

気象および水文

1 気 象

ケラントアン州の気象は、北東および南西の季節風に大きな影響を受ける。

マレーシアでは、この2つの季節風と、それにはさまれる2つの休止期の4つの季節があり、気温、湿度、日照および降雨などの諸現象が、その季節の遷移につれて変化している。

一般に、南西の季節風は、5月の後半から6月の初め頃に吹きはじめ9月に終り、2ヶ月程の休止期を経て、今度は、北東の季節風が、10月の終り頃から11月の初め頃に吹きはじめ3月に終る。そしてさらに2ヶ月程の休止期があって、次の南西の季節風期に移る。

ケラントアン州を含む東海岸では、一般に、北東の季節風期の10月から3月にかけて、相対的に、低温であって日照はすくなく、降雨は大であるが、湿度変化はそれ程顕著でなく、南西の季節風期にはその逆の傾向をもつのが普通である。

年平均の気温は州都のコタバルにおいて、1968年から1972年の記録によれば、 26.9°C で、平均気温は5月の 28.1°C が最高で、1月の 25.9°C が最低である。既ち、平均気温は、最高と最低の温度差が、わずかに 2.2°C で年間を通じて大きな変化はない。しかし、気温の日変化は比較的大きく、早朝6時頃の気温が最も低く、 24°C 前後、昼間は13時頃が最も高く 30°C 前後の値を示して最高と最低の温度差は平均値でも 6°C を超す。1968年から、1972年までの5年間の記録によれば、この間の最高気温は、 36.7°C 最低気温は 18.3°C を示している。(表6-1参照)

相対湿度は、上記5年間の平均値で、 80.7% と高い値を示すが、年間を通じての変化では、最低が3月の 79.1% 最高が11月の 82.2% となつて、その差は 3% 程度とその変動値は僅少である。相対湿度も季節変化よりは日変動値の方が大きく、湿度の日変化につれて、朝6時頃が最大で 94% 前後、正午から13時にかけて最少値を示し、 68% 前後の値となつて、その変動値は 26% に達する。(表6-2参照)

年間の日平均日照時間は、 7.03 時間で、1年間をみると、11月、12月が最もすくなく、 6 時間弱であるのに反し、インターモンスーン期の3月4月に最も多く、 8.7 時間となつている。これに関連して降雨日数は統計によれば、年間の降雨日数が、 182 日となつて2日に1日の割合で降雨が発生するが、季節と降雨日数との相関はあまりない模様で、平均値で見ると、降雨日数は殆んど変化がない。(表6-3、表6-4参照)

6.2 降 雨

ケラントン州を含む東部海岸の降雨特性は、マレー半島の中でも多雨地域に属し、特に、海岸地域とその内陸部数村の範囲で最も大きく、平均、年間3,050mm程度とせられておるが、内陸に入るに従って減少し、中央山脈の東麓に達すると、2,540mm程度になるとされている。

しかし、1950年から1975年までの記録によれば、レビル川流域は、ケラントン川などで最も寡雨地帯に属し年降雨量は、2,000mmから2,250mmの範囲にある。これは当該地域の東側にある海岸山脈が、北東の季節風を遮蔽するためと考えられ、この季節風期の11月より3月までの降雨を比較したとき、山脈の東側にある海岸平野の降雨量が、2,000mmに達するのに反し、レビル川流域では、1,000mm前後しかないことで明らかである。

表6-5および図6-1は、支川別の代表的な降雨観測所の月別平均降雨量を示したものである。奥地のグワムサン、およびベルタンに表れる降雨パターンとダボン、ボンゴール、ラロックの中流部にあらわれる降雨パターンおよび、コタバルにあらわれる海岸型の3つの降雨パターンが見られる。

レビル川流域を代表するラロックと海岸部のコタバルの降雨パターンの差異は、コタバルは、10月から1月頃までの北東季節風期の雨が極端に多く、その他の季節は降雨量が少なく、2月に最低値を示して、遂次、次の北東季節風まで、降雨量が漸増する型を取る。ラロックでは、北東季節風期の12月は他の月と比較して大きく、2月に最低値を記録する点で、海岸型の特長にも似ているが、5月に1つのピークを示し、9月にまた次のピークを示す点で、奥地のグワムサンに表れる特性も備えている。

表6-6は、ケラントン州における雨量観測所の月降雨量の相関係数を求めたものである。これに依ると、ラロックの月別降雨と他の観測所の降雨の相関は概して高くほとんどの観測所と、0.6及至0.85程度の相関係数を有し海岸部のコタバルの観測値に対し、0.73 奥地のベルタンの観測値に対し、0.77 となっていて、信頼係数を99%としたときにも、資料間の相関のあることが証明出来る。

表6-7は、ラロックでの日雨量記録および時間雨量記録を基に、24時間、48時間、72時間および120時間に対応する確率雨量を、グンベル法によって求めた結果である。

表6-8は、上記の結果に基づいて、最も適合性の良いタルボット型の雨量強度式の係数を求めた結果である。これらの結果をみると、ラロックに於ては、日雨量の100年確率雨量は457mmとなっている。この数値は、ラロックに最も近いラバンカブの既往実績最大日雨量

348 mm/day に比して大きく、コクバルの 585 mm/day と比較すれば小さい。ちなみにコクバルの 10 年確率日雨量は、1960 年～1970 年間の記録に基づいては、262 mm/day である。

レビル川流出

レビル川の流量記録は、本計画の下流計測地点のトワランに、灌漑排水局の設置した自記量計があり、1973 年より観測を継続しているが、入手出来た水位記録は、1975 年 12 月 11 日～1977 年 6 月までの 1 年 7 ヶ月の間に限定される。

この水位に対応する流量観測も、1974 年 9 月から実施され、69 回の観測値を得ている。観測最大流量は、844 m³/sec で、1,000 m³/sec を超過するものはほとんどなく、1979 年 1 月 27 日に浮子観測で得られた 3,900 m³/sec が唯一の資料である。

上記の観測結果に依ると、水位と流量の関係は、1つの関係曲線で示すことが出来ず、年々変動を繰り返しており、変動中は、同一水位のとき 100 m³/sec に達することがある。従って特に低流出時の流出を求める場合、単一の関係曲線によって、水位から流量への転換をしようと、誤差が、大きく危険であるため、水位計測の年度の 1976 年および 1977 年度流量に変換するとき、それぞれの年度に実施された流量観測結果を用いるものとした。図 6-1 は上記の様に示された曲線を示す。図上に、浮子観測で得られた高水流出値も参考として記入したが、ほぼ満足すべき結果を得ている。

以上の自記水位記録と、水位流量曲線を用いてトワラン地点の流量を求めた結果は、表 6-1 に示すとおりである。

表 6-3 は、1976 年のトワラン流量と、下流のギリマード橋流量との相関を見るために、ギリマード橋日流量にトワランとギリマードの集水面積比を乗じた数値を、併せてプロットしたもので、実線が水位よりの換算値、破線が流域換算値を示す。図より明らかな様に、この両者は、かなり良好な一致を示しているが、詳細にみると、所謂北東の季節風期の 10 月末から 1 月終りにかけて、流域換算流量値が高く、その他の月では、水位換算流量値の高い事がわかる。

長期流出量

以上の様に、レビル川における流量実測記録は、18 ヶ月しかなく、長期流出量を推計する場合は、適当な実測記録との相関により求めなければならない。

上記のギリマード橋では、1949 年から 1978 年 6 月までの月平均流出量および、1965

年7月から1978年6月までの日流量と時間流量が得られている。

こゝでは、前節で述べた、トワランの水位換算流量と流域換算流量の間に見られる良好な相関を用いて、トワランサイトにおける長期流量を合成するものとした。

図6-4は、横軸にトワランの水位換算流量の累加値、縦軸にギリマード橋の流量の累加値より平均流量の累加値を控除した値(累差値)をダブルマスカーブとしてプロットしたものである。但し、4月および12月には、トワランの水位の欠測があるため、これは除いてある。節の末尾で述べた、北東季節風期間の特性が、これによって、より明確に示めされ、ギリマード橋流量と比較したとき、トワラン流量は、北東モンスーン期に低く、その他の季節には高いことが、明らかである。これは、気象の項で述べた様に、海岸山脈の遮断効果の中にあビル流域には、北東季節風期の降雨が、他の流域よりすくないこと、および、集水域の長短の差異による森林の保湿度の差ならびに南西季節風の影響等によって説明される。

図6-5はトワランにおける実測値を月流量として集計したものとギリマード橋における月流量に対してプロットした相関図であって、黒丸が北東の季節風期(10月から3月)のものを示し、白丸はその他の季節をあらわす。季節別の相関係数と全資料に対する相関係数を示してあるが、季節を別けた場合、乾期の0.995雨期の0.982と云う相関係数に対し全資料での相関係数は0.953となつて、分離した方が、より良好な結果を与える。

表6-10は上で求めた結果に基づいて、年間を雨期と乾期に別け、1次回帰式によつてギリマード橋の月流量から、トワランの月流量を推算した結果を示す。なお、ギリマード橋の流量資料では、資料の欠落があるが欠落月については、ケランタン川の流況に類似するベラリスカンダル橋流量記録を用いて1次回帰式を作成し、補充した。さらに、イスカンダル橋流量も欠測となっている月については、ラロックの日流量に基づいてタンクモデルによつてトワラン流量を合成した結果を用いている。図6-6は、タンクモデルによる合成月流量と実測流量およびギリマード橋流量からの推算値の相関を示したもので、良好な一致をみせている。

高水流出量

トワラン測水所における実測期間中の出水は、数が限定されているため、それのみでは流出量を解析するには充分でない。そこで、貯留関数法による流出解析と、ギリマード橋記録とトワラン記録の相関に基づく解析の二つの方法によつて、各回帰年に対応する洪水量を別々に求め、さらにこれを比流量によつて、既に検討済の他流域と比較して、その妥当性を検討した。

表6-11は、1975年12月12日より15日、1975年12月18日より21日、197

1979年11月25日より28日までの3組のラロックの実測降雨量を貯留関数法に適用し、トワラン流量を求め、そのピーク値と実測流量とを比較したものである。結果的には、異なるパターンおよび、異なる流出量に対して、良好な一致が見られ、ほど、洪水流出をシミュレートすることがわかる。

表6-12は、さきに、降雨の所で求めた各回帰年別の降雨強度を用い最も発生頻度の高い中・大型のハイエトグラフを作成し、その降雨を上で作成した流出モデルに適用して、それぞれ回帰年に対応するピーク洪水量を求めた結果を示している。

表6-2の方法は、1975年11月から、1977年6月までのトワランと、ギリマードの実測流量について、ギリマード橋で、ピークの流出量が、 $500\text{ m}^3/\text{sec}$ 程度を超える流量に対しトワランに発生しているピーク流量を求めると、30組の記録が得られる。図6-7はこの関係を相関図に示したものであるが、相関係数は0.928となる。これを出水期にギリマード橋のピーク値とトワランピーク値の関係として、28年間のギリマード橋の年最大流量をトワランに帰させ、岩井法によって、確率洪水量を求めた。その結果は、表6-12に示すとおりであるが、併記した確率雨量からの推算値と、かなり良好な一致を示す。

図6-8は、ENEXの実施した、ケラントン流域に関する詳細な確率洪水に関する検討に基づいて、可能最大洪水（但し、レビル川についてはジャラム・パンジャンで与えられている数値を転用）1/200、1/50 および1/10の回帰年のピーク洪水量を集水面積に対応してプロットしたものであり、すでに検討済の地点の洪水に対して、異常な値ではないことを示している。

洪水解析

レビル川に建設するダムによる洪水調節効果や、発電所のピーク運転の結果発生する段波の影響が、下流のギリマード橋地点にどのような形で伝播するかを解析するために、貯留関数法による河道モデルを作成し、河道の水理特性を検討した。

表6-13は特性の異なる3つの降雨を、モデルに与えて、トワラン、ダボンおよびギリマード橋などのそれぞれの地点で、洪水のピーク値を求め、実測流量と比較したものである。ギリマード橋地点での合成流量が、 $2,000\text{ m}^3/\text{sec}$ から、 $15,000\text{ m}^3/\text{sec}$ までの広い流量範囲にわたって、計算値と実測値との誤差は、高々、5.0%程度で、実河道の流況を、ほぼ再現し得ていると考えられる。

ダムによる洪水制御の効果を検証するために、上の検討に於いて、最大流量を示している、1973年12月洪水についてレビルダムで、一定量放流をおこなうとした場合のダムの洪水調

必要容量と、ギリマード橋のピーク減衰量を求めた。この結果は、表6-14に示すものであるが、ギリマード橋における流量の46%に相当する700m³/sec 低下させるための洪水調節容量は1.9億m³となる。

発電所のピーク発電の結果、最も苛酷な条件として流域が洪水状態にあるとき、ダム発電放流量を400m³/secとして、6時間放流し18時間停止するというサイクルを繰り返す、ギリマード地点で、流量変動がどうなるかについて検討した。結果は、図6-9に示されており、最大流量21m³/sec、最少流量18m³/sec、変動量は±10%以下となり、段波はほとんど減衰していることになって、更に、河口まで進行すれば、ピーク発生の影響は殆んどなくなるものと考えられ、河川の維持用水としては十分な効果を果すことを意味する。

6.5 河川の流砂量

今回の調査に於て、浮遊流砂濃度の測定および、レビル川の河床材料調査等の基礎資料をおこなったが資料の分析が未了のため、今回は、独自の解析を実施し得なかった。

ケラントンの流砂量特性については、さきに実施せられた「ケラントン川流域の研究」1977年ENEX 第1編第5章に検討がなされて居り、その結果によると、年間の流砂量110m³/km²/年程度とされている。

これに基づいて、トワランサイトでの100年間の流砂量を求めると、ほぼ3千万立米となり、貯水池満水位をEL. 90mとしたときの総貯水容量の4.4億立米の0.7%強に過ぎず、殆んど問題にならない。

6.6 水面蒸発量

レビル川流域での蒸発量の実測値はなく、現在、電力公社が、気温、湿度、風速等と蒸発皿を設置して、1919年7月より測定を開始している。

既存の資料としては、前述の「ケラントン川流域の研究」第1編第5章に、Water resource Publication No 5より、転載した、月別水面蒸発量が示されている。表6-15は、これを更に転載したものである。

これによると、水面蒸発量は、コタバルで、4月が最も多く、6ea/dayで、12月の値を示し、4ea/day程度年平均値で、5ea/day即ち、年平均1,800ea程度の値となる。なお同文献では、レビル流域では、コタバルにおける蒸発量よりは10%程度低い日蒸発量4.5ea/day程度の値を、等蒸発量曲線を用いて示している。

環境問題

要

調査の目的は、本プロジェクトの環境に与える影響を検討し、考えられる悪影響を防止するための対策を検討することである。

調査を進めるにあたって、1979年6月にマレーシアに滞在し、現地の踏査、資料の集積、関係諸機関、諸氏の訪問を行なった。以下の諸氏に、貴重なアドバイス及び資料の提供をした。ここに感謝の意を表します。

| | |
|--------|--------------|
| ヤン博士 | 医学研究学会 |
| セソ氏 | 環境局 |
| カーソン氏 | 自然鳥獣保護局 |
| マルチネス氏 | 医学統計局 |
| フルンダス氏 | ケラントアン州保健局 |
| フナー氏 | ケラントアン州魚業事務所 |
| ジー博士 | 農業大学 |
| セセリヤ氏 | 国立博物館 |
| タン博士 | サインズ大学 |

水質及び水質の変化

要

レピル川、ジャラムパンジャン地点に建設されるダムによって、面積247km²、貯水容量4,397×10⁶m³のダム湖が出現する。この人造湖の沿岸長は1,000 km以上であり、最大水深は、6.0 m、湛水池の終端はトワラン地点より約75km上流の、パバナ川にまでさかのぼる。この大人造湖の出現による水文学的な影響は第6章において述べられているとおりである。環境的側面からみた場合、次の点が着目される。

ダム下流側

ダム下流側（特にP/Sからガラス川合流点まで約30kmの区間）では、洪水期におけるピーク流量のカット、渇水期における流量の増大という流量の平準化によって、下流側の社会経済活動に便益をもたらすと考えられる。すなわち、人命、財産の保全、病疫の減少等治水効果と、農業かんがい水の安定供給という利水効果が見込まれる。しかし、この区間

においては集落は多くなく、田のかんがい水の需要も少ないとみられるので、その使
小さいと考えられる。

発電所洪水吐よりの急激な放流に備えて、適切な警報システムを用意し、実行する
ある。また舟運に若干の影響が考えられるが、将来、クウムサン〜クアラクライ高速
整備によって、自動車の利用が可能となり問題はない。

(3) ダム湖

ダムより上流側においては、大規模なダム湖が出現し、河川系から湖沼系に変化する
湖の水質の変化は洪水開始から数年間において急激に起こり、その後はしだいに安
湖沼系の水質となる。熱帯におけるダム湖の事例からみると、次の事柄が予想される。

① 溶存酸素

洪水によってダム底の植物が腐敗するが、この時に酸素が消費されるので溶存酸素
激に減少する。しかし、洪水後数年すると上層の溶存酸素は飽和状態にまで回復し
の溶存酸素も、上層より緩慢であるがしだいに回復する。

② 炭化水素

植物の腐敗による溶存酸素の低下に伴い炭化水素が発生するが、これも洪水後数年
急激に起こり、その後はしだいに減少していく。

これらの水質の悪化は洪水後数年間はダム下流側に影響をもたらすと考えられる
に影響を受けるダム〜ガラス川合流点までは前述のように集落が少なく、問題の度
さいと考えられる。

③ 富栄養化

ダム湖の水質は、長期的には富栄養化が進むものとみられる。現在、レビル川及
ンタン川の水質は硝酸塩、アンモニアが少ないが(図-1, 表-1, 表-2)、西海
エンデロ湖(Chenderoh)の下流の水質は硝酸塩、アンモニア、りん酸塩が検出さ
-2, 表-3)、チェンデロ湖の富栄養化が推測される。洪水予定地域の植生等から
ると、本ダム湖もチェンデロ湖と同様な水質になることが予想される。

富栄養化の進行は、ダム湖周辺の将来の土地利用に左右される。7.6② 環境対策
ように、オランアスリの居住地区を除いて、ダム湖周辺での集落の進出を限定する
とれば、富栄養化の進行は緩やかなものと期待される。また、ダム湖上流のアリン
開発計画はダム湖の水質を急激に悪化させる可能性があり、水質保全に慎重な対応
れる。

土砂の流出

湛水池沿岸においては、地下水位の変動による小規模な地すべり等の可能性がある。また現在でも起きていることであるが、森林の伐採、焼畑、林道の開発等が沿岸部で行なわれると、土壌の浸蝕、土砂の流出は著しい。従って、将来においても周辺森林の開発を注意深く行なうことによって、沿岸の浸蝕、土砂の流出を最小限にとどめる必要がある。下流側へ流帰される土砂がダムによってさえぎられ、下流の河床が浸蝕される可能性がある。しかし、ガラス川合流点より下流まで影響があるとは考えられない。

生物への影響

植 物

湛水予定地域及び周辺の現植生は熱帯降雨林であり、その種は多種多様であって優占種は指定できない。代表種はフタバガキ科の高木であり、林業の対象であるMeranti, Chengal, Euing, Kapur, Balau等を含む。

現在植生への影響としては、森林がダム湖に水没して、消滅する以外にはないと考えられ

なお、過去に植生調査が詳しくなされていないので、湛水予定地域の貴重種の有無を確かめておくことが望まれる。

他の熱帯湖の事例から、貯留水の蒸散損失に影響を及ぼすヒアシンス等の浮遊性水草の急激な繁殖の可能性が考えられる。水草の繁殖度合は、水質の富栄養化に比例すると考えられる。従って、周辺土地利用について注意深く計画する必要がある。

動 物

哺乳類

ケラントアン州南部山間部では、表-7.4、図7-3に示すように保護動物が目撃されており、湛水予定地域には、保護動物がかなり存在していると推測される。

しかし、本地域には垣なめ場は存在せず、本地域が野生の大型動物にとって特に重要な生活の場であるとはいえない。ダム湖の上流には国立自然公園があるが、湛水予定地域からはずれている。

湛水開始後、大型動物の大部分は山間部へ避難できると予想される。ダム湖の出現で食餌場は減少するが、流域面積2,480 km²に比べダム湖は247 km²であり、生活のための場

は充分残ると考えられる。⁶⁾

② 魚 類

レピル川に生息する魚類の詳細な調査は行なわれていない。ジョンソン博士によればマレーの北部地区（ペラク州、ケランタン州及びトレンガヌ川以北）は共通の生息地であるとされている。北部地域に限定して生息する魚種として、*Rasboraborapaten*、*Labiobarbus lineatus* 等があげられており、南部地域にも生息するが、北部地域によくみるものとして *Aplocheilus panchax* (Kepala Timah) *Trichopsis vittatus* (Karim) 等があげられている。これらはレピル川にも生息していると思われる。

周遊魚としては、ウナギ、淡水エビが生息していると推測される。

ダムの出現によって魚類の生息の場が分断されることになり、ウナギはダム湖で繁殖する。

ダムより下流においては魚類に影響があるとは考えられないが、ダム湖において静水を好み、静水型に適した魚類が優占するようになる。

7.4 社会・文化面への影響

(1) 集 落

洪水予定地域の人口は約700人（約120世帯）で、その半数はオラン・アスリと呼ばれる土着民である。ダム湖の洪水によってこれらの集落は水没するが、その影響、対策について述べる。

① 農 民

オラン・アスリ以外の住民は大部分が農民であり、その集落の形態は、大江川沿岸に分散して立地しているもので、一集落は数世帯で構成されている。彼らの大部分は流部平野から農地を求めて移住してきたもので、河岸を焼いて小面積を開墾し、

6)

Mohd Khan Bin Momin Khan

に比較表7-5のように生息密度が撈獲されている。従って、約150以上の魚種の損失は約850頭の量に及ぼす。

もろこし、豆、バナナ等を栽培する。数年後には米、ゴムの栽培も試みるが、成功する者少なく、ほとんどはこの農地を放棄し、他の地点に移住する。

このように、彼らの生活は当地に根ざしたものでなく、家屋は貧弱であり、集落として形成していないので、学校、教会等の公共施設はない。従って、洪水によって影響を受ける物件は農地の消滅だけであるが、従来の移住プロセスを踏襲するならば自力によるダム湖沿岸での開墾によって、現状復帰は容易である。

しかし、土砂流出の防止、水質の富栄養化の防止、公衆衛生の保全等の観点から、将来においてはダム湖沿岸における開墾は厳しく制限すべきであろう。

これらの移住農民の進出は、平野部における土地不足が原因している。故に、水没する農地を救いかつ湖岸での無秩序な開発を防止するためには、土地開発計画を作成し、新たな計画的開発農地にこれらの農民を吸収していくことが基本の方針になると考える。

オラン・アスリ

当地でのオラン・アスリはネグロ系のパテク族で、森林に分散して集落を形成している。クック地点の近くには、オラン・アスリ局によって地区センターが設けられ、学校、宿舎、クックといった公共施設がある。また、オラン・アスリの同化政策の一環として菜園（13エーカー）、ゴム園（60エーカー）の開墾に助成がなされ、ゴムの苗木が与えられてい

オラン・アスリの居住地域は森林部に広く分散しており、また移動しているので、洪水による居住地面積の減少というインパクトがどの程度に彼らの生活に影響を与えるか、それを正確に予測することは困難である。

しかし、

1) 政府の同化政策を実施しても、歴史、文化、生活様式の異なるオラン・アスリが、マレー人種と同化するには長い期間が必要であるとみられ、過渡的には、オラン・アスリの居住地域が独立して確保される必要があること。

2) 森林の保全、ダム湖水質の保全等の観点から、ダム湖周辺地域の土地利用は政府のコントロール下にあることが望ましく、オラン・アスリの居住(生活)地域についてもある程度の境界を設けること。

3) 同化政策の一環として実施されているゴム園の開墾等は、ダム湖の出現後も引き続き実施していく必要があること。

という理由から、オラン・アスリのための移住計画を作成する必要がある。

移住地の規模は、1人当10haとし、およそ3,000haを用意し、位置として地形が比較的緩やかなレビル川左岸地域が適当と考えられる。この中では、オラン・センターを復元し、ゴム橋等の開墾を行なう。センターへのアプローチはダム湖・グロムサン〜クアラクライ高速道路からの両ルートが考えられる。

(2) 公衆衛生

ケランタン州において伝染病のうち患者の発生が多いのはマラリアであり、次いでス、はしか、赤痢があげられる。(表7-6参照)

マラリアの発生は、雨水、下水の排水が不良な住居地域に居住するという生活環境の他、栄養失調が主な原因になっているとみられる。

ダム湖の出現によって、蚊の生息に好条件を与えるかどうかは予測困難である。ダム湖周辺の人口密度は薄いのでこれらの伝染病が爆発的に広がることはないと考えられる。

公衆衛生上問題となる時期は、多量の労働者が流入し、一時的に人口密度が高くなる期間中である。この期間中には、以下の対策の実行が望まれる。

- i) 建設労働者に対する検疫及び予防注射
- ii) 伝染病の早期発見のためのモニタリングシステムの設置
- iii) 発生時における消毒、隔離等の対策の用意
- iv) 医療施設の他に、上水、下水処理施設の整備

なお、水温の上昇によって生息が強まるカタツムリを中間宿主とする住血吸虫の伝染病はケランタン州ではないとみられる。

(3) 考古学的遺跡

当地域の集落は前述のように定住性のものでないため、文化的施設等は存在していない。従って、水没による文化施設の損失はない。

オラン・アスリ居住地域の中には、民族学的に貴重な施設がある可能性もあり、移住地への移設も必要である。

本地域では考古学的調査が実施されていないので、湛水予定地域内での考古学的遺跡の存在は不明である。考古学者の推測では、レビル川は古代タイよりマレーに南下するルートとして利用されており、考古学的遺産の存在の可能性は高いとみられている。従って、湛水予定地域内の考古学的調査の実施が望まれる。

産業活動への影響

要

洪水予定地域における産業活動は、現在林業が主たるものであり、他は自給的農業、漁業にすぎない程度である(表7-7参照)。従って、洪水による影響としては森林面積減少以外に大きく被害を被るものはない。

洪水においても、ダム湖周辺の産業活動の主は林業であり、農業の開発はオラン・アスリの開発以外に抑制する方針が望ましい。ダム湖上流のアリン川開発計画(FELDAによるパームオイルの栽培)が、ダム湖周辺の農業開発計画としてあげられている。これは、スマタン州全体の土地不足の解消、及び洪水予定地域に住む農民の移住の吸収先として魅惑する計画だが、大規模な森林のオープンカット、人口の流入を図る本計画は森林保全、ダムの水質の保全等の観点からみて、新たな環境問題を引き起こす可能性がある点に留意する必要があるであろう。

洪水は、ダム湖の出現によって静水系、富栄養水を好む魚種の増加が期待されるので、現行の自給的な漁業から、市場性のある漁業開発の可能性が期待される。

林業

洪水からの産出量は、森林の地形、樹種、伐採方式等によって異なるが、おおよそ洪水による林業の損失は年25M\$/haとみとまれる。

なお、洪水開始前に洪水による損失を最小限とするため、また水質の保全効果もわらって、洪水予定地域の森林の伐開を行なうことが望まれる。

漁業

スマタン州における食用魚の大部分は海産魚であるが、近年淡水魚の見直しが図られ、主に中部の池沼においては、

LamDan Jawa - *puntius gonionotus*

(Indonesian carp)

Lee Koh - *cyprius carpio*

Tongsan Kepala Besar - *aristichthys nobilis*

(Bighead carp)

の導入が図られている。

ダム湖の出現によって、これらの魚種の導入を図り、市場性のある漁業開発への可能性も考えられる。

漁業開発のためには、

- i) 市場性の開発・研究
- ii) 流通市場の整備
- iii) 漁獲方法、養魚方法の開発・研究
- iv) 漁業組合等の開発主体の形成

等調査課題となるべき項目が多々あり、現時点でその成否は判断できないが、国民のたんばく質の供給源として、漁業開発の可能性は今後も追求する必要がある。

(4) 観 光

ダム湖の出現によって自然景観は一変し、ダム湖でのスポーツ・フィッシング等によるなど観光、レクリエーションの場としてダム湖の利用が可能となろう。しかしながら、地域での観光の需要は将来においても大きいとはみられない。また、自然環境の保全からすれば、むしろ観光客の流入を抑制する方向の方が望ましい。鳥獣保護局による元で、監視設備の建設が国立公園内のレビル森林保全区の南端に予定されているが、湖の出現で国立公園への舟運によるアプローチが容易になろう。

7.6 結 論

当プロジェクトによる環境への悪影響は、前述の検討結果から、プロジェクトの遂行するほどのものではなく、適切な事前調査、環境対策を実行すれば、充分防止できると思われる。

① 必要な事前調査

i) 湛水予定地域の生物学的調査

特に

- a) 湛水予定地域内の貴重な植物の存在の有無の確認
- b) 水生植物の調査とダム湖の水草繁殖の予測
- c) レビル川に生息する魚種の確認と、ダム湖への導入魚種の検討

ii) 湛水予定地域の考古学的調査

② 環境対策

- i) 放流時における下流への 警報システムの確立と実行
- ii) 工事期間中の公衆衛生対策の確立と実行
- iii) ダム湖周辺の土地利用計画の作成と実行

うち、②-Ⅲ) は重要な項目である。ダム湖周辺の土地利用によって、ダム湖の水質、
流出量は左右される。本調査では、ダム湖周辺の土地利用として、

保全型の林業

ツ・アスリの移住

開発局のアリン及びレビル地区土地開発

ものとしてあげたが、このうち、ダム湖に影響を与える度合の強いのはアリン及びレビル地
開発計画である。本計画に対しては、下流側に当るダム湖の保全という観点から、環境
の配慮を要望する。

8. 計画地点の選定と開発方式

8.1 概 説

西マレーシアでは、急激な電力需要の増加をまかなうために、多くの火力発電所計画が立てられているが、最近の石油危機を反映して、今後可能な限りの水力発電所の開発を推進する必要があるとし、特にケランタン州やパハン州にある豊富な水資源を、洪水制御、灌漑計画及び観光資源開発と組み合わせて、水力の多目的開発を極力推進しようとしている。

レベル水力発電所は、上記の趣旨に基づいて計画されたものであり、今回の予備検討段階は、水力発電所の計画に、灌漑および洪水制御の要因を加味したとき、多くの比較計画地点と様々な考え得る規模について、どの地点のどの規模のものが最も有利であるのか、そして今後更に詳細な現地調査や設計検討段階に進むについて、計画自体の技術的健全性や経済的妥当性がどの様なものであるかを明らかにすることを目的としている。

したがって、地点選定や設計上の基本的な要素として電力、灌漑および洪水制御の3つを挙げ、これらを組み合わせて、最も高い効果を挙げ得る計画を策定するものとした。

レベル川の地形の特性から開発方式としてはダム式の開発に限定され、灌漑や洪水制御の効果の測定が、下流ギリマード橋地点への波及効果によってなされる立地条件から、サイトの選定は、レベル川の下流部に限定せざるを得なかった。

比較に用いたダム形式としては、サイトの地形、地質および、水文の特性に応じて、様々な形式が考えられるが、ここでは代表的な形式として、コンクリート重力式および、フィル式を2つを、中心として比較を進め、特殊な地形に対しては、フィルとコンクリートの複合形式を検討の対象とした。現地における測量や、物理探査およびボーリングなどの調査結果が、掘削や基礎処理の方式、規模を決定のために参照されている。

開発地点や、規模を決定するために、貯水池の満水位や、最大使用水量を変化させて、3年間の月別流量に基づき、発生電力量、最大出力、常時尖頭出力、渇水時可能灌漑補給量、洪水制御効果を求め、これらの総合の便益が最大のものを取って、比較計画案の適正開発方式とその最大のものを取って、地点と規模を決定するものとした。このとき、貯水池の運用のモデルとしては、発電所をピーク運転するものとし、貯水池水位が最高水位以外るときは、ピーク運転継続時間を6時間としてなるべく、貯水池水位を高位に保てるような最も簡単な方式をいっている。尚洪水制御便益については、プロジェクトの発電と洪水制御便益の合計が最大となる様に、余水路の自由溢流堰の規模、および設置標高を定めた結果得られたものである。

た、灌漑便益については、最終的な作付品種に対する灌漑用水需要に対して、発電用使用水量の貢献度を勘案して求めたが、貯水池の運用ルール上には特別の責任放流量は設定しなかつた。

関連する事項として、計画の中に組み込んだ事項は、新規作成した湛水池地形図に基づく貯水池の湛水位容量曲線および、放水位確定のためのトワランの実測水位流量曲線、実測地形図に基づく河川横断面を用いた不等流解析から得られたジャラム・パンジャン地点及びキャック地点の水位流量曲線などの他、コタバルにおける月別蒸発量、河川流砂量他がある。

比較地点

既存地形図による机上検討と、現地踏査の結果から、レビル川下流域では、本川ダムとして最も川巾もせまく、両岸の山腹斜面も急峻で基礎岩盤の露頭も堅硬緻密な有望なサイトとして、トワラン地点が選定された。この地点は、灌漑排水局の流量観測のためのケーブルの架設位置に一致し、グウムサン、クアラクライ高速道路の架橋計画地点とも一致する。河床標高は平均高位上16mであって、これより下流では、谷巾も広く、両岸の山腹斜面は緩やかで、しかも河川沿いにラロック総落等の集落が点在するようになって、ダム建設には適さず、トワランが最下限と考えられる。

既往の開発計画で、しばしば取り挙げられているジャラム・パンジャン地点は、トワラン地点の上流3.2kmに位置し、河道が、南北流から1度180°流向を転じ更に、再び南北流に復元するS字型を示す特殊な地形にある。この地点は、トワランに次いで谷巾が狭いが、両岸の山腹斜面勾配は、15°前後とかなりゆるやかである。

以上の2つのサイトは、位置的にも近接し、集水面積にも、大きな差異がないため、殆ど同規模の開発が可能であるが、いずれにも共通のサドルダムの建設が必要で、さらにトワランには、独自のサドルダムが余分に必要となる。

ジャラム・キャック地点は、ジャラム・パンジャン地点の上流11kmに位置し、河道が、扇形に急湾曲した地点にあり、マネックウライの鉄道橋より上流で、唯一の木材搬出用の道路橋が架橋されている地点にある。谷巾は広く、両岸山腹斜面の勾配も極端に緩やかで、本川ダムとしては、最も条件が悪いが、サドルダムを一切必要としない点が、その特長である。

これより上流の地点では、逐次集水面積が小さくなり地形も谷巾が広くなるため、下流サイトと比較したとき、より有利な計画を策定し得る可能性のある地点はないと考えられる。

8.3 トワラン計画

比較計画地点のうち、最下流に位置する計画を、地名を取って、トワラン計画と呼ぶ。

トワラン計画におけるレビル川の集水面積は 2480 km² であり、クアラクライ合流点に
るレビル川総流域面積のほぼ 73% に当る。

所在位置は、既述の様に、潘森排水局の流量観測用ケーブルの架設位置に一致するが、
サム川の合流点の直上流であって、左岸側にドーム状の小山塊（標高 206 m）があり、
側は、レック川との分水嶺をなす北々西方向の小山脈からその北限近くに於て東西方向に
110 m 程度の小さな尾根が延びて来て、レビル川に達しており、この両者が V 字溪谷を
している。

右岸のレック川との分水嶺をなす小山脈は、ジャラム・パンジャンの S 字カーブの上流
レビル川の小支川 ベダ川に遭遇するまで、南々東方向に約 4 km 伸びている。ベダ川は、この
脈の南麓を主流路が東西方面に横切って、海岸山脈からの支脈に達する小支川であるが、
と、下流の支流レック川との流域境界に最低標高 40 m の鞍部を形成する。

一方、左岸側は、既述のドーム状小山塊の上流側で、低標高の沢状地形をへだて、レ
川とサム川の分水嶺を形成しながら、中央丘陵帯につながる山脈と対峙する。サム川は、
ル川との合流点では、東方向の流向をもち、ほぼ直角にレビル川と合流するが既述のド
山塊の北縁部を過ぎると本流は、90° 流向を変えて、ほぼ南北の流向をもって流れるため
ムサイト上流の沢状低地は、レビル川とサム川との流域界に、最低標高 40 m の鞍部を形
る。

トワラン計画地点の河床標高は、平均海面上 16 m であって、河口まで、100 km をとる
緩流河川であるため、これより下流の落差の開発はあり得ない。

また、右岸の尾根の地形および基礎岩盤の状態から、最大貯水地水位は、標高 90 m の
限度である。

トワラン計画において、貯水池満水面を平均海面上 90 m に選んだとき、貯水池の洪水
は 250 km² となり総貯水容量は 4.495×10^6 m³ となって、洪水は、ダムサイトから川の
75 km 奥地に延び、既述のチャリル域は勿論アリン域、レビル域の土地開発計画面積の
が水没する。故水位は使用水量に依って変動があるがほぼ平均海面上 24.7 m 程度であり
最大総落差は 61.1 m 前後が期待出来る。ちなみに、貯水池満水位を 80 m、70 m とし
合の洪水面積および貯水容量を示すと表 8-1 の様になる。

ダムの立地位置から、レビル流域の 73% に相当する流域からの洪水流出を調節する川の

立地条件にある。また、貯水池の調整機能に依って、10年確率洪水流量 $17\text{m}^3/\text{sec}$ を、 $30\text{m}^3/\text{sec}$ の常時水量とすることが可能である。これらの適正規模については後章で詳述

ではコンクリート重力ダムおよびフィルタイプダムいずれの形式も建設可能であるが、この型を選ぶ場合洪水吐の適地がなく、左右岸いずれを選ぶにしても、掘削量が膨大なものとなる。

地質的には、河床部から標高30mにかけては、左右岸とも新鮮な基盤岩が露出しているが、より高標高部では、風化層が次第に厚くなり、標高50m前後では強風化層厚5~10m、風化層15~10mとなつて、平均風化層厚は15m前後に達する。特に左岸標高56m付近、規模は小さいが地震波の低速度帯があつて、若干慎重な取扱いを必要とする。

建設所および、開閉所地点としては右岸のダムサイトの下流100m程の所に適地がある。

ジャラム・パンジャン計画

上記計画地点のうち、中流部にあるものを、地名を取つて、ジャラム・パンジャン計画と称する。

この地点で、レピル川がS字型の特殊な流路形状を呈することはすでに述べたが、この大きな流路に沿つて湾曲の始点から、ジャラム・クジヨン、ジャラム・チエンダウル、ジャラム・パンジャンおよびジャラム・テンペリンと連続的に急流部が続き、流路延長2,500m程の区間で、4m程河床が低下する。

ダムサイトの河川巾は150mで、基盤岩の露頭によって覆われているが、常時の流路は、岸幅の60m程度の水路部に限定され、河床の最深部は標高24mである。両岸の山腹斜度の配は、標高45mまでは 30° ないし 40° とやや急であるが、それから高標高部では平均50m前後の緩やかな斜面を呈する。

ダムサイトの左岸側は、レピル川とサム川の流域界をなす山脈から東西方向に尾根が伸びて、レピル川の近くで標高110m程度の平らなテラス状の地形をなし、500m程東に延びた後、その山がレピル川に落ち込んで、ダムサイトの左岸側山脈斜面を形成する。

右岸側は、トツラン計画のときに述べた、レック川とレピル川の分水嶺をなす小山脈の分派が、S字河道の上流側湾曲部の北方1000mの地点から、南南西方向に伸びる延長1500m程の独立尾根の山腹によって、ダムサイトの右岸側斜面が形成される。尾根の標高は、レピル川の近傍でたかだか110m前後で、尾根は度々河床面での巾は500m程度である。

基礎の地質状態は、河床面では新鮮な基盤岩の露頭はあるが、河道を離れると、直ちに弱風化のラテライト層に覆われ、標高 45 m のテラス部で 5 m 乃至 7 m 厚となり弱風化層厚は 10 m 乃至 16 m にも達する。

ジャラム・パンジャン計画地点におけるレピル川の集水面積は 2,474 ha となっており、下流のトワラン計画地点の場合の集水面積と殆んど差異はなく、計画としては、トワランのことに記述した事項が凡て適用される。

地形および地質条件からダム形式としては、フィル型も、コンクリート重力型も、建設可能であると考えられるが、既述の右岸側の尾根を利用すれば、洪水吐が適切なダム規模を建設可能な地形特性をもっている。

尚、放水位については、トワランより 3 km 以上と上流にあるため 1.3 m 程度高くなる。発電所および開閉所としては左岸側に適当な平地があって、配置計画問題はなく、形式の発電所とすれば、発電所の基礎岩盤にも問題はないと予想される。

ダムサイトの地形および地質の特性から、右岸側尾根頂部の基盤岩（新鮮岩盤）標高 90 m 程度に低下する所があるため、トワランと同じく貯水池満水位は、標高 90 m を上限値におくことが望ましい。

いま、貯水池満水位を標高 90 m としたときは、貯水池の洪水面積は 247 ha、総貯水容量は $4,397 \times 10^6 \text{ m}^3$ となって、トワラン計画に比して洪水面積は 98.8%、総貯水容量は 98.8% となる。なお、貯水池満水位を標高 90 m、80 m、70 m としたときの洪水面積および貯水池容量は表 8-1 及び図 8-1 に示すとおりである。

8.5 ジャラム・キヤツク計画

比較計画地点のうち、最上流の計画地点を地名より、ジャラム・キヤツク計画と呼ぶ。この地点は、ジャラム・パンジャンの上流 11 km の距離にあり、レピル川の集水面積は 2,292 ha であって、下流の 2 つの比較計画地点の流域面積より 190 ha 程少なくなり、百分率で示すと 92% 程度となる。

この地点は、既述の様に、谷巾も広く、両岸の山腹斜面勾配もゆるやかで、ダム計画規模も良好な計画とは言えないが、下流の 2 つの計画地点では、共通のバダ川のサドルダムを必要とすること、およびサドルダムの基礎岩盤に若干の問題がある点を考慮して、選定したものである。

河道部の中は 80 m 程度で狭く、ここにも河床部では基礎岩盤が露出しているが、

計画勾配は緩く特に右岸側では河岸部が一旦50m標高の台地となつて後、10m程度の起りを越えながら、700m程続き漸く40°程度の山腹斜面に沿って高標高へ移行する複雑な地形を呈する。両岸の山頂部は200m以上で、問題はないが、基礎の岩盤は予想外に深く、特に右岸では強風化層厚が5mから12mに及び弱風化層は浅くとも10mを超え、深い所で25mもある地点があつて、全体的にみると、弱風化と強風化の弱層を併せて、風化層厚30mに及ぶ所がすくなくない。

地質があつて、この計画地点では、コンクリート重力ダム形式を取ることは、基礎掘削が膨大になつて、適当でなく、コア部の基部をグラウトで処理するものとして、フィル形式を考えざるを得ない。この場合、余水路としては、左右岸とも適切な地形がないため、基礎岩盤の右岸側に、コンクリート重力式の溢流ダムを設けて、複合ダム形式を考えざるを得なかつた。

また、貯水池満水位を下流2比較計画地点と同じく、標高90mとした場合貯水池の湛水面積は217ha、総貯水容量は $3570 \times 10^6 \text{ m}^3$ となり、トワラン計画と比較したとき湛水面積は86.8%、貯水容量は79.3%程度に減少する。また、トワラン地点から14km以上遡上しているため、放水位も、同規模の放流量の場合で6.2m程上昇することになる。

代替計画

策定した3つの比較計画地点に対して、地点の比較および、適正規模を設定するために、次の手順に従つた。

まず、貯水池の満水位を、地形地質より定められた最高水位として標高90mとした場合、および、既往検討からみて、経済的に成り立つ最低値として標高70mとした場合の2種の水位について、それぞれの地点の地形、地質、水文条件に応じてダムを設計し、工事費を比較した。このとき、ダム形式としては、それぞれフィル型およびコンクリート重力式の2種類を考慮し、6種類の工事費について比較をおこなつている。この結果、キャック地点のダム建設費が最も高く、発生する便益も最小となるため、この段階で、比較の対象から消去した。

次に、残された2つの地点について、貯水池満水位を標高90m、80mおよび70mの3種類及び、それぞれの水位に対するダムを設計すると共に、発電所の使用水量を変えて、関連する発電設備を概略設計し工事費を積算し、12通りの代替計画を策定した。

流量調整計算

前節で求めた代替計画について、1948年から1977年までの月別流量を用いて、調整

計算を実施し各計画別に月別発生電力量、最大出力、最低出力および、平均貯水池水位を求め、結果的に、年平均発生電力量および1/30年の期待値に相当する常時尖頭出力を算出する。

発電便益、灌漑便益および洪水制御便益の評価は、後章に詳述する通りであるが、流下する責任放流量については、発電所使用水量以外に余分の水量を必要としなかつたため、池運用計画の中で特別な考慮は払わなかつた。

設備の設計

設計の概要

設計地点の全体について適用した基本的な設計概念を集約すると次の様になる。

洪水量

ダム設計の設計洪水量は、1000年の確率をもつ確率洪水を用いた。洪水波型は、6.3 b) に示すカンボンラロックのハイトグラフと河道流出モデルによって、合成したものを用いる。なお、ダムの余裕高は1/1000 確率洪水量の場合に対する標準値として3.5 mを用いる。また、建設期間中の仮排水路の設計にかかる計画洪水量は、フィルタイプダムの場合は50年確率洪水量、コンクリートダムの場合に20年確率洪水量を適用している。ダイバージョントンネルは水路の損失を少なくして、過水を良くするためにコンクリート巻を考へて、またフィルタイプダムの場合は、建設期間中の洪水をダイバージョントンネルのみで処理するものとしたが、コンクリートダムの場合にはダイバージョントンネルのみでなく、建設ダム本体の中にも堤内仮排水路を作って、ダイバージョントンネルの負担を軽減するようとした。

ダムの形式

ダムの形式としては、サイトの地形および地質を考慮して、適用し得る形式を検討して、レイアウトを作成した。

ダム体積を減少させ、建設費を安くするために、ダムの形状を部分的に色々変えて比較する様な検討は、次段階に残して、今回は普通よく用いられる形式について、安定性を検討し採用するものとした。

基礎岩盤に対するカーテングラウトは、ダムのタイプには関係なく、水圧の2/3に達するまで考へている。

また、基礎に薄い尾根部で、必要と考えられる部分には新鮮岩盤に達するようなカーテングラウトとコンソリデーショングラウトを考へている。

水吐

スピルウェイの流量制御は、自由溢流堰による自然調節による場合と、制水ゲートによる調節を行う2つの場合を考へたが、自然調節方式を主体と考へ、ゲートオペレーションは、貯水池の水位に無関係に放流量を選定出来る利点があるが、下流への放流量のピーク値を自然調節の場合と等しくしたとき、どの程度プロジェクトの便益を増加させ得るかを検討するに止めた。

コンクリートの場合には、スピルウェイはダム本体上に設置するものとし、フィルタムの場合には、ダム本体とは分離し、地山部分に適地を求めて設置した。

但し、キャック地点では、フィルダムの場合にも適地がないのでダムの一部をコンクリートダムとし複合ダムとしてこの上にスピルウェイを設置した。

スピルウェイの末端に設ける減勢装置としては、水平水叩き方式、フリップバケットおよびスキージャンプ方式等、様々の方法が考えられるが、設置位置の地形特性および処理特性に応じてジャラム・パンジャンロックフィルダムの場合にのみスキージャンプ方式の他の地点については、水平エプロン方式を用いることにした。

取水口及び水圧管路

貯水池の堆砂高は、100年間の流入全流砂量を勘案して決定したが、取水口は、コンクリートダムの場合には、ダムに付属して設置し、フィルタイプの場合には、周辺地山の地形に計画したが設置標高は、最濁水時の最低水位に対しても充分なかぶり水深を保持し得る余裕をもたせて設定した。また、取水口形状は、飲み口損失がすくなく、最低水位時に渦が発生し難い形状および構造を考慮している。

水圧鉄管は、建設費と、損失水頭による発電力遜減による損失の和が最少となる管径としている。殆んどダム直下流に発電所を設け、放水口も発電所直下流に設けるレイアウトのため、調圧水槽は考慮しなかつた。

発電所

発電所は、いずれの場合も良好な基礎深度と地形が予測されるため、経済性の高い半地下式とし基礎支持の方式は、バレル式を考えている。

開閉所は、いずれの場合も発電所に近接して、適地があるため、発電所敷地内に昇圧変圧所を設置し、トランスから開閉所の間を275KVのパワーケーブルによって連絡する方式を考えている。

ゲートおよびバルブ

洪水吐に設置するゲートは、巻揚装置の規模を最少にするため、ラジアルゲートを用いるものとした。凡てのゲートには、補修のために角落しを考慮している。

取水口には、除塵スクリーンと流量制御ゲートを設けるがゲートの下流側には水圧管路のためのマンホールが付属しゲート前面にはゲート補修のための角落しを設ける。

水圧管路は、この段階では2条を考え、それぞれの水車に水を供給するべく設計して取水口と圧力管路を1条にして、途中で分岐管を設ける方式も考えられ、その優劣は、

の詳細な検討にゆだねる。

水車の入口にはバクフライ弁を用いるものとした。また、水車のドラフト出口には、2つの口に共通に使用出来るローラーゲートを設置し、水車の点検修理および、ドラフトの修理を容易な様になっている。

水車

水車は、最近の世界のメーカーの製造実績と、経済性および運転の難易度を考慮して、たてフランス水車を選定した。

発電機と力率

発電機としては、機高を低くして安定を良くすると共に、発電所の建屋高をセーブするため、低励発電機を用いるものとした。

この直下式の発電所としたため、水圧管路が短く急激な水圧変動のおそれがないため特別にフライホイール効果を良くするための処置は必要ないとして、発電機のGD²は、固有の値を用するに止めた。

発電機の力率は、多くの水力発電所の常態運転に対しては、若干保守的な値とされているがここでは一般的な数値として0.9を用いている。

また、発電機の無拘束速度はこの規模の発電機では一般的な180%程度になるものと予想される。

クレーン

発電所の重量物の内最も重量の大きなものは、発電機の回転子であり、その組立済重量は、70 ton程度になるものと予想される。したがって、天井クレーンとしては、その規模のものが必要とされるが、その詳細は次段階に検討するものとする。たゞ、主機台数の選定に関連する重量物の輸送に関係して、部品輸送の最大重量は、60 ton前後になるものと予想される。

変圧電器

昇圧変電器としては、各相を分割して輸送することの出来る所謂、特別3相型変圧器を用いるものとした。

変圧比は、132 KV/275 KVで出力は70,000 KVA、力率は90%としているが、高圧側は無負荷タップを用いるものとする。

変圧器の輸送時最大重量は40 tonを超えない。

開閉所

屋外開閉所は、ICB方式とし、母線はアルミ・パイプ・ブス方式を考えている。また遮断

器は、信頼性の高いガス遮断器に依るものとする。開閉所からの送電線は、2回線とする。将来の増設等の問題は、次段階の詳細検討によって考慮するものとして、ここでは、考慮しなかった。

9.2 トラン計画

トラン計画に対する設備配置の概要は図9.1に示すとおりである。

この計画においては、主要な3つの工事用道路を必要とする。計画上の前提としてグン、クワクライ高速道路はレック川部落とレプト部落の間で、右岸から左岸へ渡り、渡りした後、サム川を渡って、ドーム状山塊の西側を迂回するルートに変更されていると決定する。この場合必要となる工事用道路は右岸側を橋の所から分岐して発電所に至る延長1500mの永久道路、サム川渡河地点の南側からダムサイトを通り、第3サドルダムを経由し、山に至る延長1500mの新設道路、および既設の木材搬出道路のラロック村から、第1サドルダムまでの改修整備である。勿論これらの主要道路の終点や途中から、骨材用原コア山、土捨場他各種プラントへ接続する道路が必要となる。

主ダムは、コンクリート重力式であって、洪水吐はダムの中央に設けるものとし、水たまりによる減勢池を備えている。ダム高は77.5mで天端高は、平均海面より93.5m、ダム高は77.5m、天端巾は370mであり、上流面法勾配1:0.1、下流面法勾配1:0.5の標準断面形状をもつ。

洪水吐は中央部に、天端標高74mの越流部を設ける。越流部には、5門の10m×10mのテンターゲートを設置し、流量を制御するが、全開時は、計画満水位、標高90mに達する7000 m³/secである。

取水口は、ダムの右岸寄りに2門設けられ、取水口敷高を標高64mに設けて、計画満水位76.4mまでの取水が可能である。除塵スクリーンおよび制水ゲートの操作はダム天端からおこなうものとし、接近の容易さと安全性を主としている。

圧力管路は、取水口の直下流から始まり、直径5.8m2条で、ダム木体を通過して150m下流法面に出るが、再び地下に埋設され150m下流の発電所に至る。

発電所はダム水たまりの側壁に接して、その下流端近くに設けられるが放水路は設けられず、所下流のドラフト出口に、右岸側山腹を切取って、放水艇を設け、直接レビル川へ放水する。

開閉所は、発電所下流の沢を埋立てた位置に設けるが発電所と開閉所間の150m区間は

を発電所に接して設置し、昇圧した後、パワーケーブルによって連絡する。

プラン計画の場合、本ダムの他に、バク川とレック川の流域界の鞍部に2つのサドルダム、レック川とサム川の流域界の鞍部に1つのサドルダムの合計3つのサドルダムを必要とする。これは、いずれも中央コア型のフィルタイプダムとするか、それぞれの規模は下に示すとおりである。

| 名称 | 位置 | ダム高 | 天端標高 | 天端長 |
|--------|---------|--------|--------|-------|
| 1サドルダム | バク川鞍部西側 | 67.5 m | 93.5 m | 370 m |
| 2サドルダム | バク川鞍部東側 | 33.5 m | 93.5 m | 220 m |
| 3サドルダム | サム川鞍部 | 58.5 m | 93.5 m | 700 m |

(図 9.1 ~ 9.5 参照)

ジャラム・パンジャン計画

ジャラム・パンジャンの一般平面図は図9-6に示すとおりである。

このサイトのために計画した道路は、幹線として、グアムサン〜クアラクライ高速道路の左岸付近から、分岐して、レック川の左岸沿いにジャラム・パンジャン地点に致る延長10kmの永久道路と、さらにこれから本ダムの天端を通り右岸尾根の天端を経由して、右岸の尾根を超えて、サドルダムNo.1、No.2に至る約2.5kmの永久道路の2つを考える。この他工場の仮道路としては、既設木材搬出道路の改修整備および、原石山、コア山、土捨場他各種施設へ接続する道路の新設を必要とする。

本ダムは、中央コア型のフィルタイプダムとし、若干安全側にして、天端巾12m、上流側法面勾配1:2.2、下流側法面勾配1:1.85をもった堰高69.5m、堰頂標高EL.93.5m、堰長645mの高堰堤である。

ダムは上流側に堰高35m、下流側に堰高16.5mの2次締切ダムを抱え込むことによって、木橋の節減をはかっている。

洪水吐は右岸の尾根を開きくして建設する。溢流部には、溢流天端EL.83.8m、堰高5m、堰頂長160mの円弧状の自由溢流堰を設ける。水路は堰の下流で、水路巾を60mまで漸くして、尾根を通過し、下流側の急斜面を降下する。洪水吐末端には、標高EL.50m地点に、ケーシング式の減勢装置を設ける。尚、洪水吐の容量は1/1000 確率洪水に対して貯水の洪水調節の結果、最大5,200 m³/secを考慮している。

取水口は、ダム左岸側に2門設ける。取水口敷高はEL.60mとし、最低水位EL.73.1m

の場合にも支障なく、取水が可能となる様にしてある。取水口には、除塵スクリーンの
2門の制水ゲートを設け、水路トンネル及び、水圧鉄管の補修のためのマンホールも付

導水路は、取水口に残り、内径6.2m、延長350mの水圧鉄管2条を設置する。水
管路は、上部と、発電所敷地盤以下で内張鉄管形式となるが、中間では露出管式とな

発電所はダム左岸アバットメントの下流側山すその平地に設け、隣接して、川側に開
造成する。発電所は半地下式とし、敷地標高は、設計洪水位より1.5m以上の余裕高を
EL. 43.5mとし、発電機室床板以下を地下に建設する。

放水路は発電所予定地点から、川へ伸びている浸蝕谷を利用して設けるものとし、台
のコンクリート開水路とする。放水路出口は、出来るだけ有効落差を大きくするため、
ム・パンジャンの急流部を避けて河床勾配が緩やかになり始める位置(平面的には、S
の終端部)に選定した。

以上の他にジャラム・パンジャン地点についてもトワランサイトで述べたNo.1及びNo.
ルダムの建造が必要である。(図9.6~図9.11参照)

建設費の積算

要

各比較設計案の建設費の積算は、予備設計の結果算出された工事数量に基づいている。数量の積算数量は、出来るだけ個々の設計に基づいて算出するようにし、内挿や外挿による数量を推定することは避けた。たゞ、水車、発電機および発電所付属機器類については、最終段階では、主機類の規模との関係（パラメーターとして最大使用水量と有効落差を用いる）建設費を求める関係曲線を用い、最終段階に概略設計して、建設費を検討している。

表10.1参照)

建設費の単価は、現地で集収した建設物価、材料費、人件費に基づいて歩掛りを勘案して積算しているが、古い年次の資料については内貨の場合年率5%、外貨に関するものは年率8%の物価上昇を仮定して、凡て1979年の現地調査時の単価に統一している。

建設単価の詳細は、表10.2に示すとおりである。

外貨との交換比率は、US\$1.0をM\$2.21とした。

建設費積算では、土木関係、電気機械関係、予備費、設計費および管理費に分類されている。建物関係及び土木関係費の中にも、予備設計段階であるため、数量積算の項目が主要項目に限定されており、残余の計上されなかった工事項目の補填のために、ダム、発電所等の主要設備毎に且つ応じて10%~30%の範囲で、予備費が加算されている。

又、これらの直接工事費が集計された後で、ここに用いられた地形、地質他の基礎資料の精度及び設計の精度に基づく数量変動に備えて、予備費として、土木関係、電気・機械関係工事の10%が計上されている。

設計費及び管理費は、土木関係工事費の各々10%、2%としている。

2. 工事費

各比較案に対する工事費の集約結果は、表2.1.1, 表2.1.2 に比較地点別、ダム型式別及びダム規模別のダム建設費がまとめられており、表10.1には、下流側2比較地点別の発電設備を含む工事費がまとめてある。

3. 工事単価

土木工事に関する工事単価は、表10.2に集約する通りである。

11. 便 益

11.1 概 要

レビルプロジェクトによって、発生する便益としては、発電に依る便益、潟水補給に
る便益、洪水制御の便益、および、湛水池の出現による森林地域の水没と、トゥラン計
グウムサム〜クワクライ高速道路の付替工事にかかわる費用を計上しなければなら

発電の便益は、代替電源として、レビル水力と同規模の火力発電所の固定費と可変費
の出力および電力量に対する便益とする一般的な評価法を用いている。

灌漑の便益は、現在灌漑排水局で計画している。海岸地域における灌漑排水計画に基
「ケラントン流域の研究」の中で確立された最終作付種別への転換計画が潟水補給の有
り異なる点を用いて、その差額を、灌漑便益とする既往検討の手法を踏襲して求めた。

洪水制御便益についても「ケラントン流域の研究」の中でなされた洪水被害実績に閉
鎖な調査結果と河川溢水による作物被害や財物の被害に関するシミュレーション研究に基
レビルダム
の洪水調節能力による被害軽減額を確率洪水量に対する期待値として求めてい

アリン・レビルおよびチャリル地区の土地開発計画域の湛水、および森林の水没によ
産出費減産による損失は、計画湛水位によって、水没する地域面積が他に代替地がない
して、完全に喪失し回復不能であると仮定して、「ウル・ケラントン土地開発計画」
年3月の数値を基に、単位作付面積当りの純年間収入を求めて、これを水没面積に乘じ
便益を算定した。(表11-1参照)

しかし、この負の便益は B/C の計算には計上していない。

11.2 電力の便益

水力プロジェクトの経済評価をおこなうとき、便益算出の基礎となる代替電源の選定
な問題である。

代替電源は、水力プロジェクトの価値評価の尺度となる基準電源として、目的の水力
プロジェクトと同等の機能をもつ、最も標準的な電源を選ぶ必要がある。具体的には、目的の
プロジェクトと同じプラントファクターに於て、最も経済的な、しかも最も普遍的な電
ればならないことを意味する。普遍的とは、その設置地点の特性に支配的な影響を受け
がないプラントであって国際的な視点からの評価が容易でなければならぬとすること
この点から一般には、重油専焼火力発電プラント、ガスタービンおよびこの組み合わせが

が普通であった。

これは、レベル水力発電所が、最終的には中間ピーク負荷状態で運転されるであろうとしてこれに対して考えられる代替火力は、80%のキャパシティファクターで運転される火力所と、5%のキャパシティファクターで運転されるガスタービンの組み合わせが適当であり、これは、N.E.Bがトレンガヌ水力プロジェクトの経済性の再検討の中で用いた方法の一つである。

これによると、例えばジャラム・パンジャンサイトで考えたレベル水力に対し、代替火力の規模は下のようになる。

| 発電所の種類 | 出力 (MW) | 電力量 (GWH) | キャパシティ ファクター(%) |
|-----------------|------------|--------------|--------------------|
| レベルプロジェクト | 151 | 426 | 32.2 |
| 代替火力 発電所 | 55 | 384 | 80.0 |
| 代替ガスタービン 発電所 | 96 | 42 | 5.0 |

水力発電所の建設費や運転費は、パシール・グダンの120 MWセット、ガスタービンについては70 MWセットに基づいてN.E.Bが1978年1月レベルで概算したものを基準にして、半減、又は価格調整をおこなって、1979年12月レベルのコストに変換したものを採用している。これらの詳細は、図11-1、表11-2に示すとおりである。

以上の前提に基づく場合代替火力に基づく水力の便益は、利子率に応じて、固定価格と変動価格に分けてあらわすと下のようになる。

| 金利 (%) | 固定価格 (MS/KW) | 変動価格 (MS/KWh) |
|-----------|-----------------|------------------|
| 8 | 105.1 | 0.1010 |
| 10 | 115.1 | 0.1029 |
| 12 | 125.7 | 0.1051 |
| 14 | 136.8 | 0.1075 |
| 16 | 148.4 | 0.1101 |

11.3 農業便益

レビル貯水池は価格の高いピーク水力発電専用としての第一次目的をもつ、そして、この貯水池からのピーク6時間放流量は平野部起点のギリマード橋地点において殆んど全量削減される。このもつ意味は、ケラントン川平野部の洪水量の増大により、今後のカンガイ事業の増加に対処しうる。一方レビル貯水池における洪水制御は、その流域面積が下流のギリマード橋地点の20.5% ($2480 \text{ km}^2 / 12100 \text{ km}^2$)と小さいので、その効果は顕著ではないものの期待できる。しかし、洪水の一時貯留によるサーチャージが貯水池水位の上昇を招き、周辺のオイル・パームによる移住開発計画(連邦土地開発局)の縮少につながる。

レビルダムにおける洪水制御方式を自然溢流堰に依る自然調節方式とした場合と、ゲートを設置して人為的に調節した場合の双方について、貯水池の規模に応じて、下流における洪水ピークの減量を求めた。

洪水被害額については、「ケラントン川流域の研究」の中で、1949年より1973年の27年間について、既往の洪水実績を基にして積算したものがあり、ここでは、その結果を用いて、河川の洪水ピーク量と被害のポテンシャルの関係を作成した。

上の2つの結果を用いて、レビルダムがある場合と、ない場合との被害額の差を求め、これをダムによる洪水制御便益とした。

ケラントン川平野部のカンガイ事業の実施計画は、図4・1に示されているとおりである。この計画は、ケラントンの堤防の施行に直接関連していないが、むしろ、カンガイ事業にも併せ施行される排水事業の効果に期待している所が大きい。したがって、カンガイ事業及びレビルダムの建設の有無に関係せずに農業省によって独自に実施されるものと考えられる。

レビルダムによるケラントン平野部の便益は、現在マレーシア政府が計画しているカンガイ事業が実施される場合の純生産価値とレビルダムが稼働する場合の純生産価値との差額としたが、カンガイ事業の建設コストを、評価の中にも含める必要はない。

今回のレビルダム水力発電開発計画の予備検討精度における当該便益の推定は次のとおりである。ケラントン川流域の研究は予備計画精度でケラントン流域計画のマスタープランを定めたものである。不幸にも、今回のケースはケラントン川流域の研究の中で議論されていない。したがって今回の検討はケラントン川流域の研究の延長線上にあり、ケラントン流域の特性もつ考え方、数値と共通性をむしろ持たすべきである。非常に複雑なメカニズムを持つケラントン平野部の社会経済組織を調査し、この検討を目的として組立てることは、時間的、経済的に不可能であった。又、ケラントン川流域の研究では経済便益のみが取扱われてい

マレーシア政府の経済企画庁で適用が推進されている社会便益の推定は時間的資料的拘束によってこの検討において実施されていない。

レビルダムによるケラントン平野部における増加便益は(1)貯水池の洪水調節によるケラントンの遊流軽減による災害額の減少、(2)貯水池からの発電放流によるケラントン川流量の増加とづく農作物生産のカンガイ効果の二つに大別される。

前者は、農作物、個人、公共財産の被災額、商業活動の停止、避難に必要なコスト、生命損傷に關連する。又、カンガイ施設の被災によってカンガイ不能による作物減収をも加算される。前者はレビル貯水池からの発電放流にもとづく下流増が、将来予期されるカンガイ用水の不備を補填する効果で、作物減収を軽減する便益である。

この便益推定方法について、ケラントン川流域の研究では非常に特殊な方法が使用された。

それは「洪水氾濫防止と水不足補填という開発順序とその状態のシュミレーション及びカンガイダム、河川堤防の各種事業の相合せによる多くの代替案の議論を容易に行うことが出来る」こと工夫されたからであろう。

ケラントン川流域の研究による当該便益推定の項目は、大きく三つに分けられている。(1)農業生産価値、(2)ケラントン川流量の不足によるカンガイ用水量減に伴っての作物減産額、(3)作物以外の被災推定額。(1)と(3)は便益サイドに(2)は費用サイドに加えられている。

その他にケラントン川流域の研究において取りあげられた項目のうち当該便益算定に關連するものとして次の二つがある。(1)カンガイ施設(排水を除く)の維持管理費、(2)農業行政費(指導)がある。前者は農業用ポンプの運転費を含み取水量の増に伴う費用の増加が当り考えられる。しかし、ケラントン川流域ではこの増分が無視されており、又実際の運転操作から見て大きな差異はない。後者はカンガイ用水の増加による業務量拡大が見込まれるが、その増分は小さく又、ケラントン川流域の研究でも無視されている。したがってこの二つの項目における費用増加をこの検討では無視した。

ケラントン川流域における農業純生産価値は粗生産額から生産費が控除されたものですべて全機会費用を使って推定されている。カンガイ事業(排水を含む)の実施によるNPVの増加分は、作付パターンの改良、作物生産面積及び収量の増加及び氾濫被害の減少の要素から構成されている。

まず、カンガイ事業のない場合のNPVが算定され、その上にカンガイの各事業のNPVが算定されることによってレビルダムがない場合のNPVが推定される。この場合、事業施設の完成から目標の農業所得が達成される実施熟成期間として15~25年が取られている。

更に水不足が生じる場合には目標達成が6ヶ年おけるとケラントン川流域の研究で述べられている。更にレビルダムによる河川洪水の越流度軽減は、上記の目標達成期間を1年短縮すると推定している。

* …… ダボンダムの場合 4ヶ年短縮

ケラントン川堤防の場合 2ヶ年短縮

この実施熟成期間の取り方は、主として農民の農業生産に対する信頼度に左右される。むしろ主観的な要素が多い。この検討では前述したようにその性格上ケラントン川流域の数値をそのまま採用する。

カンガイ事業のスケジュールは図4・2に示されているとおりである。Nos 1～3のVは、ケラントン川流域の研究においては、カンガイ事業がない場合に含まれている。Nos 4～13の個々の事業についてのNPVは必ずしもケラントン川流域の研究のレポートの中

示されていない。したがってケラントン川流域の研究レポートの付録1「農業-経済データベース」に合っている14の便益投資解析例を吟味しかつ付録4「流域モデル：コンピューター出力」中料を見てNos 4～13のカンガイ事業を大きく4つのグループに分別し、その各々のNPV値を与えた。この作業の中でNo 5の事業完了年度を政府案の1980年から1979年と1変更しNos 5～9を1つのグループとした。

上記の4つのグループごとのNPVは表11・3に示されている。各グループの河川洪水越流度軽減がない場合における実施熟成期間を、No 4に対し25年、Nos 5～9に対して18年、No 10に対して18年、Nos 11～13に対して15年としケラントン川流域の研究の解析例と矛盾のない数値をとった。

図4.2に示されているカンガイ事業の実施計画によるとケラントン平野部における水不足の発生はケラントン川流域の研究の他事例よりみて、1995年頃だろうと推定される。No 1の事業建設完了直後に担当しその後の水利用状況を推定して、1996年に水不足の事

生するものと想定した。この水不足の発生により、農民のカンガイ農業に対する信頼度が減少し、6ヶ年の実施期間の延長を見込んだ。

上述のカンガイ事業の実態に基づき、NPVの成長予測の中にレビルダムの発用が1985年に開始される。そしてこれ以降のカンガイ用水の不足が、全く解消することになり、農民のカンガイ農業への取り組み姿勢が増大する。しかしダボンダムに比べて洪水調節の効果が小

ケラントン川の氾濫による農作物減収の恐怖をかなり持っているものと考えられる。ケラントン川流域の研究でとられた1ヶ年の実施熟成期間の短絡は、やや安全サイドと考えられているが、ここでは1ヶ年を取っておく。水不足の解消と洪水に対する若干の安心感が、カンガイ事業のNPV成長速度を大きく加速することになり、これがレビルダムの与えられる一つの大きな便益である。

各事業の氾濫による作物の減収額はケラントン川流域の研究の4巻、農業のpp. 65によると、次のとおりである。カンガイ事業(排水を含む)の実施による被害額減少度合が大きい。一方、ダム、河川、堤防による追加の減少度合は小さく、作物年生産額の0.2%相当で無視できる数値でもある。

作物年生産価値と年氾濫被害

| ケース | 年被害額 (%) |
|---|----------|
| (1) 現況 (現在の作付タイプ) | 4.1 |
| (2) カンガイ事業が実施される場合将来の改良される作付タイプ | 0.9 |
| (3) カンガイ、ダボン、レビルダム、河川、堤防のすべての事業が実施される場合 | 0.7 |

この第6節に述べられている費用サイトの②*ケラントン川流量の不足によるカンガイ用水量減に伴っての作物減産額*はレビルダムの建設に伴って零になり、もう一つの便益と考えられる。2つの数値はケラントン川流域の研究レポートの付録1のpp. 124に説明されている通り、年間\$ 4.0×10^6 で全カンガイ事業が完成した2000年に最高に達する。

農業年生産価値のレビルダムがない場合、そしてレビルダムが追加される場合の説明は表11.3と図11.2に行なわれている。

農作物以外の損害額についても、カンガイ事業とレビルダムの追加によって軽減される。レビルダムが単独に建設される場合の軽減額はケラントン川流域の研究レポートに与えられているが、その洪水調節能力が小さいことから、額は小さいものと思われる。安全側みてレビルダムの追加による便益を零とみなす。

以上の検討の結果レビルダムによるケラントン平野部の将来便益のフローを表11.4に示す。各年次の便益総額は表中の④-①から④-③を減じた数値が期待値となる。なお、これらの金額は1976年不変価格であり、農村物価指数を使用して1979年不変価格に修正された。

11.4 洪水制御便益

レビルダムにおける洪水制御方式を自由溢流堰に依る自然調節方式とした場合と、ゲートを設置して人為的に調節した場合の双方について、貯水池の規模に応じて下流における洪水ピーク逓減量を求めた。

洪水被害額については、「ケラントン川流域の研究」の中で、1949年より1975年間の年間について、既往の洪水実績を基にして積算したものがあり、ここでは、その結果を用いて河川の洪水ピーク量と被害のポテンシャルの関係を作成した。(図11-3参照)

上の2つの結果を用いて、レビルダムがある場合と、ない場合との被害額の差を求めこれをダムによる洪水制御便益とした。

貯留閼数法を用い、1/100、1/50、及び1/20の確率洪水に対して、レビルダムの調節状況を仮定し、ギルマード橋における洪水ピークの逓減量を推算した。

図11-4は、ダムの洪水吐の自由溢流堰の天端を、溢流頂巾が、200 m、160 m、120 m及び80 mであるときに、設計洪水量(1/1000確率洪水)に対して、それぞれEL. 90 m、80 m及び70 mとなる様に設定したとき、それぞれの条件に応じて、上記の確率洪水量80 mギルマード橋地点で洪水ピークがどのような値を取るかを示したものである。

また同図には、レビルダムに洪水調節ゲートを設置して、人為的に洪水制御をした場合についても示してあるが、ゲートの操作ルールは、貯水池の残留洪水調節容量(H.W.L.と現状水位との間のダム容量)に比例した水量を貯水するものとし、貯水池への洪水流入量から、上記の調節量を控除して放流量を求め、これを10段階に分けて、階段状の流量をするものとした。

図11-5は、確率洪水波形に対する、自由溢流堰による自然調節と、ゲートによる人為調節の場合における放流量、貯水池水位の関係を示したものである。

洪水被害軽減額の積算

ギルマード橋地点における、洪水ピークと流域の洪水被害額の関係と、確率洪水別のギルマード橋地点の洪水ピークにおよぼすレビル貯水池の効果から、確率年別に、規模別、調節方式別の洪水被害軽減額を積算することが出来る。(図11-6参照)

これを、年間の被害軽減額の期待値に変換するために、次の様な方法を用いた。まず、異なるレンジの洪水量について、その中央値をもって代表値とし、この代表値に対する洪水被害軽減額を求めた。次に、このレンジの洪水の発生する確率を求め、これに上記の被害額を乗じてこのレンジの洪水被害軽減額の期待値を求め、これを合計して、年間の被害軽減額の期待値とした。表11-7は、H.W.L. 90 m、洪水吐堰長160 mの場合に対する、上記の計算結果

示すものであり、表11-8は、規模別、制御方式別の被害軽減額の期待値を集約したものである。(表11-5, 表11-6参照)

1.5 土地開発計画の純益

レビルダムによって、アリン地区、レビル地区およびチャリル地域の土地開発計画の計画域の一部が洪水池内に水没する。(参考のためにレビル計画がこれらの計画に与える影響を試算した)

上記の開発計画のうち、アリン土地開発計画については、すでに詳細な経済評価がなされ、開発年次に対応して、支出と収入の年別のフローが作成されている。

レビル地区の計画は実施主体が連邦土地開発局であるため、計画の費用便益は、アリン地区と同等として良いが、チャリル地区は実施機関が異なり、その費用と便益については、資料を入手出来なかった。しかし、開発計画としては、ゴム又はパームオイルなど、アリンやレビル地区と同じ種目を指向していることから、ここでは便宜的に、その純益が、アリン地区の計画と同様であるものとした。

土地計画による年間純益は、支出と収入のキャッシュフローを用いて、発生する純益の現在価値を水力プロジェクトの耐用年数で、均等償還するものとして求めた。この結果では、年純益は1ヘクタール当りM\$700となる。

12. 計画の比較と経済評価

12.1 概 要

計画地点の優劣の比較および適正開発規模を求めるために、次のような手順に従って比較をおこなった。

まず、3つの比較地点について、ダム建設費を比較した。これは、いずれのサイトにおいても、ダム建設費が、プロジェクト全体の直接工事費の40%及至50%を占めるようダム中心の開発計画であること、3地点の開発によって得られる便益が、下流側の2地点で多少差異がなく、上流案で最も低い事が予想出来るため、ダム建設費の比較のみでも或る程度優劣の見通しが得られると予想されたためである。

次に、プロジェクト全体の年経費と年便益から、費用便益比および費用便益差を求めて、地点別、比較案別の優劣を比較し、最適計画案を選定した。

最後は、選定された計画案について、内部収益率を求め、投資機会費用と比較して、計画健全性を検討し、更に、便益コストの評価を変えて、感度に対するチェックをおこなった。

12.2 地点の比較

表2.1.1、表2.1.2は、3つの比較ダムサイトについて、貯水池満水位を、標高90mと標高70mと選んだ場合のダムの建設費を表わしたもので、本ダムとしては、コンクリート重力ダムとフィルダムの両方の場合を示している。下流案のジャラム・パンジャン地点とトワラン地点にそれぞれ付属するサドルダムについては、表では、フィルダムを用いた場合を示しているが、これをコンクリートダムとした場合も検討しており、比較した結果フィルダムが有利であるため、これをフィルダムとしてある。

図12.1は上の結果を図示したものであるが、これによると、貯水池満水位を標高70mとしたときは、2つのサイトとも（ジャラム・パンジャンを除く）、フィルダムよりコンクリートダムの方が安く、トワラン地点が最も有利で、上流案のジャラム・キャックが最も高く、一方、貯水池満水位を標高90mとしたときは、トワランは、コンクリートダムの方が有利であるが、ジャラム・パンジャン及びジャラム・キャックの両地点では、フィルダムが有利となっている。しかし、地点別の順位は変わらず、ジャラム・パンジャンが最も有利で、ジャラム・キャックが最も不利となっている。

ダム建設費だけでのダムサイトの比較では、標高90m及び70mにH.W.L.を選定した

ジャラム・パンジャン地点のロックフィルダムの建設費が最も経済的である。

コンクリート重力式で建設する場合は、トワラン地点の方がジャラム・パンジャン地点より経済的となる。

ジャラム・キヤックのダム建設費は、他の2つのサイトより2倍くらいになる。

2.2.1 規模の比較

2.2.1～表2.2.3は、トワラン地点では本ダムをコンクリート重力ダムとし、ジャラム・パンジャン地点では本ダムをフィルタイプダムとして、サドルダムをフィルタイプダムとし、貯水水位を、標高90 m、80 m、70 mの3種類に選んだ時各々の規模において、最も便益費用比が高くなる様な貯水池運用をおこなった場合の検討結果を示したものである。

2.2.1では、洪水吐の溢流堰巾を変数として設計洪水量に対してH.W.Lが標高90 mとなる様にした時の最大ダム放流量と適正溢流頂標高を求め、これをN.W.Lとして出力計算を行なって、電力便益が最大となる様な最大出力と年間発生電力量を求めている。

その結果、溢流巾が80 m～200 mの範囲でB/Cは、ほぼ1.32前後の値を取って、大きな差を示さないが(B-C)の値が溢流巾が160 mで最大の値を与えている。

以上の結果に基づいて、ここでは最適の自由溢流堰のクレスト長を160 mとした。

2.2.2は、ダム規模を変えた場合のB/C及び(B-C)を求めたものであるが、この場合参考のために、既述のゲート操作方法を適用した場合のB/C、(B-C)の値も付記しており、さらに農業便益を加味した場合についても計算してある。

その結果は、ダム規模が大きい程B/C (B-C)の値は大きくなり、ダムは出来るだけ大きくするのが有利であることを示している。

また、ゲートを設置し、洪水を人為的に調節した場合のB/C、(B-C)は自由溢流堰による自然調節の場合が高い値を示し、今後更に詳細な検討を行なう価値のあることを示している。

更に、農業便益を付加した結果は、H.W.L 90 mの場合でB/Cの値が1.32～1.63となり(B-C)についても 14.93×10^4 MSが 29.19×10^4 MSと倍増して、プロジェクトの経済価値を高めている。ちなみに、年額 14.26×10^4 MSの農業便益は、最適農作付方法に転換した時の沿岸地域の総年間収益の6.3%に相当する。

2.2.3は、トワラン地点にコンクリート重力ダムを建設した場合について、便益が、より高いゲート操作とした場合のB/C (B-C)を示したものである。

B/C、(B-C)の値ともに、ジャラム・パンジャンの場合と同様にダム規模を大きくする

程有利であって、H.W.L 90 mの場合が最も大きく、 B/C は 1.18 となるがジャラム・パンジャンの同規模の B/C の値 1.32 に比べるとかなり小さくなる。

図 2-2 は、上の結果を（洪水制御便益を含む）図にまとめたものである。

図より明らかな通り、ジャラム・パンジャン地点の場合もトワラン地点の場合も B/C 、 $(B-C)$ の値がサイトの地形・地質上の制約より決められる H.W.L 90 mの場合が最も高く、つ、両サイトの比較では、ジャラム・パンジャン地点の方が有利であることを示している。

12.4 計画の経済的妥当性

前節で述べた様に代替火力と比較して、レビル水力の B/C は、電力便益、および洪水制御便益を合算し、利子率を 8% としたとき 1.32 を示し内部収益率は 11% に近い値となる。これは燃料費として 1979 年 12 月末の最も安いアラビヤンライト原油の公式販売価格を用いているが、実勢は、バスライト、キルクーク等の価格帯、イランアンヘビ、イランセンライトの価格帯及びボニーライト、タピスグレントの価格帯などパーレル当りの価格がまちまちでここに用いた数値よりいずれも高価で最大 10 US\$ も高価なものさえある。したがって上示す B/C 及び $(B-C)$ の値はかなり低いもの示しているもので、仮りに原油価格を多程高い（28 US\$/パーレル、1980 年 5 月アラビヤンライト公式販売価格と等価）場合考慮すると、上記の B/C の値は 1.32 ~ 1.50 に上昇し、内部収益率も農業便益をのぞいて 12.6% 農業便益を加算すると 14.5% 程度の値となる。

したがって、レビル水力の経済性は 1979 年 12 月時点の最も低い燃料価格を用いて評価した場合も農業便益を加算すれば、内部収益率が 13% となり発展性があると考えられる。

8. 実行計画

経済的な観点から、レビル水力プロジェクトの地点と規模をジャラム・パンジャン地点の貯水池満水位90mの場合が、最も適切であるとした。

ここでは、ここで選定せられた計画が実行に移されるものとして、最も標準的な方法でこれを実施する場合にどのような実行計画となるかを検討したものである。

まず、この後、計画の健全性を確認するために、更に詳細な現地調査工事を含めた解析検討が進められて、その最終的な結果が1982年の末頃に出される。その後、実施設計に必要な直検討が繰返されて、設計書、入札関係書類の作成および見積、契約等のために36ヶ月程度の期間が必要であろうと考えられ、着工は1986年初頭と仮定する。

初年度(1986年)には、まず、工事用道路の補改修と新設が開始され、最初に既存のレック川谷に南下する木材搬出道路から、分岐して、小山塊を超え、主ダム右岸の尾根を經由してダムに至るルートを1ヶ月以内に完成させる。

この工事用道路が完成すると、直ちに、仮排水トンネルの坑口掘削が開始され、ひきつゞき、トンネル掘削を開始するが、これは、初年度の終りまでに掘削を完了し、コンクリート巻立も、年内に60%を終了する。

仮排水トンネルの他に、初年度に開始する工事は、仮建物・宿泊施設、動力及び通信設備、仮発電プラント・設備等の準備工事と本ダムのはぎ取りである。

第2年度(1987年)には、ほとんどの主要構造物の工事が開始され、主として、はぎ取りや基礎掘削が工事の中心となるが、ダム関係では、本ダムの2次移切りダムを完成し、年度の後半では、サドルダムも含めてダム本体の盛り立てや基礎のグラウトも開始される。この年度内に完了するコンクリート作業は、仮排水トンネルの巻立てのみで、その他、洪水吐、鉄管路及び発電所等のコンクリート作業にも着手するが作業の大部分は翌年にもち越される。

第3年度(1988年)には、発電所建物主機関係および、開閉所関係工事をのぞいて、殆どの土木工事を完了し、11月の雨期の開始と同時に湛水を開始する。

ダムの盛土量約 $5.2 \times 10^6 \text{ m}^3$ を20ヶ月で完了させる計画であって、特に工程的に、タイムラグ部分はない。

貯水池の湛水は1988年11月から開始して、ほぼ1年間でN.W.L. 83.8mまで、 $3.1 \times 10^6 \text{ m}^3$ の湛水を完了する予定で、12月当初に、試験運転を計画している。上記の発電所建物や、主、開閉所関係の工事は、この湛水期間中に完了する。

以上によって、ジャラム・パンジャン地点の工事は、1986年当初に開始し、1990年初の営業運転開始に至るまでまる4年間で、完成するものとする。

図13-1は、上記の工程を、項目別に棒グラフで表現したものである。

また、図13-2は、トワラン地点における工程を、同様に示したものである。