

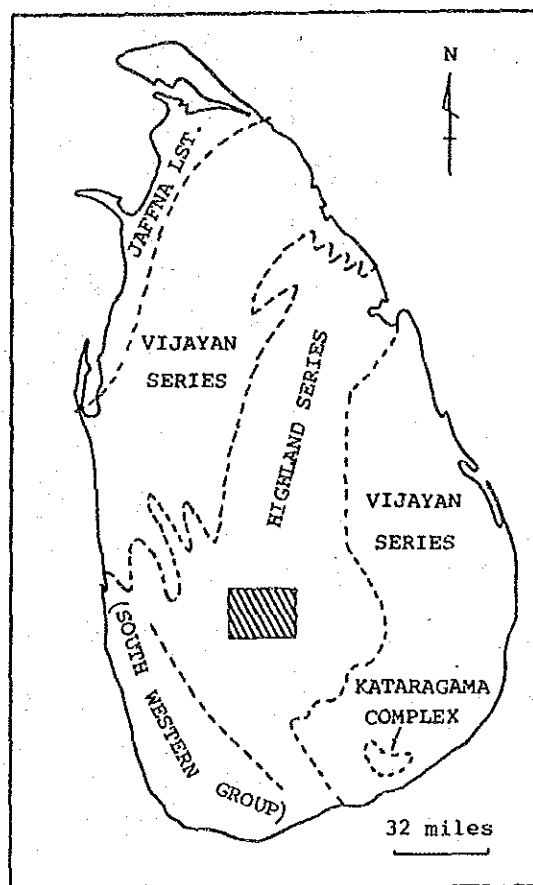
3.2.3 地質概要

スリランカは、地質学的にはインド亜大陸の一部を形成している。国土の90%は結晶片岩や片麻岩などの基盤変成岩で覆われており、残りの10%は主に国土の北西部に分布し、中生代ジュラ紀、新生代第三紀（中新世）、及び第四紀の堆積岩から成っている。

この層序は、表3.2-2に示すとおりである。

表3.2-2 地質層序表

時代	紀	世	地層
新生代	第四紀	新期グループ	さんご礁 沖積層； 湖沼堆積物 礁湖、 河口堆積層 未固結砂層 沿岸性砂層
		古期グループ	赤色土グループ ヲウナラ層 段丘礫 基底酸化礫
	第三紀	中新世	ジャナ石灰石： ミニルカンダ層
中生代	白亜紀		粗粒玄武岩脈
	ジュラ紀 (上部ゴドワ)		トナリ層： アンディカ層
古生代			花崗岩、 花崗片麻岩 (南西地域) 巨晶花崗岩 ビジャヤン系-ピンテン、 ワニイ片麻岩、 トニカ複合岩 巨晶花崗岩
先カンブリア界			ハイランド系 コンダイトグループ チャノカイトグループ ガドゥガナワ片麻岩 カラガマ複合岩体 基盤岩(未詳)



STUDY AREA

調査地域が属する高位準平原は、ハイランド系と呼ばれる先カンブリア界から成っており、スリランカで最古の地層が分布している地域である。図3.2-1には調査対象地域の一般地質図を示す。

ハイランド系は、コンダライト層群、チャーノカイト層群、カドゥガナヴァ片麻岩、カタラガマ複合岩体の4つに岩相区分されているが、調査地域においてはコンダライト層群とチャーノカイト層群の2つの岩相だけが分布している。

(1) コンダライト層群

変成作用を受けた堆積岩類から成っており、外観上良く成層して板状構造を示すのが特徴である。主な岩質は次のとおりである。

- ・ 柘榴石-珪線石片岩及び片麻岩
- ・ 珪岩、石英片岩
- ・ 石英-長石グラニュライト、柘榴石片麻岩
- ・ 結晶質石灰岩
- ・ 石墨片岩

これらのうち、柘榴石-珪線石片岩及び片麻岩は、南部インドの Khonds で最初に記載されたので Khondalite(コンダライト)と命名された。コンダライトで特徴づけられる変成作用を受けた一連の堆積岩類をコンダライト層群と呼んでいる。

(2) チャーノカイト層群

チャーノカイト層群は、主にチャーノカイトから成っている。チャーノカイトは紫蘇輝石花崗岩と呼ばれ、変成作用を受けた塩基性の火山岩類で、外観は緑灰色ないし青灰色であり、玻璃質ないしグリース状の光沢をもち、一般に塊状で堅硬である。

化学成分によってかなりタイプに差があり、 SiO_2 が65%以上で石英、長石、輝石を主とする優白質チャーノカイト、 SiO_2 が55%から65%で雲母と角閃石が加わった中性チャーノカイト、さらに SiO_2 が55%以下で斜長石と輝石を主とする細粒の優黒質チャーノカイトに分類されている。柘榴石はどのタイプのチャーノカイトにも伴う。これらのチャーノカイトに共通する特徴は紫蘇輝石を常に含んでいることである。産状としては、

1 m未満の薄層から 100 mをこえる塊状無層理の岩石として産し、薄い珪岩や柘榴石片麻岩を挟在している。

調査地域の地質はチャーノカイト層群とコンダライト層群が入り組んだ地質であるが、図3.2-1に示したように、上部 (Upper)チャーノカイト、コンダライト、下部 (Lower)チャーノカイトからなる大きく3つの地質単元に大きく分けられる。即ち、山頂部や尾根などの標高の高い地域には、比較的厚い上部チャーノカイトが分布し、その下位にコンダライト・グループが分布している。コンダライトは、既存コトマレ貯水池付近では厚さ約 600 mで石灰岩を挟んでいるが、南部のデヴォン滝付近では厚さが急激に減り、200 m程度となっている。

デヴォン滝とセントクレア滝は、コンダライトの下位の下部チャーノカイトが川沿いに出現し、それがコンダライトよりも硬いために滝が形成されたものである。これらの関係は図3.2-2層序対比図に示した。

3.2.4 地質構造

調査地域の地質は、従来からNE-SW系の断層と、NW-SE系の褶曲が主要な構造要素であるとされてきた。今回の調査でもNW-SE系のいくつかの褶曲軸と、NE-SW系ないしはNNE-SSW系の優勢な、リニアメントがいくつか認められた。但し、NE-SW系のリニアメントに伴う断層変位は確認できなかった。又、このほかにE-W系、N-S系の短いリニアメントが認められた。

褶 曲

当地域の地質構造を構成する要素は、Canada-Ceylon Colombo Plan Projectにより調査、図化されており、1961年に Mahaweli Ganga Basin Geology として公刊されている。これによれば、図3.2-1地質図に示した褶曲軸は、北東側の褶曲軸から順次南西側に、プナ川を通るランボダ背斜、これから南西方向に8 km離れて認められるブンダル・オヤ向斜、さらに8 km南西に離れたベルトン・メデコンブラ背斜と呼ばれている。

今回の調査で更に南西部に顕著な連続性の良い向斜構造を見出した。この向斜構造を向

斜軸が通るセントクレア流の名に因んで以下セントクレア向斜と呼ぶ。このセントクレア向斜の南西側には連続性に乏しい小規模の褶曲構造が認められる。また、トラワケレ付近には幅約2 kmで、N-S系の小褶曲が頻繁にくり返されている地帯がある。この地帯では、NW-SE系の主要な褶曲構造はやや不明瞭となっている。以下この地帯をトラワケレ屈曲構造帯と呼ぶ。

リニアメント

当地域における連続性の良いリニアメントとしては、NE-SWとNW-SEの2つの方向のリニアメントが見られる。このうちNW-SE系のリニアメントは、褶曲軸を反映しているものと考えられる。一方NE-SWのリニアメントは、現地での観察によれば変位がほとんど無い破碎帯であり、一般に風化が激しい。

これらの破碎帯は、風化とそれに引き続く浸食のため、地形的には極めて明瞭に現われているが、調査結果では殆んどの場合幅数m以下であり、10mをこえることは稀である。この他に当地域で認められるリニアメントとしては、N-S系リニアメントとE-W系リニアメントがあるが、これらは何れも連続性に乏しい。

これらのリニアメントは水系にも反映されており、NW-SE系、NE-SW系の比較的長い水系と、N-S系、E-W系の短い水系よりなる格子状水系を形成している。このように今回の調査では、当地域のリニアメントは風化作用をうけた裂か系のものと判断され、断層、変位は認められなかった。

なお、今回の調査では、カレドニア地区における引きずりを伴う小断層以外には断層は確認できなかったが、破碎帯を伴うNE-SW系リニアメントの一部は、軽微な変位を伴う断層である可能性がある。

3.2.5 構造物の地質構造的位

以上の地質構造上の枠組みと、主要な構造物との関係は以下の通りである。

カレドニアダム計画地点周辺

カレドニアダムは、上流側にプランジしている小規模の背斜構造上に位置する。一般に、

背斜構造は割れ目が発達し易く、従って谷や川を形成し易いことからダムが背斜構造上に位置することはしばしばある。カレドニアダムサイトの岩質は大部分コングライト群層の中に狭在する堅硬で緻密なチャーノカイトであり、圧縮強度は1,200～1,800kg/cm²と高いにもかかわらず、ボーリング孔で実施した透水テストの結果では、ルジオン値は比較的高かった。

このことは、背斜軸に沿って裂かが形成されている事を示唆しているものであろう。従ってダムの施工に当たっては、カーテングラウト、コンソリデーショングラウトなど十分な基礎処理が必要である。

ボーリング調査によりダムサイト右岸に確認された固結したように見える小断層に関しては、断層の方向、処理の要否、その方法などについて今後の詳細な調査が必要である。また、ダムサイト左岸の鞍部は風化が深くまで進行しており、所によっては30mにも達している。この部分はNW-SE系の断層とNE-SW系の断層があると推定されているので、施工に当たっては、十分な基礎処理が必要である。

カレドニア導水トンネル計画ルート周辺

カレドニアダムからカレドニア発電所に至る導水トンネルルートは、セントクレア向斜構造に沿って計画した。向斜構造には、割れ目が少ないので地下構造物を建設するには好適の地質構造である。従って、導水トンネルの掘削には特別な問題はないと考えられる。

カレドニア発電所計画地点周辺

カレドニア発電所の予定地点付近は、地質調査の結果背斜軸があるので、これを避けて計画することにした。

トラワケレ取水ダム計画地点周辺

トラワケレ取水ダム地点は、前述のトラワケレ屈曲構造帯の中の、小規模な背斜に位置している。この背斜は下流側にゆるく下っており、背斜軸に沿って連続性の良い裂かが何本か観察される。ダムサイト予定地点から下流約300mにわたって河床には岩盤が露出しているが、上流側では突然露岩が無くなっている。ダムサイトの両側は、風化岩が厚く分布しているのでダムの施工に当たっては十分な掘り込みが必要と考えられる。

タラワケレ導水トンネル計画ルート周辺

タラワケレ取水ダムとタラワケレ発電所に至る主導水トンネルは、約13kmと長い。地質的には、取水口からタラワケレ屈曲構造帯の中を通過し、ベルトン・メデコンブラ背斜とそれに平行なNW-S E系のリニアメントを横切る。この区間で、横切る背斜構造と複数のリニアメント周辺は亀裂が多いので、施工上注意を要する。その後、導水路は顕著なNE-S W系リニアメントから 400mの距離を平行に進み、プンダル・オヤ向斜軸を横切る。

その後方向を北西に転じ、ゆるく傾斜した大規模の褶曲軸を形成しているプンダル・オヤ向斜軸に沿って進むように計画されている。この北西方向の掘進は、岩盤の安定している向斜軸に沿っているので施工上の問題はほとんど無いと予想される。また、この区間に予想される複数のNE-S W系リニアメントを横切るが、リニアメントを形成する破砕帯の幅はせいぜい10m程度と予想される。しかし、この破砕帯は、地下水の湧水を伴うことが多いので対応策の準備が必要である。

タラワケレ発電所計画地点周辺

タラワケレ発電所は、大規模な向斜構造の中に計画されており、ほとんど水平なコンドライト層群の片麻岩の中であり、施工上特別な問題は無い。山はねについても、片麻岩に層理面が発達していることから、危険は少ないと予想される。

その他

本発電計画では南部のデヴォン川、東部のナヌ川及び北部のプンダル及びプナ川からの導水のため、内径 2.2~ 2.4mの支水路トンネルが合計13.5km計画されている。このうちプナ川からの支水路はプナ川沿いのランボダ背斜軸を横切る。ここでは、背斜軸に沿って発達する裂かに伴って、風化作用が、かなり深所まで及んでいると予想される。これら裂かは出水を伴う可能性がある。ナヌ川及びデヴォン川からの支水路も小褶曲軸を横切るが、構造が小規模であり、特に問題は無いと予想される。

以上に述べたように、構造物の位置については地質構造との関連について注意深く計画し、成因的に割れ目の多い背斜構はできるだけ避けた。本計画におけるトンネルは長大であるが、大規模な背斜軸を横切るのは2ヶ所だけで、全体としては安定した地質状況であり、特に問題は無い。

3.3 水文・気象

3.3.1 気象

計画地域及びその周辺における水文・気象、観測所の位置、既存データの期間等についてはAPPENDIX-Ⅱに記述するとおりである。

スリランカはインド洋北部に位置する島国で、北緯 $5^{\circ}55'$ ~ $9^{\circ}50'$ 、東経 $79^{\circ}42'$ ~ $81^{\circ}52'$ の範囲にある。島の中央及び南部は丘陵、山岳地域で占められ、北部は低位部となっている。赤道近くに位置することから年間を通じての日照、気温等の変化は少なく、年間の変化が大きい気象現象は降雨量である。年間を通じての降雨パターンは、同国近傍の気圧配置とこれによる卓越風に左右されている。

年間の気候は、南西モンスーン期、北東モンスーン期及び遷移期あるいは雷雨期に大きく分けられる。南西モンスーンは5月から9月、北東モンスーンは12月から2月、この遷移期として3月から4月にかけて雷雨期がある。雷雨は南西モンスーンから北東モンスーンに移行する10月から11月にかけても発生する。10月から3月をマハ(Maha)季、4月から9月をヤラ(Yala)季と呼び、マハ季は北東モンスーン、ヤラ季は南西モンスーンが卓越している時期である。

マハ季とヤラ季では地域的降雨分布が異なった様相を呈する。即ち、マハ季の北東モンスーンがもたらす降雨は低気圧性のものでスリランカ全体に広く分布するが、ヤラ季の南西モンスーンによる降雨はスリランカ国南西四半部分に集中する傾向が顕著で、特に南部中央山岳地域南西斜面の標高 600m から 1,200m 付近の地域には多量の降雨が見られる。

従って、年間降雨量は島の南西四半部分で大きく、北部から東部、南東部にかけては小さい。スリランカの気象についてはいくつかの区分がされているが、降雨量をもとに Dry Zone、Wet Zone 及び中間の Intermediate Zone に分ける区分が一般的である。この区分図は図 3.3 - 1 に示す。図からわかるように計画地域及び流域は降雨の豊富な Wet Zone の東端に位置する。

計画地域内および近傍の長期間に亘る気象観測は、ヌワラ・エリヤ (標高 BL. 1,896 m) 及びキャンディ (標高 BL. 477 m) で実施されている。ヌワラ・エリヤ及びキャンディでの

気象パターンを図3.3-2及び図3.3-3に示す。これらの図にみるとおり、両地点共に、南西モンスーン及び北東モンスーンによる降雨分布が明瞭で、雷の発生日数も雷雨期に多い。

ヌワラ・エリヤとキャンディでの降雨パターンの違いは、ヌワラ・エリヤでは南西モンスーン期の雨が卓越しているが、キャンディでは南西モンスーン期の降雨はそれ程高い値を示さず、むしろ北東モンスーン期の10、11、12月の降雨量が多い点にある。これは、キャンディが中央山岳地域北部に位置することによる。

気温は、標高の違いのため、ヌワラ・エリヤとキャンディで大きく異なる。ヌワラ・エリヤでは、日最高気温の月平均値が4月の21.9℃と7月の18.5℃の範囲にあり年間を通じての変化は少ない。日最低気温の月平均値は2月の7.7℃から6月の13.3℃の範囲で変化する。過去65年間のデータによると、ヌワラ・エリヤで記録された最高気温は1966年5月の27.3℃、最低気温は1914年2月の氷点下2.7℃である。

一方、キャンディでは、日最高気温の月平均値は3月の31.1℃から7月の27.2℃、日最低気温の月平均値は2月の17.9℃から5、6月の21.4℃の範囲で変化する。過去91年間の最高気温は1948年3月の36.5℃、最低気温は1939年2月の10.2℃である。相対湿度は両地点共に年間を通じて比較的高く、80%以上となる月が殆どである。既存コトマレダム流域内及び周辺の月別降雨パターンを図3.3-4に示す。同図に示した月別降量データは1940年から1978年で39年間の長期平均値であるが、約600km²の地域内の降雨量にしては地点別のバラツキがかなり大きい。

前述のとおり、計画地域はWet Zoneの東端に位置している。図3.3-4からも、コトマレダム流域の南西側はそれ以外の地域より降雨量が多いことがわかる。年間降雨量は1940年から1978年の39年平均でヌワラ・エリヤの2,048mmからワタワラの5,236mmまで変化する。同期間におけるコトマレダム流域内及び近傍19地点の平均年間降雨量は2,847mmである。

3.3.2 河川及び日流出量

計画対象河川コトマレ川は、スリランカ最大の流域を擁するマハヴェリ河の最上流域の支流である。コトマレ川という名称は、アグラ川とダンバガストラワ川がカレドニア地点で合流してから下流、マハヴェリ河に合流するまでの間を指す。源流はホルトン平原、ヌワラ・エリヤ周辺で、最上流域の標高は 2,500 m に達する。

コトマレ川は、カレドニア地点でほぼ北西方向に流下し、タラワケレでナヌ川が合流、セント・クレア滝付近で北に向きを変えブンダル川が合流、さらにプナ川が合流してから西方向へ流下し、ガンボラの南約 9 km 地点でマハベリ河に注ぐ。流域面積は、既存コトマレダム地点で 554 km² である。流域は殆んどが標高 1,000 m 以上の山地域で、植生は茶畑が多いが、標高 1,800 m 以上には森林、草地在存在する。

コトマレ川及び右岸支流の河川縦断図を図 3.3-5 に示す。これによるとアグラ川からカレドニア地点を過ぎ、タラワケレ地点までは平均河床勾配が約 1/90、これより下流既存コトマレダムまでは約 1/35 と急勾配である。タラワケレの下流からは特に急で、落差 90 m のセントクレア滝を始めとする滝が多い。河川の横断形状は V 字ないし U 字谷である。コトマレ川に合流する小河川も全般に急勾配で、流域内には滝が多く存在する。

コトマレ川の流量観測は、カレドニア地点 (183.0 km²)、タラワケレ地点 (297.2 km²)、モラベ地点 (554.57 km²) で実施されている。流量観測体制はかなり整っており、現在では自記水位計によりデータが記録されている。これらの地点での流量データは、かんがい局のもとでマハヴェリ開発計画の一環として実施された Hydrological Crash Programme (HCP) で解析・整備されている。

本件計画検討に必要な流量データは、コトマレ川カレドニアダム地点及びタラワケレ取水ダム地点の他、コトマレ川の支流であるナヌ川、ブンダル川、プナ川、デヴェン川等の取水地点での値であるが、長期間のデータが得られるのはタラワケレ地点だけである。詳細は APPENDIX-II に述べるが、カレドニア、タラワケレ両地点での日流量を比流量で比較するとほぼ 1 対 1 に対応していることから、カレドニアダム地点での流量は観測継続期間の長いタラワケレ流量観測所でのデータを基に流域面積比で求めることとする。

支流取水地点での流量観測については、調査団の勧告によりCECBがかんがい局に委託のうえ、1986年7月より実施しているが、未だ十分な量のデータは得られていない。ここでは、デヴォン川以外の支流が位置するコトマレ川右岸地域とタラワケレ地点流域の降雨量、降雨分布が比較的近似していること、またデヴォン川流域はタラワケレ流域と隣接していることから、支流の流量についてもタラワケレ流量観測所でのデータを基に流域面積比で求めることとした。

タラワケレ地点流量がない期間については、モラベ地点のデータをもとにこれを補足し、発電計画検討のベースとなる1951年から1980年までの30年間のタラワケレ地点日流量を作成した。この日流量に基づく、30年間平均の月別平均流量は次表のとおりである。1951年から1980年までの30年間における各年各月の月平均流量は、表3.3-2に示すとおりである。

表3.3-1 コトマレ川タラワケレ地点30年平均月別平均流量 (1951-80)
流域面積：297km²

	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月
流 量 (m ³ /s)	11.20	8.18	6.94	9.46	15.13	24.21	24.11
比流量 (m ³ /s/100km ²)	3.77	2.75	2.34	3.18	5.09	8.15	8.11
	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	年	
流 量 (m ³ /s)	22.20	20.68	24.46	22.85	17.16	17.26	
比流量 (m ³ /s/100km ²)	7.47	6.96	8.23	7.69	5.77	5.81	

30年間の日流量ハイドログラフは図3.3-6に示すとおりである。コトマレ川の年間の流出パターンは、図に見るとおり、年による違いはあるものの、6月から8月の豊水期及び、1月から4月の減水期で特徴づけられる。このパターンは、明らかにモンスーンのもたらす降雨の影響を受けたものである。5月から9月にかけての南西モンスーン期と、12月から2月にかけての北東モンスーン期の流出量を比べると、南西モンスーン期の方が概して多い。

1951-80 MONTHLY AVERAGE DISCHARGE OF KOTMALE OYA AT TALAWAKELLE

Discharge Data for 1951-1980

Unit : m³/s

** DMDS0004:1951-80 Kotmale Oya Daily Discharge at Talawakelle(297.2km²). Data from HCP-1 Vol.19 and Vol.5 and Revised. **
Main Catchment:297.20km², Trib.Catchment(km²)/Max.Div.(m³/s)

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	Year
1951	14.5161	12.1071	6.4839	9.4000	7.7419	98.7333	32.4194	17.8387	19.0667	25.3226	28.2667	10.3548	23.4466
1952	15.7742	9.4483	6.2258	13.3667	47.8387	35.1000	24.9032	18.9032	27.2333	26.8065	11.8667	8.9677	20.5820
1953	8.2581	4.7500	9.3548	16.6667	9.6452	16.5667	25.5161	19.7419	22.0000	22.1935	26.7000	17.5806	16.6356
1954	18.5161	14.7857	7.0645	11.0333	10.4516	12.3333	14.4839	28.4194	19.3667	34.0968	17.2000	23.7742	17.6795
1955	23.7097	17.1429	14.0000	17.9000	42.9032	78.7333	40.3548	19.9677	18.7667	19.5161	20.9000	12.2258	27.1836
1956	9.9355	7.3448	8.4194	8.0333	9.2581	53.3667	23.6774	22.2903	20.3000	24.5806	28.5000	15.3871	19.2322
1957	8.9032	6.8929	5.9677	4.5667	10.4516	21.2000	25.4516	13.0323	11.2000	10.9355	26.3667	70.5484	18.0740
1958	25.7419	10.0357	11.3226	9.8667	11.1290	20.5333	20.0323	19.4194	10.6667	23.4194	22.0667	12.3871	16.4438
1959	8.0323	6.0000	4.8710	9.1333	9.9677	49.9000	39.3226	16.7419	15.0333	20.6452	19.1667	12.3871	17.6329
1960	10.0000	14.7931	8.8710	13.0000	12.6129	17.5333	22.4194	25.8710	41.2333	30.9032	31.8333	13.5484	20.1858
1961	8.6452	7.7500	6.3548	7.9333	22.1613	14.5000	15.8065	26.3871	13.8000	12.7742	14.8667	11.7097	13.6137
1962	8.4839	6.6786	5.6452	6.4667	20.1290	11.4667	22.0000	15.4839	26.5667	24.2581	14.9667	10.5806	14.4521
1963	11.5806	8.7143	6.2903	10.4333	8.7097	11.8667	13.9355	12.3548	14.5333	28.2581	20.5000	21.0645	14.0603
1964	12.8065	8.7586	7.2258	6.3333	6.2258	6.5333	15.4516	21.9355	25.3000	12.6452	23.7333	10.3226	13.1038
1965	6.5484	7.0000	5.5161	12.7000	33.1935	20.4333	10.2258	19.5484	12.8333	20.2581	19.2000	16.3548	15.3753
1966	10.0968	6.6786	7.6452	9.5667	7.2903	7.2667	8.7742	9.7742	25.8333	25.7419	18.7667	10.5806	12.3479
1967	8.0000	7.4643	6.9677	6.8333	5.9677	9.2667	14.6774	10.8387	9.4000	32.6452	24.5000	22.1613	13.2822
1968	9.1936	6.0345	5.9677	5.5000	10.0645	12.5667	38.9355	34.6774	28.4667	25.4516	19.0333	12.0968	17.4044
1969	8.3226	6.0357	5.3548	9.8667	15.1935	25.5333	15.0645	10.2258	23.1333	21.7419	13.6333	18.6452	14.4247
1970	15.7419	14.8214	8.2258	11.4000	10.3871	12.7333	15.2903	29.8710	12.6000	22.4194	18.3000	20.6129	15.0685
1971	14.0323	7.7857	6.4839	13.8333	11.5700	17.7000	24.2581	27.3548	49.0000	28.0645	13.6667	19.4839	19.4858
1972	7.8065	5.6552	4.5161	6.6667	23.7419	7.8667	43.2258	22.4516	16.6000	39.7742	34.2333	21.2258	19.5902
1973	8.8710	6.3214	4.7097	5.7333	4.5161	6.3667	8.3548	29.7097	9.6667	9.8710	14.0333	14.9355	10.3041
1974	9.2903	7.0000	6.0968	8.0333	13.4516	22.6000	57.8710	42.9032	34.2333	23.5161	10.0333	10.3226	20.5753
1975	12.1935	6.4643	8.6129	10.5000	9.4516	58.9333	17.3871	31.0645	34.3333	35.2581	47.5333	18.9677	24.2219
1976	11.1290	5.8276	4.6129	9.4667	5.5807	4.9000	11.3226	10.6774	8.0333	11.7419	19.2000	10.1613	9.3962
1977	6.5806	5.6786	5.2258	8.6000	12.8387	20.7000	36.7419	19.8065	9.8000	37.2581	22.9667	12.1290	16.6274
1978	7.6129	5.8571	10.8710	4.8333	39.0000	21.4333	37.9677	48.8710	20.7667	27.3548	51.1667	18.4194	24.6658
1979	7.1613	6.6071	4.6129	9.4000	14.0968	20.3333	32.5161	22.1290	30.3667	36.1935	36.2333	26.6452	20.6000
1980	8.6452	5.0690	4.7097	6.6667	8.3226	9.2333	14.8710	17.6774	10.1667	20.1290	16.1000	11.2258	11.1056
Ave./T	11.2043	8.1804	6.9409	9.4578	15.1298	24.2078	24.1086	22.1989	20.6767	24.4591	22.8511	17.1602	17.2594

表 33 - 2 コトマレ川タラワケレ地点月平均流量 (1951-80)

コトマレ川はこのように流量の季節変動が大きく、且つ、この季節変動は比較的規則的であることから、季節間調整を目的とする貯水池が発電計画に有効と見られる。タラワケレ地点での1951年から1980年までの30年平均の流況を比流量(100km²)で表すと、次のとおりとなる。流況曲線は図3.3-7に示すとおりである。

豊水量	(95日流量)	:	6.5	(m ³ /s/100km ²)
平水量	(185日流量)	:	4.1	"
低水量	(275日流量)	:	2.6	"
渇水量	(355日流量)	:	1.7	"
平均流量		:	5.8	"

3.3.3 洪水流出

カレドニア計画ダム地点での計画洪水ハイドログラフ及び、タラワケレ計画取水ダム地点での計画洪水ピーク流量は、単位図法を用いて作成した。計画洪水波形を求めるための計画降雨は、スリランカの既存資料にあるヌワラ・エリヤ地点での確率降雨強度を基に設定した中央集中型のハイトグラフとした。更に、カレドニア計画ダム地点の洪水波形については、可能最大降雨：Probable Maximum Precipitation (PMP)による可能最大洪水 Probable Maximum Flood (PMF)も想定した。

詳細はAPPENDIX-IIに示すとおりであるが、カレドニア計画ダム地点でのPMFハイドログラフは図3.3-8に示すとおりとなった。カレドニア計画ダム地点の洪水ピーク流量をまとめると、次のとおりである。

コトマレ川カレドニア計画ダム地点洪水ピーク流量

流域面積：175.2km²

確 率 年	50 年	100 年	200 年	500 年	1000 年	P M F
ピーク流量 (m ³ /s)	933	1,108	1,202	1,330	1,429	2,527
ピーク比流量 (m ³ /s/km ²)	5.3	6.3	6.9	7.6	8.2	14.4

タラワケレ取水ダム地点(297km²)の確率ピーク流量は、同様の手順により、50年確率で1,363m³/s、100年確率で1,584m³/sとなる。

3.3.4 水 質

コトマレ川の水質については、カレドニア地点、タラワケレ地点でそれぞれ採取した水で試験した結果を下記に示す。この水質試験用サンプルは、1986年8月22日に採取した高水位時（約20m³/s）の濁水であるが、発電機器を対象にした許容値内に十分入っている。常時はこれより水質は良いと見られ、発電計画に何ら問題はない。

項 目	単 位	カレドニア地点	タラワケレ地点	許容値
濁 度	NTU	2.0	2.4	< 10
pH (25℃)		7.0	6.9	6.5 ~ 8.5
全硬度 (CaCO ₃)	mg/ℓ	12.4	10.9	< 200
蒸発残留物 (180℃)	mg/ℓ	36	28	< 500
塩素イオン (Cl ⁻)	mg/ℓ	5.5	4.9	< 200
硫酸イオン (SO ₄ ⁻²)	mg/ℓ	4.1	7.4	< 150
全 鉄 (Fe)	mg/ℓ	0.56	0.92	< 1

なお、これらの試験結果は飲料水としても問題のない水質であり、当然セメント用混合水にも十分利用出来るものである。

第 4 章 計 画 策 定

第4章 計画策定

4.1 計画策定の基本方針

4.1.1 包蔵水力の最大開発

スリランカの包蔵水力は約 2,000MWであり、そのうち 1,115MWが既設あるいは工事中である。従って残存包蔵水力は約 900MWと少なく、国家の将来発展にとって必ずしも豊富とはいえない。このため本開発計画は、技術的・経済的に可能な範囲で地域内の包蔵水力を最大限開発する方針で策定する。

水力発電は、一般に出来るだけ上流の高位部に貯水池を築造し、その貯水池によって調整された水を下流で利用するのが原則である。本計画においても地区最上流部のダム築造適地であるカレドニア地点に貯水池を計画し、水資源及び落差を効率的に開発する。貯水池の最適規模は経済比較をもとに決定するが、

- ・無効な溢水をできるだけ減らして水資源を有効に利用する
- ・流水を年間調整する能力をできるだけ大きくし、ファーム電力量の増大を図る

という観点からは、貯水池はできるだけ大きい方が望ましい。

また、隣接支川の流水を経済的に有利な範囲内で貯水池や調整池に導入し、調整利用することによって地域内の水力エネルギーをできるだけ開発する。

計画対象地域の急峻な地形は、豊富な水資源とともに当地域を水力計画上魅力的なものにしている点である。開発計画策定にあたっては、できるだけ有利にこの落差を開発することとし、また発電所間の遊休落差が生じないように留意する。

4.1.2 ピーク発電所計画

スリランカにおける現在の発電設備容量は、水力 715MW、ガスタービン 120MW、ディーゼル80MWであり、発電電力量を比べても圧倒的な水主火従型の電力供給システムとなっている。水力発電所は、ベースロード用及びミドルピーク用に使用され、ピークロード用供給にはガスタービンとディーゼルが使用されている。平常時の電力供給は殆んど水力で賄われており、ガスタービン及びディーゼルはスタンバイ状態が多いといえる。

しかし、記述のとおりスリランカの残存包蔵水力は約 900MWと少なく、しかも比較的大規模な水力開発可能地点は、アッパーコトマレの他はウマ・オヤ及びククレ程度で、これらにしても各地点 200MW以下の規模である。従って、長期電力需給計画では、1993年以降大規模な火力発電所の導入が計画されており、スリランカの電力供給システムは2000年代の初期には火主水従型に転換し、その後は急速に火力発電のウェイトが高まるものと予想される。これら大型火力はベース負荷供給用であり、短時間のピーク負荷に対応した運転はできないことから、2000年以降には大規模なピーク用電源が必要とされている。

このピーク用電源としては、既存のケラニティッサガスタービン 120MW及びサブガスカンダディーゼル80MWの他に、1991年から導入される予定の新規ディーゼル40MWが考えられるが、ケラニティッサガスタービンは1998年でリタイアする予定となっている。更に、西暦2000年時点の夕方の照明用ピーク負荷は約4時間 700MW（総負荷は約 1,800MW、図4.1-1参照）と想定されており、いずれにしてもこれらディーゼルでは不十分で、極く短時間のピークを除いて水力で対応するのが得策と考えられる。

既存及び工事中、計画中の水力発電所についてピーク発電対応の適否を比較したところ、アッパーコトマレ発電計画は地形的に比較的短い水路で高落差が得られ、単位kW当りの建設コストが低いことためピーク発電所として計画することが有利であることが判明した（詳細はAPPENDIX-III参照）。

ピーク発電所とするためには、最大使用水量を大きくすることが必要である。最大使用水量が大きいことは豊水期の貯水池や調整池の無効溢水分を有効に利用できることにもなり、水資源の有効利用にもつながる。しかし、最大使用水量を大きくすると、トンネル等の土木施設及び発電機器共に大規模になり建設コストがかさむことになる。従って、本計画策定にあたっては、スリランカの発電計画全体の中でのピーク用発電施設の必要性を考慮し、且つアッパーコトマレ計画自体の経済性も勘案のうえ設備規模を決定する。

4.1.3 既設コトマレダムの将来の嵩上げとの関係

本発電計画区域の直下流には、コトマレダム（ダム高87m、有効貯水容量 155MCM）が1985年に完成している。現在は主として発電に利用されることになっているが、スリランカ中・北部のかんがい用水確保のためには、ダムを約30m嵩上げして貯水容量を倍増させることが不可欠とされている。

このため、ダムを除く発電所等の施設及び用地確保、付替道路等貯水池周辺の整備も全てこの嵩上げを前提として計画、実施されている。但し、嵩上げ時期については明らかにされていない。

このため、本発電計画の策定に当たっては、既設コトマレダムが将来嵩上げされることを前提とし、嵩上げ後も本計画の施設を変更することなく運転ができるような発電施設を計画することとした。更に、嵩上げ時期が不明であることから、嵩上げされるまでの期間についても既設コトマレ貯水池と本発電計画との間に遊休落差が生じないような計画とした。

4.1.4 発電計画による減水区間への対応

コトマレ川本流

既設コトマレ貯水池から最上流カレドニア地点までの約30kmの区間には、本計画により支障をうける利水設備はない。本発電計画により影響を受けると考えられるのは、タラワケレ下流2kmのセント・クレア滝と、その下流5kmヨックスフォードにある製茶工場の小水力発電所（336kW）1ヶ所程度である。

セント・クレア滝（90m）は観光上からは放流することが望しいが、種々検討した結果発電計画と両立させることが困難であることが判明した。それ故、CEBと協議の結果、本発電計画ではセント・クレア滝への放流は考えないこととした。また、小水力発電設備は小規模であり、残流域流量で十分に稼働可能である。

以上のことからコトマレ川本流での河川維持用水は本発電計画では考慮しないことにした。

デヴォン川

流域面積24.5km²のデヴォン川は約4kmのトンネルでタラワケレ調整池に導水され、有効落差470mのタラワケレ発電所に利用される計画である。取水堰下流のデヴォン滝（セント・クレア滝の下流1km左岸よりコトマレ川に流入）はその観光価値を考慮し、約1/3の流量を観光放流すると仮定した。従って、取水堰地点流量の2/3の流量だけ発電に利用することとして計画した。

その他支川

カレドニア貯水池に導水されるナヌ川、タラワケレ調整池に導水されるブンダル川、ブナ川については本計画によって支障になるような利水上の問題はない。それ故、これ等の支流についても河川維持用水を考慮しないこととした。

ブナ川下流には村落開発が計画されているが、小規模なものであるので、取水地点の下流に流入している支川からの流量で充分と考えられる。

4.2 開発方式の決定

4.2.1 既存計画のレビュー

本F/S調査以前に、本地域における水力開発計画として次の案があった。

(1) F A Oによる水力開発計画案 (1968) 4段開発案

地 点 名	設備容量 (MW)	年間発生電力量 (GWh)
1. Agra	5.1	20.0
2. Tillicoultry	11.4	40.7
3. Talawakelle	40.0	132.0
4. Yoxford	43.5	138.0
計	100.0	330.7

(2) C E Bによる水力開発計画案 (1985) 2段開発案

地 点 名	設備容量 (MW)	年間発生電力量 (GWh)
1. Caledonia	50	100
2. Talawakelle	180	466
計	230	566

これら既存の開発計画案については充分にその内容を検討し、また上記以外にも1968年にF A Oによって提案されたダムサイト候補地の Wavahena, Yoxford, Logie, Tillicoultry, Agra, East Holyrood, Palmerston, Wangie 等の地点についてもダム地点としての得失、地域全体の水力開発計画を構成する要素としての適否に関し、検討を加えた。検討の結果、上記の各提案とも1/63,360地形図と流量資料によって立案されたもので、精度の高いものではないことが判明したが、以下に述べる開発方式の参考とした。

4.2.2 開発方式の決定

最初に、1/63,360地形図と現地踏査、及び収集資料により本計画区域の中で最上流のダムサイト適地と考えられるカレドニア地点 (可能最大満水位EL.1,365m) と、最下流既設

コトマレ貯水池（常時満水位EL.703m）の間の河川長約30kmと総落差約660mを、どのように開発することが水資源の有効利用と経済性の点で最も適切か検討した。詳細はAPPENDIX-IIIで述べるが、検討した結果を表4.2-1にまとめた。

水力発電の能力は同一流量資料を用いる場合、流域面積と総落差の積に比例するので、この積を開発指数として上記の各ケースの検討を行なった。また、発電所の数が少ない程1ヶ所当りの設備能力が大きくなり、施設費用が安くなることも考慮して検討した。

その結果、カレドニア及びタラワケレの2ヶ所に発電所を設ける二段開発案が最も高い開発指数を持ち、資源利用上優れていることが判明した。（詳細はAPPENDIX-III参照）

また、開発指数は若干低いが、貯水池式一段開発計画も上記の二段開発に比べ、経済性においてわずかに優れていることが判明した。貯水池式一段開発のカレドニアとリンドウラの2案のうち、リンドウラ案はダムサイトの地質条件が悪く、経済性の点でもカレドニア案に劣ることが判明したので、貯水池式一段開発計画としてはカレドニア案を詳細比較に採用した。また、第3案タラワケレ調整池式は最も経済性が高いが、包蔵水力を最大限開発するという基本方針から外れるので、検討から除外した。

この二段開発と貯水池式一段開発の比較検討の結果は、次のとおりである。

	一段開発（第4案）	二段開発（第6案）
設備出力 (MW)	214	248
年間発生電力量 (GWh)	664	809
建設工事費 (Rs. 百万)	7,920	9,800
B / C	1.45	1.39
B - C	309	336
発電原価 (Rs/kWh)	1.22	1.24

即ち、二段開発が包蔵水力の最大開発という点で大幅に優れるが、経済効率の点では一段開発が若干優れることが判明した。この結果につき、スリランカ関係機関と討議のうえ、包蔵水力の最大開発を重視することとし二段開発案を採用することとした。

更に二段開発計画につき、空中写真図化、地形測量、地質調査等の現地調査作業計画を立案、実施し、その結果に基づき開発規模の検討、各種施設の比較設計、施工方法の検討、経済性の検討を行なった。

表 4.2-1 開発指数の比較

開発 段数	番号	取水位置	発電 方式	流域								面積 (km ²)			落差 (m)			開発指数 (m・km ²)
				コトレ	ナス1	ナス2	ワカシ	フナル	フナ1	フナ2	計	取水位	放水位	総落差				
1	1	カレドニア	P	175.2	64.0	—	—	18.0	8.2	17.2	282.6	1,310	703	607	171,538			
	2	リンドウラ	P	190.0	79.2	—	—	19.6	8.9	17.5	315.2	1,255	703	552	173,990			
	3	タラワケレ	P	297.2	—	—	16.3	21.3	10.1	18.5	363.4	1,200	703	497	180,610			
	4	カレドニア	Re	175.2	16.5	43.3	—	17.2	—	—	268.8	1,365	703	662	177,946			
	5	リンドウラ	Re	190.0	64.0	—	—	18.0	—	—	289.2	1,310	703	607	175,544			
2	6	カレドニア タラワケレ 計	Re P	175.2 297.2	16.5 —	43.3 —	16.3	— 21.3	— 10.1	— 18.5	235.0 363.4	1,360 1,200	1,200 703	160 497	37,600 180,610 218,210 <u>2/</u>			
	7	カレドニア タラワケレ ヨックスフォード 計	Re P P	175.2 297.2 365.0	16.5 — —	43.3 — —	16.3	—	—	—	235.0 313.5 365.0	1,360 1,200 960	1,200 960 703	160 240 257	37,600 75,240 93,805 206,645			
4	8	カレドニア タラワケレ ヨックスフォード ウエバヘナ 計	Re P P P	175.2 297.2 365.0 398.0	16.5 — — —	43.3 — — —	— 16.3 — —	—	—	—	235.0 313.5 365.0 398.0	1,360 1,200 960 800	1,200 960 800 703	160 240 160 97	37,600 75,240 58,400 38,606 209,846			

注: 1/ Re: 貯水池式 P: 調整池式

2/ 開発指数の最大値は二段開発である。

4.3 電力量の定義

年間発電電力量

年間発電電力量とは、マスカーブによる貯水池の水位及び使用水量をベースとした計算上の30年平均年間可能発電電力量から、貯水池や調整池の運用による損失、事故停止による溢水損失などを差し引いたものである。

本計画においては、マスカーブにより算出された30年平均年間可能発電電力量の95%を年間発電電力量とした。

ファーム電力量

ファーム電力量は、信頼性98%の電力量とした。即ち、本計画に採用された30年間の流量資料により算出される360ヶ月の月別電力量のうち、月数の98%に当たる353ヶ月間保証される月間電力量を年換算した電力量である。

換言すれば、月間電力量を大きい順に360ヶ月分並べ、上位より353ヶ月目の月別電力量を12倍して年間電力量としたものである。

二次電力量

年間発電電力量からファーム電力量を差し引いた電力量である。

4.4 評価基準

水力開発計画の各種比較案の検討や最適規模決定に際しての評価基準については、kWあるいは kWh当り建設費、発電原価、便益・費用比 (B/C)、便益・費用差 (B-C)、内部収益率 (IRR) 等が用いられる。本計画の検討にあたっては、各種比較案の検討及び最適規模決定に伴う比較検討については、B/C及びB-Cを評価基準とし、最終的に策定された最適計画については発電原価による検討及び内部収益率を用いた経済・財務分析を行ない、開発の妥当性を評価することとした。

B/C、B-C、内部収益率を求めるための便益 (B) の算出は、代替施設法によった。即ち、同質同量の供給能力を持ち且つ最小価格の代替施設の建設費及び運転維持費を以って、本水力発電所の便益とした。

この場合代替施設としては、同質同量で且つ最低価格のものであり、本計画のような大規模水力発電の代替施設としては、一般的には石炭火力又は石油火力が採用されるケースが多い。しかし本計画の場合は、98%保証 (ファーム) 運転時間が5時間程度とピーク発電所指向であり、ディーゼル発電が同質及び最低価格という観点から代替施設として最もふさわしいと判断される。

従って、本水力開発計画のピーク電力として供給される部分の評価は、ディーゼル発電を代替施設として行なうこととした。即ち、本水力発電のうちピーク負荷供給に対応する設備出力 (kW) とファーム電力量 (Firm kWh) については、スリランカでピーク用電源として使用されるディーゼル発電の固定費をkWの便益単価とし、kW当たりの可変費を kWhの便益単価とした。ピーク負荷供給に対応しない二次電力量については、本計画が具体化される以前に導入される予定の石油火力の燃料費の節約効果があるので、その石油火力の kWh当たりの燃料費を以って kWhの便益単価とした。

二次電力量については、その全量が石油火力の燃料費の節減に役立つと仮定したが、その根拠は、1990年代からの大型石油火力の導入により、火力による発電電力量は1997年 3,283GWh、2000年 5,419GWh と予測され、以降は更に火力発電のウェイトが高まる見込みであるので、本計画による二次電力量 402GWh は、耐用年数期間を通じて十分に火力の燃

料費の節減対象になりうると考えたからである。

費用(C)は8.1.2に記載する変換係数により補正した建設費の資本回収費とO & M費との合計額とした。資本回収係数の算定に用いた水力発電所の耐用年数は50年、割引率は10%である。O & M費はスリランカの実績にもとづき Rs. 4.5/kW/月とした。

なお、経済的内部収益率による検討については、通常の水力開発計画の評価に用いられる石油火力及び石炭火力による評価も参考として行なった。

現在CEBで計画している将来のディーゼル、石油、石炭の各計画に基づく諸数値を用いて算出した、それぞれのkW、kWh補正係数を表4.4-1に、kW便益単価、kWh便益単価を表4.4-2に示す。

表4.4-1 評価基準用kW及びkWh補正係数

	水 力	ディーゼル	石油火力	石炭火力
施設規模 (MW)		20	200	200
送電損失率 (%)	1.0	0.5	0.5	
所内消費率 (%)	0.3	0	0	0
事故停止率 (%)	0.3	15.0	15.0	18.0
定期点検停止率 (%)	2.0	8.22	11.0	11.0
kW 補正係数	—	1.2424	1.2812	1.3623
kWh 補正係数	—	0.9920	0.9920	1.0176

注：ディーゼル、石油火力、石炭火力の所内消費率が0%なのは、正味熱効果(次表)に既に反映されていることによる。

kW便益単価、kWh便益単価の算定根拠は次のとおりである。

表 4.4 - 2 kW 及び kWh 便益単価

項 目	単 位	デ ィ ー ゼ ル	石 油 火 力	石 炭 火 力
耐 用 年 数	年	20	25	25
割引率10%での 資本回収係数		0.1175	0.1102	0.1102
建 設 費 1/	Rs. 百万	248×1.2424 =308MW @13,641/kW 4,201	248×1.2812 =318MW @27,915/kW 8,877	248×1.3623 =338MW @33,163/kW 11,209
年平均固定経費	Rs. 百万 / 年	$4,201 \times 0.1175$ =493.6	$8,877 \times 0.1102$ =978.2	$11,209 \times 0.1102$ =1,235.2
年平均kW当り 固定費 2/	Rs. / kW / 年	$493.6 / 0.248$ =1,990	$978.2 / 0.248$ =3,944	$1,235.2 / 0.248$ =4,981
年間発電電力量 3/	GWh	809	809	809
設 備 利 用 率	%	$809 / 308 / 8,760$ = 30.0	$809 / 318 / 8,760$ = 29.0	$809 / 353 / 8,760$ = 26.2
正 味 熱 効 率	kcal / kWh	2,520	4/ 2,480	4/ 2,533
燃 料 単 価	Rs. / m kcal	331	331	192
"	Rs. / kWh	0.834	0.821	0.486
運 転 維 持 費	Rs. / kW / 年	Rs. 10 / 月 / kW $\times 12 = 120$	Rs. 7 / 月 / kW $\times 12 = 84$	Rs. 12 / 月 / kW $\times 12 = 144$
"	Rs. 百万 / 年	$120 \times 308 \text{MW}$ =37.0	$84 \times 318 \text{MW}$ =26.7	$144 \times 338 \text{MW}$ =48.7
"	Rs. / kWh	$37.0 / 809$ =0.046	$26.7 / 809$ =0.033	$48.7 / 809$ =0.060
k W 便 益 単 価	Rs. / kW	$1,990 + 120 \times$ $0.8 = 2,086$	$3,944 + 84 \times$ $0.8 = 4,011$	$4,981 + 144 \times$ $0.8 = 5,096$
フ ェ ー ム kWh 便 益 単 価	Rs. / kWh	$0.834 + 0.046 \times$ $0.2 = 0.843$	$0.821 + 0.036 \times$ $0.2 = 0.828$	$0.486 + 0.060 \times$ $0.2 = 0.498$
二 次 kWh 便 益 単 価	"	0.834	0.821	0.486

1/ : 建設単価データはCEBによる

2/ : 年平均kW当り固定費は代替としてのディーゼル又は石油火力の固定費を
アップーコトマレの248MWで除した値

3/ : 809GWhはアップーコトマレの計画値

4/ : 数値は200MWスケールのもの

4.5 最適開発計画の策定

4.2.2項で、本計画の開発方式をカレドニア、タラワケレの二段開発方式とすることを決定した。本項では、この二段開発における最適開発計画の策定について述べる。

4.5.1 カレドニアダム及びタラワケレダムの位置の決定

既設コトマレダム上流域の本計画区域 554km²について、空中写真、1/63,360 (インチ・マイル図)、1/10,000及び 1/5,000地形図、河川縦断測量図を用いた検討、ならびに現地踏査等の結果を踏まえ、本水力開発計画の中心となるカレドニアダム及びタラワケレダムの位置を選定した。

図3.3-5の河川縦断図に示すように、既設コトマレ貯水池末端 (EL.703m) からカレドニアダム地点 (河床EL.1,300m) の間のコトマレ川延長は約28kmで、その標高差は 597mである。このうちコトマレ貯水池末端からタラワケレダム地点間は河川長18.5km、標高差 487m、河川勾配 1/38 であり、タラワケレダム地点からカレドニアダム地点の間は、河川長 9 km、標高差 110 m、河川勾配 1/82 である。

カレドニアダム地点より上流 800 mが、アグラ川とダンバガスタラワ川の合流点であるが、この合流点から上流 3～4 kmは、河川勾配 1/100程度で緩く、貯水容量がとり易いため、地形上貯水池計画に適している。

カレドニアダム地点は川幅が狭く、河床に岩盤が露出しており、ダム計画地点としての地形・地質条件に恵まれており、計画区域では最良のダムサイトである。しかし、ダムサイト南側約 500 mの位置に底部の標高 EL. 1,350 m、底幅約50 mの鞍部があり、満水位を EL.1,350 m以上にする場合はサドルダムの築造を必要とする。

この鞍部は上部の広がりも大きく、また鞍部の底部付近の地質条件も良好でなく相当な地盤改良を必要とするので、サドルダムの高さは15 mが限度と考えられる。

このため、カレドニア貯水池の満水位は EL. 1,365 mが上限と考えられる。従って、カレドニア貯水池の最適規模の検討は、満水位 EL. 1,365 m、1,360 m、1,355 mの3ケースについて行なった (4.5.6参照)。

トラワケレダム地点は同河川縦断図に示すように、河川勾配が急変する急勾配部の最上流端に選定した。トラワケレダムは、上流のカレドニア発電所の放水量と残流域62.2km²の流入を受け入れ、これらを目調整してトラワケレ発電所で利用するための調整池をつくるために計画される。

トラワケレ調整池は、上記の残流域の外にトラワケレダム下流5kmのコトマレ川左岸に流入しているデボン川(24.5km²)からの分水を受けるとともに、トラワケレ発電所に至る導水路途中で取水されるブンダル川(21.3km²)、プナ川(28.6km²)からの導水の日調整も行なう。この日調整のために必要な容量は、渇水期では約1MCMであるが、豊水期にもできるだけ溢水量を少なくするため、技術的に可能な2MCMを調整容量とした。

トラワケレダムサイトは地形・地質条件を考慮し、且つ調整容量2MCMが確保できる地点としてナヌ川合流点下流1.0kmに選定した。河床に岩盤が露出している良好な地点である。ダムサイト左岸には国道A7が走り、その周辺にトラワケレ市街が発達している。このため、水没件数を減らすことと、地形的な制約から調整池の満水位はEL.1,200mとした(詳細はAPPENDIX-IIIに述べる)。

両ダム地点の計画諸元は、次のとおりである。

		カレドニアダム	トラワケレダム
流域面積 (km ²)	直接流域	175.2	297.2
	間接流域	59.8	66.2 ^{1/}
	計	235.0	363.4
	河床標高 (EL. m)	1,300.0	1,190.0

^{1/} : トラワケレダムの間接流域のうち、デヴォン川24.5km²は観光放流のため、流入量の1/3を下流放流することから、その流域面積を24.5km²×2/3=16.3km²としている。

4.5.2 発電所の位置、型式及び主導水路ルートを選定

前述のように、本水力開発計画においてカレドニアダム、タラワケレダム及び既設コトマレ貯水池の3点が決められた。この3点を結ぶ導水路、発電所、及び放水路につき経済的・技術的に最適なルート及び地点を選定する。

カレドニア、タラワケレの両開発計画について、それぞれ次の3ルートを中心に比較検討を行なった（詳細は APPENDIX - III に述べる）。

これらのケースは図4.5-1に示すとおりである。概略設計により工事費を算出し、その経済性を検討するとともに、特に地質条件について技術的な検討を行なった。その結果、カレドニア発電計画についてはC-2ルートである右岸取水直線導水地下式発電所案を最適計画とし、タラワケレについてはT-2ルートの迂回ルート地下式発電所案を採用した。

(1) カレドニア発電計画	導, 放水路延長	
C-1ルート：左岸取水、地上式発電所	7,570 m	
C-2ルート：右岸取水直線導水、地下式発電所	5,150 m	
C-3ルート：右岸取水、地上式発電所	5,750 m	

(2) タラワケレ発電計画	導, 放水路延長	支流導水路延長 (ダムを除く)
T-1ルート：直線ルート、地下式発電所	14,000	10,200
T-2ルート：迂回ルート、地下式発電所	13,470	5,250
T-3ルート：迂回ルート、地上式発電所	13,100	5,250

4.5.3 放水口及び放水位の決定

放水位の決定に当たっては、カレドニア、タラワケレ両発電所及び下流コトマレ貯水池の間で遊体落差が生じないように配慮した。また、放水口は貯水池又は調整池の堆砂の影響が少ない地点を選定した。

カレドニア発電計画の放水位は、タラワケレ調整池の満水位 EL. 1,200m から 2.0m 下

げた EL. 1,198m に設定した。また、放水口はタラワケレダムサイト上流約 2 km に選定した。

タラワケレ発電計画の放水位は、既設コトマレ貯水池の満水位 EL. 703m とした。既設コトマレ貯水池は、下流のヴィクトリア（有効貯水量:668MCM）、ランデニガラ（有効貯水量:797MCM）と総合運用される計画となっており、現在は主に発電用として運用されている。マハヴェリ開発庁の水管理計画（Water Management Programme）の向こう30年の運用シミュレーションにおいて、既設コトマレ貯水池の水位を出来るだけ高く維持する高水運転計画が、マハヴェリ総合運用上適切であるとされている。既設コトマレ貯水池は年間60%以上が満水状態で運転される計画となっている。

一方、既設コトマレ貯水池の重心水位 EL. 690.0m を放水位とするためには、約 3 km の放水路長の増加となり、これに対し電力量の増加は、上記の水管理計画によると 3 GWh の二次電力量の増加に過ぎない。

従って、タラワケレ発電所の放水位は EL. 703m とすることが経済的にも最適となった。タラワケレ発電所の放水口は、地形・地質条件を考慮のうえ、最も適切な地点に選定した。なお、タラワケレ発電所の放水位は、既設コトマレダムが将来約 30m 嵩上げされることも考慮して決定した。

4.5.4 支流取水

本水力開発計画の特徴は、高落差発電計画であることである。従って、カレドニア貯水池やタラワケレ調整池には、出来るだけ多くの流量を近傍の支流から導水することが得策である。カレドニア貯水池に導水された流水は、季節調整されて有効なファーム流量となり、カレドニア・タラワケレ両発電所で利用される。タラワケレ調整池に導入される流量は、日調整されピーク電力として利用される。

導入される流水は、カレドニア発電所の有効落差 144m により 1 m³/s 当り 1,256kW の電力となり、タラワケレ発電所の有効落差 468m では、1 m³/s 当り 4,082kW の電力となる。本開発計画において取水が可能な支川と、その取水計画は次のとおりである。

	取水支川名	取水地点数	流域面積 km ²	取水水路長 km	最大取水量 m ³ /s
カレドニア貯水池	ナス川	2	59.8	4.1	6.4
タラワケレ調整池	デヴォン川	1	24.5 1/	4.2	3.3
	ブンダル川	1	21.3	—	3.6
	プナ川	2	28.6	5.2	4.5

1/ デヴォン川からの取水は1日8時間の観光放流を計画しているので
取水対象流域としては $24.5\text{km}^2 \times 2/3 = 16.3\text{km}^2$ と考える。

上記の最大取水量は、導水トンネルの最小施工断面(2.2m × 2.2m、無巻断面)と水路勾配によって支配される。この最大取水量によって取水される流量は、取水堰地点における年間流量の87~91%となる。

平均河水利用率88%として、年間取水量を計算するとカレドニアで96.4MCM、タラワケレで106.7MCMとなり、これによる増加電力量は、カレドニアで33.6GWh、タラワケレで120.8GWhとなる。これら支流取水による増加工事費は合計Rs. 401.9百万であるので、増加kWh当りの専用施設工事単価は2.6Rs/kWhとなる。詳細はAPPENDIX - IIIに述べる。

4.5.5 水車/発電機の台数の選定

一ヶ所の発電所当りの水車・発電機の台数は、少ないほど建設費が安くなり、経済性は良くなる。しかし、この台数の選定に際しては、スリランカ全体の電力供給システムの大きさ及び建設のための機器の輸送条件を考慮しなければならない。

本開発計画においては、次の検討を行なった。設備容量については、後述4.5.6において決定した数値を用いている。

地点名	計画設備容量 (MW)	検討対象台数
カレドニア	44	1台及び2台
タラワケレ	204	2台及び3台

本開発計画の運転開始予定時期は1997年であり、この時点のスリランカ全体の電力供給

システムは水力 1,363MW、火力 530MW、合計 1,893MWと計画されている。従って、全体の電力供給システムの大きさからみれば、カレドニアの水車・発電機を1台(44MW)とし、タラワケレを2台(102MW×2)とすることも可能である。仮に、タラワケレの1台(102MW)が故障停止しても、全体システムの5.4%に支障を及ぼすだけであり、この場合は全体システムが持つ予備力で十分にカバーできる。

しかし、輸送条件から、1基当りの能力は70MW以下とした方が安全であり、従ってタラワケレは3台(68MW×3)とする。下流のヴィクトリア及びコトマレの実績が1基当りそれぞれ70MW及び67MWとなっており、この程度の大きさの機器の輸送は既の実証されている。

また、系統運用上もタラワケレの単機容量68MWがヴィクトリアの70MW、コトマレの67MW、ランデニガラ61MWに近いこと、いずれの発電所の水車/発電機が事故停止した場合でも、相互に代替運転が可能となり、系統運用が容易となると考えられる。従って、本開発計画ではカレドニアを1台、タラワケレを3台とした。

4.5.6 最適規模の決定

最適規模の決定方法

本開発計画は、カレドニア及びタラワケレの二段開発である。カレドニア発電所は、カレドニア貯水池とタラワケレ調整池の間の落差を利用した発電である。カレドニア発電所の使用水量はカレドニア貯水池で年間調整されたものである。

タラワケレ発電所は、タラワケレ調整池と既存コトマレダムとの間の落差を利用する。タラワケレ調整池には、カレドニア発電所からの放流水と共に、カレドニアダムよりタラワケレ調整池までの間のコトマレ川流域及びデヴォン、ブンダル、プナの3支川の水が流入する。タラワケレ調整池ではこれらの流入を日調整し、ピーク発電をする。

支流ナヌ川よりの導水を考慮した場合、カレドニアダム地点の年間流入量は413MCMである。これに対し、できるだけ大きい貯水池を設け、年間にわたり流水を平滑化して使用すると、ファーム電力量が増加する。しかし、反面、ダムの費用が増加する。

また、最大使用水量を大きくすると、設備容量が増加し、貯水池からの溢水も防ぐこと

ができる。但し、この場合は使用水量の増加に伴い、トンネル等の土木費ならびに発電機器費が高くなる。

従って、本開発計画の最適規模の決定にあたっては、次の3項目をパラメーターとして変化させて種々組合せ、それぞれの案のB/C及びB-Cを比較した。

- ・カレドニア貯水池の有効容量
- ・カレドニア発電所の最大使用水量
- ・トラワケレ発電所の最大使用水量

基本条件

比較検討に際しての基本条件は、次のとおりに設定した。

- (1) カレドニアダム地点の地形、地質的条件から、カレドニア貯水池の常時満水位の上限をEL. 1,365.0mとする。満水位EL. 1,365.0mの場合の有効貯水容量は45MCMで、この地点のヌ川導水量を含む年間流入量(413MCM)の約11%になる。
- (2) 既に述べたとおり、カレドニア、トラワケレ両発電所共、ピーク需要供給を指向するものであるが、最適規模検討は運転時間にこだわらずに行なう。但し、ファーム時運転時間が4～8時間になることを目途として検討し、完全なベース負荷対応は考えない。
- (3) 便益を構成する要素は、基準出力、ファーム電力量、二次電力量であり、それぞれの用語の定義は既述のとおりである。

上記各要素の便益単価については、基準出力、ファーム電力量については夫々ディーゼルを代替施設としたkW便益単価、kWh便益単価とし、二次電力量については、石油火力の燃料たき減らしの効果によるkWh便益単価とする。

検討結果

詳細はAPPENDIX-IIIに述べるが、比較検討の結果は以下に示すとおりである。

カレドニア貯水池の常時満水位を仮定すると、カレドニア及びトラワケレ両地点でのファーム時使用水量が発電設備の最大使用水量とは無関係に次のとおり決定される。

常時満水位 (El. m)	ダム高 (m)	有効容量 (MCM)	カレドニアP/S ファーム時 日平均使用水量 (m ³ /s)	タラワケレP/S ファーム時 日平均使用水量 (m ³ /s)
1,355	65	18.0	6.0	8.5
1,360	70	30.0	6.7	9.2
1,365	75	44.5	7.5	10.0

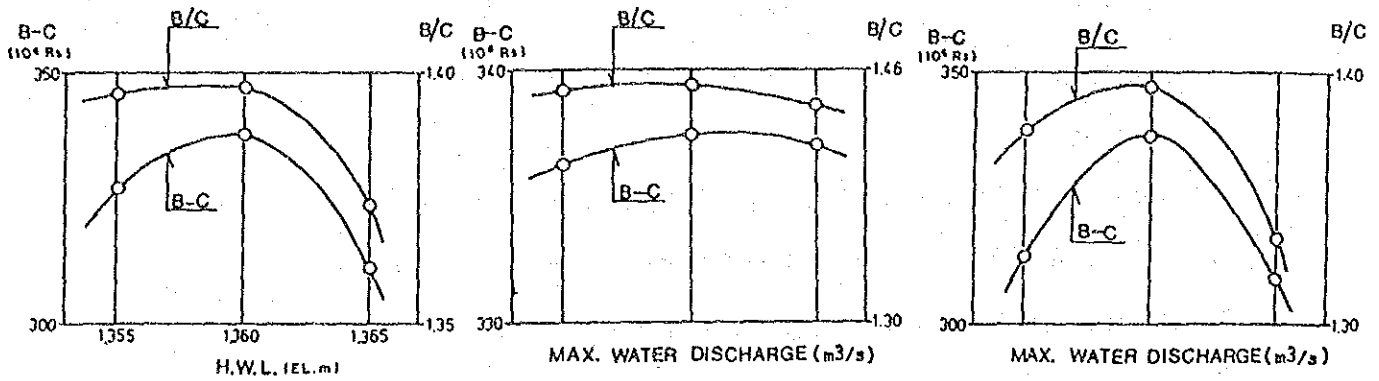
このカレドニア貯水池の有効貯水容量に対し、カレドニア発電所の最大使用水量を30m³/s、35m³/s、40m³/s、タラワケレ発電所の最大使用水量を45m³/s、50m³/s、55m³/sと変化させ、各種組合せ毎に費用便益法により経済性を検討し、最適規模を決定した。

(1) カレドニア貯水池の満水位の決定

カレドニア貯水池HWLは標高1,355、1,360、1,365の3ケースを設定し、発電の最大使用水量をカレドニア発電所35m³/s、タラワケレ発電所50m³/sの場合について検討した。比較検討の結果は表4.5-1及び下図のとおりであり、HWL標高1,360mのケースを最適規模とした。

表4.5-1 カレドニア貯水池満水位の決定

満水位標高 El. m	1,355			1,360			1,365		
	カレドニア	タラワケレ	計	カレドニア	タラワケレ	計	カレドニア	タラワケレ	計
最大使用水量 m ³ /s	35	50		35	50		35	50	
設備容量 MW	39	204	243	44	204	248	47	204	251
年間発電電力量 GWh	117	668	785	135	674	809	143	678	821
ファーム電力量 GWh	60	299	359	76	331	407	89	396	485
二次電力量 GWh	57	369	426	59	343	402	54	282	336
建設費 Rs. 百万	3,920	5,640	9,560	4,160	5,640	9,800	4,650	5,640	10,290
年便益 (B) Rs. 百万	1,160			1,191			1,207		
年費用 (C) Rs. 百万	833			854			896		
B - C Rs. 百万	327			337			311		
B / C	1.391			1.394			1.346		



(2) カレドニア発電所の最大使用水量の決定

カレドニア発電所規模は最大使用水量30, 35, 40 m^3/s の3ケースを想定し、カレドニア貯水池 HWL標高 1,360m、トラワケレ発電所最大使用水量50 m^3/s の場合について検討した。比較検討の結果は表4.5-2及び前図のとおりであり、最大使用水量35 m^3/s のケースを最適規模とした。

表4.5-2 カレドニア発電所最大使用水量の決定

最大使用水量 m^3/s	30			35			40		
	カレドニア	トラワケレ	計	カレドニア	トラワケレ	計	カレドニア	トラワケレ	計
発電所									
最大使用水量 m^3/s	30	50		35	50		40	50	
設備容量 MW	38	204	242	44	204	248	50	204	254
年間発電電力量 GWh	133	671	804	135	674	809	136	676	812
ファーム電力量 GWh	76	331	407	76	331	407	76	331	407
二次電力量 GWh	57	340	397	59	343	402	60	345	405
建設費 Rs, 百万	4,060	5,640	9,700	4,160	5,640	9,800	4,340	5,640	9,980
年便益 (B) Rs, 百万	1,176			1,191			1,205		
年費用 (C) Rs, 百万	845			854			870		
B - C Rs, 百万	331			337			335		
B / C	1.392			1.394			1.385		

(3) タラワケレ調整池

タラワケレ調整池の必要有効容量は最大使用水量によって相違するが、調整池内の堆砂による有効容量の減少を見込み余裕含みで決定しているため、規模検討においてはHWL標高 1,200m一定とした。

(4) タラワケレ発電所の最大使用水量の決定

タラワケレ発電所規模は最大使用水量45, 50, 55m³/sの3ケースを想定し、カレドニア貯水池HWL1,360mカレドニア発電所最大使用水量35m³/sの場合について検討した。

比較検討の結果は表4.5-3及び下図のとおりであり、最大使用水量50m³/sのケースを最適規模とした。

表4.5-3 タラワケレ発電所最大使用水量の決定

最大使用水量 m ³ /s	45			50			55		
	カレドニア	タラワケレ	計	カレドニア	タラワケレ	計	カレドニア	タラワケレ	計
最大使用水量 m ³ /s	35	45		35	50		35	55	
設備容量 MW	44	184	228	44	204	248	44	225	269
年間発電電力量 GWh	135	671	806	135	674	809	135	676	811
ファーム電力量 GWh	76	331	407	76	331	407	76	331	407
二次電力量 GWh	59	340	399	59	343	402	59	345	404
建設費 Rs. 百万	4,160	5,400	9,560	4,160	5,640	9,800	4,160	6,470	10,630
年便益 (B) Rs. 百万	1,145			1,191			1,235		
年費用 (C) Rs. 百万	832			854			926		
B - C Rs. 百万	313			337			309		
B / C	1.376			1.394			1.333		

最適開発計画

策定された最適開発計画は、表4.5-4に示すとおりである。

表 4.5 - 4 最 適 開 発 計 画

		カレドニア	タラワケレ	合 計
貯水池 / 調整池				
水位				
・ 常時満水位	EL. m	1,360.0	1,200.0	
・ 低水位	"	1,341.0	1,193.0	
・ 発電規模水位	"	1,353.0	1,198.0	
貯水容量				
・ 総容量	MCM	45.7	2.6	
・ 有効容量	"	30.0	2.0	
発電				
基準落差	m	144	468	
最大使用水量	m ³ / s	35	50	
設備容量	MW	44	204	248
発電電力量	GWh	135	674	809
・ ファーム電力量	"	76	331	407
・ 二次電力量	"	59	343	402
運転時間				
・ ファーム時	hr.	4.6	4.5	4.5
・ 平均	hr.	8.9	8.5	9.4

第 5 章 施 設 計 画

第5章 施設計画

5.1 計画諸元

本開発計画における計画諸元は、以下のとおりである。

(1) カレドニアダム発電計画

流域及び貯水池

流域面積	:	
直接	:	175.2 km ²
支流	:	59.8 km ²
湛水面積	:	2.25km ²
貯水容量	:	
総容量	:	45.70 MCM
堆砂容量	:	8.76 MCM
死水容量	:	15.70 MCM
有効容量	:	30.00 MCM
計画洪水水位	:	EL. 1,363.5 m
常時満水位	:	EL. 1,360.0 m
発電基準水位	:	EL. 1,353.0 m
低水位	:	EL. 1,341.0 m

ダム

型式	:	コンクリート重力式
高さ	:	70 m (基礎岩盤上)
堤頂長	:	270 m
堤体積	:	250,000 m ³
表面勾配	上流側	EL. 1,325.0 m 以上 : 鉛直 EL. 1,325.0 m 以下 : 1:0.3
	下流側	1:0.76
標高	:	
非越流部	:	EL. 1,365.0 m
越流部	:	EL. 1,360.0 m
基礎岩盤	:	EL. 1,295.0 m
サドルダム	:	ロックフィル; 24m (H) × 145m (L)
洪水吐	:	自由越流型 設計ピーク流量 (PMF) : 2,530m ³ /s 最大放流量 2,470 m ³ /s (14.1m ³ /s/km ²) 180m (W) × 3.5m (H)
低水放流設備	:	ホロージェットバルブ φ=1,500mm

水 路

- 取水口 : 傾斜型 (45°)
6.4 m (W) × 33.2 m (H)
ローラーゲート 1 門 ; 3.9 m × 3.9 m
- 導水トンネル : コンクリート巻立て円形断面
D = 3.9 m ; L = 2,982 m
- 支流導水トンネル : 無巻 ; 幌型
(ナヌ川)
D = 2.2 ~ 2.4 m ; L = 4,130 m
- 調圧水槽 : 制水口型 ; 14.0 m (内径) × 53.4 m (H)
- ペンストック : 地中傾斜型 (48°)
内径 : 4.1 m ~ 3.2 m ; 1 条 ; L = 213 m
- 放水トンネル : コンクリート巻立て円形断面
D = 3.9 m ; L = 2,168 m

発電所関係

- 発電所 : 地下式
16.0 m (L) × 23.0 m (W) × 25.2 m (H)
- 水車 : 堅軸フランシス ; 1 基
出力 : 45,700 kW
基準落差 : 144 m (Hmax : 151 m)
基準流量 : 35 m³ / s
- 発電機 : 堅軸三相同期型 ; 1 基
容量 : 52,600 kVA
定格電圧 : 11 kV
定格電流 : 2,760 A
力率 : 0.85
定格周波数 : 50 Hz
- 主要変圧器 : 屋外三相油入風冷式 ; 1 基
容量 : 52,600 kVA
定格電圧 : 11/132 ± 5 % kV
- 送電線 : 架空線 ; 132 kV × 1 回線
スワラ・エリヤーラクサパナ線に接続

(2) タラワケレ発電計画

流域及び調整池

流域	
直接	: 297.2 km ²
支流	: 66.2 km ²
湛水面積	: 0.35 km ²
貯水容量	
総容量	: 2.6 MCM
有効容量	: 2.0 MCM
常時満水位	: EL. 1,200.0 m
計画基準水位	: EL. 1,198.0 m
低水位	: EL. 1,193.0 m
利用水深	: 7.0 m

ダム

型式	: コンクリート重力式
高さ	: 20.0 m
堰長	: 102.0 m

放流施設

流量調整ゲート	: ローラーゲート 8.0 m (B) × 12.0 m (H) ; 3門
---------	--

水路

取水口	: 塔型 (円形取水塔) 8.0 m (内径) × 15.0 m (H) ローラーゲート 1門; 4.4 m × 4.4 m
導水トンネル	: コンクリート巻立て円形断面 D = 4.4 m ; L = 13,066 m
支流導水	
プナ川	: 無巻、幌型トンネル ; D = 2.2 m ; L = 5,250 m
プンダル川	: 立孔、コンクリート巻立て円形 ; D = 10.0 m ; H = 58.0 m
デヴォン川	: 無巻、幌型トンネル ; D = 2.2 m ; L = 4,170 m
調圧水槽	: 制水口型 ; 15.0 m (内径) × 92.8 m (H)
ペンストック	: 地中傾斜型 (48°) 内径 : 4.7 m ~ 3.4 m 上部 1条 : L = 684.0 m 下部 3条 : L = 50.0 m
放水トンネル	: コンクリート巻立て円形断面 D = 4.4 ; L = 406 m

発電所関係

- 発電所 : 地下式
16.0 m (L) × 55.0 m (W) × 23.0 m (H)
- 水車 : 堅軸フランシス ; 3基
出力 : 69,700kW × 3
基準落差 : 468 m (Hmax : 470 m)
基準流量 : 50m³/s ; 16.67m³/s × 3
- 発電機 : 堅軸三相同期型 ; 3基
容量 : 80,000 kVA × 3
力率 : 0.85
定格電圧 : 11kV
定格電流 : 4,200A
定格周波数 : 50Hz
- 主要変圧器 : 屋外三相油入風冷式 ; 3基
容量 : 80,000 kVA × 3
定格電圧 : 11/220 ± 5 % kV
- 送電線 : 架空線 ; 220kV × 2回線 ; L = 18.5km
既存コトマレ開閉所へ接続

5.2 カレドニアダム

カレドニアダムは、コトマレ川最上流部のアグラ川とダンバガスタラワ川との合流点より下流 800m の地点に計画する。ダムは重力式コンクリート型式とし、高さ70m、堤頂長 270m、常時満水位 EL. 1,360m である。貯水池は、総容量 45.7MCM、有効容量 30.0MCM の規模となる。ダム諸元決定に至る各種比較検討は、以下のとおりである。

5.2.1 ダムサイト

ダムサイトの候補地としては、上流案と下流案の2案を検討した。両ダムサイト周辺の地形、地質状況を要約すると次のとおりである。岩盤区分については、添付資料-2に示す分類に基づいている。

- i) 上流案と下流案のダムサイトの間の右岸部にボトルネック状の地すべりが存在する。
- ii) 上流案のダム軸の右岸部には崩壊土が厚く分布している。
- iii) 上流案のダム軸の河床部には、新鮮な岩盤が露頭する。
- iv) 上流案のダム軸の左岸部は強風化岩の厚さは2~3mと薄く、岩盤露出部では $C_L \sim C_H$ クラスの岩区分を示す。
- v) 下流案のダムサイト付近の地形は上流案より急峻で岩盤の露出状況も良好である。
- vi) 下流案のダム軸下流付近にダム軸に平行な断層があり、河床部では落差約5mの滝を形成している。
- vii) 下流案のダムサイトの左岸斜面には転石を主体とする崖錐堆積物が分布する。
- viii) 下流案のダムサイトでは、上流案より河床が約10m低くなっている。

カレドニアダムサイトとして下流案を採用した場合、次のことが言える。

- i) 右岸部の地すべりゾーンが湛水することにより、滑る恐れがある。
- ii) 堤体が断層上に位置する為、止水及びダム基礎としての耐荷力等に十分配慮しなければならず、大規模な断層処理が必要と思われる。
- iii) 上流案に較べてダム高が約10m大きくなる。
- iv) 減勢池に曲線部が生じる。

一方、上流案を選定した場合は次のことが言える。

- i) 地すべりゾーンを避けてダムの座取りを選定できる。
- ii) 減勢池には、曲線部が生じない。
- iii) 堤体基礎部での大規模な断層処理が必要でない。
- iv) ダム高が下流案に較べて低い。

以上の諸点を勘案のうえ、技術的、経済的に優れている上流案を採用した。

5.2.2 型式

ダムサイトの基礎地盤はチャーノカイトからなり、非常に硬質で、節理や片理等が比較的少ない。従って、基礎地盤についてはダム型式選定にあたっての制約条件は特になく、サイト周辺の地形から判断してコンクリート重力式またはフィル型式が適当である。従ってここでは、重力式コンクリートダムと表面遮水式ロック・フィルダムを比較・検討した。重力式コンクリートダムとした場合の平面図は設計図面集に、ロックフィルダムの場合の平面図他は APPENDIX - IV に示す。

当該地点周辺の地形で、ダム計画上注意を要する点は左岸の鞍部である。この鞍部は上流案のダムサイト南側約 500m に位置し、鞍部底標高 EL. 1,350m、底幅約 50m である。カレドニア貯水池の常時満水位は EL. 1,360m に決められたので、このサドル部には何らかの対策が必要である。ここでは、本体が重力式コンクリートダムの場合はサドルダムを設けることとし、ロック・フィルダムの場合はこの鞍部を利用して洪水吐を設けることとして検討した。

常時満水位を EL. 1,360m として、それぞれの型式について比較設計を行ない、工事費を積算した。その結果、下表のとおりコンクリートダムが建設費において約 24% 有利と判定され、従って、カレドニアダムは重力式コンクリートダムとした。

ダムタイプによるカレドニアダム建設費の比較

単位：Rs. 百万

工 種	重力式コンクリートダム	ロックフィルダム
転流工	100	150
ダム	1,120	860
洪水吐き	(ダム本件に含む)	500
計	1,220	1,510

5.2.3 貯水池容量配分

貯水池容量配分を、図5.2-1に示す。

計画堆砂量

下流の既設コトマレダムの計画堆砂量及び流域の状況を考慮して、比堆砂量を $500\text{m}^3/\text{km}/\text{年}$ とした。流域面積 175.2km^2 及び 100年より計画堆砂量は 8.76MCM とする。河床標高 1295.0m から標高 1333.5m までの容量を堆砂容量として確保する。

有効貯水容量

最低取水位を EL. $1,341\text{m}$ 、常時満水位を EL. $1,360\text{m}$ とし、この間で 30.0MCM の有効貯水容量を確保する。

総貯水容量

河床標高 EL. $1,295\text{m}$ から最低取水位 EL. $1,341.0\text{m}$ の間に死水容量 15.7MCM (堆砂容量を含む) を確保し、総貯水容量は 45.7MCM とする。

5.2.4 非越流部標高

ダム非越流部標高は「国際大ダム会議」の規準に従い、設計洪水位、サーチャージ水位、常時満水位ごとに次式のとおり付加高を加え、そのうちの最も高い水位を規準に決定する。後述するように洪水吐きゲートを有しないので次式を採用した。

常時満水位時：

$$H_n + h_w + h_e \text{ 但し、 } (h_w + h_e) < 2 \text{ のときは、 } H_n + 2$$

サーチャージ水位時：

$$H_s + h_w + h_e / 2 \text{ 但し、 } (h_w + h_e / 2) < 2 \text{ のときは、 } H_s + 2$$

設計洪水水位時：

$$H_d + h_w \text{ 但し、 } (h_w < 1 \text{ のときは、 } H_d + 1)$$

ここに	H_n	常時満水位	(BL. m)
	h_w	風波浪高	(m)
	h_e	地震波浪高	(m)
	H_s	サーチャージ水位	(BL. m)
	H_d	設計洪水水位	(BL. m)

サーチャージ水位としては、1,000年確率洪水量の場合の水位、ダム設計洪水水位としては最大可能洪水量(PMF)の場合の水位とする。水位は、貯水池水面追跡計算により算定する(詳細はAPPENDIX-IV参照)。また、風波浪及び地震波浪の計算は次式による。

(1) 風波浪

風による波浪の高さはSMB法により、次式により決定する。

$$h_w = 0.00086 V^{1.1} F^{0.45}$$

ここに、 V : 設計風速 (36 m/s)

F : ダム堤体からの最大対岸距離 (2,250 m)

(2) 地震波浪

地震による波浪の高さは、佐藤清一の次式を用いて算定する。

$$h_e = 1/2 K \tau / \pi (g H_0)^{1/2}$$

ここに、 K : 常時満水位の状態における設計震度
 τ : 地震周期 (1 秒)
 H_0 : 常時満水位の状態における貯水池の水深
(常時満水位 - 基礎岩盤標高)
 g : 重力加速度 (9.8 m/s²)

本ダムの常時満水位 EL. 1360.0 m、サーチャージ水位 EL. 1362.4 m、設計洪水水位 EL. 1363.5 mに風波浪高さ、地震波浪高さを加えると以下のようなになる。

各水位に対するカレドニアダム非越流部標高

貯水池水位	常時満水位 EL. 1,360.0 m	サーチャージ水位 (1000年洪水時) EL. 1,362.4 m	設計洪水位 EL. 1,363.5 m
(1)風波浪 (m)	1.5	1.5	1.5
(2)地震波浪 (m)	0.40	0.20	—
(3)付加高 (m)	2.0	2.0	1.5
(4)非越流部標高 (m)	EL. 1,362.0	EL. 1,364.4	EL. 1,365.0

以上の計算結果、非越流部標高は設計洪水位で決定され EL. 1,365.0 とする。

5.2.5 転流工

工事中の河川水の切換えの方式として、仮排水トンネル方式、半川締切方式があるが、次の理由により仮排水トンネル方式を採用した。即ち、経済性では、施設そのものは半川締切 (Rs. 60百万) が仮排水トンネル (Rs. 100百万) に比べて安い、片側施工となるため全体工程が約4ヶ月長くなり、その間のコンクリート打設設備の損料負担金が追加される。工期の点では、仮排水トンネル方式を採用すれば全面掘削が可能であり、本体打設の制約がない為、半川締切方式の場合より短くなる。

また、仮排水トンネル方式では作業スペースが広く、施工に関する制約はないが、半川締切では片側施工の制約を受ける。半川締切方式では、作業スペースが狭いため掘削、積み込み等に制約を受け、安全性でトンネル方式に劣る。

仮排水トンネルルートについては、ダムサイト右岸部に地すべりゾーンがあること、減勢池下流70mに滝を形成する断層があり、且つ右岸側斜面には、転石などの崖錐堆積物が多く分布すること等を考慮して、左岸部に設けるものとする。仮排水トンネルの呑口は、ダム軸の上流120mに設け、呑口敷高は現河床より約1.0m上げ EL. 1302.0 mとする。吐口はダムサイト下流800mに設ける。トンネルの通水容量はダム工事期間中の安全性を考慮し、20年確率洪水流量 840m³/sとする。断面は内径7.2mの標準馬蹄型トンネルとし、勾配は1/30、延長は395mとする。

呑口より 150 m 区間及び吐口より 50 m 区間は巻厚 70 cm とし、残りの区間をロックボルトとモルタル吹付けによるライニングとする。

5.2.6 洪水吐

カレドニアダム洪水吐としては、クレストゲートによる方式とゲートを設置しない自然越流方式が考えられる。

ゲート方式による場合は、ゲート操作に関して維持管理要員及び動力源が必要で、ゲート操作ミスによる事故の恐れがある。また、予備放流操作が必要で、洪水予測精度いかんによっては、貯水位の異常低下をおこす恐れがあり、これは発生電力量の減少につながる。予備ゲートも必要である。これに対し、ゲートなし自由越流方式の場合は、洪水吐管理の為の動力源、人員が不要で、放流能力が十分な為事故がないという特徴を有する。

ゲート方式の場合は設計洪水位を低くすることができるので、ゲートなし自由越流の場合に比べダム高が 1.9 m 低くて良い。従って、ゲート方式とした場合は、ダムコンクリート減による工事費の減少及び水没地の減による補償費の減少がある。ゲート方式とした場合の増分コストは、ゲート施設費であるから、これらを比較して経済性を検討した。

詳細は APPENDIX - IV に述べるが、ゲートを付けた場合のダム及び補償費のコスト減は 45 百万ルピーで、ゲート施設費は 60 百万ルピーとなり、経済的にもゲートなし自由越流方式の方が有利であるという結論を得た。

従って、洪水吐きは、ゲートを持たない越流頂よりの自由越流型（全面越流型式）とし、ダム設計洪水量を安全に流下させる構造とする。洪水吐き設計流量は、1,000 年確率洪水を基に水面追跡計算をして決定する。即ち、貯水池の貯留効果を考慮する。また、ダムサイトにおいて発生しうる最大可能洪水量（PMF）も吐ける構造とするが、この場合は天端橋梁のクリアランス等のフリーボードは考えない。

ダムサイトの地形と堤体との関係から越流長は 180 m とし、貯水池水面追跡計算を行なった。その結果、サーチャージ容量 10.3 MCM を利用して設計洪水量 2,530 m³/s を 2,470 m³/s に低減することができる。

越流頂標高	EL. 1,360.0 m
越流長	180.0 m
越流水深	3.5 m
最大放流量	2,465 m ³ /s
ダム設計洪水位	EL. 1,363.5 m
サーチャージ容量	10.3 MCM

洪水吐きは巾：12 m、高さ：3.5 mとして15門とする。なお、導流部形状は、ダム堤趾部に側壁を設けて、漸縮する堤趾導流形式とする。

5.2.7 基礎処理

ダムの基礎処理は、耐荷力の強化と水密性の増大を目的とする。基礎処理の範囲、深度等はボーリング調査、ルジオンテストの結果を基に仮定した。

コンソリデーション・グラウチング

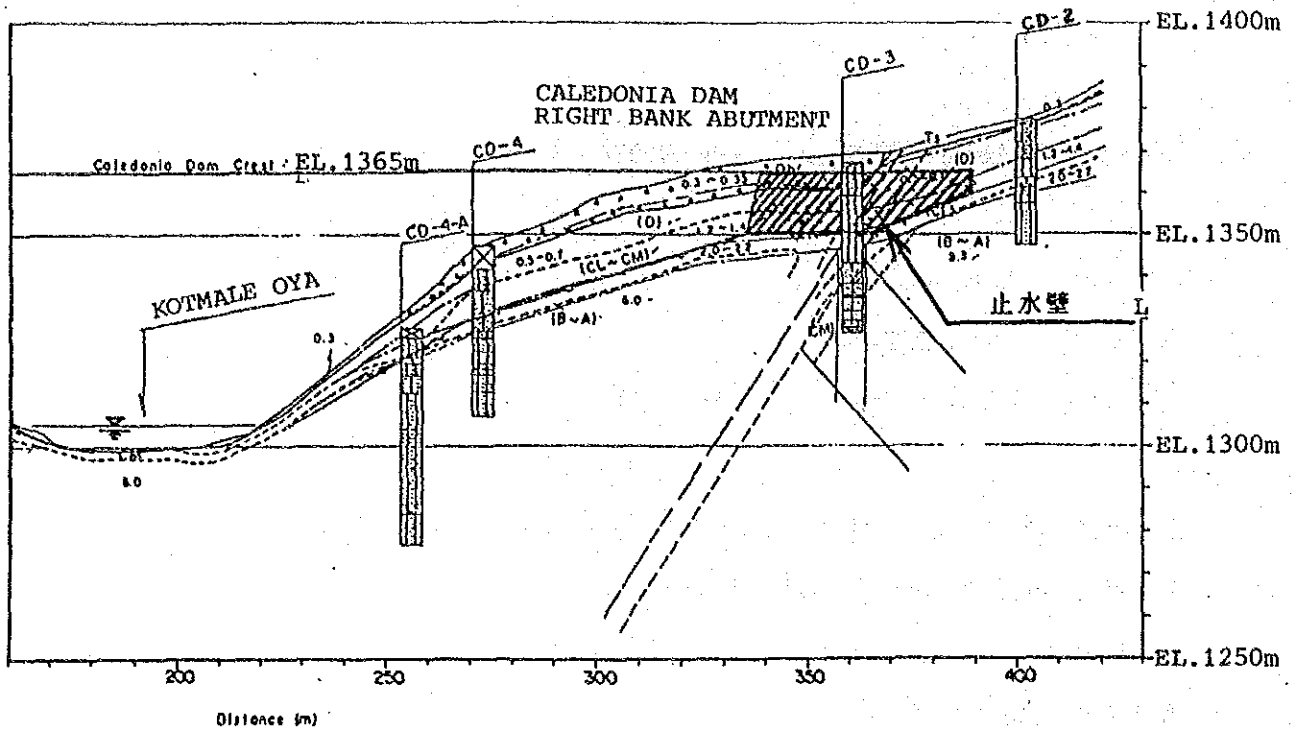
基礎表面に近いゆるんだ部分に、堤敷面全体にわたって比較的浅い深度で施工し、基礎を一体に固形して改良する。グラウチング孔の配置は、格子状に配列し、孔間隔は5 m、深さ7 m程度とする。

カーテン・グラウチング

基礎岩盤内にグラウチングによる連続したグラウト・カーテンを形成させ、貯水池からの浸透流をできるだけ防止し、基礎岩盤内の安定を図る。グラウチングの注入孔の配置は、1.5 mの1列として、深さは20 m～40 mとする。施工位置は、ダム上流面のフィレット及び堤内通廊とする。

止水壁

右岸部で実施したボーリング孔(CD-3)の結果、EL. 1,350.0 mより浅い部分におけるコアは粘土化し、採取率も悪く第二速度層付近でのルジオン値も30ルジオン以上を示した。この部分はカーテン・グラウトによる改良が困難と考えられるので、次図に示すように厚さ2.0 mのコンクリート止水壁を設けることとする。



5.2.8 減勢工

減勢工は、洪水吐の形式、形状、並びに計画地点の河道条件、地質及び地形条件に適合するようにその型式、形状を選定する。型式としては、跳水式、スキージャンプ式及び自由落下式の3種に大別される。本ダムにおいては自然越流型の越流幅の広い洪水吐であるので、跳水式減勢工とし、減勢池末端にシルを設けるシル型水叩とした。

洪水吐導流部をダム堤趾部に側壁を設けた方式としている為、減勢工の形状は従来の直線流下式の導流部をもつ場合に比して小さくなる事が予想される。最終的な断面形状は水理模型実験により決定されるが、ここでは導流部形状を無視して設計流量が減勢池と同じ巾で流下するものとして形状を求めた。設計対象流量は、PMF洪水時における洪水吐からの最大放流量 $2,465 \text{ m}^3/\text{s}$ とした。減勢工幅は下流河幅及びダムジョイントとの関係から40mとした。

5.2.9 低水放流設備

カレドニア発電所休止期間中におけるクラワケレ調整池への発電用水補給及び貯水池の緊急放流を目的として、低水放流設備を設ける。

ダム上流面にスクリーンを設けて、流木、塵芥の流入を防止し、下流端には流量調節用

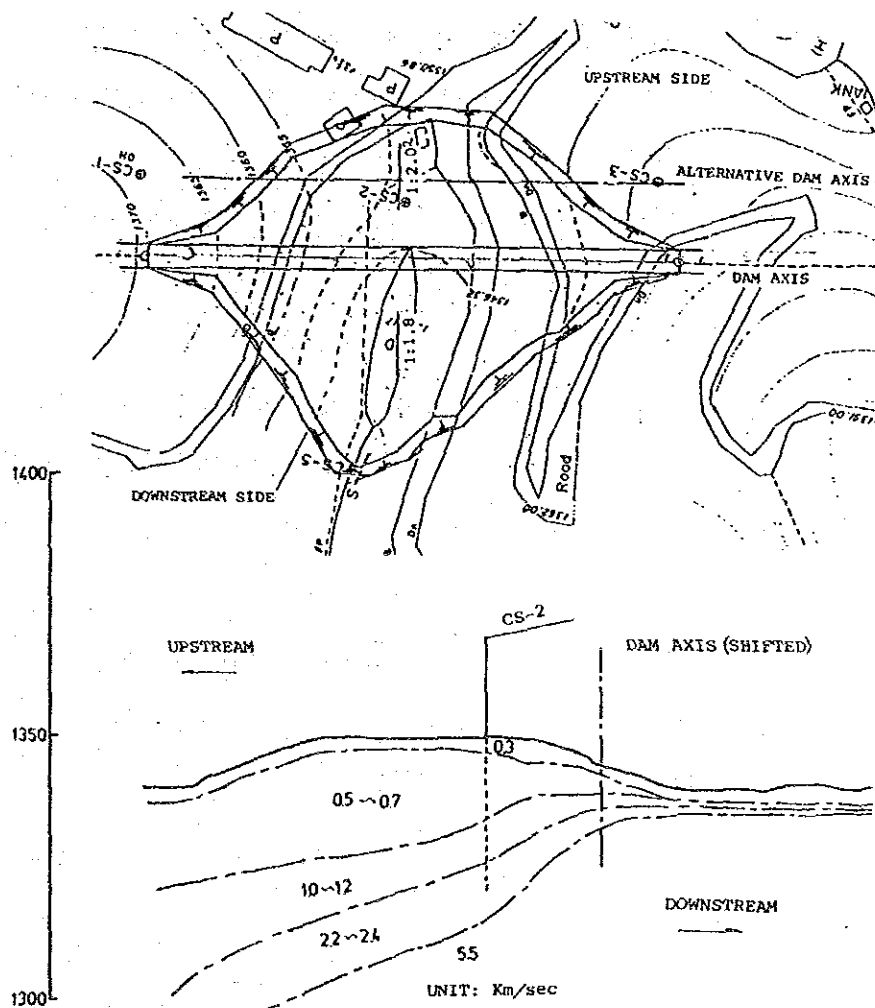
のホーロージェットバルブを設ける。放流管は横継目から3 m以上離して布設する。バルブの径は1,500mmとし、基準水位にて40m³/sの放流を可能とする。

5.2.10 サドルダム

ダムサイト左岸部のカレドニア—アグラ道路がある鞍部地盤高は EL. 1,350mであり、常時満水位 (EL. 1,360.0)より10m低いのでサドルダムの建設が必要である。ここにある記述のうち、岩石分類については添付資料-2にあるとおりの電研式岩盤分類による。

地質概要

サドルから北東方向に流下する沢の河床及び斜面の一部には比較的良好なC_Mクラス以上の岩盤の露頭が見られるが、国道沿いを含むほとんどの地点では粘土化が進行した強風化岩 (C_L~D : 0.5~1.2km/sec) が概ね3 m~30mの層厚で分布する。また、基盤岩の深度は深く、基盤岩の傾斜は上流側下りとなっている。



斜面や尾根部での強風化岩の厚さは、10m～20mであり、崖錐堆積物は、鞍部の尾根斜面部に一部に見られる。ボーリング孔 (CS-1)、(CS-2)及び (CS-3)から摂取されたコアすべてに、キレッツ帯が見られ、断層等の地質構造的弱線があると考えられる。

ダム軸

基盤岩が上流側下りとなっていることから、尾根斜面と鞍部軸下流側の崖との関係で、鞍部軸より約20m沢の下流側にダム軸を選定し、止水線をできるだけ浅い深さで得られるようにした。

ダムタイプ

コンクリートダム、フィルダムの建設費を比較した。その結果、フィルタイプダムの方が圧倒的に安く、経済的に有利と判定されるので、フィルタイプを採用した。

<u>ダムタイプ</u>	<u>コンクリートダム</u>	<u>フィルダム</u>
堤長 (m)	195	145
ダム高 (m)	30	24
堤体積 (m ³)	46,000	80,000
止水壁 (m ²)	54	71
建設費 (Rs. 百万)	178	100

ダム諸元

サドルダムの諸元は次のとおりである。

形式	: ロックフィルダム (ゾーン型)
ダム高	: 24 m
堤頂長	: 145 m
堤体積	: 80,000 m ³
のり面勾配	: 上流面 1 : 2.0、下流面 1 : 1.8
非越流部標高	: EL. 1,366.0
基礎岩盤標高	: EL. 1,342.0

基礎処理

当該鞍部の国道沿いの強風化岩層の表層は、節理、きれつ等が発達しており、ルジオン値が示すように透水性が大きい。支持力の強化及び止水壁の止水効果を高める（水密性の強化）ために、コア敷にブランケット・グラウトを施工する。注入孔は千鳥状に配置し、孔間隙は1 m、深度5 m～10 m程度とする。

止水壁

この鞍部におけるルジオン値が30以上の層は、沢の右岸側ボーリング孔（CS-1）付近では約25 m～45 mにも達しており、且つ、もまれた箇所もある。このことは部分的に地下のかなり深くまで強風化層が入り込んでいるおそれがある。

沢の左岸側のボーリング孔（CS-3）では、 $5 < Lu < 15$ の層が表面より5 m～15 mに分布している。 $Lu < 5$ の良好な値を示す岩盤はボーリング孔（CS-3）では EL. 1,325 m付近と推定されるが、採用したダム軸付近ではその標高は高くなると思われる。

以上の考慮から止水を確実にこなう為、ダムの中央部で EL. 1,320 mまで、沢の左岸側で EL. 1,340 mまで、右岸側で EL. 1,330 mまでダム基盤及び取付道路からコンクリート止水壁を施工する。

サドルダム基礎以外にも、サドルダムから本ダムに至る左岸尾根部に透水性の点で不安な箇所があることから、これら地点にてコンクリート地中壁による止水壁を設け、浸透流を最小限にする。コンクリート地中壁の構造は計画図面集に示すが、イコス工法等による止水壁とする。この止水壁にかかる水圧は最大水頭約20 m程度であることから、止水壁の厚さは60 cmとする。ダムの止水用に連続地中壁を採用した例は、プログレスレポート No. 1（1986年2月）FIG. 5-3-4（ページP-37, P-38）に示した。

5.3 タラワケレ取水ダム

タラワケレ取水ダムは、ナヌ川の合流点より約 1,000 m 下流のコトマレ川に建設する。制水ゲート 3 門を備えた可動堰型式のコンクリートダムで、高さ 20 m、堰長 102 m、有効貯水容量 2.0MCM である。

5.3.1 ダムサイト

取水ダム建設候補地点としては、ナヌ川とコトマレ川の合流点から約 600 m 下流に位置する上流案と、同合流点より 1,000 m 下流の下流案を検討した。基礎岩盤は下部 (Lower) チャーノカイトで、両地点共、河岸には崖錐堆積物が分布している。また強風化した岩盤も両岸に確認される。

下流案の場合は、河床部には B~C_Hクラスの岩盤が露出しており、ダム本体及び床版の基礎として十分に耐荷性がある。またタラワケレからヌワラ・エリヤに通ずる国道 A7 の交通に支障を与えることなく建設工事が可能である。河道は概ね直線で、安定していると見られる。

これに対し、上流案の場合には、SL: TD-2 の弾性波探査結果からも明らかになるように、河床部の河床堆砂物が厚く、ケーソン等の基礎を必要とする。また国道 A7 の一部が堤体工事区域になるので、交通に支障がない様、事前に付替道路を完成させる必要がある。更にダム軸付近に学校が隣接している為、安全管理及び騒音公害防止に十分注意する必要がある。取水ダム構造物の大きさは、どちらの地点の場合でも殆んど同じである。以上を総合的に判定し、下流案を採用した。

5.3.2 型式

上述のとおり、ダムサイト周辺にはチャーノカイトが分布し、河床部には B~C_Hクラスの極めて堅硬な岩盤が露出している。従って地質的には、低いコンクリートダムの建設には特に問題は見当たらない。

タラワケレダムの必要調整容量は、概ね 2MCM であり、発電利用水深は 7 m である。調

整池容量が小さいことも考慮し、出水にも対応できる可動堰型式の制水ゲート付コンクリートダムとした。

5.3.3 構造

非越流部標高

常時満水位は、調整容量の確保及びカレドニア発電所放水位との関係により EL. 1,200.0 mとする。非越流部標高は常時満水位に 2.0mの余裕高を考慮して EL. 1,202.0 mとした。

可動部径間長

100年確率洪水流量 1,584 m^3/s を放流可能な断面を確保するため、可動部全長24m、径間長8mの3径間とする。なお、越流部標高は堆砂を吐きやすいように取水設備の土砂流入防止壁より 2.0m低く、EL. 1,188.0 mとした。

堰柱幅

堰柱幅は堰柱にかかる荷重を考慮し、また越流水深及び越流長の関係から3mとした。堰柱は鉄筋コンクリートとし、頂部に巻上機を設置し、上流側は幅4mの管理橋の橋脚を兼ねる構造とした。

クレストゲート

クレストゲートは越流部に設置され常時使用状態にあるため、点検・修理が制約される。一般には、ローラーゲート及びラジアルゲートが使用される。両者とも水密性にすぐれ、耐久性が大きく保守点検に便利で技術的には殆んど差がないが、ラジアルゲートの場合これを支持する堰柱構造物がローラーゲートの場合に比べ大きくなる。費用は次のとおり、どちらのタイプによっても殆ど同じであるが、ローラーゲートの場合が若干安い。従って本計画では、取水堰で一般的に用いられるローラーゲートを採用することとする。

	単 価	ローラーゲート	ラジアルゲート
ピアー部 鉄筋コンクリート	Rs. 4,200 / m ³	3,500 m ³ : Rs. 14.7million	4,500 m ³ : Rs. 18.9million
ゲート	Rs. 186,000 / t	250 t : Rs. 46.5million	240 t : Rs. 44.6million
合 計		Rs. 61.2million	Rs. 63.5million

ゲート前面には保守点検用の鋼製角落しを設置し、操作に支障を生じないように常時点検を可能とする。また、非常用ディーゼル発電機を備え、不時の送電線故障に備える。更にゲート・オペレーション・マニュアルを作成し、年2回特に洪水期前に試験操作をすることとする。従って、100年確率洪水流量 1,584 m³/sと、故障によるゲート操作が不可能となる事態が重複することは極めて稀であり、考慮する必要はないもの考えられる。

仮に、洪水時にゲート3門のうち1門が操作不能となり、かつダム上流水位がダム非越流部頂EL. 1,202 mとなる場合のダムよりの放流量は 1,360 m³/sとなり、この流量は50年確率洪水量に相当する。

角落し

トラワケレ取水ダムにおいては、年間を通じて主クレストゲートの操作を行なうことから、ゲートの保守点検を行なうため鋼製の角落しを設置する。

護岸工

トラワケレ調整池は、流水を日調整することから、1日の水位変動は最大7 mに達する。従って、居住区のある左岸法面を保護するため、コンクリートブロックと石積みの組合せによる護岸工を実施する。護岸は、高さ15 m、延長 260 m、法面勾配30°とする。

5.4 導・放水路及び発電所

5.4.1 トンネル

断面形状

カレドニア、タラワケレ両発電計画には共に長大トンネルが含まれている。導水路・放水路とも全長が圧力トンネルで、全土木工事費の中に占めるトンネル工事費の割合は下記のように大きい。

	カレドニア	タラワケレ
導水トンネル延長 (m)	2,982	13,066
放水トンネル延長 (m)	2,168	406
計	5,150	13,470
全土木工事中の割合 (%)	42	57

空中写真、地形図等の観察及び地質地表踏査結果によると、水路経過地は全般的に堅硬なチャーノカイトを主体とする岩盤からなるものと予想される。一部には珪岩、角閃片麻岩の挟在する地域や、破碎帯と推定される地形も認められる。

圧力トンネルは無巻きにより施工されることも稀にはあるが、一般には覆工を行なう。本地域の岩盤は一般に堅硬ではあるが、チャーノカイトの特性である層理の発達が認められる。このため、無巻きとした場合、特に導水トンネルでは水圧の変動、流水の影響などにより岩片の剝離を生じ易く、剝離片によるインバートコンクリート、鋼管、バルブ、水車ランナー等機器の損傷が問題となる。従って本計画においては、導水路、放水路共にトンネルは全延長の覆工を行なうこととする。覆工工法としては、コンクリート巻立て、コンクリート吹付、鋼管内張等があるが、信頼性、施工性、工事費等考慮のうえ、コンクリート巻立てとする。

トンネル断面については、圧力トンネルの場合一般に円形断面が採用されている。この理由は、水圧、土圧等の内外圧に対する抵抗力は、円形断面とした場合が最も大きいことによる。本計画においても、カレドニア及びタラワケレ導水路、放水路共に圧力トンネルとなるため、円形断面を採用した。

トンネル内径については、径の増減による工事費及び発生電力量の増減を基に、経済性

比較を行ない、最適断面を決定した。トンネルの径を大きくすると工事費は増加するが、通水断面が増加することから損失水頭が減少し、発生電力量が増加する。従って、トンネル最適径は、資本費に基づく年間経費と損失水頭による逸失便益との合計経費が最小となる径である。

資本費はトンネルの建設費とトンネル径によって変動する調圧水槽の建設費との合計であり、損失水頭はトンネルの摩擦損失水頭である。資本費による年間経費を算定するための資本回収係数、及び損失水頭による逸失便益を算定する際の便益単価については、4.3 評価基準による単価を使用した。摩擦損失係数を求めるためのマンニングの粗度係数は 0.013 とした。移動式スチールフォームの使用によって、巻立てコンクリートの仕上げ面は良好であると予想されることによる。

最適断面決定の比較検討結果は、図 5.4 - 1 に示す。決定した最適断面は、次のとおりである。

トンネル最適断面

カレドニア	内径	3.9 m
トラワケレ	内径	4.4 m

グラウト

コンクリート巻立て後に、低圧グラウト及び高圧グラウトを施工し、強度の増加をはかる。低圧グラウトは巻立てコンクリート背面の空隙をモルタルで充填し、巻立てコンクリートと岩盤との密着性を高めるものである。低圧グラウト用モルタル注入孔は、天端付近の岩盤内に削孔深 10cm とし、注入圧は 3 ~ 5 kg / cm² とする。

高圧グラウトは岩盤内へのセメントミルク注入を行なうもので、岩盤の物性を改良し、コンクリートに発生する引張応力度を減少させるものである。トンネル全周に 1 断面当たり 8 本、断面間隔 3.0 m、1 孔当り岩盤内の削孔長 3.0 m の注入孔を千鳥に配置する。注入圧は 10 ~ 15 kg / cm² とする。

附帯設備

トンネルの附帯設備として、保守点検用の作業孔を設ける。この作業孔は、施工用作業

坑の閉塞コンクリート内に通廊を設け、これを流用することとする。最下流作業坑には排水設備を設け、坑内点検等の必要に応じトンネル内の排水時に使用する。

5.4.2 取水口

取水口には、貯水池周辺の斜面を利用する傾斜型、貯水池内に取水塔を設ける塔型の他、ダムに直接取り付けのもの等の形式がある。

カレドニア取水口

カレドニア取水口地点周辺の地形は、勾配約 20° の緩斜面からなり、土被り厚は薄く、一部岩盤の露頭も見受けられる。利用水深が 19.0m であるため、 45° の傾斜型取水口の場合掘削量は $9,000\text{m}^3$ となる。しかし、塔型に比し経済性に勝れていることから、取水口前面を掘削した 45° の傾斜型取水口とする。

取水口敷高は $\text{EL. } 1,331.8\text{m}$ とするが、カレドニア貯水池の堆砂面標高が $\text{EL. } 1,333.5\text{m}$ であるため、取水口前面に天端標高 $\text{EL. } 1,335.5\text{m}$ のもぐり堰を設けて土砂流入を防止した。カレドニア貯水池の低水位は $\text{EL. } 1,341.0\text{m}$ であるから、最低取水深は 9.2m 、呑口幅は 6.4m とした。

取水口設置地点の下流、ダム本体側には、破砕帯が確認されており、これを避けて今回の計画地点が決定された。前述のとおり、基礎地盤は良好であるが、取水口予定地点上部が採石場に予定されているため、施工時期については相互に配慮が必要である。

トラワケレ取水口

トラワケレ取水口は、トラワケレダム上流約 80m のコトマレ川右岸とする。型式としては、横越流方式と塔型が考えられるが、横越流方式の場合、前面幅が 30m に及ぶ大規模な鉄筋コンクリート構造物となる。従って、内径 8.0m の堅坑式とする。呑口堅坑の越流頂標高は $\text{EL. } 1,189.0\text{m}$ であり、低水位時の取水深は 4.0m である。

堆積土砂流入を防止するため、取水口前面に天端標高 $\text{EL. } 1,190.0\text{m}$ のもぐり堰を設けた。堆積土砂はトラワケレダム越流部天端 $\text{EL. } 1,188.0\text{m}$ までは、ゲートを開けることにより洪水時に排除可能であり、もぐり堰の設置により土砂が水路に流入することは防止できる。

また、堰の設置により取水口敷高El. 1,189.0mを確保し、構造物の小型化を計った。また、堰は取水口の管理点検時の止水壁としても利用できる。

取水口の付属設備は制水門、スクリーン、空気孔等である。取水口のスクリーンは水路、及び水車への異物の流入を防止するため、純間隔50mmのスクリーンを設ける。またスクリーン前面では流塵により一部閉塞の場合でも、取水機能が損なわれないようにスクリーン部通過流速を60cm/s程度に設定している。

5.4.3 調圧水槽

調圧水槽の型式には単動型、差動型、制水口型、水室型等があるが、本計画では次の理由により制水口型を選定する。単動型は構造が簡単で水撃作用の吸収が確実であるが広面積を必要とする。また、水室型は利用水深の大きい場合に適用することが好ましい型式である。一方、差動型と制水口型とはいずれも断面積が単動型に比し半分に近いという経済上の利点がある。

制水口型は制水口にかかる水撃圧が大きく水路への圧力伝播があるが差動型に比し構造が簡単で施工し易い利点がある。本計画地点の地質は良好と判断され、水路への圧力伝播にも耐えられると考えられることから、本計画では制水口型を選定した。調圧水槽の諸元は次のとおりである。

	<u>カレドニア</u>	<u>トラワケレ</u>
型 式	制水口型	制水口型
内 径	14.0 m	15.0 m
高 さ	53.4 m	92.8 m

カレドニア発電所の水槽位置については、地形、地質とも懸念される事項はない。これに対し、トラワケレ発電所の水槽位置は地形的に適地がなく、水槽上部の地表面が極めて高い場所を選定させるを得ない。このため、水槽上部35m区間は調圧水槽としては不要であるが、建設時に水圧鉄管を搬入するために利用することとした。

調圧水槽上部に上部水室を設けることによって、負荷遮断時の水槽水位の上昇を制限し、ブンダル川、プナ川の取水位置の標高を下げ取水流域の増加をはかることも検討した。

しかし、取水河川が急勾配をもつ急流河川であり、取水地点はむしろ地形によって制約され、取水位置標高を低くしても取水流域の増加は殆んど伴わない。更に前述のとおり、鉄管搬入路として利用することから、いずれにしても地上まで掘削するものであり、上部水室は設けないこととした。

調圧水槽は導水トンネルと水圧管路との境界に位置する。調圧水槽地点に作業坑を設置すると、導水トンネル工事と調圧水槽工事に伴う資機材の搬出入が重複する。また、上部水圧鉄管の搬入は調圧水槽を利用することから、それぞれが他の工事の工程を制約するおそれがある。このため、カレドニア調圧水槽作業坑は、中途において分岐し、トンネル及び調圧水槽それぞれの専用作業坑を設け、作業の重複を避けることとした。

トラワケレ地点は調圧水槽自体の工事数量が大きく、制水ゲートの併設が行なわれる。また、導水トンネルは作業坑間の延長が大きく、一作業坑当りの施工範囲が長いことから、工事期間も必然的に長期間にわたる。このため、作業坑を分離して設置することとした。即ち、調圧水槽下部の作業坑は調圧水槽専用とし、導水トンネル作業坑は調圧水槽より約600m上流に設け、トンネル専用とした。これにより、作業の重複を避け、分離して単独で施工できることとし、相互に工事工程を阻害しない計画とした。

ブンダル川よりの取水のために設けた立坑は、制水口型副水槽としても利用され、主水槽とともに複式水槽として機能する。トラワケレ・サージタンクの位置する地点の地表勾配は、隣接地区と反対の勾配をもち、地質上の懸念材料であったが、水槽地点と水圧管路中間において実施したボーリング結果では異状が認められなかった。

5.4.4 水圧管路

カレドニア、トラワケレ両発電所とも地下発電所とするため、水圧管路は地中構造物となる。水圧管路を地中に設ける場合の構造は埋設型式とコンクリート巻立トンネル内に布設する型式とがある。本地点は鉄管路の地質も良好であることから、経済性に重点をおき、掘削面と鋼管との間をコンクリートで充填する埋設型式とする。施工は人力掘削とする。人力掘削による場合48°程度の勾配が掘削ずりの落下が容易である。トラワケレ発電所水

圧管路は、斜長が長い掘削作業を2分割とし工程の短縮を計った。分割点に上部よりのずり受けのための水平部を設け作業性の向上を図った。

また掘削後、コンクリート充填までの間に岩盤にゆるみが生ずることを抑制し、施工中の落石による事故を防止するため、掘削直後に全断面にわたりコンクリート吹付けを行なう。

鉄管条数は、カレドニア、タラワケレ共に1条で、タラワケレは下部でY分岐により3条にする。水圧管路の最適径は、導水路トンネルの最適径と同様、資本費による年間経費と、損失水頭による逸失便益との合計経費が最小になるように決め、次の値となった(図5.4-2参照)。

	平均最適径
カレドニア	3.30 m
タラワケレ	3.80 m

水圧管路下流端における最大設計水頭は、負荷遮断時の水衝圧水頭を静水位の30%として、次の値とした。

	カレドニア	タラワケレ
静水圧 (m)	167	497
水衝圧 (m)	50	149
サージング水頭 (m)	7	13
最大設計水頭 (m)	224	659

水圧鉄管の材料は、溶接構造用圧延鋼材とし、その許容応力は次の値とする。

引張応力	2,400 kg/cm ²
圧縮応力	2,400 "
せん断応力	1,400 "
支圧応力	4,100 "

管路部分の岩盤は極めて良好と推定されるため、内水圧の一部を岩盤による負担とすれば鋼管重量の軽減をはかり得る。しかし、管路の岩盤は岩質、亀裂の多少等により弾性係数等の特性も一定とは考え難い。従って内圧の負担率も、今後の現地岩盤試験等の結果に

よって各部分毎に決定することとなる。現在までの地質調査の結果によると、今回のボーリング調査地点においては、内圧の岩盤負担率を40%以上とすることが可能である。しかし今回の計画においては詳細調査未完のため、水圧管の重量の算定に用いる内圧の岩盤負担率はカレドニア地点においては0、タラワケレ地点においては平均20%とした。但し、仮に岩盤の負担率が0となった場合にも、内圧による応力が材料の降伏点以下となるように材料・断面を決定することとする。

5.4.5 発電所及び放水路

発電所の位置はカレドニア、タラワケレとも地形的制約により地下式とした（4.5.2 発電所の位置、型式及び主導水路ルートを選定の項参照）。建家は地下式として構築されるため、主機、補機寸法、天井クレーンの桁長等を考慮してコンパクトな構造とするとともに、据付工事、維持・運転に容易な配置とする。水車の据付高さは、キャビテーション防止のため、放水位から次の高さのように低い位置に決めた。

	<u>カレドニア発電所</u>	<u>タラワケレ発電所</u>
--	-----------------	-----------------

水車中心と放水位の高低差	- 4.5 m	- 9.0 m
--------------	---------	---------

建家高は主機の組立・分解時に必要な天井クレーンの吊上高によって決定する。地下発電所であるため、換気設備に留意し、事故又は災害時の避難路を考慮する。

建屋のアーチ及び側壁は掘削に伴う残存地山応力によって変形歪を生ずる。また、掘削部分に存在する断層や亀裂などは掘削に伴う掘削面の不安定さを助長する。このため、掘削の進行とともに吹付コンクリート、アンカーボルト、PCアンカー等により掘削面のゆるみや、応力の集中するアーチ基部の補強、補修を考慮しておく必要がある。

本地点はボーリング調査の結果、極めて良好な地盤であり、既設コトマレ発電所の例にみられるように、アーチ部のみのコンクリート巻立とすることも可能である。しかし、部分的ゆるみ部分がある場合にも平均して安全に負担できるよう、鉄筋コンクリートにより履工した方が安全で、一般的である。本計画では発電所内空洞全体をコンクリートライニングすることとした。

発電所の主要寸法は次のとおりである。

	カレドニア	トラワケレ
建家床面積	16.0 m × 23.0 m	16.0 m × 55.0 m
組立室上の高さ	25.2 m	23.0 m
クレーンリフト (発電機上面より)	8.5 m	10.0 m

カレドニア発電所は水車発電機が単機であるため、補機室を発電機床面に置くと発電所全体が大きくなる。従って、補機室は組立室下部に設けることにした。一方トラワケレ発電所は主機が3台であり、主機間に補機室を設けることが可能であるため、補機室天端高及び組立室床面高は発電機上端高とほぼ同一高とする。

発電所は地下式となるため、次の取付けトンネルが必要である。

	カレドニア	トラワケレ
搬入路	幅 5.0 m × 高 5.0 m	600 m
監査廊	幅 5.0 m × 高 5.0 m	490 m
ケーブル立坑	140 m	230 m
	幅 3.6 m × 高 2.6 m	幅 4.6 m × 高 3.6 m

搬入路、監査廊は延長の1/2をコンクリート巻立、1/2をコンクリート吹付とする。

放水路は、圧力トンネルとなるため導水路と同一断面とする。放水路には水撃圧の軽減、水車運転の円滑化をはかるため放水路水槽を設ける。カレドニア発電所放水路水槽は、放水路の1部20m区間を幅 8.0m、高19.0mに拡幅して水槽とする。トラワケレ発電所は放水口ゲート部に直径2.40mの水槽を各主機毎に設ける。

カレドニア発電所の放水路は、トラワケレ調整池の最低水位 EL. 1,193m以下に開口させ、トラワケレ調整池の水位変化で遊休落差が生じないようにする。この放水路は調整池の下流部に開口させると、調整池内の勾配がそれ程大きくないのでトンネル巨長が極端に長くなる。そのため、トンネルを調整池の比較的上流に開口させ、開口部より下流100m区間に亘って、約 2,000m²の河床低下工事を施工することにした。トラワケレ発電所放水口はコトマレ貯水池上流端右岸に設けるが、この区間は地這りの生じ易い地層と考えら

れ、コトマレ貯水池満水位の嵩上げに伴い崩落のおそれがある。このため、放水口は地盤が良好で、崩落の危険性の少ない地点を選定したが、これに伴い約 300 m の区間にわたり河床低下工事が必要となる。

5.5 発電機器

5.5.1 一般

発電機器の選定及び仕様の決定に当たって考慮した基本的事項は次の3点である。

- i) スリランカの電力供給システムにおけるアップパー・コトマレ水力発電計画の占める割合が大きい。
- ii) 建設される発電所及び開閉所が標高の高い位置にある。カレドニア発電計画は、発電所の標高が約 1,200m、開閉所の標高が約 1,300mであり、トラワケレ発電計画は発電所の標高で約 700m、開閉所の標高は約 1,000mである。従って、大気圧低下によるキャビテーション防止のための水車の据付高さ、絶縁低下及び風冷効果の低下を考慮した電気機器の設計、酸素不足による出力低下を考えたディーゼルエンジンなどの設計を必要とする。
- iii) 発電所及び開閉所に輸送、搬入するための条件を考える。カレドニア発電所は設備容量が44MWであるため、1基とするが、トラワケレ発電所は設備容量で204MWとなるので、台数は3台に分割する。

5.5.2 水車及び调速機

水車

カレドニア発電所、トラワケレ発電所共ピーク発電所として計画されている。従って全負荷運転が主体になるが、ある程度の負荷の変動に安全に順応運転出来る水車が必要である。また両発電所共、地下式発電所であるため、機器は出来るだけコンパクトであることが望ましい。カレドニア発電所の水車は、有効落差が定格落差で 144mであり、立軸フランシス水車の採用が最も適している。従って、カレドニア発電所はフランシス水車とする。

トラワケレ発電所の水車は、定格有効落差で 468mで、ペルトン水車、フランシス水車いずれの採用も可能である。しかし、ペルトン水車とフランシス水車の効率を比較した場合、ペルトン水車は負荷変動の大きい計画では、部分負荷でも効率低下が少なくて有利となるが、本開発計画のようにピーク発電所で常に全負荷で運転する計画では、効率の絶対値

の高いフランシス水車が有利である。

更に、将来既設コトマレダムが嵩上げされた場合、ベルトン水車では運転出来なくなるので、立軸フランシス水車を採用した。既設コトマレ貯水池が将来嵩上げされる場合の発電機器の検討は、APPENDIX-Ⅲに示した。なお、有効落差 470m級のフランシス水車は、APPENDIX-Ⅲに示すようにポンプ水車としても、水車専用機としても数多く計画され、安全に運転されいている。

両発電所の水車の主要仕様は、次の通りである。

発 電 所	カレドニア	タラワケレ
台 数	1	3
形 式	立軸フランシス	立軸フランシス
最高有効落差 (m)	151	470
定格有効落差 (m)	144	468
最低有効落差 (m)	130	463
最大使用水量 (m ³)	35	16.7 (50/3)
定格出力 (kW)	45,700	69,700
定格回転速度 (rpm)	375	600
比速度 (m-kW)	160	73

調速機

調速機は通常の電気・油圧式調速機とする。水車1台につき夫々調速機を備え、水車の制御は圧油ポンプ、圧油タンク、集油槽、配圧弁等からなる圧油装置からの圧油により行なう。

調速機の閉鎖時間は、水圧鉄管の圧力上昇、負荷遮断の機材の速度上昇から次の様に決めた。

発 電 所	カレドニア	タラワケレ
圧力上昇 (%)	30	30
速度上昇 (%)	45	45
閉鎖時間 (sec)	4	8

水車入口弁

水車入口弁は、落差・直径によって適切な形式を選定する。また、水車ケーシングに充水するためのバイパス弁を備える。

カレドニア発電所は中落差であるため、複葉弁を、タラワケレ発電所は高落差であるため、球形弁を採用する。

<u>発 電 所</u>	<u>カレドニア</u>	<u>タラワケレ</u>
形 式	複葉弁	球形弁
口 径 (mm)	2,200	1,300

5.5.3 発電機及び励磁機

発電機

発電機は水車と直結され、水車の水スラスト及び水車及び発電機の回転部の重量を支持するスラスト軸受けを備えた普通形とする。発電機の冷却は、水で冷却した空気を循環させて行なう。両発電所の発電機の主要の仕様は、次の通りである。

<u>発 電 所</u>	<u>カレドニア</u>	<u>タラワケレ</u>
台 紙	1	3
形 式	立軸三相交流同期発電機	
容 量 (kVA)	52,600	80,000
力 率	0.85	
電 圧 (kV)	11	11
周波数 (Hz)	50	
極 数	16	10
定格電流 (A)	2,760	4,200

励磁機

励磁方式は、保守のすぐれている静止形、ブラッシュレス方式とする。大容量機ではサイリスタ励磁方式が現状では多いが、将来はブラッシュレス方式が主流になると考える。

中性点接地

発電機の固定子巻線の中性点は、中性点接地用変圧器を通して接地する。尚、発電所の各電気機器は接地を必要とするものが多い。カレドニア、トラワケレ発電所共、良質の岩盤内の地下発電所であるため、接地が不十分になることも考えられるので、所内の接地と地上の開閉所の接地網を連結ケーブルで接続する。

5.5.4 所内電源

発電所内の交流電源は、次の通りとする。

- (1) 発電機の出力端より所内変圧器 (11kV/400V) により三相交流 400V を引き出す。
- (2) 非常用としてディーゼル発電装置 (三相交流 400V) を備え、送電網に電気がない場合でも水車補機等を運転出来るようにする。非常用ディーゼル発電機は、地上の開閉所内に設置する。
- (3) カレドニア発電所、トラワケレ発電所共、ヌワラエリヤグリッド変電所より工事用に 33kV を配線するが、建設後においても、この配電線を所内電源用に利用する。

5.5.5 制御装置及び保護装置

カレドニア、トラワケレ発電所共、制御装置及び各種の保護装置は発電所内に設置される。制御方式は一人制御方式とし、発電所内の制御室から、水車・発電機の起動、停止、出力調整などの主要な操作、並びに各種の計測、監視が行なえる設備とする。

水車及び発電機等の保護は、その重要度に応じて警報と、発電停止に分けて行なう。両発電所共地下発電所であるため、地表の開閉所近傍にも制御所を設け、発電所、開閉所、又送電線の監視・制御が行なえるようにする。

発電所と制御所の間は、制御用ケーブル・通信ケーブルで連結して制御所から水車・発電機の起動・停止を行なえるようにし、また、水車・発電機の主要な状態を表示してこれを監視出来るようにする。尚、制御所ではカレドニアダム、トラワケレダムの監視も行なえるようにする。

5.5.6 クレーン設備、給・排水設備

発電機器の組立、分解を行なうため、カレドニア発電所では主捲き120ton、補助捲き10tonのクレーンを、またタラワケレ発電所では主捲き130ton、補助捲き10tonのクレーンを備える。

発電機の空気冷却器、潤滑油の冷却、水車の封水装置に供給するため給水装置と、水圧鉄管、ケーシング、ドラフトチューブの抜水のための排水装置と、更に発電所内の洩水を屋外に排出する施設を設置する。尚、万一の場合の火災に備え、水圧鉄管より消火用水を取れるようにする。

5.5.7 開閉所への送電

地下発電所内の発電機で発生した電力を地表の開閉所にある主変圧器に送電するため、発電所から地表まで立坑を作り、この間を架橋ポリエチレン絶縁ビニールシースケーブル(CVケーブル)で送電する。カレドニア発電所では、11kV級CVケーブル800mm²を1相当り3条使用し、タラワケレ発電所では、11kV級CVケーブル1,000mm²を1相当り4条使用する。

開閉所への送電方法には、上記の方法以外にも、変圧器を発電所内に設置し、132kV又は220kVの電圧で地表の変電所に送電する方法も考えられる。しかしこの場合には、電圧が高いため取扱の簡易なCVケーブルは使用出来ず、OFケーブル(Oil Filled Cable)を使用しなくてはならない。

OFケーブルは立坑垂直布設は困難で、螺線上に布設しなければならないし、ケーブル内の内圧にも許容範囲があるため、数分割の必要がある。このため、CVケーブルに比較し、価格も高く、且つ、取付工事費もかさむ。

また、CVケーブルではなく密閉母線方式で発電機と地上の変圧器を接続する方式もあるが、CVケーブルが価格面、保守面で遙かに有利である。(尚、最近220kV級のCVケーブルも開発されつつあるので、詳細設計時には検討が必要である。)

発電所と開閉所の送電用の立坑は、発電所の換気用ダクトとしても利用される。

5.6 開閉所

5.6.1 一般

開閉所の計画に当たっては、下記の事項に重点を置き、方式を決定した。

共通前提条件

発電機器と同様、本開発計画がスリランカ全体の発電事業に占める割合が大であること、建設される位置の標高が高いこと、また輸送条件を考えた計画が必要である。計画図面集にアップーコトマレ発電計画全体の単線結線図を示す。また、カレドニア、トラワケレ両開閉所の機器配置図も計画図面集に示す。なお最近では、ガス絶縁開閉装置（GIS）が開発されており、これによると開閉所必要面積が非常に小さくなる。しかし、価格がまだ高く、維持・管理も通常方式に比べ難しいことから、本計画では採用しなかった。GISについては、実施設計時に詳細検討することが望ましい。

カレドニア開閉所

ラクサパナ発電所とヌワラ・エリヤグリッド開閉所を電圧 132kV、2 回線で結ぶ 49km の送電線が 1988 年に完成する。この送電線が、カレドニア開閉所の近くを通過することから、このうちの 1 回線を引き込んで、屋外開閉所に接続する。

カレドニア開閉所は、カレドニアダム、トラワケレダムまでそれぞれ約 5 km であり、それらダムの取水ゲート等の操作及びダム管理用電源をカレドニア開閉所より 33kV で配電する。

トラワケレ開閉所

トラワケレ開閉所は、220kV に昇圧したトラワケレ発電所の電力 204MW を、2 回線でコトマレ開閉所に送電する。

コトマレ開閉所の増設

トラワケレ発電所からコトマレ開閉所に送電するため、コトマレ開閉所の改造・増設が必要となる。計画図面集に示すとおり、現在ビヤガマ線に使用している 2-bay を南向に移設し、空いた部分をトラワケレ開閉所からの接続に用いる。

接 地

開閉所の位置選定は、接地抵抗の少ない場所を選定する必要がある。送電線や変電所で、単絡事故や雷撃などがあると、異常電流により大地の電位が高くなる。このため人身の安全を図り、かつ機器及び電気回路の絶縁を保護するため、十分な接地工事を計画する。

5.6.2 母線方式

カレドニア、トラワケレ変電所共、スリランカの電力系統の重要な電力供給施設であり、事故による系統への影響を極力小さくしなければならない。それ故、両開閉所とも二重母線方式とする。

スリランカでは、220kVの送電線に接続する場合には、遮断器は1-½方式を採用している。132kVの場合は標準二重母線方式が一般的である。1-½遮断方式は機器代金及び敷地面積の増大により建設費が高いが、保安面から頻繁に切換え操作を行なう開閉所に最適である。トラワケレ発電所の開閉所は送電線の末端で、且つピーク発電を行なうため、停止時間が多く、切換え操作も殆んど必要としないため標準二重母線方式の採用が考えられるが、スリランカの既存の方式に合わせ、二重母線1-½遮断方式を採用することにする。コトマレ開閉所の増設も既設開閉所の方式に合わせ1-½遮断方式とする。しかし、カレドニア開閉所は132kVの送電線への接続であることから、標準二重母線方式とする。

5.6.3 変電機器

開閉所の母線及び機器の絶縁設計は、送電線と協調をとるものとする。規準絶縁強度(BIL)は、900kVとし、これを上まわる系統の異常電圧は、避雷器及び線路引込口ギヤップにより保護するものとする。

主変圧器

主要圧器は、検討の結果、屋外開閉所内に設置することとした。型式は三相一体形が望ましいが、単機でもカレドニア変電所で約50ton、トラワケレ変電所では50tonを超える重量となり、輸送困難と考えられる。一方単相の変圧器を3セット組合せる方法も考えられるが、高価格になる。それ故、輸送は各相分割して行ない、現地で三相変圧器として組

立てられる特別形の三相変圧器を採用する。但し、技術的には単相の変圧器を3台組合せる方式でも全く問題はない。

主変圧器の主要仕様は、次のとおりである。なお、単相3台を組み合わせる方式とした場合は、カレドニア変電所は定格容量 17,600kVAの屋外単相油入風冷式変圧器を3台、クラワケレ変電所は同 26,700kVAのもの9台を使用することとなる。

変電所	カレドニア	クラワケレ
台数	1	3
形式	屋外・特別三相送油風冷式	
定格容量 (kVA)	52,600	80,000
定格電圧 (kV)	11/132	11/220
結線	△-入 (二次側中性点直接接地)	
周波数 (Hz)	50	

開閉機器

カレドニア開閉所、クラワケレ開閉所共、最近最も適用例が多く、小型で保守も便利な不燃性ガス遮断器を採用する。遮断器は十分な遮断量を持ったものとする。また遮断器のうち一部は、開路している時無電圧部を大地に接続する接触装置付とする。

鉄構

資材運搬及び容易な組立を考えたアングル構造とする。また変電所の機器類を雷の直撃から保護するために、避雷効果の高い遮蔽装置として、鉄構を利用した架空地線を設ける。

接地

変電機器に必要な接地、機器のケース、鉄構などの接地のため、変電所の基礎には十分な銅線メッシュによる接地が必要である。両発電所共地下発電所であり、発電所の機器の接地も兼ねる。

変電所内は敷砂利、またはコンクリート打設により人身の安全には充分配慮する。

メンテナンス用レール

主要圧器に事故があった場合にこれに搬出できるよう、移動用のレールを設ける。

5.7 送電施設、配電計画、電力用通信設備

5.7.1 一般

カレドニア発電所は、1988年に完成する予定の送電線を利用するので、送電線の新設は考えないが、タラワケレ変電所ではコトマレ変電所までの送電線、約18.5kmを計画する。

送電計画は送電損失が少なく、全長が短く、且つ山くずれ、地すべり、その他地形、地質的な危険箇所を避けるなど基本的事項の他、下記の点を考慮する。

- (1) 資機材の運搬、工事及び保守の容易なこと。
- (2) 送電ルートが、スリランカの気象区分で多雨地域 (Wet Zone) に属するので、次の条件を満足する。

最高気温	40℃	(近傍の実測値38℃)
最低気温	0℃ (着氷なし)	(近傍の実測値2℃)
風圧値	電線に対し 970 N / m ² 鉄塔に対し 1,640 N / m ²	(風速最大40 m / sとする) 実測最大36 m / s
地震係数 (水平)	0.1G	
年間雷雨 (IKL)	80日	

- (3) カレドニア発電所、タラワケレ発電所共に33kVの配電線があるが、工事事業用電力を供給するには容量不足であるため、ヌワラ・エリヤより工事に33kVの配電を行なう。この配電線は、いずれも近傍の村落に利用可能な様に、仮設備ではなく、長期間使用出来る設備とするとともに、工事完成後は発電所の所内電源としても利用し、発電所の起動に万全を期すように計画する。

カレドニアダム及びタラワケレダムには、工事業並びに将来のダム管理用設備の電源にするため、カレドニア発電所より33kVの配線を行なう。

5.7.2 送電電圧及びルート

スリランカでは送電電圧として、220kV、132kV が用いられている。現在では66kVも用いられているが、132kV に付け替えている。カレドニア変電所は、既設ラクサパナ発電所

とヌワラ・エリヤ変電所間の送電線に接続するので、132kVとし、トラワケレ開閉所はコトマレ開閉所に一旦送電し、ピヤガマ開閉所に連結する 220kVの送電線と接続することになるので 220kV送電電圧とする。送電ルートは計画図面集に示すとおりである。

カレドニア開閉所は、ヌワラ・エリヤ変電所とラクサパナ発電所を連結する、二回線の中の一回線を引込み接続する。トラワケレ開閉所からコトマレ開閉所に至る送電線は、当面スリランカの電力系統のかなりの部分を受けもつことから2回線とする。

5.7.3 電線及び鉄塔

電線

電線の種類は、スリランカで標準とされている鋼芯アルミより線（ACSR線）とする。トラワケレ開閉所からコトマレ開閉所に送電する送電線は、スリランカの標準であるG O A T（断面積 300mm²）とする。微風振動の対策として、アーマロッド及びダンパーの取付を行なう。また、線路定数を一定とするために、各線2ヶ所で捻架を行なう。

碍子装置

碍子は 250mm懸垂碍子を12枚使用するものとする。また、塩害は考慮しない。この地方は、雷の多発地帯なので、雷サージによるフラッシュオーバーのアーキ熱での碍子破壊を防止するためにアーキホーンを付けるものとする。耐張箇所は、張り強度から碍子連は2連とし、懸垂箇所は、鉄塔間隔により1連または2連とする。

架空地線

雷の多発地帯であることを考慮し、遮蔽のため架空地線を2条設ける。架空地線には、亜鉛鉄鋼より線70mm²を使用し、その遮蔽角は5°とした。電線同様に、微風振動の対策のため、ダンパーの取付けを行なう。

鉄塔

送電線の鉄塔は、送電線が山岳地帯を通ること、またスリランカの送電線の中でも重要なものであることから、機械的信頼度の高い構造とする。機械的強度、資材運搬、建設組立を考慮してアングル材のみを使用する鉄塔とする。鉄塔の間隔は、355mを標準とする。

鉄塔は5基毎に電線を耐張支持し、他は懸垂支持とする。なお、曲がり部や河川、道路横断部等は耐張支持とする。

各鉄塔は、接地抵抗が10オーム以下になるように、接地線や接地棒を埋設する。標準的な鉄塔を、計画図面集に示す。

5.7.4 電力用通信設備

一般

電力用通信設備としては、電話回線、情報通信、保線用通信、ダム用通信回線を考える。電力の安定供給と事故の早期復旧のためには通信手段が重要である。また、電気事業経営を適宜かつ効率的に行なうために必要な情報を収集、処理するための手段としても使用される。電力用通信設備は、電気事業における神経系統として、高信頼度が要求される。

電話回線

給電指令用及び一般事務用として、カレドニア発電所、トラワケレ発電所、コトマレ発電所、中央給電指令所及びその他の発電所との間に電話回線を構成する。カレドニア発電所とトラワケレ発電所の間はUHF無線を用い、途中に1~2の中継局を設備する。

トラワケレ発電所とコトマレ発電所の間は、新しく施設する送電線を利用し、電力線搬送を用い、コトマレ発電所で既設の電力輸送システムに接続する。カレドニア発電所とラクサパナ発電所間も、バックアップ用に電力線搬送を行なう。

情報通信他

カレドニア発電所及びトラワケレ発電所の各種の情報を、中央給電指令所へ連絡するため、電話回線と同様にUHF無線、電力線搬送を用いる。このための変換器、送受信装置等を設置する。

送電線の保守を容易にするために、送電線の経過地と発電所との間での交信をVHF無線により行なう。発電所に基地局を設置する。カレドニア発電所より電話及び情報用の通信回線として有線通信回線を、トラワケレダム及びカレドニアダムへ施設する。回線はダム配電線用の電柱を用いる。

5.8 土地収用及び補償対策

土地

本計画におけるカレドニア貯水池、タラワケレ調整池による水没補償対策地域（含・移住代替地）及び補償工事、発電所・送電線建設工事のための土地収用対象地域は、表5.8-1に示すとおり合計で約1,085haに達する。この内、約870haが国営茶園に属する茶畑約85haが、野菜栽培を中心とする耕地及び宅地、そして残り約130haが補償費・収用費を支払う必要の無い河川、荒地、道路である。

表5.8-1 土地収用及び補償対象面積

単位：ha

項 目	河川、道路 荒地	茶 園	畑・宅地	計
水没補償				
カレドニア貯水池	64	205	66	335
タラワケレ調整池	26	3	5	34
(小 計)	(90)	(208)	(71)	(369)
構造物地点土地買収				
カレドニアダム	6	27	3	36
タラワケレ取水ダム	2	13	1	16
カレドニア発電所及びトンネル	1	14	1	16
タラワケレ発電所及びトンネル	9	60	6	75
送電線	2	1	—	3
キャンプサイト	—	60	—	60
道路新設及び拡幅	20	27	3	50
(小 計)	(40)	(202)	(14)	(256)
移転地用土地買収				
茶園労働者用二軒長屋 950戸用地	—	32	—	32
他の茶園施設用地	—	24	—	24
約 400家族用の代替地	—	364	—	364
公共施設	—	40	—	40
(小 計)	(—)	(460)	(—)	(460)
合 計	130	870	85	1,085

家屋・公共施設

プロジェクト対象地域における補償対象となる各種家屋・公共施設総は概算で合計1,011に昇る。この内訳は表5.8-2に示すとおりである。

表5.8-2 家屋及び施設補償内訳

施設	カドニア 貯水池		タラケル調整池	他(変電所)等	合計	平均床面積(ft ²)
	ダンバガ スタラワ川	アガラ川				
1. 工場	3	4	1	—	8	—
2. 茶園事務所	2	5	—	—	7	—
3. バンガ- (スーパーインテンダツ用)	16	—	—	—	16	—
4. クォーター	70	70	3	7	150	—
5. 2軒長屋 1/	2	107	5	—	(114)	—
6. 長屋 1/	96	88	13	9	(206)	—
7. ワークショップ他	37	14	9	—	60	1,000
8. 学校	4	5	—	—	9	1,200
9. 薬局、産院、幼稚園他	9	4	2	—	15	—
10. 寺院、教会、モスク	9	13	2	2	26	600
11. 住居/店舗 (大)	2	13	12	4	31	1,200
(中)	8	93	50	18	169	600
(小)	62	66	33	25	186	200
12. 他の重要施設 (銀行、政府事務所他)	1	7	6	—	14	—

1/ 移転対象

移住

既述の如く、補償対象地域内には大別して茶園労働者 (一部幹部職員) と、その他の農業・商業 (一部中小工業) に従事する住民が住んでいる。これらの住民に対しては補償費とは別途、移転に要する諸費用を支払うこととする。

第 6 章 実 施 計 画

第6章 実施計画

6.1 実施工程

全体工程

本計画の実施機関はセイロン電力庁と考えられる。計画の実施機関は、事業の実施に先立ち関係省庁からの参加を得て事業実施委員会を設ける。事業の実施は、大きく(1)スリランカ国内部手続き及び認可、(2)借款手続き、(3)実施設計、入札図書の作成及び建設業者選定、及び(4)建設工事、に分けることができる。

既述のとおり本アッパーコトマレ水力発電開発計画は1997年運開を見込まれている事業である。従ってここでは、運転開始を1997年1月に固定し、1996年12月までにすべての作業を終了させるよう次のような計画をたてた。なお、建設工事は最低 5.5年が必要と見込まれる。

項	目	期 間	工 程
(1)	スリランカ国内部手続き及び認可	4ヶ月	1987年9月～1987年12月
(2)	借款手続き	5ヶ月	1988年1月～1988年5月
(3)	実施設計、入札図書の作成、 入札、入札審査等	3年3ヶ月	1988年6月～1991年5月
(4)	建設工事	5年6ヶ月	1991年6月～1996年12月
合 計		9年4ヶ月	

工事工程

アッパーコトマレ水力開発計画の工事に当り、その全体工程を左右するのはタラワケレ導水路トンネルの施工である。このトンネルは全長13.4kmであるが、作業横坑を設けることにより、最長の施工区間を7.4kmとした。

全体の施工計画は、この7.4kmのトンネル工事に完成時期を合わせて、先行投資の滞留

の少ない工程としたが、一部相互に関連のある施工に関しては、その点を充分考慮して検討した。全体工事工程は図6.1-1に示す。

資機材調達

機材の調達に関しては、調査の結果次の様に考えた。

- (1) ほとんどの大型建設機械及び設備の国内調達は困難である。
- (2) セメント、鋼材、木材等の建設資材も国内での調達可能量は少なく、質の面でも輸入材の使用が適当である。
- (3) 骨材は、カレドニアダム上流右岸に採石場を設け、これを利用する計画とする。
- (4) 燃料油は、セイロン石油公社(CPC)が原油を輸入し精製しているため、国内調達は可能である。CPCの最寄販売基地はタラワケレより約15km西の国道A,沿いKotagalaにある。

6.2 準備工事

工食用動力設備、建設機械搬入道路、現場事務所、スタッフハウス等、工事着手の前に多くの準備工事が必要である。これらの準備工事は、全て完成させてから本工事に着手するのではなく、全体工程を考慮しながら緊急を要するものから順次実施する。準備工事の中で最も初期に必要とされるのは上記タラワケレ発電所の 7.4km の長大トンネル工事に必要な諸設備の工事である。

6.2.1 工専用キャンプ

建設工事全般を管理する拠点キャンプは、計画タラワケレダム地点より下流約 1.0km の右岸台地に予定する。また、工事が広範囲に亘って実施されるため、カレドニアダム地点およびタラワケレ発電所地点にも前進基地としてのキャンプをおき、工事管理をおこなう。これらのキャンプは、運転開始後には管理施設として利用する。キャンプ地周辺の国道沿いにはタラワケレ、リンドゥラ等の商業を中心とする街区があり、住居環境のよい地域である。

タラワケレに建設する拠点キャンプには、現場事務所、ゲストハウス、厚生施設の他、以下に示す程度のスタッフ用住居を建設する。但しこのうち、住居（4ベット）1戸、住居（3ベット）15戸、住居（2ベット）20戸、独身寮B、Cクラス各1棟程度はタラワケレ発電所地点前進基地におくこととする。

住居（4ベット）	3戸	独身寮（Aクラス）	3棟
”（3 ”）	45戸	”（B ”）	3棟
”（2 ”）	65戸	”（C ”）	2棟

6.2.2 アクセス道路

スリランカ全体、特にコロンボを中心とした空路、港、道路、鉄道の現況については APPENDIX-V に述べた。コロンボからプロジェクト地域までの工事期間中の資材運搬及び

ダム・発電所の維持管理には既設道路を利用する。コロンボからプロジェクト地域へは図3.1-1に示したように、国道A₁を利用しキャンディ、ガンボラを經由してタラワケレへ至るルートと、国道A₇を利用してギニガセナ、ハットンを経由してタラワケレへ至るルートが考えられる。

本計画における工事地点を次の3つのワークサイトに分け、首都コロンボからのアクセスについて検討すると以下のとおりである。

タラワケレダムサイト及びカレドニア発電所

本ワークサイトについては、国道A₁との比較の結果、国道A₇を利用するのが妥当と思われる(図6.2-1参照)。国道A₇はケヘルガム川、マスケリヤ川開発プロジェクトの建設資機材輸送ルートにも使用された実績がある。但し、路面のいたみは激しい。ハットンからタラワケレに至る間で鉄道との交差は3ヶ所ある。そのうちタラワケレよりハットン側に8.8kmのロシタ地点では、道路はレンガ作りのカルバード・トンネルで鉄道と交差しており、クレーン等の重機の移動に断面不足が予想される。

タラワケレ周辺は混雑が激しいので安全管理が必要とされる。タラワケレダムサイトでは、タラワケレ鉄道橋下流の道路橋の新規付替が必要である。タラワケレ発電所地点へは、リンドゥーラまで国道A₇を、その先はリンドゥーラ—アグラ線をそのまま利用できる。セメント等の資材運搬についてはコロンボ—タラワケレの鉄道利用も可能である。主要区間の距離、踏切、幅員の狭い地点の位置を下に示す。

- (1) コロンボ 58km アヴィサウエラ 40km ギニガセナ 30km ハットン 10km タラワケレ
6.8km スワラ・エリヤ
- (2) 踏切：タラワケレより 2.4km地点、11.0km地点、16.7km点 計3ヶ所
- (3) 幅員の狭い地点：タラワケレより 5.1km地点(4.0)m、28.6km地点(4.1m)

カレドニアダムサイト

カレドニアダムサイトへのアクセスは、タラワケレ経由でリンドゥーラまで国道A₇を利用し、その後、リンドゥーラ—アグラ線を利用する(図6.2-1)。輸送ルートとして、道路の幅員、曲率等で特に支障はないが、舗装及び退避場、ガードレール等の改良が必要とな

る。コンクリート骨材原石山との関連で、骨材およびコンクリート打設用プラント関係施設がダムサイト右岸側に配置される為、左岸側の既設道路より右岸側へのアクセスが必要となり、既存の道路・橋を改修する。

トラワケレからカレドニアダムサイトまでの距離は次のとおりである。

トラワケレ——リンドウラ——ティリコウルトゥリー——カレドニア・ダムサイト
4.2 km 2.6 km 4.5 km

トラワケレ発電所

下流コトマレダムの建設に伴って整備された道路により、コトマレダムへはキャンディーから容易にアクセスできる。現在、コトマレ貯水池左岸側に貯水池末端キリンデウエラへ接続する道路が建設中で、ほぼ完成している（図6.2-1参照）。トラワケレ発電所は上記道路がコトマレ川を横断するワバヘナ地区下流に予定されており、この道路の利用が便利である。

6.2.3 動力設備及び通信設備

動力設備

工事区域周辺は無灯地区もあるが全体としての電化率は高く、33kV配電線が敷設されている。しかし、現況の配電線は電灯需要の他、主に製茶工場の動力用に利用されている程度であるが、工事用配電線としては容量が不足する。このため、工事用動力は33kV配電線を新設して供給することとし、1988～1990年に新設が予定されているヌワラエリヤグリッド変電所より延長する。

この配電線は工事用動力の確保が目的であるが、工事完了後は既設配電網の容量不足に対する補充、老朽施設の代替としてこの地域の電力供給用としても活用する。更に、計画完成後も、発電所のバックアップ用電源及び、ダム諸設備の操作電源としても活用する。

ルートは計画図面集に示したとおり、ヌワラエリヤからカレドニヤ発電所地点までナス川沿いに12km新設し、更にカレドニヤ発電所地点から、カレドニヤダム地点及びトラワケレダム地点までそれぞれコトマレ川沿いに約5kmを分岐延長する。トラワケレ発電所地点には別にヌワラエリヤから国道A₅（キャンディー道路）、およびプンダル川沿いに延長19

kmを新設する。

主要受電地点と給電区域は次のとおりである。

<u>主 変 電 地 点</u>	<u>給 電 区 域</u>
カレドニア発電所地点	カレドニア発電所・カレドニア水路下流側
カレドニアダム地点	カレドニアダム・カレドニア水路上流側
タラワケレダム地点	タラワケレダム・タラワケレ水路上流側
タラワケレ発電所地点	タラワケレ発電所・タラワケレ水路下流側

通信設備

工事地域内には一般公共通信設備が既存する。これらの通信施設を増設し、工事中および運転開始後の通信の確保と地域通信設備の充実をはかる。通信設備の内容は、既設設備の回線増によって通信容量の増加をはかることが主体であり、一部老朽部は新規設備におきかえる。

6.3 ダム工事

6.3.1 カレドニアダム施工方法

カレドニアダムの主要工事の施工方法は、下記のとおりとする。

転流工

仮排水トンネルは既述のとおり、内径 7.2m の標準馬蹄型とし、勾配は約 1 / 30、総延長は約 395m である。本ダムの減勢池下流 70m に落差約 10m の滝があり、これを自然の下流締切りとして利用する。

トンネルは下流吐口より施工する。呑口より 150m 区間及び吐口より 50m の区間は、巻厚 70cm とし、残りの区間はロックボルトとモルタル吹付けによりライニングする。平均掘削進行は 1 ヶ月当り 80m として計画する。

仮排水路完成後、低水期の 4 月に仮締切ダムを建設する。仮締切ダムはコンクリートダムとし、天端は EL. 1,311.0m とした。この天端標高は、仮排水トンネルの対象流量を 840m³/s として計画した。

ダ ム

本ダムの工事数量は、以下の通りである。

基礎掘削	102,000 m ³
基礎グラウト (コンソリデーショングラウト及びカーテッジング)	15,500 m ³
ダムコンクリート	250,000 m ³

ダムの基礎掘削は、表土及び風化層をパワーショベルとブルドーザーにより取り除き、その後、発破工法により新鮮な岩盤まで掘削する。掘削予定線より 0.50~1.00m を残して、荒掘削を完了し、その後レッグハンマー及びコールピックハンマーにして仕上げ掘削を行なうこととする。

ダムコンクリートは低水期を利用して、20ヶ月にわたって打設する計画である。コンクリート打設設備は、能力 9t のケーブル・クレーンとし、3m³ のバケットを使用する。

月平均打設量	:	12,500 m ³
月最大打設量	:	21,000 m ³
バケット容量	:	3.0 m ³
作業能力	:	40 m ³ /h
パッチャープラント	:	56 切×2 台
コンクリート製造能力	:	60~72m ³ /h

なお、ケーブル・クレーンのカバー範囲外については、35tトラック・クレーンを配し、1.5m³バケットに吊替えて打設するものとする。

コンソリデーション・グラウトは、コンクリート打設前に基礎掘削面から施工する。カーテングラウトは、ダム上流面フーチング上より施工する。配置は1次孔を上流側に、その下流側に2次孔を鉛直に施工する。施工順序はカーテン・パイロット、1次孔、2次孔の順に中間内挿法で施工する。

ダム右岸の止水壁は厚さ2mとし、止水壁の下部標高までダム本体のコンクリートが打上がった後、掘削しコンクリートを打つ。堤体コンクリートを打上がった後、下流側の通路より低圧グラウチングを実施する。

サドルダム

サドルダムはロックフィルダムで、主要工事数量は以下の通りである。

基礎掘削	6,700 m ³
地中壁	7,100 m ³
コア	20,000 m ³
ロック材（フィルター含む）	60,000 m ³

左右岸共、バックホーショベルにて法肩より逐次切下り、ブルドーザーにて掘削する。基礎掘削に要する期間は約2ヶ月である。基礎掘削終了後、ダム軸沿いに地中壁工事を実施する。

コア材のまき出しはスクレーパーにより行ない、転圧はタイヤローラーで行なう。ロック材は材料の粒径、使用するゾーンに応じて薄くまき出す。フィルター及び砂レキ材料は30~50cm、普通のロックでは1~2mのまき出し厚とする。

フィルター及び砂レキ材料は、トラクターまたはタイヤローラーにより転圧する。ロック材はブルドーザーで敷きならす。効果的な締固めのために層の表面に散水するものとする。

6.3.2 工事工程

カレドニアダム

工期は4年を予定し、各年の工事内容は次のとおりである。

(1) 工事開始一年目（1993年）

ダム用仮設備設置に先だち、ダムサイト左右岸へ接続する工事用道路の建設を実施する。その後、仮排水トンネルの掘削を行うが、工事期間中の出水に対処するため下流吐口より片押しで施工する。併せてダム用仮設備（混合設備、運搬設備、打設設備）等の基礎工事を開始する。

(2) 工事開始二年目（1994年）

前年に引き続き、仮設備の基礎工事、仮排水路トンネルの掘削・巻立てを行ない呑口部を完成させる。雨期が始まる前に本川の締切り工事を終了し、河川を切替える。転流後、基礎掘削を開始する。併せてダム用仮設備を設置する。基礎掘削終了後年末より、ダム基礎のボーリング、グラウト、主ダムのコンクリートの打設を開始する。なおコンクリート打設期間は20ヶ月とする。

(3) 工事開始三年目（1995年）

コンクリートの打設を前年度に引き続きおこない、低水放流管の埋設工事、通廊より基礎処理、計測機器の埋設を行なう。

(4) 工事開始四年目（1996年）

主ダムのコンクリート打設を継続し、打設完了3ヶ月前に仮排水路のプラグ・コンクリートを打設閉塞し、堤内バイパスを用いて河流を処理する。サドルダムの工事に関しては、年当初より基礎掘削、止水壁工事を含む基礎処理を実施し、その後盛立てを実施する。漏水防止の止水壁工事はサドルダム基礎の止水壁工事終了後、上流側より下流側へ向けて実施する。サドルダム工事、止水壁工事終了後、堤内バイパスを閉塞し9月末より試験湛水を開始し、11月～12月には通水試験を行なう。

トラワケレダム

トラワケレダムはダム高20m、堰長102mであり、ローラーゲート3門（1門当り8m（H）×12m（B））を持つ取水ダムである。工期は3年とし、各年の施工内容は次の通りである。

(1) 工事開始一年目（1994年）

ダムサイト右岸部の工事用道路を濁水期前に完成させ、濁水期にまず右岸部だけ締切り、基礎掘削をおこなう。

(2) 工事開始二年目（1995年）

基礎掘削終了後、基礎処理工を実施し、非越流部、堰柱、越流部及びエプロンのコンクリート打設をおこなう。打設設備としては、35tトラッククレーンを使用する。堰柱完成後ゲートを据付けるが、濁水期に左岸部を締切り、右岸部のゲートを引き上げておき転流させ左岸部の基礎掘削、基礎処理をおこなう。

(3) 工事開始三年目（1996年）

基礎掘削及び基礎処理後、非越流部、堰柱、越流部及びエプロンのコンクリート打設を完成させ、ゲートを据付け、併せて調整池内の法面保護工を完成する。その後、他の発電所関連施設完成後、通水試験を実施する。

6.4 水路及び発電所

6.4.1 一般

本計画の導水路から発電所を経て、放水口に至る発電所関係の土木設備は大部分が地下構造物であり、且つ取水口から放水口まで連続している。それ故、各部の施工にはお互いに関係する内容があり、全体を通じて経済的な施工計画を検討する必要がある。

坑内掘削は削孔、発破、ずり運搬の機械を主体とし、補助機械として換気、給気、排水等の設備機械を用いる。坑内覆工に要する主機械はコンクリート運搬用機械、コンクリート吹付機、削孔機などである。

坑外において使用する機械は土木用機械、骨材プラント、コンクリートプラント、資機材の運送用車両が主体である。発電・変電用機械設備、水圧管、ゲート据付等に関しては重量物輸送、重量物積卸し、管の曲げ・溶接等の諸機械が必要である。特に水圧管は平板のまま搬入し、現地において管の曲げ・溶接等の加工をおこなう。

発電所へ通ずる作業孔は、発電所の掘削ずりの搬出、工事用資材・機械の搬入出は勿論のこと、水圧管路の掘削ずりの搬出、下部水圧管の搬入路にも利用する。発電所へ通ずる作業坑以外にも、主要標高に通ずる作業坑を両発電所共2本計画し、完成後には監査廊、連絡通路として利用する。

発電用主要機器の据付けは主として天井クレーンを使用し、一部土木工事と平行して据付けるドラフト管等は、別途に設置するキャリヤ、クレーン等によることとする。カレドニア及びトラワケレ発電所の、掘削開始から機器据付完了までの工期はそれぞれ3年、3年4ヶ月を予定している。

導水路工事は作業工程を考慮して主要地点に作業横坑を設け、それぞれの作業横坑を経て、掘削ずりの搬出、工事用資機材の搬入出をおこなう。本計画の全工事工程に大きく影響するトラワケレ調整池からプンダル川に至るトラワケレ導水トンネルは、山岳地を横断するため中間に作業横坑を設置することが困難である。この区間は本計画中で最も長い7,400mのトンネル工事区間となり、作業坑は両端である。

トンネル掘削は通常工法により行なうこととしているが、実施設計段階ではトンネル全

般の地質状況の精査をおこなったうえ、トンネル掘削機（TBM）による機械施工の是非、優劣を工期、経済性の両面から比較検討することが望ましい。通常工法によるこの導水路掘削の工期は5.5年と見積まれ、その概略は次に示すとおりである。

準備期間	6ヶ月
仮設備および作業坑掘削	3ヶ月
掘削：7,400m / 2工区（5m / 日×22日 / 月）	34ヶ月
コンクリート巻立：7,400m / 2工区（10m / 日×22日 / 月）	17ヶ月
インパットコンクリート：コンクリート巻立と併行	3ヶ月
グラウト：コンクリート巻立と併行	3ヶ月
合 計	66ヶ月（5.5年）

カレドニアダム発電所及びタラワケレ発電所で予定している施工方法、年次別の工事内容は以降に示す。

6.4.2 カレドニア発電所関係

施工手順

- (1) カレドニア発電所の建設工期中、もっとも工期の長いものは発電所建屋工事であり、この工事を優先させる。
- (2) 取水口は、その地点の上方に採石場を予定しているため、この明り工事は最終に回す。主要工事は10,000 m³の岩掘削とコンクリート工である。
- (3) 導水トンネルは直径3.9 mの円形断面で、延長は2,980 mである。掘削は、上流側作業坑（延長200 m）と、調圧水槽下部に設ける下流側作業坑（延長180 m）から同時に行なう。3ブーム油圧ジャンボ、1.6 m³油圧ローダを使用した全面掘削によると、平均日進は5.0 m、工期は13ヶ月となる。巻立ては掘削と並行することとし、上記巻立てに要する期間は平均日進10 mとすると7ヶ月である。
- (4) 調圧水槽の上部土砂部及び軟岩部分は上部より掘削を行ない、硬岩部はパイロット立坑を掘削の後、上部より切り下る。ずりは水圧管路搬入路を兼ねた作業坑より搬出する。

掘削は 10,000 m³、コンクリート工は 3,400m³で、工事は導水トンネル工事と併工して行ない、水圧管路搬入開始までに完了させる。

(5) 水圧管路（延長 227m）は発電所下部トンネルより、パイロット立坑を掘削し、本掘削はこの斜坑を利用して上部より切り下る。

(6) 水圧管は場外にて 6～9 m の円形管を組立て、水槽作業坑より搬入し、発電所建屋側より順次据付・溶接しコンクリートを填充する。この工事には 11ヶ月必要である。

(7) 発電所は本体の施工に先立ち、搬入トンネル（延長 600m）と、これより分岐して発電所上部に至る上部トンネル（延長 150m）及び同下部に至る下部トンネル（延長 160m）を施工する。これら搬入トンネル等は在来工法による全断面掘削とし、工事期間は 9ヶ月とする。発電所本体の掘削ずりは、アーチ部は上部トンネルを、搬入路敷高 1,199m までの本体上部は搬入トンネルを、また搬入路以下の本体下部はトンネルを利用して搬出する。

発電所本体の掘削は、アーチ部の掘削 2,500m³、コンクリート 1,100m³を施工したのち、本体はベンチカット工法により掘削する。ケーブルシャフトの掘削は、パイロット立坑を設け、切り下る工法とする。発電所掘削 20,300 m³、コンクリート 7,500m³の施工に要する期間は 28ヶ月とし、水車・発電機及び付属機器の据付に要する期間は試運転を含め、12ヶ月とする。

(8) 放水路（延長 2,170m）の上流に設備する放水口ゲート室、放水路水槽の施工は発電所上部・下部トンネルを利用して施工するが、24ヶ月の工期を要する。

(9) 支流取水

Nanu Oyaよりの取水施設の工事は、他の施設に関連なく独立して施工可能である。このため、取水ダム等河川に直接接する部分の工事は乾期に施工する。取水ダムは半川締切工法による。

取水トンネル延長は、1,650m、2,480mの2条より成り、小断面である。トンネルはそれぞれ両坑口より施工するが、小型ローダー、綱ずり車を使用して掘削し、施工性、経済性の向上を計る。

工事工程

(1) 工事開始1年目 (1993年)

発電所への搬入トンネル (延長 600 m) と、これより上部及び下部へ分岐する作業用トンネル (それぞれ延長 150 m、160 m) の施工。

建屋・上部アーチ部分の掘削とコンクリート巻立。

(2) 工事開始2年目 (1994年)

導水路の作業坑 (導水路上流より 200 m 地点及び調圧水槽地点)、水圧管路、調圧水槽の掘削開始。発電所建屋の掘削、放水路の掘削。

(3) 工事開始3年目 (1995年)

導水路掘削完了と巻立、取水口トンネル部の施工。調圧水槽の掘削、水圧管路は掘削工事完了し、水圧管の据付開始し、全長の $\frac{1}{2}$ を完了させる。

(4) 工事開始4年目 (1996年)

取水口工事のうち、最終の明り工事部の掘削、コンクリート打設及びゲート、スクリーンの据付完了。導水路トンネルの巻立コンクリート及び高圧グラウト、水圧管の残 $\frac{1}{2}$ の完成、調圧水槽のコンクリート巻立て。発電所内の水車、発電機等の据付、送電線工事、放水口工事。

6.4.3 タラフケレ発電所関係

施工手順

(1) 取水口型式は越流形堅坑式であるため、明り掘削、トンネル掘削の完了後、コンクリート工事はトンネル巻立、明りコンクリートの順に施工する。

(2) 導水路トンネルは総延長約13.1kmで、全工事中もっとも長い工期を必要とする。施工は上流作業坑 (延長 400 m)、プンダルオヤ作業坑 (延長 450 m)、下流作業坑 (延長 250 m) の3地点より行なう。導水路トンネルの作業区分は次のとおりである。

取水口～上流作業坑	1,020 m
上流作業坑～プンダルオヤ作業坑	7,400 m 60ヶ月
プンダルオヤ作業坑～下流作業坑	4,000 35ヶ月
下流作業坑～調圧水槽	650 m

施工方法は、カレドニア発電計画の場合と同じである。

(3) 調圧水槽下部に作業坑（延長 360m）を設け、ずりの搬出を行ない、パイロット立坑を利用して上部より切り下げる在来工法を採用している。主要工事は掘削 20,300 m³、コンクリート 5,900m³である。

(4) 水圧管路（延長 740m）は、管路中間水平部に作業坑（延長 150m）を設け、上下2区間に分けて施工する。上部はこの作業坑よりずりの搬出を行ない、水圧管、コンクリートの搬出は調圧水槽より行なう。下部は発電所下部トンネルよりずり出しを行ない、水圧管コンクリートの搬入は一部発電所建屋に近い部分を除いて作業坑より行なう。掘削工事期間はパイロット斜坑7ヶ月、切上げ5ヶ月である。掘削工事完了後、水圧管を上・下部それぞれの下方より据付を行なう。

管の据付工程は 1.5m/日が可能であり、据付のみの工程は約12ヶ月であるが、トンネル内仮設備、据付と同時に施工する詰込コンクリートを行なうため据付工事期間は22ヶ月である。

(5) 発電所建屋の施工に先立ち、搬入トンネル（延長 730m）、上部トンネル（延長 160m）、下部トンネル（延長 220m）を完成させる。

発電所の建屋は、全掘削高40m、掘削 46,000 m³、コンクリート 15,500 m³に及ぶ大規模地下構造物となるため、この3条の作業トンネルを有効に利用して施工する。

ずりの搬出は次のトンネルを使用する。

<u>ずり出トンネル</u>	<u>主 要 区 間</u>	<u>掘削数量</u>
上部トンネル	アーチ部	5,600 m ³
搬入トンネル	組立室床面以上	38,400 m ³
下部トンネル	組立室床面以下	2,200 m ³

上部トンネルを使用して、アーチ部の掘削およびコンクリート巻立て(2,300m³)が完了した後、ベンチカット工法により切り下る。

ずりは掘削面より、ずり出トンネルまではグローリーホールにより落下させる。掘削壁面のゆるみ防止のためのP.Cアンカーは、掘削高が切り下ることに応じて施工する。

土木工事の工事期間30ヶ月、機器据付期間は試運転を含み12ヶ月とした。

(6) 放水路(延長410m)及び放水口ゲート数は、主として発電所下部トンネル及び放水口側より施工する。放水口ゲートは、発電所上部トンネルより施工する。

(7) 放水口は現河床よりも低い位置に構造されるため、仮切を設け河床低方工事とともに濁水期に施工する。

(8) 支流よりの取水施設のうち流水の影響をうける部分は、濁水期に施工する。また、取水ダムは半川締切工法による。

取水するデヴォン、プナ、プンダル3川のうち、1条のトンネル延長の最も長いのは、プナ川NO.2取水地点とプンダル川間の3,280mであるが、両坑口より施工するための工事期間は24ヶ月である。プンダル川よりの取水立坑の掘削は、パイロット立坑を設け上部より切り下るが、ずり出しは導水路プンダル作業坑を使用し、導水トンネルと併行して施工する。

(9) 送電線(220kV 2回線延長18.5km)のルートは、既設コトマレ貯水池左岸の山岳地に設置され、鉄塔も50基以上となる。既設道路より離れた鉄塔は施工のため工事用道路を新設する。工事期間は2年とする。

工事工程

(1) 工事開始1年目(1991年)

道路工事、ベースキャンプ設営、動力設備工事

(2) 工事開始2年目(1992年)

上流及びプンダルオヤトンネル作業坑の設置及び両作業坑よりの導水路トンネル上流(7.4km)の掘削開始。

(3) 工事開始 3 年目 (1993年)

上流導水路トンネルの掘削継続、トンネル下流作業坑の完成及び下流側導水路トンネル(4 km)の掘削開始。発電所の搬入トンネル、上部トンネル、下部トンネルの完成及び発電所上部の掘削、アーチ部の巻立完成。

(4) 工事開始 4 年目 (1994年)

調圧水槽の明け工事及び調圧水槽下部の作業坑完成。水圧管路の掘削開始し、全長の $\frac{1}{2}$ を完了させる。発電所のコンクリート工事の一部施工、ケーブルシャフト掘削。放水口ゲート室、放水路の施工。

(5) 工事開始 5 年目 (1995年)

取水口明け工事。導水路トンネルの掘削完了、巻立施工。調圧水槽の巻立。水圧管路の掘削完了、水圧管路の据付及びコンクリート充填。発電所建屋のコンクリート工事完成、ドラフトチューブ据付完了。ケーブルシャフト及び放水路工事完成。送電線鉄塔の基礎工事、屋外開閉所の敷地整備と基礎工事完了。支流の取水工事 $\frac{1}{2}$ 完成。

(6) 工事開始 6 年目 (1996年)

取水口工事のトンネル部完成。導水路トンネル巻立、グラウト工事、水圧管の残工事完成。発電機の搬入・据付。送電線布設及び開閉所設備の施工。

第 7 章 事 業 費 積 算

第7章 事業費積算

7.1 前提条件

事業費積算にあたって考慮した前提条件は、次のとおりである。

- (1) 事業費は1986年12月末時点の価格を固定価格として積算する。
- (2) 米ドル (US\$) - ルピー (Rs.)、及び、米ドル - 円 (¥) の交換レートは次のとおりとする。 $US\$ 1 = Rs. 28.5$ 、 $US\$ 1 = ¥ 161.6$ 、従って $Rs. 1 = ¥ 5.67$
- (3) 施工はすべて請負契約により実施する。従って必要とする施工機械、設備は施工業者自身が用意し、その損料は建設費の中で考慮する。
- (4) 本計画はセイロン電力庁 (CEB) が実施機関となるとみられるプロジェクトである故、マハヴェリ開発庁が実施した他のマハヴェリ開発プロジェクトとは異り、諸税の支払い義務があるものとする。これらの諸税は実施機関より払い戻されることとする。
- (5) 工事単価は、市場調査の結果を基に、本計画での施工計画、各工種別工事量を考慮のうえ、又、スリランカ国での類似プロジェクトでの実績とも照合・比較して決定した。
- (6) 技術・管理費は、準備工事費、土木工事費、電気・機械設備費、補償関連費までの合計の10%とする。
- (7) 予備費は、準備工事費、土木工事費、電気・機械設備費、補償関連費、技術・管理費の合計の10%とする。
- (8) 建設中利息は考慮しない。
- (9) プロジェクトライフは、準備・建設期間9年、施設の耐用年数50年の合計59年とする。

以上の前提条件で積算した事業費を本計画の財務費用とする。第8章で述べる経済分析・財務分析では、この財務費用を基本にし（経済分析では変換係数を考慮のうえ）、内部収益率を求めるとともに、感度分析を実施する。

しかしながらこの財務費用は、電力庁が将来本計画を実施するに当って実際に支払うであろう費用とは異なる。なぜならば経済・財務分析の対象とはならないが、プロジェクト実施時点では当然のことながら、物価上昇の影響を受けコストは上昇していき、又、建設中は金利を払わなければならない。従って以下参考迄に、様々な条件および仮定の基に

物価上昇による費用増および建中金利を含む事業費を算定する。

(1) 物価上昇

物価上昇率は、外貨分に対して年 2.5%、内貨分に対して年 4.0%とする。外貨分についてはG 5 諸国（米、日、西独、仏、英）の過去 5 年間の平均卸売物上昇率の単純平均（2.85%/年）、また内貨分については同じ期間のスリランカの平均上昇率（7.03%/年）を先ず考慮し、それらの値を世界銀行による1986-1995年の全世界の物価上昇予測（1.12%/年）を加味した上で修正した推定値である。

(2) 建中金利

所要資金を外国借款と一部国内調達により賄うことを想定し、下記の仮定により建設中の金利を算定する。

	資 金 源	対 象	金 利
外国借款	外国 / 国際援助機関	外貨全額及び内貨の30%相当額	3%
国内調達	CEB内部留保及び 国内融資機関借入	内貨の70%相当額	7%（総合金利）

7.2 工事単価

基準単価については、現地調査により得た基礎データに、1986年12月末における工場引渡し価格もしくは輸入物資の場合のコロンボ港C I F価格を基準に、諸税、輸送費を加算したものをサイト着価格とし、サイト着価格にオーバーヘッド、ロスを加味してサイト・コストを算出した。詳細はAPPENDIX-Vに示すが、算出された額は次のとおりである。

労 賃

高度熟練工（含フォアマン）と、警備員を除く現地労働者はサプライヤーを通じて雇用する。基準稼働日数は年間 270日とする。サイトコストは次のとおりである。型枠大工、高度熟練溶接工等の外国人熟練工については、US\$ 2,000/日 (Rs. 1,900 /日) とする。

日 単 価						単位：Rs./日
フォアマン	重機オペ	ドライバー	型枠大工	コンクリート工	作業員	
283	283	212	167	147	102	

ポート・チャージ

ポート・チャージは、荷上げ料及び通関手数料から成る。前者は埠頭づけ料、クレーン料等を含み、 m^3 もしくはトン当り（いずれか大きい方）US\$ 3.65、また後者は m^3 もしくはトン当りで、US\$ 2.42である。従って両者の合計は m^3 もしくはトン当り（いずれか大きい方）でUS\$ 6.07 (Rs. 173)となる。

輸送費

サイトまでの輸送費は運送業者に委託する際、セメントは50kgバッグ詰の場合US\$ 11.95/t (Rs. 340/t)、バラ輸送の場合US\$ 17.95/t (Rs. 512/t)、その他の資機材（鉄筋、鉄管、重機、等）はUS\$ 19.08/t (Rs. 544/t)である。

建設機械

建設機械は原則的に施工業者が諸税を支払った上で持込むものとし、積算においてはその損料を計上する。損料積算にあたっての基準は下記のとおりである。

i) 関税：C I F 価格の10%

ii) B T T (売上税)：C I F 価格に関税を加えた額の10%

iii) ポート・チャージ：C I F 価格の 2 % と仮定

iv) 輸送費：施工業者が自ら輸送することを想定し、輸送費は無視する。

v) 管理費およびオーバーヘッド：C I F 価格の 12 % と仮定

以上より、建設機械のサイト・コストを算定すると、C I F (100 %) + 関税 (10 %) + B T T (11 %) + ポート・チャージ (2 %) + 管理費・オーバーヘッド (12 %) となり合計額は C I F の 135 % である。

燃料費

本計画の施工に用いられる燃料の殆どは建設機械及び工事用電源のディーゼルと若干の潤滑油であり、セイロン石油公社 (C P C) より購入する。サイト・コストは Rs. 10 / ℓ とする。

セメント

現在スリランカでは国産セメント及び輸入セメント (インドネシア、ケニア、ソ連から輸入) が用いられている。国内産セメントは強度の点で問題があることから本計画では輸入セメントを用いることとし、サイト・コストは Rs. 3,160 / t とする。

鋼材

鋼材は各種鉄筋が中心である。鉄筋もセイロン・スチール公社により国内にて生産されているが、従来の国家的大規模プロジェクトではセメントと同じく品質及び入手可能量の点から、外国よりの輸入物が用いられて来た。本計画においても輸入鉄筋を用いることとし、サイト・コストを Rs. 15,200 / t とする。

設備類

この費目には水車・発電機等の電気・機械設備、水圧管、送電線等が含まれる。設備類は電力庁より発注され、同庁は 5 % の関税、10 % の B T T の他に、ポート・チャージ (C I F の 2 % と想定)、輸送費 (Rs. 544 / t であるが C I F の 2.5 % と想定) を支払う。上記各項目を加算し、C I F 価格の 20 % 増をサイト・コストとする。

その他

この費目を構成するコストは、電気使用料、骨材生産のための権利金、諸雑費等であり、

積算にあたってはサイトにおける価格、料金を基に積み上げる。

補償関連費用

以上の基準単価に基づき、各工種毎の単価は表7.2-1に示すとおりに決定した。表7.

2-1には、工種別の投入物構成比率及び、投入物別の外貨比率も示した。

表7.2-1 工種別工事単価及び投入物構成比率

工 種	細 目	単 価 (Rs.)	a. 労務費				b. 機械費	c. 燃料費	d. 材料費		e. 設 備	f. その他
			未 熟	熟 練	熟 練	熟 練			セメント	鋼 材		
			練 工	工 (L)	工 (P)	工 (F)						
		外貨比率 %	0	0	100	74	40	59	71	83	20	
ダム工事												
掘 削	土砂	100/m'	2	2	1	68	24	—	—	—	3	
"	岩石	300 "	3	4	1	42	18	—	—	—	32	
"	トンネル	1,800 "	6	5	3	58	11	—	5	—	12	
"	仕上げ	740 "	40	14	1	40	4	—	—	—	1	
コンクリート	明り	2,700 "	5	6	2	29	15	25	—	—	18	
"	トンネル	5,000 "	2	2	1	15	10	46	—	—	24	
"	プラグ	4,500 "	1	1	1	16	10	50	—	—	21	
"	吹付け	10,000 "	1	1	9	11	6	60	—	—	12	
型 枠	ダム	850/m'	16	26	8	5	1	—	44	—	—	
鉄 筋		25,000/t	4	24	4	5	2	—	61	—	—	
ボーリング		2,000/m	12	10	13	44	8	—	—	—	13	
グラウト	コア/カーチン	12,000/t	3	2	1	28	27	34	—	—	5	
モルタル注入	低圧グラウト	6,000 "	1	1	9	8	4	54	—	—	23	
岩盤清掃		800 m'	50	16	1	25	8	—	—	—	—	
地中壁		7,000 "	6	2	2	40	18	15	11	—	6	
鋼矢板		24,000/t	1	1	1	42	5	—	50	—	—	
捨て石		300/m'	2	2	—	44	28	—	—	—	24	
コンクリート・ブロック		1,400/m'	10	2	—	10	3	60	5	—	10	
コンクリート張・床版		3,500/m'	10	5	1	31	15	38	—	—	—	
道路舗装	アスファルト	1,800/m'	5	6	3	33	18	—	—	—	35	
ゲート		186,000/t	1	2	7	2	1	—	3	84	—	
放流管	バルブ	8,000×10 ⁶	2	10	14	2	1	—	2	69	—	
導水路/発電所工事												
掘 削	明り、岩石	300/m'	3	4	1	42	18	—	—	—	32	
"	トンネル	1,800 "	6	5	3	58	11	—	5	—	12	
コンクリート	明り	3,000 "	5	6	2	29	15	35	—	—	8	
"	トンネル	5,000 "	2	2	1	15	10	46	—	—	24	
"	プラグ	4,500 "	1	1	1	16	10	50	—	—	21	
"	吹付け	10,000 "	1	1	9	11	6	60	—	—	12	
型 枠	トンネル	500/m'	14	24	6	5	1	—	50	—	—	
鉄 筋		31,000/t	2	4	2	—	—	—	92	—	—	
モルタル注入	低圧グラウト	5,000/Tm	1	1	9	8	4	54	—	—	23	
グラウト	高圧	10,000 "	7	6	7	18	36	17	0	0	9	
P/S建屋	クラウケレ	Rs. 67×10 ⁶	5	10	15	13	7	15	10	0	25	
	カレドニア	Rs. 40×10 ⁶										
ロックボルト	トンネル	250/m	2	4	2	18	4	—	70	—	—	
P/Cアンカー	発電所	25,000/本	2	10	31	16	8	2	26	—	5	
ゲート		200,000/t	1	2	7	2	1	—	3	84	—	
スクリーン		80,000 "	20	20	3	4	1	—	—	52	—	
鋼 管	ペンストック	88,000 "	2	5	30	5	3	2	—	53	—	

Tm : トンネル延長

7.3 土地収用費及び補償対策費

土地収用面積及び補償対象家屋等の数量は第5章5.8に示したとおりである。これに必要な費用は下記のとおり見積った。

土地

プロジェクト対象地域は茶の生産地として有名で数多くの茶園が散在しており、それらはMinistry of State Plantation (SP) もしくは Ministry of Janatha Estate Development Board (JEDB) のいずれかの省の傘下にある国営茶園である。各茶園では高産出のVPT (Vegetatively Propagated Tea) 及び従来方法による Seedling Tea を栽培しており、その比率は茶園により異なる。評価局 (Bvaluation Department)、SP及びJEDBに依ればフィージビリティ・スタディ段階におけるエーカー当りの収用費もしくは評価額は、VPT栽培地と Seedling Tea 栽培地で異なるが、平均 Rs. 40,000/acreである。これをヘクタール当りに直すと Rs. 98,880/haとなり、従って茶園に対する補償総額は $Rs. 98,850/ha \times 870ha = Rs. 86,000,000$ となる。

茶園に属していない家族は、主に野菜及び米以外の穀物を生産する農業もしくは商業に従事している。同じく評価局によれば肥沃な土地が耕地になっており、その評価額はエーカー当り平均 Rs. 60,000/acreである。本計画地域では耕地が宅地の周囲に限定されていることから、宅地そのものと耕地を同額とみなすことにする。従って耕地・宅地に対する補償費・収用費はヘクタール当り、Rs. 148,300/haである。補償・収用の対象となる耕地・宅地の総面積は約85ヘクタールであるので、補償額は $Rs. 148,300/ha \times 85ha = Rs. 12,600,000$ が計上される。

河川、荒地、道路については、補償費、収用費を支払う必要がないものとした。

家屋・公共施設

プロジェクト対象地域における補償対象となる各種家屋・公共施設数は概算で合計1,011に昇る。評価局によれば、F/S段階における一般的建物の評価額は平方フィート当り Rs. 150とのことである。これに加えSP及びJEDBから情報収集した茶園の各施設の補償費、建設費を基に、全施設の基準単価を求めた(表7.3-1参照)。

この結果、家屋・公共施設に対する総補償額は約Rs. 210,000,000である。

表7.3-1 家屋及び施設補償費内訳

施設	総戸数	平均床面積	平均単価 (Rs.)	合計費用
1. 工場	8	—	3 m / 工場	24,000
2. 茶園事務所	7	—	500,000/戸	3,500
3. バンガロー	16	—	600,000/戸	9,600
4. クォーター	150	—	400,000/戸	60,000
5. 2軒長屋 1)	(114)	—	(100,000/戸)	(11,400)
6. 長屋 2)	(206)	—	(300,000/戸)	(61,800)
7. ワークショップ他	60	1,000	190	11,400
8. 学校	9	1,200	190	2,100
9. 診療所、産院、託児所他	15	—	200,000/戸	3,000
10. 寺院、教会、モスク	26	600	250	3.9
11. 住居/店舗 大	31	1,200	250	9,300
" 中	169	600	200	22,300
" 小	186	200	150	5,600
12. 他の重要施設 (銀行、政府事務所他)	14	—	4 m / 施設	56,000

移住コスト

既述の如く、補償対象地域内には大別して茶園労働者（一部幹部職員）と、その他の農業・商業（一部中小工業）に従事する住民が住んでいる。これらの住民に対しては補償費とは別途、移転に要する諸費用を支払わなければならない。

先ず茶園労働者の多く（概算 1,900家族）は、労働力が不足している他の茶園へ移転することになる。本計画の実施機関たる C E B は、一家族当り引越し費用を Rs. 12,500 支払わなければならない。更に、移転先の茶園に 2 軒長屋を建てる必要がある。この 2 軒長屋

建設は、SP及びJEDBの最近の方針によるものであり（従来は linesと呼ばれる長屋）、1軒当りの建設費は Rs. 100,000 である。以上より、茶園労働者の移転に伴う費用は、 $(Rs. 12,500/f. \times 1,900family) + (Rs. 100,000/cot. \times 950cottage) = Rs. 119,000,000$ である。

次に農業・商業従事者に対しては、同じく補償費の他に、各家族当り2エーカーの代替地の提供と平均約 Rs. 10,000の引越し費用を支払う義務がある。政府関係者の話によれば、プロジェクト・サイトの住人は気候の面で低地に移住することを好まず、代替地は茶園内に探さざるを得ないであろうとのことであった。本計画の実施により補償の対象になる農業・商業従事者の建物数は約 400軒であるが、同居者も多く、世帯数はほぼ倍近い数になると想定される。他の類似プロジェクトの例では、プロジェクト実施により影響を受ける家族の約半数程度が代替地へ移転し、残りの家族、特に商業従事者はプロジェクト・サイト近辺に届まる傾向がある。従って、本計画においても代替地への移住者は 400家族と仮定し、400家族分の代替地(800エーカー≒ 324ヘクタール)を用意する(表 5.8-1 参照)。又、引越し費用は全家族に支払われるものとし、その額は $(Rs. 10,000/f. \times 800families) = Rs. 8,000,000$ となる。これらの補償に加え、代替地には最低限のインフラストラクチャー(配電、上水道等)整備と公共施設(コミュニティ・センター、診療所、小学校等)を建設しなければならない。これらの費用の総額を Rs. 24,000,000と見積る。

補償関連費用総額

以上より補償関連費用をまとめると、総額は下記のとおりである。

(1)土地補償・収用費	<u>Rs. 99,000,000</u>
・茶畑 @Rs. 99,000/ha × 870 ha ≒ Rs. 86,000,000	
・野菜畑 @Rs. 148,300/ha × 85 ha ≒ Rs. 13,000,000	
(2)家屋・公共施設	<u>Rs. 210,000,000</u>
(3)移転・移住地開発費用	<u>Rs. 151,000,000</u>
・引越費用(茶園労働者)	
@Rs. 12,500/f. × 1,900 families ≒ Rs. 24,000,000	

・引越費用（農業・商業従事者）

@Rs. 10,000/f. × 800 families ≈ Rs. 8,000,000

・茶園労働者用二軒長屋建設費用

@Rs. 100,000/cot. × 950 cottages ≈ Rs. 95,000,000

(4) 移住地インフラストラクチャー開発

Rs. 24,000,000

合 計

Rs. 460,000,000

7.4 事業費及び年度別事業費

7.4.1 事業費

本アップパーコートマレ開発計画の総事業費は次のとおりである。

表7.4-1 事業費

単位：Rs. 百万

費目	カレドニア	タラワケレ	合計	外貨分	内貨分
1. 準備工事費			519	263	256
2. 土木工事費	2,350	2,714	5,064	2,569	2,495
ダム	1,215	114	1,329		
水路・発電所	1,135	2,600	3,735		
3. 電気・機械設備費	478	1,358	1,836	1,520	316
ゲート、鉄管等	89	278	367		
水車、発電機及び変圧器等	389	1,080	1,469		
4. 送電設備・工事費	6	95	101	83	18
5. 土地収用及び補償費	450	130	580	62	518
(以上小計)			(8,100)	(4,497)	(3,603)
6. 技術管理費 1/			810	469	341
(以上小計)			(8,910)	(4,966)	(3,944)
7. 予備費 2/			890	496	394
合計			9,800	5,462	4,338

注： 1/ 技術管理費は、1～5の計の10%
2/ 予備費は、1～6の計の10%

上記の額に、表7.4-3に示す年度毎の外貨分、内貨分を基に7.1前提条件で設定した物価上昇を考慮すると、建設期間中の物価上昇予備費はRs.2,626.6百万となる。この物価上昇予備費を加えた事業費に、更に、同じく7.1前提条件で設定した建中利子を考慮すると、建中利子は外国借款分がRs.687.5百万、国内調達分がRs.851.9百万、計Rs.1,539.4百万となる。これら物価上昇予備費、建中利子を加えた総事業費はRs.13,966.0百万となる。事業費を更に細かい工事別に分けると表7.4-2に示すとおりである。

表 7.4 - 2 事業費内訳

工 種	カレドニア	タラワケレ	合 計
1. 準備工事費	154.0	365.0	519.0
道路設備	52.0	226.0	278.0
工事用動力設備	17.0	24.0	41.0
キャンプ	85.0	115.0	200.0
2. 土木工事費			
2.1 ダム工事費	1,215.0	114.0	1,329.0
転流工	100.0	19.0	
本 体	84.0	75.0	
基礎処理	107.0	3.0	
サドルダム	100.0		
雑工事	68.0	17.0	
2.2 発電所工事費	1,135.0	2,600.0	3,735.0
支水路	135.6	266.3	
取水口	26.7	47.2	
導水路	268.4	1,341.3	
調圧水槽	37.4	102.8	
水圧管路	28.2	101.5	
発電所	304.8	426.4	
放水路	188.7	67.2	
放水口	9.3	20.5	
屋外開閉所	21.9	35.6	
建 家	40.0	67.0	
雑工事 (5 %)	54.0	124.2	
3. 電気・機械設備費	478.0	1,358.0	1,836.0
ゲート・鉄管等	89.0	278.0	367.0
水車・発電機及び変圧機等	389.0	1,080.0	1,469.0
4. 送電設備・工事費	6.0	95.0	101.0
5. 土地及び補償費	450.0	130.0	580.0
(以上小計)			(8,100.0)
6. 技術・管理費			810.0
(以上小計)			(8,910.0)
7. 予 備 費			890.0
合 計			9,800.0

7.4.2 年度別事業費

以上求めた事業費を、図6.1-1に示した実施計画に基づき年度毎に振り分けると表7.4-3に示すとおりとなる。表7.4-4には年度別物価上昇予備費と建中利息を示す。

7.4.3 投入物別年度別事業費

投入物別年度別事業費は表7.4-5のとおりである。この投入物別年度別事業費は、外貨、内貨分け事業費の算出と、経済価格の算出に用いるものである。

表7.4-3 年度別事業費（財務費用）

単位：Rs. 百万

準 備 工 事 費	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
土 木 工 事 費	519			367.8	151.2				
カレドニアダム	5,064				152.0	583.5	1,047.2	1,898.1	1,383.2
“ 発電所	1,215				—	51.3	198.0	584.9	380.8
タラワケレダム	1,135				—	157.1	257.2	442.2	278.5
“ 発電所	114				—	—	13.2	46.2	54.6
“ 発電所	2,600				152.0	375.1	578.8	824.8	669.3
電 気 ・ 機 械 設 備 費	1,836					367.3		1,008.5	460.2
ゲート・鉄管等	89					—		30.7	58.3
カレドニアタラワケレ	278					—		96.4	181.6
水車・発電機等	389					97.3		233.4	58.3
カレドニアタラワケレ	1,080					270.0		648.0	162.0
送 電 設 備 ・ 工 事 費	101							55.6	45.4
カレドニアタラワケレ	6							3.3	2.7
“ 塔	95							52.3	42.7
土 地 収 用 ・ 補 償 費	580			490.0	30.0	18.0	18.0	12.0	12.0
カレドニアタラワケレ	450			382.5	22.5	13.5	13.5	9.0	9.0
“ 塔	130			107.5	7.5	4.5	4.5	3.0	3.0
技 術 管 理 費	810	160.0	160.0	64.4	49.5	67.5	70.2	124.4	94.0
予 備 費	890	16.0	16.0	92.1	38.2	103.5	113.4	309.5	199.3
合 計	9,800	176.0	176.0	1,014.4	421.0	1,139.8	1,248.9	3,407.8	2,194.1

表7.4-4 年度別物価上昇予備費及び建中利息

項 目	合 計	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
事業費	9,800	176.0	176.0	22.0	1,014.4	421.0	1,139.8	1,248.9	3,407.8	2,194.1
外貨分 1/	5,461.8	123.2	123.2	11.0	247.1	217.1	728.7	659.7	2,057.0	1,294.8
内貨分 1/	4,338.2	52.8	52.8	11.0	767.3	203.9	411.1	589.2	1,350.8	899.3
物価上昇予備費(外貨分2.5%/年)	1,157.8	4.6	7.8	1.0	29.0	31.6	126.9	134.2	480.4	342.3
物価上昇予備費(内貨分4%/年)	1,468.8	3.2	5.4	1.6	148.1	49.1	119.4	201.5	534.5	406.0
物価上昇予備費 合 計	2,626.6	7.8	13.2	2.6	177.1	80.7	246.3	335.7	1,014.9	748.3
合 計	12,426.6	183.8	189.2	24.6	1,191.5	501.7	1,386.1	1,584.6	4,422.7	2,942.4
建中利息(外国借款分3%/年)	687.5	4.3	8.8	9.3	25.8	35.5	66.0	96.9	190.0	250.9
建中利息(国内調達分7%/年)	851.9	2.7	5.6	6.2	51.1	63.5	89.5	128.2	220.6	284.5
建中利息 合 計	1,539.4	7.0	14.4	15.5	76.9	99.0	155.5	225.1	410.6	535.4
総 合 計	13,966.0	190.8	203.6	40.1	1,268.4	600.7	1,541.6	1,809.7	4,833.3	3,477.8

注：1/外貨分、内貨分は、表7.4-5で算出された数値

表7.4-5 投入物別年度別事業費（財務費用）

単位：Rs. 百万

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	合計	外貨分	内貨分
a. 労務費												
未熟練工	—	—	—	19.9	18.0	34.5	56.3	110.6	76.7	316.0	—	316.0
熟練工(ローカル)	—	—	—	39.8	25.6	40.3	62.1	139.8	93.9	401.5	—	401.5
熟練工(外国人)	—	—	—	59.7	31.6	60.2	47.6	159.7	128.0	486.8	486.8	—
b. 建設機械費	—	—	—	51.7	109.4	264.3	378.8	512.7	329.9	1,646.8	1,218.7	428.1
c. 燃料費	—	—	—	27.8	29.4	65.5	111.7	260.0	183.5	677.9	271.2	406.7
d. 材料費												
セメント	—	—	—	59.7	29.7	57.8	150.1	449.9	320.0	1,067.2	629.6	437.6
鋼材	—	—	—	39.8	25.4	56.8	100.5	187.1	123.3	532.9	378.4	154.5
e. 設備費	—	—	—	—	—	308.5	0.7	850.6	443.2	1,603.0	1,330.5	272.5
f. その他(含材料)	—	—	—	99.5	64.2	80.9	157.5	303.5	202.3	907.9	181.6	726.3
g. 補償関連費	—	—	—	460.0	—	—	—	—	—	460.0	—	460.0
(以上小計)				(857.9)	(333.3)	(968.8)	(1,065.3)	(2,973.9)	(1,900.8)	(8,100.0)	(4,496.7)	(3,603.3)
h. 技術・管理費	160.0	160.0		64.4	49.5	67.5	70.2	124.4	94.0	810.0	469.0	341.0
(以上小計)	(160.0)	(160.0)	(20.0)	(922.3)	(382.8)	(1,136.3)	(1,185.5)	(3,098.3)	(1,994.8)	(8,910.0)	(4,965.7)	(3,944.3)
予備費	16.0	16.0	2.0	92.1	38.2	103.5	113.4	309.5	199.3	890.0	496.0	394.0
合計	176.0	176.0	22.0	1,014.4	421.0	1,139.8	1,248.9	3,407.8	2,194.1	9,800.0	5,461.8	4,338.2
外貨分	123.2	123.2	11.0	247.1	217.1	728.7	659.7	2,057.0	1,294.8	5,461.8		
内貨分	52.8	52.8	11.0	767.3	203.9	411.1	589.2	1,350.8	899.3	4,338.2		