

第 10 章

候補地点の二次選定

目 次

第 10 章 候補地点の二次選定

10.1	概要	10-1
10.2	最有力候補地点の評価概要	10-1
10.2.1	環境調査(2)の概要	10-1
10.2.2	地形・地質調査(1)の概要	10-3
10.2.3	揚水発電計画の見直し	10-4
10.2.4	ポンプ水車の製作限界の見直し	10-4
10.2.5	送電線	10-6
10.2.6	系統安定	10-10
10.2.7	概算工事費	10-13
10.3	Halgran 3 計画	10-14
10.3.1	計画概要	10-14
10.3.2	地質	10-14
10.3.3	建設工事の施工性	10-21
10.3.4	接続送電線	10-21
10.3.5	系統安定	10-32
10.3.6	概算工事費	10-53
10.3.7	自然環境	10-54
10.3.8	社会環境	10-61
10.4	Maha 2 計画	10-65
10.4.1	計画概要	10-65
10.4.2	地質	10-65
10.4.3	建設工事の施工性	10-71
10.4.4	接続送電線	10-71
10.4.5	系統安定	10-78
10.4.6	概算工事費	10-117
10.4.7	自然環境	10-118
10.4.8	社会環境	10-122
10.5	Maha 3 計画	10-127
10.5.1	計画概要	10-127
10.5.2	地質	10-127
10.5.3	建設工事の施工性	10-130
10.5.4	接続送電線	10-131
10.5.5	系統安定	10-131
10.5.6	概算工事費	10-131
10.5.7	自然環境	10-132
10.5.8	社会環境	10-134
10.6	Loggal 計画	10-136

10.6.1	計画概要	10-136
10.6.2	地質	10-137
10.6.3	建設工事の施工性	10-137
10.6.4	接続送電線	10-137
10.6.5	系統安定	10-145
10.6.6	概算工事費	10-185
10.6.7	自然環境	10-186
10.6.8	社会環境	10-191
10.7	最有力候補地点の選定	10-197
10.7.1	概要	10-197
10.7.2	地質による評価	10-199
10.7.3	施工性による評価	10-199
10.7.4	接続送電線・系統安定性	10-200
10.7.5	ポンプ・水車の製作限界	10-200
10.7.6	概算工事費	10-201
10.7.7	自然・社会環境影響	10-201
10.7.8	最有力候補地点の選定	10-213

表リスト

Table 10.2.2-1	地質調査(1)の概要	10-3
Table 10.2.4-1	ポンプ水車製作限界検討結果 (200MW×3units)	10-5
Table 10.2.4-2	ポンプ水車製作限界検討結果 (150MW×4units)	10-6
Table 10.2.5-1	候補地点の最大入力・出力	10-8
Table 10.2.5-2	適用可能な導体タイプの仕様	10-8
Table 10.2.5-3	ASCR Zebra の送電容量	10-9
Table 10.2.5-4	送電容量の計算	10-9
Table 10.2.6-1	Maha 揚水発電所の発電機定数 (200MW)	10-12
Table 10.2.6-2	Maha 揚水発電所の発電機定数 (150MW)	10-12
Table 10.2.6-3	Halgran 揚水発電所の発電機定数 (200MW)	10-12
Table 10.2.6-4	Loggal 揚水発電所の発電機定数 (200MW)	10-12
Table 10.2.6-5	Loggal 揚水発電所の発電機定数 (150MW)	10-12
Table 10.3.2-1	Rock Mass Classification by the CRIEPI	10-17
Table 10.3.4-1	Comparison of T/L routes and Connection Point (from “Halgran”)	10-29
Table 10.3.4-2	Barriers and the route	10-31
Table 10.3.4-3	Assessment on the Halgran – Kotamale PS route	10-31
Table 10.3.5-1	2025 年ピーク需要断面の短絡電流	10-45
Table 10.3.6-1	Halgran 3 地点の概算工事費	10-53
Table 10.3.6-2	Halgran 3 地点主な土木構造物諸元	10-54

Table 10.3.7-1	Threatened Floral Species at Halgran 3 Upper	10-55
Table 10.3.7-2	Threatened Faunal Species at Halgran 3 Upper.....	10-56
Table 10.3.7-3	Ecosystems of Halgran 3 Upper	10-57
Table 10.3.7-4	Threatened Floral Species at Halgran 3 Lower.....	10-58
Table 10.3.7-5	Threatened Faunal Species at Halgran 3 Lower	10-59
Table 10.3.7-6	Ecosystems of Halgran 3 Lower	10-60
Table 10.3.8-1	Social conditions at Halgran Upper	10-61
Table 10.3.8-2	Land use pattern of Halgran Upper.....	10-62
Table 10.3.8-3	Social conditions at Halgran 3 Lower.....	10-63
Table 10.3.8-4	Land use pattern of Halgran 3 Lower	10-64
Table 10.4.4-1	Comparison of T/L routes and Connection Point (from “Maha”).....	10-75
Table 10.4.4-2	Barriers and the routes	10-77
Table 10.4.4-3	Assessment on the Maha proposed routes	10-77
Table 10.4.5-1	2025 年ピーク需要断面の短絡電流.....	10-103
Table 10.4.6-1	Maha 2 地点の概算工事費	10-117
Table 10.4.6-2	Maha 2 地点 主な土木構造物諸元	10-118
Table 10.4.7-1	Threatened Faunal Species at Maha Upper	10-119
Table 10.4.7-2	Ecosystems of Maha 2 Upper	10-119
Table 10.4.7-3	Threatened Floral Species at Maha Lower	10-120
Table 10.4.7-4	Threatened Faunal Species at Maha Lower	10-121
Table 10.4.7-5	Ecosystems of Maha Lower.....	10-122
Table 10.4.8-1	Social conditions at Maha 2 Upper.....	10-122
Table 10.4.8-2	Land use pattern of Maha 2 Upper	10-123
Table 10.4.8-3	Social conditions at Maha Lower	10-124
Table 10.4.8-4	Land use pattern of Maha Lower.....	10-126
Table 10.5.6-1	Maha3 地点の概算工事費	10-131
Table 10.5.6-2	Maha 3 地点 主な土木構造物諸元	10-132
Table 10.5.7-1	Threatened Floral Species at Maha 3 Upper.....	10-133
Table 10.5.7-2	Threatened Faunal Species at Maha 3 Upper	10-133
Table 10.5.7-3	Ecosystems of Maha 3 Upper	10-134
Table 10.5.8-1	Social conditions at Maha 3 Upper.....	10-134
Table 10.5.8-2	Land use pattern of Maha 3 Upper	10-135
Table 10.6.4-1	Comparison of T/L routes and Connection Point (from “Loggal”)	10-142
Table 10.6.4-2	Barriers and the route.....	10-144
Table 10.6.4-3	Assessment on the Loggal – Kotamale PS route	10-144
Table 10.6.5-1	2025 年ピーク需要断面の短絡電流.....	10-171
Table 10.6.6-1	Loggal 地点の概算工事費	10-185
Table 10.6.6-2	Loggal 地点 主な土木構造物諸元	10-186
Table 10.6.7-1	Threatened Floral Species at Loggal Upper.....	10-187
Table 10.6.7-2	Threatened Faunal Species at Loggal Upper	10-187

Table 10.6.7-3	Ecosystems of Loggal Upper.....	10-188
Table 10.6.7-4	Threatened Floral Species at Loggal Lower	10-189
Table 10.6.7-5	Threatened Faunal Species at Loggal Lower	10-190
Table 10.6.7-6	Ecosystems of Loggal Lower	10-191
Table 10.6.8-1	Social conditions at Loggal Upper.....	10-192
Table 10.6.8-2	Land use pattern of Loggal Upper	10-193
Table 10.6.8-3	Social conditions of Loggal Lower.....	10-195
Table 10.6.8-4	Land use pattern of Loggal Lower.....	10-196
Table 10.7.1-1	有力候補地点の計画諸元	10-198
Table 10.7.2-1	有力候補地点の評価結果	10-199
Table 10.7.3-1	施工性に関する評価	10-199
Table 10.7.4-1	系統解析の結果に対する評価	10-200
Table 10.7.5-1	ポンプ・水車の製作限界に対する評価.....	10-200
Table 10.7.6-1	概算工事費	10-201
Table 10.7.7-1	Selection Criteria from the Environmental considerations	10-201
Table 10.7.7-2	Outlines and results of evaluation of each site.....	10-205
Table 10.7.7-3	Environmental and Social Assessment on the proposed transmission lines' routes	10-213
Table 10.7.8-1	各候補地点のスコア計算表	10-215
Table 10.7.8-2	Even ケースのランキング結果	10-216
Table 10.7.8-3	環境重視ケースのランキング結果	10-216
Table 10.7.8-4	環境関連評価基準によるランキング結果.....	10-217
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）	10-217

図リスト

Figure 10.2.3-1	揚水発電計画見直しフロー	10-4
Figure 10.2.5-1	既設送電線への接続方法	10-7
Figure 10.2.6-1	揚水発電所の送電系統	10-11
Figure 10.3.2-1	Halgran 3 既往地質図による地質状況 (1:100,000).....	10-15
Figure 10.3.2-2	Halgran 3 地表地質調査結果 (1:10,000).....	10-16
Figure 10.3.2-3	Halgran 3 上池ダム軸地質断面 (1:10,000).....	10-19
Figure 10.3.2-4	Halgran 3 水路地質断面 (1:10,000).....	10-20
Figure 10.3.2-5	Halgran 3 下池ダム軸地質断面 (1:10,000).....	10-20
Figure 10.3.4-1	Connection Points from “Halgran”	10-22
Figure 10.3.4-2	Transmission Line Route Plan from “Halgran”	10-23
Figure 10.3.4-3	Layout of Kotmale PS Switchyard	10-25
Figure 10.3.4-4	Single Line Diagram of Kotmale PS Switchyard	10-26
Figure 10.3.4-5	Population density and their growth rate along the route	10-30

Figure 10.3.5-1	潮流図 (2025 年雨季ピーク、発電、Kotmale 接続、Halgran 単機容量 200MW).....	10-33
Figure 10.3.5-2	潮流図 (2025 年雨季ピーク、発電、 π 分岐接続、Halgran 単機容量 200MW).....	10-35
Figure 10.3.5-3	潮流図 (2025 年乾季ピーク、発電、Kotmale 接続、Halgran 単機容量 200MW).....	10-37
Figure 10.3.5-4	潮流図 (2025 年乾季ピーク、発電、 π 分岐接続、Halgran 単機容量 200MW).....	10-39
Figure 10.3.5-5	潮流図 (2025 年オフピーク、揚水、Kotmale 接続、Halgran 単機容量 200MW).....	10-41
Figure 10.3.5-6	潮流図 (2025 年オフピーク、揚水、 π 分岐接続、Halgran 単機容量 200MW).....	10-43
Figure 10.3.5-7	Halgran PSPP – Kotmale 三相地絡故障再閉路最終遮断	10-47
Figure 10.3.5-8	Halgran PSPP – New Polpitiya 三相地絡故障再閉路最終遮断	10-47
Figure 10.3.5-9	Halgran PSPP – Kotmale 三相地絡故障再閉路最終遮断	10-48
Figure 10.3.5-10	Halgran PSPP – New Polpitiya 三相地絡故障再閉路最終遮断	10-48
Figure 10.3.5-11	Halgran PSPP – Kotmale 三相地絡故障再閉路最終遮断	10-49
Figure 10.3.5-12	Halgran PSPP – Kotmale 三相地絡故障再閉路最終遮断	10-49
Figure 10.3.5-13	Halgran PSPP 発電機 1 台脱落.....	10-50
Figure 10.3.5-14	Halgran PSPP 発電機 1 台脱落.....	10-50
Figure 10.3.5-15	Halgran PSPP 発電機 1 台脱落.....	10-51
Figure 10.3.5-16	Halgran PSPP 発電機 1 台脱落.....	10-51
Figure 10.3.5-17	Halgran PSPP 発電機 1 台脱落.....	10-52
Figure 10.3.5-18	Halgran PSPP 発電機 1 台脱落.....	10-52
Figure 10.3.7-1	Forests at Halgran 3 Upper.....	10-54
Figure 10.3.7-2	Forests at Halgran 3 Lower.....	10-58
Figure 10.3.8-1	Land use pattern and locations of houses of the inundated area the Buffer Zone of Halgran Upper.....	10-62
Figure 10.3.8-2	Land use pattern and locations of houses of the inundated area the Buffer Zone of Halgran 3 Lower.....	10-64
Figure 10.4.2-1	Maha2 既往地質図による地質状況 (1:100,000).....	10-66
Figure 10.4.2-2	Maha 2 地表地質調査結果 (1:10,000).....	10-67
Figure 10.4.2-3	Maha 2 上池ダム軸断面 (1:10,000).....	10-70
Figure 10.4.2-4	Maha 2 水路地質断面 (1:10,000).....	10-70
Figure 10.4.2-5	Maha 2 下池ダム地質断面 (1:10,000).....	10-71
Figure 10.4.4-1	Connection Points from “Maha”.....	10-72
Figure 10.4.4-2	Transmission Line Route Plan from “Maha”.....	10-73
Figure 10.4.4-3	Population density and their growth rate along the route	10-76
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).....	10-79

Figure 10.4.5-2	潮流図 (2025 年雨季ピーク、発電、Kotmale 接続、Maha 単機容量 150MW).....	10-81
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)	10-83
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)	10-85
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).....	10-87
Figure 10.4.5-6	潮流図 (2025 年乾季ピーク、発電、Kotmale 接続、Maha 単機容量 150MW).....	10-89
Figure 10.4.5-7	潮流図 (2025 年乾季ピーク、発電、 π 分岐接続、Maha 単機容量 200MW)	10-91
Figure 10.4.5-8	潮流図 (2025 年乾季ピーク、発電、 π 分岐接続、Maha 単機容量 150MW)	10-93
Figure 10.4.5-9	潮流図 (2025 年オフピーク、揚水、Kotmale 接続、Maha 単機容量 200MW).....	10-95
Figure 10.4.5-10	潮流図 (2025 年オフピーク、揚水、Kotmale 接続、Maha 単機容量 150MW).....	10-97
Figure 10.4.5-11	潮流図 (2025 年オフピーク、揚水、 π 分岐接続、Maha 単機容量 200MW)	10-99
Figure 10.4.5-12	潮流図 (2025 年オフピーク、揚水、 π 分岐接続、Maha 単機容量 150MW)	10-101
Figure 10.4.5-13	Maha PSPP – Kotmale 三相地絡故障再閉路最終遮断.....	10-105
Figure 10.4.5-14	Maha PSPP – Kotmale 三相地絡故障再閉路最終遮断.....	10-105
Figure 10.4.5-15	Maha PSPP – Kirindiwela 三相地絡故障再閉路最終遮断.....	10-106
Figure 10.4.5-16	Maha PSPP – Kirindiwela 三相地絡故障再閉路最終遮断.....	10-106
Figure 10.4.5-17	Maha PSPP – Kotmale 三相地絡故障再閉路最終遮断.....	10-107
Figure 10.4.5-18	Maha PSPP – Kotmale 三相地絡故障再閉路最終遮断.....	10-107
Figure 10.4.5-19	Maha PSPP – Kirindiwela 三相地絡故障再閉路最終遮断.....	10-108
Figure 10.4.5-20	Maha PSPP – Kirindiwela 三相地絡故障再閉路最終遮断.....	10-108
Figure 10.4.5-21	Maha PSPP – Kotmale 三相地絡故障再閉路最終遮断.....	10-109
Figure 10.4.5-22	Maha PSPP – Kotmale 三相地絡故障再閉路最終遮断.....	10-109
Figure 10.4.5-23	Maha PSPP – Kirindiwela 三相地絡故障再閉路最終遮断.....	10-110
Figure 10.4.5-24	Maha PSPP – Kirindiwela 三相地絡故障再閉路最終遮断.....	10-110
Figure 10.4.5-25	Maha PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落.....	10-111
Figure 10.4.5-26	Maha PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落.....	10-111
Figure 10.4.5-27	Maha PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落.....	10-112
Figure 10.4.5-28	Maha PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落.....	10-112
Figure 10.4.5-29	Maha PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落.....	10-113
Figure 10.4.5-30	Maha PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落.....	10-113

Figure 10.4.5-31	Maha PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落.....	10-114
Figure 10.4.5-32	Maha PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落.....	10-114
Figure 10.4.5-33	Maha PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落.....	10-115
Figure 10.4.5-34	Maha PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落.....	10-115
Figure 10.4.5-35	Maha PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落.....	10-116
Figure 10.4.5-36	Maha PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落.....	10-116
Figure 10.4.7-1	Forests at Maha Lower	10-120
Figure 10.4.8-1	Land use pattern and locations of houses of the inundated area the Buffer Zone of Maha 2 Upper.....	10-124
Figure 10.4.8-2	Land use pattern and locations of houses of the inundated area the Buffer Zone of Maha Lower	10-126
Figure 10.5.2-1	Maha3 既往地質図による地質状況 (1:100,000).....	10-127
Figure 10.5.2-2	Maha 3 地表地質調査結果 (1:10,000).....	10-128
Figure 10.5.2-3	Maha 3 上池ダム軸地質断面 (1:10,000).....	10-130
Figure 10.5.2-4	Maha 3 水路地質断面 (1:10,000).....	10-130
Figure 10.5.7-1	Forests at Maha 3 Upper.....	10-132
Figure 10.5.8-1	Land use pattern and locations of houses of the inundated area the Buffer Zone of Maha 3 Upper.....	10-136
Figure 10.6.4-1	Connection Points from “Loggal”	10-138
Figure 10.6.4-2	Transmission Line Route Plan from “Loggal”.....	10-139
Figure 10.6.4-3	Population density and their growth rate along the route	10-143
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).....	10-147
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).....	10-149
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)	10-151
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)	10-153
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).....	10-155
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).....	10-157
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)	10-159
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)	10-161
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).....	10-163

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).....	10-165
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)	10-167
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)	10-169
Figure 10.6.5-13	Loggal PSPP – Kotmale 三相地絡故障再閉路最終遮断.....	10-173
Figure 10.6.5-14	Loggal PSPP – Kotmale 三相地絡故障再閉路最終遮断.....	10-173
Figure 10.6.5-15	Loggal PSPP – New Polpitiya 三相地絡故障再閉路最終遮断.....	10-174
Figure 10.6.5-16	Loggal PSPP – New Polpitiya 三相地絡故障再閉路最終遮断.....	10-174
Figure 10.6.5-17	Loggal PSPP – Kotmale 三相地絡故障再閉路最終遮断.....	10-175
Figure 10.6.5-18	Loggal PSPP – Kotmale 三相地絡故障再閉路最終遮断.....	10-175
Figure 10.6.5-19	Loggal PSPP – New Polpitiya 三相地絡故障再閉路最終遮断.....	10-176
Figure 10.6.5-20	Loggal PSPP – New Polpitiya 三相地絡故障再閉路最終遮断.....	10-176
Figure 10.6.5-21	Loggal PSPP – Kotmale 三相地絡故障再閉路最終遮断.....	10-177
Figure 10.6.5-22	Loggal PSPP – Kotmale 三相地絡故障再閉路最終遮断.....	10-177
Figure 10.6.5-23	Loggal PSPP – Kotmale 三相地絡故障再閉路最終遮断.....	10-178
Figure 10.6.5-24	Loggal PSPP – Kotmale 三相地絡故障再閉路最終遮断.....	10-178
Figure 10.6.5-25	Loggal PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落.....	10-179
Figure 10.6.5-26	Loggal PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落.....	10-179
Figure 10.6.5-27	Loggal PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落.....	10-180
Figure 10.6.5-28	Loggal PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落.....	10-180
Figure 10.6.5-29	Loggal PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落.....	10-181
Figure 10.6.5-30	Loggal PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落.....	10-181
Figure 10.6.5-31	Loggal PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落.....	10-182
Figure 10.6.5-32	Loggal PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落.....	10-182
Figure 10.6.5-33	Loggal PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落.....	10-183
Figure 10.6.5-34	Loggal PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落.....	10-183
Figure 10.6.5-35	Loggal PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落.....	10-184
Figure 10.6.5-36	Loggal PSPP 発電機 (1 ユニット) 脱落.....	10-184
Figure 10.6.7-1	Forests at Loggal Upper.....	10-186
Figure 10.6.7-2	Forests at Loggal Lower	10-189
Figure 10.6.8-1	Land use pattern and locations of houses of the inundated area the Buffer Zone of Loggal Upper.....	10-194
Figure 10.6.8-2	Land use pattern and locations of houses of the inundated area the Buffer Zone of Loggal Lower	10-196

第10章 候補地点の二次選定

10.1 概要

本章では、第9章にて選定された有力候補地点の中から、最有力候補1地点を選定する。9.6.8に示されたとおり、有力候補地点としては、候補11地点におけるランキングスタディーの結果、Halgran 3地点、Maha 2地点および Loggal 地点が選定された。

このうち、Maha 2地点では、その上池候補地点の近傍に別の有望な上池候補地点が新たに見出された。候補地点の一次選定と同様に、1/10,000地形図を利用した揚水発電計画では、技術的、経済的にもMaha 2地点と同等な揚水発電計画が立案できることが判明した。そこで、自然社会環境面の概略調査、地質面の概略調査を行った結果、重大な問題は見出されなかった。よって、本上池候補地点もMaha 2計画の上池代替案として、以降の検討に取り込むこととした。下池は、もともとのMaha 2計画と同一の地点であるが、以降この新たに見出された上池候補地点による計画をMaha 3計画と記述することとする。

従って、候補地点の二次選定（最有力候補の選定）では、3地点4計画を対象として行うこととなる。

10.2 最有力候補地点の評価概要

10.2.1 環境調査(2)の概要

(1) 目的

候補地点の第二次選定（最有力候補地点の選定）で、3か所有力候補地点における自然・社会環境への影響を比較するために、各サイト（上ダム/貯水池および下ダム/貯水池）および各地点からの送電線ルートでの自然・社会環境の情報を収集した。

(2) 方法

- 1) 各サイト（上ダム/貯水池および下ダム/貯水池）の自然・社会環境の現状について現場調査によって詳細な情報を収集する。必要に応じて、地元政府機関等から2次情報を収集する。
- 2) 動植物調査では、標準的なサンプル調査を実施する。季節的な理由やその他の障害によって収集が難しい情報については、論文などの参考文献を利用して情報を収集する。
- 3) 社会環境については、世帯別に質問形式の情報収集を実施し、その結果を取りまとめる。
- 4) 土地利用状況については、現地踏査によって土地利用区分を明確にし、表形式と地図に表す。

(3) 調査対象範囲

各サイトで「直接影響地域：予定ダムサイトおよび貯水池」「バッファ：予定最高水位とダムサイトから 500m の範囲（または集水域の境界まで）」を対象とし、その範囲内で調査を実施した。

(4) 調査での課題

1) Loggal 地点

揚水発電最有力候補地点（3 地点から 1 地点）選定のための環境調査 (2) を第 2 回 SHM 終了後 2013 年 12 月から開始した。Loggal 地点を最初の調査開始場所として、地域住民を含めたコンサルテーションを開催したところ、一部の参加者から当該案件に対する強い反対意見があった。その声が地方選出国會議員にまで届き、調査を中止するよう正式な依頼がその議員からエネルギー省（Ministry of Power and Energy; MOPE、CEB 上部機関）にあったため調査を一旦中断した。その後の協議により調査を再開したが、地域住民を刺激しないことが条件となったため、社会調査（戸別訪問等）は実施せず、既存の文献資料、地方行政にある基礎情報収集、地方行政職員への聞き取りによる情報収集のみを行った。そのため、調査精度は他の地点と比べ劣る。

2) Maha2 地点（上ダム/貯水池）

Loggal 地点で生じたような調査中断が、他 2 地点（Halgran、Maha）でも起こらないよう CEB から地方行政機関（Divisional Secretariat Office 及び Grama Niladhari）、地方議會議員等関係者（Pradeshiya Sabha）や紅茶会社（tea estate）に説明を行い、調査への協力を求め、さらに環境調査メンバーが現地に入る際には、地方行政職員が同行するなどして、調査を実施した。

Maha 2 上ダム/貯水池候補地点は 1 つの紅茶会社により運営されている場所であり、上記手順で調査実施のための調整を行った。しかし、環境調査再委託先である Peradeniya 大学が調査を開始しようとしたところ、紅茶会社の管理者から調査への強い反対があり、環境調査の一部が実施できなかった。そのため、既存の文献資料、地方行政にある基礎情報収集、地方行政職員への聞き取りによる情報収集にとどまり、調査精度は他の地点と比べ劣る。

(5) 送電線ルートに関する環境社会配慮と評価

選定された 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の環境社会配慮とその評価について、以下のような手順で実施した。

- 1) 技術的側面からのルートを検討（詳細は 10.3.4、10.4.4、10.6.4 を参照）
- 2) 1)の結果と保護区との位置関係からのルートを検討（詳細は 10.3.4、10.4.4、10.6.4 を参照）

保護区の位置については、2013 年 4 月に CEA から入手した「Sensitive Area Maps」を検討資料とした。送電線ルートは、不確定要素を考慮して 3-4 km の幅で示した。

3) 各ルートについて調査・評価

各ルートについて環境調査(2)の一環として、以下の項目について既存データを使って調査を実施し、評価を行った。

- a) 人口稠密地の位置と程度
- b) 障壁と位置(保護区(再確認)、IBAs、鳥類の渡りのルート、市街地、集落、病院、遺跡、寺院、軍事施設など)

10.2.2 地形・地質調査(1)の概要

有望地点3地点を対象とする地質・地形調査を実施した(正確にはMaha 2, Maha 3, Halgran 3, Logalの4地点)。これらの調査結果は最有望地点抽出を目的とすると同時に、次段階のPre-FS調査の基礎となることも目的とする調査である。しかしながら、Logal地点の調査に関しては地元住民および地方政府許認可が得られなかったことから着手することができなかった。その結果、2地点3候補(Maha 2, Maha 3, Halgran 3)の実施となった。

調査内容の概要をTable 10.2.2-1に示す。

Table 10.2.2-1 地質調査(1)の概要

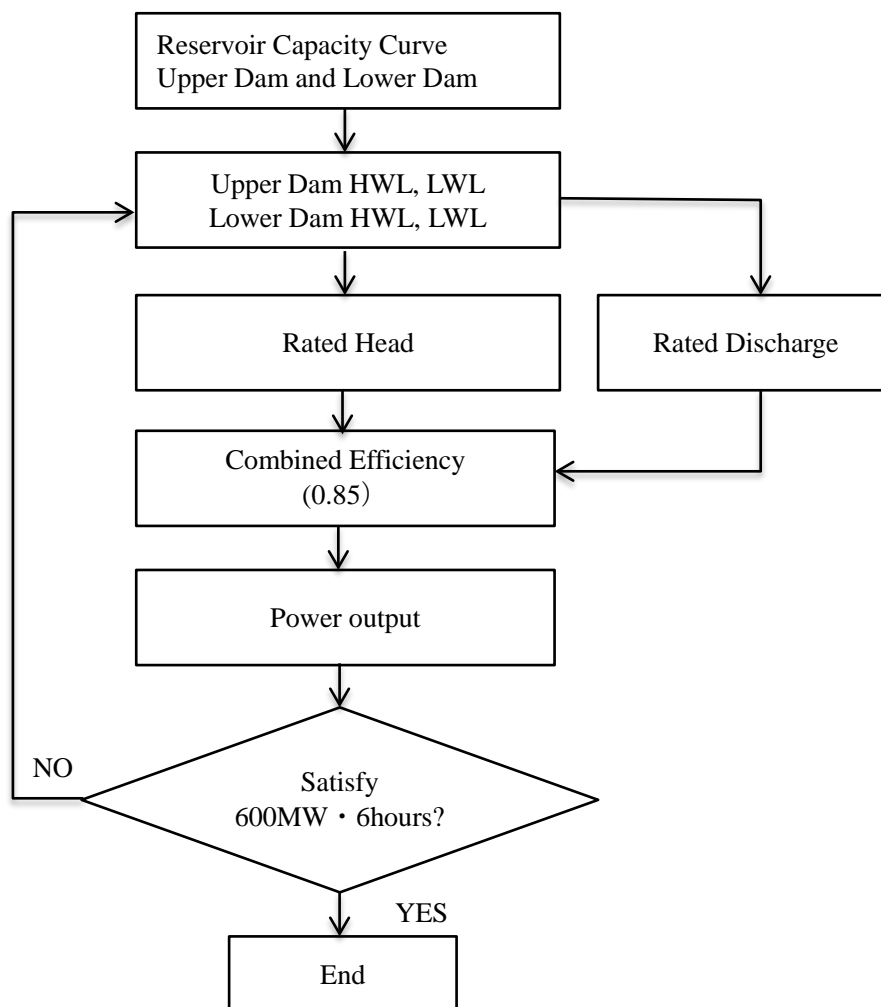
	Quantity
Topographic Survey (T-1)	
Site	2 candidate sites for 3 options (Maha2, Maha3, Halgran 3. *Loggal cancelled)
Area	Maha 2 (1.18 km ²), Maha 3 (1.14 km ²), Halgran 3 (2.57 km ²)
Scale	1:5,000
Methodology	Topography survey at Lower reservoir, Upper reservoir, and Water route
	1) Ground control survey for topographic survey and mapping
	2) Installation of new bench marks
	3) Ground mapping at a scale of 1:5,000 for Upper reservoir, Lower reservoir, Dams, Intake and Outlet area respectively. (water route excluded)
Geological Survey (G-1)	
Site	2 Candidate sites for 3 options (Maha 2, Maha3, Halgran 3. *Loggal site cancelled)
Area	Maha 2 and Maha 3 (10km ²), Halgran 3 (15km ²)
Scale	1:10,000
Methodology	Geological survey at whole area covering Lower reservoir, Upper reservoir, Water route, material sites
	1) Collection of available data and maps
	2) Aerophotograph, satellite image study
	3) Geological survey of the candidate sites
	a) Geological mapping
	b) Geotechnical study

(出典：調査団作成)

10.2.3 揚水発電計画の見直し

地形測量により作成した 1/5,000 地形図（有力候補地点の選定は 1/10,000 地図を利用）により上池ダム、下池ダムの貯水池容量曲線を見直し、必要な有効容量、満水位 (HWL)、低水位 (LWL)、ダム高を見直しする。

具体的には、必要な上池、下池ダム容量の精度が向上するので、ダム高（堤体体積）の精度も向上する。また、上池・下池の基準水位（基準落差）を見直し、ポンプ水車効率（総合効率=0.85）固定のもと、使用水量の決定を互いにフィードバックして求める。Figure 10.2.3-1 に揚水発電計画見直しのフローを示す。



(出典：調査団作成)

Figure 10.2.3-1 揚水発電計画見直しフロー

10.2.4 ポンプ水車の製作限界の見直し

9.4.3 に示したとおり、有力候補地点 3 地点はいずれも単機容量 200MW のポンプ水車の製作限界基準を満足することが出来る地点である。ここでは、10.2.3 により見直しされた揚水発電計画の諸元を用いて、再度ポンプ水車の製作限界について精査した。検討内容については 9.4.3 を参

照のこと。単機容量 200MW および 150MW に対して、検討の結果は Table 10.2.4-1 および Table 10.2.4-2 に示すとおりである。

なお、Halgran3 計画では、1 次選定の段階で、明らかに単機容量 150MW に関しては製作限界基準を満足できないという結果を得ていたことから、計画立案の対象より除外したため、ここでも製作限界基準に対する精査の対象より除外している。

Loggal 計画については、単機容量 200MW、150MW とともに適用可能と判定されるものの、150MW 案では、ランナ入口高さ (B1) が 202mm (製作上の限界は 200mm 以上) と計算される結果を得ており、適用限界の境界付近にあるものと判断される。

Table 10.2.4-1 ポンプ水車製作限界検討結果 (200MW×3units)

Candidate site	unit	Halgran 3	Maha 2	Maha 3	Loggal
Maximum Gross Pumping Head	m	677.34	448.93	512	591.33
Effective Head	m	643.47	426.48	486.4	561.76
Discharge	m ³ /s	111.94	168.89	148.09	128.22
Installed Capacity (total)	MW	609	621	612	609
Turbine unit Out-put	kW	207,000	211,000	208,000	206,000
Rotation Speed	min-1	600	429	429	500
Manufacturing Limiation (200 MW*3units)					
(1) Dimension of Runner					
Inlet Dia (D1)	mm	3,500	3,530	4,310	3,940
Inlet Height (B1)	mm	210	339	278	264
Evaluation		OK	OK	OK	OK
(2) Specific Speed					
Pump Specific Speed >25	m-m ³ /s	26.1	32.8	30.4	28.1
K _q <4300		3,665	3,219	3,014	3,269
Power Specific Speed	m-kW	84.2	101.7	85.7	83.0
Evaluation		OK	OK	OK	OK

(出典：調査団作成)

Table 10.2.4-2 ポンプ水車製作限界検討結果 (150MW×4units)

Candidate site	unit	Maha 2	Maha 3	Loggal
Maximum Gross Pumping Head	m	450.4	513.06	591.33
Effective Head	m	427.88	487.4	561.76
Discharge	m ³ /s	168.34	147.78	128.22
Installed Capacity (total)	MW	600	600	612
Turbine unit Out-put	kW	157,000	156,000	156,000
Rotation Speed	min-1	429	500	600
Manufacturing Limiation (150MW*4units)				
(1) Dimension of Runner				
Inlet Dia (D1)	mm	4,020	3,660	3,260
Inlet Height (B1)	mm	264	231	202
Evaluation		OK	OK	OK
(2) Specific Speed				
Pump Specific Speed >25	m-m ³ /s	32.7	30.4	28.1
Kq <4300		2,783	3,039	3,923
Power Specific Speed	m-kW	87.3	86.2	86.7
Evaluation		OK	OK	OK

(出典：調査団作成)

10.2.5 送電線

(1) 接続の形態

揚水発電所からの送電線を既設の送電系統へ接続する方法としては、下記のようなものが考えられる。

1) 電気所への接続

電気所（発電所、変電所、及び、開閉所等）のスイッチヤードへ接続する方法である。揚水発電所からの送電線は、1ルート（2回線）のみで構成可能となる。この接続方法の場合、電気所のスイッチヤード内に、新規送電線引込用のベイスペースが確保されている必要がある。

2) 既設送電線への分岐接続

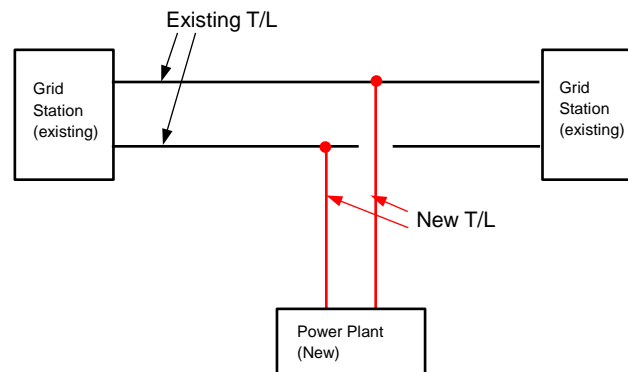
既設送電線へ分岐接続する方式である。

「T分岐接続」と「 π 分岐接続」に大別される。

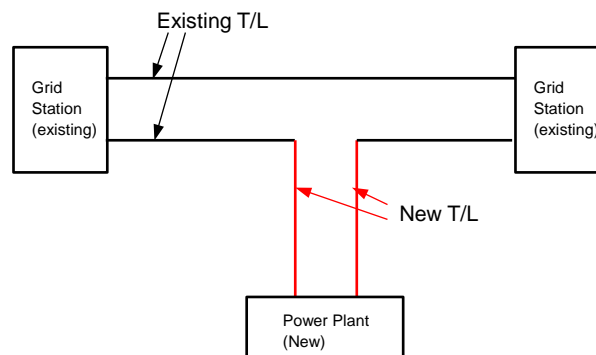
「T分岐接続」の場合、分岐側送電線は1ルート（2回線）のみで構成可能となる。分岐側に接続される発電所の開閉機器や保護装置の新設も、1ルート（2回線）の送電線用のみが必要となる。このため、建設費用は抑えられる。しかし、系統の保護区間は分岐線を含めて同一となるため、系統信頼度は低下する。また、送電線の保守作業上も、分岐側送電線区間のみでの線路停止は困難となり、既設送電線の線路停止時期との調整の必要が生じる。なお、CEBの系統規則では、220kV系統へのT分岐接続は許可されていないため、この接続方式は本検討では実施不可である。

「 π 分岐接続」は、「1回線 π 接続」と「2回線 π 接続」がある。「1回線 π 接続」の場合は、分岐側送電線は1ルート（2回線）のみで構成可能となる。2回線の分岐側送電線を、接続先となる既設送電線の片回線側のみに接続する方式である。適用に当たっては、送電容量や潮流条件を考慮し、適用可否を確認する必要がある。「2回線 π 接続」の場合は、分岐側送電線は2ルート（4回線）の新設が必要となる。開閉機器や保護装置も2ルート（4回線）分が必要となるため、建設費用は「T分岐接続」や「1回線 π 接続」の2倍になる。しかし、系統の保護区間が分岐点（分岐側に接続される揚水発電所）で分割されることから、系統信頼度は向上する。

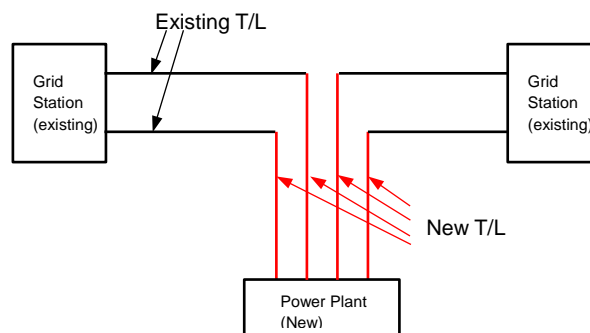
i) T-Connection



ii) PI-Connection (one circuit)



iii) PI-Connection (two circuits)



(出典：調査団作成)

Figure 10.2.5-1 既設送電線への接続方法

(2) 送電容量

1) 揚水発電所の最大入出力

提案されている揚水発電所の定格発電容量は600MWであるが、サイトや運転モードによっては600MWを超える入出力となる場合もある。送電システムの検討に使用した発電所側の最大容量をTable 10.2.5-1に示す。

Table 10.2.5-1 候補地点の最大入力・出力

Site	Unit number	Maximum Input/Output	
		Generating Mode (Output)	Pumping Mode (Input)
Maha	3 Units	200 MW x 3 Units = 600 MW	194 MW x 3 Units = 582 MW
	4 Units	150 MW x 4 Units = 600 MW	151 MW x 4 Units = 604 MW
Halgran	3 Units	200 MW x 3 Units = 600 MW	228 MW x 3 Units = 684 MW
Loggal	3 Units	200 MW x 3 Units = 600 MW	212 MW x 3 Units = 636 MW
	4 Units	150 MW x 4 Units = 600 MW	169 MW x 4 Units = 676 MW

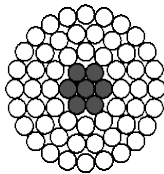
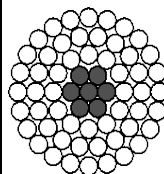
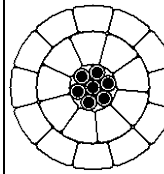
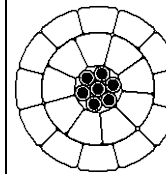
(出典：調査団作成)

揚水発電所に接続される送電線の容量は、1回線の短時間送電容量（2回線送電線中の1回線事故時に、残りの1回線で、短時間に限り許容される送電容量）で、発電所の最大出力を確保できるように設定する必要がある。

2) 電線種類

Table 10.2.5-2に、今回適用が可能な電線種類を示す。

Table 10.2.5-2 適用可能な導体タイプの仕様

Description	Unit	ACSR Zebra	TACSR/AS Zebra	Low Loss ACSR/AS	Low Loss TACSR/AS
Nominal Diameter	mm	28.62	28.62	28.62	28.62
Cross Sectional Area					
Aluminium	mm ²	428.9	428.9	550.4	550.4
Steel Core	mm ²	55.59	55.59	40.08	40.08
Total	mm ²	484.5	484.5	590.5	590.5
Nominal Weight	kg/k	1,621	1,555	1,814	1,814
Ultimate Tensile	kN	131.9	130.4	140.9	140.9
DC Resistance at 20°C	Ω/km	0.0674	0.0657	0.0519	0.0526
Cross Section					

(出典：調査団作成)

CEB の 220kV 送電線では「ACSR Zebra×2 導体」が一般的である。

但し、計画中の送電線（220kV Habarana – Veyangoda T/L : 2016 運開予定）では、「Low Loss TACSR/AS 550mm²」が採用される見込みとなっている。

3) 送電容量及び電線種類

CEB が採用している「ACSR Zebra×2 導体」の送電容量は Table 10.2.5-3 に示す。

Table 10.2.5-3 ACSR Zebra の送電容量

Item	Unit	ACSR Zebra	
		Normal (Continuous)	Contingency (Short time)
Transmission Capacity (x 2 conductors / phase)	MW	484	581

(出典：調査団作成)

他の 3 種類については、日本で採用されている計算手法で送電容量を算出すると、Table 10.2.5-4 のようになる。(CEB では、これらの電線種はまだ採用実績がない。)

参考として、日本の計算手法で計算された ACSR Zebra の送電容量も Table 10.2.5-4 に示す。

Table 10.2.5-4 送電容量の計算

Item	Unit	ACSR/AS Zebra		TACSR/AS Zebra		Low Loss ACSR/AS 550mm ²		Low Loss TACSR/AS 550mm ²	
		Normal (Continuous)	Contingency (Short time)	Normal (Continuous)	Contingency (Short time)	Normal (Continuous)	Contingency (Short time)	Normal (Continuous)	Contingency (Short time)
Allowable current									
T _{max} : Maximum Temperature	°C	75	90	150	180	75	90	150	180
T : Ambient Temperature	°C	32	32	32	32	32	32	32	32
θ : Temperature Rise from Ambient Temperature	°C	43	58	118	148	43	58	118	148
V : Wind Velocity	m/s	0.447	0.447	0.447	0.447	0.447	0.447	0.447	0.447
d : Diameter of Conductor	cm	2.862	2.862	2.862	2.862	2.862	2.862	2.862	2.862
η : Radiation Factor	-	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
W _s : Solar Radiation	W/cm ²	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
R ₂₀ : DC Resistance at 20°C	Ω/km	0.0674	0.0674	0.0657	0.0657	0.0519	0.0519	0.0519	0.0519
R _t : AC Resistance at T _{max} of Conductor Temperature R _t = R ₂₀ × 1.05 [1 + 0.00403 × (T _{max} - 20)]	Ω/km	0.0865	0.0907	0.1051	0.1135	0.0666	0.0699	0.083	0.0896
h _w : Heat Loss Coefficient by Convection (by Rice) $h_w = 5.72 \times 10^{-3} \frac{\sqrt{d}}{(273 + T + \frac{\theta}{2})^{0.123}}$	-	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011
h _r : Heat Loss Coefficient by Radiation (by Stefan Boltzman) $h_r = 5.67 \times 10^{-4} \frac{(\frac{273 + T + \theta}{100})^4 - (\frac{273 + T}{100})^4}{\theta}$	-	0.0008	0.0009	0.0011	0.0013	0.0008	0.0009	0.0011	0.0013
I : Allowable Current $I = \sqrt{\frac{\{h_w + \eta \left(h_r - \frac{W_s}{\pi \theta} \right)\} d \theta \pi}{R_t}}$	A	675	870	1347	1546	770	991	1516	1740
Transmission Capacity (x 2 conductor / phase)									
V : Voltage	kV	220	220	220	220	220	220	220	220
I × 2 : Allowable Current (x 2 conductors / phase)	A	1350	1740	2694	3092	1540	1982	3032	3480
cos θ : Power Factor	-	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
P : Transmission Capacity $P = \sqrt{3} \times V \times I \times 2 \times \cos \theta$	MW	463	597	924	1060	528	680	1040	1193

(出典：調査団作成)

Table 10.2.5-3 より、「ACSR Zebra×2 導体」×1 ルートでは、今回提案される揚水発電所からの送電線として、必要な送電容量は確保できない。

他の3種類の電線種であれば、1ルートのみで必要な送電容量が確保可能となる。ここでは、Standardization の意味から、CEB の将来送電線で採用見込みとなっている「Low Loss TACSR/AS 550mm²×2 導体」を選定することとした。(送電容量の面では、1ランク下の「Low Loss ACSR/AS 550mm²×2 導体」でも可能であり、本検討の系統解析上は、より厳しい条件となる、この「Low Loss ACSR/AS 550mm²×2 導体」と設定し計算実施した。)

一方、2回線π分岐接続の場合は、分岐送電線が2ルート(4回線)必要となるが、この場合は「ACSR Zebra×2 導体」で必要な送電容量を確保可能であるため、これを選定することとした。

10.2.6 系統安定

(1) 概要

有力候補地点の揚水発電所が CEB の既設送電網へ問題なく接続可能かどうか、系統解析により確認した。以下に、実施した各解析の目的を示す。

1) 潮流解析

システムの通常状態、また N-1 条件¹で送電線過負荷、電圧の異常が生じないことを確認する。

2) 短絡容量解析

本プロジェクトに関連する変電所で三相短絡故障が発生した場合の故障電流を計算し、その電流が通常の遮断器で遮断可能であることを確認する。

3) 安定度解析

a) 三相地絡故障

送電線三相地絡故障が発生した場合、発電機が安定に運転できるかを確認する。

b) 発電機(1ユニット)脱落

揚水発電所1台がトリップした場合、周波数変動が基準を満足することができるか確認する。

(2) 解析条件

1) 需要断面

2025年の需要断面で過酷な状況である下記のケースで系統解析を実施した。

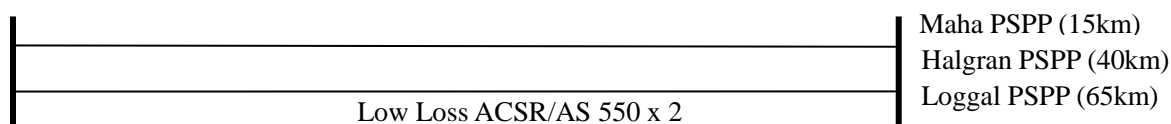
- 雨季夜間ピーク — 発電
- 乾季夜間ピーク — 発電
- オフピーク — 揚水

¹ 1回線で事故が生じても残りの健全な設備で送電が可能とする条件。

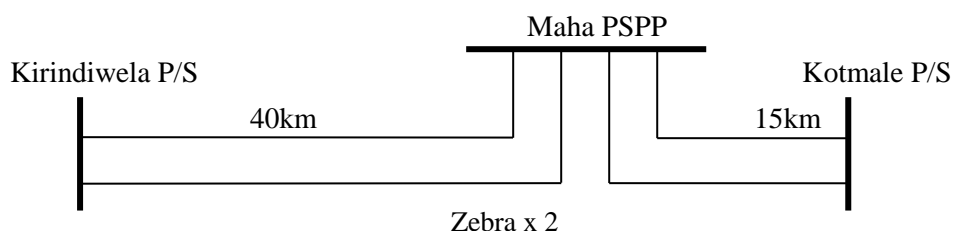
2) 揚水発電所の送電系統

- Maha 揚水発電所 200MW × 3units or 150MW × 4units
- Halgran 揚水発電所 200MW × 3units
- Loggal 揚水発電所 200MW × 3units or 150MW × 4units
- 送電線は Maha、Halgran、Loggal 揚水発電所から 220kV 送電線 2 回線で Kotmale に接続する場合と、既設の Kotmale – Kirindiwela 間の送電線から 4 回線で Maha 揚水発電所に引き込む場合、及び新設される Kotmale – New Polpitiya 間の送電線から 4 回線で Halgran、Loggal 揚水発電所に引き込む場合の 3 ケースで検討する。
- 送電線種は CEB との打合せで確認した結果から、Kotmale に接続する場合、1 回線を停止した状態において、短時間容量を超過しない Low loss ACSR/AS 550×2 導体とした。

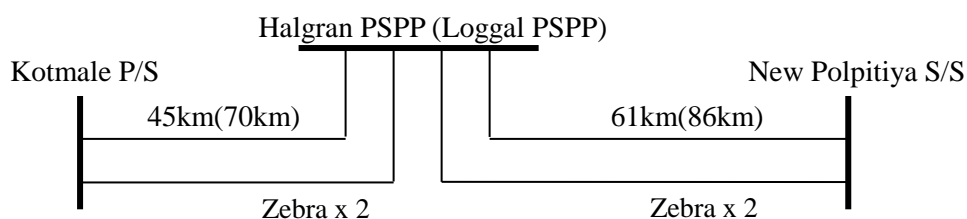
Kotmale P/S



a) Kotmale に接続するケース



b) Kotmale – Kirindiwela 間の送電線に接続するケース



c) Kotmale – New Polpitiya 間の送電線に接続するケース

(出典：調査団作成)

Figure 10.2.6-1 揚水発電所の送電系統

3) 揚水機定数

Table 10.2.6-1 から Table 10.2.6-5 に揚水機定数を示す。尚、主要変圧器については、容量は発電機と同値とし、インピーダンスは 0.12pu とした。

Table 10.2.6-1 Maha 揚水発電所の発電機定数 (200MW)

Capacity	$T_{do'}$	T_d'	H	X_d	X_q	X_d'	X_d''	X1
241MVA	11.8s	3.64s	3.67s	0.781pu	0.542pu	0.241pu	0.167pu	0.0936pu

(出典：調査団作成)

Table 10.2.6-2 Maha 揚水発電所の発電機定数 (150MW)

Capacity	$T_{do'}$	T_d'	H	X_d	X_q	X_d'	X_d''	X1
179MVA	10.5s	2.8s	3.41s	0.901pu	0.621pu	0.24pu	0.17	0.0954pu

(出典：調査団作成)

Table 10.2.6-3 Halgran 揚水発電所の発電機定数 (200MW)

Capacity	$T_{do'}$	T_d'	H	X_d	X_q	X_d'	X_d''	X1
233MVA	12.6s	3.12s	3.79s	0.952pu	0.658pu	0.236pu	0.163pu	0.0914pu

(出典：調査団作成)

Table 10.2.6-4 Loggal 揚水発電所の発電機定数 (200MW)

Capacity	$T_{do'}$	T_d'	H	X_d	X_q	X_d'	X_d''	X1
238MVA	12.6s	3.06s	3.67s	0.971pu	0.671pu	0.236pu	0.163pu	0.0914pu

(出典：調査団作成)

Table 10.2.6-5 Loggal 揚水発電所の発電機定数 (150MW)

Capacity	$T_{do'}$	T_d'	H	X_d	X_q	X_d'	X_d''	X1
174MVA	11.3s	2.79s	3.49s	0.952pu	0.655pu	0.235pu	0.166	0.0933pu

(出典：調査団作成)

(3) 基準

1) 電圧基準

- -10% ~ +10%

2) 周波数基準

周波数運用基準を下記に示す。N-1 故障発生時については、上限値はスリランカの火力の警報値である 51.5Hz、下限値は需要遮断が行われる 48.75Hz とした。

- 通常運用時 定格 50Hz ± 1% 以内

- N-1 故障発生時 48.75Hz ~ 51.5Hz

3) 安定度解析

下記の故障シーケンスで送電線三相地絡故障が発生した場合、発電機が安定して運転できることを確認する。(代表として事故発生後に発電機内部相差角が収束することを確認する。)

- 0.0s Simulation Start
- 1.0s Three Phase Fault
- 1.12s Fault Line Trip
- 1.62s Line Re-Close with Fault
- 1.74s Fault Line Trip
- 30.0s Simulation End

4) 短絡容量基準

- 40kA

10.2.7 概算工事費

9.4.4 に示した方法により概算工事費を算定する。9.4.4 からの主要な変更点は、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 1/5,000 地形図を用いて、上ダム・下ダムの数量を精査すること、10.2.3 において見直しした揚水発電計画の主要諸元を用いて、電気工事費を精査すること、送電線工事費および建設中利子を新たに追加すること、等である。

建設中利子の利率は、円借款の適用を前提として、円借款の利率、総建設費に占める円借款の適用比率を次のように想定し、円借款と円借款以外の資金の加重平均により求めた。

円借款資金の利率	1.4%
円借款以外の資金の利率	10.0%
円借款資金の適用比率	85%
円借款以外の適用比率	15%
建設中利率	2.69%

10.3 Halgran 3 計画

10.3.1 計画概要

本地点は、Halgran 川の西側を流れる支流に上池を設置し、その下流に下ダムを設置することにより得られる落差を利用する 600MW、等価ピーク継続時間 6.0 時間の揚水発電計画である。本計画は、落差が大きく単機出力 150MW の適用が不可であるため、単機出力 200MW×2 台の計画を立案した。基準有効落差、最大使用水量はそれぞれ 643.47m、111.94m³/s である。

水路水平延長 L(m)と総落差 H(m)の比は、L/H=6.6 である。

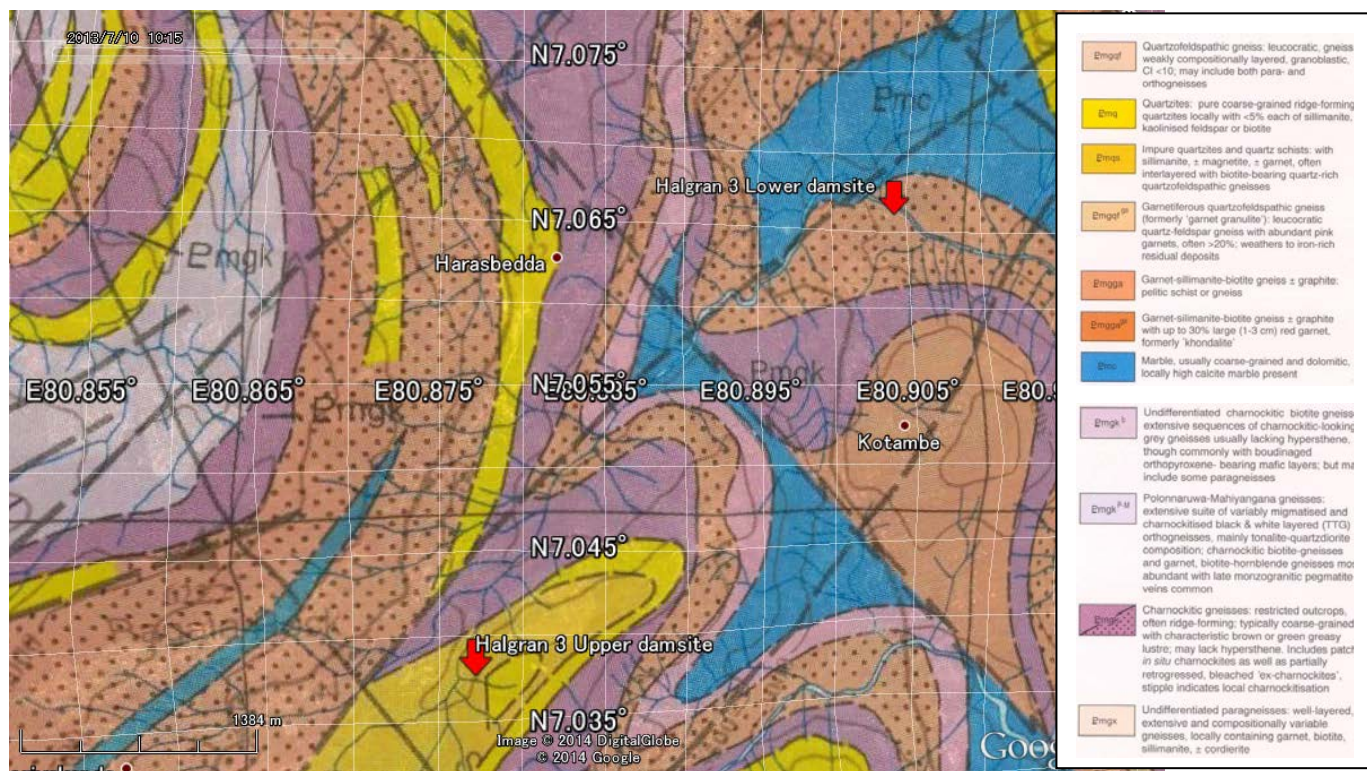
10.3.2 地質

(1) 概要

既往地質図によると、本地点は片麻岩およびクォーツァイト（珪質岩）であり、下池に石灰岩が広く分布する。

これによると上池はクォーツァイト（珪質岩）およびクォーツァイト片岩からなり、向斜構造の北翼とされ全体に SW 傾斜の単斜構造とされる。下池は向斜構造の南翼とされ NE 傾斜の単斜構造とされている。下池の岩種はチャノカイトおよび石灰岩である。石灰岩は貯水池の左岸側に広く分布し、ダム軸上流から下流まで広がっているとされる。既往地質図では断層も複数想定されており、特に水路が中央部で NW-SE 系断層を横切ることになっているが、この断層は明瞭な断層変位を伴い、断層近傍片麻岩中にバンド状の石灰岩を挟在する。これが事実であれば水路掘削時に破碎劣化した石灰岩に起因する地質上の問題を生じる可能性が想定された。このほか、下池貯水池上端で NE-SW 断層が貯水池を横断している。

既往地質図（1: 100,000）を Figure 10.3.2-1 に示す。



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

Figure 10.3.2-1 Halgran 3 既往地質図による地質状況 (1:100,000)

(2) 地表地質調査結果

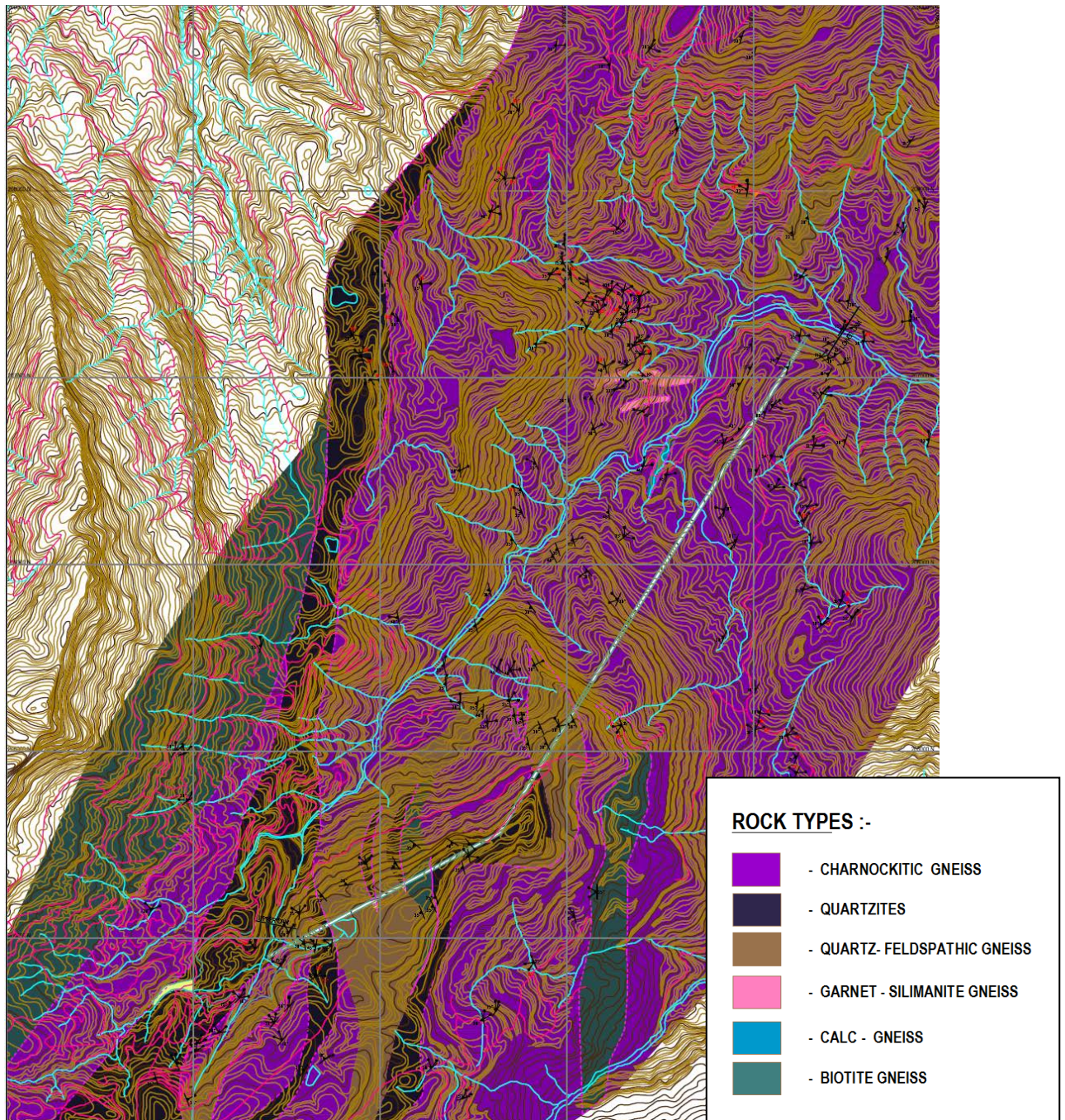
再委託調査により実施、編集した地表地質図 (1:10,000) を Figure 10.3.2-2 に示す。主要な結果は下記のとおりである。

上池地点は、ダム軸部は深い V 字谷に位置し、NE 方向に流下する河川に向かい両岸より 30-45 度での小河川の流入がある。貯水池はダム軸 SW に延伸した、周囲より小規模河川が流れ込む盆状凹地形を呈している。下池は同じ河川の NE 3km 下流に位置し、貯水池部で NE から E 方向に転回し、その結果左岸側に広く緩い傾斜面と右岸側にやや中傾斜面をなす開析地を呈している。

地表調査の結果、全域の地質構造は既往地質図 (1:100,000) とほぼ整合的していることが確認されたが、一部は異なる結果となった。上池ダムでの主な岩種はクオーツァイト (珪質岩)、石英長石片麻岩で、これらは基本的に既往地質図と合致している。しかし、下池では全域をチャノカイトが覆っていて、石灰岩はわずか一地点で小規模な露頭を確認したのみであった。

クオーツァイト (珪質岩) は堅硬であるが亀裂が多く、対してチャノカイトは塊状堅硬な岩である。

また、既往地質図 (1:100,000) での 2 断層に加え、NE-SW リニアメントが 1 本、上池ダムを横断する方向に抽出されたほか、下池ダムにも E-W リニアメントが横断する方向で抽出された。ただしいずれのリニアメントも現地露頭には兆候を確認できなかった。



(出典:調査団作成)

Figure 10.3.2-2 Halgran 3 地表地質調査結果 (1:10,000)

Table 10.3.2-1 Rock Mass Classification by the CRIEPI

Grade	Description
A	The rock mass is very fresh, and the rock forming minerals and grains undergo neither weathering nor alteration. Joints are extremely tight and their surfaces have no visible sign of weathering. Sound by hammer blow is clear.
B	The rock mass is solid. There is no open joint and crack (even of 1 mm). But rock forming minerals and grains undergo a little weathering and alteration partly. Sound by hammer blow is clear.
CH	The rock mass is relatively solid. The rock forming minerals and grains undergo weathering except for quartz. The rock is contaminated by limonite, etc. The cohesion of Joints and cracks is slightly decreased and rock blocks are separated by firm hammer blow along joints. Clay minerals remain on the separation surface. Sound by hammer blow is a little dim.
CM	The rock mass is somewhat soft. The rock forming minerals and grains are somewhat softened by weathering, except for quartz. The cohesion of Joints and cracks is somewhat decreased and rock blocks are separated by ordinary hammer blow along the joints. Clay materials remain on the separation surface. Sound by hammer blow is somewhat dim.
CL	The rock mass is soft. The rock forming minerals and grains are softened by weathering. The cohesion of Joints and cracks is decreased and rock blocks are separated by soft hammer blow along the joints. Clay materials remain on the separation surface. Sound by hammer blow is dim.
D	The rock mass is remarkably soft. The rock forming minerals and grains are softened by weathering. The cohesion of joints and cracks is almost absent. The rock mass collapses by light hammer blow. Clay materials remain on the separation surface. Sound by hammer blow is remarkably dim.

(出典：電力中央研究所)

(3) 地質工学的評価

1) 上池ダム

本地点の基礎は中、弱風化 (moderately, slightly weathered) ～新鮮なクオーツァイト (珪質岩) から構成される。右岸には新鮮な石英長石質片麻岩が分布するが、ダム天端より上部に限定される。地表部では大半を風化残留土が被覆しており、大半 2m と薄い、河床部は 1-5m である。クオーツァイト (珪質岩) は十分な強度を有するが亀裂を発達させやすく、潜在的に風化が深部に及ぶ懸念がある。

基本的にクオーツァイト(珪質岩)は CH、一部 CM 級とみなせる。しかし止水性は基礎部での透水試験により十分確認する必要がある。

クオーツァイト (珪質岩) 全体の層理面は平均してダム軸で N50E、20-35NW 傾斜で、ダム軸に対し左岸側、ほぼ直交だが若干下流の傾斜となる。この方向はクオーツァイト (珪質岩) に亀裂面が多いことから、強いて言えば不利である。

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

全域をクオーツァイト (珪質岩)、しかし上流にいくにつれチャノカイトが優勢となる。表層を風化残留土が薄く 1-2m で被覆する。クオーツァイト (珪質岩) には亀裂発達の懸念があるが保水性には全般に問題はないと想定される。しかし、左岸側ダム軸より 300m 上流で左岸側斜面が薄く、尾根反対側の隣接河谷は標高が N 側で貯水池より低く移行しており、

しかも同河谷にそっては NE-SW 断層が既往地質図 (1:100,000) には想定されている。この河谷はおそらくはクオーツァイト (珪質岩) と西側のチャノカイトを境している地質境界である可能性があり、かなり深い風化を伴っている可能性がある。その場合適切な止水が必要となるため、追加調査が必要と判断している。

3) 水路

全長約 4.7km で、候補地中最長である。

主要岩種は、上流部 2km がクオーツァイト (珪質岩)、石英長石片麻岩で、以降下流部にかけてチャノカイトが分布する。上流部で小規模な黒雲母片麻岩を挟むが一部である。これら岩種の境界付近に NW-SE 系断層が水路を横断する可能性がある。

上流地表部では強風化 (highly weathered) クオーツァイト (珪質岩) が大半を占める。岩盤、岩片自体の強度は十分高く、そのため山体は急峻で浸食を受けていないが、風化は比較的深部まで及んでいる可能性がある。主要な層理面は NE-SW だが一定していない。

導水路付近の深度では、風化は弱まり CM 級は期待できると思われる。あるいは CH 級とも想定される。しかし深部風化も想定され、また亀裂沿いに調圧水路近傍でも透水性が高い可能性がある。

下流側の水路部はチャノカイトで、CH-B 級は全般に推定される。しかし全般の層理面がほぼ NE-SW、NW 傾斜と揃っており、これは水路方向とほぼ平行になるため (ex. N30-40、NW 15-20 度)、掘削上は不利である。

推定される水路途中の NW-SE 断層は地表部で急峻な崖地形を呈し、崖錐を堆積させている。地質上の弱層部 (例えば過去の断層活動箇所) の可能性があると考えられ、現在は固結している断層だとしても、何らかの影響を掘削時に及ぼす懸念はある。

4) 地下発電所

地下発電所地点の地質はチャノカイトである。全般に塊状で亀裂が少ない。全般に CH-B 級岩盤と推定される。NW-SE 断層からの離間を確保するかぎり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、チャノカイトで、右岸基盤では弱風化 (slightly weathered) ~ 新鮮で、左岸では中風化 (moderately weathered) である。右岸では表層を崖錐が薄く 2m 程度被覆、左岸では岩石起源の砂質~粘土質風化残留土が 1-2m 被覆する程度である。河床部は新鮮な基盤があり河床堆積物厚は 1-2m と薄い。一部左岸側アバットが薄くなってやや風化したチャノカイトが分布 (moderately weathered) している。同地点はやや風化が深いと思われる、止水処置を深く計画する必要があるかもしれない。基本的にはチャノカイトでは基盤表面で CH (右岸) ~ CM (左岸風化部) 級と推定。

層理面は N30E 、20 NW 傾斜で、ほぼダム軸上流傾斜する方向である。これは好ましい方向である。

空中写真からリニアメントが河川方向(E-W)に抽出されたが、破碎等の断層兆候は認められなかった。

6) 下池貯水池

貯水池は河川が北流から東方に右に折れ曲がる屈曲部に位置し、左岸側が広く開けた緩斜面からなり、表層は一部崩積土や崖錐、大半は風化残留土で覆われている。右岸側は中傾斜斜面で残留土、崖錐で被覆されている。多数の小河川が左岸側から本流に合流していて、一帯を集水凹地としている。

基盤岩種は全域チャノカイトであるが、表層はほとんどが上記残留土で被覆されている。左岸の表層土厚は最大 5m で、局所的に中傾斜面を呈しているが、右岸は 1-2m と薄い。貯水池域で散見されるチャノカイト露頭は全般に中～強風化 (moderately to strongly weathered) している。表層が風化していても、貯水池全体としては保水性には問題がないと判断されるが、左岸側の表層土の安定性は一部局所的に不安定化する懸念がある。たとえば、HWL 以高であるが貯水池奥では 7m 厚の風化残留土が認められており、同様の箇所では不安定化の可能性はある。

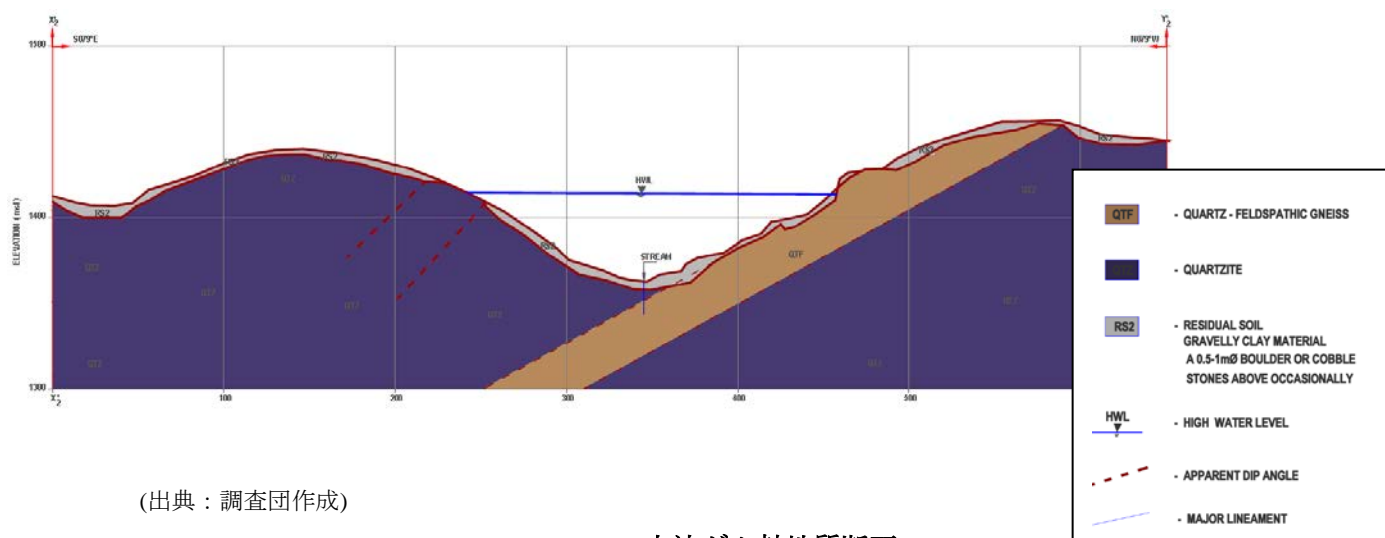
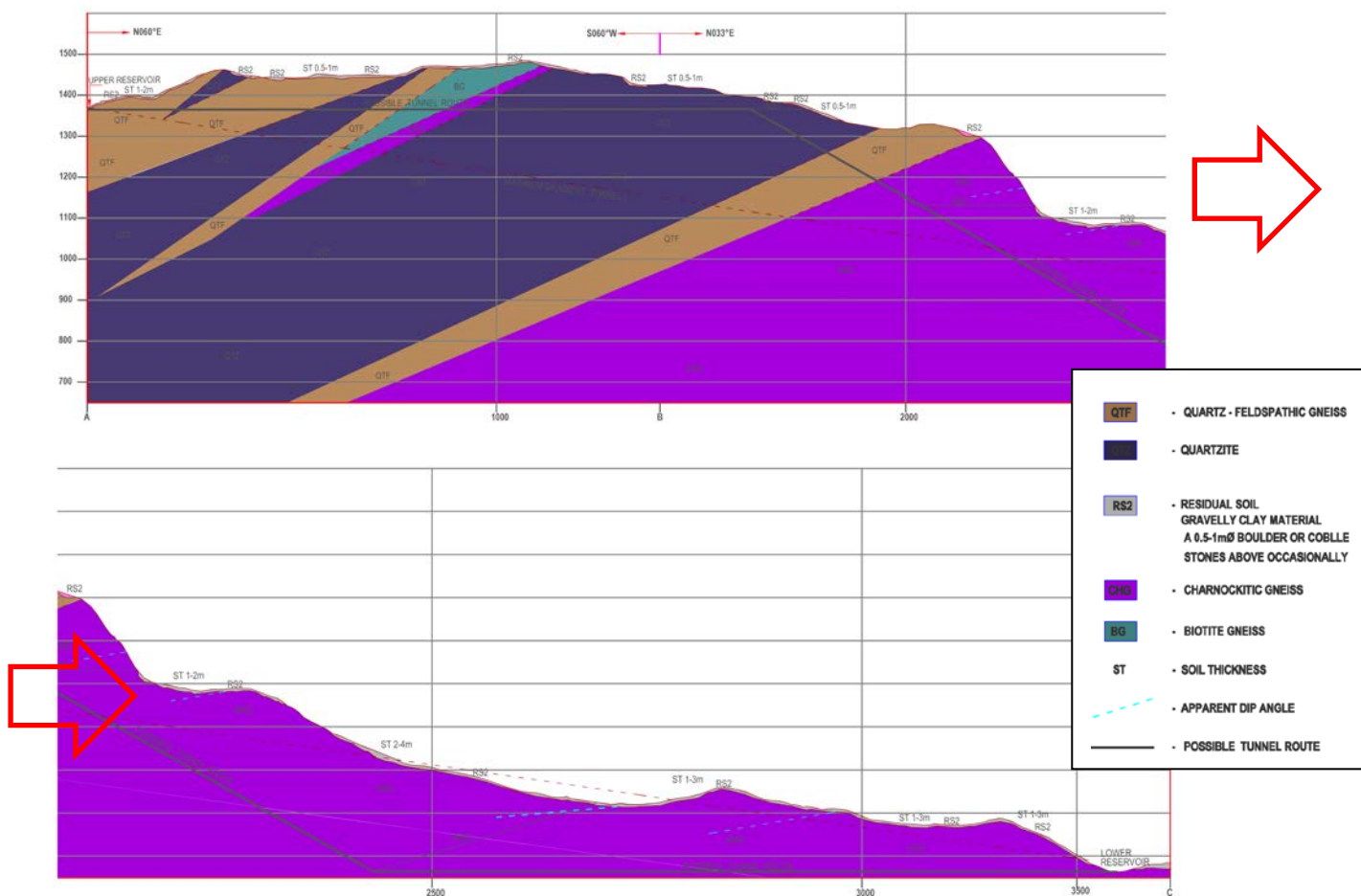
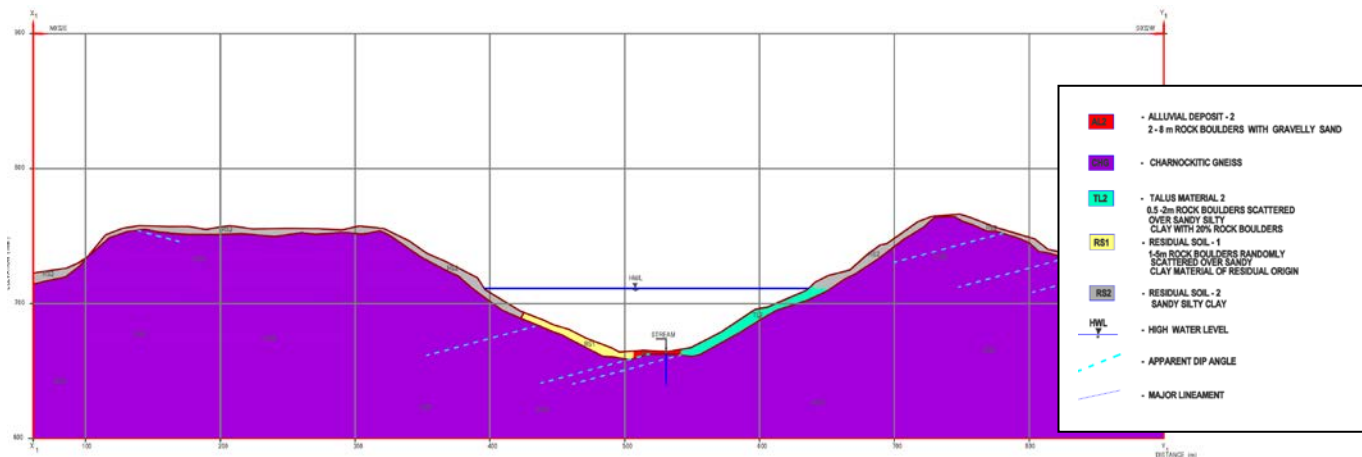


Figure 10.3.2-3 Halgran 3 上池ダム軸地質断面 (1:10,000)



(出典：調査団作成)

Figure 10.3.2-4 Halgran 3 水路地質断面 (1:10,000)



(出典：調査団作成)

Figure 10.3.2-5 Halgran 3 下池ダム軸地質断面 (1:10,000)

10.3.3 建設工事の施工性

Halgran3 地点のアクセスは9.5.7 (4)に述べたとおり、上ダム軸までのアクセスは良好であるが、谷が深く地形が急峻であるため、ダム建設のための河床までのアクセスは難しいと判断される。調査団は現地において、1/10,000 地形図に示された間道により河床まで徒歩で行ってみたが、途中で間道は無くなり、地形も急峻で徒歩での到達はあきらめた。また、下池までのアクセスは、9.5.7 (4)にも述べたとおり、地形的に緩やかであるため、技術的には比較的容易であると判断される。

上ダム地点は、ダム軸下流部の貯水池予定地内左側に地形的に緩やかな土地が一定規模であるため、仮設用地の確保については困難ではない。下ダム地点についても、全体的に緩やかな地形であるため、上ダムと同様である。ただし、水路ルート上は、発電所～下流において、多くの家屋等が多数存在している箇所を通過するため、作業トンネルのレイアウトは制約が多いものと判断される。

地下発電所までのアクセストンネルは、1,500m と有力候補3 地点中では2 番目の長さである。

利用水深は、上ダム 28m、下ダム 20m であり、一般的な限度とされる 30m に上ダムのそれが近いが、問題となるレベルではないと判断される。

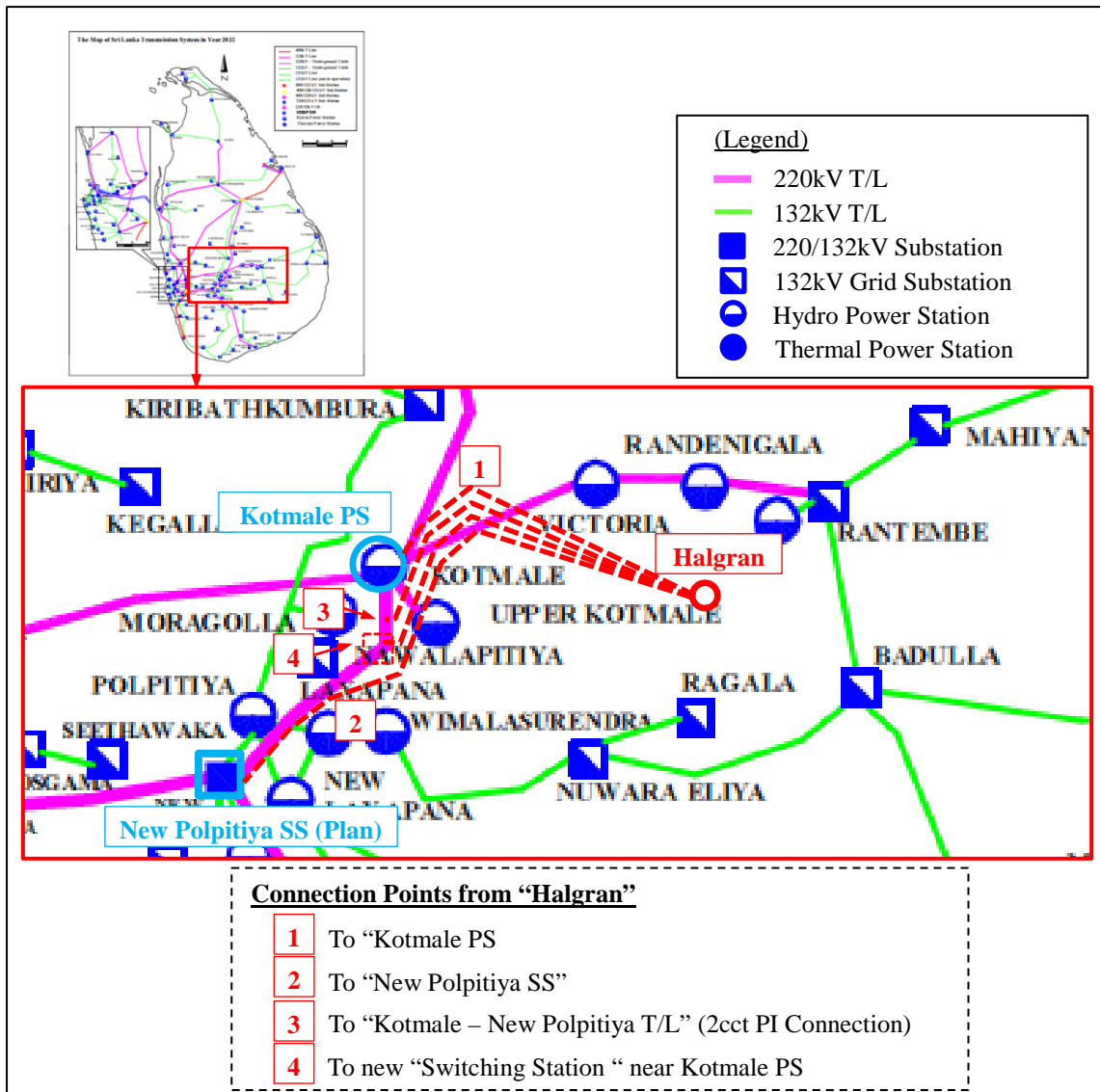
10.3.4 接続送電線

(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、Halgran 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 10.3.4-1 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



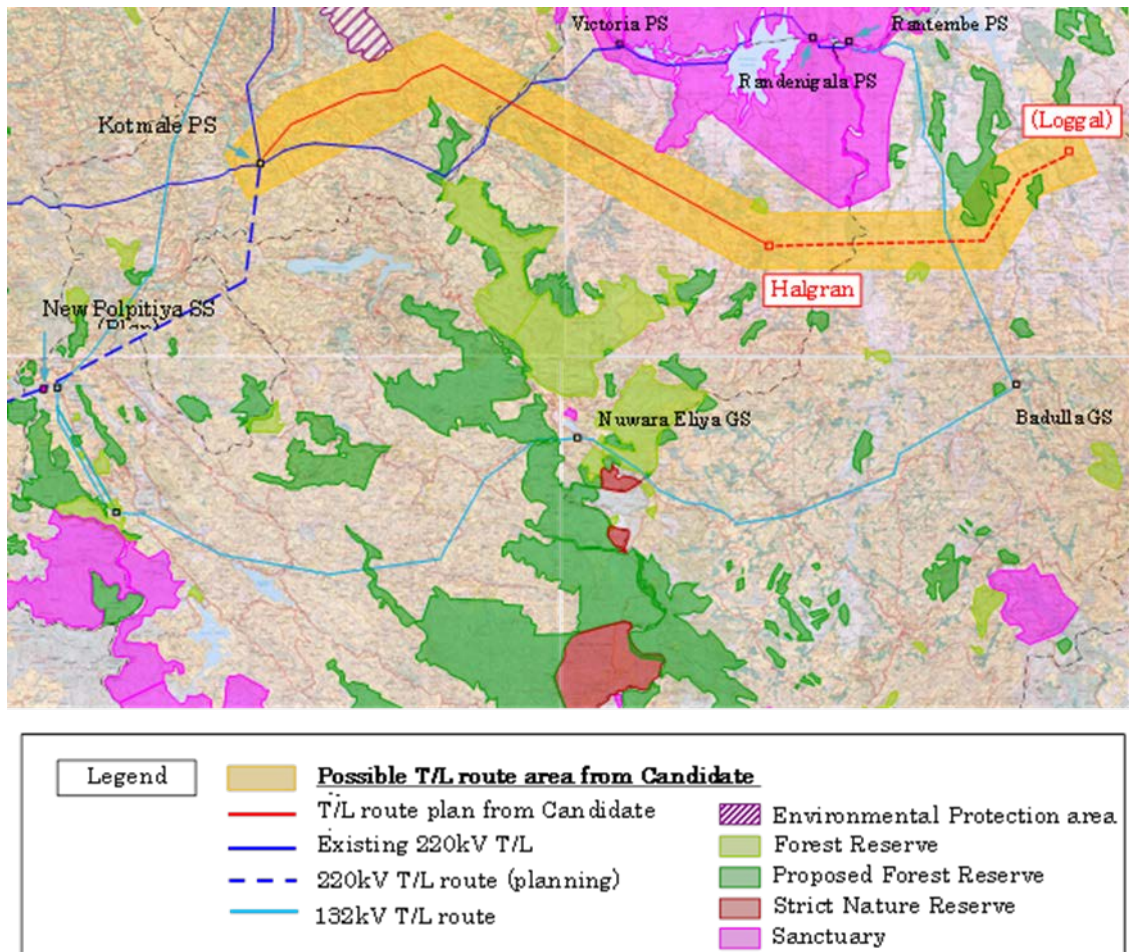
(出典：調査団作成)

Figure 10.3.4-1 Connection Points from "Halgran"

(2) 送電線ルート

周辺の環境保護地域を考慮し、Halgran 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 10.3.4-2 に、「Halgran 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 10.3.4-2 Transmission Line Route Plan from “Halgran”

Halgran 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

Kotmale PS に接続する案については、下記の状況を考慮し、適用可否を判断する必要がある。

Kotmale PS のスイッチヤードの現状のレイアウト図を Figure 10.3.4-3 に、単線結線図を Figure 10.3.4-4 に示す。Kotmale PS のスイッチヤードは、現状のレイアウトでは、新規送電線の引込に対応できるスペースはない。

Kotmale PS スイッチヤードは、丘陵地の頂上付近に位置しており、周囲は傾斜地に囲まれている。このため、新たな引込スペース確保のための方策として、周辺へ敷地を拡大することを考えた場合は、大規模な造成工事が必要となる。

また、Upper Kotmale PS からの送電線の引込の際に、i) 新たな「第二ヤード」の造成、ii) Kotmale～Biyagama T/L 中の 1 回線分を「第二ヤード」へ引込位置変更、iii)これに伴う元のヤード～第二ヤード間の接続用の鉄塔及び電線の設置、が実施されている。このような対応の結果、Kotmale PS スイッチヤードのレイアウトはやや複雑になり、新たな引込のためのベイ増設に対応しにくくなっている。さらに、引込位置を変更された Kotmale～Biyagama T/L の 1 回線側は、引込部付近の鉄塔の配置及び架線順序がやや特殊な形態になっていることもあり、スイッチヤード周辺の上空部分も、多数の引込送電線により混雑している。

一方では、CEB の送電拡張計画において、2017 年に「Kotmale～New Polpitiya」間に新規送電線を建設し、Kotmale 発電所へ接続する計画が上がっている。すなわち、本検討で提案する揚水発電所からの送電線接続有無に関わらず、新規送電線の引込接続が必要な状況となっている。但し、この「Kotmale～New Polpitiya 間 T/L」は現在、計画中の段階であり、具体的な引込方法については決められていない。

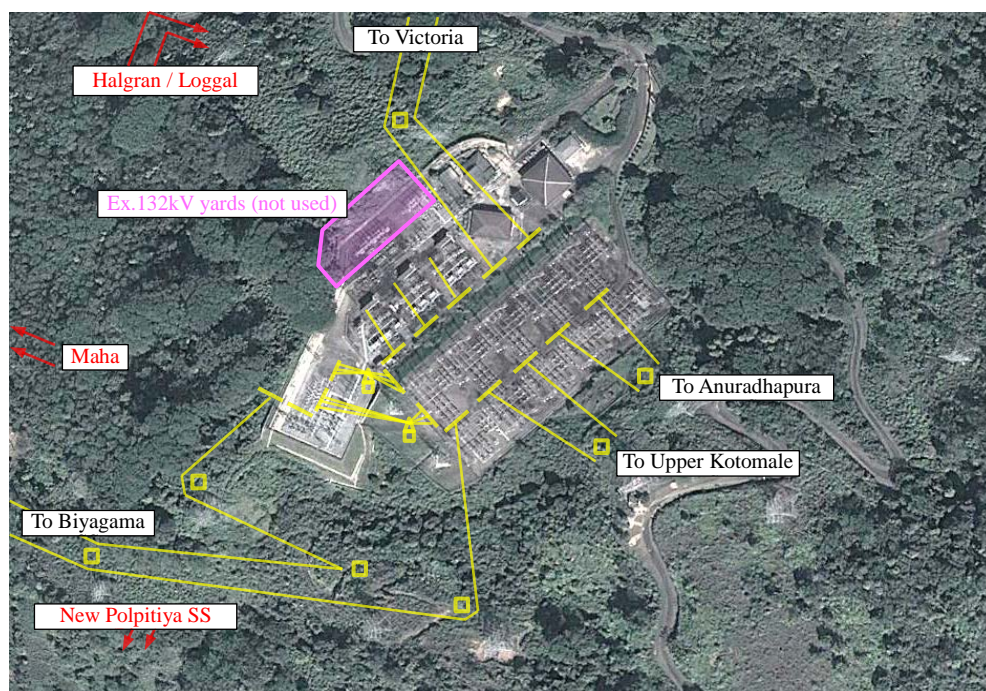
今回提案の揚水発電所からの送電線を Kotmale PS のスイッチヤードに接続する場合、CEB の送電拡張計画にあがっている「Kotmale～New Polpitiya 間 T/L」の接続と合わせて、2 ルート（4 回線）分の引込ベイと関連機器の配置スペースが必要となる。

CEB によると、Kotmale PS のスイッチヤードの既設 132kV ヤード部の機器は、現在使用されていないのである。このため、この既設 132kV 機器のヤードを撤去し、再利用可能であれば、要求される新規引込用のスペースとして検討できる可能性はあると思われる。

しかし、この既設 132kV ヤードの再利用そのものが不可である場合、あるいは、再利用は可能であるが、要求される新規引込用のスペースとして不適と判断された場合は、大規模な造成工事を含めての周辺への敷地拡大、あるいは、離れた場所への新たなスイッチヤードの設置等、別の検討が必要となる。それらの場合は、関連コストが増大するとともに、引込レイアウトの再アレンジに伴い長期間の既設送電線の線路停止が必要となる可能性もある。

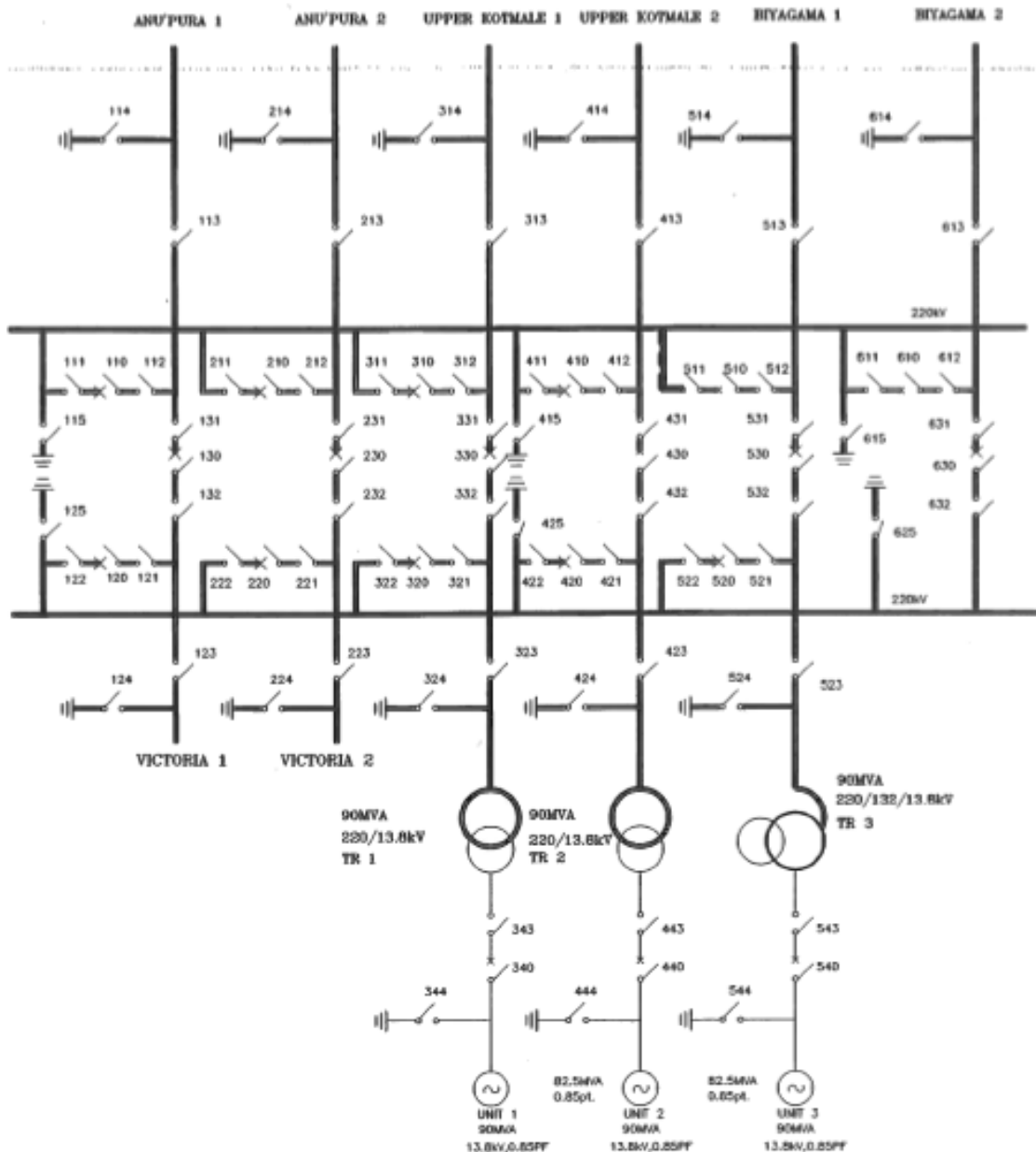
いずれの場合も、「今回提案の揚水発電所からの送電線」の接続及び CEB の送電拡張計画にあがっている「Kotmale～New Polpitiya 間 T/L」の接続を合わせて検討し、合理的な対応策を立案する必要がある。

但し、本検討では、この Kotmale PS スイッチヤードへの具体的な接続方法の検討や費用算出は実施していない。本検討では Kotmale PS への接続の場合のコストは接続送電線のみを算出している。



(出典：調査団作成)

Figure 10.3.4-3 Layout of Kotmale PS Switchyard



(出典：調査団作成)

Figure 10.3.4-4 Single Line Diagram of Kotmale PS Switchyard

(4) Halgran 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（延長約 40km×1 ルート）接続点候補となっている。

しかし、Kotmale 発電所のスイッチヤードは、前項に記載のように、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、延長約 60km×1 ルートである。

Halgran～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。Halgran～Kotmale PS 間は、i)の「Kotmale PS 接続」と同等のルートとなる。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される必要があり、単独で決めることは出来ない。

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 接続する案である。「1 回線 π 接続」と「2 回線 π 接続」の二通りが考えられる。

なお、 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、铁塔設計等に考慮しておくことも可能である。

iii)-1 1 回線 π 接続

延長 40km×1 ルートとなる。CEB が計画している新規送電線（Kotmale～New Polpitiya 間 T/L）の電線は、「ACSR Zebra×2 導体」である。このため、1 回線 π 接続方式では、今回提案する揚水発電所からの送電線として必要な容量を確保できない。

1 回線 π 接続方式を採用するためには、「CEB が計画している新規送電線（Kotmale～New Polpitiya 間 T/L）」及び「今回提案する揚水発電所からの送電線」をともに、電線線種を容量の大きな電線に変更する必要がある。ここでは、「Low Loss TACSR/AS 550mm²」を採用して

検討を実施したが、「系統の安定度が保てない」という結果が得られている。

系統安定度を確保するためには、電線をさらに大径化・大容量化、又は1相あたりの導体数を増やすなどの対策が必要となるが、送電線の建設コストがその分増加することになる。また、同様の対策を、接続先となる、CEBが計画している新規送電線(Kotmale～New Polpitiya間 T/L)にも適用しなければならない。

iii)-2 2回線 π 接続

「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40km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40km×1ルートとなる。

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 10.3.4-1 にまとめる。

Table 10.3.4-1 Comparison of T/L routes and Connection Point (from “Halgran”)

	i) To "Kotmale P/S"	ii) To "New Polpitiya S/S"	iii)-1 To T/L between "Kotmale - New Polpitiya"	iii)-2 To T/L between "Kotmale - New Polpitiya"	iv) To New "Switching Station"
Connecting type	Connection to P/S	Connection to S/S	PI Connection (1cct)	PI Connection (2cct)	Connection to S/S
Route Length	40km × 1 route	60km × 1 route	40km × 1 route	40km × 2 route	40km × 1 route
Conductor	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)	ACSR Zebra (×2 cond./phase)	Low Loss TACSR/AS 550mm ² (×2 cond./phase)
Assessment					
Cost [MUSD]					
Transmission Line	22.9	34.4	22.9	39.2	22.9
Reinforcement of existing T/L	0	0	(0) ^(*4)	0	0
Augmentation of Connection Point	(0) ^(*3)	0	0	0	(0) ^(*5)
Total	22.9	34.4	22.9	39.2	22.9
Other^(*1)					
Condition of Connection Point	B - Layout of Kotmale PS switchyard is congested.	A	B - Conductors of "Kotmale to New Polpitiya T/L" shall be upgraded.	A	A
Environmental and Social	A	B - Affected area will be larger due to longer T/L route.	A	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.	A	B - Affected area will be larger due to increase of nos. of T/L route.	A
System Analysis	A	C - Stability of system cannot be secured.	C - Stability of system cannot be secured.	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.

(*4) The cost for upgrades of conductors of T/L between "Kotmale - New Polpitiya" is excluded for this consideration.

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

i) 案の「Kotmale PS への接続」が最も好ましいものと言える。次善としては、iii)-2 案を選択した。

ii) 案, iii)-1 案, iv) 案については、下記の理由から除外した。

ii) 案は、揚水発電所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。

iii)-1 案は、「ACSR Zebra×2 導体」では送電容量不足から不可となり、「Low Loss TACSR/AS 550mm²」を採用しても、安定度から不可となる。さらなる電線の大径化・大容量化、又は1相あたりの導体数の増加を、接続先の送電線も含めて実施する必要がある、コスト増が予想されることから、検討対象から除いた。

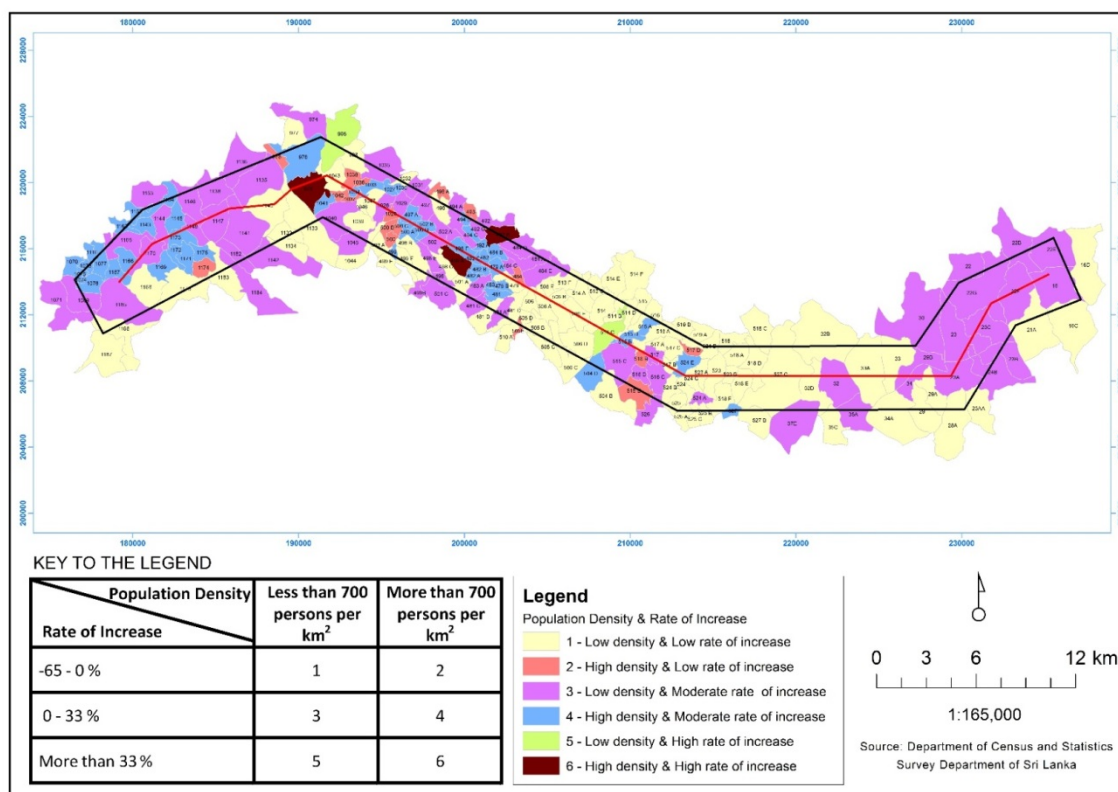
iv) 案は、Halgran 地点 1 箇所のみからの接続ではなく、将来の他電源計画や系統増強を合わせて検討することで、有用な案となる。但し、ここでは新規開閉所について候補地やコストなどを検討対象外としており、不確定な部分が大きいことから、検討対象から除いた。

i) 案及び iii)-2 案の系統解析結果は次項に記載するとおりいずれも問題ない結果が得られた。

(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）²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、送電線ルート上で色分けした（Figure 10.3.4-5）。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 10.3.4-5 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 データは「Department of Census and Statistics Survey of Sri Lanka」による。

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 10.3.4-2 に結果をまとめた。

Table 10.3.4-2 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と考えられる。

3) まとめ

Halgran から Kotomale PS までの送電線ルートの評価を Table 10.3.4-3 にまとめた。

Table 10.3.4-3 Assessment on the Halgran - 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。

10.3.5 系統安定

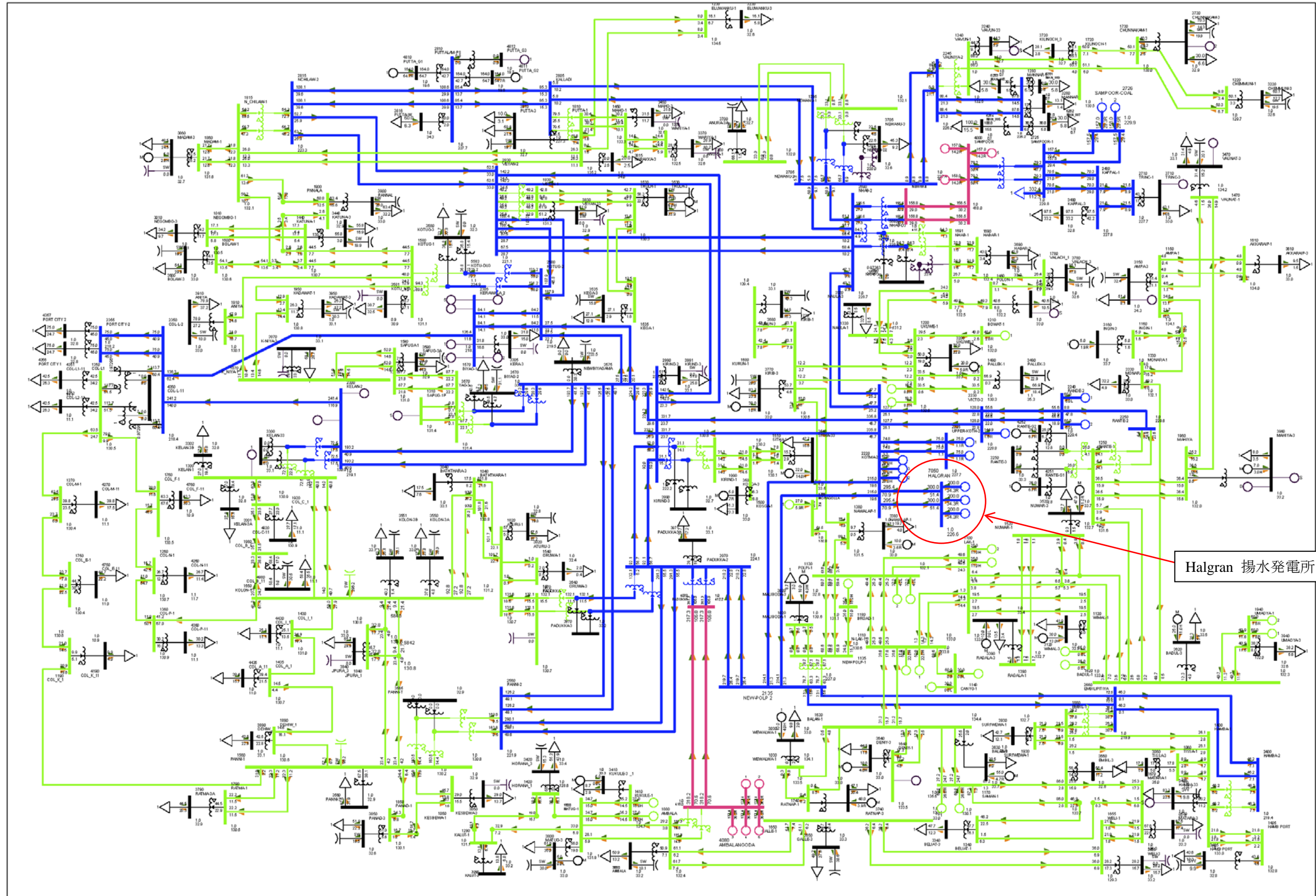
(1) 潮流解析

需要断面毎と送電系統毎に 6 ケースの潮流解析を実施した。潮流解析結果を Figure 10.3.5-1 から Figure 10.3.5-6 に示す。

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

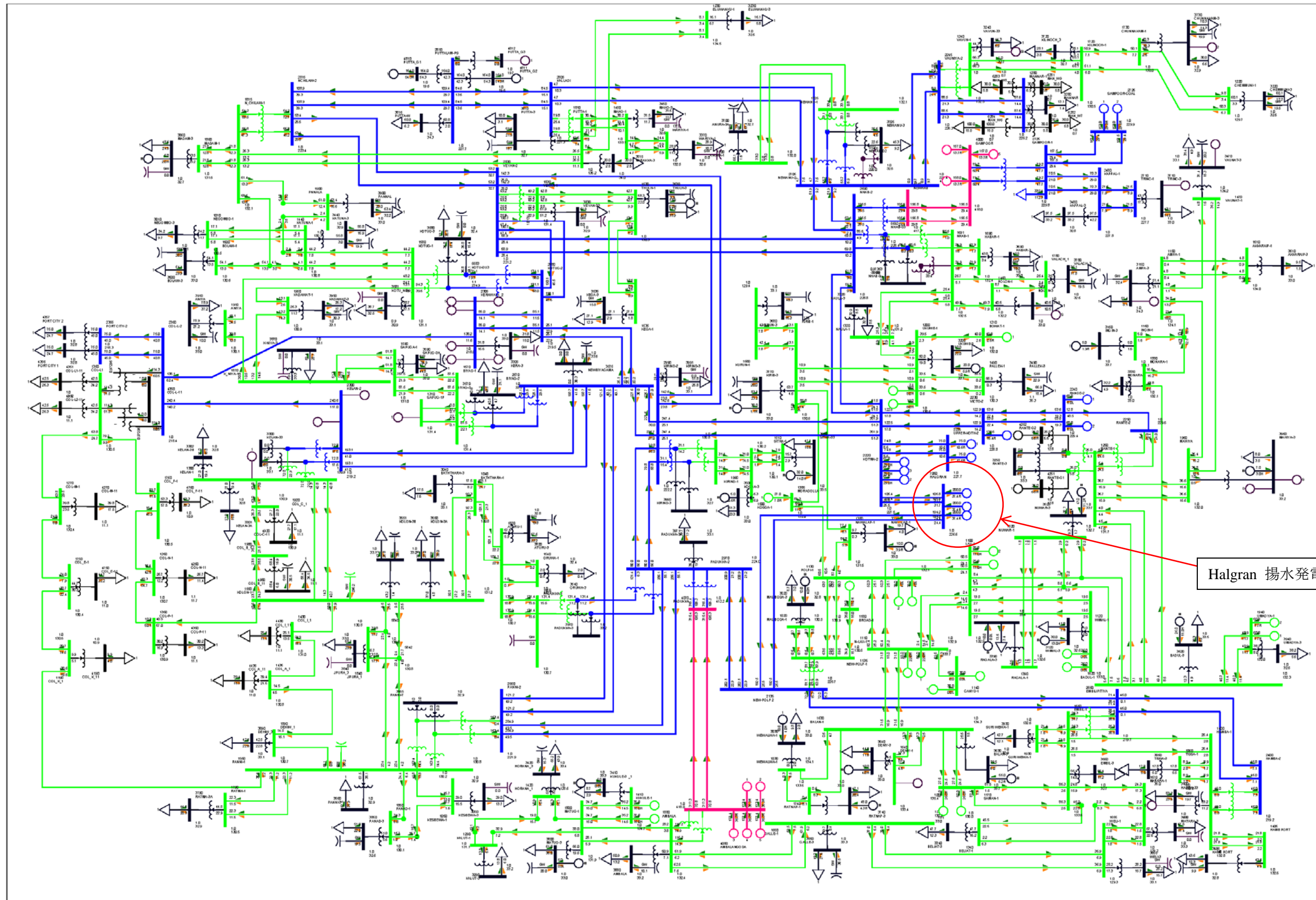
また、Kotmale から Halgran 揚水発電所に 220kV 送電線 2 回線を引き込むケースでは、Kotmale – Kirindiwela 間、Kotmale – New Polpitiya 間の 220kV 送電線において、2 回線の内 1 回線が停止した場合でも、残りの 1 回線に過負荷が生じないことが確認された。

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



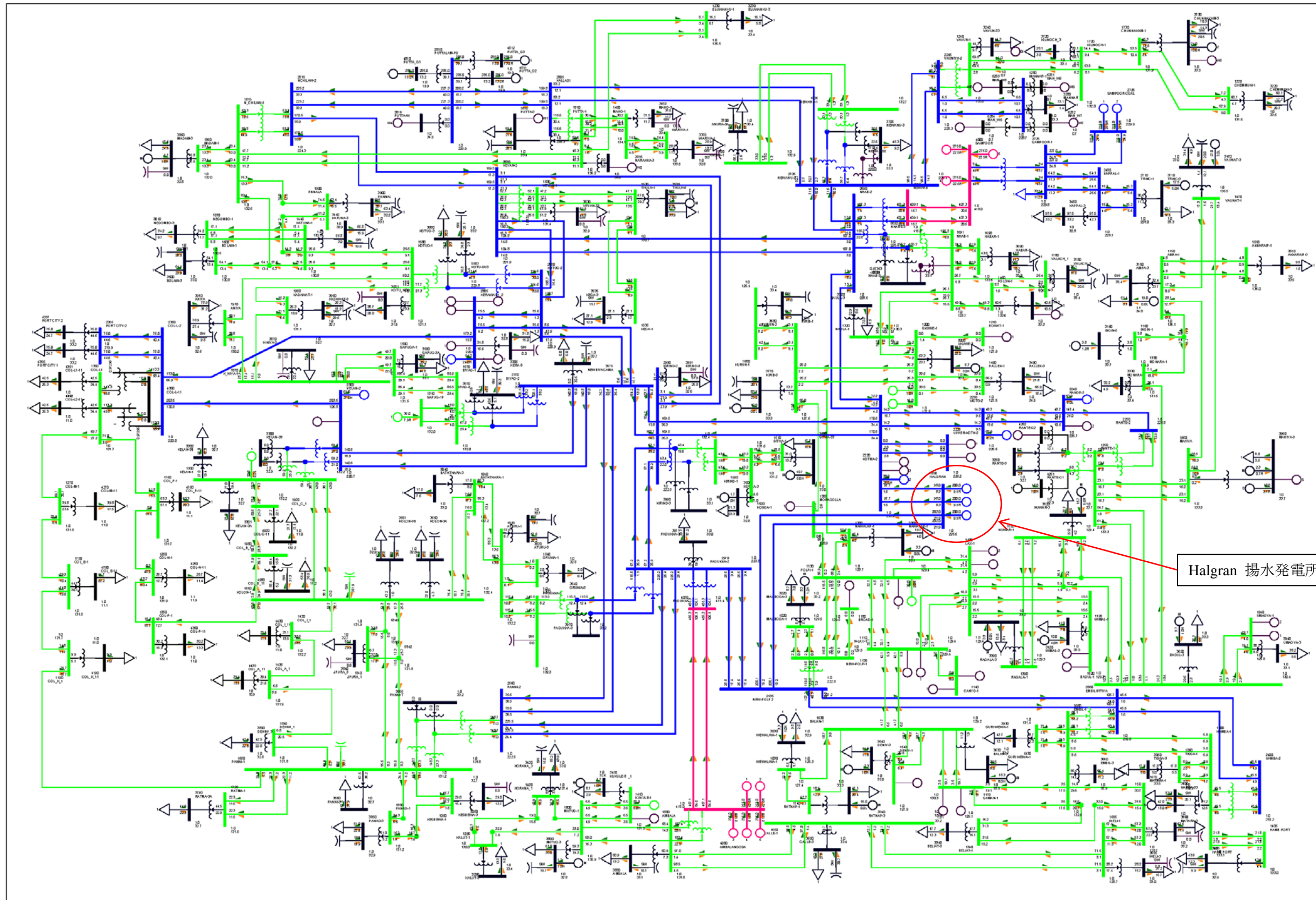
(出典：調査団作成)

Figure 10.3.5-1 潮流図 (2025年雨季ピーク、発電、Kotmale接続、Halgran 単機容量200MW)



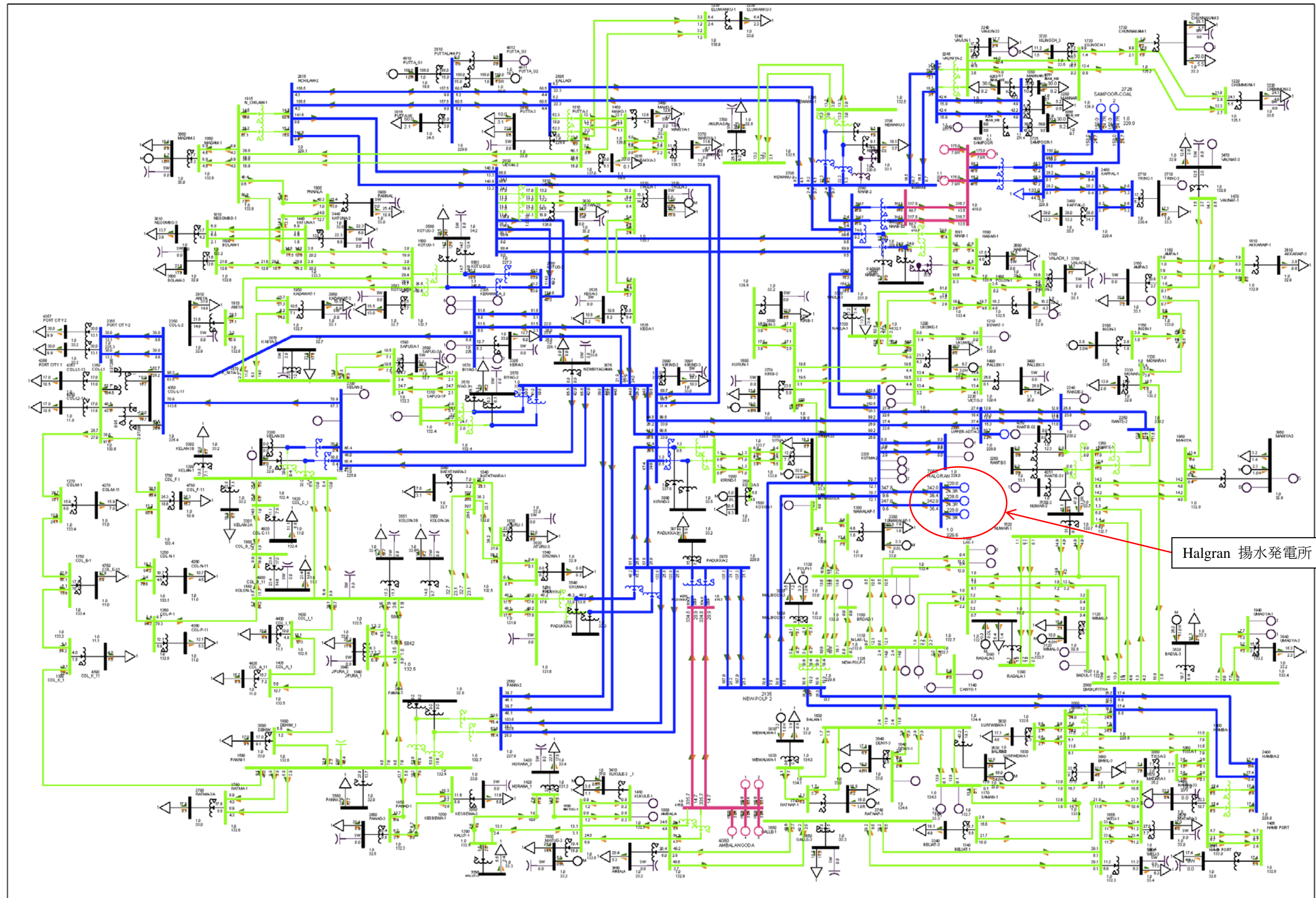
(出典：調査団作成)

Figure 10.3.5-2 潮流図 (2025年雨季ピーク、発電、 π 分岐接続、Halgran 単機容量 200MW)



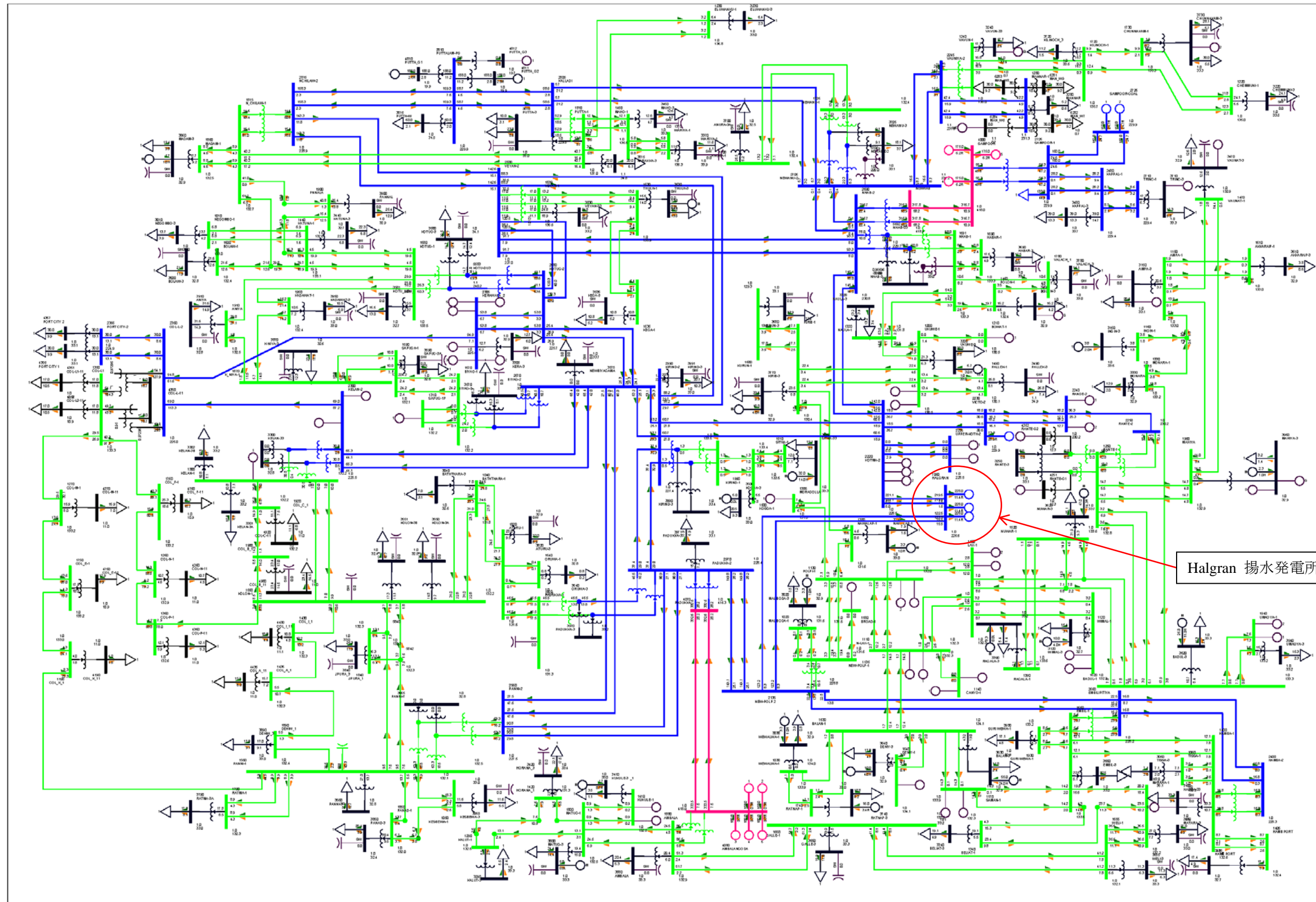
(出典：調査団作成)

Figure 10.3.5-4 潮流図 (2025年乾季ピーク、発電、 π 分岐接続、Halgran 単機容量200MW)



(出典：調査団作成)

Figure 10.3.5-5 潮流図 (2025年オフピーク、揚水、Kotmale 接続、Halgran 単機容量 200MW)



(出典：調査団作成)

Figure 10.3.5-6 潮流図 (2025年オフピーク、揚水、 π 分岐接続、Halgran 単機容量200MW)

(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、Halgran 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 10.3.5-1 2025年ピーク需要断面の短絡電流

需要断面	送電系統	Halgran の単機容量	発電所		短絡電流
雨季ピーク	Kotmale 接続	200MW	Kotmale	220kV	25.4kA
			Halgran	220kV	11.8kA
	π 分岐接続	200MW	Kotmale	220kV	25.1kA
			Halgran	220kV	21.2kA
乾季ピーク	Kotmale 接続	200MW	Kotmale	220kV	21.4kA
			Halgran	220kV	11.1kA
	π 分岐接続	200MW	Kotmale	220kV	21.7kA
			Halgran	220kV	19.8kA
			New Polpitiya	220kV	19.1kA

(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：Halgran- New Polpitiya 間、オフピーク：Halgran- Kotmale 間

三相地絡故障の解析を実施した結果について Figure 10.3.5-7 から Figure 10.3.5-12 に示す。

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。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 10.3.5-13 から Figure 10.3.5-16 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。

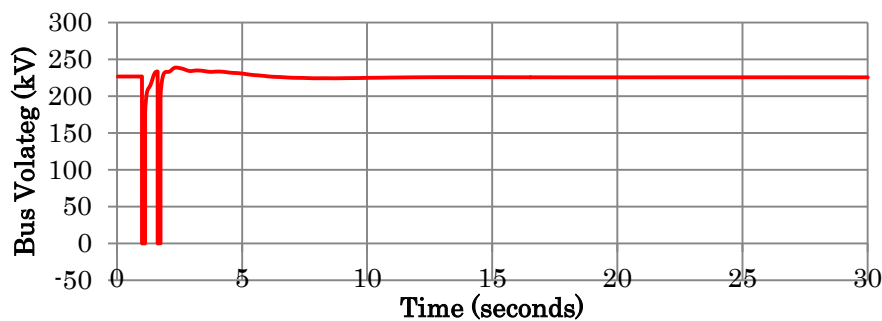
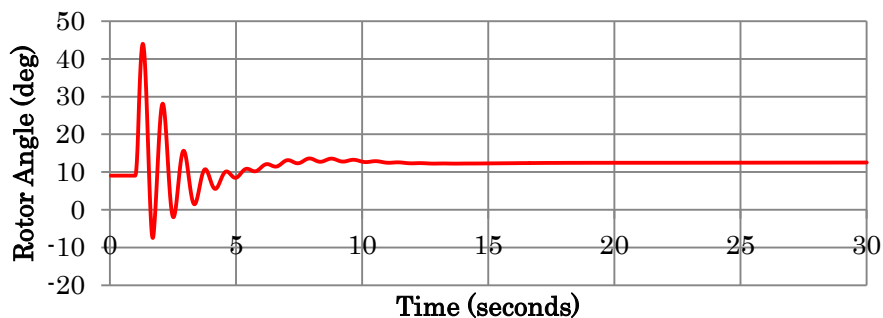
b) 揚水運転時の入力遮断による系統周波数上昇

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 10.3.5-17 と Figure 10.3.5-18 に示す。

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、本解析では発電運転時と同様、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。

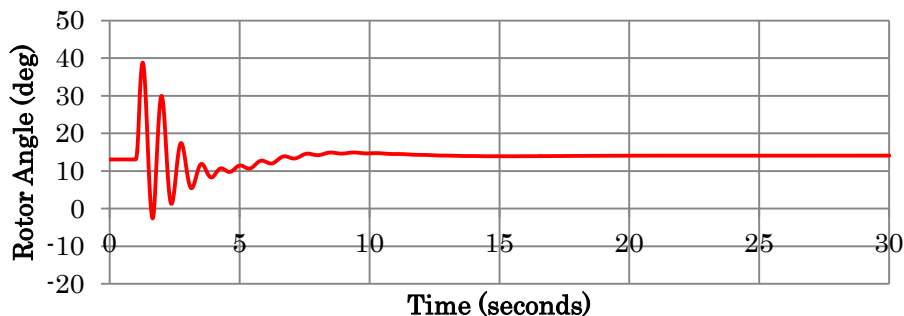
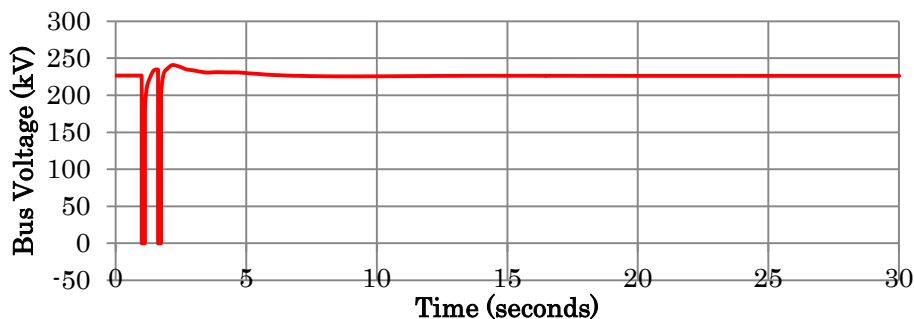
これを踏まえて、発電時と同様、今後開発される大型電源にはガバナフリーの機能を具備することが推奨される。



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

(出典：調査団作成)

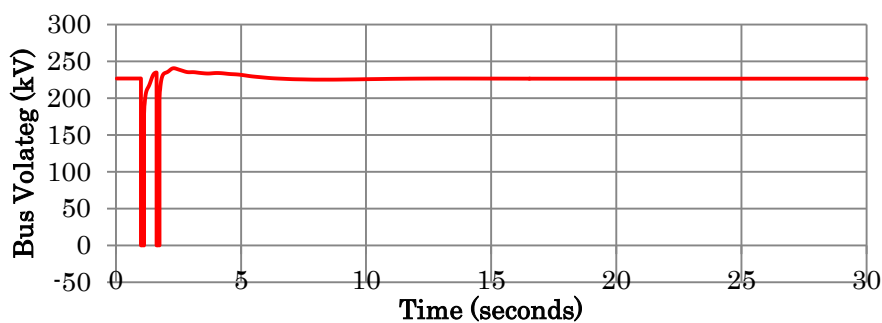
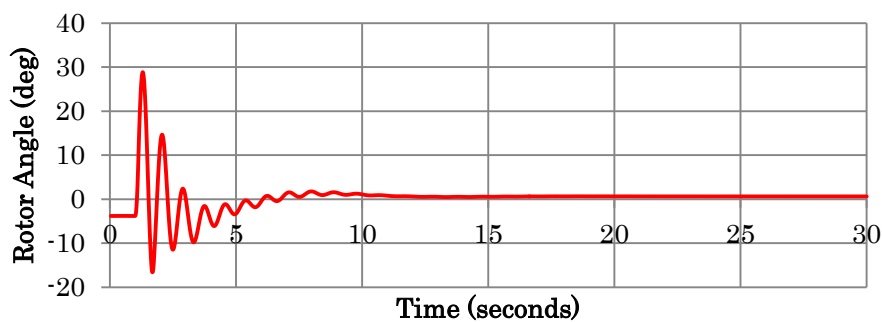
Figure 10.3.5-7 Halgran PSPP - Kotmale 三相地絡故障再閉路最終遮断



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

(出典：調査団作成)

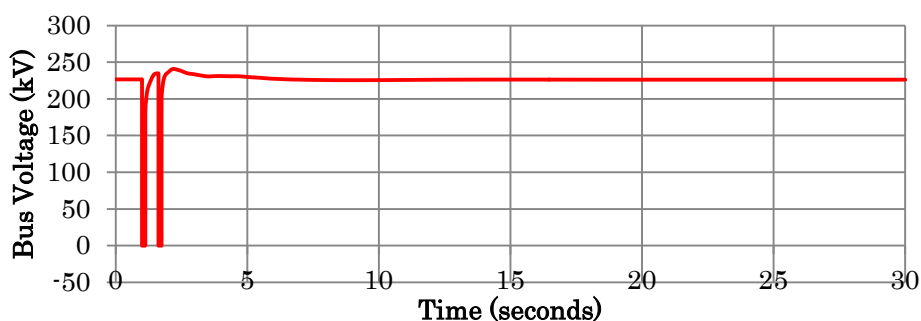
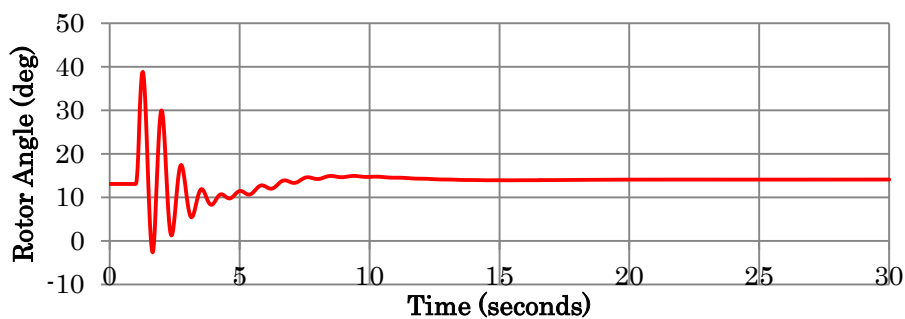
Figure 10.3.5-8 Halgran PSPP - New Polpitiya 三相地絡故障再閉路最終遮断



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

(出典：調査団作成)

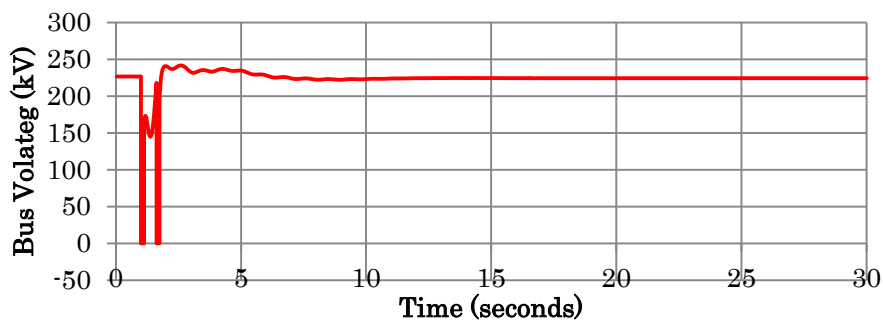
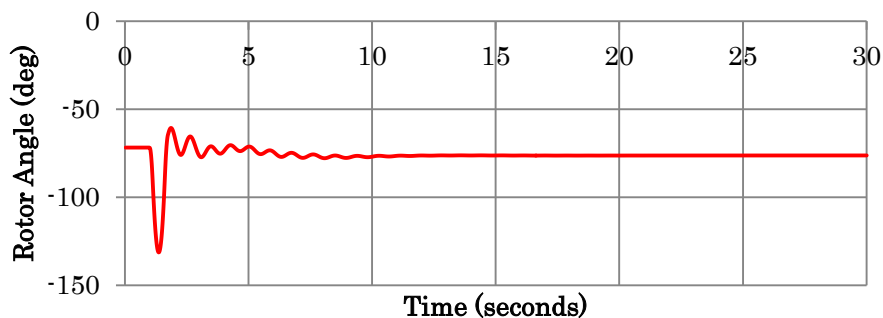
Figure 10.3.5-9 Halgran PSPP - Kotmale 三相地絡故障再閉路最終遮断



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

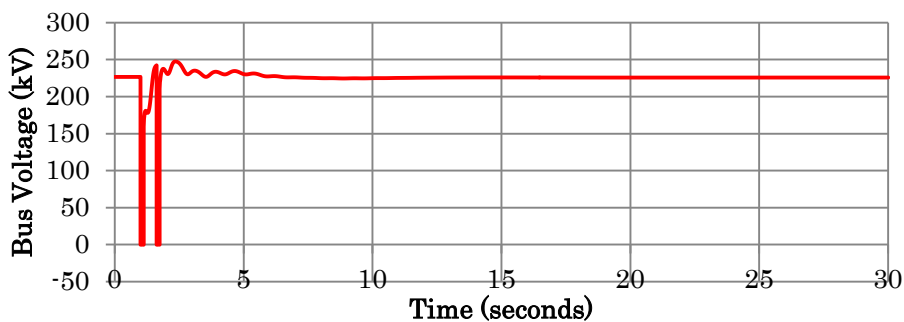
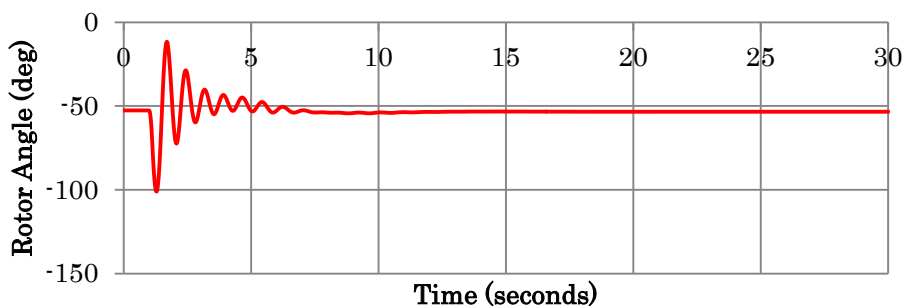
(出典：調査団作成)

Figure 10.3.5-10 Halgran PSPP - New Polpitiya 三相地絡故障再閉路最終遮断



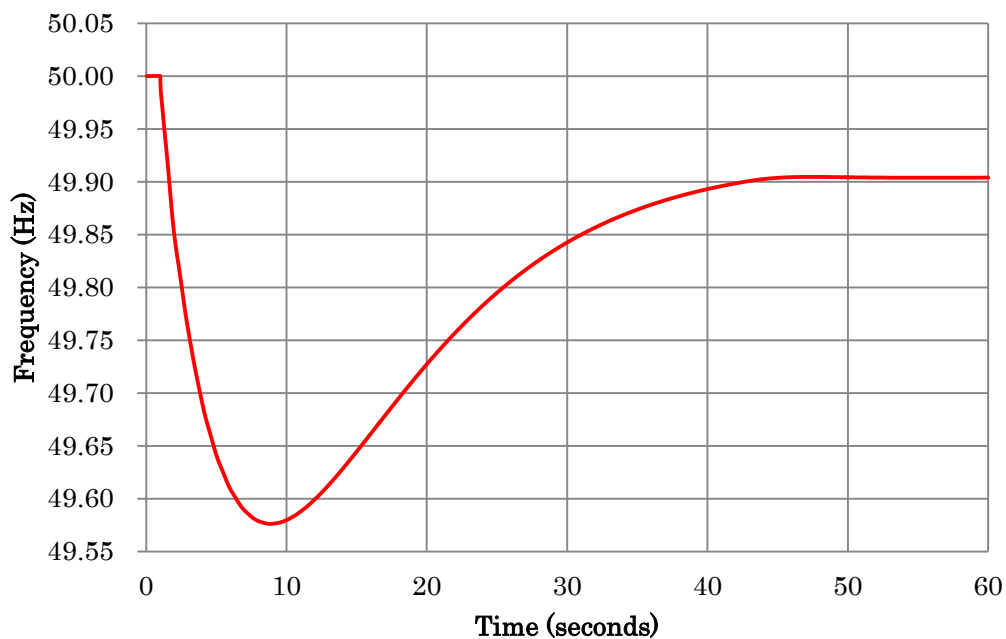
(2025 年オフピーク、揚水、Kotmale 接続、Halgran 単機容量 200MW)
 (出典：調査団作成)

Figure 10.3.5-11 Halgran 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、Halgran 単機容量 200MW)
 (出典：調査団作成)

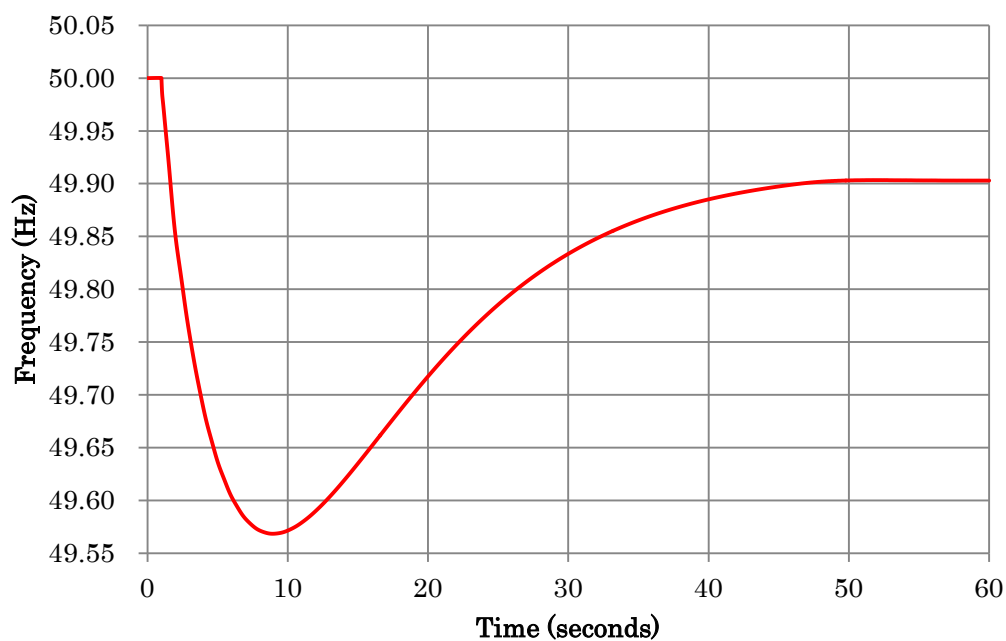
Figure 10.3.5-12 Halgran PSPP - Kotmale 三相地絡故障再閉路最終遮断



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

(出典：調査団作成)

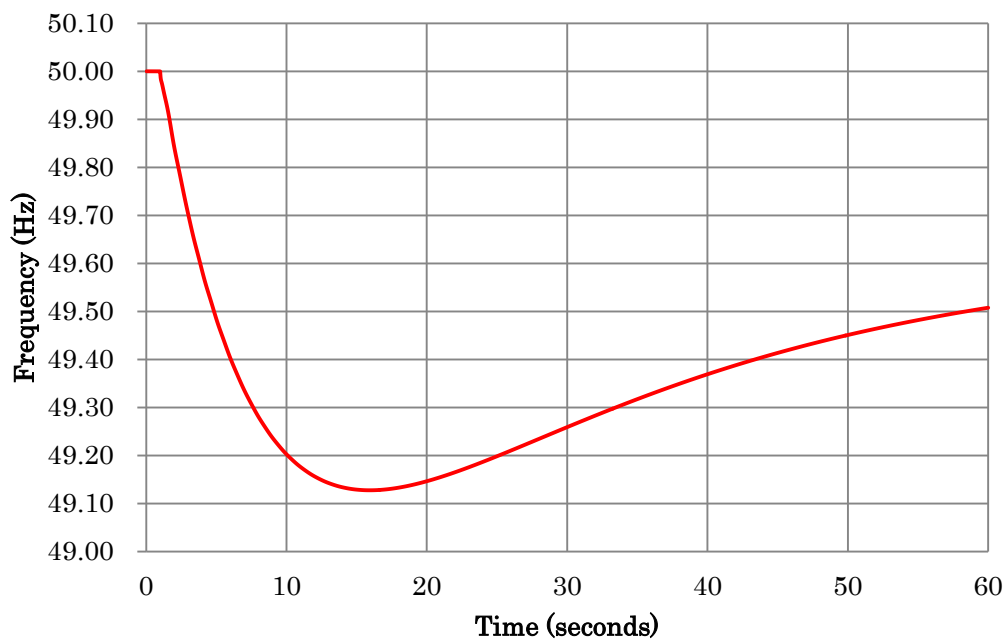
Figure 10.3.5-13 Halgran PSPP 発電機 1 台脱落



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

(出典：調査団作成)

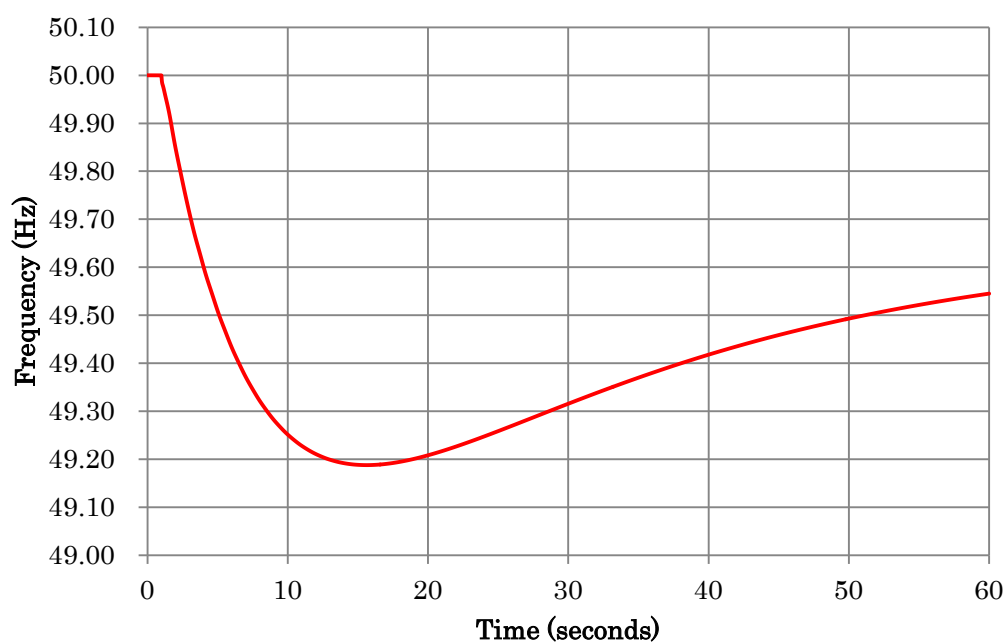
Figure 10.3.5-14 Halgran PSPP 発電機 1 台脱落



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

(出典：調査団作成)

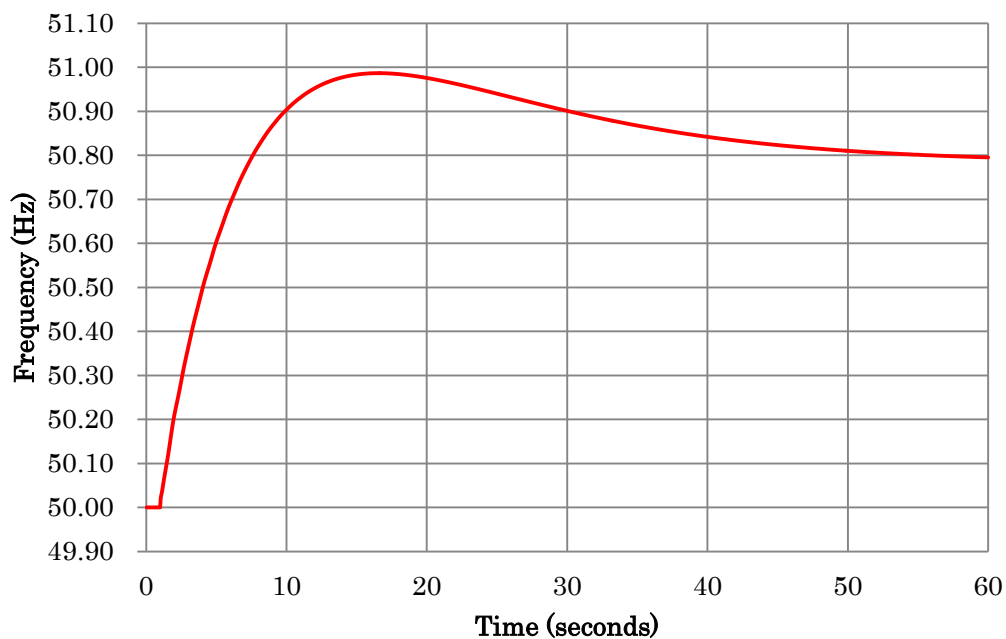
Figure 10.3.5-15 Halgran PSPP 発電機 1 台脱落



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

(出典：調査団作成)

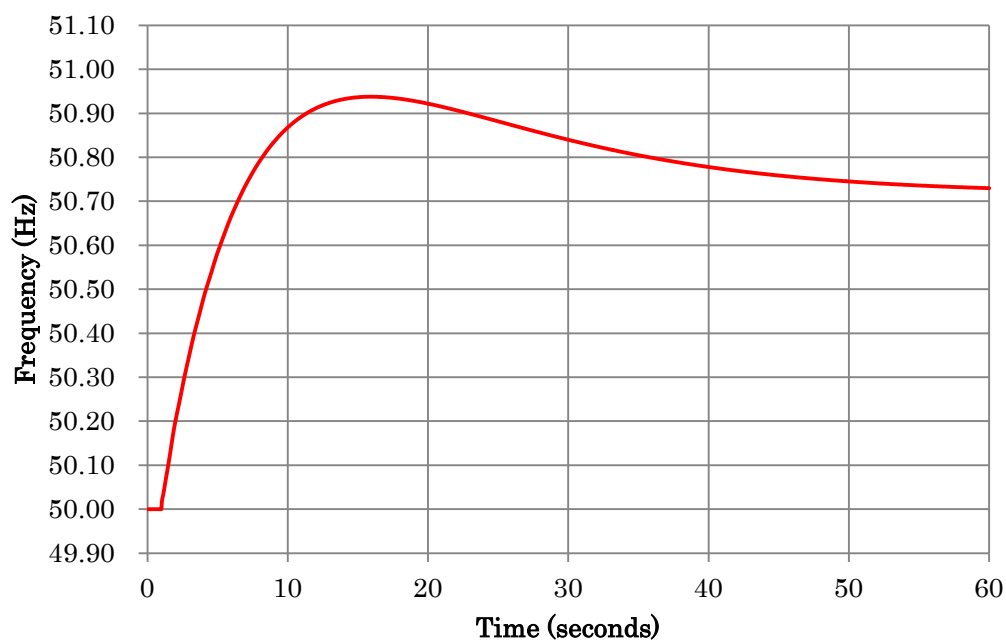
Figure 10.3.5-16 Halgran PSPP 発電機 1 台脱落



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

(出典：調査団作成)

Figure 10.3.5-17 Halgran PSPP 発電機 1 台脱落



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

(出典：調査団作成)

Figure 10.3.5-18 Halgran PSPP 発電機 1 台脱落