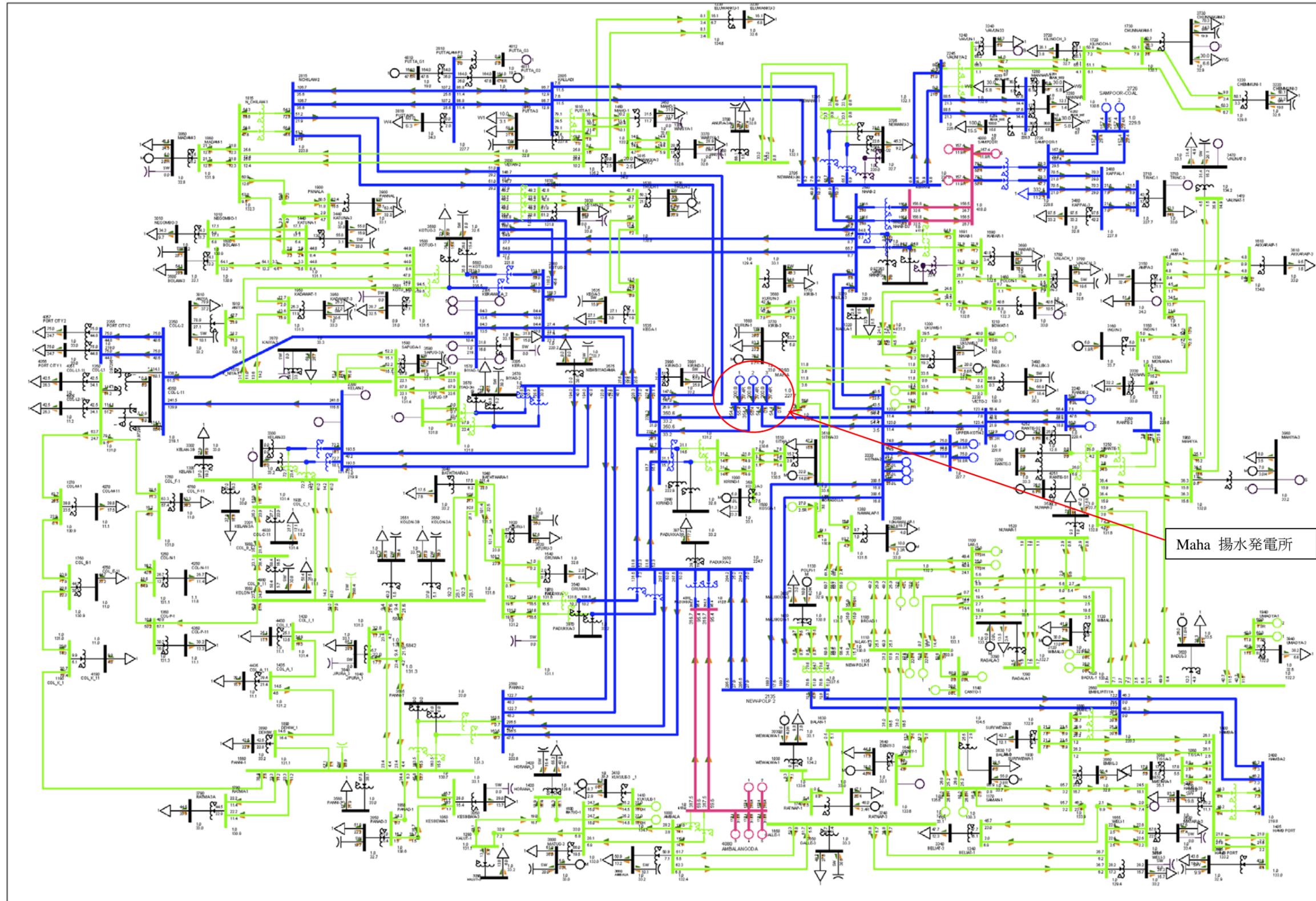
また、Kotmale から Maha 揚水発電所に 220kV 送電線 2 回線を引込むケースでは、Kotmale – Kirindiwela 間、Kotmale – New Polpitiya 間の送電線において 2 回線の内、1 回線が停止した場合でも、残りの 1 回線に過負荷が生じないことが確認された。

同様に、Kotmale – Kirindiwela 間の送電線から Maha 揚水発電所に 220kV 送電線 4 回線で引込むケースでは、Maha – Kirindiwela 間および Maha – 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。



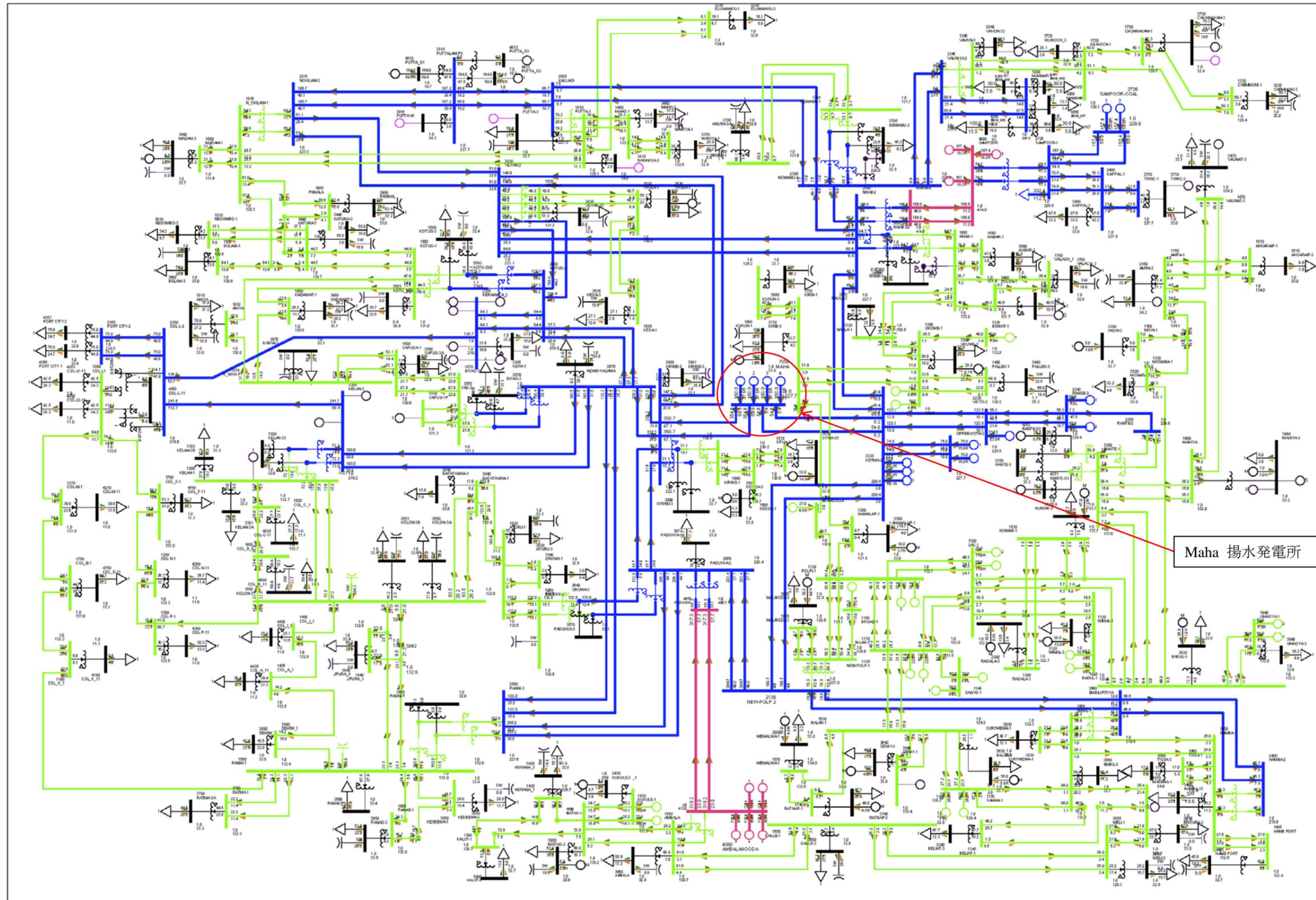
(出典：調査団作成)

Figure 10.4.5-1 潮流図 (2025年雨季ピーク、発電、Kotmale接続、Maha単機容量200MW)



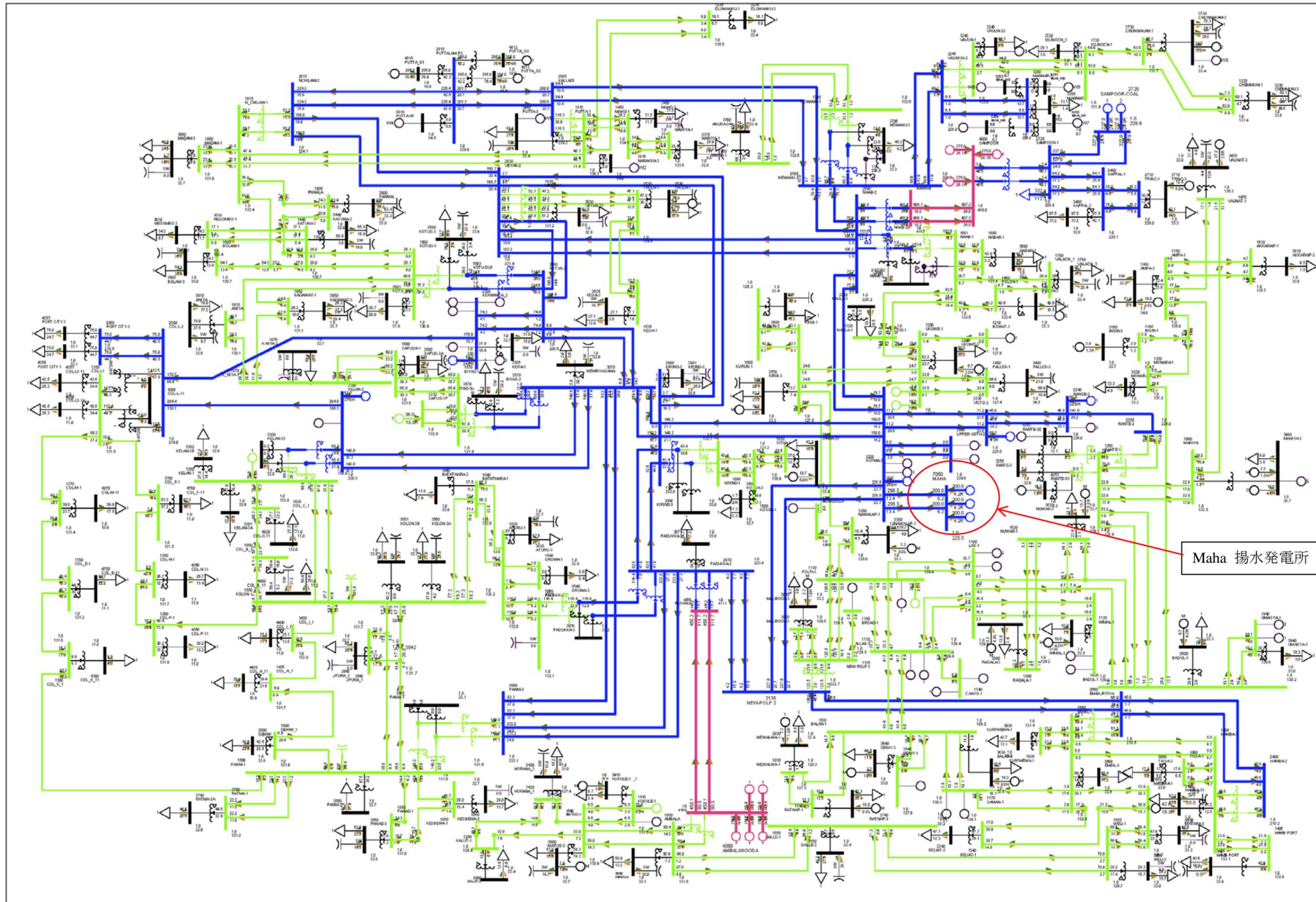
(出典：調査団作成)

Figure 10.4.5-3 潮流図 (2025年雨季ピーク、発電、 π 分岐接続、Maha 単機容量 200MW)



(出典：調査団作成)

Figure 10.4.5-4 潮流図 (2025年雨季ピーク、発電、 π 分岐接続、Maha 単機容量150MW)



(出典：調査団作成)

Figure 10.4.5-5 潮流図 (2025年乾季ピーク、発電、Kotmale接続、Maha単機容量200MW)