

## 第5章 水力発電計画

### 5-1 ヴィクトリア発電所の概要

#### 5-1-1 自然環境

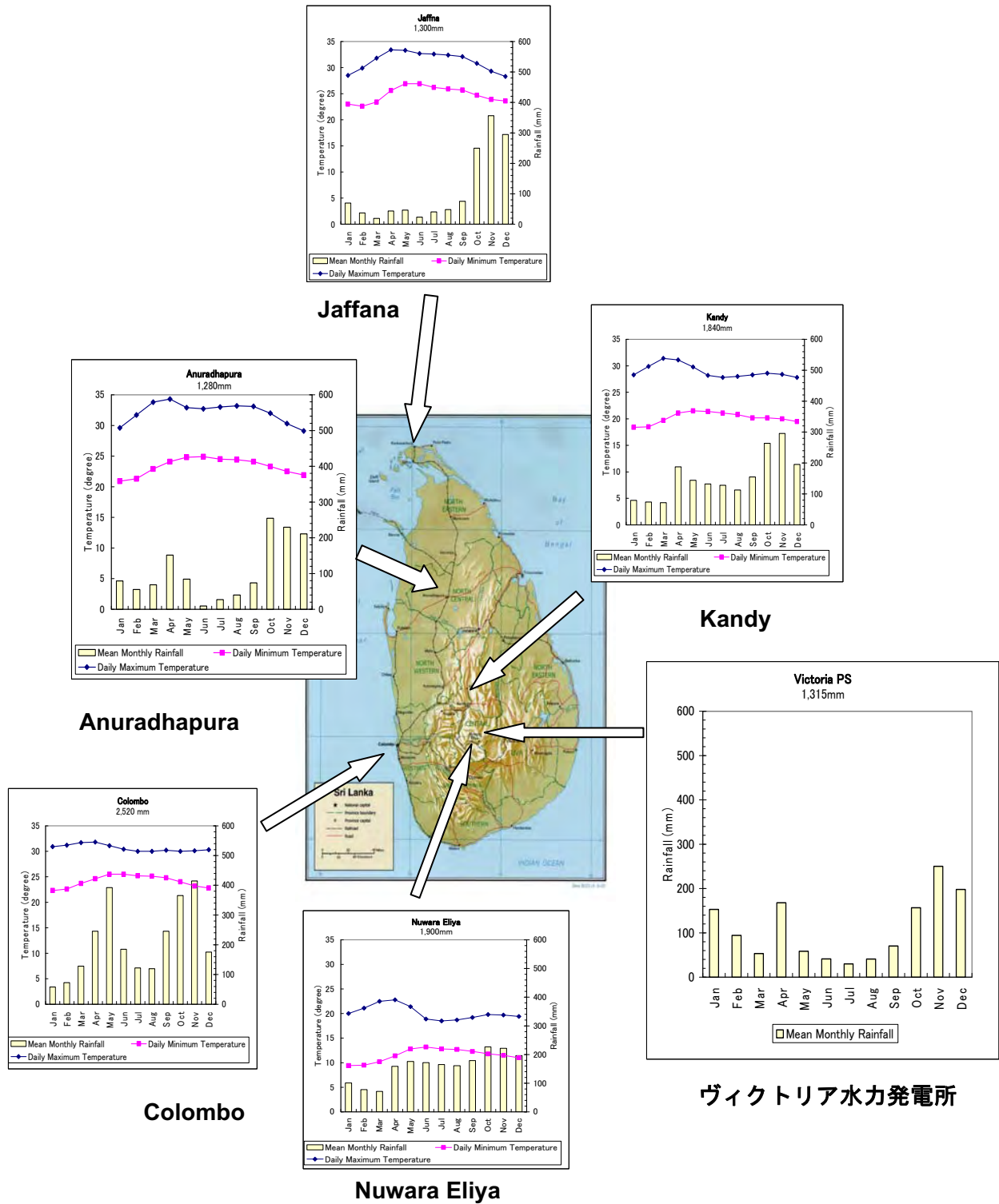
スリランカ国は、インドの南東に位置するインド洋とベンガル湾に囲まれた島国である。国土面積は 65,607km<sup>2</sup> で九州より若干大きく、南北に 435km、東西に 240km 伸びる縦長の島を形成している。国土の北半分は、ほとんど平地であるのに対して、南半分は山岳地帯である。中央南部には最高峰の Pidurutalagala 山(2,524m)をはじめ、2,000m の山々が連なっている。Kandy と Nuwara Eliya はこの山岳地帯の中心にある主要な町である。この一帯から東西南北の海岸線に向かって数々の河川が流れ出ている。マハベリ川はその一つで、この川は Nuwara Eliya の南部山岳地帯を水源とし Kandy に向かい北上し、そこから東へ向きを変え、平野部に入り北上する。マハベリ川の流域面積はスリランカ国最大で 10,448km<sup>2</sup> あり、河川延長は 335km である。

スリランカ国の地質は、地球上で最も古い地殻の一つである南インド盾状地の一部から成っている。また、先カンブリア代の中期(13億～15億年前)、もしくは古生代初期(4.5億～5.5億年前)に変成作用を被っている。広域地質図によると、マハベリ川のある山岳部は Highland Group に属し、様々な種類の堆積岩に由来する変成岩、すなわち多様な片麻岩、花崗岩、チャーノックイト、グラニュライト等から構成されている。これらを新生代第四期の堆積物が被覆し帯水層を形成している。

スリランカ国は、熱帯性モンスーン気候に属する。よって、南西モンスーンが吹く5～9月には南西部の海岸地区から高地にわたって雨をもたらす。また、北東モンスーンが吹きつける11～3月には北東部を中心に全土に雨が降る。スリランカ国の中央部に位置するヴィクトリア水力発電所は、北東モンスーンと南西モンスーンが季節により交互にあたる山岳部に位置するため、図5-1に示すヴィクトリア水力発電所の降雨記録(1995～2005年)によると、二度の雨季が見られる。この二度の雨季は、同図の Kandy にも見られる。

また、ヴィクトリアの流域となる Nuwara Eliya では二度の雨季は明瞭ではなく、4月から12月まで雨季が続いているように見える。むしろ、南西モンスーンの影響が強いコロンボのほうが明瞭に二度の雨季を示している。北部乾燥地帯の中央部に位置する Anuradahapura は、二度の雨季を示すものの降雨は、10月から12月の3か月に集中している。特に、スリランカ北端の Jaffna は、年間降雨量が 1,300mm あるが、10月から12月の3か月間の雨季に集中しており、その他の月との差が非常に大きい。

図5-1のヴィクトリア水力発電所の年間降雨量が、同図の Kandy や Nuwara Eliya に比べ少ないのは、雨量計の設置場所が発電所位置、すなわちマハベリ川の谷底にあるためと考えられる。



データの出典：ヴィクトリア水力発電所（CEB）と WMO\*  
 (\*WMO のデータは、1961～1990 年の平均値である)

図 5 - 1 スリランカ国の降雨分布

### 5-1-2 ヴィクトリア水力発電所の開発

ヴィクトリア水力発電所は、マハベリ開発庁（Mahaweli Authority of Sri Lanka : MASL）により、英国の支援を得て、1984年に完成した水力発電所である。当時のマハベリ川には、ヴィクトリア貯水池上流に1976年に設けられたポルゴラ取水堰堤以外のダムはなかった。ポルゴラ取水堰堤は、UNDP/FAOによるマハベリ川水資源開発調査（1965-1968）に基づき建設されたもので、マハベリ川の主要な支流であるアムバン（Amban）川への転流により北部乾燥地域の灌漑を狙ったものである。ヴィクトリア水力発電所は、ポルゴラ堰堤の転流後の貴重な水を大規模貯水池に貯め調整し、乾季の下流地域の灌漑を可能とするとともに発電を目的に建設され、1984年に完成した。この後、マハベリ川には、ポルゴラ取水堰の上流にコトマレ（最大設備出力201MW、1985年完成）、ヴィクトリア水力発電所の下流にランデニガラ（122MW、1988）、また、その下流にランタンベ（49MW、1990）が建設され、現在、最上流部でアップーコトマレ（150MW）が2011年の運転開始を目指し我が国の援助で建設中である。

### 5-1-3 ヴィクトリア水力発電所の主要諸元

ヴィクトリアダムは、スリランカ国唯一のアーチ式コンクリートダムであり、また、ダム高は122mと国内最高である。以下に、ヴィクトリア水力発電所の主要な仕様を示す。

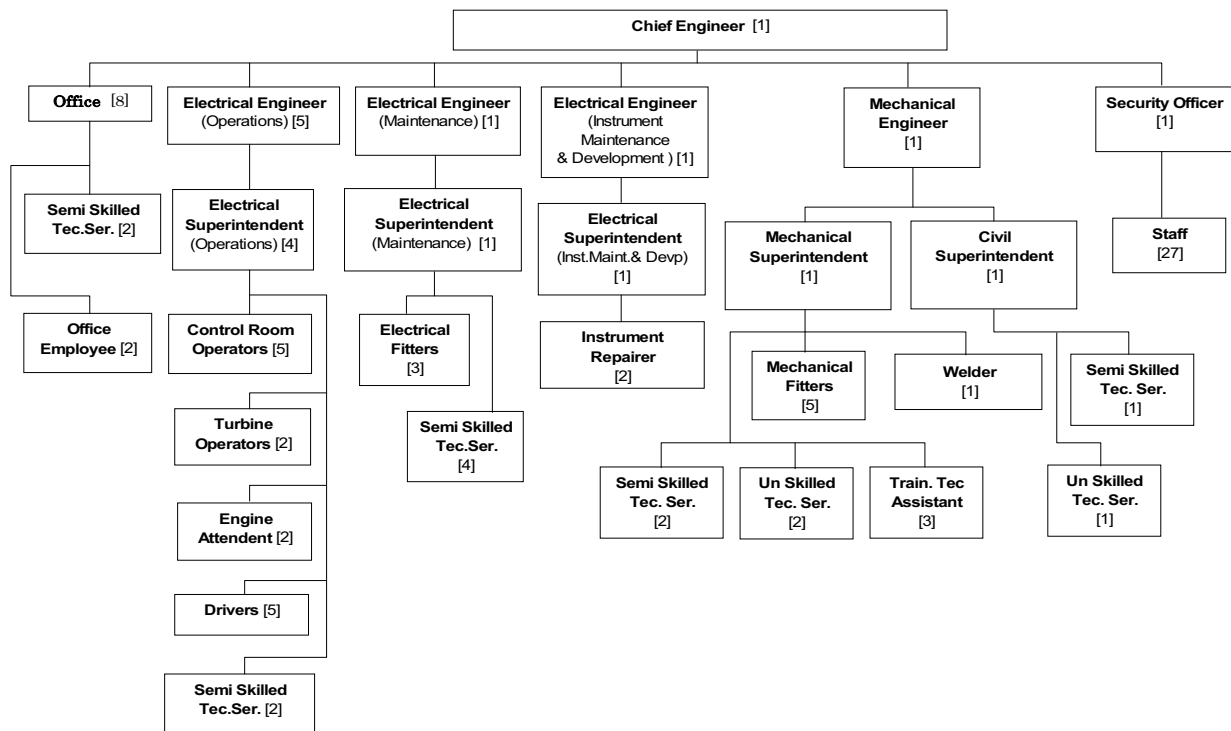
流域面積：1,891km <sup>2</sup>	導水路トンネル延長：5.7km
最大設備出力：210MW	内径：6.2m
ユニット数：3基	水圧鉄管路：189m
最大使用水量：140m <sup>3</sup> /s	内径：3m
有効落差：190m	

## 5-2 ヴィクトリア水力発電所の現況

### 5-2-1 維持管理体制

ヴィクトリア水力発電所はMASLにより工事を実施したが、現在、取水口から放水口までの水路及び開閉所、送電線等の発電設備は、CEBが維持・管理している。ダムと貯水池及び周囲100m以内の貯水池周辺部は、MASLが維持・管理している。両者は、各種データの交換、土木設備の点検、モニタリング等で協力し、ヴィクトリア水力発電所の機能を維持している。それぞれの管理事務所は、MASLはKandy近郊のDiganaにあるHeadworks Administration Operation & Maintenance Division、CEBはKandyにあるMahaweli Complexの傘下であり、これらの地方事務所を通じ、中央につながっている。

ヴィクトリア水力発電所のCEBの職員は、2005年12月現在、96名である。図5-2にCEBの発電所組織図を示す。



(CEB のデータを基に調査団が調整)

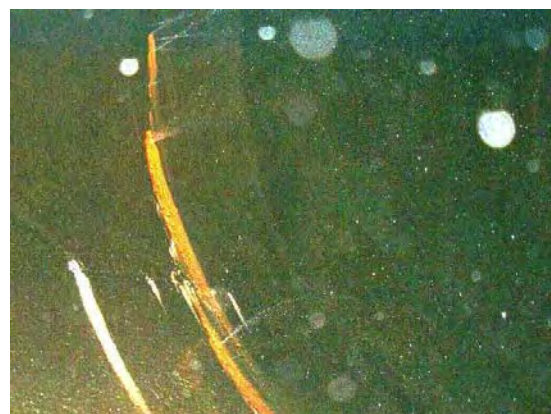
図 5-2 ヴィクトリア水力発電所(CEB)の組織図

### 5-2-2 維持管理状況

ヴィクトリア水力発電所の維持管理状況を発電所所長へのインタビュー及び所内の設備調査により実施した。また、各種維持管理記録、報告書を閲覧し、一部をデジタルデータで受領した。

#### (1) 設備点検

発電所内の設備点検は、竣工時にコンサルタントが作成したマニュアルに則って実施している。これらの点検及び補修記録はすべて各部位ごとに作成したカード(カルテ)に記録している(カードを確認した)。さらに最近では、これらのデータを発電所内の LAN に載せ、点検・補修記録を所内で共有するとともに記録の入力を簡便化している。また、主要部材の点検は、2年に一度実施しており、報告書にまとめている。これらの報告書の最近年のものを閲覧し、水車羽・ドラフトチューブの補修記録、各種メータのキャリブレーション記録等が記載



鉄管路溶接部の漏水  
(CEB 提供、2000 年点検時撮影)

されていることを確認した。

土木構造物の点検は、MASLによるダム  
のモニタリングのほか、CEBは鉄管路斜面及び  
発電所・開閉所周囲の斜面のモニタリングを  
実施している。掘削斜面にコンクリート製杭  
を固定し測量により変位を計測するものであ  
る。このモニタリングはPeradeniya大学に委  
託し実施し、毎年、報告書に取りまとめてい  
る(今回の調査で報告書を確認した)。地すべ  
りはこれまでになく、また、モニタリング結  
果によっても、斜面に異常は認められないと  
のことである。

水路内の点検については、発電を止め水路  
内の水を排除(抜水)する必要がある。

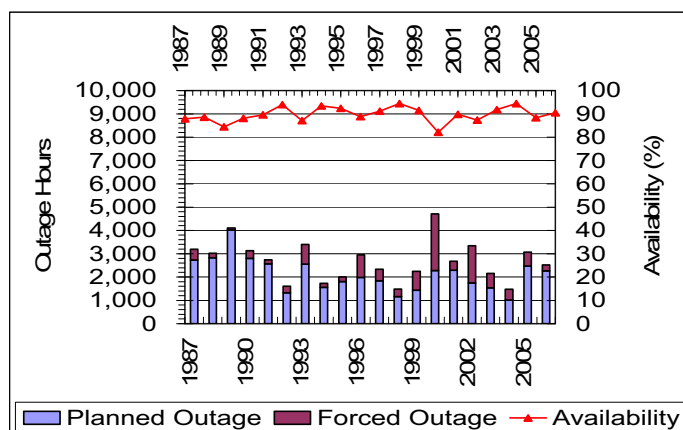
このため、2000年12月に発電所建設時の  
コンサルタントであった英国のコンサルタントにより、初期湛水以来(1984年4月)初めて抜  
水し、水路内の点検を実施した。この点検はCEBとともにMASLも参加し、ダムを含むすべ  
ての土木設備について点検調査を行った。この結果、トンネル内の漏水は軽微(very little)で  
あり、健全な状態であることを確認している。漏水箇所の補修は、次の発電停止時に実施す  
る予定であるとのことであったが、現在の逼迫した需給バランス状況を鑑みるといつ実施で  
きるか不明とのことである。



放水口状況  
(CEB提供、2000年点検時撮影)

## (2) 補修履歴

発電所の日報には、発電停止時間も記録され、定期点検以外の事故による停止時間につい  
ては、別途、その補修箇所、方法、所要時間等の内容を記録・報告している。



(データ: CEB)

図5-3 発電所停止時間

図5-3は、CEBのその記録をグラフに表したものである。2000年にやや長い事故停止があったものの、その他の年の発電所の稼働率<sup>20</sup>は90%前後を示している。また、定期点検等計画により止める時間（Planned Outage）は、運転の初期より短くなってきている傾向がうかがえる。

発電所所長によると、水車、発電機等の主要部材の交換はまだ実施していないとのことである。しかし、水車、ドラフトチューブ等のキャビテーションによる損傷については、溶接により発電所内で補修している。このため、発電所内で予備の水車を見たが、未使用の状態であった。

調査当日（2007年8月11日）は、発電所の入り口弁（Inlet Valve）のパッキンの入れ替えを行っているのを見たが、その他に自動電圧調整機、保護リレーの取り替え作業を実施しているとのことであった。2003年から2006年の発電所の年報によると、故障箇所によってはメーカーの支援を得ているが、ほとんどの補修を発電所自身で実施している。例えば、2006年の開閉所のブレーカーの故障時はドイツから製品を取り寄せ交換したとのことである。

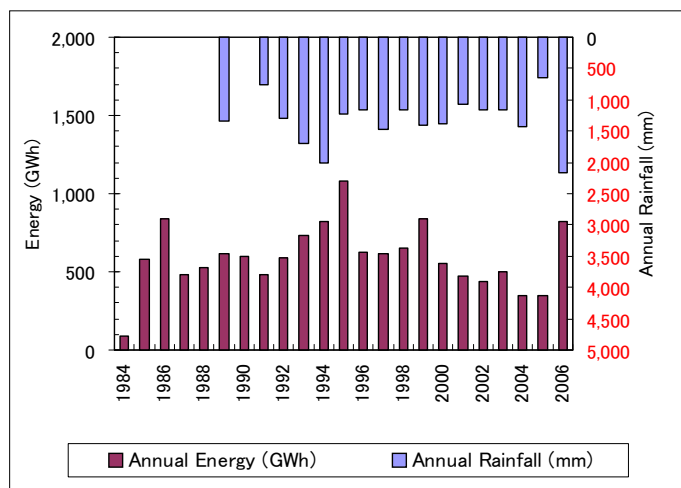
### （3）運転状況

図5-4はヴィクトリア水力発電所で観測した年間降雨量と年発生電力量、図5-5は貯水池水位（最大、平均、最小）と年発生電力量の関係を示すものである。ヴィクトリア水力発電所で観測した年間降雨量は、ヴィクトリアダム流域1,891km<sup>2</sup>を代表する降雨量ではないが、降雨の傾向を知ることができるであろう。

図5-4と図5-5の降雨量と貯水池水位より、1995年と2006年は豊水年と推測される。降雨量が他の月より多く、貯水池が高水位で運転されているからである。反対に2005年は、年間降雨量が他の月の約半分だが、電力量は前年の2004年とほとんど変わらない。2006年の豊水年を除き、2000年に入りやや電力量が減る傾向にある。

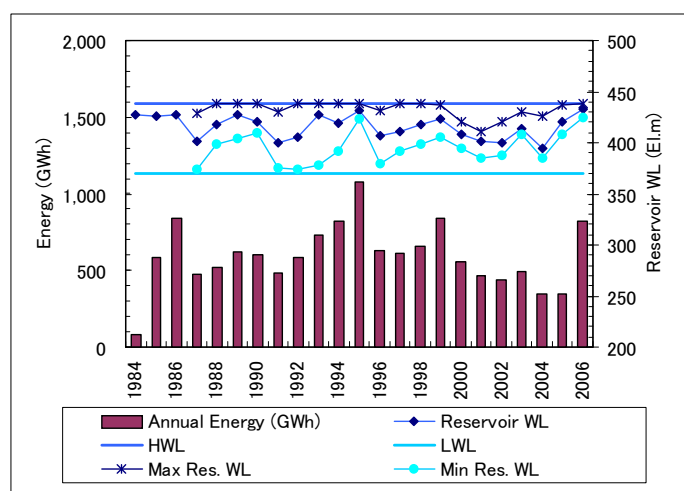
発電所によれば、1995年ごろまではベース需要への電力供給を基調としていたが、以降、火力が増えるとともにピーク発電へ移行しつつあるとのことである。

<sup>20</sup> 稼働率＝全ユニットの年間停止時間／（年間時間×ユニット数）



(データ：CEB)

図5-4 年間降雨量と発電量



(データ：CEB)

図5-5 貯水池水位と発電量

### 5-2-3 ヴィクトリア水力発電所の設備調査

ヴィクトリア水力発電所の CEB 発電所管理事務所と MASL 事務所で情報を収集するとともに、以下のように、ヴィクトリア水力発電所増設計画に求められる条件を確認するため既設設備の現状を調査した。

#### (1) ダム

MASL はダムの安全を確認するため 1984 年の湛水以来ダムモニタリングを継続している。MASL の事務所でのインタビューによると、季節による変動はあるものの、漏水量はほぼ 40 リッター／分であり、非常に漏水量の少ないダムといえる。その他のモニタリング結果からも異状は認められないとのことである。したがって、ダムは安定した状態を保っているものと判断される。貯水池内の堆砂量も定期的に測量しており、現在の堆砂率は 7% である。よって、堆砂は貯水池の有効容量をほとんど減じておらず増設計画の水運用に影響を与えるも

のではないと考えられる。また、貯水池内の水質検査をモニタリングの一環として実施しているが、上流に **Kandy** という大きな町があるにもかかわらず、水質の変化は見られず悪化の兆候は現在までのところ見られないとのことである。これらのモニタリングデータ及び維持管理記録は、**Kandy** 近傍の **Digana** にある **MASL** の **Headworks Administration Operation & Maintenance Division** に集積され、**コロombo**の本部に定期的に送られる。



## (2) 取水口

ダム直上流右岸側にガントリークレーンが見える。ガントリークレーンは、取水口の **Emergency Gate** (約幅 5 m×高さ 6 m) を吊り下ろすためのクレーンである。また、スクリーンの付着したごみを掻き取るレーキを吊り下ろすためにも使われる。このクレーン下の貯水池側斜面に張り付くコンクリートスラブはレーキを下ろすためのレール基礎である。このスラブの下に2つの取水口があり、増設計画のための取水口は貯水池から見て左側に位置している。



右の写真は、取水口下流側にある **Control Gate** の維持管理に使用するため上流側を塞ぐ **Emergency Gate** である。このゲートは1枚あり、2つある取水口両方で兼用する。

**Control Gate** は2枚あり、**Emergency Gate** と同様に、ガントリークレーン下の部屋に吊り下げられ保管されている。

将来の増設計画のために取水口から掘られたトンネルは、ゲートセクションから約 15m の奥まで掘られている。1期工事（現在のヴィクトリア水力発電所の工事）完了後、増設計画のための取水口のゲートは全開した状態になっているため、トンネル内は貯水池の水で満水となっている。これは、トンネルの崩壊を防ぐためとゲートを保全するためと考えられる。

したがって、2期工事では **Emergency Gate** を下ろし、排水したあと、**Control Gate** の戸当たり部を清掃・整備し、**Control Gate** を下ろし完全に貯水池の水を遮断することになる。

## (3) 工事横坑

取水口とサージタンクを結ぶ導水路トンネルの中間部に、1期工事で使った横坑がある。延長約 400m の横坑の坑口はレンガと格子で塞がれ部外者の侵入を防いでいる。1期工事終了後、横坑はコンクリートにより閉塞されている。



格子から見える横坑内部は暗く奥まで見えないが、雨水の浸入によるものと思われる水が横坑底部に溜まっている。トンネル内部はショットクリートの吹付けにより覆工（ライニング）されており、見える範囲に異常は見られない。坑口周囲の岩の路頭から、横坑はかなりしっかりした岩盤中に掘削されているものと推測される。



増設計画の工事では、施工計画により他の場所に横坑を掘削する可能性があるが、トンネルの中央部に位置するこの横坑の利用の可能性は高いであろう。2期工事の本坑掘削のための発破がコンクリート閉塞区間に与える影響を考慮し、施工計画を立てる必要がある。



#### (4) サージタンク

標高約 450m に造成された平地にサージタンクの地上部が見えている。北側は約100×200m の広場になっており、増設計画のための導水路トンネルが1期工事のルートと並行に配置されれば、この平地を利用することが可能である。



敷地周辺の斜面は岩が露出しており、地すべり、崩壊地は認められない。

#### (5) 発電所

1期工事の時に、既設発電所建屋の上流部に隣接し、増設のための敷地が造成されている。発電所基礎の掘削のため、多少周辺斜面の掘削が必要となるかもしれないが、地上階の仮組立て室（erection bay）を共有するとすれば、現在の水車発電機3台分のスペースがある。



増設用敷地周りの斜面に地すべり、崩壊地は認められない。増設のための敷地周りの斜面の裾は岩材料の盛土で保護されている。

放水口周辺及び上下流の河床には岩が露出しており、増設工事では、埋め戻し土を排除したあと、直ちに岩掘削となるであろう。稼

働中の発電所に隣接しての発破作業となるため、発電機器に影響を与えないよう、発破による振動を制御するコントロールブラッシングの導入が必須である。本格調査の施工計画でこの点を考慮する必要がある。

発電所内は、きれいに清掃され整理されている。運転の記録及び定期的実施する点検、補修履歴等の維持管理記録はコンピュータシステムに保存され、定期的に報告書を作成している。CEB の発電所事務所で行われたインタビューによれば、自身で部分的な補修を行っているものの主要機器に問題なく、1985 年の運転開始以降、水車発電機等の主要機器の取替えは行っていないとのことである。現在の発電設備は非常に大切に使われている印象を受けた。なお、発電所内に水路及び発電設備に係る **As-built Drawings** が保管されているのを確認した。



#### (6) スイッチヤード

発電所の下流側に隣接しているスイッチヤードは、敷地を砂利で保護され、周囲をフェンスで囲われている。既設設備は、その約半分を占めており、増設計画のための機器類のスペースは十分ある。敷地及び周辺には地すべり、崩壊地等の異常は認められない。



#### (7) 土捨場

トンネル及び発電所等の掘削により、主に岩材料からなる廃材が生じる。その一部はコンクリートの骨材、裏込め材、道路盛土等に再利用されるが、多くは周囲に影響を与えないよう安全に保護しプロジェクト地域内に破棄する必要がある。

この目的のため、1期工事では、横坑付近の下流側に、右の写真に示す土捨場を設けた。土捨場は、奥行き 300m 以上、高さ約 50m、幅約 40~60m ほどある。小さな崩落は認められるものの盛土全体に脅威を与えるような地滑りの兆候は見られない。



予想される 2 期工事の掘削廃材 20 万から 30 万  $m^3$  の更なる盛り立てが可能と考えられるが、量については本格調査で検討し、不足するようであれば、他の適地を求める必要がある。

土捨場の安定性を保つため、盛土内に水を浸透させない対策が必要である。1期工事では、土捨場に流れ込む沢をピットで受け暗渠にて川に流しており、その設備は現在も機能しているようである。増設工事では、これらの排水設備を整備するとともに、さらに盛土表面に排水溝を設け、また盛土表面を草で覆い雨水の浸透を防ぐことが必要である。



#### (8) 岩石採取場

増設する発電所及びトンネル工事のコンクリート骨材が必要である。発電所基礎及びトンネルの掘削による岩材料の使用も考えられるが、右の写真に示す1期工事で使った岩石採取場の再利用が可能と考えられる。この岩石採取場は横坑からサージタンクへ向かう道路右側にあり、アクセスの良い位置にある。入り口は施錠されたフェンスがあり、部外者の立ち入りを防いでいる。



フェンス外からの観察では、ほぼ垂直に掘削された表面にショットクリート等の保護はされておらず、一部に小崩落が認められる。本格調査では、工事誌等の工事記録により岩材料の賦存量を確認し、施工計画を立案すべきである。

### 5-3 増設計画の概要

ヴィクトリア水力発電所の増設計画は、既に Pre-F/S<sup>21</sup> の時から策定されており、その後、1979年に完了した F/S へ引き継がれ、設備等の一部が既に完成している。

増設計画のための取水口は既に完成しているので、図5-6に示すように、増設計画のレイアウトは既存設備の川側に隣接しており、ほぼ同様の構造物を作ることになる。取水口寸法と落差が決まっているので取水できる最大水量は既存のものと同じとなるが、水車・発電機の台数、1台当たりの出力は、水運用、経済性、系統の安定、将来の電源開発計画等を考慮し、最適な台数、出力を決めなければならない。

なお、既設発電所の上流側には増設のため造成された敷地が確保されており、また、スイッチヤードも既設設備の設置してある敷地内に増設用のスペースがある。また、送電線は既設の送電線(220kV、2回線)に接続するので、新たに送電線を建設する必要はない。ただし、本格調査で系統の安定性について確認する必要がある。

<sup>21</sup> "Victoria Scheme Mahaweli Development Project, Phase I Preliminary Feasibility Report, November 1978", Hunting Technical Services Limited, Borehamwood, Sir Alexander Gibb and Partners, Reading, Preece, Cardew and Rider, Brighton

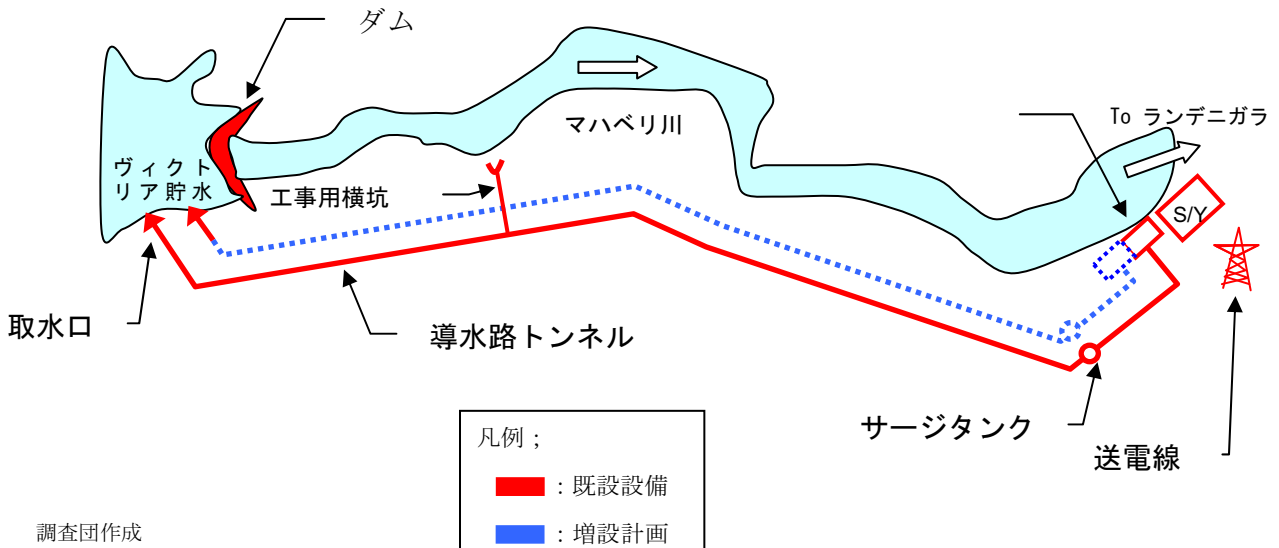
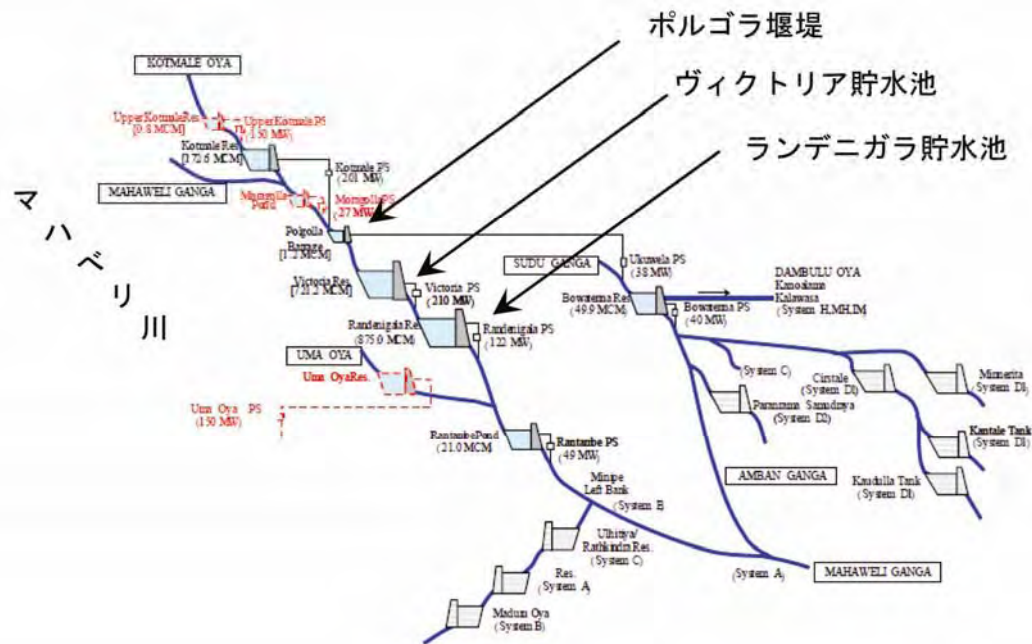


図 5-6 増設計画レイアウト模式図

### 5-4 マハベリ川の水運用

マハベリ川水系には、図 5-7 に示すように、現在 14 個のダムがある。これらのダムは、スリランカ国の北部及び西部の乾燥地帯の灌漑のため水系の水資源を有効に、効率的に利用するため建設された。また、貯水池には、発電設備が併設され国家の重要な電源地帯となっている。



JICA「スリランカ国電力セクターマスタープラン調査、2006年」より転写

図 5-7 マハベリ水系の水力発電所模式図

ヴィクトリア水力発電所のあるマハベリ川本流には、上流より、コトマレ、ポルゴラ堰堤、ヴィクトリアダム、ランデニガラダム、ランタベダムの4貯水池と1個の転流のための堰堤がある。

これらの設備を使った灌漑のためのシステムは、他の水系の灌漑システムとも連動しており非常に複雑であるが、ヴィクトリア水力発電所に着目すると、この発電所に課せられた役割は単純になる。すなわち、ヴィクトリア水力発電所の上流にあるポルゴラ堰堤から、マハベリの支流であるアムバン川への転流後の残りの水をヴィクトリアの貯水池に貯め発電して、下流のランデニガラ貯水池に送り込むことがこの発電所の役割である。したがって、ヴィクトリア水力発電所増設後、下流へ送り込む水量が減らなければ、増設計画がマハベリ川の灌漑システムを損なうことはない。

一方、ヴィクトリア水力発電所上流にあるポルゴラ堰堤での転流量が将来増加すると、ヴィクトリア水力発電所に流れ込む水量が減る。これは増設計画にとって脅威である。

### (1) 増設後のヴィクトリア水力発電所の水運用

ここで、増設後のヴィクトリア水力発電所の水運用が増設前と変わらないことの説明をする。図5-8は、ヴィクトリア水力発電所の1日の水運用すなわち発電パターンを示す模式図である。横軸が1日の時間を示し、左の縦軸が流量 ( $m^3/s$ )、右の縦軸がそれに相当する発電量 (MW) を示す。発電機の増設により、ヴィクトリア水力発電所は現在のベース電力供給中心の運転パターン (図の青色) から、夜間のピーク時間帯に集中し発電するパターン (図のオレンジ色) に変化する。増設後、ベースで使っていた水量を貯水池で貯め夜間に集中させるので、最大放流量は大きくなるが、基本的に使用する水量の総量に変化はない。大きくなる最大放流量については、直下流にあるランデニガラの大貯水池により調整され、下流へは平滑化された流量が放出されるので周辺の構造物、環境、灌漑への影響はない。

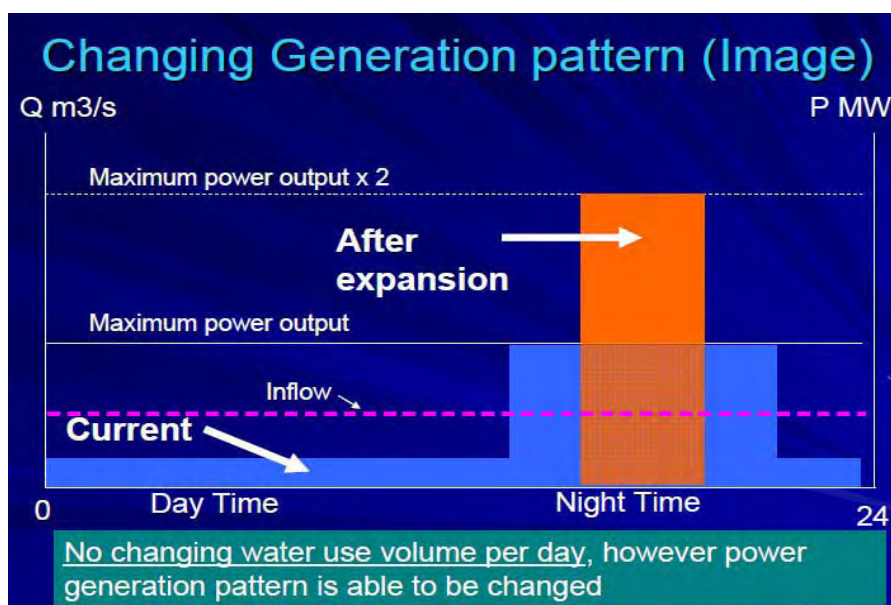


図5-8 ヴィクトリア水力発電所の1日の運転パターンの模式図

## (2) ポルゴラ堰堤の水運用

上流のポルゴラ堰堤の転流のための取水量は、増設計画へ影響を与える可能性がある。この点を MASL に確認した。

マハベリ川は、乾燥地帯の灌漑用水の供給を主目的とし開発されてきたが、経済の発展に伴う電力需要の伸びとともに、近年は電力供給面での重要性を増してきていると MASL は認識している。また、これら相反する灌漑と電力供給の水利用を調整するため、MASL、CEB、灌漑局等の関係省庁による協議会を4月、10月の方針会議と毎週金曜日の調整会（Water Panel）を開催し、実情に応じた水運用の調整を図っている。

ポルゴラ堰堤で取水し転流される流量の年間要求量は 875 MCM (million m<sup>3</sup>) と 1985 年に決められたが、実際の取水量は先に述べた定期協議会で決めている。したがって、MASL は、豊凶年は例外として、ポルゴラの転流量が 875MCM を超えないよう調整を図っており、また将来、電力の重要性が増している状況でポルゴラの転流量を増やすことはないとしている。

なお、調整のベースとなる水運用データは、MASL 内にある Water Management Secretariat で、1984 年のマスタープランでコンサルタントが作成したシミュレーションプログラムを使い算出している。

## (3) マハベリ川の水運用に係るその他のプロジェクト

マハベリの水運用に影響を与えるかもしれない将来のプロジェクトとして、2007 年 10 月から始まると予想される世銀の支援による Dam Safety and Water Resources Planning (DSWRPP) がある。このプロジェクトは、以下の 3 つのコンポーネントからなっている。

- 1) Dam Safety and Operation Efficiency (USD 52 million)
- 2) Hydro-meteorological Information System (USD 8 million)
- 3) Multi-sectoral Water Resources Planning (USD 6.5 million)

このプロジェクトは、予算配分からみても、リハビリテーションを含むダム安全管理に重点を置いたものである。ただし、3 つ目のコンポーネントは水資源計画に係ると考えられるので、この点について MASL でヒヤリングしたところ、プロジェクトは、既得水利権を侵さず既存水資源マスタープランのアップデート程度のスタディとなるとのことであった。よって、増設計画に影響を与えるプロジェクトではないと考えるが、本格調査でさらに詳細な内容を確認する必要がある。

## 5-5 マハベリ開発庁 (Mahaweli Authority of Sri Lanka : MASL)

ヴィクトリアの水力発電設備は、現在 CEB の所管となっているが、既設発電所は MASL よって建設されている。また、発電所の運用に欠かせない貯水池及びダム管理は MASL が実施している。したがって、今後増設計画を進めるうえで、MASL との連携は欠かせない。

本格調査では、建設時の情報及び貯水池の運用データを MASL から求めることになると思われる。今回の調査で、建設当時の入札図書、調査記録、報告書類を MASL の資料室で、残念ながらその一部ではあるが、その存在を確認している。また、建設に携わった人々の多くは退職しているが、民間コンサルタント会社に就職している人もおり、コンタクトが可能とのことである。さらに、ポルゴラ堰堤、ランデニガラ貯水池、ヴィクトリア貯水池等マハベリ水系の貯水池の水位、流出入量は MASL が記録保管している。

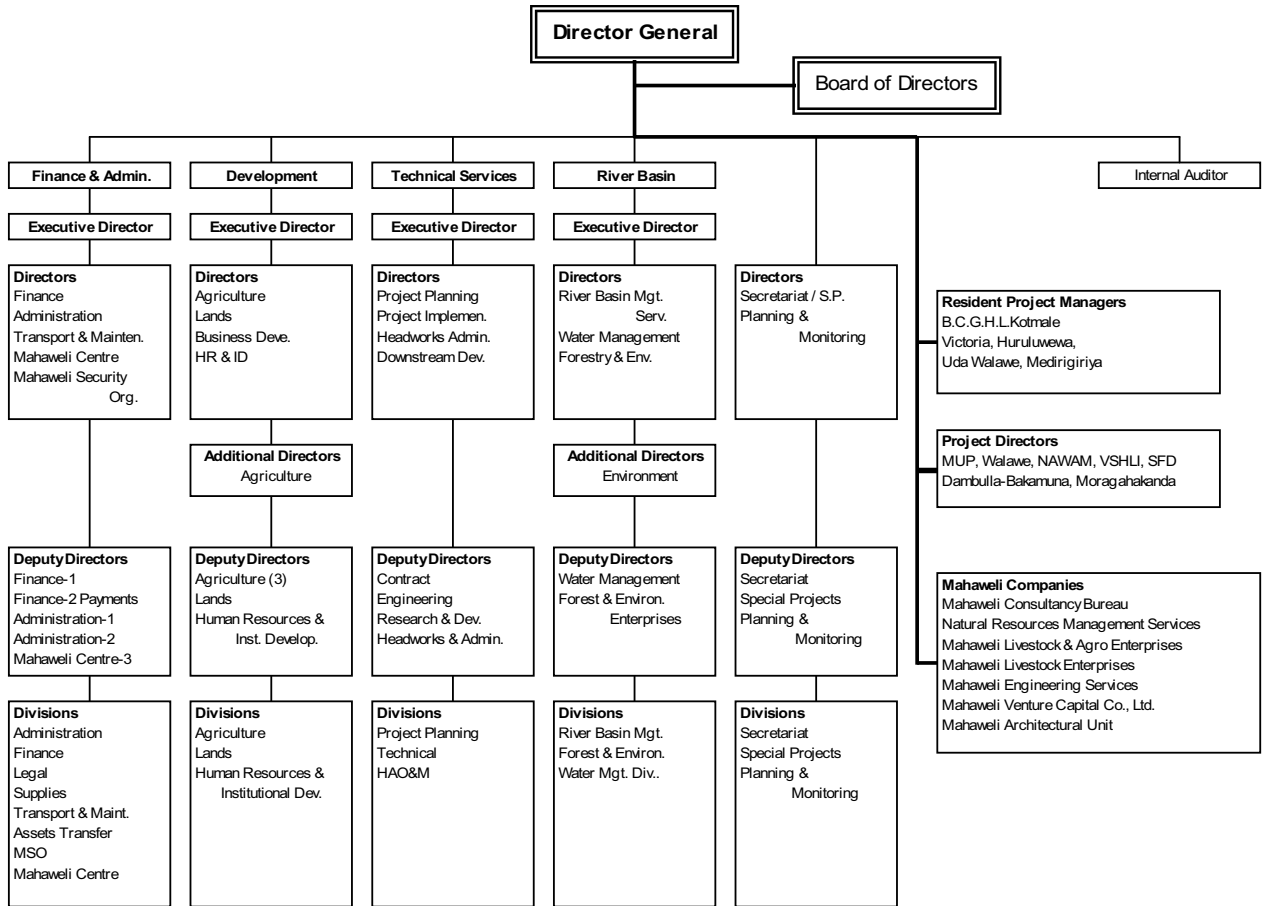
### <MASL小史>

MASLは、スリランカ国の70%余りの面積を占める乾燥地帯を、マハベリ川の水資源を有効に活用することによって総合的に開発するため、その実施機関として設立された。この乾燥地帯は、国の北部及び東部から南部に広がっており、この地帯の年間降雨量は1,200mm程度ある。それほど少ない量ではないが、降雨は雨季の10月から1月に集中しており、長い乾季により灌漑なくしては農業を営むことができない。よって、紀元前3世紀より、この地方では灌漑による農地の拡大を図ってきた。1970年代に入り、国連開発計画（United Nations Development Programme : UNDP）と国連食糧農業機関（Food and Agriculture Organization : FAO）が1965年から1968年にかけて実施した水資源マスタープランに基づき、スリランカ国政府はマハベリ総合開発計画を策定した。この計画は、スリランカ国史上、最大の国家プロジェクトである。この計画に基づきポルゴラの転流プロジェクトに1970年着手し1976年に完成したが、政府はこの計画を促進するため、マハベリ開発庁を1979年に創設した。当時は、1978年に発足したマハベリ開発省の下にあったが、現在は、Ministry of Agricultural Development & Agrarian Servicesの下にある。現在、公社は約5,000人の職員を擁する大組織となっている。図5-9に2006年9月現在の組織図を示す。

MASL で入手した“Statistical Hand Book 2006”に記されたマハベリ川総合開発計画の略史を以下に示す。

### <マハベリ川総合開発計画 略史>

1958～1962年	現在の米国国際開発庁（United States Agency for International Development: USAID）による、マハベリ川の流域転換に向けた技術調査の実施
1964～1968年	UNDPとFAOの共同による、マハベリ川水資源開発調査の実施
1968年9月	ポルゴラ地点からのマハベリ川転流が正式承認
1970年5月	ポルゴラ地点のマハベリ川転流工事着工
1973年	コトマレF/S
1976年1月	ポルゴラ堰堤と転流トンネル竣工
1977年10月	政府がマハベリ川総合開発計画の促進を決定
1978年9月	マハベリ開発省が設立
1979年2月	コトマレ着工
1979年4月	マハベリ開発庁が設立
1980年3月	ヴィクトリア着工
1982年11月	ランデニガラ計画が正式承認
1984年4月	ヴィクトリアダム竣工
1984年11月	ヴィクトリア水力発電所運転開始
1985年8月	コトマレ発電所運転開始
1986年3月	ランデニガラダム竣工、運転開始



2006年9月現在

図5-9 MASL組織図

## 5-6 代替案の検討

ヴィクトリア水力発電所の代替案として、CEBより以下の3案が提案された。いずれも現在の増設案より優位にある計画と思えないが、本格調査の中で丁寧に説明し、現在の増設案が最適であることをCEBに納得させる必要がある。

- ①放水口を下流に延長し落差を得る案
- ②上池をヴィクトリア貯水池、下池をランデニガラ貯水池とする揚水発電案
- ③水路を左岸側にする案

### (1) 放水口を下流に延長し落差を得る案

CEBの提案によると下流へ2km移動することにより15から20mの落差が得られるとのことである。ランデニガラ貯水池が高水位で運用されることがまれであるため、この案が生まれたようである。本格調査では、水路延長に伴う費用とランデニガラ貯水池の運用実績により決定する増設後の放水位による電力量増の便益を考慮し、最適レイアウトを決め、現在の増設案と比較検討する必要がある。

下流の15から20mの落差を得るためには、発電所の位置と放水路ルートを新たに決めなくてはならない。既設発電所の上流側に隣接して増設の発電所を設ける場合、放水路は山側か既設発電所の底を通り下流へ伸びるといふやや不自由な案となる。もしくは、下流の新しい場所へ設けることになろう。いずれにしろ、放水路は下流のランデニガラ貯水池のNWL232m(標高)



より下部に位置するため圧力トンネルとなる。このため、発電所もしくは放水路放水口の工事のため、ランデニガラ貯水池内に仮設堰堤もしくはシートパイル等による仮締切り工が必要となる。位置によっては、一時期、ランデニガラ貯水池の水位を下げることも考えなければならない。

## (2) 揚水発電案

揚水発電所は、上池・下池そして一般には地下式発電所とそれらを結ぶ水圧トンネルから構成される。一般に、経済的な面から高落差と短い水路が要求される。

揚水発電では、発電するために水を汲み上げ（揚水）、その後、一般の水力発電所と同様に、水を落とし発電する。このため、摩擦による損失をできるだけ少なくし、汲み上げ時と発電時の効率を上げ、設備に要する費用に比べより多くの便益、すなわち出力を生むために、短い水路と高い落差が求められる。例えば、関西電力株式会社の大河内発電所（1,280MW、1992年運転開始）では、約400mの落差を800mの短い水路で結んでいる。水路効率<sup>22</sup>（＝落差／水路長）は1／2である。一方、現在のヴィクトリア水力発電所の落差は約190mで水路延長は5.7kmであるから、水路効率は、1／30である。この1／30の水路効率は、一般の水力発電所では良い数値であるが、揚水式発電所では、水路が長すぎる感がある。さらにヴィクトリアの場合、下流に設ける放水口は、ランデニガラ貯水池の最低水位199.5m（標高）より十分標高が低くなくてはならない。揚水時にこの放水口から水を汲み上げるため、貯水池が最低水位であっても、水面から発生する渦を巻き込まないようにするためである。また、河床の土砂を巻き込まないように、河床から十分高い位置でなくてはならない。このような条件を満たすため、放水路は数キロメートル下流へ延長する必要がある。この放水路の放水口を貯水池内に設置するため、大規模な仮締切工と貯水池の水位をある期間下げる必要がある。揚水発電所のための上池と下池は既存の貯水池を使うので、このための建設費は不要であるが、地下式発電所と放水路・放水口の費用及びランデニガラの発電の負の影響を見込み、揚水発電による便益と比較し、この案の適否を検討しなければならない。

## (3) 左岸案

増設のためのトンネルルートを左岸側に移すというこの案は、既設トンネルの掘削時に地質があまり良好ではなかったという経験を踏まえての案である。トンネル工事の記録を記した文献<sup>23</sup>によると、最大の難関であったのは、現在のサージタンクの山側に位置した本坑を横切る断層破碎帯である。しかし、工事中に遭遇したこの1,000リッター／sという湧水を伴った破碎帯は、サータンクと本坑のルート変更により、現在のトンネルルートから外れることになった。したがって、増設計画のトンネルルートは、既設トンネルの川側に計画しているため、この破碎帯に遭遇することはないと考えられる。

<sup>22</sup> 水路効率は、水力計画初期にその地点の特性を見極める際に使われる。水路長を費用、落差を便益と考え、水路効率により概略の経済効率をみることができる。分母が小さいほど良い水力地点といえるが、一般に、水路効率1／100から1／50くらいで開発可能な地点と考えることができるという。

<sup>23</sup> “The Victoria Project, Sri Lanka: construction of Victoria Tunnel”, A.J.H. Speires (Sir Alexander Gibb and Partners), Institution of Civil Engineers, Part I 1991, 90, April

トンネルルート地質は、掘削時の観察記録が展開図として残っており、増設計画のトンネル掘削では、この知識ゆえに十分な準備ができ安全な掘削が期待できる。これは、増設計画の大きなメリットの一つである。トンネルルートを左岸に移す案は、新設発電所を新たに計画することになり、現地調査工事（地形測量、地質調査、環境調査等）、詳細設計と、すべてをやり直さなくてはならない。なぜ、1985年に完成したヴィクトリア水力発電所が、計画当初から増設を考慮して計画されていたか、原点に立って、この左岸案の妥当性を論じるべきであると考ええる。

## 第6章 環境社会配慮

### 6-1 環境社会配慮調査実施の経緯と目的

#### 6-1-1 本調査の経緯

スリランカ国における電力需要の伸びは今後年7～8%程度と予想されており、新規電源及び電力需要地を結ぶ送配電網等の電力設備拡充が緊急課題となっている。新規のベース電源として海外からの輸入燃料による大型火力発電の導入が進められるなか、ピーク電力対応の電源の開発・確保が並行して実施される必要がある。

ヴィクトリア水力発電所(210MW)は、国内資源を利用した当国最大の水力発電所であり、既存発電所建設時点から将来のピーク電力対応の電源として増設が想定されており、増設用取水口及び発電所用地が既に確保されている。また、本件は「水力発電最適化計画調査(JICA、2004年4月)」において Pre-F/S が実施され、増設計画の実施可能性が確認されている。また「スリランカ国電力セクターマスタープラン調査(JICA、2006年2月)」においても、エネルギーセキュリティの観点から国内資源である水力を利用した発電設備の開発を行う必要性は高く、開発のための取り組みを継続していくべきと提言されている。また、ここ数年の燃料価格高騰により、ますます水力発電の重要性が見直されている。

スリランカ国政府は上記調査の結果を踏まえ、我が国に対して「ヴィクトリア水力発電所増設計画」の F/S を要請した。

一方、本件は JICA 環境社会配慮ガイドライン（以下、「JICA ガイドライン」と記す）上、要請時においてカテゴリ A に分類されており、案件採択にあたっては、事前の環境及び社会影響に関する調査が求められる。

上記の背景から、環境社会影響の団員を含むプロジェクト形成調査団を派遣することとなった。

#### 6-1-2 調査の概要

本調査は二次資料の収集・分析及び現地踏査のみを行う IEE 相当の調査である。事前調査または本格調査時に、改めて再調査が必要となる。

収集した資料については、付属資料5を参照のこと。

#### 6-1-3 本調査の位置づけ

本プロジェクトの現在のステージは要請確認段階であり、JICA ガイドラインの「3.1」に該当する。

### <JICA ガイドライン 3.1>

1. 外務省に要請された案件について、JICA は、事業概要、立地環境、相手国政府の環境影響評価制度の内容等に関する情報を確認し、事業特性及び地域特性を踏まえ 1 回目のスクリーニングによるカテゴリ分類を行ったうえで、要請された案件の採択に関して環境社会配慮の観点から意思決定し外務省に提言を行う。
2. JICA は、カテゴリ A に分類された要請案件については、提言の作成に先立って事業実施国、実施地域、事業概要の 3 点をホームページ上で一定期間、情報公開し、環境社会配慮の観点から外部の情報や意見を収集して提言に反映する。
3. カテゴリ分類に必要な情報が不足する場合は、在外公館や JICA 事務所等を通じて、相手国政府に照会する。また、照会のみでは情報が不十分と判断される場合は、JICA は調査団等を派遣し、関係者との協議や現地踏査等を通じて環境社会配慮に関する情報を収集するとともに、速やかにその調査結果報告書の情報公開を行う。
4. 外務省が国際約束を締結した段階で、JICA は、協力事業の名称、国名、場所、概要、セクター、カテゴリ分類及びその根拠をウェブサイト上で情報公開する。また、カテゴリ A とカテゴリ B の協力事業については、JICA が外務省に提言した内容をウェブサイト上で情報公開する。

## 6-2 スリランカ国における環境社会配慮に関する法制度と実施状況

### 6-2-1 環境アセスメント制度、関連組織

#### (1) 根拠法やガイドライン

1980 年に施行された国家環境法（National Environmental Act : NEA）第 47 版が環境保護及び管理に関する基本法である。1988 年に同法は EIA 関連の法規を含むものとして改正され、この時点で EIA の根拠法となった。EIA 関連条項は NEA Part4C の「プロジェクトの承認」に記述されているが、この部分は 2000 年に再度改定されている。

EIA 実施ガイドラインは、USAID とスリランカ国政府の共同プロジェクトである「自然資源及び環境政策プロジェクト」の活動のもとで、1993 年に中央環境局（Central Environmental Agency : CEA）によって整備された。さらに、1995 年には、スコーピングのためのガイドラインが整備され、2003 年に改定されている。このガイドラインは、EIA の実施主体である事業許可官庁（Project Approving Agency : PAA）が適切に EIA を実施するためのものである。

#### (2) 対象事業

EIA 対象プロジェクトの判断基準については、事業種及び諸条件に関するリストがあり、本プロジェクトに関係しては以下のようなクライテリアがある<sup>24</sup>。

- 1) すべてのトンネル事業
- 2) 50MW を超える水力発電所の建設
- 3) 動植物保護法令（第 469 条）に定められている、サンクチュアリの境界内、及びサンクチュアリの境界から外側に 100m の範囲内に位置するプロジェクト

なお、同制度では、プロジェクトによる影響の大きさに応じて、EIA と IEE の 2 種類がある

<sup>24</sup> CEA (1998) “Guidance for Implementing the Environmental Impact Assessment (EIA) Process No1: A General Guide for Project Approving Agencies (PAA)”, Third Edition, Ministry of Forestry and Environment, Colombo, pp.44-45, 49.

が、上記クライテリアに合致するからといって自動的に要求される手続きが決定されるわけではない。要求される手続きの判断は、プロジェクトに関する様々な情報に基づいてスコーピング委員会が検討し、事業許可官庁（Project Approving Agency : PAA）が最終的に決定することとなっている。

### （3）EIA の実施・責任主体

前述のとおり、EIA 実施の責任主体は、PAA となる。EIA に関する主務官庁である CEA は EIA 実施ガイドラインを制定し、EIA/PAA 省庁間委員会を通じて PAA をサポートする役割を担う。

### （4）手続き

#### 1) プロジェクトに関する事前情報の提出

事業者 (Project Proponent : PP) は CEA に対し、プロジェクトに関する事前情報 (Preliminary Information) を提出する。事前情報とはプロジェクトサイトの自然条件、位置を示す地図、プロジェクトの目的、その他プロジェクトごとに PAA が PP に求める情報である。事前情報を受け取った CEA は、プロジェクトを承認するのに最も適した省庁を、PAA として決定する。

その後、PAA は、PP から提出された事前情報が適切と判断した場合、受け取ってから 6 日以内に PP にその旨書面で連絡しなければならない。情報が適切でないと判断した場合は、できるだけ早く PP にその旨連絡して再提出を求める。PAA はこの事前情報により、IEE または EIA の実施が必要か否かを判断し、また次のスコーピングプロセスにおける質問内容や特に注目すべき問題を特定する。

#### 2) スコーピング

スコーピングは想定される重要な環境問題を特定するプロセスであり、そこで特定された問題は IEE/EIA 報告書の中で詳細に記述される。スコーピングにおいて多様な省庁、NGO、その他関係者を巻き込むことは必須で、この様々な関係者が集うミーティングにおいて、予期される環境問題・影響、問題の分析方法、環境影響の緩和措置が取り決められる。PAA はスコーピングにおいて PP に IEE/EIA を用意させるか否か、用意させる場合はその TOR を決定する。

PP はミーティング参加者に対し、プロジェクトサイトの自然条件、位置を示す地図、プロジェクトの目的、作業計画、物理・生物・社会・経済環境への影響予測、などについてのサマリーを提示しなければならない。

#### 3) プロジェクト実施に係る意思決定

ガイドラインに従い、PAA はプロジェクトの実施を条件付きで承認、あるいは理由を付して否認する。PP は否認が不当であると判断する場合は、環境天然資源省 (Ministry of Environment and Natural Resources : MoENR) にその旨アピールできる。一般市民はプロジェクトの承認が不当であると判断した場合は、裁判に訴えることができる。

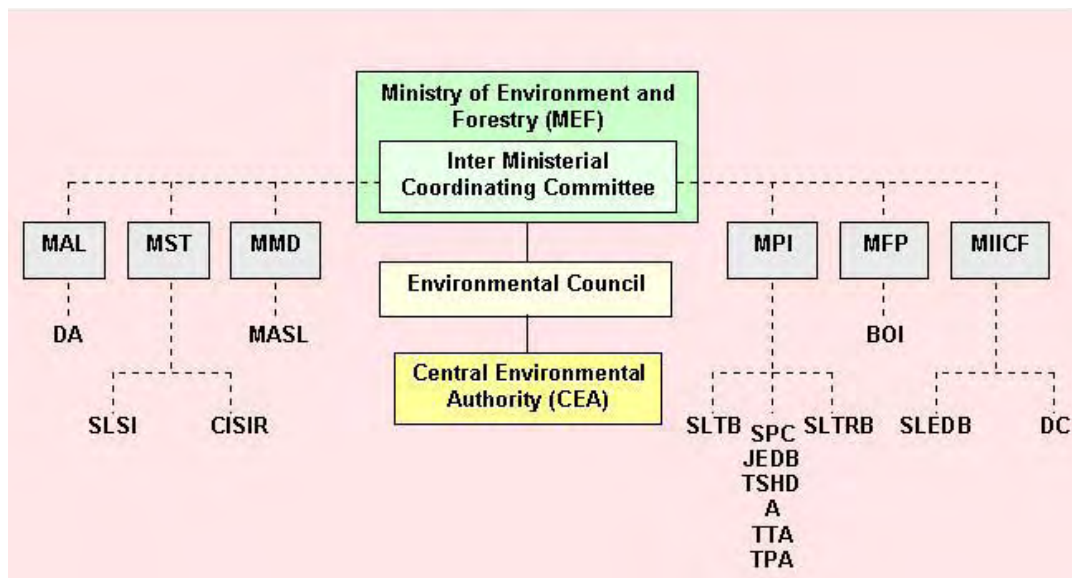
#### 4) PAA から CEA へのモニタリング計画の提出

以上の EIA 実施プロセスは、PAA が PP に対して付した条件が遵守されているかどうか、適切にモニタリングされないと成功裏に進まない。ガイドラインによると PAA はプロジェ

クトが承認されてから 30 日以内に、モニタリング計画を含む EIA レポートを CEA に提出しなければならない。

(5) 関連組織

主務官庁：中央環境局（Central Environmental Authority : CEA）



- |   |  |
|---|--|
| MAL-Ministry of Agriculture and Lands                         | MASL-Mahaweli Authority of Sri Lanka                           |
| DA-Department of Agriculture                                  | JEDB-Janathan Estates Development Board                        |
| MST-Ministry of Science and Technology                        | TSHDA-Tea Small Holdings Development Authority                 |
| SLSI-Sri Lanka Standards Institute                            | TTA-Tea Traders Association                                    |
| CISIR-Ceylon Institute for Scientific and Industrial Research | TPA-Tea Planters Association                                   |
| MMD-Ministry of Mahaweli Development                          | MFP-Ministry of Finance and Planning                           |
| MPI-Ministry of Plantation Industries                         | BOI-Board of Investment  |
| SLTB-Sri Lanka Tea Board                                      | MIICF-Ministry of Internal and International Commerce and Food |
| SLTRB-Sri Lanka Tea Research Board                            | SLEDB-Sri Lanka Export Development Board                       |
| SPC-State Plantations Corporation                             | DC-Department of Commerce                                      |

図 6 - 1 CEA と他省庁との関係

(6) 戦略的環境アセスメント（Strategic Environmental Assessment : SEA）

同国における EIA 制度に関する最近の取り組みとして、SEA の試行的導入があげられる。

従来の EIA では、影響の予測・評価は、事業実施直前で実施されていたため、この段階で影響の重大性が判明しても、後戻りが困難である等の問題がある。また、複数の事業実施による累積的な環境影響についても、EIA 実施段階では検討することができない。

このような EIA 制度の欠点をカバーする新しい取り組みとして、UNDP の支援による SEA の導入が検討されている。

現時点での詳細な内容は不明だが、Panadura 地区における豪雨時の雨水管理を目的とし、SEA 的な手法（マクロレベルの代替案検討等）が試行されている。

## 6-2-2 動植物保護法令

本プロジェクトは、同法が定めるサンクチュアリ地区内に位置するため、法令の関連部分について概略する。

### (1) 沿革

同法は、イギリス統治下にあった1937年に施行されたのが始まりである。以後、数回にわたり改定されており、なかでも1970年の改定が最も大きなものである。

### (2) 自然保護区の種類

同法が定める自然保護区には、以下の種類<sup>25</sup>がある。

- ・厳正自然保護区
- ・国立公園
- ・自然保護区
- ・ジャングル回廊
- ・避難所
- ・海洋保護区
- ・バッファージーン

本プロジェクトが位置するサンクチュアリは上記以外の区分で、同法が定める目的のために設定される任意の特別地区である。サンクチュアリは、大臣の指令によって指定される<sup>26</sup>。

### (3) サンクチュアリ内で禁止される活動

サンクチュアリ内では、以下の活動は禁止されている<sup>27</sup>。

#### 1) Part I 3 (1)

- ・野生生物の狩猟、射殺、殺傷、捕獲、または、爬虫類や鳥類の卵や鳥類の巣の捕獲や破壊
- ・許可なしでの銃、薬莖、その他の爆発物の移動、所持

#### 2) Part I 7 (1)<sup>28</sup>

- ・発砲もしくは野生生物の生殖等を妨げる活動
- ・野生生物の狩猟、射殺、殺傷、または野生生物の生死にかかわらず捕獲、所有すること
- ・鳥類や爬虫類の卵や巣の捕獲や破壊
- ・野生生物、鳥類、爬虫類を傷つけたり、狩猟や射殺をしたりするための待ち伏せ場所や潜伏場所の建設や利用
- ・落とし穴、わな、その他の野生生物を殺傷、捕獲するための施設の設置
- ・植物を損傷及び破壊する活動、または採集や除去などの行為
- ・耕作や採掘、その他の目的のための土地の開墾や掘り起こし
- ・発火や火の移動
- ・動植物の損傷や破壊を目的とするトラップ、爆発物、毒物類の所有や使用

<sup>25</sup> DWLC (1993) "Fauna and Flora Protection Ordinance", Part I 2. (1), Sri Lanka.

<sup>26</sup> DWLC (1993) *ibid*, Part I 2. (2).

<sup>27</sup> DWLC (1993) *ibid*, Part I 7. (1).

<sup>28</sup> DWLC (1993) *ibid*, Part I 3. (1).

- ・未利用地の開墾
- ・然るべき許認可を受けていない恒久的または一時的な建築物の建設、または建築物の占有
- ・道路や小道の建設や利用

(4) サンクチュアリ内での活動の許認可

サンクチュアリ内になんらかの構造物を施設する場合、野生生物保護局 (Department of Wildlife Conservation : DWLC) の Director General による承認が必要となる。

EIA/IEE が要求される事業の場合、EIA 等による承認プロセスの一部として同法の要求事項が含まれている。このため、EIA 等が承認されたことをもって、同法による承認を受けたこととなる<sup>29</sup>。

6-2-3 そのほかの環境関連法<sup>30</sup>

そのほか、スリランカ国における環境関連法令／基準で本プロジェクトに関連するものは、表 6-1 のとおりである。また、公害に関する環境基準の整備も整備されつつある (表 6-2)。

表 6-1 スリランカ環境関連法

法律等	概要	所管官庁
国家環境法 (National Environmental Act of No.47/1980) 1988 年、2000 年改定	環境保全の基礎となる法律。中央環境庁 (CEA) の権限、機能、責務等。	MOENR
土地開発条例 (Land Development Ordinance No.19/1935)	国有地の開発と譲渡。貧農への譲渡、定住のための農業開発に係る措置。	MOA
国有地条例 (State Land Development Ordinance No.19/1935)	国有地および沿岸域の管理、河川・湖沼等公共用水域の利用規制。	MOA
森林条例 (Forest Ordinance No.16/1907)	森林伐採、林産物利用に係る国有林保護。	MOENR
国家遺産野生保護法 (National Heritage Wilderness Act/1987)	自然環境保護と野生生物保護の観点から、固有の生態系、遺伝資源、希少な動植物保全。	MOENR

出典：国際協力事業団(2002) “国別環境情報整備調査報告書 スリランカ国” を基に作成

表 6-2 公害関連環境基準

公害の種類	根拠	所管官庁
大気汚染	Government Notifications (Extraordinary), No.850/4, Dec. 20, 1994. (改正案を閣議申請中)	CEA
大気汚染 (移動発生源)	Government Notifications (Extraordinary), No.1295/11, June 30, 2003.	CEA
騒音	Government Notifications (Extraordinary), No.924/12, May 23, 1996.	CEA
振動	(閣議申請中)	CEA

出典：国際協力事業団(2002) *Ibid*、及び CEA 担当官へのヒアリングに基づき作成

<sup>29</sup> CEA 担当官 (EIA/IEE 審査担当の Director) による情報。

<sup>30</sup> 国際協力事業団(2002) “国別環境情報整備調査報告書 スリランカ国” . Chapter 3, pp.1-3.



### 6-3 予備的スコーピング

本プロジェクトに含まれる物理的コンポーネント、及び環境社会影響に関連する活動は、以下のとおりである。事業の詳細については、第5章を参照のこと。

表6-3 プロジェクトの概要

施設	備考
取水口	既存施設に同じ
導水路トンネル	既存導水路トンネル（直径 6.2m、延長約 5.7km）に隣接して施設
土捨て場	確保済み
発電施設	既設発電所用地内に増設
放水路	既設放水路に隣接して施設
送電線	既存施設に同じ
取水／放水オペレーション	新規導水路トンネルによる取水／放水は、電力需要のピーク時のみに行われるため、1日当たりの取水／放水量は、増設後も変化しない

#### 6-3-1 代替案の検討

代替案については、2006年に実施された「スリランカ国電力マスタープラン調査」において、SEAの視点を導入し、以下のプロセスを経て有望プロジェクトが検討された。

- ・開発シナリオ設定による代替計画案の提示
- ・環境スコーピングの実施による主要な環境社会影響の判定
- ・環境社会影響の判定結果と環境以外の観点からの評価に基づく計画全体の統合評価
- ・ステークホルダーミーティングの開催による公衆からの意見の計画への反映

本プロジェクトに関しては、サイト別スコーピングにより簡易な検討が実施されており、環境社会インパクトは総じて低いとの結果が得られている<sup>31</sup>。

#### 6-3-2 プロジェクト対象地の現況

プロジェクト対象地域は、首都コロomboより北に約100km、北緯7度25分、東経80度40分から北緯7度5分、東経81度間に位置する。行政区は、Central Province（中部州）のKandy District（キャンディ県）、及びNuwara Eliya District（ヌワラエリア県）に属する。

##### （1）被影響エリア（仮）の設定

本プロジェクトによる影響がおおよぶ範囲について、主たる影響は導水路トンネルによるものと想定されるため、仮の直接的被影響エリアとして、導水路トンネルの施設線形周辺の範囲とした。

また、プロジェクトに関する風評などが伝播し、社会的混乱を引き起こすことも想定された

<sup>31</sup> 国際協力機構（2006）“スリランカ国電力セクターマスタープラン調査 ファイナルレポート”、テクニカルレポート、pp. 9/13-18.

ため、上流側ヴィクトリア湖、下流側ランデニガラ湖を含む流域及びその周辺を仮の間接的  
影響エリアとして設定した。図6-2に概念図を示す。

行政区については、直接的被影響エリアでは、キャンディ県の Hanguranketha 郡が該当する。  
間接的被影響エリアでは、キャンディ県の Medadumbara 郡、Kundasale 郡、Ganga Wata Korale  
郡、Rathanewaheta 郡、 Udadumbra 郡が該当する。

以下、単に「被影響エリア」と標記する場合は、両エリアを含む意味として使用する。

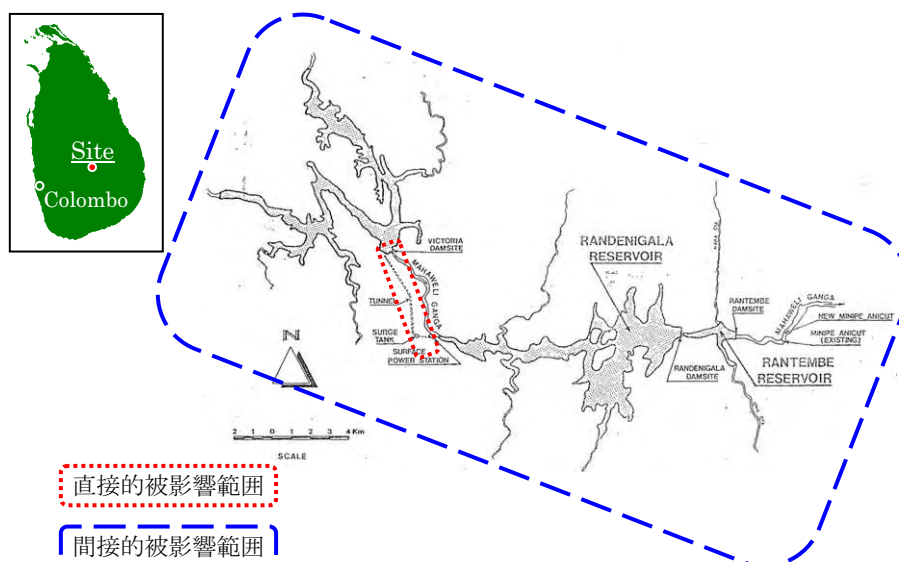


図6-2 被影響エリアの概念図

## (2) 社会環境概況

### 1) 人口基礎統計の概要<sup>32,33</sup>

対象地域の人口は、キャンディ県全体で 1,272,463 人、ヌワラエリア県全体で 700,083 人となっており、全国 25 県中、それぞれ 4 番目、13 番目の規模となっている。県の人口増加率<sup>34</sup> (1981~2001 年の年平均値：全国平均は 1.1) については、キャンディ県が 1.0、ヌワラエリア県が 0.7 となっている。全 25 県中の順位では、それぞれ 18 番目、23 番目となり、人口増加率は低い地域であるといえる。

貧困者比率<sup>35</sup> (Head Count Poverty Ratio) をみると、北部州・東部州を除いた 18 県のうち、キャンディ県が 11 番目、ヌワラエリア県が 13 番目と、貧困率は低い地域であるといえる。

<sup>32</sup> DoCS (2001) “Census of Population and Housing 2001 Kandy District”, CD-ROM, Colombo.

<sup>33</sup> DoCS (2001) “Census of Population and Housing 2001 Nuwara Eliya District”, CD-ROM, Colombo.

<sup>34</sup> DoCS (2005.03) “No TITLE”, <http://www.statistics.gov.lk/population/tables.pdf> (Access date: 2007/01/18)

<sup>35</sup> DoCS (2006) “POVERTY STATISTICS/ INDICATORS FOR SRI LANKA”, <http://www.statistics.gov.lk/poverty/index.htm> (Access date : 2007/01/18).

表6-4 人口増加率（1981～2001年の平均値）

District	Growth Rate	Rank
Sri Lanka	1.1	
Mullathivu	2.2	1
Vavuniya	2.2	1
Ampara	2.0	3
Batticaloa	1.9	4
Gampaha	1.9	4
Monaragala	1.8	6
Puttalam	1.8	6
Mannar	1.7	8
Kilinochchi	1.6	9
Polonnaruwa	1.6	9
Trincomalee	1.4	11
Colombo	1.3	12
Anuradhapura	1.2	13
Ratnapura	1.2	13
Kalutara	1.2	13
Matale	1.1	16
Hambantota	1.1	16
Galle	1.0	18
<b>Kandy</b>	<b>1.0</b>	<b>18</b>
Badulla	0.9	20
Kurunegala	0.9	20
Matara	0.8	22
<b>Nuwara Eliya</b>	<b>0.7</b>	<b>23</b>
Kegalle	0.6	24
Jaffna	-2.0	25

出典：DoCS（2001）*ibid*に基づき作成

被影響エリアについて見ると、全人口は490,965人、全面積は884haとなる。平均人口密度は、1km<sup>2</sup>当たり343人となっており、スリランカ全土の人口密度（300/km<sup>2</sup>，2001年統計）と比較すると、やや多い。

表6-6 被影響エリアの人口及び人口密度（2001）

	Total	Male	Female	Area(km <sup>2</sup> )	Density of Population
Udadumbara DS Division	22,831	11,387	11,444	280.2	81.5
Pathahewaheta DS Division	53,843	26,750	27,093	122.9	438.1
Medadumbara DS Division	58,721	28,901	29,820	165.9	354.0
Hanguranketha DS Division	87,760	43,711	44,049	231.0	379.9
Kundasale DS Division	107,180	52,116	55,064	84.8	1263.9
Kandy Four Gravets & Gangawata Korale DS Division	160,630	78,915	81,715	76.2 (Gangawata only)	-
	490,965	241,780	249,185	961.0	343.7*

Kandy Four Gravets & Gangawata Korale DS Division を除いて計算

出典：DoCS（2001）*ibid*.

被影響エリアの主要産業は農業であり、10歳以上の労働人口のうち、27%を占める。主要農産物は、チェーナ、タバコ、米、香辛料、果実、野菜などのほか、一部で茶の栽培が見ら

表6-5 貧困者率（2002年）

Region (District)	Head-count poverty ratio - national poverty line (%)	Rank
Moneragala	32.4	1
Badulla	31.5	2
Ratnapura	30.1	3
Hambantota	27.8	4
Kegalle	27.5	5
Matale	24.5	6
Puttalam	24.5	7
Matara	23.2	8
Galle	21.7	9
Kurunegala	21.2	10
<b>Kandy</b>	<b>20.9</b>	<b>11</b>
Polonnaruwa	20.1	12
<b>Nuwara Eliya</b>	<b>18.2</b>	<b>13</b>
Kalutara	17.7	14
Anuradhapura	17.2	15
Gampaha	9.2	16
Colombo	5.0	17

※北部州、東部州は除く

出典：DoCS（2006）*ibid*, p.26に基づき作成

れる。そのほか、小売業（13%）、製造業（11%）、公務員や軍関係者（10%）などが上位を占めている（表6-7）。

表6-7 被影響エリア内の労働人口内訳(2001年統計)

Industry	Population	Ratio
Agriculture and Forestry	45,950	27.06%
Wholesale and Retail Trade	21,480	12.65%
Manufacturing	19,619	11.55%
Public Administration and Defence; Compulsory Social Security	18,506	10.90%
Workers Reporting Industry Unidentifiable or Inadequate	10,121	5.96%
Education	9,489	5.59%
Industry in Elementary Occupations Unidentifiable or Inadequate	9,392	5.53%
Transport, Storage and Communications	8,457	4.98%
Construction	6,051	3.56%
Health and Social Work	4,954	2.92%
Hotels and Restaurants	4,364	2.57%
Private Households with Employed Persons	2,875	1.69%
Real Estate, Renting and Business Activities	2,717	1.60%
Financial Intermediation	2,138	1.26%
Other community, Social and Personal Service Activities	2,092	1.23%
Mining and Quarrying	964	0.57%
Electricity, Gas and Water Supply	541	0.32%
Fishing	83	0.05%
Extra - Territorial Organizations and Bodies	17	0.01%
All industries	169,810	100.00%

出典：DoCS（2001）*ibid.*に基づいて作成

被影響エリアの民族構成（表6-8）については、シンハラ族が約8割と大半を占め、そのほかタミルが13%、ムスリムが5%を占めている。

表6-8 被影響エリアの民族構成（2001年統計）

Group	Population	Ratio
Sinhala	394,741	80.4%
Sri Lanka Tamil	27,890	5.7%
Indian Tamil	36,881	7.5%
Sri Lanka Moor	27,088	5.5%
Burgher	1,373	0.3%
Malay	1,459	0.3%
Sri Lanka Chetty	128	0.0%
Bharatha	25	0.0%
Other	1,380	0.3%
Sum	490,965	

出典：DoCS（2001）*ibid.*に基づいて作成

教育水準については、教育を受けていない比率は6%程度であり、残り9割については義務教育を受けている。男女間の相違では、特に教育を受けていない人々に関して格差が大きく、男性：女性で、ほぼ1：2の割合となっている。（表6-9）。

表 6-9 男女別教育達成度 (2001 年統計)

	Male	Female	Sum	Ratio	Male/Female
All attainments	221, 941	229, 841	451, 782		0. 97
No schooling	10, 596	19, 207	29, 803	6. 6%	0. 55
Attending year 1	2, 904	2, 798	5, 702	1. 3%	1. 04
Passed year 1-3/ Grade 0-2	21, 658	21, 175	42, 833	9. 5%	1. 02
Passed year 4-5/ Grade 3-4	24, 881	22, 762	47, 643	10. 5%	1. 09
Passed year 6-8/ Grade 5-7	41, 227	36, 474	77, 701	17. 2%	1. 13
Passed year 9-10/ Grade 8-9	45, 364	43, 660	89, 024	19. 7%	1. 04
G.C.E.(O/L)/NCGE/SSC	42, 646	45, 157	87, 803	19. 4%	0. 94
G.C.E. (A/L)/HNCE/HSC	22, 910	28, 897	51, 807	11. 5%	0. 79
Below degree level but above G.C.E. (A/L)/ HNCE/HSC	477	1, 099	1, 576	0. 3%	0. 43
Degree	4, 185	3, 585	7, 770	1. 7%	1. 17
Post graduate diploma	65	42	107	0. 0%	1. 55
Post graduate degree	356	246	602	0. 1%	1. 45
Not stated	4, 672	4, 739	9, 411	2. 1%	0. 99

出典 : DoCS (2001) *ibid.* に基づいて作成

感染症の罹患率<sup>36</sup>については、表 6-10 のとおりである。主な感染症の罹患率（感染者 ÷ 人口）をみると、キャンディ県で 11 番目、ヌワラエリア県で 20 番目となっており、平均よりも罹患率は比較的低い地域であるといえる。傾向としては、赤痢、デング熱、腸チフスの感染率がやや多い。

表 6-10 県ごとの主要な感染症の罹患率

Health Region	Cholera	Acute Flaccid Paralysis (AFP)	Dysentery	Dengue Haemorrhagic Fever	Encephalitis	Enteric Fever	Food Poisoning	Human Rabies	Leptospirosis	Measles	Simple Contid. Fever	Tetanus	Typhus Fever	Viral Hepatitis	Sum	Ratio(By population[2001])	Rank(By Ratio)
Jaffna	0	0	39	26	1	86	10	1	2	0	10	0	118	41	334	6. 81 <sup>-2</sup>	1
Ratnapura	0	0	237	201	5	41	18	1	19	0	5	0	23	27	577	5. 72 <sup>-2</sup>	2
Matara	0	0	33	169	5	25	22	1	32	0	1	0	74	2	364	4. 78 <sup>-2</sup>	3
Vavuniya	0	0	25	2	3	21	11	0	1	0	3	0	0	5	71	4. 74 <sup>-2</sup>	4
Colombo	0	0	84	791	0	22	7	1	21	0	4	0	2	18	950	4. 25 <sup>-2</sup>	5
Trincomalee	0	0	21	15	1	16	1	1	0	1	0	1	3	79	139	4. 09 <sup>-2</sup>	6
Kegalle	0	0	79	103	1	9	3	2	53	0	5	0	19	44	318	4. 08 <sup>-2</sup>	7
Badulla	0	0	174	31	1	34	12	0	4	0	0	0	32	20	308	3. 98 <sup>-2</sup>	8
Puttalam	0	0	55	47	0	55	2	2	3	0	1	1	2	104	272	3. 86 <sup>-2</sup>	9
Kalutara	0	0	88	244	1	17	12	0	24	0	10	0	5	8	409	3. 86 <sup>-2</sup>	10
<b>Kandy</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>148</b>	<b>187</b>	<b>2</b>	<b>36</b>	<b>15</b>	<b>1</b>	<b>22</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>28</b>	<b>43</b>	<b>489</b>	<b>3. 84<sup>-2</sup></b>	<b>11</b>
Monaragala	0	0	66	11	0	18	3	0	8	1	0	0	24	20	151	3. 81 <sup>-2</sup>	12
Gampaha	0	0	89	511	3	15	53	2	45	0	12	2	4	36	772	3. 74 <sup>-2</sup>	13
Batticaloa	0	0	20	36	3	25	0	0	2	0	0	0	0	76	162	3. 33 <sup>-2</sup>	14
Matale	0	0	84	38	1	4	7	0	1	3	0	0	2	5	145	3. 28 <sup>-2</sup>	15
Mullathivu	0	0	6	1	1	25	0	1	0	0	0	0	0	5	39	3. 21 <sup>-2</sup>	16
Hambantota	0	0	17	43	2	12	1	0	23	0	2	0	24	14	138	2. 63 <sup>-2</sup>	17
Polonnaruwa	0	0	24	26	0	2	0	0	9	0	0	1	1	12	75	2. 09 <sup>-2</sup>	18
Anuradhapura	0	0	38	41	0	15	2	0	15	0	0	1	8	35	155	2. 08 <sup>-2</sup>	19
<b>Nuwara Eliya</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>47</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>49</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>133</b>	<b>1. 90<sup>-2</sup></b>	<b>20</b>
Galle	0	0	39	115	1	4	6	0	14	0	0	1	2	1	183	1. 85 <sup>-2</sup>	21
Kurunegala	0	0	48	146	1	27	10	1	6	2	0	2	6	15	264	1. 82 <sup>-2</sup>	22
Kilinochchi	0	0	6	1	0	1	0	2	0	0	0	0	0	3	13	1. 02 <sup>-2</sup>	23
Ampara	0	0	30	7	0	3	0	1	4	0	0	0	2	8	55	9. 33 <sup>-3</sup>	24
Kalmunai	0	0	24	23	0	19	0	0	0	0	0	0	1	159	226	-	
TOTAL	0	0	1, 523	2, 821	32	650	201	18	313	7	63	11	388	796	6, 823	-	

出典 : Epidemiology Unit-Ministry of Health (2006) *ibid.* に基づいて作成

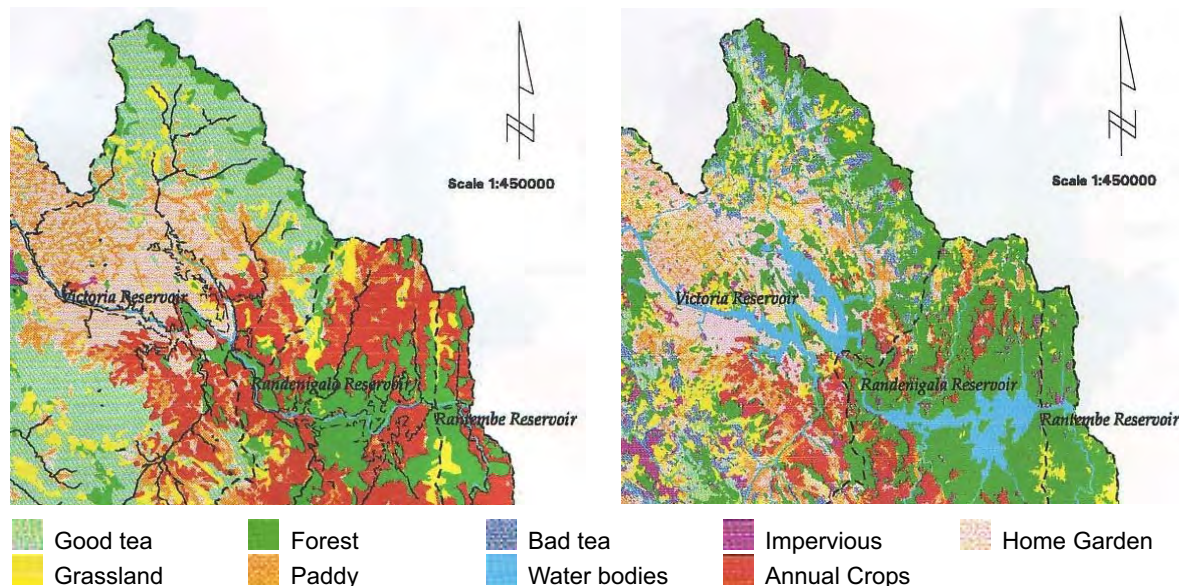
<sup>36</sup> Epidemiology Unit-Ministry of Health (2006) "Epidemiological Bulletin Sri Lanka - First Quarter 2006", Colombo, Sri Lanka. ※ただし、各県の人口データは 2001 年統計を使用した。

2) 土地利用

被影響エリアの主な土地利用は、チェーナ、タバコ、米、茶などの農地のほか、森林、草地などである。森林等植覆の状況については、「(5) サンクチュアリの概況」で述べる。

近年の土地利用の変化として、チェーナの栽培のために森林を伐採するとの報告がある<sup>37</sup>。

被影響エリアの大部分はサンクチュアリ内に位置し、人間活動は制限されているため、民家の数はまばらである。



出典：MASL 提供資料

図 6 - 3 被影響エリアの土地利用変化（左図：1956、右図：1992）

表 6 - 11 被影響エリアの土地利用面積の変化（1956 から 1992）

1956				
	Victoria		Randenigala	
Good Tea	58709.10	100.0	6686.79	100.0
Home Garden	35849.49	100.0	2710.56	100.0
Paddy	13840.11	100.0	3770.45	100.0
Annual Crop	6407.35	100.0	14819.48	100.0
Forest	8400.97	100.0	13052.13	100.0
Impervious	863.63	100.0		100.0
Grass Land	8631.80	100.0	3334.04	100.0
Water Bodies	940.84	100.0	315.47	100.0
1992				
	Victoria	Ratio*	Randenigala	Ratio*
Good Tea	17082.54	29.1	3330.09	49.8
Bad Tea	15001.19	-	639.93	-
Home Garden	38162.61	106.5	2842.15	104.9
Paddy	10784.49	77.9	3432.08	91.0
Annual Crop	4209.18	65.7	8143.26	54.9
Forest	27259.98	324.5	21084.32	161.5
Impervious	4410.85	510.7	1290.85	-
Grass Land	13109.52	151.9	1176.92	35.3
Water Bodies	3652.75	388.2	2749.29	871.5

\*1956年時点の面積を100とした場合の増減率

出典：MASL 提供資料

<sup>37</sup> CEA, IWMI & IUCN (2006) "National Wetland Directory of Sri Lanka", p.298.

1956年から1992年までの主な土地利用の変化は、茶畑（5～7割減少）、森林（1.5～3倍に増加）などである。農地は減少傾向にあるが、これはサンクチュアリに指定されたことによるものである。

### （3）EIA 制度上の位置づけ

先方による EIA/IEE の要件から鑑みると、導水路トンネルの施設が含まれており、EIA が求められるものと思われる。また、DWLC が指定するサンクチュアリに位置していることから、EIA が要求される可能性が高く、特に、自然生態系への影響について慎重な調査が求められると想定される。

### （4）自然環境概況

#### 1) 地形・地質・気象・水象

被影響エリアは、標高 400～500m 程度の山地に存在し、キャンディ市街地から約 20km の地点に位置する。気象条件は、年間平均降水量が 1,840mm、年平均気温が 24.6℃（摂氏）となっており、気候分類上は乾燥地帯と湿潤地帯の間の中間地帯（Intermediate Zone）とされている（図 6-4）<sup>38</sup>。

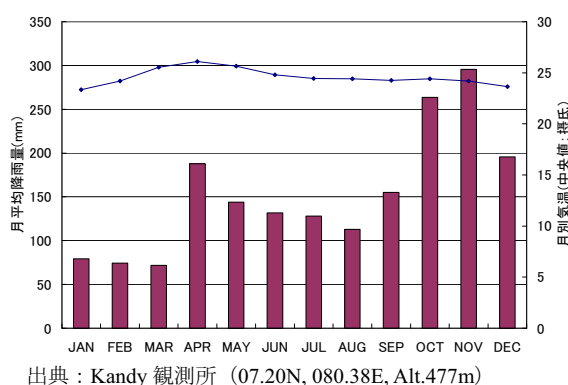


図 6-4 月平均降雨量・気温（1961～1990 年の平均値）

地形は、20～30 度程度の比較的急峻な地形で構成される山岳地帯であり、地殻変動で隆起した岩礁が各所にみられる。また、谷間に沿って表土流出の形跡があり、雨季に土石流がみられる。

地質については、先カンブリア紀に形成された層から成り、主として片麻岩、石英岩、大理石、角閃黒雲母片麻岩、シリマナイト片麻岩、金剛黒雲母片麻岩、火成岩、長石花崗片麻岩から構成される<sup>39</sup>。

土壌に関しては、褐色ローム層、赤褐色ラドゾル、特に氾濫域では比較的厚い層（5～9 m）の堆積土壌が存在し、米作等の作物の生長に適しているとされる<sup>40</sup>。同国における農業—生態地域区分（Agro-Ecological Regions）では、IU2 グループに属し、主な土壌は、赤黄色

<sup>38</sup> Department of Meteorology 提供資料

<sup>39</sup> CEA, et al. (2006) *ibid.*, p.297.

<sup>40</sup> DWLC (1996) “Resource Inventories for Protected Areas VCC Cluster”, Progress Report -1, p.10.

ポドゾル、非固結岩屑土／固結岩屑土から構成され、茶の栽培、家庭菜園、自然林、植林に適した土壌とされている<sup>41</sup>。

水象の詳細については、ダム湖の流入量及び排出量に関しては第5章を参照のこと。地下水の状況について、詳細は不明であるが、1号トンネルの建設開始から最初の4か月間に、下流側にて3回に分けて大量の地下水が発生したとの報告がある<sup>42</sup>。また、建設にかかわった地質コンサルタントによると、地下水の発生と連動して近辺の支流が一時的に枯渇したとの目撃証言がある。ただし、支流の枯渇がトンネル工事による地下水位低下によるものか、降雨量が偶然少なかったなど、別の原因によるものかどうか、因果関係は不明である。なお、トンネル工事終了後、支流の枯渇は見られなくなったとのことである。

## (5) サンクチュアリの概況<sup>43</sup>

### 1) 現状

間接的的被影響エリアの大部分、及び直接的被影響エリアは、**Victoria, Randenigala, and Rantambe (VRR)** サンクチュアリ内に位置する。同サンクチュアリの面積は、全体で36,507ha<sup>44</sup>となっている。

1980年代からのヴィクトリアダム建設等による影響を鑑みて、1987年、マハウェリ流域の保全を目的とし、サンクチュアリの指定がなされた。

野生生物の主な生息環境は、湖や河川などの淡水域、主な植物群落は、常緑亜熱帯樹林、亜温帯樹林帯、半常緑林、河川域の森林、竹林、岩礁地帯の森林となっている。そのほか、低木林、サバンナ、菜園及び跡地、チェーナ農園及び跡地、草地などがまとまって存在する。約300種の植物が、同気候区分（亜熱帯常緑樹林－中間帯）にみられる。

同サンクチュアリは、特に豊富な野生動物の保護区となっている。脊椎動物では、30種の魚類（固有種3種）、10種の両生類（固有種8種）、35種の爬虫類（固有種8種）、153種の鳥類（固有種12種）、29種の哺乳類（固有種1種）の存在が報告されている。また、無脊椎動物では、71種（固有種3種）の蝶、41種の軟体動物（固有種31種）が報告されている。

サンクチュアリ内の保護種については、付属資料4を参照のこと。

サンクチュアリ内の人間活動は、約20,000世帯の民家が存在しており、小規模のチェーナやタバコ栽培、米作などが営まれている。

文化財については、紀元前6世紀に建造された灌漑施設のほか、**Mundawathagama**、**Kandeketiya**、**Lihiniyagala**などの寺院、**Yatimadura**、**Bambaragala**などの碑文が発見されている。これらは、いずれも直接的被影響エリアの外に位置する。

### 2) サンクチュアリ管理計画

1999年4月、同サンクチュアリにおける野生生物の保護を目的として、野生生物保護局

<sup>41</sup> CEA (2005) “Environmental Atlas of Sri Lanka”, pp. 49-50.

<sup>42</sup> Water board (1991) “The Victoria Project, Sri Lanka: Construction of Victoria Tunnel”, p. 358.

<sup>43</sup> CEA et. al. (2006) *ibid.*, pp.297-299.

<sup>44</sup> 別の資料では、42,078haとされている。



(Department of Wildlife Conservation : DWLC) により、管理計画<sup>45</sup>が作成された。  
同計画の目的として、以下の3点が設定されている。

- a) 生物多様性保全中間区域 (Intermediate Zone) において、特に重要な種である象 (*Elephas maximus*) の保護
- b) ヴィクトリア、ランデニガラ、ランタンベ集水域の保護
- c) 様々な主体に対する、ネイチャーツーリズムと保全意識の促進

さらに、上記目的を再分化した小目的として、以下の点が設定されている。

- ① ヴィクトリア、ランデニガラ、ランタンベ集水域の保護
- ② 固有動植物を含む中間区域における森林管理の改善
- ③ 自然保全と両立した観光、インタープリテーション、自然保全教育の機会の提供
- ④ 法の執行や資源保護、管理のための、適切なシステム、スタッフ、関連施設の開発
- ⑤ 人-動物間のコンフリクトの緩和
- ⑥ エコ開発の方法を通じ、自然資源の依存の脱却
- ⑦ 生物多様性保全に関する研究、モニタリング、トレーニングの促進

### 3) サンクチュアリ指定範囲の見直し

前項で述べた管理計画の中では、現在のサンクチュアリ境界線の見直しが検討されている。

その理由として、1987年の指定時には、単純に等高線に基づいて設定し、自然森林の生息範囲に関する文献をほとんど参照しなかったこと、サンクチュアリ内に多数の村が含まれており、サンクチュアリ内に含めるメリットが少ないこと、範囲が小さくなることで管理しやすくなること、などがあげられている。

現在の指定範囲は、420 km<sup>2</sup>であるが、自然林がカバーしているのは205km<sup>2</sup>と約半分であり、サンクチュアリの範囲は自然森林の範囲をベースに変更すべきだと提案されている。より具体的には、特に保護が必要とされるランデニガラ湖周辺及び東部・北東部をより規制の厳しい国立公園とし、その周辺を新たにサンクチュアリの境界とするもので、現在、村や主要施設がある場所については、基本的にサンクチュアリの外とする内容である。

見直し時期については、現在のところ未定である。

<sup>45</sup> DWLC (1999.04) "Management Plan Victoria-Randenigala-Rantanbe(VRR) Sanctuary Plan Period: 1999-2003" .

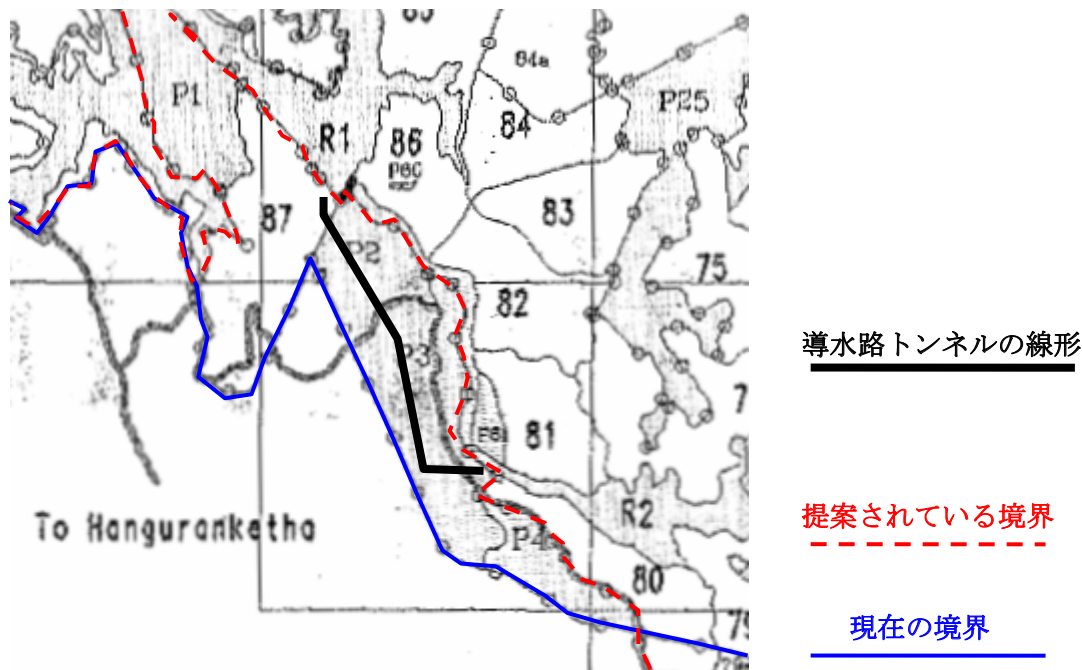


図6-5 導水路トンネル線形付近のサンクチュアリ境界 (DWLC、1999)

なお、本プロジェクトとの関係では、導水路トンネルの線形は現在のサンクチュアリ境界内に含まれているが、提案されている境界には含まれない。近い将来、サンクチュアリ境界が変更されるものと思われるが、その場合には、サンクチュアリの範囲外となる(図6-5)。

#### (6) 現地視察概要

現地踏査にあたっては、ヴィクトリア湖周辺、下流に位置するマハベリ川の一部、及び土捨て場などを視察した。全般的に、比較的急峻な斜面が続く山地であり、地殻変動の影響で隆起した岩礁がところどころに見られた。また、植生については、草地、常緑性の低木・高木林が地表を覆っている。民家や学校等の施設は、基本的に道路の両端に集中している。

ヴィクトリア湖周辺は、比較的人間活動の盛んな地域であり、小規模の村やゴルフコースなどが存在する。水質についての詳細は不明であるが、富栄養化などの現象は発生しておらず、比較的透明度は高い。だが、一部の湖畔で不法投棄が行われているという報告があり、また、牧場の建設が予定されていることなどもあり、将来的に水質は悪化すると見られている。湖岸に面した一部で不法伐採が行われた形跡があり、荒地となっている箇所もあるが、深刻な土壌流出は報告されていない。

そのほか、極小規模の漁業の存在や、数名規模の渡し舟などが確認された。いずれの場合も、高セキュリティ地区やサンクチュアリであることなどから、人間活動は相当制限を受けている様子であった。

マハベリ川は、現在は乾季のため水量が少ないが、河川環境維持のため、 $3\text{ m}^3/\text{s}$  程度の水が2時間/日放流されている。河川の両岸は比較的急峻な斜面となっており、付近に民家等の

存在は見られなかった。

土捨て場の面積は2～3ha程度で、用地は取得済みであり付近に民家はない。植生については草地また低木が生息している。また、若干野生動物の生息（サル）が見られた。基本的に勾配差の小さい平地で、マハベリ河川付近に近接している。

そのほか特記事項として、2003～2004年の雨量が少なかった時期に、ヴィクトリア湖周辺住民が使用している井戸水が枯渇し、MASLに苦情が寄せられるという事件があった。住民によると、湖の水位が下がっていることと、地下水位が下がったことと関連付けて理解した様子であり、井戸が枯渇したのはダムができたことが原因であると認識したようである。

詳細な因果関係は不明であるが、今後プロジェクトを進めるにあたり、誤解等が生じないよう、十分な説明を行うことが求められる。



河川の様子

生物多様性保全の  
コアゾーン

地下水低下下の  
報告地域

違法森林伐採の  
報告地域

導水路トンネルの  
線形

牧場建設の予定  
地域

不法投棄の報告  
地域

違法森林伐採の報告地域

土捨て場の様子

(7) 予備的環境社会配慮調査 TOR 作成のためのワークショップ概要

今回の調査においては、次期調査のための環境社会配慮に関する予備的 TOR の作成を主要な活動と位置づけている。同 TOR 作成にあたり、各機関の関係者から有益な情報を得ることを目的とし、下記の要領でワークショップを開催した。

表 6-12 ワークショップ開催要領

日時	2007年8月14日 9:30~12:00
場所	電力エネルギー省 (MPE)、会議室
参加者	T.M. Hereth, Additional Secretary, MPE W.A.H. Witeratne, Director, MPE Sulaushana Jayawardena, Assistant Director, MPE H.A.Piyaratue, Development Assistant, MPE Priyanga Kumari, Development Assistant, MPE S.W.Ediriweera, Deputy Director, MASL I.G.Madduma Bandara, Environmental Officer, MASL Rohita Gunawardhene, Environmental Officer, CEB P.V.S. Shantha, Senior Environmental Officer, CEA Chandani Wilson, Assistant Director, DWLC
議事次第	9:00 受付 9:30 開催の辞 (Mr. Hereth & 丹羽団長) 9:45 事業および環境社会影響の説明 (Mr. Rohita & 井上団員) 10:15 ワークショップ(臼井団員) 12:00 終了

ワークショップの結論〔以下、1)、2)〕として、参加者間で以下の事項を確認するとともに、先方 EIA 制度上で作成される TOR にできるだけ反映する点につき、同意を得た。

1) 建設中の影響

Activities of the proposed project	Likely Impacts	Significance of Impact	Mitigation Measure or future action to be taken
Temporary Influx of a work force	Social Impact on the permanent residence in the area	+, -	
Construction of Transmission lines	Impact on the Flora and Fauna	-	
Construction Activities (Noise, influx of workers)	Environmental damage on wildlife	-	
Disposal of tunnel muck	Erosion and river water quality	---	Choice of proper site, and slope management
	Impact on wildlife reserves and vegetation	-	
Drilling/excavation for tunnel	Soil stabilities of the area	--	Additional Investigation
	Effect on the existing tunnel	-	
	Ground water level going down and likely affects wildlife	--	Ground water monitoring
Disposal of waste, chemical from construction work	Impact on water quality of Randenigala Res.	-	

(continue)

## 2) 供用時の影響

Activities of the proposed project	Likely Impacts	Significance of Impact	Mitigation Measure or future action to be taken
Construction of power plant	More hydropower, and clean energy than thermal power	++	

Rating: --- Significant adverse impact; -- Medium adverse impact; - Small adverse impact; +++ Significant positive impact; ++ Medium positive impact; + Small positive impact.



ワークショップの様子

### 6-3-3 予想される環境社会影響及び緩和策

#### (1) 非自発的住民移転

発電所や土捨て場等、主要施設の建設候補地及び周辺に民家の存在はなく、土地収用による非自発的住民移転は想定されない。

#### (2) 地域経済、土地利用や地域資源利用

被影響エリア内の経済活動は家庭菜園及び小規模漁業に限定されるが、これらに影響を与える活動は本プロジェクトには含まれない。また、土地利用の変化を引き起こす活動も含まない。

地域資源については、トンネル工事による地下水位低下の影響が生じる場合、井戸水が使用されている場合には影響が生じる可能性がある。

#### (3) 社会関係資本・社会組織

ヴィクトリア湖周辺において、過去（2003～2004年）に地下水位が低下した現象を、ダム建設によるものと認識し、苦情が寄せられたとの報告がある。本プロジェクト実施においても、なんらかの環境社会問題が生じた場合、本プロジェクトによる活動と関連付けられる可能性は否定できない。このため、直接的影響エリアの住民だけではなく、広く間接的影響エリアの住民に対しても、説明を行うことが要求される。

このほか、プラスのインパクトとして、建設労働者として地元住民の活用を行う場合、収入の増加や生活の向上、スキルの習得などの効果が考えられる。

#### (4) 既存の社会インフラや社会サービス

道路付近に学校等の公共施設が集中しているため、工事中の影響として、建設車両の通行によりこれらの活動（通学等）を阻害する可能性がある。適切な工事管理が要求される。

(5) 貧困層・先住民族・少数民族

直接被影響エリア内における貧困層や少数民族等の存在は確認されていないため、本格調査段階で確認する必要がある。本プロジェクトによる人間活動の悪影響は、工事中の騒音・振動、及び工事中の地下水の影響等に限定される。このうち、地下水位低下の影響に関しては、井戸水等を含む生活用水の実態調査を行い、影響の有無や程度を特定する必要がある。

(6) 被害と便益の偏在、地域内の利害対立

本プロジェクトによる便益は直接的被影響エリアに裨益することは想定されないが、一方、影響も限定的であるため、被害と便益の偏在は生じ難い。地位内の利害対立が生じるケースは、トンネル工事による地下水位低下が生じた場合、生活用水の確保をめぐる小競り合いなどが考えられるが、本格段階で水利用の実態調査を行う必要がある。

また、建設労働者の流入により、習慣等の違いから住民との衝突が生じる可能性がある。このため、可能な限り地元住民の活用を検討すべきである。

(7) ジェンダー、子どもの権利

男女間で教育格差がみられるため、本プロジェクトによる説明を行う際、留意する必要がある。

(8) 文化財

直接的被影響エリア内には、文化財の報告はない。

(9) 公衆衛生

外部からの労働者流入により、感染症の増大などが生じる可能性がある。

(10) 地形・地質

トンネル工事（発破等）により地盤の安定性に影響を与え、隣接する既存トンネルに影響を与える可能性がある。地質特性を詳細に分析し、発破量の調整が必要となる。

(11) 大気汚染・悪臭

建設時に、工事車両等の移動発生源から排気ガスの発生が生じるが、民家や経済活動が小規模であるため、影響は限られると想定される。

工事内容及び規模が明らかになった段階で、大気汚染基準（SLS No.850/4）を超える可能性がある場合、運行管理等を適切に行う必要がある。

(12) 騒音・振動

騒音・振動の発生源は、主に発電所増設のための工事車両、及びトンネル工事（発破）によるものと想定される。これらの発生により、動植物の生育への影響、人体への影響が生じる恐れがある。工事内容及び規模が明らかになった段階<sup>46</sup>で、モニタリング計画を作成する必要がある。

<sup>46</sup> なお、既存トンネル工事については、工事完了報告書（Completion Report）が存在するとの情報があるが、今回の調査で入手することはできなかった。

ある。また、影響が環境基準値を超える場合、発破量の調整や、夜間の工事は控えるなどの措置を検討する必要がある。

以下、参考までに騒音及び振動の簡易予測を行う。

トンネル発破による騒音の予測式としては、例えば船津<sup>47</sup>によるものがある。

$$L=A+7\text{Log}_{10}W-20\text{log}_{10}R+\Delta L$$

L：超低周波レベル（dB）

A：DS 雷管の場合；141、MS 雷管の場合；148

W：総爆薬量（kg）

R：坑外距離（m）

ΔL：補正值（dB）

仮に総爆薬量 W を 10kg、坑外距離を 100m、A=141 とすると、予想される騒音は、108.0dB となる。スリランカ騒音規制基準（SLS924/12）によると、センシティブエリア<sup>48</sup>の基準値は、日中（6:00-18:00）が 50dB、夜間（18:00-6:00）が 45dB となり、基準値を超えることになる。

なお、坑外距離をトンネルの長さである 5,700m としても、騒音レベルは 72.9dB となる。

ただし、同予測式は坑口での騒音レベルを示すものであり、本プロジェクトの場合、坑口は発電所の敷地内にあるので、付近に民家もなく、野生生物の生息地があるとは考えにくい。

さらに、実際の工事では、進入坑（adit）を利用して、トンネルの内側から外側に向かって掘り進めることになると思われるが、この場合には、坑口がそもそも塞がっているため、発破騒音は生じない。

しかし、トンネル工事とは別に、発電所の増設にあたっては、工事車両の稼動があるため、念のため動植物の調査を行い、発電所敷地内及び周辺に影響を受けやすい動物種の存在が見られるようであれば、工事中はモニタリングを行い、環境モニタリング計画に含める必要がある。

振動については、スリランカ国では振動に関する環境基準は閣議準備中であり、現在のところ策定されていない。

ただし、サンクチュアリ内であるため、どの程度の振動が生じるのかを予測し、影響が想定される場合は工事中にモニタリングを行い、火薬量の調整などを行う必要がある。

発破振動の予測式は、一般に次式<sup>49</sup>で表される。

<sup>47</sup> 環境省編（2001）“大気・水・環境負荷の環境アセスメント（II） 環境影響評価の進め方”、環境省環境影響評価技術検討会中間報告書、ぎょうせい、p.103.

<sup>48</sup> なお、センシティブエリアとは公共施設の近傍、リクリエーションや環境保全の目的で設定される地区である。本プロジェクトの対象地がセンシティブエリアとなるかどうかは、EIA の開始後、自治体によって決められるため、現時点では不明である。

<sup>49</sup> 式1、式2ともに、日本火薬学会による予測式とした。



$$V=K \times W^m \times D^n \dots\dots\dots (式1)^{50}$$

- V : 変位速度 (cm/s)
- K : 発破条件や岩盤特性によって変化する係数
- W : 段当たりの薬量 (kg)
- D : 発破場所からの距離 (m)

$$VL=10\text{Log}V+83 \dots\dots\dots (式2)$$

VL : 振動レベル (dB)

簡易予測にあたって、(式1)のK値については、日本化薬製の火薬を使い、トンネル発破の心抜を行う場合の値(450~900)を参考にし、450と設定した。火薬量Wは10kgとし、発破場所からの距離は、土被りが一番浅くなる地点での値(120m)を使用した。

計算の結果、変位速度は0.18cm/sとなる

続いて、(式2)に変位速度を代入すると、振動レベルVLは、67.9dBとなる。

日本火薬学会が提唱した管理値によると、発破による周波数は80Hz以上であるから、予測される値は、昼間/夜間いずれの場合も、管理値以下のレベルとなる。

表6-13 日本火薬学会による発破振動の管理値

対 象 / 周波数		振 動 (周波数)		
		10Hz未満	10~50Hz	50Hz以上
人 (dB)	昼 間	73 暗振動+30	79 暗振動+30	85 暗振動+30
	夜 間	58 暗振動+20	64 暗振動+20	70 暗振動+20
構造物 (cm/s)	強度の明確な構造物	1.25	2.5	5.0
一般構造物(民家)		0.50	1.0	2.0
重要な構造物		0.25	0.5	1.0

(13) 水象

本プロジェクトによりヴィクトリア湖からの取水量は変化しない(水収支に関する詳細は、第5章を参照のこと)ため、貯水池及び河川への影響は生じない。

地下水への影響については、トンネル工事中に実施される止水工により、一時的に水位が低下する可能性があるが、トンネルは深さ100m以上地中の岩盤に設置されるため、帯水層を遮断する事態は想定されない。

一方、1号トンネル建設時には、「6-3-2(4)自然環境概況」で述べたように、大量

<sup>50</sup> 同式で、mは0.5~1.0の範囲、nは通常-2として計算される。ここではm=0.75として計算した。

の裂か水（fissure water）が発生したとの報告がある。このため、工事にあたっては、地下水位のモニタリングを行うことが必要である。地下水位の低下が著しい場合、1号トンネル建設時のデータ（工事完了報告書：Completion Report）を参考に、グラウティング処理などの対策が必要である。

また、地下水モニタリングにあたっては、アップーコトマレ水力発電所の事例を参考にすべきである。

(14) 水質汚濁・土壌汚染

土捨て場からの濁水が河川に流入し、水質が悪化する可能性がある。土捨て場の適地の検討、及び適切な管理が求められる。また、トンネル工事中に濁水が発生する可能性があるため、河川への放流時には濁水処理を行う必要がある。

(15) 生物・生態系

被影響エリアはサンクチュアリ内にあり、トンネル工事中の騒音・振動や地下水位低下が生じる場合、影響が生じる可能性がある。動植物に対する影響につき、乾季及び雨季の調査を行う必要がある。

(16) 気象

本プロジェクトによる施設により、気象変化は想定されない。

(17) 景観

本プロジェクトに含まれる施設内容は、既存発電所内の発電所増設、導水路トンネルが主なものであり、重大な景観悪化は想定されない。

(18) 地球温暖化

二酸化炭素等、地球温暖化ガス等を排出する施設立地は想定されない。

(19) 廃棄物

施設建設時に建設残土等が発生する。土捨て場はサンクチュアリ内にあり、河川に隣接しているため、適地の検討と濁水流入に関するモニタリングが求められる。

(20) 事故リスク等生活環境への影響、その他

発電所の増設は既存発電所の敷地内であり、発破の使用が想定されるトンネル工事は深さ100m以上の地中であるため、民家への事故リスクはほとんど想定されない。建設工事車両が一般道を通過する際、交通事故の影響が考えられるため、適切な車両運行管理が求められる。

以上、本プロジェクトによって想定される環境社会影響を、次表にまとめた。

環境社会影響評估表

No.	Impacts	Rating	Brief Description
Social Environment: *Regarding the impacts on "Gender" and "Children's Right", might be related to all criteria of Social Environment.			
1	Involuntary Resettlement	0	No impact expected.
2	Local economy such as employment and livelihood, etc. and Land use and utilization of local resources	0	No impact expected.
3	Social institutions such as social infrastructure and local decision-making institutions	+, ??	Expanding employment opportunities, however some local people who live around Victoria lake have blamed MASL in 2003-04 because the water level of both Victoria lake and their own wells was getting down at same time.
4	Existing social infrastructures and services	-	Some adverse impact on public facilities may be expected during construction period
5	The poor, indigenous and ethnic people	??	N/A
6	Misdistribution of benefit and damage / Local conflict of interests	-	Some adverse impact expected due to influx of construction workers (If using local peoples as workers, no impact)
7	Cultural heritage	0	No impact expected.
8	Sanitation / Infectious diseases such as HIV/AIDS	-	Some adverse impact expected due to influx of construction workers (If using local peoples as workers, no impact)
9	Hazards (Risk)	0	Construction accidents to local residents are likely limited
Natural Environment			
10	Topography and Geographical features / Soil Erosion	--	Existing tunnel might be affected due to blasting
11	Groundwater	--	Fissure water can arise during tunnel construction, and ground water level is likely getting down.
12	Hydrological Situation (surface water)	0	No impact expected.
13	Flora, Fauna and Biodiversity	-	In case of ground water drawdown, annual and/or perennial plants can be affected during construction
14	Meteorology	0	No impact expected.
15	Landscape	0	No impact expected.
16	Global Warming	0	No impact expected.
Pollution			
17	Air Pollution	-	Construction vehicles can emit pollution gas.
18	Water Pollution	-	Milky water can be emitted from construction work and a soil disposal site.
19	Soil Contamination	0	No impact expected.
20	Waste	-	Waste soil, etc. can be emitted during construction phase.
21	Noise and Vibration	-	Tunnel blasting can emit noise and vibration. The noise level can be high, however, it is limited within the existing power plant site. The vibration level can be low.
22	Ground Subsidence	??	N/A
23	Offensive Odor	0	No impact expected.
24	Bottom sediment	0	No impact expected.

Rating :

-- : Serious impact is expected.

- : Some adverse impact is expected.

0 : Neither adverse nor beneficial impacts are expected. IEE/EIA is not necessary.

+ : Some positive impact is expected.

++ : Positive impact is expected.

?? : Extent of impact is unknown (Examination is needed. Impacts may become clear as study progresses.)

## 6-4 環境社会配慮調査 TOR 案

以上、検討した結果に基づき、環境社会配慮調査に関する TOR 案を以下に記す。本格調査の開始時には、同 TOR 案を参照して作成すべきである。

Tentative Term of Reference for the Environmental and Social Considerations Study for the proposed Expansion of Victoria Hydropower Station in Sri Lanka.

The tentative TOR provides the scope of work and contents for the Environmental and Social Considerations Study (hereinafter referred to as the “ESC Study”) for the proposed project of Expansion of Victoria Hydropower Station in Sri Lanka (hereinafter referred to as the “Project”) which is conducted Ceylon Electricity Board, with JICA's technical cooperation project.

### 1. Objectives

The objectives of implementation of the ESC Study are:

- 1) to provide a necessary information regarding actual environmental and social aspects of the project site;
- 2) to establish a mitigation measure for likely adverse impacts (hereinafter referred to as the “Impacts”) due to the project implementation; and
- 3) to monitor the Impacts during the construction and operation phase under every regulation and mandate issued by an environmental authority.

### 2. Contents of Scope of Work

#### *Task 1. Description of the project:*

The task is to provide a brief description of the relevant parts of the project, using maps (at appropriate scale) including a border of direct and indirect affected area.

#### *Task 2. Description of the natural and social environment:*

The task should include the following:

- 1) Socio-economic study;
  - Population and settlements,
  - Population characteristics,
  - Existing infrastructure facilities,
  - Housing and sanitation,
  - Water use (surface water, ground water, etc.),
  - Economic activities,
  - Religious and cultural centers,
  - Transportation,
  - Agricultural pursuits,
  - Maps in appropriate,
  - Perception about the project,
  - Land use pattern,
  - Industry,
  - Cultural and historical assets,

- Tourism sites, and
  - Concern groups (NGO, associations, etc.),
- 2) Physical environmental study;
- Topography,
  - Geology and soil (especially on soil stabilities),
  - Meteorology,
  - Hydrology (especially on ground water and its type, level, amount and so on), and
  - Pollution (Air, water, etc.)
- 3) Ecological Environment;
- Existing natural habitat,
  - Distribution and density of species identified, and
  - Identification of rare, threatened, endemic, upper and typical species.

*Task 3. Legislative and regulatory considerations:*

EIA system, Flora and Fauna protection ordinance, Sri Lankan Standard regarding noise and air pollution, and other related regulations and/or ordinances should be surveyed.

*Task 4. Determination of the likely impacts of the project:*

In this task is to distinguish significance of likely impacts, positive and negative, direct and indirect, and construction and operation phase.

The task should be focus on the following principle areas:

- Impacts on the society due to influx of construction workers;
- Impacts on natural habitat due to tunnel construction;
- Impact on soil stability due to tunnel construction;
- Impact on ground water due to tunnel construction;
- Impact on air quality due to exhaust gas from construction vehicles, etc.;
- Impact on water quality due to discharged water and soil disposal (especially on tunnel muck) of construction work; and
- Impact of noise and vibration on the society and the natural habitat due to blasting, construction vehicles and so on.

*Task 5. Analysis of alternatives to the project:*

Analysis of alternatives should be conducted in order to prove the project justification. The analysis should consider a zero option (no action) and the project from the view point of the three areas; economy, engineering and environment.

*Task 6 Mitigatory Measures:*

A suitable mitigatory measure for identified negative impact through the task 4 should be recommended, considering feasibility and cost-effectiveness to prevent or reduce significant negative impacts to acceptable levels and describe the actions necessary to implement them.

*Task 7. Identification of institutional needs to implement environmental assessment recommendations:*

It is to review the authority and capability of institutions at local, provincial/regional, and national levels. Recommend steps to strengthen or expand them so that the management and monitoring plans in the environmental assessment can be implemented.

*Task 8. Environmental Monitoring Plan:*

In this task, a detailed plan to monitor the implementation of mitigatory measures and the impacts of the project during construction and operation should be prepared.

Especially, it should include the following areas;

- Ground water level (construction, and operation phase up to the level stabilized);
- Noise and vibration level (construction phase);
- Water quality of the river surrounding the discharge water point (construction phase); and
- Water quality of the river surrounding the soil disposal site (construction and operation phase).

*Task 9. Public participation and inter-agency co-ordination:*

In the task, public participation should be arranged for obtaining the views of concerned groups such as local NGOs and affected groups, and in keeping records of meetings and other activities, communications, and comments. As a target group, the residents in the indirect area (around Victoria and Randenigala reservoirs) should be included because they may have a misinterpretation about the project if they could not have sufficient information on the project.