

第6章 地形図

6.1 地形図作成

6.1.1 目的

地形図作成業務の目的は発電開発計画である本調査での地域を確定するためのもので、マスタープラン調査段階で有望とされた3地域（Jalond, Marleswar, Hevale：総計285k m²）について縮尺1:20,000の空中写真撮影を行い、縮尺1:10,000（等高線間隔5m）の地形図を作成することである。各地域の地形図の作成範囲は以下のとおりである。

- | | |
|---------------|---------------------|
| (1) Jalond | 95 km ² |
| (2) Marleswar | 110 km ² |
| (3) Hevale | 80 km ² |

6.1.2 作業項目および数量

項目	数量	備考
対空標識設置	22点	
埋石	22点	
空中写真撮影	145ライン km	縮尺1:20,000
標定点測量	22点	GPS測量
水準測量および刺針	230km	直接水準測量
現地調査	285km ²	
空中三角測量	75モデル	
図化、編集、製図	285m ²	縮尺1:20,000

6.1.3 測定の基準

- | | |
|-----------|----------------|
| (1) 準拠楕円体 | : エベレスト 1830 |
| (2) 高さの基準 | : インド測量局設置の水準点 |

- (3) 図法 : ランベルト等角
- (4) 図化縮尺および等高線 : 縮尺 1:10,000
主曲線 5m 間隔
- (5) 図式 : インド測量局採用方式
- (6) 図の精度
 - 1) 明瞭な地物 : 図上 1.0mm 以下
 - 2) 標高点 : 等高線間隔の 2/3 以下
 - 3) 等高線 : 等高線間隔の 1/1 以下
 - 4) 方眼 : 図上 10cm 間隔にランベルト図法の方眼

6.1.4 業務計画

本地形図作成業務は 1995 年 3 月より 1996 年 6 月にわたる 3 段階で実施されたものであり各段階の業務を以下に示す。

なお第 1 段階は調査団が行うが、第 2 段階と第 3 段階はインド測量局に再委託して実施されたものであり調査団はこの管理、監督をを行った。

- (1) 第 1 段階
 - 資料の整理および P/O の作成
 - 現地踏査
- (2) 第 2 段階
 - 対空標識設置
 - 埋石
 - 空中撮影
 - 標定点測量
 - 水準測量および刺針
 - 現地調査
 - 空中三角測量
- (3) 第 3 段階
 - 図化、編集、製図

6.2 業務内容の変更

当初の業務内容では Jalond, Marleshwar および Hevale の 3 地点を対象に航空写真撮影を実施し、それをもとに縮尺 1:10,000 の地形図を作成する予定であった。しかしながらインド測量局は 3 地点の航空写真を既に撮影していることが判明したため、航測図化部門の調査団は航空写真撮影を中止しインド測量局が作成する地形図作成の管理および監督を実施した。

なお、GOMID は今回作成した地形図の国外持ち出しをインド国防省に申請したが許可されなかった。

第7章 地質

7.1 Jalond Site

(1) 上池

1) 岩盤の状態

この地点は、簡単な2層構造(基盤と被覆層)である。基盤の玄武岩は、左岸でP波速度が4.5 km/sec、右岸で4.0 km/secと基盤速度に開きがある。河岸の露岩では緻密な玄武岩(Compact basalt:以下Compact basaltを用いる)の水平層が浅い深度に分布しているので、この速度はこのCompact basaltの速度を代表していると判断される。Compact basaltのコアの超音波速度は、4.0~5.2 km/sec (Marleshwarでは4.2~4.9 km/sec)内外であり、亀裂の多い岩盤と判断される。またHevale上池の玄武岩の速度4.9~5.0 km/secや同じくMarleshwarの下池の4.0 km/secと比較すると、左岸ではHevaleに近い速度、右岸ではMarleshwarに近い速度を示すので、この地点の玄武岩は左岸では基本的に緻密な斑状玄武岩(Compact Porphyritic basalt:以下Compact Porphyritic basaltを用いる)と杏仁状玄武岩(Amygdaloidal basalt:以下にAmygdaloidal basaltを用いる)が優勢な地層であり、右岸では、Amygdaloidal basaltが優勢な地層であると考えられる。

2) ダムサイトの岩盤評価

コア及び各種試験結果は無いが、P波速度及び露頭の状況より、重力式ダムの構築が可能ではないかと推察される。ただCompact basaltが、ダム基盤として分布するときは、ルジオン値が小さいにも拘わらず湛水を始めると漏水が大きく、セメントによるグラウトを実施しても止水効果が少ないという報告がある。漏水は、亀裂の他にAmygdaloidal basaltとの境界付近からも起こり得ると考えられるが、Compact basaltにこのような傾向があるのならば、経済的な問題はあるものの、その対策工の一つとして、ダムサイトに限らず湛水域も含めたブラケットやフェーシングの検討を要する。

(2) 下池

1) 岩盤の状態

下池のサイトも基盤と被覆層の簡単な2層構造になっている。玄武岩の基盤速度は、右岸、左岸共に4.5~4.6 km/secであり、河床でも同様に4.6 km/secを示すので、かなり良好な岩盤が期待できる地点である。また河川に沿った低速度帯もない。岩盤を覆う0.35~0.4 km/secの速度帯は、その速度から主に崖錐と判断される。崖錐は、右岸の斜面全体に7~10mの厚さで分布するのに対し、左岸の斜面では大半が1m内外と薄く、5m程度の厚さを示す箇所は、あっても部分的である。また右岸では山脚線まで河床レベルで岩盤が分布し、それを7m内外の崖錐が覆っている。一方、調査初期にはこの地点の右岸アバットの尾根の風化が懸念されたが、4.5 km/secの岩盤が分布するようである。ただ尾根では、10m内外が開口亀裂のある風化帯が形成されていると考えられる。

2) ダムサイトの岩盤評価

この地点は、河床及び左右アバットの玄武岩の性状は良く、ダム基盤としては問題が無い。透水性は風化帯でも4ルジオン以下で、ルジオンテストの結果からは特に問題点はない。また強度に関しても問題がないので、骨材の確保のしやすさを考慮するとMasonry工法が可能と判断される。またフィルタイプについては、ラテライト、及びラテライト化した玄武岩を含めて土質材料の対象となるが、ラテライト層の厚さが薄い。一方、河川堆積物は砂分が少ない上に、粒度調整を要する礫が多く、また層厚が薄いので稼行対象としては効率が良くない。

7.2 Marleshwar Site

(1) 上池

1) 岩盤の状態

このサイトは、基盤とラテライトと表土からなる簡単な3層構造である。河床では4.6 km/secの基盤が分布しているが、アバットにかけての基盤の盛り上がり無く、左岸、右岸共にP波速度0.7~1.5 km/secのラテライトが32~33mの厚さで分布している。右岸では、ラテライトの下に4.6 km/secの岩盤が一部確認されているが、ラテ

ライトの層が厚いので、解析の上で速度層の境界が不明瞭である。従って実際に総合断面図に示されているようにアバット区間で基盤の高まりがあるかどうかは疑問だが、ここでは UMI 地点のボーリングを参考にラテライトの厚さを約 30m 程度と予測した。また河川に平行に取った測線は、河川敷そのものが巨岩が積み重なっている状態なので、右岸斜面に設定しているため、0.4~0.5 km/sec の 5~10m 厚の崖錐が認められた。その下は、0.7~1.2 km/sec のラテライトが 18~20m の厚さで分布する。このラテライトの下に 4.6 km/sec の基盤が確認されているが低速度帯はない。一方、2カ所のサドルダム位置では、同様に 1.1~1.5 km/sec のラテライト(厚さ 20m 内外)が確認されている。このラテライトの下の基盤は、4.0 km/sec のやや風化した Porphyritic basalt である。

2) ダムサイトの岩盤評価

ダムサイトは、アバットにかけての岩盤の高まりが無く、ラテライトが 30m 内外と深い。従ってラテライトの透水性が問題となり、ダムの構築には向かない点が多い。

(2) 下池

1) 岩盤の状態

〔下流案 (Dam Axis I)〕

この地点は、基盤と被覆層の簡単な 2 層構造である。基盤速度は、河床、アバットとなる左右斜面共に 4.0 km/sec で、特に低速度帯は無い。基盤を覆っている左右両斜面は、共に P 波速度 0.35~0.4 km/sec の崖錐または崩積土であり、その厚さは 5~10m である。特に左岸斜面では現河床に面する比較的急な 2 次斜面とその上の比較的緩い傾斜の 1 次斜面とがあり、標高 230m 付近に両者の地形変換点がある。崩積土に相当すると考えられるものは、主に 1 次斜面に形成されている。これに対し 2 次斜面は、薄い崖錐が形成されている程度である。一方、右岸は標高 240m 付近に変換点があり、LMI 地点のボーリング結果では、2 次斜面の表土は薄い。

〔上流案(Dam Axis II)〕

このサイトは、下流案と同じく簡単な2層構造で、その基盤速度は4.0 km/secであり、低速度帯は無い。ここでも標高230m付近に1次斜面と2次斜面の地形変換点がある。いずれも2次斜面は、崖錐が5m厚程度であり、右岸では露岩が見られる。また左岸の1次斜面は、P波速度0.4 km/secの崩積土が形成されていると推定した。これに対し右岸の1次斜面の0.35~0.4 km/secの速度層は、崖錐と予想しているが、地回り地か否かの問題があるので、空中写真等による地形解析を必要とする。

2) ダムサイトの岩盤評価

上下流案ともに岩盤の評価は、変質度、亀裂、強度等とTachylytic basaltの入り方を勘案すると、「やや悪い」方に位置づけされる。しかし、このサイトでは、岩盤の性質以上の問題として、湛水域及びダムサイトに地回り地形が認められ、施工、湛水によってその安定を失う可能性がある。成因的には今まで述べてきたように岩盤自体の変質が進んでいる事とTachylytic basaltの存在によって風化されやすい性質があり、もともと1次斜面に崖錐が溜まっていたものが、2次斜面の形成によって崖錐の山脚が洗われ安定を失ったと考えられる。2次斜面は、第四紀に入ってから侵食によるものなので、地回りも第四紀に入ってから動き出したものと推定されるが、下流案のダムサイトのやや下流では現在も活動中のものがある等、今後も空中写真などによって崩壊地形も含めた地形解析が必要である。

7.3 Hevale Site

(1) 上池

1) 岩盤の状態

このサイトは、平坦な玄武岩台地なので、基盤とラテライトの簡単な2層構造である。ラテライトに相当する速度層は0.45~0.5 km/secで、厚さは6~13m内外である。基盤は4.0~5.0 km/secで柱状節理の入ったCompact Porphyritic basaltが主体である。ただこの中に3~5m厚の黒色のTachylytic basaltが2枚挟まれているが、この層は速度が遅いので、解析断面では抽出出来ない。

2) ダムサイトの岩盤評価

基盤の状態も良く、Tachylytic basalt も層厚が薄く、また分布深度も処理しやすい深度にあるので、このサイトの地質的な問題は少ない。

(2) 下池

1) 岩盤の状態

このサイトは、基本的には基盤と崖錐等の被覆層からなる簡単な2層構造である。基盤は、先カンブリア紀の金属音のする結晶片岩で 4.8~5.0 km/sec を有する。崖錐は、0.4~0.5 km/sec で約 10m の厚さがある。また現河床は、1.5 km/sec の砂礫層があり、その下に旧河床と思われる凹地形があるので、ダムは、この旧河床の存在も考慮して検討する必要がある。

2) ダムサイトの岩盤評価

ダムサイトとして特に結晶片岩に問題は無いと考えられる。ただし、片理構造の傾斜や線構造の傾斜がダムの安定に影響する可能性がある事と圧縮強度にバラツキが見られる事に留意する必要がある。このサイトでは、崖錐の土石流化した堆積物が河川に沿って形成されており、枝沢の流路を変えるような動きがあったように見受けられる。地形的にもダムサイト上流の斜面に崖錐が形成されているような緩傾斜があるので、湛水域への流入土砂について留意する必要がある。

以上、各サイトにおける地質状況を述べたが、地質的な優先性を考慮しながら、以下に要点をまとめる。

- ① Jalond は、上池、下池共に地質的な問題は無いが、上池は平坦な台地で予定していた地形の高まりが無いことと、Sanctuary の問題がある。材料面からは Masonry type が得策であると考えられる。
- ② Hevale は、上池の玄武岩中に火砕岩とタキライトが分布するが、施工的に十分対処可能と考えられる。また下池は金属音のする先カンブリア紀の結晶片岩が分布し、特に問題は無いが、片理構造および線構造の傾斜に留意する必要がある。また河川に沿って崖錐が土石流化した溜まり方をしているので、湛水域に流入する埋積土砂

量に留意する必要がある。

- ③ Marleshwar では、上池のダムサイトのラテライトの厚さが 30m 前後あり、岩盤の高まりがない。従って、掘り込み式の方が得策であると考えられる。また下池は、上下流案共に湛水域に地回り地形がある事と一部がダムサイトにからむ懸念があるので、空中写真等による地形解析が必要である。また地質的にも変質した玄武岩や火砕岩、タキライトが分布し「やや悪い」地質と判断される。

第8章 気象および水文

8.1 Konkan地方の水文・気象条件

計画候補地点はSahyadri山脈内あるいは近傍に位置しており、その高度は標高900mから100mの間である。気候的には、以下のとおり3つの季節がある。

1) 夏期 (3月から6月中旬まで)

海岸地区における5月の平均気温及び湿度はそれぞれ30℃及び68%程度である。

2) 雨期 (6月中旬から10月中旬まで)

平均気温及び湿度はそれぞれ27.5℃及び85%程度である。

3) 冬期 (10月中旬から2月まで)

1月の平均気温及び湿度はそれぞれ21℃及び65%程度である。

Konkan地方は年間平均降雨量が1,905mmの多雨地帯に属する。降雨は一般的に南西の季節風によってもたらされ、年間降雨量の約90%が雨期に集中する。降雨量はSahyadri山脈際で最も多く、年間6,000mm以上にも及ぶ場合がある。また、降雨量は海に向かって減少していく傾向がある。

8.2 月間降雨量

- 1) Jalondサイト : 解析の対象として、サイトに近い1ヶ所—Kundachiwadi、Moroshi、Phangloshi及びWaliware—を選んだ。
- 2) Marleshwarサイト : 解析の対象として、Pastewadi及びSangaveを選んだ。
- 3) Hevaleサイト : 流域内に位置しているKodali観測所のデータを採用することとした。

8.3 低水量解析

(1) 年間流入量 (第1次地点選定用)

1) 流出係数

以下の流出係数を初期段階における流出量及び洪水量推定に用いた。

- | | | |
|----|---------|--------|
| a) | 洪水量計算 | : 0.9 |
| b) | 年間流入量計算 | : 0.85 |

2) 年間流入量

第1次サイト選定では、サイト候補地近傍における年間降雨量（第2洪水年の降雨データ）と流出係数0.85から年間流入量を推定した。また、年間の蒸発及び浸透による損失量を3,000mmと仮定した。

(2) 低水量解析（選定された3地点用）

タンクモデルによる解析を行った。

先ず、下記の観測所の月間降雨量と流量データを用いて流出特性を検討した。

- | | |
|--------------------|-----------------------------|
| 1) Jalondサイト近傍 | : Sajgaon (サイトの南15km地点) |
| 2) Marleshwarサイト近傍 | : Pastewadi (サイトの南西10km地点) |
| 3) Hevaleサイト近傍 | : Shirshingi (サイトの北西35km地点) |

全体の整合性、結果の信頼性（サンプルサイズ、相関）を考慮した結果、Shirshingi観測所に対して得られた流出特性を採用することにした。

次に、上記の流出特性及び8.2節で得られた月間面積雨量からJalond、Marleshwar及びHevaleサイトの月平均流量を推定した。結果を Table 8.3-1～Table 8.3-5 に示す。

8.4 洪水量

(1) 降雨強度

合理式で用いる降雨強度を決定する必要がある。

Konkan地方で観測された日雨量250mm以上のデータの時間分布を検討した結果、日雨量に対する時間雨量の最高比率が19.32%であった。本調査では余裕をみて25%とすることにした。

(2) 初期洪水量推定

サイト候補地近傍に位置し、10年間以上の観測データを有する降雨観測所を選出し、ヘーズプロットにより統計処理して確率日雨量を得た。

(3) 選定された3地点の洪水量推定

8.3節の低水量解析で使用した各観測所における毎年最大日降雨量を統計処理した。

10年、30年、100年、200年及び1,000年の生起確率年に対してはヘーゲンプロット、トーマスプロット、グンベルの方法及び岩井の方法を使用して統計処理し、その中から最大値を確率降雨量として採用した。PMP（可能最大降水量）についてはハーシユフィールドの方法を使用した。

洪水量計算に必要な1時間降雨強度は、8.4-(1)節にしたがって、上記の確率日雨量に0.25を掛けることによって得られる。また、流出係数を0.95とした。各サイトの確率洪水量を Table 8.4-1 にまとめた。

8.5 蒸発および浸透による損失量

初期段階の検討では5.56mm/日を採用したが、その後、Khapri、Pastewadi及びTillariwadi気象観測所におけるデータを入手し、再度検討を行った。一般的に満水池からの蒸発量は蒸発皿からの蒸発量に比べて相当少ないと考えられるため、本調査においては観測された蒸発量の75%を満水池からの蒸発量と仮定した。また、蒸発による損失量の50%を浸透による損失量と仮定した。

Jalond			Marleshwar			Hevale		
蒸発 (mm/年)	浸透 (mm/年)	合計 (mm/年)	蒸発 (mm/年)	浸透 (mm/年)	合計 (mm/年)	蒸発 (mm/年)	浸透 (mm/年)	合計 (mm/年)
1,470	744	2,214	1,178	601	1,779	1,266	641	1,907

8.6 堆砂量

マハラシュトラ州内の76ヶ所の貯水池における堆砂データを収集し、各候補地点における堆砂量を以下のとおり推定した。

サイト	堆砂量 (m ³ /km ² /year)	堆砂量 (m ³ /km ² /year)
Jalond	615.0	593.4
Marleshwar	590.1	620.6
Hevale	591.1	-

Table 8.3-1
Simulated Monthly Flow for the Upper Dam Site, Jalond

(m³/s)

Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Mean
1980	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.40	7.06	9.73	2.46	0.15	0.00	0.00	2.00
1981	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.65	10.77	5.84	2.11	0.44	0.00	0.00	1.76
1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.29	4.26	4.53	0.31	0.17	0.00	0.00	0.89
1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.13	6.61	8.23	3.99	0.37	0.00	0.00	1.79
1984	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.38	8.16	5.79	1.73	0.80	0.00	0.00	1.50
1985	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.87	8.02	5.39	0.76	0.20	0.00	0.00	1.29
1986	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.56	5.64	7.02	0.87	0.00	0.00	0.00	1.36
1987	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	3.32	5.66	0.64	0.22	0.00	0.00	0.86
1988	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	10.96	2.80	2.10	0.28	0.00	0.00	1.39
1989	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.92	6.75	7.81	2.07	0.01	0.00	0.00	1.57
1990	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.62	6.43	7.12	2.72	1.55	0.00	0.00	1.89
1991	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.27	9.58	8.26	0.89	0.00	0.00	0.00	1.94
1992	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	1.83	5.47	2.60	0.23	0.00	0.00	0.85
Mean	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.98	6.88	6.44	1.79	0.34	0.00	0.00	1.47

Table 8.3-2
Simulated Monthly Flow for the Lower Dam Site, Jalond

(m³/s)

Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Mean
1980	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.73	1.17	1.61	0.41	0.02	0.00	0.00	0.33
1981	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	1.79	0.97	0.35	0.07	0.00	0.00	0.29
1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.71	0.75	0.05	0.03	0.00	0.00	0.15
1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	1.10	1.37	0.66	0.06	0.00	0.00	0.30
1984	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	1.35	0.96	0.29	0.13	0.00	0.00	0.25
1985	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	1.33	0.89	0.13	0.03	0.00	0.00	0.21
1986	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.94	1.16	0.14	0.00	0.00	0.00	0.23
1987	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.55	0.94	0.11	0.04	0.00	0.00	0.14
1988	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	1.82	0.46	0.35	0.05	0.00	0.00	0.23
1989	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	1.12	1.30	0.34	0.00	0.00	0.00	0.26
1990	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.77	1.07	1.18	0.45	0.26	0.00	0.00	0.31
1991	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	1.59	1.37	0.15	0.00	0.00	0.00	0.32
1992	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.91	0.43	0.04	0.00	0.00	0.14
Mean	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	1.14	1.07	0.30	0.06	0.00	0.00	0.24

Table 8.3-3
Simulated Monthly Flow for the Upper Dam Site, Marleshwar

(m ³ /s)													
Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Mean
1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.86	4.80	4.00	0.99	0.30	0.18	0.00	1.02
1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.46	4.35	5.47	2.88	0.24	0.01	0.00	1.46
1984	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.59	4.86	2.11	0.89	0.41	0.01	0.00	0.91
1985	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.86	4.17	3.26	0.60	0.97	0.04	0.00	1.08
1986	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.02	2.50	3.45	0.31	0.08	0.01	0.00	0.79
1987	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.60	4.06	3.52	0.78	0.71	0.03	0.00	0.90
1988	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.45	6.73	3.33	2.14	0.14	0.00	0.00	1.24
1989	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.47	4.66	2.57	0.94	0.13	0.00	0.00	0.99
1990	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	2.41	4.38	4.99	1.24	0.51	0.09	0.00	1.15
1991	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.54	7.03	3.11	0.66	0.14	0.00	0.00	1.14
1992	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.51	4.34	3.80	1.55	0.52	0.00	0.00	0.98
Mean	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	2.71	4.72	3.60	1.18	0.38	0.03	0.00	1.06

Table 8.3-4
Simulated Monthly Flow for the Lower Dam Site, Marleshwar

(m ³ /s)													
Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Mean
1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.26	11.52	9.59	2.34	0.68	0.42	0.00	2.43
1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.35	9.37	11.81	6.18	0.46	0.01	0.00	3.11
1984	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.29	10.49	4.51	1.85	0.82	0.02	0.00	1.93
1985	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.05	8.97	7.02	1.23	2.02	0.09	0.00	2.30
1986	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.21	5.35	7.42	0.59	0.21	0.00	0.00	1.66
1987	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.14	8.73	7.57	1.62	1.46	0.06	0.00	1.90
1988	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.99	14.53	7.17	4.57	0.33	0.00	0.00	2.65
1989	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.21	10.04	5.50	1.96	0.32	0.00	0.00	2.10
1990	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	4.83	9.44	10.78	2.63	1.04	0.20	0.00	2.44
1991	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.19	15.19	6.68	1.36	0.34	0.00	0.00	2.42
1992	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.94	9.34	8.17	3.29	1.05	0.00	0.00	2.08
Mean	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	5.59	10.27	7.84	2.51	0.79	0.07	0.00	2.28

Table 8.3-5
Simulated Monthly Flow for the Lower Dam Site, Hevale

Year	(m ³ /s)												
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Mean
1980	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.04	18.48	15.57	2.29	0.26	0.00	0.00	4.24
1981	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.23	16.65	20.35	5.30	0.04	0.00	0.00	4.09
1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	5.02	18.05	19.46	2.01	0.97	0.07	0.00	3.85
1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.60	18.26	15.85	7.97	1.08	0.16	0.00	4.61
1984	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.48	18.61	12.29	3.31	0.95	0.09	0.00	3.84
1985	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.68	12.37	12.76	2.46	1.87	0.00	0.00	3.37
1986	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.16	10.43	9.71	1.11	0.23	0.38	0.00	2.77
1987	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.18	14.97	8.45	3.30	1.23	0.06	0.00	2.71
1988	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.89	26.86	12.66	7.91	0.41	0.00	0.00	4.68
1989	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.16	13.87	8.97	3.32	0.38	0.00	0.00	3.66
1990	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	11.43	18.64	14.98	5.59	1.00	0.10	0.00	4.36
1991	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	6.99	23.87	13.55	1.90	0.67	0.02	0.00	4.00
1992	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.22	14.23	13.44	3.16	1.03	0.17	0.00	3.46
Mean	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	9.70	17.33	13.70	3.82	0.78	0.08	0.00	3.82

Table 8.4-1 Probable Floods

Site	Return Periods	Return Periods						PMF
		10-yr	30-yr	100-yr	200-yr	1,000-yr		
Jalond	L.D (CA = 3.43 km ²)	67.5	84.1	103.2	115.5	146.6	233.8	
	Flood (m ³ /s)	61.1	76.1	93.4	104.5	132.7	211.6	
Jalond	U.D (CA = 20.68 km ²)	67.5	84.1	103.2	115.5	146.6	233.8	
	Flood (m ³ /s)	368.1	459.1	562.9	630.2	800.0	1,275.8	
Marleshwar	L.D (CA = 23.20 km ²)	96.2	119.5	144.4	158.7	201.6	259.9	
	Flood (m ³ /s)	589.0	731.5	884.0	971.5	1,234.2	1,590.9	
Marleshwar	U.D (CA = 8.15 km ²)	96.2	119.5	144.4	158.7	201.6	259.9	
	Flood (m ³ /s)	206.9	257.0	310.6	341.3	433.6	558.9	
Hevale	L.D (CA = 22.46 km ²)	89.0	103.7	119.4	128.4	149.3	237.0	
	Flood (m ³ /s)	527.2	614.3	707.7	761.2	885.1	1,404.7	

第9章 環境影響調査

マハラシュトラ州は、インドの西部に位置し、インド全人口の約9%を占める約8,000万人の人口を有する。州都 Mumbai は通称ボンベイと呼ばれ、全国で最大の経済センターになっている。この州は、全国の総工業生産高のほぼ4分の1を占める。

国内及び海外からの投資促進によりこの州の経済は急速に成長しており、この急速な経済成長は電力及びエネルギー消費の増加を招く結果となっている。特に、ピーク時の電力需要は、1995年から2001年に年率7%、2002年から2007年に年率6%で増加するものと予測されている。この増加するピーク時の電力需要に効果的に対処するために、この州に揚水発電所の建設が計画された。本環境影響調査結果は、計画実施のための事前フィージビリティ調査の一部をなすものであり、計画を実施した場合の環境面についてとりまとめたものである。

建設候補地として、Hevale、Jalond 及び Marleshwar が選定され、各候補地について基本計画が策定された。各候補地の計画設備容量は約800MW～1,200MWであり、これは、同じ発電方法の既設の6発電所の平均設備容量200MWと対照をなすものである。

インドの環境政策では、汚染防止（大気及び水質）及び生物資源の保全（森林及び野生生物）という2つの問題が主たる対象となっている。本計画による候補地のうち2ヶ所（Jalond 及び Marleshwar）が、鳥獣保護区内に位置している。この2ヶ所で計画を実施するためには、1972年施行の野生生物保護法に基づく、計画地を鳥獣保護区から除外するための境界変更が不可欠となる。これには、州政府の法令による許認可が必要となる。計画の実施に必要な他の環境に係る許認可は、次に示すとおりである。

- 1) 中央政府の環境森林省（MOEF）による開発行為に対する許認可
- 2) マハラシュトラ州公害防止局（MPCB）による公害防止のための証明書（NOC）
- 3) 1986年成立の環境保護法に基づく MOEF による環境関連許認可
- 4) 1980年成立の森林保全法による森林開発許認可

各候補地は、Konkan 地方の山岳地帯に位置している。この地方は、年間降水量が2,000mmを超え、夏季、モンスーン期及び冬季の3つの季節にはっきりと区分される。この地方は、地質学的に主に玄武岩層により形成されている。上池地域は、平均海面からの標高700～900mに位置し、下池地域は標高200～300mに位置する。Hevale サイトは、半常緑樹林内にあり、Jalond 及び Marleshwar サイトは一部農地を含む森林

る事で知られている。

モンスーン後の冬季に行われた調査中に、Peafowl(クジャク)と Pied Indian Hornbil (サイチョウの一種)の2種の絶滅が危惧される鳥類が Hevale サイトにおいて確認された。前者は、Jalond サイトにおいても確認された。野生生物保護法のスケジュール I にリストアップされている絶滅危惧種は確認されなかったが、住民の話では、Hevale サイトにはトラ、ヒョウ、オセロット、ナマケグマが生息していると考えられる。

同様の情報は、他の候補地においても入手された。各候補地で確認された植物の貴重種は、次に示すとおりである。

Important Flora Species Found at Project Sites

Project Site	Hevale	Jalond	Marleshwar
1	<i>Pittosoprum florinundum</i>	<i>Brideliaretusa</i>	<i>Engenia jambolana</i>
2	<i>Holigarna arnoltiana</i>	<i>Cassia fistula</i>	<i>Glochydeonlanceolariumn</i>
3	<i>Elaeagnus latitolis</i>	<i>Mangifera indica</i>	<i>Mangitera iadica</i>
4	<i>Terminalia arjuna</i>	<i>Saccopetalum tomentosum</i>	<i>Semecarpus anacardium</i>
5	<i>Terminalia chebula</i>	<i>Terminalia tomentosa</i>	
6	<i>Phyllanthus imblica</i>	<i>Bihinia gacamosa</i>	
7	<i>Terminalia bellirica</i>	<i>Vanguria spinosa</i>	
8	<i>Terminalia crenulata</i>		
9	<i>Erirocarpus nimmonii</i>		
10	<i>Terminalia tomentosa</i>		
11	<i>Diospyros montana</i>		
12	<i>Bridellia rotusa</i>		
13	<i>Steculia guttata</i>		
14	<i>Xylia xylocarpa</i>		
15	<i>Sapium insigne</i>		

Source: Hevale: BNHS Report, 1996
Jalond and Marleshwar: GOMID Reports, 1996

Wild Institution of India Derradun

Jalond 及び Marleshwar サイト近くには数個の村落が位置するが、いずれの村落も本計画の直接的影響を受けない。住民は、米、bajari (トウジンビエ)、Nagli (四国ビエ) 等の作物を灌漑設備のない痩せた土地で耕作し、荒地で牛を飼育する自給自足の生活を送っている。一部の住民は、農閑期に Mumbai に出稼ぎに行っている。1~2 教室しかない小学校を除いて、公共施設はない。電気は通っているが、必ずしも全世帯に配電されているわけではない。水源は、主に井戸水であり、まれに、河川水が使われる。乾期には、一部の村落で給水車による給水が行われる。

本計画は、地域特性に応じた水力開発であるため、環境への負の影響は避けられない。

本計画に起因して発生するかもしれない顕著な影響は次に示すとおりである。

- 1) 森林の消失（動植物及びその生息地の消失を含む）
- 2) 農地の消失
- 3) 伝染病及び水感染性の病気の発生
- 4) 工事中及び工事後の水質汚濁、工事中の地下水の枯渇

各候補地で予測される森林及び農地の水没による消失面積は、次に示すとおりである。

候補地	Hevale	Jalond	Marleshwar (ha)
(1) 森林の消失	82	280	200
(保護林)	(82)	(190)	
(非保護林)		(90)	(200)
(2) 農地の消失	0	50	32

各候補地のうち、Hevale サイトは、多種多様な動植物を育む保護林に覆われているため、生物学的に最も大きな影響を受けることが予測される。Jalond サイトの上池地域及び Marleshwar サイトの下池地域においても、密林が確認されている。Jalond 及び Marleshwar サイトの近傍の村落は、一部農地の消失を含む社会・文化上の大きな影響を受けると予測される。

漁獲高の減少、交通安全問題及び大気汚染等の軽微な影響も想定される。章末に示す環境影響マトリックスは、予測される各候補地の環境影響をまとめたものである。

本計画では、森林や農地の消失は避けられない。森林保全法によれば、この負の影響に対して補償のための植林の実施が必要であるとされており、同様に、農地の消失については、マハラシュトラ州の再建法により、影響住民に対する代替地の提供又は金銭補償が求められる。補償のための植林は、代替林を創出することによって、森林の消失による負の影響を相殺することを目指すものである。章末の表中に可能な影響緩和策を示している。

環境モニタリングは環境影響管理においては必要不可欠であり、工事中及び工事後にわたり、影響の程度が許容限度内にあるか、事前に予測した以上の影響が発生していないかを確認するために必要とされる。モニタリングを必要とする環境要素は、次に示すとおりである。

(1) 水域の保全

地滑り及び土壌浸食等の発生を最小限に抑え、貯水池の寿命を最大限に延ばすために、流域の管理・保全がなされなければならない。流域の管理は、地滑りや土壌浸食につながる住民活動の防止、また、災害防止のための植林等が正常機能しているかどうかを確認するための定期的なモニタリングが必要である。

(2) 保健衛生

診療所を設置することにより、保健衛生に係るモニタリングを実施する必要がある。モニタリングには、工事労務者及び周辺住民に対する定期的な健康診断、伝染病や水感染性の病気の発生源の把握のための現地調査が含まれるべきである。定期的な水質分析の実施も必要である。

(3) 野生生物の保護

労務者に対する野生生物の保護に係る教育が含まれるべきである。労務者による周辺環境の破壊及び生態系の変化を監視するために、独立したモニタリング組織が必要である。

また、章末の表中に各候補地の主要な影響緩和策及びモニタリング計画に必要な概略コストを示す。水域保全及び補償給水に係るコストは、全コストに占める割合が比較的大きいと考えられる（候補地周辺の井戸の詳細調査及び精度の高い水の需要調査が必要である）。

結論として、3ヶ所の候補地は環境の負の影響において大差はないと言える。上述の影響緩和策及びモニタリング計画は、十分な資金の下に厳密かつ満足のいく方法で実施されなければならない。工事業業者には、周辺環境を破壊しないという労務者との雇用規定を定め、労務者のための適切な住居、安全な飲料水、衛生設備及び燃料等を

供給する責務を課す必要がある。

こうした条件が満たされれば、環境への負の影響はかなり緩和される。

Environmental Impact Matrix (I)

環境影響項目	影響		候補地	影響面積	影響の程度	影響期間
	時期					
1. 村落/住民移転	工事前及び工事中	影響はない。水没又は消失する家屋や公共施設はない。	Hevale	n.a.		
		Jalond				
		Marleshwar				
2. 農業	工事中及び工事後	農地の消失が予測される。予測される水没又は消失面積: Hevale サイト 82 ha の保護林、Jalond サイト 50ha、Marleshwar サイト 32ha。地下水の変化による農業への影響はほとんどない。	Hevale	1	1	3
		Jalond	2	3	3	
		Marleshwar	2	3	3	
3. 林業	工事中及び工事後	森林の消失が予測される。予測される森林の消失面積: Hevale サイト 82 ha の保護林、Jalond サイト 190 ha の保護林、90 ha の非保護林、Marleshwar サイト 200 ha の非保護林。	Hevale	2	3	2
		Jalond	2	3	2	
		Marleshwar	2	3	2	
4. 漁業	工事中及び工事後	漁獲量の減少が予測されるが、規模は無視できる程度である。	Hevale	3	1	2
		Jalond	3	1	2	
		Marleshwar	3	1	2	
5. 陸上交通	工事前及び工事中	交通障害及び交通安全上の問題が予測される。既設道路が建設現場へのアクセスとなるが、改修・延長の必要はある。既存の交通量はほとんどなく、工事関係車は工事現場内にとどまり、現場外への移動はほとんどない。骨材の搬入が考えられるが、影響は限定的なものとなる。既設道路の改修・延長が地域の交通網に及ぼすプラスの影響はほとんどないものと予測する。	Hevale	3	2	2
		Jalond	3	2	2	
		Marleshwar	3	2	2	
6. 水運	工事中	影響はない。河川の水運への利用はない。	Hevale	n.a.		
		Jalond				
		Marleshwar				
7. 保健衛生	工事中及び工事後	伝染病又は水感染性の病気の発生が予測される。住居、安全な飲料水の供給、下水処理施設等がなければ、伝染病の発生が考えられる。流域及び貯水池が適切に管理されない場合、水感染性の病気が発生するリスクは高くなる。	Hevale	3	3	3
		Jalond	3	3	3	
		Marleshwar	3	3	3	

Environmental Impact Matrix (2)

環境影響項目	影 響		候補地	影響面積	影響の程度	影響期間
	時期					
8. 景観	工事中及び 工事後	貯水池の出現による景観の創出(プラスの影響)。このプラスの影響は、鳥獣保護区にある Jaloud 及び Marleshwar サイトにおいて意識がある。(負の影響は無視できる程度)	Hevale	2	1	3
		Jaloud	2	2	3	
		Marleshwar	2	2	3	
9. 史跡・文化財	工事中及び 工事後	Hevale サイトの上池近傍に寺院があるが、影響はない。Marleshwar サイトの上池ダム下流部に、Marleshwar 寺院がある。適切な措置がなければ、寺院の掩が影響を受ける。他の史跡・文化財はない。	Hevale		n.a.	
		Jaloud	1	3	3	
10. 河川/地下水/ 貯水池	工事中及び 工事後	工事中の濁水、コンクリートによるアルカリ排水及び貯水池の富栄養化等による水質汚濁が予測される。河川の流量減少による影響が予測される。地下水位の変動が予測される。	Marleshwar	3	3	3
		Marleshwar	3	3	3	
		Hevale	3	3	2	
11. 動植物	工事前及び 工事中	用地買収対象森林域の動植物の消失、騒音、大気汚染等による生息地の侵襲が予測される。	Jaloud	3	3	2
		Marleshwar	3	3	2	
		Hevale	2	2	3	
12. 大気汚染	工事中及び 工事後	工事用車両及び建設機械の稼働による大気汚染及び貯水池の富栄養化による悪臭が予測される。	Jaloud	2	2	3
		Marleshwar	2	2	3	
		Marleshwar	2	2	3	

Note: 1. n.a.: Not applicable

2. 影響面積:

1. 小 (特定地に限定)
2. 中 (計画地及び周辺地)
3. 大 (近接地域)

3. 影響の程度:

1. 小
2. 中
3. 大

4. 期間:

1. 短い (限定期間)
2. 中 (基本的に工事中)
3. 長い(工事中及び工事後)

Summary of Mitigation Measures for Major Impacts

環境要素	影響	対策
1 農業	- 農地の消失	- 代替地の確保/金銭補償
2 林業	- 森林の消失	- 補償のための植林
3 漁業	- 漁獲高の減少	- 貯水池の規模縮小以外の有効な対策はない
4 陸上交通	- 交通障害及び交通安全	- 工事排水の適切な処理/金銭補償
5 保健衛生	- 伝染病の発生及び水感染性の病気の発生	- 交通障害箇所の改善
		- 交通安全指導
		- 交通誘導員の配置
		- 労働者の健康診断
		- 適切な住居、衛生設備、安全な飲料水及び診療所の設置
		- 村民に対する安全な飲料水の供給
		- 労働者及び村民に対する定期的な健康診断
		- 保健衛生に係る啓蒙キャンペーン
		- マラリア撲滅 (DDT の散布)
		- 病気の発生源の調査
		- 流域及び貯水池の適切な管理
		- 貯水池の水質分析
6 河川/地下水/貯水池	- 河川/地下水の水質の悪化	- 湛水前の貯水池の伐採
	- 井戸の枯渇	- 工事排水の適切な処理
	- 貯水池水質の悪化	- 給水車による水の補給
		- 代替水源の確保
		- 湛水前の貯水池の伐採
		- 流域及び貯水池の適切な管理
7 動植物	- 計画地における生息地の消失	- 貯水池の規模縮小以外の有効な対策はない
	- 周辺地域における生息地の消失	- 野生生物保護に係る労働者に対する教育
		- 十分な燃料の供給

Estimated Costs for the Implementation of Mitigation Measures and Monitoring Plan

影響緩和策/モニタリング項目	単価	Hevale		Jalond		Marleshwar	
		数量	コスト(mil. Rs.)	数量	コスト(mil. Rs.)	数量	コスト(mil. Rs.)
1. 樹木の伐採 ¹	15,000 Rs./ha	90 ha	1.4	181 ha	2.7	204 ha	3.1
2. 補償のための植林 ²	30,000 Rs./ha	90 ha	2.7	253 ha	7.6	220 ha	6.6
3. 農地の消失に対する補償	25,000 Rs./ha	0	0	50 ha	1.3	52 ha	0.8
4. 流域の保全							
(1) 植林 ³	20,000 Rs./ha	12 ha	2.3	24 ha	4.8	62 ha	12.4
(2) 定期的モニタリング ⁴	3,000 Rs./ha/year	12 ha/ 8 years	2.9	24 ha 8 years	5.8	62 ha 8 years	14.5
5. 村民への給水の確保 ⁵	320 Rs./person/year	1,500 persons 8 years	3.8	1,200 persons 8 years	3.1	3,000 persons 8 years	7.7
6. 保健衛生							
(1) 診療所 ⁶	1,000,000 Rs.	1	1	1	1	1	1
(2) 水質分析を含む定期的モニタリング ⁷	90,000 Rs./year	8 years	0.7	8 years	0.7	8 years	0.7
7. 野生生物保護(モニタリング)	50,000 Rs./year	8 years	0.4	8 years	0.4	8 years	0.4
8. 景観対策	700,000 Rs.	Lump Sum	0.7	Lump Sum	0.7	Lump Sum	0.7
Total Costs (mil. Rs.)			15.9		28.1		47.9

注:

- 伐採面積: 水没面積 x 1.10% x 緑被率 (VAR)
VAR: Hevale 100%, Jalond 70%, Marleshwar 80%
- 補償のための植林面積: 水没面積 x 110%
- 植林は、植樹、水路の建設及び水域の保全管理に係る他の投資を含む
植林面積: 流域面積 x 0.5 - 2%
Hevale 0.5%, Jalond 1%, Marleshwar 2%
- 植林は工事の早期、工事開始 2 年間に実施。植林地のモニタリングが重要。モニタリングのコストは、工事中及び工事後 3 年間を対象にしている。
- 給水コストは、400 Rs./10,000 l とする。1 人当たりの水の需要量は、40 l/日とする。全工事期間及び工事後 1 年間に必要な給水に要する日数は、200 日/年とする。給水コストは、320 Rs./person/year とする。
- 診療所設置に要するコスト(工事現場が上池及び下池 2 箇所であるため、工事最盛期には 2 箇所の診療所が必要)。
- 診療所運営、住民の定期検診及び水質検査を含むモニタリングの実施に必要なコスト

第 10 章 今後の調査

10.1 概要

本調査は、インド国マハラシュトラ州において将来フィージビリティ調査の対象となる、揚水発電開発プログラムを確定するため、揚水発電マスタープランを策定し、その中で有望数地点のプレ・フィージビリティ調査を行う目的で調査が 1991 年 9 月より開始された。

しかしながら、プレフィージビリティ調査対象地点 3ヶ地点のうち 2ヶ地点が鳥獣保護区の一部に位置していることが、マハラシュトラ州森林局より指摘され、さらにこの地点での詳細調査（地質調査）を中止するように指示を受けた（1995 年 12 月）。またプレフィージビリティ調査対象 3 地点の航空写真測量を実施したが、地形図の国外持ち出しの許可がインド政府より出なかったため、S/W に決められた様に日本国内でのプレフィージビリティ調査の実施が出来なくなった。

今後は本調査報告書でまとめられた、マスタープラン調査および詳現地調査の結果を踏まえ、プレフィージビリティ調査を実証する必要がある。

以下、プレ・フィージビリティ調査の内容と進め方の概要を述べる。

10.2 地質調査計画

まず、Project Area の縮尺 1/1,000 地形図に基づく地質図作成を優先的に作成する必要がある。

次いで以下のような調査が考えられる。Jalond 及び Hevale と Marleshwar とでは岩盤状態に著しい差があるので、前 2 者に関しては予備調査から概略設計へすすめる為の調査を行うが、後者に関しては岩盤状態が悪いので問題箇所についての更なる地質調査を継続する必要がある。

(1) Jalond Site

1) 上池

- | | | |
|-----|-------|-------------------------------|
| i) | ダムサイト | ボーリング：80m×5カ所
(未着手分3カ所を含む) |
| ii) | 岩石試験 | 5個×5カ所
(内容に関しては今回調査に準ずる) |

- iii) ルジオン試験 26回×5カ所
- iv) 地下発電所計画地点 150m×1カ所 (岩石試験10個)
- v) サージタンク計画地点 100m×1カ所 (岩石試験5個)
- vi) 導水路予定地点 100m×3カ所 (岩石試験1個×3カ所)
- vii) 導水路弾性波探査 1km
- viii) 原石山計画地点 100m×3カ所
(岩石試験5個×3カ所、安定試験3個)
- ix) 原石山弾性波探査 1.5 km

2) 下池

- i) ダムサイト ボーリング：70m×4カ所 (100m間隔)
- ii) 岩石試験 5個×4カ所
(内容に関しては今回調査に準ずる)
- iii) ルジオン試験 23回×4カ所
- iv) 横杭 ダムサイト 1.5×2.0×30m×2カ所、展開図
- v) 現場せん断試験 1回×2カ所×2地点
- vi) 載荷試験 1回×2カ所×2地点
- vii) 放水路出口 ボーリング：50m×1カ所
- viii) 放水路弾性波探査 1km
- ix) 原石山計画地点 100m×3カ所
(岩石試験5個×3カ所、安定試験3個)
- x) 原石山弾性波探査 1.5 km
- xi) 土質材料調査 踏査、ボーリング：3カ所
(突き固め試験及び試料採取5個)

(2) Hevale Site

1) 上池

- i) ダムサイト ボーリング：30m×7カ所
- ii) 岩石試験 5個×7カ所
(内容に関しては今回調査に準ずる)

- iii) ルジオン試験 9回×7カ所
- iv) 地下発電所計画地点 550m×1カ所 (岩石試験10個)
- v) サージタンク計画地点 100m×1カ所 (岩石試験5個)
- vi) 導水路予定地点 100m×3カ所 (岩石試験4個×3カ所)
- vii) 導水路弾性波探査 1km
- viii) 原石山計画地点 100m×2カ所
(岩石試験5個×3カ所、安定試験3個)
- ix) 土質材料調査 踏査、ボーリング：3カ所
(突き固め試験及び試料採取5個)
- x) 現場透水試験 立て坑φ1.8m×10m
(定水位法)

2) 下池

- i) ダムサイト ボーリング：70m×4カ所
- ii) 岩石試験 5個×4カ所
(内容に関しては今回調査に準ずる)
- iii) ルジオン試験 23回×4カ所
- iv) 横杭 ダムサイト1.5×2.0×30m×2カ所、展開図
- v) 現場せん断試験 1回×2カ所×2地点
- vi) 載荷試験 1回×2カ所×2地点
- vii) 放水路出口 ボーリング：50m×1カ所
- viii) 放水路弾性波探査 1km
- ix) 原石山計画地点 100m×3カ所
(岩石試験5個×3カ所、安定試験3個)
- x) 原石山弾性波探査 1.5 km
- xi) 土質材料調査 踏査、ボーリング：3カ所
(突き固め試験及び試料採取5個)

(3) Marleshwar Site

1) 上池

- | | | |
|-------|------------------|---------------------------------|
| i) | 貯水池 | ボーリング：45m×5カ所 |
| ii) | ラテライトサンプリング | トリプルサンプラーφ120mm×3本×5カ所 |
| iii) | 室内透水試験 | ラテライト：3個×5カ所 |
| iv) | 室内土質試験 | ラテライト：物理試験、一軸、三軸 |
| v) | 現場透水試験
(定水位法) | ラテライト：立て坑φ1.8m×10m、3回 |
| vi) | ルジオン試験 | 3回×5カ所（玄武岩） |
| iv) | 地下発電所計画地点 | 600m×1カ所（岩石試験10個） |
| v) | サージタンク計画地点 | 100m×1カ所（岩石試験5個） |
| vi) | 導水路予定地点 | 100m×3カ所（岩石試験4個×3カ所） |
| vii) | 導水路弾性波探査 | 1km |
| viii) | 原石山計画地点 | 100m×3カ所
(岩石試験5個×3カ所、安定試験3個) |

2) 下池

- | | | |
|-------|---------|-----------------------------|
| i) | ダムサイト | ボーリング：70m×4カ所 |
| ii) | 湛水域地質調査 | ボーリング：70m×6カ所 |
| iii) | 地回り調査 | ボーリング：35m×2カ所×4地点 |
| iv) | 土質試験 | 物理試験 |
| v) | 安定解析 | 2断面 |
| vi) | 現場計測 | パイプ歪み計35m×4カ所 |
| vii) | 岩石試験 | 5個×6カ所
(内容に関しては今回調査に準ずる) |
| viii) | ルジオン試験 | 23回×4カ所 |
| ix) | 横杭 | ダムサイト1.5×2.0×30m×2カ所、展開図 |
| x) | 現場せん断試験 | 1回×2カ所×2地点 |
| xi) | 載荷試験 | 1回×2カ所×2地点 |
| xii) | 放水路出口 | ボーリング：50m×1カ所 |

xiii)	放水路弾性波探査	1km
xiv)	原石山計画地点	100m×3カ所 (岩石試験5個×3カ所、安定試験3個)
xv)	原石山弾性波探査	1.5 km
xvi)	土質材料調査	踏査、ボーリング；3カ所 (突き固め試験及び試料採取5個)

10.3 水文調査

第11章にまとめたとおり、入手したデータを基に各種水文諸元を解析した。しかし、データの不足により結果が満足できる水準に達していないのが実情である。もっと精度の高い諸元を推定し、それを今後の詳細計画に役立てるためには、更に検討を進める必要がある。この目的を果たすために、以下の調査を実施するよう提言したい。

- (1) サイト候補地における降雨量、流量および堆砂量調査の実施
- (2) 他の機関によって収集されている30年間にわたる月および日降雨量データの収集
- (3) 時間毎の蒸気圧、乾球および湿球温度等の測定、上空の風速データの収集（PMP解析に必要なデータ）

10.4 環境影響調査

本調査は、Hevale、Jalond 及び Marleshwar の3候補地について環境の現況調査を実施し、環境影響の評価、影響緩和策及び環境管理計画の策定を行って、比較検討することを主目的としている。

しかし、本調査では下記の点について十分な調査・情報収集が行われておらず、今後追加調査の実施が望まれる。

- (1) 航空測量によって得られる地形図及び土地利用図に基づく環境の現況調査、影響評価、影響緩和策の策定及び環境管理計画の策定を行う。
- (2) 他の水力発電事業における金銭又は代替地提供等の補償に係る事例の収集及び調査を実施する。
- (3) 本調査では、水力発電事業にとって必須である送電線のルートに対する調査は行っていないため、この調査を実施する。
- (4) 候補地周辺の井戸の分布、使用状況及び地下水位等に係る詳細調査を実施する。

- (5) 工事中には工事関係者の宿舎、学校及び関連インフラ施設からなるコミュニティが形成されると想定されるため、これに係る諸問題についての計画実施者及び地元住民間の合意プロセスについて調査する。
- (6) Marleshwar サイトに存在する Marleshwar 寺院の保全に係る委員会の設置等について調査する。
- (7) 移植又は植林の実施に関連して、どの樹種が候補地の植生に適合するか調査する。
- (8) 最新の法制度について詳細に調査する。

10.5 電力調査

揚水発電を系統に導入するためには、当該電力系統の需給見通しを始め広範な調査・検討を行わなければならない。電力計画調査は特に重要な項目を数多く含み、計画の基礎資料となるものである。

以下は今後この調査を継続するために必要な追加調査項目である。

(1) 電力計画

- ・ 電力需給現状調査（再調査）
- ・ 電源構成調査及び電源開発計画調査（再調査）
- ・ 負荷曲線検討（再調査）
- ・ 隣接系統調査
- ・ 揚水発電ポテンシャル検討（再調査）
- ・ 最適規模および投入年次の検討
- ・ 系統解析計算
- ・ 運用計画の検討

(2) 送電計画

- ・ 送電設備の現況調査（再調査）
- ・ 送電設備の拡充計画（再調査）
- ・ プロジェクト対応送電線のルート選定
- ・ プロジェクト対応送電線の F/S 設計
- ・ コスト見積もり

(3) 電力設計

- ・ 発電所レイアウトおよび発電機器概略設計
- ・ 屋外開閉概略設計
- ・ 関連変電所概略設計
- ・ コスト見積もり

10.6 プレFS設計、主要構造物の概念設計

電力調査から判明する揚水発電運用計画（ピーク出力、ピーク継続時間）をもとに貯水池の諸元および土木構造物の諸元を決定する。

検討作業では、現地詳細調査の結果に基づきマスケープラン調査で設定した概念設計案を変更する必要があるかどうかを検証する。その結果の必要が無ければ、最適ルート上でも経済的な土木構造物の配置および設計諸元を詳細に検討し、最終的な最適開発計画案を決定する。

(1) 主要構造物の概略設計

概略設計は、電力調査において決定された最適揚水運用計画案、航空写真測量で作成された 1:10,000 地形図およびそれまでの諸調査の結果を用い、上部および下部ダム、水路、発電所等の土木構造物および発送変電設備のレイアウトを検討し、概略設計を行なう。

(2) ダム貯水池

1) 上部および下部ダム

ダムについての概略設計は、ダム軸の選定、ダム高の決定、ダム型式の選定、洪水吐の位置選定および概算数量の算出が主な内容となる。このうち、ダム型式の選定は、谷の形状等の地形、地質、建設材料、洪水吐位置および経済性等を考慮して決定する。

掘り込み式ダム（hill-top type pondage）の場合は貯水池基盤の掘削ずりを周辺に盛立てるため、切り盛り量のバランスを考え最も経済的な土工計画を立てる。

2) 洪水吐

洪水吐の容量は第 8 章水文調査の結果から設計洪水量を決定し、洪水吐の容量、構造を決定する。

(2) 水路系 (Water way)

1) 導水路、放水路トンネル

上部・下部ダム地点および発電所地点間の平面的なルートおよび地形を考慮し、現地詳細調査で得られた地質情報を最大限活用して、最終的な水路ルートを決定する。

また、導水路トンネル、放水路トンネル地点では十分な土かぶり (overburden) が確保されているかもチェックする。

損失水頭から発電量、揚水必要エネルギーと水路の建設費を比較して最適な水路断面を決定する。

2) 調圧水槽

水路長が 500 m から 1,000 m を超える場合には導水路側では水圧管路上部に、また放水路側ではドラフトゲート室下流に調圧水槽を設ける。

3) 水圧鉄管路

水圧鉄管の径は設計水頭が大きくなるにつれ、断面を小さくし経済的な水圧鉄管路になる様計画する。一般的には水圧鉄管終端で、流速は 10m/sec を目安とする。

(3) 発電所

本計画は地下式発電所が予想される。従って周辺岩盤の土木地質的評価に基づき地下空洞の安定性を主眼にして導水路トンネル、水圧管路長と放水路長との関連、搬入トンネル、ケーブルトンネルのレイアウトおよび施工性等を総合的に勘案して、地下発電所の適地を選定する。発電所の大きさおよび水車中心の標高は主機の概略設計で求められる諸元を用いる。

10.7 建設工事費

プレフィージビリティ調査における建設工事費は以下の項目から構成される。

- 準備工事
- 土木工事
- 水力機器 (水門、鉄管) 工事
- 水力電気機器工事
- 送電線工事
- 予備費

- 補償費
- 管理費およびエンジニアリングサービス費

10.8 建設工程

建設工程の作成に当ってはプロジェクト規模、施工方法、構造物の位置、水文、気象の条件を考慮する。

建設工程でクリティカルパスとなる条件を検討し、施工法を考慮して、適切な建設工程を立案する。

10.9 財務・経済分析

本案件については、開発調査実施期間中に提起されてきた分析作業継続に対する諸制約から、本報告書において、内部収益率（IRR）等の指標を用いた定量的投資妥当性判断は為されていない。したがって、ここでは、①分析の枠組み、②分析の手順、③分析計量モデルの構築とパラメータ、④財務分析、および⑤経済分析の範囲でまとめた。

10.9.1 分析の枠組み

(1) 財務・経済分析概論

経済分析では国内に賦存する資本、労働、その他各種財・サービス等の稀少資源を当該案件に利用することの妥当性を、実質（社会的）価値で測った費用と便益から一定の指標を用いて判断する。一方、プロジェクトの財務分析には市場価格を用いた費用と便益を用い、事業実施主体にとっての収益性を測ることを目的としている。

経済分析における等価割引率（EDR）の推定では、移転項目（関税・付加価値税等公租公課、補助金、金利等、稀少資源の実質的損耗を伴わない金銭的移動）を除去する。

(2) 技術的最小費用分析（Least Cost Analysis）

今後の厳密・多角的な分析により、当該プロジェクト案件がインド国内の稀少資源利用において最適であり、かつMSEBの最小費用開発系統計画において不可欠な部分を構成すると考えられる。

(3) 便益と費用

本件の経済分析では、国家・マハラシュトラ州開発計画等において電力分野への投資が特定され、例えば工業・運輸・あるいは社会開発等、他分野との投資競合性が無いことを前提としてEDRを計測する。

EDRについては、従来、これを以って経済的内部収益率（EIRR）とした例が散見されるが、本件では上記②による厳密な意味でのEDRの計測を行うものとする。なお、本報告書では従来の慣例に従って、EDRを一部、代替EIRRと表現している。

揚水発電案件の費用推定の場合、夜間におけるベースロード石炭火力、あるいは原子力を利用した揚水用電力使用が在る為、この追加的投入財に係わる諸費用、即ち、①可変維持管理費、および、②燃料費が通常の建設・維持費用に加算される。

10.9.2 分析の手順

一連の作業手順を以下にまとめる。

- 1) 当該案件と同等の供給特性を想定した「代替施設」の経済費用の推定と、「代替施設」と本案件の経済費用の現在価値を同等にする割引率（EDR）の推定
- 2) 財務的視点から見直したプロジェクト総費用の推定と、財務的内部収益率（FIRR）を用いた案件収益性の評価；
- 3) 想定の資金計画に基づく想定資金返済計画の策定；
- 4) 主要変数の変化とそれに伴う推定結果への影響をシミュレートする為、①便益価値、②初期投資額、および、③建設期間についての感度分析；
- 5) 等価割引率および財務的内部収益率によって推定される当該プロジェクトの、実施可能性・経済的効率性についての総体的判断。

10.9.3 分析計量モデルの構築とパラメーター

(1) プロジェクト期間

借款貸出し期間（Loan Period）を含む30～40年程度が多く設定される。

(2) 電気料金（収益）

GOMIDでは農業従事者向けRs. 0.5/kWhが妥当と想定される。

(3) 有効電力量

想定発電施設の有効電力量 (Q) の推定には、年平均電力量から以下の方程式を用いて推定する。

$$Q = \text{平均電力量} \times (1 - \text{Transmission loss}) \times (1 - \text{Aux. use})$$

(4) 内外貨交換比率

1997 年度当初では Rs. 35.43/US\$であった。調査分析で用いられる為替レートは、今後の国際通貨市場でのインドルピーの価値を最大評価したものと仮定する。

(5) 財務的プロジェクト費用の推定

財務的総費用は、公租・公課を含む基準費用 (Base Cost) に物理的予備費を加え、この合計額の一定割合を価格予備費として計上、さらに基準費用、物理的・価格予備費の累計額を基に建中金利が積算される。

FIRR の推定に用いる初期投下資本は、一般的な財務原則に従って、基準費用と物理的予備費を合わせた額とし、価格予備費および建中金利を含まない。

(6) 物理的予備費 (Physical Contingency)

今後の設計変更等の不確実性、さらに費用推定における無制限な恣意性を避ける等の目的から、物理的予備費は基準費用の一定割合 (5~10%) を想定する。

(7) 価格予備費 (Price Contingency)

価格予備費は、一般的に初期投資額 (基準費用および物理的予備費の累計額) の 5~10%とされるが、今後、さらに検討する必要がある。

(8) 維持運営費用 (O/M Costs)

年間維持運営費用は通常、初期投資費用の一定割合 (3~5%程度) を想定することが多い。

(9) 貸付条件 (Financial Terms and Conditions)

日本の政府開発援助資金は返済期間を 30 年 (10 年間の支払い猶予期間を含む) と

し、金利は 2.6%である。国際融資機関からの外国借款資金は、通常、返済期間を 20 年（その内猶予期間が 5 年）とし、金利は約 6～7%が設定される。

(10) 建中金利 (Interest During Construction, IDC)

一般的に日本の政府開発援助資金等、建設期間中も利子支払が義務づけられる場合には建中金利は想定されず財務的プロジェクト費用の推定には含まれない。また、実質的な稀少資源の損耗を伴わない資本費用であることから財務的内部収益率の計算には算入されない。

(11) 割引率

財務的・経済的投資妥当性の計測に際しては 1996 年末時のインド国内における資本費用を勘案し、10%程度の割引率が想定されるが、分析に先立って再検討する必要がある。

10.9.4 財務分析

特に財務分析では財務的内部収益率 (FIRR) によって財務的収益性が検討されるが、事業実施機関 (GOMID) における財務諸表の不備等の理由から会計学手法を用いたプロジェクト会計分析はなしえない状況にあった。

(1) 電気料金

GOMID の場合、需要者は農業部門であり、その電気料金は 27.0 paisa/kWh である。しかしながら、インド政府として農業部門向け電気料金の値上げに政策的コミットをしていることを勘案し、単位価格を Rs. 0.5 (50 paisa) /kWh とすることが妥当と考えられる。

(2) 財務的内部収益率 (FIRR)

開発案件の財務的投資妥当性 (Financial Viability) は、割引キャッシュフロー法 (Discount Cash Flow Method) を評価手法とし、指標して n 年間(各年度を t とする)のプロジェクト期間の各年度期末における利益率を示す内部収益性 (IRR) で推定される。本案件においてもプロジェクト実施当局 GOMID は、現地調査時点における約 10%

の資本の機会費用にはほぼ等しい、あるいはかなり近い値の財務内部収益率（FIRR）を維持することを期待している。

(3) 感度分析

主要変数の変化とそれに伴う推定結果への影響をシミュレートする感度分析を行う。設定条件は、① 10%低い便益価値、② 10%の初期投資費用超過、および、③ 1年の実施遅延である。

10.9.5 経済分析

経済分析過程に用いられる数量データは財務的内部収益率の推定に使われた基本資料を基にしつつも、以下に述べる修正が加えられる。

(1) 移転項目 (Transfer Payments) の控除

プロジェクト経済評価における「移転項目」は、諸資源に対する所有権・請求権が社会のある構成員もしくは部門から他へと移る（移転）のみで、これによって国民所得の増減はないことから「経済的費用」に含まれないし、また、市場価格から経済価格への変換に際しては控除される（即ち、EDRの推定において控除される）。

(2) 変換係数と経済価格への変換

財務費用から経済費用への変換に際しては、1991年度当時の世界銀行推定値(0.8)と調査団推定値(SCF; 0.8、未熟練労働者; 0.52)を勘案する。

(3) 等価割引率 (EDR、代替 EIRR)

EDRは、当該水力案件と同等の供給特性を想定した「代替施設」の経済費用および本件経済費用の現在価値を同等にする割引率である。EDRは、プロジェクトの有意性を示すために資本の機会費用と比較される。

(4) 感度分析

主要変数の変化とそれに伴う推定結果への影響をシミュレートする感度分析を行う。設定条件は、① 10%低い便益価値、② 10%の初期投資費用超過、および、③ 1年の実施遅延である。

JICA