

C

1947年10月1日

1947年10月1日

1947年10月1日

1947年10月1日

1947年10月1日

1947年10月1日

7159

JICA LIBRARY



1054950[9]

インドネシア共和国

ブランタス河流域水資源開発調査

要約報告書

昭和48年 5月

海外技術協力事業団

國際協力事業團	
受入 月日 第4. 5. 2	108
	61.7
登録No. 04177	SDC

は し が き

日本政府はインドネシア共和国政府の要請に基づき、ブランタス河流域の水資源開発計画の立案とその計画でとり上げられた開発計画の着工順位を決定するための調査を行うことを決定し、その実施を日本政府の実務機関である海外技術協力事業団に委託した。

事業団はその調査業務を日本工営株式会社に委託し、同社の芝田三男（農業開発計画担当）を団長とする8名からなる調査団を1972年8月27日から1972年12月26日にわたり、現地に派遣した。

また事業団は建設省大臣官房技術参事官宮崎明氏を委員長とする9名よりなる作業監理委員会を設置し、調査作業の実施方針、計画立案、報告書の内容等について勧告および審査することを委任した。

調査団はインドネシア政府の関係諸機関の協力を得て現地調査を終了し、帰国後資料を解析、研究し、監理委員会の数次にわたる検討を経て、原稿草案をまとめた。1973年5月7日、調査団は再度インドネシアに渡り、上記の原稿草案についてインドネシア政府関係諸機関と討議を重ねた。この討議を通じて提出された疑問点及び問題点を十分検討して、草案を改訂し、ここに最終的な報告書をインドネシア政府に提出する運びとなった。

この報告書が、ブランタス流域内で高い優先度を与えられた開発計画の実施を促進することに役立ち、インドネシア、日本両国の友好、親善に寄与することを心から願うものである。

最後に、この調査の実施にあたり積極的な御支援、御協力を賜ったインドネシア共和国政府関係諸機関、ジャカルタの日本大使館、日本政府外務省、建設省、農林省、通産省の各関係各位に深く感謝の意を表する次第であります。

昭和48年5月

海外技術協力事業団

理事長 田 付 景 一

伝 達 状

海外技術協力事業団

理事長 田 村 景 一 殿

この報告書は貴殿からの御要請に従ってインドネシア共和国に派遣された調査団によってまとめられた同国東部ジャワ州のブラントス河流域水資源開発計画についての最終報告書であります。

1971年度に実施されたブラントス河流域の治水計画立案に主眼をおいた第一次調査に引き続き、1972年度に実施された第二次調査では、利水計画を立案すると共に1971年と1972年の両調査の結果を総合して、この流域内で実施すべき開発計画の着工順位の決定の検討を行ったものであります。

調査団は1972年8月27日より12月26日までの4ヶ月間の現地調査において、資料収集及び測量等の作業をインドネシア政府公共事業者関係諸担当官の御協力の下に実施致しました。同調査団は帰国後、東京において、収集された資料の解析、治水並びに利水計画の立案及びその経済的妥当性についての検討を致しました。

報告書原稿草案がまとめられた後1973年5月8日より5月15日にかけてインドネシア共和国、ジャカルタ、スラバヤ及びマラン市の関係官庁において、この草案に関する討議がインドネシア政府関係者と調査団の間で行なわれ、その討議結果を勘案して最終報告書がここに完成し、貴殿に提出する運びとなった次第であります。

なお、この報告書作成途中、政府関係官庁の各専門家より成る監理委員会との打合せ会議を開き、資料の解析及び開発計画について御指導勧告を受け、この最終報告書成果について御承認頂きました。

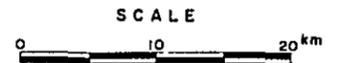
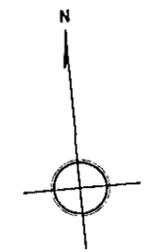
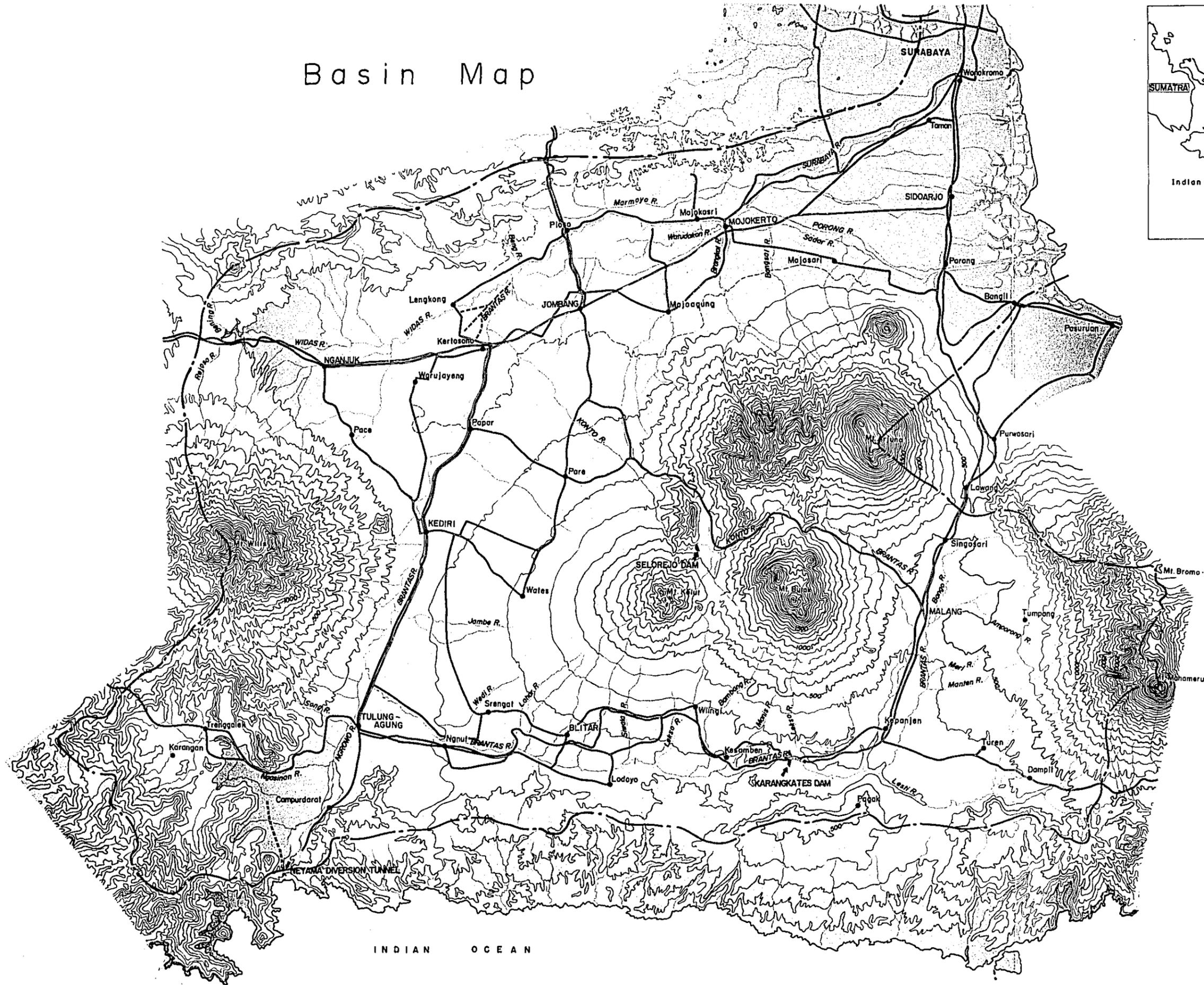
最後に、当調査団の現地作業及び国内作業にあたり、インドネシア政府公共事業省水資源総局、東部ジャワ州かんがい局、ブラントス河多目的計画事務所の各関係諸官及びインドネシア日本大使館の担当官、海外技術協力事業団担当官及び日本政府各関係官庁担当官の絶大なる御協力の下に調査も支障なく円滑に進んだ事を厚く感謝する次第であります。

昭和48年5月

日本工営株式会社

社長 橋 本 敏 男

Basin Map



INDIAN OCEAN

目 次

は し が き
伝 達 状
BASIN MAP

	ページ
第 1 章 要約及び勧告	1
1-1 開発の社会的経済的与件と問題点	1
1-2 流量調査, 解析	2
1-3 砂 防	3
1-4 水利用計画	3
1-5 中流域治水計画	7
1-6 Ngrow川沿岸地区の治水対策	8
1-7 開発順位の決定	8
1-8 勧 告	11
第 2 章 緒 言	13
2-1 ブラントス河流域の現状と主な問題点	13
2-2 調査の作業範囲	14
2-3 調査報告書の構成と内容	15
2-4 調査団の構成	15
2-5 謝 辞	16
第 3 章 ブラントス河流域の一般概況	19
3-1 地形及び地質	19
3-2 気象状況	20
3-3 河川流量	20
3-4 人 口	23
3-5 Kelut 山の噴火と河床変動	24
3-6 高水流量	26
3-7 農業及びかんがいの現況	30
3-8 電力の現況	36

第4章 開発計画	38
4-1 緒 論	38
4-2 農業開発計画	38
4-2-1 予期される農業開発	38
4-2-2 かんがい計画	44
4-3 砂防計画	51
4-4 治水計画	52
4-4-1 ブランタス河中流部河川改修計画	52
4-4-2 Ngrow川沿岸地区の治水計画	57
4-5 発電計画	65
4-5-1 Wliugi 発電計画の再検討	65
4-5-2 ブランタス河流域内の水力発電開発の可能性	65
第5章 開発計画の経済評価	67
5-1 農業開発計画の経済評価	67
5-1-1 建設費	67
5-1-2 便 益	70
5-1-3 経済評価	73
5-2 治水計画の経済評価	73
5-2-1 ブランタス河中流域河川改修工事の経済評価	73
5-2-2 Ngrow 川沿岸地区の集水路計画の経済評価	76
5-3 Wliugi 多目的計画の経済評価	79
5-3-1 建設費	79
5-3-2 便 益	82
5-3-3 経済評価	85
5-4 開発計画の着工順位の決定	85
5-4-1 農業開発計画の着工順位の決定	87
5-4-2 洪水調節及び発電計画の着工順位の決定	89
5-4-3 ブランタス河流域における開発の着工順位	91

第1章 要約及び勧告

1-1 開発の社会的経済的与件と問題点

ブラントス河流域は12,000km²の流域面積を有し、水資源、熱帯性気候等の自然条件に恵まれ、ジャワの穀倉地帯の一つとして発展してきた。また、近年スラバヤ市を中心として各種工業がその立地条件を生かして興ってきた。これは上記の自然条件に加えて、よく発達した鉄道、道路網、あるいはジャワとカリマンタン、スラウェシその他の諸島との輸送、通信、交通の中心地としての、ジャワ第二の港湾施設を有していること等の諸立地条件が良好であることによるものである。

この流域の主要産業は農業であり、全就業人口の約70%がこれに従事している。全耕地面積は730,000haであり、これは流域面積の60%に相当する。残りの40%は大部分が火山の急傾斜の山腹で、土壌、地形及び水利条件が耕作に適しておらず、これ以上の耕地面積の増加は期待できない。また砂防や土壌保全、水資源かん養の点からみても、これ以上の農地開拓はあまり望ましくない。

流域内の主要農業生産物は、米、砂糖、キャッサバ、大豆及びトウモロコシである。1971年の精米の生産高は約600,000tonで、これはインドネシア全体の生産高の5%に相当する。また、砂糖の年生産高は約230,000tonでインドネシア全体の約30%を占めている。

1971年におけるブラントス河流域内の人口は、約1千万人で、これはジャワ島全体の約13%あるいはインドネシア全体の8%に相当している。流域内の人口密度は約850人/km²と高く、1戸あたりの耕地保有面積は平均約0.5haと小さい。農村にはかなりの余剰労働力があり、将来の工業の発達に対する労働力の供給源となりうる。しかし、将来の工業の発達がこれらの現在農村内に潜在する失業者を吸収できる時点までは、農業生産の強化によってこの潜在失業の緩和を計らなければならない。したがって農業の単位収量を増加させて、農家の生活水準の向上と農家経済の安定を計ることに十分な考慮をはらう必要がある。また現在炭水化物に偏している栄養摂取を蛋白質及び植物性油脂の摂取の方向に改善するため、栽培作物の転換についての検討も必要となる。

730,000haの既耕地の中、水田は321,000haであり、そのうちブラントス河にその水源を依存しているのは約77,000haである、この本流沿い地区の既設取水口のほとんどが直接に本川に沿って位置しているが、取水口の構造上の欠陥や既設水路の破損あるいは不十分な維持、管理のため、ブラントス河の河水が十分有効に利用されているとはいえない。

又、都市用水や河川維持用水に利用される河水は現在のところまだわずかであるが、これらの目的に使われる水量は、スラバヤ市の工業化の進展に伴って将来かなり増加することが予想される。したがって、将来の各種の水利用の総合的なバランスを考慮した最適な水利用計

画を樹立する必要がある。

水資源の最適利用を計るため、まず第一段階として現在の洪水流量を含めた河川流量を正確に知るための検討がなされた。ブラントス河の治水に関しては特に Kelut 山の噴火による河床上昇に注意しなくてはならない。現在、ブラントス河中流域の河道は、Kelut 山の噴火による土砂の堆積のために河床が上昇し、著しくその洪水疎通能力が減少している。

ブラントス河の洪水ピーク流量は、Pakel～Kediri間における河道貯留及び沿岸地区への冠水と、Widas 川の合流点附近の遊水効果によって、大きく減少させられている。これらの治水上の問題を解決するためには、砂防、貯水池による洪水調節、堤防のかさ上げや補強、河床断面の増加等の種々の方策の総合的な調査、研究が必要である。

1-2 流量調査、解析

今回の調査で入手したブラントス河本流、支流の 18 箇所の測水所の日水位記録および流量測定記録のうち、本流沿いの 8 地点の測水所の 1951 年～1971 年の日流量記録を解析した。その結果、これらの記録のうち Jongbiru と Kertosono 測水所の 1964 年以後の記録のうちに不合理な誤差が認められたので、1951～1963 年の Jabon 測水所と上記両測水所の流量の相関関係を利用して修正した。

上記の流量記録に基づき、Karangkates、Lahor 及び Selorejo の各貯水池による流量調節効果の検討を行った結果、Karangkates 貯水池と Lahor 貯水池を結合させた場合の調節では、平均年（1965 年）における 6 月から 11 月までの期間の平均増加流量は Karangkates ダム地点で約 $11\text{ m}^3/\text{sec}$ であり、Selorejo 貯水池での調節では、上記同期間の平均増加流量は Selorejo ダム地点で約 $2.8\text{ m}^3/\text{sec}$ であると算出された。

高水流量については本流沿い 4 箇所の時間水位記録を基に解析した。これによれば、ブラントス河のピーク流量は Pakel～Kediri間の、河道貯留及び沿岸地区への冠水によって、又 Kediri～Terusan間では Widas 川合流点附近の遊水効果によって大きく減少させられることがわかった。このピーク流量の減少量は、Pakel～Kediri間で $150\sim 300\text{ m}^3/\text{sec}$ 、Kediri～Terusan 間で $300\sim 400\text{ m}^3/\text{sec}$ と推定される。

一方ブラントス下流部河道における洪水流の一部は Terusan 上流 5 km にある Gedek 水門を通じて Marmoyo 川へ分流されている。ブラントス河本流に洪水のピークが通過するときこの Gedek 水門を通じて放流される洪水量は平均 $80\text{ m}^3/\text{sec}$ と推定される。

又河道の縦横断測量の結果をもとにブラントス河の洪水疎通能力を算出し、その地点における確率ピーク流量と対比したところ、Kediri 市附近の堤防の疎通能力は天端高一杯でも、わずかに 5～10 年確率洪水のピーク流量程度であることが判明した。

1-3 砂 防

ブラントス河流域のほぼ中央に位置する活火山Kelut山は1811~1966年の間に10回、3年から37年の周期を以て噴火を繰返し、その度に約1億乃至2億 m^3 に及ぶ噴出物を噴出していると推定されている。又噴火口にある火口湖の貯水量が多いときに噴火すると爆発直後熱い泥流(Laharと呼ばれている)が山腹斜面を急速に流下し、森林、農地、道路、家屋等、その流下経路中にあるすべてのものに多大の被害を与えている。

これらの流出物や山腹に積った降灰がブラントス河に流入して、ブラントス河の河床は1951~1970年間に平均約1.5mと著しく上昇しており、河床上昇は爆発後数年間に特に著しい。

これらの土砂流出に伴なうブラントス河床の状況を把握するために、ブラントス河及びボロン河沿いの22箇地点の河床断面変化の記録(1951~1970年)を集収すると共にKelut山腹で現在施工中の砂防計画についての扞止土砂量の資料も入手した。これらの資料及び河川流量記録に基づき、ブラントス河の土砂掃流能力、山腹からの流出土砂量を解析し、将来必要と見られる砂防の規模を研究した。

解析結果によれば、ブラントス河の土砂掃流能力は年平均約 $5 \sim 5.5 \times 10^6 m^3$ である。一方、1951~1970年の20年間に本川に流入した土砂量は $128 \times 10^6 m^3$ と推算された。又、もし1951年と同規模の噴火が次回に起るとすれば、河床上昇を防ぐためには $100 \times 10^6 m^3$ 程度の土砂を収容可能な土砂扞止工事を実施する必要があるとの結論を得た。

1-4 水利用計画

ブラントス河流域の農業開発計画は中流域の既存のかんがい施設を有する地区を対象とした施設の復旧及び同河川本流沿いに位置するかんがい可能地区を対象とした水路道路網、関係構造物の新設を旨として立案された。既存のかんがい施設を有する地区における計画対象地区はWarujayeng-Kertosono地区(13,300ha)、Turi-Tunggorono地区(9,600ha)及びJatimlerek-Bunder地区(1,900ha)の計24,800haであり、かんがい可能地区における計画対象地区はLodoyo-Tulungagung地区(13,500ha)、Pace-Nganjuk地区(9,600ha)及びBlitar-Kediri地区(25,200ha)の計48,300haである。上記計画地区の位置は付図3-4に示した通りである。

上記各地区における農業開発計画に当り、河川流量の解析結果及び上記中流域のかんがい計画並びに下流域の水利用計画の用水需要に基づいて、ブラントス河本川の適正は水配分計画を立案した。この水配分計画に適用した基本方針は次の通りである。

(1) この水配分計画はブラントス河中流沿いの既存かんがい施設地区、即ちWarujayeng-Kertosono地区、Turi-Tunggorono地区、Jatimlerek-Bunder地区、Sidnarjo

delta 地区及び3ヶ所のかんがい可能地区、即ち、Lodoyo-Tulungagung 地区、Pace-Nganjuk 地区、Blitar-Kediri 地区における将来のかんがい要水量と Surabaya 地区における都市、工業用水の将来の水需要をもとに算定した。

(2) 上記かんがい計画地区における将来のかんがい要水量は本調査結果に基づいて作成された作付体系計画により求めた。

(3) Sidoarjo delta かんがい復旧工事地区の要水量は1972年に作成された当地区におけるかんがい施設復旧計画報告書によって算定されている。しかしこの算定された水需要予測は現時点の作付体系を基に算出されており将来の水利用計画にそのままあてはめることが出来ない。したがって同地区における将来のかんがい要水量は今回の調査団が同地区に対して作成した作付計画と他のかんがい予定地区と同様の要水量算定基準により再計算したものが適用されている。

(4) スラバヤ地区における工業用水、都市用水及びかんがい用水等の1972～1992年間の水需要の予測はスラバヤ川河川改修計画報告書によりすでに算定されている。このうち当地区におけるかんがい用水量以外の都市用水量、工業用水量等は1982年のものを採用することとした。一方かんがい用水量はSidoarjo delta 地区における要水量の算定方法を使用しているため、他地区との整合性を保つため今回の調査団によって採用された計算基準により修正したものを採用した。

(5) ブラントス河上流域では既にKarangkatesダムが完成しているが、この水配分計画では同貯水池操作による乾期漏水増が考慮されている。

(6) 現在、既設の頭首工の設備が老朽化し、良好な操作が不可能なためブラントス河川流量は、既存かんがい地区へ適切に配分されていない、このような状況のため、今回の水配分計画を作成するにあたって、各かんがい地区への既存の取水量(既得権)は特に考慮されていない。

上記の基本方針に基づきブラントス河の将来の水配分を検討した結果、現在のKarangkates貯水池の操作基準を多少変更することによりブラントス河の取水可能流量はBlitar-Kediri地区を除く他の計画かんがい地区及びスラバヤ地区並びにSidoarjo delta 地区の要水量を満たす事ができる事が判明した。したがってブラントス河の流量配分計画は付図4-2のよう

に決定した。

上記の水配分計画をもとにしてブラントス河中流部沿いの農業開発計画を作成した。Blitar-Kedisi 地区 開発計画は上述の如く現在の水配分計画から除かれているが将来地下水の利用、水路網の整備による余剰水、等の新たな水源の確保等により同地区に対する開発の可能性が充分考えられるので他地区同様、Blitar-Kediri 地区の農業開発計画も合わせて検討した。

農業開発計画地区に導入する作物は米、豆類、サトウキビ等が考えられ、これら作物の計画実施5年後における期待される収量は米(穂付穀)5.0トン/ha、サトウキビ120トン/ha、大豆1.3トン/ha、落花生1.8トン/ha、トウモロコシ2.3トン/haが見込まれている。

上記各地区における農業開発計画実施による便益はかんがいによって生じる利益のみに限定した。かんがいによって生じる利益は各地区における計画実施後の農産物の年間純便益から現在の農産物の年間純便益を差し引いて推定した。計画が軌道にのった時点での各農業開発計画地区の年間純便益は次のように推定される。

(単位 10³ US\$)

農業開発計画地区	年間純便益
Warujayeng - Kertosono かんがい復旧地区	1,977
Turi - Tunggorono "	1,346
Jatimlerek - Bunder "	287
Lodoyo - Tulungagung 新規かんがい地区	2,903
Pace - Nganjuk "	1,635
Blitar - Kediri "	3,357

上記便益をあげるために、すでにかんがい施設を有する計画地区においては水路のしゅんせつ工事、頭首工の改良等かんがい施設の復旧工事が必要であり、新規計画地区においては水路、頭首工、関連構造物等の建設工事が必要である。各計画地区に必要な建設資金並びにその所要建設期間は以下の通りである。

農業開発計画地区	建設資金 (10 ³ US\$)	工期 (年)
Warujayeng - Kertosono かんがい復旧地区	2,300	2
Turi - Tunggorono "	1,350	2
Jatimlerek - Bunder "	426	2
Lodoyo - Tulungagung 新規かんがい地区	10,100	4
Pace - Nganjuk "	7,340	4
Blitar - Kediri "	21,050	5

上記建設資金と期待される年便益に基づき各農業開発計画地区の経済評価を内部収益率法により計算すると以下の通りである。なおこの計算は構築物の経済的耐用年限を50年として算出されている。

農業開発計画地区	内部収益率 (%)
Warujayeng - Kertosono かんがい復旧地区	29.7
Turi - Tunggorono "	31.3
Jatimlerek - Bundar "	26.8
Lodoyo - Tulungagung 新規かんがい地区	15.7
Pace - Nganjuk "	12.3
Blitar - Kediri "	9.0

上記ブランタス河本流域内の農業開発計画地区に加えて支流域における開発の可能性についても検討した。ブランタス河本川の主な支流 Widas 川, Beng 川, Ngasinan 川沿いにそれぞれ約 4,000ha のかんがい可能地区がある。これらの開発の可能性を概略経済評価計算を行った結果、各計画地区の内部収益率は Beng 地区 15%, Widas 地区 12%, Ngasinan 地区 5% となった。

一方、インドネシア政府によって作成された Wlingi 多目的計画の報告書を技術、経済性の両面から検討した。この計画は発電、Lodoyo-Tulungagung 地区のかんがい用水補給、Karangkates 貯水池における尖頭発電時における逆調整池効果、下流域に対する治水、砂防等を目的としている。

Wlingi 発電計画の再検討の結果、保障尖頭電力は 27,000 KW であり、平均年間発生電力量は 177.1×10^6 KWh となった。又貯留関数法を用いて Wlingi 貯水池で調節された洪水流量を追跡した結果 Wlingi 貯水池による下流部への治水効果はごくわずかである事が判明した。さらに同貯水池による土砂秤止効果を検討した結果、Kelut 山の噴火周期を 15 年とした場合、同貯水池は耐用年数 50 年は十分上記機能を発揮する事ができ、これに伴ない、ダム下流部の河床上昇をある程度防止する事が可能である事がわかった。

上記のような目的と効果を有するこの計画の事業内容は高さ 50 m の堤体の構築、発電所及び 25 km の送電線の建設等よりなり所要事業資金は約 17 百万 US\$ と見積られ、工事に要する期間は 4 年と推定される。構築物の経済的耐用年限を 50 年、償却率 12% で本計画の便益現価計上額は、発電便益 17,166 千 US\$, 逆調整池効果便益 4,249 千 US\$, かんがい便益 3,837 千 US\$ 及び治水、砂防効果便益 143 千 US\$ の計 25,395 千 US\$ と算定される。上記事業資金と期待される便益より当計画の経済性を内部収益率によって算定すると 15.5% となる。

Wlingi 発電計画の検討に加え、ブランタス河流域内の水力発電開発の可能性についても検討した。選定されたダム地点はブランタス河本川と Amprong 川, Lesti 川, Metro 川, Ngrow 川及び Widas 川の 5 支川上に合計 33 ケ所でこれらの合計包蔵出力は 380 MW, 年間発生電力量は 1.3×10^6 MWh と算定される。

1-5 中流域治水計画

ブラントス河中流域の治水対策は、直接河道を改修する方法によって計画した。この河川改修工事の計画のために、洪水解析によって得られた結果をもとに、高水配分計画が立案された。河川改修工事計画の基本方針として次のような事項を考慮した。

- (1) 計画規模は、Karangkates 貯水池による調節効果を考慮した 50 年確率洪水を対象とする。
- (2) Ngrowo 川及びWidas 川合流点附近の遊水地帯は、現状のままの状態を利用する。
- (3) 下流スラバヤ都市地域の重要性にかんがみ Gedek 水門及びMlirip 水門は洪水時に閉鎖し、洪水流を分流しないこととする。

上記の計画基本方針に基づき、ブラントス河中流部各区間の計画高水量を次のように策定した。(付図4-3参照)

1) Ngrowo 川合流点～Kediri 間	1,200 ~ 900 m^3/sec
2) Kediri ~Konto 川合流点間	900 m^3/sec
3) Konto 川合流点～Widas 川合流点間	1,100 m^3/sec
4) Widas 川合流点～Terusan間	1,500 m^3/sec

Wlingi ダムの洪水調節による洪水ピーク流量の減少効果は僅少であるので、高水配分計画にはこの効果は考慮していない。

上記の区間で夫々の計画高水量を安全に流下させるために、河道改修計画を策定した。その計画によれば、河床土砂掘削量 $15 \times 10^6 m^3$ 、堤防かさ上げ及び補強盛土量 $7 \times 10^6 m^3$ を要し、その他の工事を合わせて総工費は約 $23.5 \times 10^6 US\$$ 相当額を要すると見積られる。この工事量は相当膨大であり、工期も 10 年以上要するものと考えられる。この計画による便益は、Ngrowo 川合流点からTerusan地点間における計画実施前後の想定洪水被害額の差額であり、年平均便益は $3,811 \times 10^3 US\$$ と見積られる。以上より償却年限を 50 年としたときの内部収益率は 10.4% と算出される。

上記の計画では工事量が膨大であり、又、工事期間も 10 年と長く、莫大な建設費用を要するので、まず第一期の工事として 10 年確率高水量を対象としてより短い期間と少ない費用で河川改修を実現する案を実施することが望ましい。この 10 年確率洪水を対象とした第一期工事では、掘削量は $7 \times 10^6 m^3$ 程度に減じ、工事費は $14 \times 10^6 US\$$ 相当額になると見積られ、その工事期間は 5 年を要するものと思われる。この場合の便益は、全体計画の場合と同様に計画実施前後の想定洪水被害額の差額とみなされ、年平均便益は $1,683 \times 10^6 US\$$ と推定される。又、償却年限を 50 年とした場合の内部収益率は 8.2% と算出される。

一方、ブラントス本川中流部の治水計画に対する代案として Pakei 地点附近からインド洋に向けて人工水路を開削してブラントス河上流域からの洪水量をインド洋へ放流すること

も検討した。(付図4-7参照) この計画に必要とされる建設費は 40×10^6 US\$ と莫大な費用を要するものと考えられるので、経済的にその実現の可能性は少ないものと思われる。

1-6 Ngrowo 川沿岸地区の治水対策

Ngrowo 川流域はブラントス川流域の西南部に位置しているがこの流域内では雨期に Ngrowo 川沿岸の Tulungagung 市附近の低地部及び Ngrowo 川上流の小支川沿岸地区に常習的なはんらんが起っている。

ここで Tulungagung 市附近の重要性をかんがみて、この地区の治水対策として、Song 川とブラントス河を直接結ぶ延長約 10 km の集水路を建設することによって、Willis 山山腹から流下する洪水流を処理する計画を立てた。この集水路を計画するにあたって、Ngrowo 川流域内の高水配分計画を、10年確率1日雨量をもとに、次のような基本方針にしたがって策定した。(付図4-8参照)

- (1) Ngasinan 川に位置する Bendo 及び Sumbergayam 水門は完全に閉鎖する。
- (2) Gasikan 及び Bening の両湿地帯に貯留された水は洪水ピーク時には放流しない。
- (3) Song 川、Klantur 川及び Babakan 川から流出してくる洪水流は Willis 山ろくに新設される集水路を通じてブラントス河へ放流される。

この高水配分計画による計画ピーク流量は、Parit Raya 水路で $350 \sim 500 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、Bendo から Sumbergayam 間の Ngasinan 川で $0 \sim 80 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、Ngasinan 放水路で $80 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、Ngrowo 川で $50 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、新設の集水路で $240 \sim 630 \text{ m}^3/\text{sec}$ である。この計画にともなう、ブラントス河の洪水ピーク流量の増加量は Kediri 地点で約 $30 \text{ m}^3/\text{sec}$ と推定される。

計画集水路は上記の洪水流を安全に流下させるように計画されており、この建設工事では約 $1.8 \times 10^6 \text{ m}^3$ の掘削土量及び 10^5 m^3 の築堤量が見積られ、建設費は 2×10^6 US\$ 相当額、建設期間は4箇年が必要とされる。この計画の便益は、Song 川及び Klantur 川が Ngrowo 川に合流する地点附近の約 7 km の長さの低湿地における、計画実施による洪水被害軽減額であり、その年平均便益は 180,000 US\$ 相当額である。又、償却年限を 50 年とした場合、この計画の内部収益率は 5.1 % となる。

1-7 開発順位の決定

ブラントス河流域内の諸開発計画の実施における着工順位の決定にあたっては、内部収益率法による経済評価だけでなく、計画地域の社会的条件、他の開発計画との時間的関連、建設機械の効果的利用、その他の関連ある諸条件をも考慮して決定した。

順位決定に際しては、この流域内で挙げられている諸計画を便宜上 2 つのグループ、すな

わち、農業開発計画のグループと洪水調節及び発電計画のグループに分類し、まず第一段階として各々のグループ内で着工順位を決め、その結果及び各計画間の相互の関連性やその他の全体的な諸条件をもとに、全体の計画の最終的な着工順位を決定した。

農業開発計画のグループは次のような社会的あるいはその他の条件を考慮した。

- 1) 地域的な所得の不均衡
- 2) 建設費の総額

1972年に行なわれた農業開発計画地区における農家経済調査によればかんがい復旧地区の農家の年間所得は一般に新規かんがい地区のそれよりかなり高いことが明らかにされた。

開発計画の実現のための資金調達度は、建設費、特にそのうちの外貨分が少ないほど容易であり、かんがい復旧計画地区における建設費及び外貨分は共に新規かんがい計画地区のそれより少ない。

経済効率からみれば、かんがい復旧計画地区のほうが、新規かんがい計画地区よりも優れている。一方、農家所得の低水準によって表現される開発の必要性は新規かんがい地区のほうがはるかに大きい。この2つの面を比較すると、国家的見地からみて新規開発の必要性のほうにより重点をおくべきであると考えられる。以上の考察より、開発計画の着工順位は新規かんがい計画地区に優先度をあたえるべきであろうと考えられる。

一方、かんがい復旧計画地区の建設費は新規かんがい計画地区の建設費より少なく、多少の外貨援助があればインドネシア政府自身の資金で容易にかんがい復旧計画を実施することができよう。開発計画の着工順位を決定することの主な目的は、国際金融機関による資金調達がうける計画を選定することにあると考えられるので、かんがい復旧計画地区を、この流域内での着工順位を定めるための計画としてとりあげる必要はないと思われる。従って、かんがい復旧計画地区は着工順位の検討より除いてある。

新規かんがい計画地区中では Lodoyo - Tulungagung 地区農業開発計画が最も経済効率が高く、次いで Pace - Nganjuk 計画地区、Blitar - Kediri 計画地区の順となっている。又、開発計画の必要性もこれと同じ順位であるので着工順位は以下のように決められた。

農業開発計画地区	着工順位
Lodoyo - Tulungagung	1
Pace - Nganjuk	2
Blitar - Kediri	3

一方、かんがい復旧計画地区は着工順位の検討から除かれているが、これらの開発計画は経済効率も高く、国家経済の改善に大きく貢献するであろうと思われるのでインドネシア政

府自身の手でなるべく早く実現させることが望ましい。

洪水調節及び発電計画のグループでは、経済効率はWilingi 多目的計画がもっとも高い。このグループで考慮した社会的あるいはその他の諸条件は次の如くである。

- 1) 地域的な所得較差の是正効果。
- 2) 開発計画実施の最適時期。
- 3) 現行の開発工事で使われている熟練工や機械類の有効利用。

以上のすべての条件を検討した結果、このグループ内ではWilingi 多目的計画をできるだけ早く実施するのが望ましいとの結論に達した。以上、上記の経済効率、社会的条件及びその他の諸条件を考慮して決定した洪水調節及び発電計画のグループ内における着工順位は以下のようなになる。

開 発 計 画	着工順位
Wilingi 多目的計画	1
中流域河川改修計画	2 [※]
Ngrowo 川沿岸地区治水計画	3

上記の如く、農業開発計画グループ内ではLodoyo-Tulungagung 地区農業開発計画が最も優先度が高く、洪水調節及び発電計画のグループ内ではWilingi 多目的計画が最も優先度が高くなっている。

Lodoyo-Tulungagung 地区農業開発計画では、かんがい用水をWilingi 貯水池から取水するように計画されているので、Wilingi 多目的計画及びLodoyo-Tulungagung 地区農業開発計画における便益をできるだけ早く完全に達成させるためには、両計画を平行して実施していくことが望ましい。

ブラントス流域内の中流部の開発計画では、Pace-Nganjuk 地区農業開発計画の優先度が高い。さらに、かんがい復旧計画地区における農業開発は経済効果が優れており早期の実現が望まれる。しかしながら、これらの農業開発計画地区への用水供給を達成させると共にボロン川及びスラバヤ川の改修計画に対する計画の一貫性を保つためには、これらの農業開発計画の実施に先だって、河川改修計画、特にKediri 市附近の如く洪水に対し危険度の高い地区の河道より改修を進める事が望ましい。

Blitar-Kediri 地区農業開発計画は下流域のかんがい地区における水路の改良或いは地下水利用などによってブラントス本川からの取水量が節減することができるようになる将来

注) ※ : 砂防計画が既存の基本計画書の通り実施された場合。

の時点に開発すべきものと考えられる。

以上のような諸条件から判断して、プランタス流域内における諸計画の実施のための着工順位は次のように決定された。

開 発 計 画	着工順位
Wlingi 多目的計画	1
Lodoyo - Tulungagung 地区農業開発計画	
中流域河川改修計画	2
Pace - Nganjuk 地区農業開発計画	3
Ngrowo 川治水計画	4
Blitar - Kediri 地区農業開発計画	5

上記開発計画に加えてプランタス河流域内にある3大支川即ち、Widas川沿岸地区、Bong地区及びNgasinan川沿岸地区の農業開発計画の経済評価を内部収益率法で行った。その結果、上記各計画地区の内部収益率は12～15%と高い。しかしこの内部収益率の計算過程において種々の不確定要素があり、前記各開発計画とこの3大支川における農業開発計画を同列で論じるためにはダム地点の代案、便益の算定等の調査が必要であると思われる。

1-8 勸告

(1) Wlingi ダム計画のための追加調査

1) インドネシア政府によってこれまでに行なわれた地質調査の結果によると、Wlingiダム地点は地質的に優れているとはいいがたい。ダムの詳細設計、特に基礎処理の費用算定のためには、より詳細な地質調査を実施する必要がある。

2) この地質調査と平行して、工事用仮設備、ダム本体、付属構造物、盛土材料等についての詳細な調査及び設計を行うべきである。

3) インドネシア政府によるフィージビリティレポートには盛土材料に関する調査や、採石場あるいは土取場の計画についての詳細が明らかにされていない。Wlingiダムは、推定基礎地盤上、約50mの高さになると計画されているので、上記の項目についてはダムの詳細設計のためにより綿密な検討が必要である。

(2) Lodoyo - Tulungagung 地区農業開発計画に対する追加調査

すでに、インドネシア政府は、Lodoyo - Tulungagung地区の予備調査を行い、その結果に基づいて、水路系統の一部の建設を進めている。しかしながら、取水口やかんがい排水水路の詳細については明らかにされていないので、この事項についてさらに十分な検討を行う

必要がある。

(3) 流量観測の強化

今回の調査で既設の観測所における水位流量記録を収集、検討したが、これらの記録のうちにはいくつかの矛盾点がみられる。特に、本流沿いの Jongbiru と Kertosono の観測所における記録にその傾向が著しい。将来、流域内の土地利用が進み、それに伴って水需要が増えてくると洪水あるいは渇水が深刻な問題になってこよう。そのような段階では、長期間の正確な流量記録が必要とされるので、定時観測記録を定期的に流速計による流量観測によってチェックし、記録の信頼度を高める必要がある。

ブラントス流域内では、支川にもいくつかの流量観測所がある。将来の支流域の治水あるいは利水計画策定のためには、支流域における観測網の補強が必要である。

(4) 流砂量の測定

ブラントス河流域では特に Kelut 山噴火に伴う土砂流出防止のための砂防が重要な計画の1つとなっているにも拘らず、河道の堆砂量を明らかにするための流砂量の資料が不十分で、このため今回の流砂量の解析においても限度がありさらに詳しい検討並びに計画が不可能となっている。ブラントス河の河川改修工事計画や Kelut 山山腹の砂防計画の作成のためには、ブラントス河及び Kelut 山、山腹周辺の支流における流砂量、特に雨期における流砂量の測定を適当な測定器具を用いて行なうべきである。

(5) 利水計画に対する勧告

1) Wilingi ダム地点より下流のブラントス河には地形的にダム地点に適したところはなく、又上流部においても、洪水調節や流量の季節的な調整に役立つような規模の大きい貯水池を建設できる様なダム地点は、殆んどない。支流域には、かんがい及び発電の目的のための小規模なダムをつくることのできる地点はいくつかあるが、これらのダムによっては、乾期流量を大幅に増加させることは望めない。したがって、これらのダムは、系統内の水力及び火力発電の適当な組み合わせによる全体的な計画のもとに、開発されることが望まれる。

2) 現在のかんがい用水の不安定な供給を改善するためには、かんがい施設を改善すると共に、水配分の適切な管理に対する強化対策が必要とされよう。

3) ブラントス河中流域では地下水調査が現在行なわれている。将来、より高度な土地利用や水需要に伴って、利水計画においては地表水と地下水の適当な組み合わせを考慮する必要が生じてくるものと思われるのでより詳細な地下水調査を実施して、地下水の賦存量を確認すると共に、地下水利用に対する技術的、経済的な可能性を検討することが望ましい。

第2章 緒 言

2-1 ブラントス河流域の現状と主な問題点

ブラントス河はジャワ島第2の大河で、流路延長320km、流域面積12,000km²を有し、東部ジャワ州の全面積48,000km²の約1/4を占めている。また1971年現在の流域内の人口は約1,000万人で、東部ジャワ州の人口約2,800万人のうち36%を占めている。

ブラントス河の派川、スラバラ川の河口附近には、東部ジャワ州の州都であり又インドネシア第2の港湾都市であるスラバヤが位置している。その人口は140万を数え、行政、交通、物資集散の要衝として古くから栄えている。スラバラ港の取扱い貨物量は年間約150万トンに上っている。

流域内の産業は農業を基幹とし、就業人口の約70%は農業に従事している。流域内の全耕地面積は、730,000haに上り、流域面積の60%を占めている。残りの40%はほとんどが山腹傾斜地で、地形、土壌、水利条件とも農耕には適しておらず、これらの土地の開拓はむずかしい。畑地、国営農園、果樹園等の所有面積は409,000haであり、その多くは流域西部のWillis山、東部のArjuno山及び中央部にあるKelut山の山裾緩斜面に位置している。

水田は耕地面積の44%に相当する321,000haを占めており、ブラントス河の本流及びその支流からの水によってかんがいされている。そのうちブラントス河本流の水によってかんがいされている面積は77,000haである。

主要農産物は米、キャッサバ、砂糖、大豆及びトウモロコシであり、雨期作は水稻の作付面積が圧倒的に大きく、乾期にはキャッサバ、大豆及びトウモロコシ等が大部分を占めているが水利の便のよいところでは水稻も栽培している。

第二次大戦前にはこの流域は甘蔗栽培および粗糖生産の主産地として有名であったが、戦時中及び戦後の混乱期に生じた食糧不足および、精糖工場の破壊、損耗によって著しく減産し、現在は年産23万トン程度の粗糖、或いは耕地白糖生産が行なわれている。

ブラントス河流域は南緯7°~8°の範囲にあるため、年間の月平均気温差がきわめて小さい。年間降雨量は流域平均で約2,000mmで、そのうち80%が11月から4月までの雨期に集中している。流域内の土壌はKelut山からの火山堆積物があるため一般的に肥沃であり、ブラントス河からの取水が適当な管理のもとに有効に利用できれば、種々の作物の収穫量を相当高め得る高い農業生産性を有している。

しかしながら本流は河幅も広く洪水流量も大きいので取水堰を建設するには相当の建設費を要するため、既設のかんがい水の取水はほとんど取り入れ水門のみの頭首工によってなされ、取水量は角落しによって調整されている。しかしながら、ブラントス河の河川水位は雨期と乾期とでは大きく異なり、取水量の適切な調整はむずかしく、このため乾期の河川流量

は必ずしも有効に利用されていない。既設のかんがい施設は破損、損耗が著しく、かんがい用水の配分が適切に行なわれていない。これは施設の維持、管理が不十分であることにも起因しているが、ブランタス河流域の特性である河水中の土砂量が多いことも一つの大きな要因となっている。

流域内では Karangates 貯水池と Selorejo 貯水池がすでに完成しており、雨期における洪水調節及び乾期における河川流量の増加に対する役割が期待されている。この両貯水池の調節による渇水期 6 月から 11 月までの 6 ヶ月間の平均流量増加分は、平均年において Karangates ダム地点で $11 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、Selorejo ダムで $2.8 \text{ m}^3/\text{sec}$ である。

一方、ブランタス河流域のほぼ中央に位置する活火山 Kelut 山は 15～30 年の周期をもって噴火を繰返し、多量の火山噴出物を流域内に放出する。これらの噴出物は Kelut 山の山腹周辺の支流を通して流下し、ブランタス本流ばかりでなくかんがい用水路にも堆積し、特にブランタス河道の通水容量を減少させている。したがって、洪水に対し河道を安全に維持するために、年々ブランタス中流域の河道の堤防を嵩上げせざるを得ない状況となっている。

上記のような諸問題にたいし、実現可能な対策をたてるために、本調査では次のような項目について基礎的な調査及び解析検討を行った。

- 1) 水文気象資料の収集及び解析。
- 2) 特に Kelut 山の噴火による流砂に関する資料の収集及び解析。
- 3) 流域内で実施された主要開発事業、例えば Karangates、Selorejo 貯水池等の造成による効果の検討。
- 4) 将来の河川改修のための適切な計画高水量の立案。
- 5) 将来の利水計画のための合理的な水配分計画の立案。
- 6) 利水計画及び治水計画のための詳細な測量及び調査において考慮すべき項目の勧告。

2-2 調査の作業範囲

日本政府は 1971 年に第 1 次ブランタス河流域開発調査団をインドネシアに派遣し主に治水対策を立案した。1972 年度に実施された第 2 次調査においては、主に利水対策を立案すると共に第 1 次、第 2 次調査の結果を総合し、開発計画の着工優先順位の決定を行う事とした。1972 年 8 月 29 日及び 9 月 4 日の両日に亘りインドネシア政府と日本政府調査団との間の打合せによって合意された 1972 年度調査作業の範囲は下記の通りである。

- 1) 水文気象資料の追加収集及び農業かんがいの現状に関する資料の収集。
- 2) 次の 4 項目に関する検討即ち (i) 流域内の現況の農業及びかんがいの状況 (ii) ブラントス河中流部及び Ngrowo 川沿岸地区の洪水被害の推定 (iii) Wlingi 多目的計画 (iv) 流域内

の将来の水力発電開発の可能性。

3) プラントス河本流沿い地区の農業開発及び低水流量配分計画の立案。

4) 流域内で立案された諸開発計画の着工順位の決定。

2-3 調査報告書の構成と内容

この報告書全文は次の3分冊より成る。

(1) Main Report

(2) Supporting Report

(3) Data Book

この報告書は上記3分冊の中、Main Reportに該当するもので、(2)のSupporting Reportの解析結果を要約したものである。Supporting Reportには、Main Reportの記述の技術的な背景や計画立案のための詳細な解析及び計算等が記載されている。さらに詳しい公式の説明及び計算については、Supporting Reportの最後にAppendicesとしてまとめられている。水文、気象資料、かんがい水路の現況横断図及びプラントス河とその支川の河川横断図はData Bookに収録されている。

Main Reportは5章よりなり、第1章は調査全体の要約及び勧告、第2章にはこの調査の行なわれた背景と必要性、第3章ではプラントス河の現状、第4章でプラントス河流域で計画された農業、治水及び発電開発計画の概要について夫々述べ、最後に第5章でこれら各開発計画の経済評価と着工順位の決定について記述している。

2-4 調査団の構成

本調査団を現地に派遣するに先だって、この第2次調査の結果を審査する調査作業監理委員会が国内に設けられた。その委員会は次の9氏によって構成された。

氏名	担当	所属官庁
1. 宮崎 明	監理委員長	建設省大臣官房技術参事官
2. 吉川 秀男	水文解析・砂防計画	東京工業大学土木工学科教授
3. 岡部 三郎	農業開発計画	農林省構造改善局設計課課長
4. 細田 和男	治水計画	水資源開発公団常務参与
5. 樽野 康行	水文解析	建設省河川局治水課課長
6. 中村 範次	発電計画	通産省公益事業局計画課課長補佐
7. 内山 嘉美	かんがい計画	農林省利根川水系調査事務所所長
8. 村上 明	農業開発計画	農林省構造改善局計画課課長補佐
9. 宮崎 康生	営農計画	農林省構造改善局資源課課長補佐

以上の監理委員のうち、中村範次氏と内山嘉美氏はAdvisery teamとして、下記6名よりなる調査団員と共に現地におもむき、インドネシア政府との折衝・現地調査のAdviseの任に当たった。6名の調査団員の氏名、職務分担及びその調査期間は下記の如くである。

氏名	職務分担	調査期間
(1) 芝田三男	調査団長(農業開発計画)	60日
(2) 大沼茂夫	水文解析及び計画	120日
(3) 高砂昭文	農業調査	75日
(4) 矢野佳永	かんがい調査	75日
(5) 広瀬典昭	農業水文調査	75日
(6) 玉井虎男	農業経済調査	30日

調査団は1972年8月29日ジャカルタにおいて、公共事業省及び電力公社の担当幹部と本調査団の作業項目について打合会議を行い、ついで9月4日、マランにて現地担当幹部と打合わせを行った。この会議での打合せ事項にしたがって、調査団は8月末から1~4ヶ月の現地調査を行なった。一方、Advisery teamは9月中旬まで現地で調査に対する助言及び問題点の検討を行った。調査団は現地調査終了後、東京で治水計画及び利水計画についての解析、検討を行ない、報告書の作成にあたった。その間作業監理委員会が数次にわたり開かれ、解析手法、結果の検討、並びに助言及び報告書内容の審査が行われた。

2-5 謝辞

この調査の実施にあたってはインドネシア政府の公共事業省水資源総局、東部ジャワかんがい局、プランタス多目的計画事務所等の各関係機関および多数の関係官より絶大な援助を受け、諸資料、説明、現地案内等に多大の便宜を与えられたことを調査団はここに心より厚く感謝いたします。

特に下記の諸氏は調査団と共に、直接作業に密接な協力を与えられたことを附記して深く感謝の意を表する次第であります。

(1) 公共事業省水資源総局

Ir. Sujono Sosrodarseno	Director General of Water Resources Development
Ir. Boesono Boedidarmo	Director of Planning & Programming
Ir. Mardjono	Head of River Basin Planning Division, Directorate of Planning and Programming
Ir. Jusuf Gayo	Rivir Division, Directorate of Rivers & Swamps

Drs. Pintor Tambunan	Head of Development Programming Division, Directorate of Planning & Programming
Dr. Firman Sulaiman	Development Programming Division, Directorate of Planning & Programming
Drs. Rasjid Reda	General Affairs, Directorate of Planning & Programming
Ir. Daryanto	Directorate of Research & Design, State Electricity Corporation
Hatumesen B.E.	Directorate of Construction, State Electricity Corporation
Ir. Muslim	Directorate of Research & Design, State Electricity Corporation
Drs. Siswadi	Staff of Project Officer of Brantas Project
Ir. Sunaryo	Directorate of Irrigation
(2) 東部ジャワかんがい局	
Asahri B.I.E.	Head of East Java Irrigation Service in Surabaya
Ir. Majangkoro	Chief of River Section in East Java Irrigation Service
Ir. Soetijono	Head of Malang Irrigation Service and his staffs
Soewito & R. Said	Head of Kediri Irrigation Service and his staffs
R. Soewasono	Head of Jombang Irrigation Service and his staffs
R. Maskoep	Head of Mojokerto Irrigation Service and his staffs
(3) ブランタス多目的計画事務所	
Ir. Surjono	General Manager of Brantas Multi-Purpose Project
Ir. Eddy Sutisna	Deputy of General Manager
Drs. Rob Suharno	Assistant of Financing & Personal Affairs
Ir. Husni Sabar	Assistant of Planning & Design
Ir. Roedjito	Deputy Assistant of Planning & Design

U. Syachras B.E.	Specialist of Land Investigation
Ir. Isdjaman Djenalanom	Specialist of Geology
Ir. Satoto	Specialist of Design
Ir. Sukarno Wahab	Specialist of Planning
Ir. Sugijanto	Lecturer of Brawidjaja University

第3章 ブラントス河流域の一般概況

3-1 地形及び地質

(1) 地形

東部ジャワ州に広がるブラントス河流域は東経 $111^{\circ}40'$ から $112^{\circ}50'$ の間、及び南緯 $7^{\circ}10'$ から $8^{\circ}15'$ の間に位置し、流域の東は Semeru 山、西は Willis 山が流域界をなしており、南は標高 300 ~ 500m の丘陵部によってインド洋との境界がなされている。火山地帯から流れて多くの支流は、土砂とともにブラントス河本流に流入している。このブラントス河流域の全面積は約 $12,000\text{km}^2$ である。

ブラントス河は Arjuno 山系の南東斜面に源を発し、Malang 平地を南下し、Kepanjen 附近で流れを西方に変え、75 km ほど西下して Tulungagung 附近で北上している。この Tulungagung 附近で支川、Ngrowo 川が南方から合流している。Kediri 市の北でブラントス河は沖積平野を流下し、Kertosono の東側を通過し、Willis 山の北東斜面から流下する支川 Widas 川と合流し、この合流点附近からゆるやかに流路を東方に変え Mojokerto 市附近でスラバヤ川と Porong 川に分派する。スラバヤ川はスラバヤ市の北方でマドラ海に、一方、Porong 川は Pasuran の北方でマドラ海に注いでいる。ブラントス河の総流路延長は 320km であるが、Arjuno 山系の火山帯の山すそを環状に流れているため、Porong 川の河口から Arjuno 山の水源地までの直線距離はわずかに 40 km にすぎない。

平均河床勾配は Pakel 上流部で $1/800$ 、中流部で $1/1,250 \sim 1/1,900$ 、下流部で $1/3,000$ である。ブラントス河に流入する主な支川は Lesti 川、Ngrowo 川、Konto 川及び Widas 川である。

(2) 地質

ブラントス河はほとんど火山の山すそを流れている。上流域の Arjuno 山系と Semeru 山系は玄武溶岩、集結凝灰岩、火山灰及びロームから成り、それより下流域のブラントス河が西下する地域は新第三紀層期の丘陵沿いに走る峡谷をなし、Butak 山及び Kelut 山からの火山溶岩や火山噴出物から成っている。ブラントス河が北上する地域は、流路が広く又浅くなっており、西方の Willis 山の急斜面と、東方の Kelut 火山のゆるやかな山腹からの水を集めている。上記の3つの地域では浸蝕作用が堆積作用を上回っている。

ブラントス河はその他に Kelut 火山の噴火による地質的特性をもっている。Kelut 山は山頂に火口湖をもち、間歇的な噴火によって、火口湖の水は、噴出物と共に流出し、Kelut 山の山腹を峡谷沿いに、いわゆる "primary lahar" となって流下し、その流路の農地、家屋その他の施設に多大の被害を与えている。

3-2 気象状況

ブランタス河流域の気象条件は、11月から4月までの雨期と5月から10月までの乾期に大別される。年間を通じての一般気象状況は以下のようである。

(1) 気温

ブランタス河流域は熱帯地域に属し、南緯 $7^{\circ}10'$ ～ $8^{\circ}15'$ の間及び東経 $111^{\circ}40'$ ～ $112^{\circ}50'$ の間に位置するため、流域内の月平均気温は比較的高く年間を通じてほとんど変化がない。Pasuruan (Malangの北東40km, 標高5m)における1966年から1970年間の平均の各月の気温記録によると、月平均気温は 27.3°C から 29.3°C の範囲で変化し、年平均気温は 28°C である。

(2) 湿度

流域内の湿度は比較的高く、Pasuruanにおける1966年から1970年間の平均の各月の湿度は65.1%から82.7%まで変化している。年平均湿度は74.9%である。

(3) 蒸発量

1966年から1970年間のPasuruanにおける各月蒸発量記録によれば、平均月蒸発量は雨期には60.4mm, 乾期には106.2mmであり、年間蒸発量は1,000mmとなっている。

(4) 雨量

ブランタス河流域では250ヶ所の観測所で日雨量が観測されている。これらの観測所のうち52ヶ所の観測所の1951～1971年の月雨量がData Bookにまとめられている。

これらの記録からつくられた等雨量図によれば、Kelut山の南及び西側斜面では年雨量は3,000～4,000mmに達するが、下流域では1,500～2,000mm程度である。Torusan水位観測所より上流域約10,000km²の流域平均雨量は1951～1971年の平均で年間約2,000mmで、そのうち80%以上が雨期の6ヶ月に降っている。

Karangkates及びLodoyoの時間雨量観測所の記録によれば、雨期における1日の降雨の発生時刻はほぼ規則的で、多くの降雨は午後2時から7時までに降りはじめ、降雨の継続時間は3～15時間の間である。

3-3 河川流量

(1) 流量記録

ブランタス河流域内では、東部ジャワ州かんがい局管轄の下に河川流量の測定が行なわれている。流域内ではブランタス河本流沿い及びその支流沿いの18ヶ所の流量観測所の記録がありこれらの記録がこの調査の解析のために使われた。これらの観測所は、本流沿いに8ヶ所あり、残りの10ヶ所はNgrowo川, Konto川, Widas川, スラバヤ川及びPorong川にある。これら観測所の位置は付図3-1に示されており、各観測所の日水位及び日流量の

観測期間は本流沿い観測所ではほぼ1951～1971年の20年間に亘っている。これらの記録は月平均流量としてData Bookにとりまとめられている。

(2) 流量記録の検討

上記観測所では1日2回水位観測を行っており、水面流速はバナナの幹を用いて測定されている。

今回の調査において、本流沿いのPakel, Jongbiru, Kertosono及びJabon地点で、流速計による流量実測作業を実施したが、その結果PakelとJabonではインドネシア側の定時観測値ときわめてよく一致したが、JongbiruとKertosonoのそれはかなりの差がみとめられた。

又、収集した雨量と流量記録に基づいて年間流量——年間雨量の相関を検討してみたところJabon地点での相関はきわめてよいことがわかったが、Kertosonoのそれはかなり悪く、流量記録に不合理な点がみられた。

一方Jabon地点はMlirip, Kepajaran, Voor canal地点と接近して位置しており、Jabon地点の流量は上記3地点の流量の合計に等しいものと考えられる。したがって、Jabon流量と上記3地点の合計流量との相関を検討してみたところ、きわめて良い相関を示している事がわかった。前述の雨量—流量相関、測水結果及び流量相関から判断してJabon地点の流量記録は信頼性が高いものであるという結論を得た。

(3) 流量記録の修正

1951年～1971年の月平均流量の量水曲線を見ると1964年～1971年のJongbiru及びKertosono地点の流量は他の地点及び1963年以前の上記両地点の流量に比べて、かなり大きな値を示している。したがって、この両地点の1964年～1971年の流量記録を、1951年～1963年のJabon—Jongbiru及びJabon—Kertosonoの流量相関関係によって修正した。下表は1951年～1971年間のブラントス河本流沿い8ヶ所の月平均流量であり、このうちJongbiru及びKertosonoの記録は修正されたものである。

月	観 測 所 名								(単位: m^3/sec)
	Karangates	Pohgajih	Kaulon	Pakel	Jeli	Jongbiru	Kertosono	Jabon	
1	94.3	110.8	139.6	184.2	271.8	239.7	277.3	426.9	
2	100.5	122.2	137.5	195.7	291.8	273.5	318.9	510.7	
3	94.3	115.6	141.1	208.9	310.7	282.1	327.2	520.1	
4	78.3	97.6	128.4	182.9	257.0	228.6	263.1	387.0	
5	69.5	87.3	113.2	157.7	212.3	198.4	227.1	285.7	
6	58.0	71.1	95.5	121.8	154.5	146.0	164.6	174.6	

月	Karangkates	Pohgajih	Kauton	Pakel	Jeli	Jongbiru	Kertosono	Jabon
7	53.8	63.6	81.5	100.8	140.6	125.6	146.1	141.8
8	44.0	50.8	62.1	74.6	96.4	86.7	99.1	82.9
9	36.7	43.1	53.8	62.2	73.7	66.9	70.1	50.7
10	41.8	48.8	62.9	65.8	96.9	83.5	83.4	73.3
11	54.8	66.5	89.2	106.1	155.5	140.2	147.1	160.3
12	82.3	99.4	124.1	158.5	227.2	205.3	220.1	294.4
平均	67.4	81.3	102.7	134.9	189.2	173.1	194.9	259.1

(4) 流出係数

本川沿いの流量観測地点 Pohgajih より Jabon までの7地点における流量記録と流域平均雨量との関係より、各地点の流出係数を算出した。算出された流出係数は47～59%で、ブラントス河流域の蒸発散量及び浸透損失より判断するとほぼ妥当な値と思われる。

(5) Karangkates, Lahor 及び Selorejo 貯水池による流量調節効果

Karangkates ダムは Pohgajih 地点より1km上流地点に建設され、すでに完成しており、又 Karangkates 地点下流部でブラントス河に流入する Lahor 川には Lahor ダムがインドネシア政府の手によって建設されつつある。Lahor 川の1951年～1971年の流量は Lahor ダム地点で $12.2 \text{ m}^3/\text{sec}$ と推定されている。

Karangkates 貯水池と Lahor 貯水池は両貯水池を結ぶ水路トンネルで一体化されることになっており、操作規程にしたがって、1951年～1971年の流量記録により両貯水池による流量調節効果の検討を行った。その結果平均年における6月から11月まで6ヶ月間の平均月流量増加分は Karangkates ダム地点で $11 \text{ m}^3/\text{sec}$ となった。

Selorejo ダムは Konto 川上流部に建設されすでに完成している。1951年～1971年のダム地点における平均流量は $10.2 \text{ m}^3/\text{sec}$ である。これらの記録をもとに同貯水池による流量調節効果の検討を行ったところ平均年における6月から11月までの6ヶ月間の平均月流量増加分は Selorejo ダム地点で $2.8 \text{ m}^3/\text{sec}$ となった。

3-4 人 口

行政地区別の人口資料より推定したブラントス河流域内の人口は1971年において約1,000万人で、これはジャワ全体の約13%、インドネシアの全人口の8%にあたる。流域全体の平均人口密度は $847 \text{ 人}/\text{km}^2$ 、1961年～1971年間の平均の年間人口増加率は1.81%である。

流域人口を地区別にみるとその約80%は農村人口によって占められている。都市人口約200万人のうちその60%以上の140万人がスラバヤ市の人口であり、その人口密度は約

7,300人/km²である。又流域内人口を就業人口比率からみると、その約70%が農業に従事しており、残り30%は工業あるいはサービス業に従事している。

ブランタス流域では新規に農地を開拓する余地も限られており、1農家当りの平均耕地保有面積は0.5haにすぎない。その結果、農村の余剰人口は都市部へ押し出されている。しかし、都市においても雇傭機会の不足から深刻な失業問題に直面しているため、なお農村には相当数の潜在失業者が吸収されている。

3-5 Kelut山の噴火と河床変動

(1) Kelut山の噴火活動

Kelut山はKediri市の東方35kmに位置する活火山で、1811年～1966年までの間に3～37年の間隔でその間10回の噴火をくり返している。

Kelut山の噴火口には火口湖があり、火口湖の貯水量が多いときに噴火するとPrimary laharと呼ばれる莫大な高温の泥流が山腹斜面を急速に流下し、その流路上にある各種構造物、家屋、田畑に多大の被害を与える。この泥流による被害を極力くい止めるため、1919年の噴火後、火口湖からの排水トンネルが建設されたが1951年及び1966年の噴火によって一部破壊された。1966年の噴火後現在までに7本のトンネルが火口湖両壁方向に掘削され、その結果現在の火口湖水量は約400万m³に減少している。この水量から推定すると次回噴火による泥流の到達距離は火口湖より約13km程度と考えられている。

上記の泥流の他に、噴火に伴う噴出物が山腹に堆積する。この堆積物が降雨によって流下する。この泥流が“Secondary lahar”と呼ばれ、Primary laharと同様大きな破壊力をもっている。これらのlaharは降雨によって山腹からブランタス河の本流へ運ばれ河床上昇をもたらしている。1966年の噴火に伴う堆積物は約9,000万m³と推定されている。又1951年の噴火による堆積物は約19,200万m³と云われている。

(2) 砂防工事

1966年の噴火後、Kelut山の南側及び西側山腹で砂防工事がインドネシア政府の手でおこなわれている。この砂防工事の主な目的は(i)噴出物の拡散を防ぐこと(ii)被害地区を護ること及び(iii)堆積物がブランタス河へ流入するのを防ぐことである。この砂防工事では、山腹に噴火堆積物を止めるためのcheck damやlahar pocketが建設されている。

1970年までの工事の実施状況は下記の通りである。

計画土砂貯留量	36.2 × 10 ⁶ m ³
1970年までの貯留土砂量	19 × 10 ⁶ m ³
Lahar pocket 占有面積	1840 ha
建設費	174 × 10 ⁶ Rp

pocket 容量 1 m^3 当りの建設費は 3.3 ~ 16.2 Rp とかなり安い。これは主として工事における低廉な労務費と pocket 建設に要する用地補償費が含まれていないことによるものである。

(3) 河床変動

ブランタス河の河床高の測定は、Wlingi 附近の Ngambul から Porong 川の河口までの 220 km の区間の 22 地点で行なわれている。その記録はほぼ 1951 年から 1970 年の 20 年間に亘っている。

これらの記録をもとに、区間毎の各年の堆積土砂量を計算した結果、河床は噴火後 5 年間は急激に上昇し、その後の上昇率はかなり減少していることがわかった。1951 年～1970 年間に Kaulon より Porong 河口までの区間に堆積した土砂量は 4,800 万 m^3 であり、その内訳は下記の通りである。

区 間	区間距離 (km)	堆積土砂量 (10^6 m^3)
Kaulon - Jongbiru	80	15.7
Jongbiru - Kertosono	33	8.3
Kertosono - Jabon	48	9.2
Jabon - Ponong estuary	51	15.1
計	212	48.3

又、噴火後 5 年間の土砂堆積量と推定噴出土砂量の関係を示すと次のようになる。

	山腹堆積量 (10^6 m^3)	5 年間の河床堆積量 (10^6 m^3)	百分率 (%)
1951 年噴火	192	26.86	14
1966 年噴火	90	16.40	18
計	282	43.26	

(4) 河道の流砂量

河川中の浮遊土砂量はその移動状況より、河床近くを移動する比較的荒い粒子の掃流土砂と河水中を浮遊状態で移動する細かい粒子のウォッシュロードに大別される。この両者のうち掃流土砂が河床変動の主要因をなしている。

河水中の浮遊土砂量測定はブランタス河本流では Jongbiru, Kertosono 及び Jabon 地点で 1959/1960 年及び 1971 年に実施され、又 Porong 川では 1964 年に Porong 橋地点で実施された。

これらの地点の1951年～1970年の流量記録、河床勾配及び河川断面をもとに推定した掃流土砂及びウォッシュロードの年間平均送流能力はそれぞれ、 $1.0 \sim 1.1 \times 10^6 \text{ m}^3$ 及び $4.0 \sim 4.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ の範囲であった。

(5) Kelut 山周辺山腹からの補給土砂量

ブラントス河河道に堆積した土砂量及び河水中を流下した土砂量から Kelut 山周辺山腹よりブラントス河河道に補給された土砂量を推定した。

ブラントス河の右岸の流域は、多くの火山噴出物の堆積する地域とあまり影響をうけない地域の2つに大別される。噴火の影響をうける地域は Kelut 山の南側及び西側の山腹で、Kaulon から Kertosono 間のブラントス河の右岸流域のほとんどにあたる。この地域からの補給土砂量は全補給量から影響をうけない地域からの補給量を差し引くことによって求められ、この地域からの掃流土砂及びウォッシュロードの補給量は1951～1955年、1956～1965年、1966～1970年の各期間について次表のように推定された。

期 間	掃流土砂	ウォッシュロード	(単位: 10^6 m^3) 計
1951～1955	30.85	25.74	56.59
1956～1965	10.27	33.35	43.62
1966～1970	18.09	9.51	27.60
計	59.21	68.60	127.81

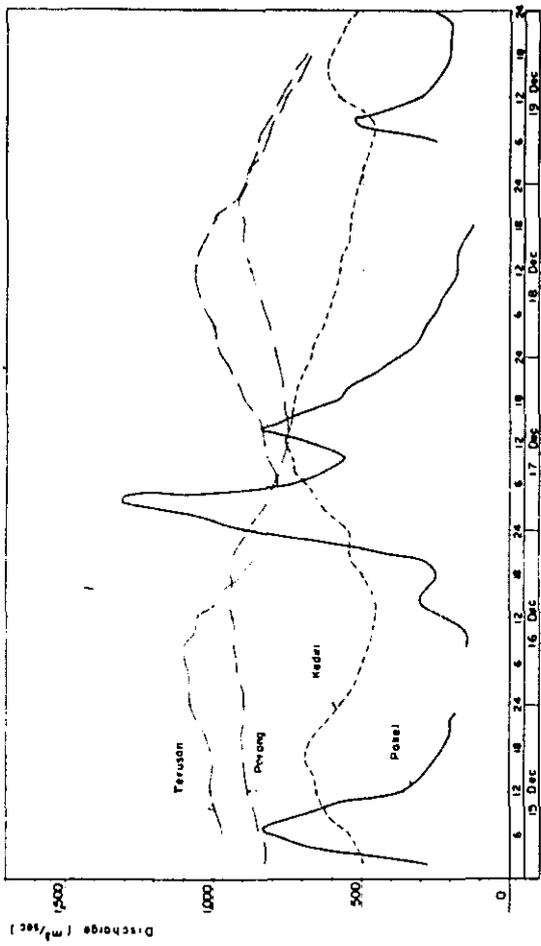
3-6 高水流量

(1) 流量記録

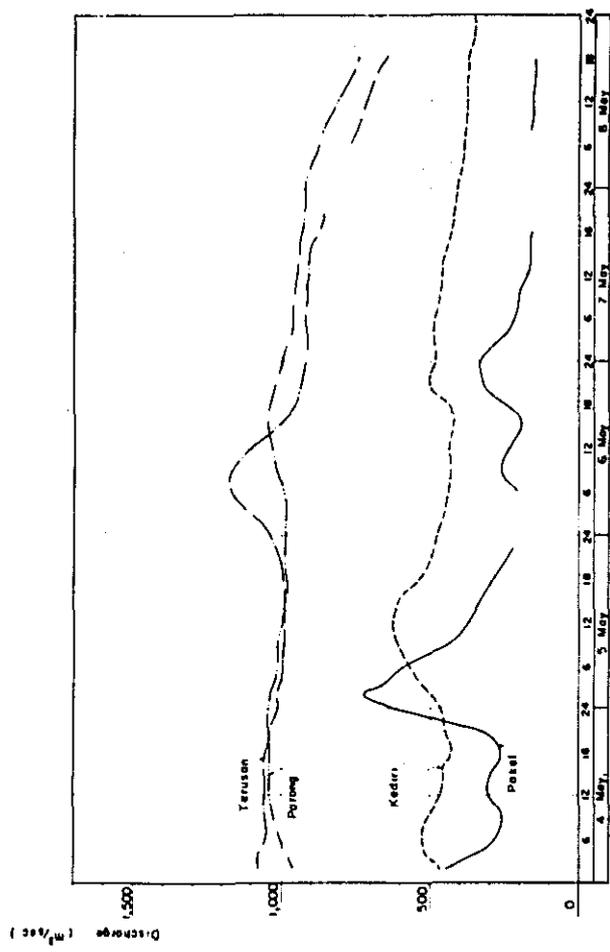
ブラントス河の洪水特性を検討するために、Pohgajih, Pakel, Kediri 及び Terusan 観測地点の時間水位記録が解析された。使用された記録は最長 Pakel の20年間、最短は Pohgajih の3年間である。

(2) 洪水特性

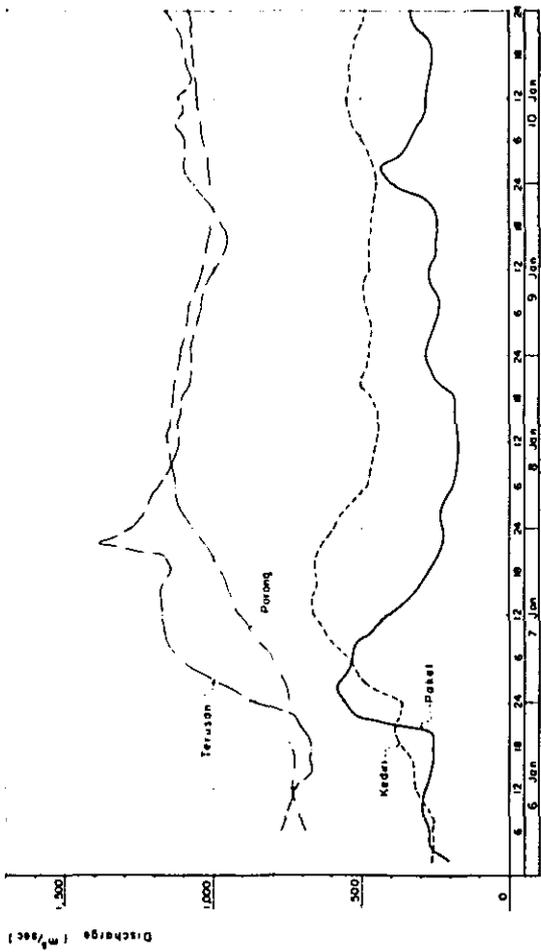
上記の観測地点における時間水位記録及び水位—流量曲線をもとに比較的大きな洪水をえらんで付図3-2で示した洪水波形図を作成した。各観測地点において求められた洪水波形をみると、上流部においてはその形状は鋭く上がった形をしているが、これが下流部にくるにしたがってなだらかな形となっている。この様な下流部での波形の変化は洪水流の河道貯留による影響と堤内地へのはんらんによるものであろう。又、支流域の洪水は支川の河床上昇のためはんらんを起しており、ブラントス河に流入する前に流域に貯留され、ブラントス河の洪水のピーク流量を大きく増加させることはない。このためブラントス河下流部の



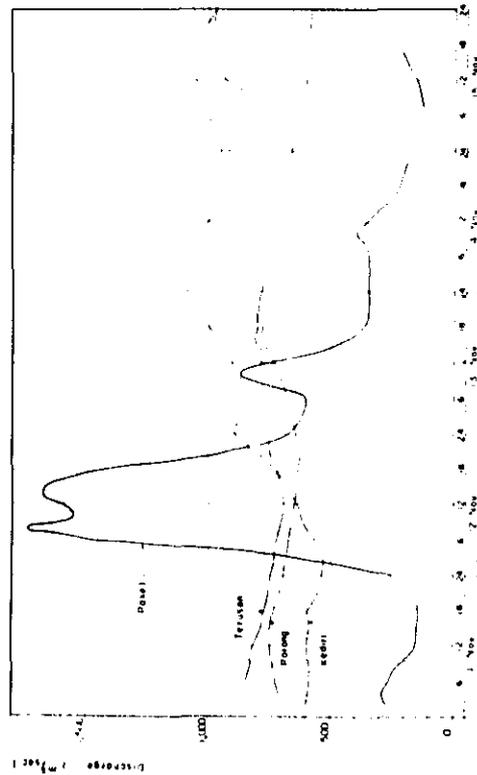
Observed Flood Hydrograph in 1954



Observed Flood Hydrograph in 1959



Observed Flood Hydrograph in 1953



Observed Flood Hydrograph in 1955

付图 3-2 洪水波形图

洪水流量はその流域面積にくらべて小さなものとなっている。

(3) 貯留効果

洪水解析によれば、ブラントス河の高水流量は Pakel ~ Kediri 間で堤内地へのはんらん、Kediri ~ Terusan 間の Widas 川合流点附近の低湿地による貯留効果によって大きく影響されていることがわかった。

現在、Pakel ~ Kediri 間では殆んどが無堤河川であり、しかも河幅がせまくなっており、このため洪水時には河道からはんらんをおこしている。そのはんらん量は洪水流の大きさによって $15 \sim 30 \times 10^6 \text{ m}^3$ の範囲で変化しており、この貯留効果によるブラントス河の洪水ピーク流量の減少量は $150 \sim 300 \text{ m}^3/\text{sec}$ と推定される。

一方 Widas 川合流点にある低湿地ではブラントス河と Widas 川の洪水流が一たん貯留し、徐々にブラントス河に流下しているものと考えられ、この低湿地に貯留される量は約 $30 \sim 40 \times 10^6 \text{ m}^3$ 程度と推定される。もしこの低湿地による貯留効果がなければ、ブラントス河下流の洪水流量は $300 \sim 400 \text{ m}^3/\text{sec}$ 増加するものと推定されている。

さらに、この他にブラントス河下流部の洪水は Terusan 上流 5 km 地点のブラントス河左岸に位置する Gedek 水門から Marmoyo 川への放流によって調節されている。1951年~1962年までの同地点の時間水位記録によれば、最大洪水時にこの水門から放流された洪水量は平均 $80 \text{ m}^3/\text{sec}$ 程度と推定された。

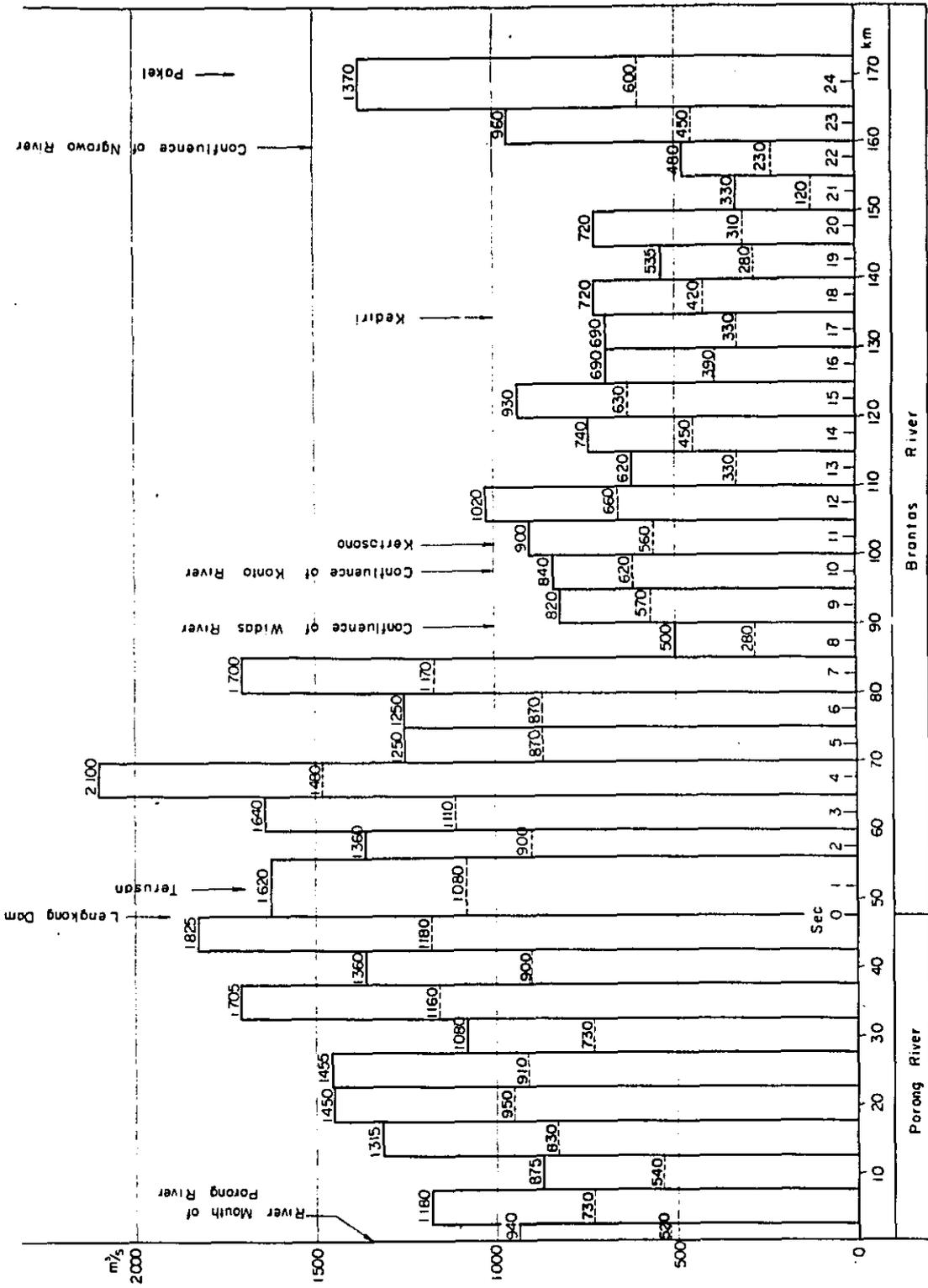
(4) 確率洪水量

貯留関数法による洪水追跡計算によって求められた、Karangkates 貯水池による洪水調節後の各観測地点における確率洪水量は次のようになる。

確率年(年)	(単位: m^3/sec)			
	Karangkates	Pakel	Kediri	Terusan
5	400	1,000	660	1,130
10	470	1,090	720	1,190
20	490	1,250	790	1,260
30	500	1,350	820	1,290
50	530	1,440	860	1,330
100	560	1,560	910	1,380

(5) 河道通水容量

1971年に実施されたブラントス河、Lengkong ダムより Pakel 地点までの、又1970年に実施された Porong 川、Lengkong ダムより河口までの 5 km 間隔の河川横断測量の結果に基づいて各横断地点の通水能力を不等流計算によって算出した。その結果は付図 3-3



Remarks; The thick line shows the discharge capacity for the water surface just coinciding the levee top and dotted line shows that for the water surface 1 m below the levee top.

付図 3-3 ブランタス河及びポロン川の通水能力

に示されている。計算結果によれば Pakel 地点での通水能力は、 $1,370 \text{ m}^3/\text{sec}$ でこれは 30 年確率洪水量に相当している。Kediri と Widas 川合流点の区間のブラントス河は有堤河川であるが、通水能力は非常に小さい。Kediri 地点での堤防天端高一ばいの通水容量は $690 \text{ m}^3/\text{sec}$ で、これは 5～10 年の確率洪水量に相当する。この事は Kediri 附近の既存堤防は、溢水の危険が大きいことを意味している。

このような中流部での通水容量の不足は主として Kelut 山の噴火に伴う山腹からの流出土砂の河床堆積に起因している。

(6) 洪水被害の推定

先にのべた河川横断面図、1971年～1972年におこなわれた堤内地の横断面測量及び洪水被害調査結果をもとに、Ngrowo 川合流点から Terusan 地点間のブラントス河沿岸地区の洪水被害額を推定した。その結果によれば上記地区の年平均の想定被害額は 460 万 US\$ となっている。ただしこの中には間接被害は含まれていない。

3-7 農業及びかんがいの現況

(1) 土 壤

ブラントス河流域の土壌は一般に肥沃であり、沖積土 (Alluvials), 地中海性土壌 (Mediterranean), 岩屑土 (Lithosols), レゴソル (Regosols), アンドソル (Andosols), グラムソル (Grumusols), 腐植質グレイ土壌 (Humus Gleysoils), ラテライト (Latosols) 及び森林褐色土の 9 大土壌群に分類される。この内、沖積土及びレゴソルは流域内面積の約 50% を占めている。沖積土は水稲栽培に適しており、現在流域中 347,000ha を占めるこの沖積土地帯は全て水田として利用されている。

(2) 土地利用状況

ブラントス河流域面積は 1,180,000ha でそのうち、62% にあたる 727,000ha が農耕地として利用されている。水田面積は 321,000ha でブラントス河本川及びその支川に沿って発達している。このうちブラントス河川水によってかんがいされている水田面積は約 77,000ha である。一方畑地面積は 360,000ha で主に Kelut 山, Kawi 山等の山麓部に発達している。この他、ブラントス河流域には約 46,000ha の農園、果樹園等があり、これらは畑地同様主として Kelut 山, Kawi 山等の山麓部に発達している。

(3) かんがい面積、用水路及び用水施設

ブラントス河流域内のかんがい面積は水田に限られており、東ジャワ州かんがい局の土地分類によれば Technical Irrigation Area, Semi-technical Irrigation Area, Non technical Irrigation Area の 3 つに分類されている。ブラントス河全流域及び同本川沿いにおけるそれぞれの面積は下記の通りである。

(単位: ha)

	全流域面積	本川沿い面積
Technical Irrigation Area	208,000	67,300
Semi-technical Irrigation Area	39,000	5,700
Non-technical Irrigation Area	74,000	4,000
合 計	321,000	77,000

ブラントス本川沿いに位置する現在の主なかんがい土地は Molek (4,300ha), Warujayeng-Kertosono(13,300ha), Turi-Tunggorono(9,600ha), Jatimelerek-Bunder (1,900ha) 及び Sidoarjo delta (32,400ha) である。上記かんがい地区に加えて付図3-4で示されている如くブラントス河本川沿いには Lodoyo-Tulungagung 地区, Pace-Nganjuk 地区, Blitar-Kediri 地区等合計約 48,300ha のかんがい可能地区がある。

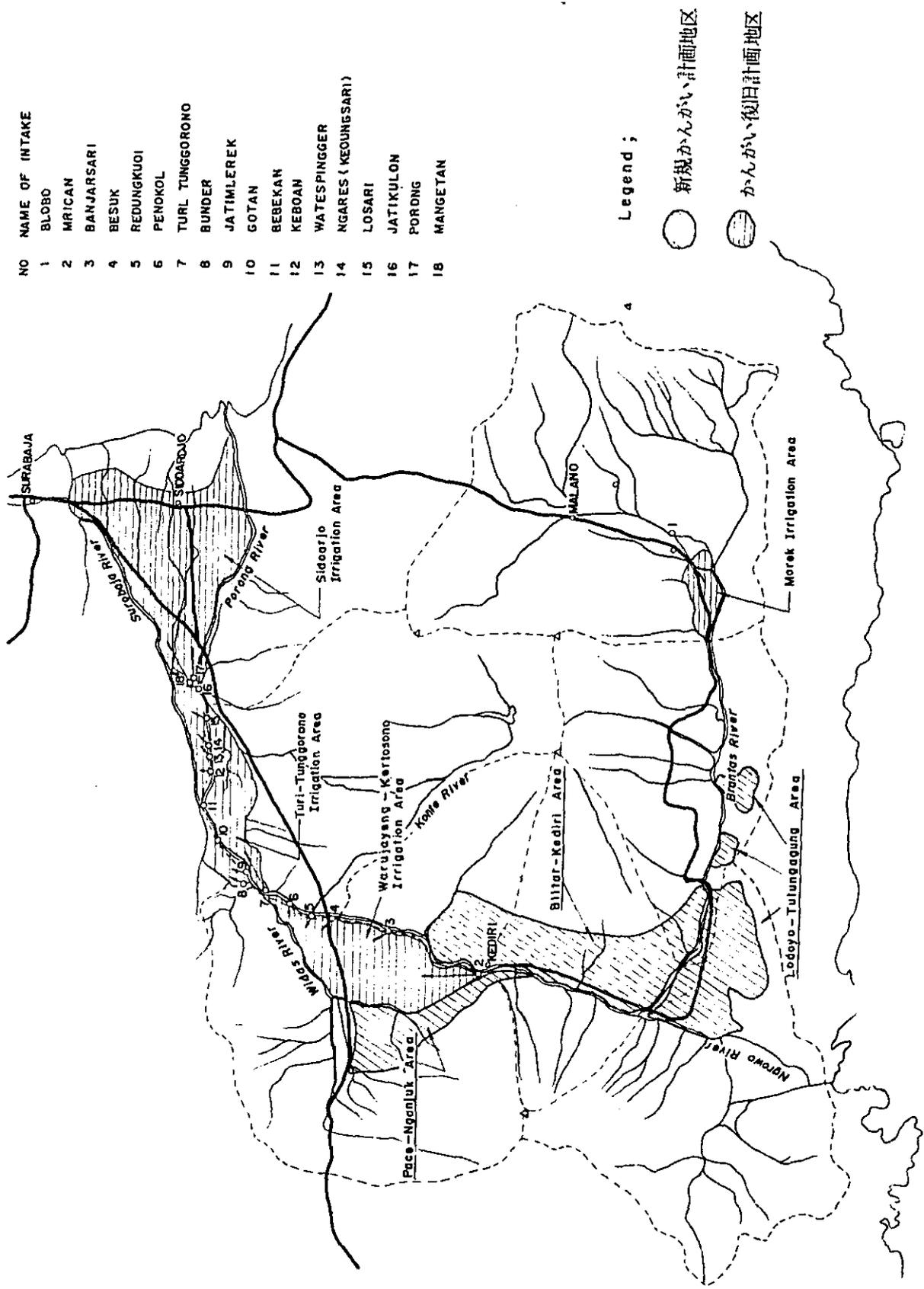
現在行なわれているかんがい方法はごくわずかのポンプかんがいを除き殆んどがブラントス河及びその支流から取水する重力式かんがいが一般的である。

付図3-4で示したようにブラントス河本川沿いには18ヶ所の頭首工がある。これらの頭首工の殆んどが本川に面しており、いずれも角落しにより水位調整を行う事により取水をしているが、ブラントス河の水位が大きく変動するため角落しによる水位調整が困難となっている。さらに頭首工や既存の用水路等には雨期中の土砂を含んだ洪水によって運ばれた土砂が堆積し、特に頭首工一幹線用水路における土砂の堆積ははなはだしく水管理運営上大きな問題点となっている。

今回現地では本川沿いの既存かんがい水路を調査した結果、頭首工、分土工、用水路等既存の諸施設はかなり老朽化並びに破損が著しくこれら施設によって正常なかんがい体制を確立するために、頭首工の改良、改修、水路の堆積土砂の排除、及び関連諸施設の改修、等の復旧工事が必要であると判断された。

(4) 水利用の現状

現在ブラントス河の河川水は主にかんがい用水として利用されている。ブラントス本川沿いには18ヶ所の頭首工が位置しているが、そのうち7ヶ所の取水記録が収集された。この資料によれば各かんがい地区の幹線水路への分水時における平均取水量とかんがい面積は次の様に表わされる。



附図 3-4 ブラントス河流域における農業開発計画地区及び既存頭首工位置図

頭首工名	かんがい面積 (ha)		幹線水路への分水時における取水量 (m/sec)	
	乾期	雨期	最低	最高
Blobo	2,600	4,300	4.2	8.0
Mrican, Besuk	2,600	13,300	6.7	11.1
Turi, Tunggorono	3,900	9,500	3.6	6.7
Jatikulon	300	600	0.4	0.7
Porong, Mauge tan	18,800	32,400	31.9	67.5

ブラントス河には乾期中にも十分な取水可能な水量があるにもかかわらず頭首工等かんがい施設の老朽化並びにこれらの維持管理が不十分なため上記のように乾期中のかんがい面積は減少している。この様な状況に対処するためには上記諸構造物の修復を行ない、これら施設を適切な維持管理の下で運用する事によって乾期におけるかんがい面積の拡大並びに農産物の増加を計るべきであろうと思われる。

(5) 作付け体系及び作付け率

現在ブラントス河流域内の水田で行なわれている農業の作付け体系は大別して 254,000ha の地域における米（雨期作）一畑作物、50,000ha の地域における米の二期作及び 17,000ha の地域における米（雨期作）—サトウキビ—畑作物の連作又は輪作地の3種に分けられる。一方、流域内の殆んど畑地における作付け体系は大豆、落花生、トウモロコシ等の畑作物やキャッサバ等の単作となっている。

雨期における米作は11月中旬～2月中旬の間に播種し、4月中旬～6月中旬の間に収穫される。一方乾期における米作は3月中旬～6月中旬の間に播種され、7月中旬～10月中旬の間に収穫されている。

1966年から1971年の間における主要作物の栽培面積に関する資料から算出した本流域内の全農耕地に対する作付け率は130%となっている。

(6) 農産物の収量

米の単位当り収量（穂付穀）は雨期作3.4トン/ha、乾期作3.1トン/haに見積られ、流域内での年間米生産量（穂付穀）はジャワ島全土の約10%にあたる1.2百万トンにのぼっている。

サトウキビの単位当り収量は80～100トン/haで、インドネシア年間生産総量の約30%にあたる23万トンの粗糖あるいは耕地白糖を流域内で生産している。

(7) 栽培の現況

流域内の水稲栽培地の約半数はPB-5、PB-8、O₄-63等の改良種子を使用しており残りの地区はBengawan, Syntha, Diwi等の改良在来品種を使用している。又大部分の農家

は肥料を使用しているがその施肥量は少量であり、普及事務所やBIMAS、INMAS 計画で提唱されている数量の約半分に過ぎない。

今回稲作被害調査を行った結果、当地域における水稲栽培上害虫による被害が最も著しい事が判明した。害虫以外の被害で大きいものは用、排水路の老朽により生じる雨期中の排水不良及び洪水又乾期におけるかんばつ等の自然災害である。

サトウキビの栽培は砂糖工場あるいは農家自身によって行なわれている。砂糖工場により栽培されているサトウキビ栽培面積は16,700haでその内約60%がSidoarjo地区とKediri地区に集中している。サトウキビの栽培品種は流域内を通じて大きな変化はなく、その主な栽培品種は3016POJ、3076POJ、PS41等である。現在のサトウキビ生産は比較的高い栽培技術により行なわれているが、今後さらに生産を高めるためには適期適作、圃場から工場への運搬作業、製糖工場等の改良等を行う必要がある。

(8) 農産物の価格及び諸税

現在、Bulog (Badan Urusan Logistic) を始めとする政府機関によって農産物価格安定策がとられているが、その市場価格は月ごとに大きく変動している。例えば米価についてみると、ブラントス河流域内のほぼ中央に位置するJombang における1971年度の市場価格は粳米で40~90US\$/トン、白米で90~110US\$/トンと変動している。このような価格の変動は政府機関による農産物の取り扱い量が少ないため価格の操作が困難なことと、流通機構が不完全であること等に起因しているものと考えられる。

1971年度と1972年度の2度にわたる農家調査の結果を基に算出された農産物の農家庭先き平均価格は次の如くとなる。

(単位: US\$/ton)

農産物	平均庭先き価格
米(穂付粳)	42
トウモロコシ	36
大豆	97
落花生	87
砂糖(工場渡し)	168
砂糖(輸入品)	108

一方、農家に対する租税としては、土地税に相当するIPEDA (Iuran Pembayuang Daerah), その他村税、宗教税等がある。IPEDAの税率は水田一等地で年間約3,000Rp/haである。その他の諸税の税額については現在信頼出来る資料がなく不明である。

(9) 農家収支

主要農産物の単位当り純益を地域内の平均反収，農家庶先き価格，生産費等に基づいて計算した結果，米 92US\$/ha，サトウキビ 410US\$/ha，大豆 50US\$/ha，落花生 62 US\$/ha，トウモロコシ 27US\$/ha となった。

上記主要作物の単位面積当りの純益と一農家当りの栽培面積を基にブラントス河流域内の標準農家（0.5 ha の農耕地保有）収支を算定すると以下の通りとなる。

(単位：US\$)

	標準農家類型 (0.5 ha)		
	類型 1	類型 2	類型 3
1. 粗 収 入	8 2	1 0 4	1 1 1
2. 作物生産費	2 6	3 3	2 8
3. 純 収 入	5 6	7 1	8 3
4. 維持管理費	6	7	7
5. 生 計 費	5 0	5 0	5 0
6. 備 蓄	0	1 4	2 6

注： 類型 1：米—畑作体系，類型 2：米の二期作体系
 類型 3：米—サトウキビ—畑作体系

一方，既存のかんがい地区及び今後開発が予想されるブラントス河本川中流部沿いの各地区における農業純生産便益を反収，作付け率，単位当り生産費等を基に算出すると次の如くとなる。

(単位：10³ US\$)

地 区 名	純生産便益
Warujayeng-Kertosono	2, 2 1 1. 3
Turi - Tunggorono	1, 6 4 0. 9
Jatimlerek - Bunder	3 3 6. 7
Lodoyo - Tulungagung	1, 2 3 6. 5
Pace - Nganjuk	1, 3 7 6. 2
Blitar-Kediri	4, 0 4 5. 8
Sidoarjo delta	5, 7 6 7. 2 [※]

注) ※：“Brantas Delta Irrigation Rehabilitation Project”の報告書より引用

10 農業普及活動及び金融組織

ブラントス河流域内には Mojosari と Pasuruan に国立の農地試験所があり、前者に於いては水稲及び主要畑作物の品種適性試験、肥料試験、等の試験研究が行なわれており、後者ではサトウキビに関する育種、耕種法等の試験研究が行なわれている。しかしこれら試験研究の結果は現在のところ、当地域の農業に影響を及ぼす段階にはいたっていない。

農民に対する農業普及活動は農林省の下部組織である東ジャワ州農業普及事務所が中心となつて行なわれているが普及員の数、質、共に不足しており、農家に対する十分な技術指導は困難な状態にある。

一方、食糧の自給を目的として国策により推進されてきた BIMAS 計画及び INMAS 計画はブラントス河流域においても逐次実施されつつある。BIMAS 計画は 1964 年度より開始され、現在約 150,000 ha の水稲栽培地がこの計画下にある。計画の内容は、稲作の技術的助言、並びに改良種子、肥料、農薬等の生産材に対する資金の貸付け等である。これら資機材の借入れにより農民は比較的適正な栽培体系の施行が可能となっており、これに伴ない、米の単位当りの収量が増加している。しかしながら BIMAS 計画は同一地区に対して 1 年間しか適用されないため一部農民は INMAS 計画へと移行している。INMAS 計画は BIMAS 計画と同様の目的を持っているが計画の内容において資機材に対する政府の資金貸付がないためこの計画は BIMAS 計画ほど活用されていない。

現在当流域内で活動している金融組織としては、インドネシア農業銀行による短期間の融資、村落共同体による融資、個人による融資等がある。インドネシア農業銀行による融資は利子も安く農民にとって有利であるが融資にいたる手続が複雑である。又村落共同体による融資は比較的利子が安く借入手続もそれほど複雑でないため融資希望者は多いものと推定されるが貸付資金量が少ない。又個人による融資は借入手続が簡単であるが利子が非常に高いものとなっている。

3-8 電力の現況

東部ジャワにおける電力供給は、Kalikonto 送電系統、Madiun 送電系統及びいくつかの小さな送電系統によって行なわれており、ブラントス河流域は Kalikonto 送電系統に属している。

Kalikonto 送電系統の 1970 年における発電設備能力及び保障尖頭出力は次のとおりである。

	発電設備能力 (KW)	保障尖頭出力 (KW)
水 力	36,400	25,000
火 力	50,000	50,000
ディーゼル	9,200	5,500
計	95,600	80,500

主要な発電施設はスラバヤの Perah 火力発電所及び Konto 川の Mendaran と Siman の水力発電所である。

上記の施設に加えてブラントス川流域内で Selorejo と Karangates 発電所が建設中であり 1973 年中に営業運転されることになっている。Selorejo 発電所は Konto 川上流部にあり発電設備容量は 4.5 MW である。又 Karangates 発電所はブラントス河上流部にあり、第一期工事の発電設備容量は 70 MW である。Karangates 貯水池は連結水路トンネルで Lahor 貯水池と一体化されることになっており、Lahor 川の流量を利用することによって Karangates 発電所は最終的に 105 MW の発電設備容量をもつように計画されている。

1970 年度における Kalikonto 送電系統の年間電力消費量は約 276×10^6 KWh でありそのうち 209×10^6 KWh は家庭用で 67×10^6 KWh が工業並びに商業用として供給されている。ブラントス河流域内の給電契約者数は約 164,000 あり、平均 1 給電契約者当りの電力消費量は年間 1,680 KWh とかなり低い。過去の電力消費量の伸びはかなり低く、1969/1970 年のそれは約 10% であった。

今後の経済成長の伸びにもとづいて推定した 1975～1985 年までの電力需要予測は下記の通りである。

年度	推定電力消費増加率(%)	需要尖頭出力 (KW)	需要電力量 (MWh)
1975	15	145,000	890
1980	15	280,000	1,720
1985	12	495,000	3,020

これに対し 1973 年までに期待される発電設備の増加分は 71.9 MW で、これは Karangates 及び Selorejo 発電所によって発電される 74.5 KW から、Karangates 貯水池による水没のため廃止される Sengguruh 発電所分 2.6 MW を差し引いたものである。既設の設備容量 95.6 MW と合わせると合計 167.7 MW になるが、これを電力需要予測値と比較してみると、1976 年の初期には新規の電力設備が必要となる。

第4章 開発計画

4-1 緒 論

本章においてブランタス河流域内で検討された農業、砂防、治水、水力発電等の諸開発計画の概要についてのべる。農業開発計画としてはWarujayeng-Kertosono 地区、Turi - Tunggorono 地区、及びJatimlerek - Bunder 地区におけるかんがい復旧計画とLodoyo - Tulungagung 地区、Pace - Nganjuk 地区及びBlitar - Kediri 地区における新規かんがい計画とを立案検討した。砂防計画においては、ブランタス河の河床上昇防止を主眼とした将来のKetut 山周辺山腹部の砂防計画を立案した。治水計画としてはブランタス河中流域における河川改修計画、及びNgrowo川沿岸地区の治水対策を立案した。水力発電計画としてはWlingi 発電計画の再検討とブランタス河流域内の水力発電開発の可能性についての検討を行った。

4-2 農業開発計画

農業開発計画地区として、付図3-4で示したようにブランタス河本川中流沿いに位置するWarujayeng-Kertosono 地区13,300ha、Turi - Tunggorono 地区9,600ha、Jatimlerek - Bunder 地区1,900haの計24,800haの既存のかんがい地区とブランタス河に近接したLodoyo - Tulungagung 地区13,500ha、Pace - Nganjuk 地区9,600ha、及びBlitar - Kediri 地区25,200haの計48,300haの新規かんがい地区を対象とした。

4-2-1 予期される農業開発

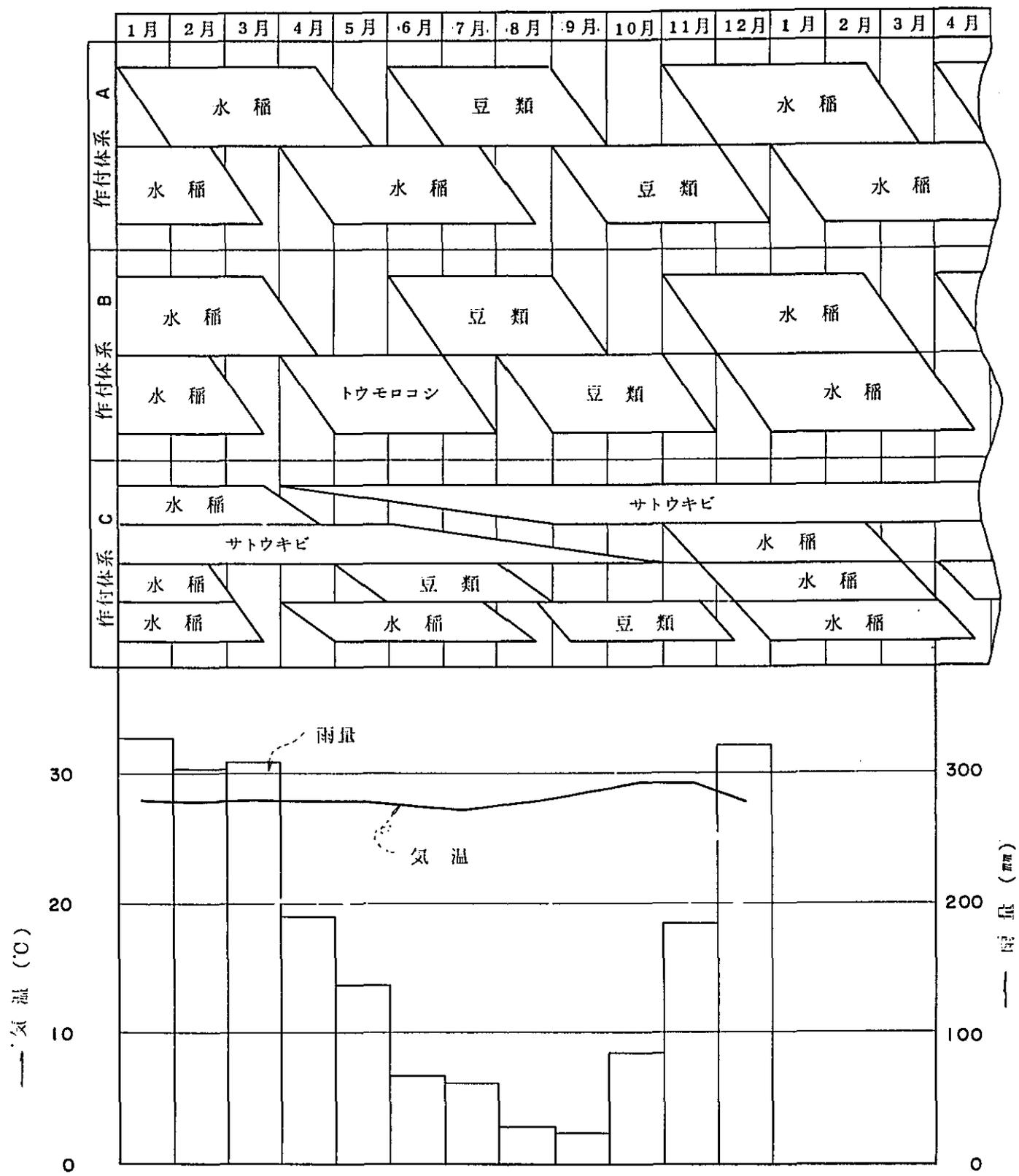
(1) 作付け体系と将来の土地利用

将来の農業開発時における作付け体系を以下の諸条件を考慮して付図4-1に示すような3種に決定した。

- 1) 作物生育のための環境条件
- 2) 地域の社会条件
- 3) 農産物の国内需要、及び輸入農産物の軽減
- 4) 乾期における効果的水利用

三つの作付け体系に導入された諸作物の選択理由は以下の通りである。

- 1) 水 稲： インドネシア国の主食作物でありながら現在多量に輸入している。従って当計画にこの作物を導入することにより、外貨節約の一助となる。又当作物は農民にとって長い栽培史を有するため技術改良等が容易である。
- 2) サトウキビ： 当地域の気候及び土壌条件がサトウキビ栽培に非常に有利である。



付図 4 - 1 作付体系計画図

一方農家にとっては最大の換金作物であり農家経営上欠くことの出来ぬ作物である。

3) 豆類(大豆, 落花生); 当地区内に限らず全インドネシアの植物性たん白源である。一方世界的な需要量からみて今後需要増が予想される。

4) トウモロコシ; 米の増産によりトウモロコシの需要は主食としては減少が予想されるが今後飼料作物としての需要増が見込まれている。

上記各作物付体系と地域内の土地生産性より各計画地区における将来の土地利用状況は概略以下のように推定される。

将来の土地利用 (単位: ha)

計画地区名	面積	米	豆類	サトウキビ	トウモロコシ	合計
Warujayeng-Kertosono	13,300	17,750	11,100	1,100	0	29,950
Turi-Tunggorono	9,600	11,950	7,800	900	650	21,300
Jatimlerek-Bunder	1,900	2,150	1,200	350	0	3,700
Lodoyo-Tulungagung	13,500	17,000	11,500	1,000	1,250	30,750
Pace-Nganjuk	9,600	13,000	8,200	700	0	21,900
Blitar-Kediri	25,200	29,650	22,600	1,300	5,550	59,100

(2) 投入生産資材

農産物の将来の目標収量を得るためには優良品種を導入し、適正な水管理のもとに肥料、農薬の施用が必要とされる。以下計画に導入されるべき作物品種、肥料及び農薬について述べる。

1) 導入品種

近年育種された水稲品種の内 PB-5 及び O₁-63 の 2 品種がプランタス河流域で広く栽培されている。これら 2 品種は在来種にくらべ、生育期間も短かく収量も高い。一方インドネシアのボゴール国立農業研究所で 1971 年に育種された Pelita I 及び II は高収量が期待出来る品種でしかも PB-5, O₁-63 に比べ米質がよい。農民の品種に対する熟練度、及び品種特性より、上記 4 品種が近代的農法に適すると考えられる。

他の作物の導入品種については、既存のものを考えているが今後の試験所の研究成果を充分検討の上計画地区の作物付体系に適用されるべきであろう。

2) 肥料及び農薬

インドネシア及び他の近隣国の試験研究機関で実施された試験結果によれば前記導

入予定の各農産物の品種に対する収量を高めるためには適期における施肥、農薬の使用が必要である事を指摘している。計画地区内にある Mojosari 試験場を始めとするジャワ島各地の試験場における肥料試験、及び農薬試験の結果より当計画地区における各作物に対する肥料、農薬の必要量を算定すると以下の通りとなる。

	肥 料			農 薬		
	尿 素 (kg/ha)	三重過リン酸石灰 (kg/ha)	石 灰 (kg/ha)	殺虫剤 (ℓ/ha)	殺そ剤 (gr/ha)	殺菌剤 (ℓ/ha)
水 稲	200	50	0	3	600	2
大 豆	50	50	100	1	300	0
落 生	50	50	200	1	600	0
トウモロコシ	80	25	0	1	0	0
サトウキビ	500	300	0	3	0	0

(3) 予期される生産量

計画実施後における各導入農作物の収量はブラントス河流域内で行なわれている展示圃、Mojosari 試験所、等の成績を基にして算定した。収量は計画実施後漸時増加し、実施5年後に目標収量に達し、その反収は米(穂付穀)5.0トン/ha、サトウキビ(キビ)120トン/ha、大豆1.3トン/ha、落花生1.8トン/ha、トウモロコシ2.5トン/haになるものと推定した。目標到達年における各計画地区の生産量は付表4-1に示した通りである。

1) 計画実施後の農家収支

経営面積0.5haを有する標準農家の計画達成後の農家収支は年間の農業生産物より得られる粗収入から所要生産費を差し引くことにより算定される。

各計画地における標準農家は適用される作付け体系により三つの農家類型に分けられ、導入予定の各作付け体系中Aを導入する農家を類型I、Bを導入する農家を類型II、Oを導入する農家を類型IIIとした。

農家の年便益を算定するために、まず計画実施5年後における各農作物のha当りの便益を算定すると水稲140US\$, サトウキビ600US\$, 豆類94US\$, トウモロコシ63US\$がそれぞれ得られた。

上記ha当り期待される各作物の便益と標準農家における各作物の経営面積より各標準農家別の年間便益を算定した。その結果、標準農家の年間便益は農家類型Iで152US\$, 農家類型IIで132US\$, 農家類型IIIで167US\$となった。一方各農家類型における計画達成5年後の備蓄は以下の通りに算定されている。

付表 4-1 農業開発計画地区における予期される生産量

	Cropping Intensity (%)	Cultivation Area (Ha)	Unit Yield (ton/ha)	Total Production (Unit)	Unit Price (\$/ton)	Gross Value (1,000\$)	Input (\$/ha)	Total Input (10\$)	Net Benefit (10\$)	Benefit in without Project (10\$)
1. Meruwangi-Kertusono Irrigation Project (11,100 ha)										
Paddy	133.5	17,750	5.00	88,750	41.0	3,638.8	65	1,151.6	2,485.0	
Pulses	83.5	11,100	1.30	14,430	95.0	1,376.4	30	331.0	1,043.4	
Sugar Cane	8.3	1,100	120.00	132,000	6.0	792.0	120	132.0	660.0	
Total	225.3	29,950				5,807.2		1,614.6	4,188.4	2,211.3
Project Benefit										
									± 1,977.1	
2. Turi-Tunggoro Irrigation Project (9,600 ha)										
Paddy	124.5	11,950	5.00	59,750	41.0	2,449.8	65	776.8	1,673.0	
Pulses	81.3	7,800	1.30	10,140	95.0	967.2	30	284.0	731.2	
Sugar Cane	9.4	900	120.00	108,000	6.0	648.0	120	108.0	540.0	
Maize	6.8	650	2.50	1,620	15.0	56.9	25	16.3	40.6	
Total	222.0	21,300				4,121.9		1,135.1	2,986.8	1,640.9
Project Benefit										
									± 1,345.9	
3. Jatilereh-Bunder Irrigation Project (1,900 ha)										
Paddy	133.2	2,150	5.00	10,750	41.0	440.8	65	139.8	301.0	
Pulses	63.2	1,300	1.30	1,690	95.0	148.8	30	36.0	112.8	
Sugar Cane	18.4	350	120.00	42,000	6.0	252.0	120	42.0	210.0	
Total	194.8	3,700				841.6		217.8	623.8	336.7
Project Benefit										
									± 287.1	
4. Lodaya-Vulungung Irrigation Project (11,500 ha)										
Paddy	125.9	17,000	5.00	85,000	41.0	3,485.0	65	1,105.0	2,380.0	
Pulses	85.2	11,500	1.30	14,950	95.0	1,426.0	30	345.0	1,081.0	
Sugar Cane	7.4	1,000	120.00	120,000	6.0	720.0	120	120.0	600.0	
Maize	9.3	1,250	2.50	3,120	35.0	109.4	25	31.3	78.1	
Total	227.8	30,750				5,741.4		1,601.3	4,139.1	1,236.5
Project Benefit										
									± 2,902.6	
5. Pace-Nganyuh Irrigation Project (9,600 ha)										
Paddy	135.4	13,000	5.00	65,000	41.0	2,665.0	65	845.0	1,820.0	
Pulses	85.4	8,200	1.30	10,660	95.0	1,016.8	30	246.0	770.8	
Sugar Cane	7.3	700	120.00	84,000	6.0	504.0	120	84.0	420.0	
Total	228.1	21,900				4,185.8		1,175.0	3,010.8	1,276.2
Project Benefit										
									± 1,634.6	
6. Blitar-Kediri Irrigation Project (25,200 ha)										
Paddy	117.7	29,650	5.00	148,250	41.0	6,078.3	65	1,927.3	4,151.0	
Pulses	89.7	22,600	1.30	29,380	85.0	2,802.4	30	678.0	2,124.4	
Sugar Cane	5.2	1,300	120.00	156,000	6.0	936.0	120	156.0	780.0	
Maize	22.0	5,570	2.50	13,880	35.0	485.7	25	138.8	346.9	
Total	214.6	59,100				10,302.4		2,900.1	7,402.3	4,045.8
Project Benefit										
									± 3,356.5	
7. Sidoarjo Delta										
Paddy	114.8	17,200	5.0	86,000	41.0	3,526.0	65.0	2,418.0	5,208.0	
Pulses	55.2	11,400	1.3	14,820	95.0	1,408.0	30.0	452.0	1,066.0	
Sugar Cane	17.6	5,700	120.00	684,000	6.0	4,104.0	120.0	684.0	3,420.0	
Total	187.6	34,300				13,138.0		3,444.0	9,694.0	

	(単位: US\$)			
	粗 収 入 (1)	生 産 費 (2)	生計費その他 (3)	備 蓄 (4)=(1)-(2)-(3)
農家類型 I	216	64	111	41
” II	186	54	110	22
” III	223	56	112	55

一方計画実施5年後における各計画地区の年間目標純便益を農産物の生産量、生産費等を基に計算すると以下の通りとなる。

計 画 地 区 名	(単位: 10 ³ US\$)		
	総生産額	総生産費	純 便 益
Warujayeng-Kertosono	5,807.2	1,618.8	4,188.4
Turi-Tunggorono	4,121.9	1,135.1	2,986.8
Jatimlerek-Bunder	841.6	217.8	623.8
Lodoyo-Tulungagung	5,740.4	1,601.3	4,139.1
Pace-Nganjuk	4,185.8	1,175.0	3,010.8
Blitar-Kediri	10,302.4	2,900.1	7,402.3

2) 計画実施後の純生産額

各計画地区において、計画が軌道にのった時点での年間純便益は計画を実施した場合の将来の収益と現存の収益との差とした。計画を実施しない場合の将来の収益と現時点における収益の差は過去の傾向よりみて僅少であるので計画上考慮しないこととした。したがって計画実施による年間純便益の増加量は計画実施5年後の年間純便益より現時点の年間純便益の差額として次表の如くに表わされる。

計 画 地 区 名	計 画		年 間 純 便 益 の 増 加 量
	実 施 前	実 施 後	
Warujayeng-Kertosono	2,211	4,188	1,977
Turi-Tunggorono	1,341	2,987	1,346
Jatimlerek-Bunder	337	624	287
Lodoyo-Tulungagung	1,236	4,139	2,903
Pace-Nganjuk	1,376	3,101	1,635
Blitar-Kediri	4,046	7,403	3,357

4-2-2 かんがい計画

(1) かんがい要水量

ブラントス河本流沿いの各かんがい計画地区のかんがい要水量は次の様な基準で算定された。

1) 計画基準年は5年一回渇水年を採る。過去10年間(1962~1971年)の降雨記録によると年間降雨量の二番目に少ない年は1967年である。従って1967年を計画基準年とする。

2) 蒸発散位(Potential evapotranspiration)はTulcの式に基づいて求めた。

3) 地区の作付パターンは前節に掲げたものを用いる。上記に依って算出された各地区の月別かんがい要水量は次の様である。

月	計 画 地 区 名						(単位: m^3/sec)
	Warujayeng-Kertosono (13,300ha)	Turi-Tunggorono (9,600ha)	Jatimlerek-Bunder (1,900ha)	Lodoyo-Tulungagung (13,500ha)	Pace-Neanjuk (9,600ha)	Blitar-Kediri (25,200ha)	
1	—	—	—	—	—	—	
2	—	—	—	—	—	—	
3	2.5	1.5	0.2	0.3	1.9	2.7	
4	1.8	2.0	0.4	1.9	1.4	1.1	
5	7.9	5.9	1.2	8.2	5.8	13.5	
6	10.1	6.8	1.4	9.6	7.7	16.6	
7	8.3	5.5	1.1	7.9	6.5	15.0	
8	4.1	3.0	0.5	4.4	3.2	9.7	
9	4.0	3.2	0.7	4.6	2.6	10.4	
10	6.9	4.8	1.0	6.7	4.8	12.8	
11	9.7	8.5	1.7	5.0	7.4	17.1	
12	—	0.1	—	—	—	—	

上記の地区の他に、Sidoarjo delta 地区及びスラバヤ地区についても考慮する必要がある。

Sidoarjo delta 地区では現在かんがい施設の改修計画が進行中で、この計画の為に既に用水量が算定されている。この用水量は施設の設計流量として用いられているもので、主として、現況の作付方式に基づいている。従ってこの地区の将来のかんがい要水量としては、将来の作付方式を基として、上述の6地区の用水量算出に用いた基準によって、算定した要

水量を用いた。これを月別に示すと次の様である。

(単位: m^3/sec)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
用水量	0.3	0.3	3.4	8.4	22.3	25.5	21.2	11.6	11.5	18.7	28.9	0.8

スラバヤ地区では、かんがい用水の他に、都市、工業用水等も必要とされている。"スラバヤ河改修計画報告書"によると、これらの需要水量が1972年から1992年まで、5年毎に予測されている。これらの予測値の中、ここでは将来計画の為に、1982年に於ける予想需要量を採用した。この中で、かんがい要水量は、現況の作付方式によって算定されているので、将来の作付方式に基づいて、再計算したものをを用いてある。これらの用水量は次の様である。

(単位: m^3/sec)

用途 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
かんがい	—	—	2.0	2.0	4.6	5.4	4.7	2.3	1.8	3.5	6.6	—
都市・工業用水・他	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
計	8.1	8.1	10.1	10.1	12.7	13.5	12.8	10.4	9.9	11.6	14.7	8.1

(2) 河川流量配分

ブランタス河中下流流域の主な既存かんがい地区は、Warujayeng-Kertosono地区、Turi-Tunggorono地区、Jatimlerek-Bunder地区、Sidoarjo delta地区である。その他に、Brantas河本流沿いの新規開発可能地区として、Lodoyo-Tulungagung、Pace-Nganjuk、Blitar-Kediriの三地区が掲げられる。

現在、既存かんがい地区に於いては、施設の破損、旧式化や、不十分な維持管理の為に、ブランタス河の水が、必ずしも効果的に利用されているとは云い難い。

一方、河川水の都市、工業用水への利用は、現在はそれ程多くは無いが、流域の、特にスラバヤ地区の、都市化の進行に伴いこれらの用水の需要は増加していくものと思われる。

これらの事情に鑑み、ブランタス河川水のより効率的な利用と、夫々の需要に対するバランスのとれた配分計画が必要である。

配分計画は、河川流量と各農業開発計画地区の用水量を基に立案されている。即ち、計画基準年である1967年のJabon流量観測地点に於ける利用可能河川水量(河川流量に各取水地点での取水量を加えたもの)と、流域各用水消費地区の5年1回の渇水年(1967年)に於ける必要水量の合計との過不足を検討することによって立案されている。この配分計画は、6月から11月迄の期間について行われ、河川流量の十分な、それ以外の期間については検

討を省略した。

河川流量と用水量の間のバランスは次の前提の下に検討されている。

1) かんがい要水量は、現在、かんがい施設改修工事が進行中の Sidoarjo delta 地区を含めて、全地区とも将来計画に於ける作付体系に基づいて算出された数値を用いる。

2) スラバヤ地区の諸用水量については、“Surabaya River Improvement Project”の報告書中に1972年から1992年迄について予測されている用水量の中で、1982年の予測値を用いる。但しこの中のかんがい要水量のみは、将来計画の作付体系に基づいて再計算したものをを用いる。

3) 乾季の河川流量については、Karangkatesダムでの流量調節による増加を考慮する。Karangkatesダムで調節された後の月別河川流量は、基準年の1967年6月から11月について見ると、Jabonに於いては次の様である。

月	(単位: m^3/sec)						合計
	6	7	8	9	10	11	
河川流量	63.8	44.0	43.2	38.6	46.9	40.0	276.5

一方、既存の取水口での月別の平均かんがい取水量は、1967年の同じ期間で、次の様である。

月	(単位: m^3/sec)						合計
	6	7	8	9	10	11	
取水量	12.9	11.1	10.3	9.7	9.3	12.2	65.5

従って、Jabon地点における6月から11月までの基準年に於ける利用可能河川水量は次の様になる。

月	(単位: m^3/sec)						合計
	6	7	8	9	10	11	
利用可能河川水量	76.7	55.1	53.5	48.3	56.2	52.2	342.0

この流量と前述の既存及び新規開発可能地区での必要用水量の合計とを比較すると次の様になる。

月	(単位: m^3/sec)						合計
	6	7	8	9	10	11	
利用可能河川水量	76.7	55.1	53.5	48.3	56.2	52.2	342.0
全用水量	91.2	78.2	46.9	46.9	67.2	93.0	423.4
差引	-14.5	-23.1	6.6	1.4	-11.0	-40.8	-81.4

上表の如く既存かんがい地区及び新規開発可能地区を全て含めた、全必要用水量を対象にすると、河川流量は8月、9月以外には各月とも不足となる。

以上の事から、河川流量に見合った用水使用計画を立案する為には次の2つの方法、即ち、既存かんがい地区の施設や維持管理の改良、合理化等によってかんがい用水量を減らすか、又は新規開発計画地区中、経済的に開発の不利な地区を計画から除外する事が考えられる。

しかし乍ら、前者の方法を現段階で実際に適用することは困難と思われるので、ここでは、後述する様に、最も不利な新規計画地区と思われる Blitar-Kediri 地区を除外し、残りの地区に対して配分計画を試みた。

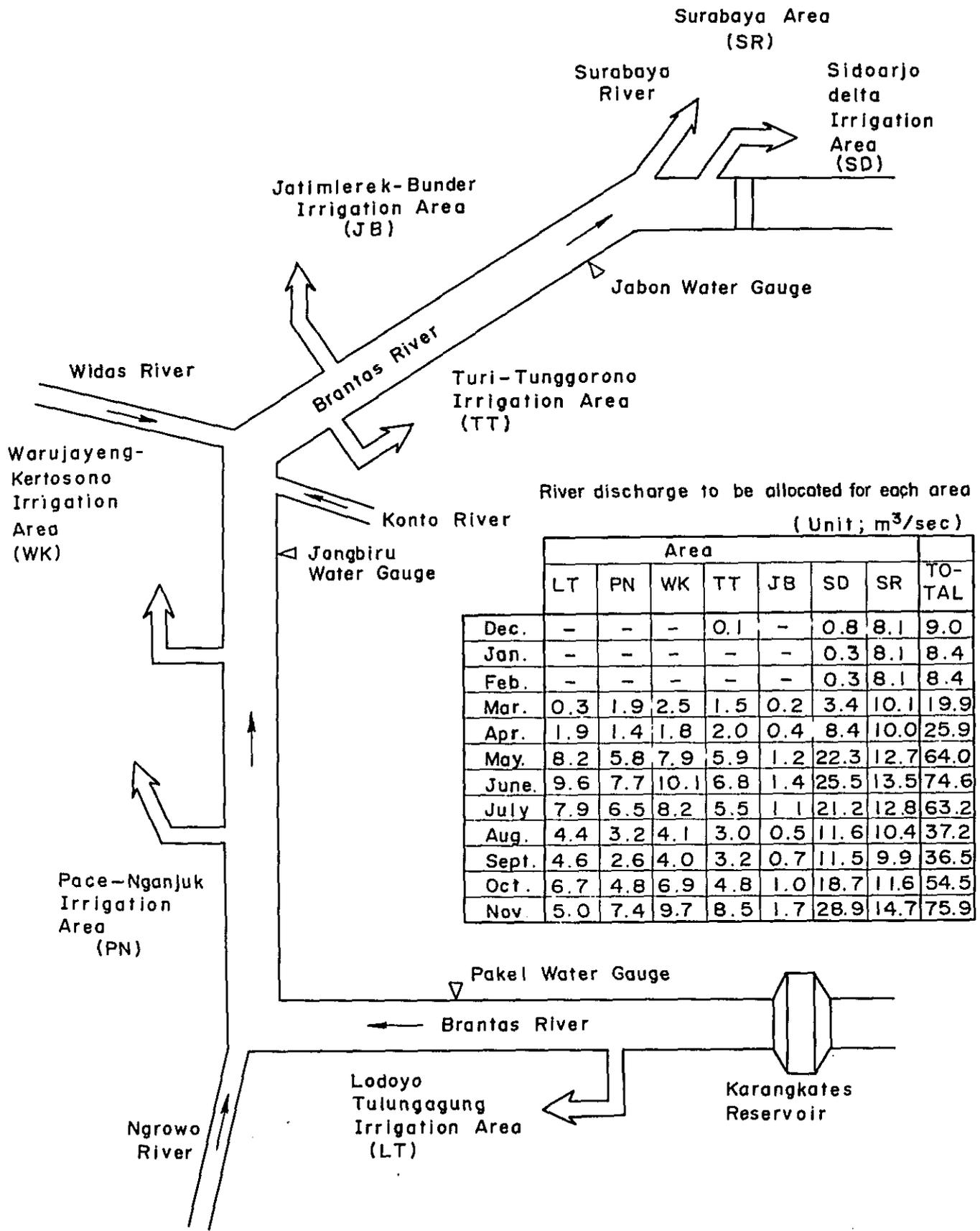
上記 Blitar-Kediri 地区を計画から除外した場合の用水量合計と河川流量との比較を示すと下表の様である。

	(単位: m^3/sec)						
	6月	7月	8月	9月	10月	11月	合計
(1) 河川流量	76.7	55.1	53.5	48.3	56.2	52.2	342.0
(2) 総要水量 (a) ~ (g)	74.6	63.2	37.2	36.5	54.4	75.9	341.8
計画地区							
a) Warujayeng-Kertosono	10.1	8.2	4.1	4.0	6.9	9.7	43.0
b) Turi-Tunggoro	6.8	5.5	3.0	3.2	4.7	8.5	31.7
c) Jatimlerek-Bunder	1.4	1.1	0.5	0.7	1.0	1.7	6.4
d) Sidoarjo delta	25.5	21.2	11.6	11.5	18.7	28.9	117.4
e) Surabaya	13.5	12.8	10.4	9.9	11.6	14.7	72.9
f) Lodoyo-Tulungagung	9.6	7.9	4.4	4.6	6.7	5.0	38.2
g) Pace-Nganjuk	7.7	6.5	3.2	2.6	4.8	7.4	32.2
(3) 差 引 (1) - (2)	2.1	-8.1	16.3	11.8	1.8	-23.7	0.2

上表によれば、流量の不足は7月と11月に起るが、この不足量は Karangates貯水池の操作基準を将来僅かに変更する事により解決するものと考えられる。以上より、ブランタス河本流の流量による河川流量配分計画は付図4-2の様に決定された。

この配分計画から除外された、Blitar-Kediri 地区も将来、既存かんがい水路・施設の改良や、用水使用の合理化が達成され、或いは、地下水の開発によってブランタス河本流流量に余裕が生じる時点にはその開発が可能と思われる。したがって、今回の計画では本地区も他の計画地区と併せて、ブランタス河流量による開発を検討した。

スラバヤ地区の水需要に対しては、1982年の予測需要迄を対象としているので、それ以



付図 4 - 2 ブラントス河河川流量配分図

降の需要増加に対してはかんがい水の節約を企るか、支流域の地表水の利用又は地下水の開発利用等によって対処する事が必要となろう。

(3) かんがい復旧計画

ブランタス河中流域の主な既存かんがい地区は、Warujayeng-Kertosono 地区、Turi-Tunggorono 地区、Jatimlerek-Bunder 地区の三つである。これらの地区はブランタス河の多量の流砂の為に、何れもかんがい水路上に多量の土砂が堆積しており、又、施設自体も建設してから年月が経っている為、旧式化し、破損も目立っている。更に末端のかんがい水路網の不備の為、かんがい水が有効に圃場内に供給されていない。この状態を改善する為に、具体的に次の様な改修工事が必要と思われる。

1) Warujayeng-Kertosono 地区 (13,300 ha)

i) Mrican 頭首工の改修

現行の角落しのみによっている流入量の調節を、動力操作によるゲート調節に改め、更に流入土砂の排除を容易にする様、沈砂池を新設する。

ii) 用水路内、特に幹線水路の上流部の堆砂の排除

iii) 分水工の小分水ゲートの破損修理及び取替え。

iv) 二次水路以下の小用水路及び小排水路、農道網の増設並びに整備。

2) Turi-Tunggorono 地区 (9,600 ha)

i) Turi 及びTunggorono 両頭首工の取水ゲート新設。(現状は角落しによる流入量調節)

ii) 用水路内の堆砂除去。

iii) 分水工用小ゲートの修理、取替え。

iv) 小用排水路、農道の増設・整備。

3) Jatimlerek-Bunder 地区 (1,900 ha)

i) Jatimlerek 頭首工の取水ゲート取替え。

ii) 用水路内堆砂除去及び水路断面整形、修理。

iii) 分水工の増設及び既存分水工の修理。

iv) 道路橋の増設。

v) 小用排水路網及び農道の整備。

(4) 新規かんがい計画

ブランタス河本流沿いの新規に開発可能な地区として Lodoyo-Tulungagung 地区、Pace-Nganjuk 地区、Blitar-Kediri 地区の三地区が考えられる。これらの地区の開発計画の概要を述べると次の通りである。

1) Lodoyo-Tulungagung 地区 (13,500 ha)

この地区は、Karangkates ダムの下流約 25km の Lodoyo の町附近から Tulungagung 市附近に至る左岸の地域で、既にインドネシア政府によってかんがい計画が立案され、これに基づいて 1969 年より工事が進行しつつある。幹線水路の中、上流部約 4 km は既に完成しているが、現在工事は中断している。

この地区の頭首工は Wlingi ダム予定地点の直上流部に設けられ、Wlingi 貯水池から直接取水する事が計画されている。

このかんがい計画の概要は次の通りである。

- i) 頭首工新設。
- ii) 幹線水路 約 28 km の新設。
- iii) 二次水路 約 86 km の新設。
- iv) 小用排水路及び農道網の新設。
 - 三次水路 10 m / ha
 - 四次水路 50 m / ha
 - 小排水路 55 m / ha
 - 農道 60 m / ha
- v) 幹線排水路 約 10 km の新設。
- vi) 幹線農道 約 40 km の新設。
- vii) 畑地の水田化 約 7,400 ha。

2) Pace-Nganjuk 地区 (9,600 ha)

この地区はブラントス河左岸、Warujayeng-Kertosono 地区の西側に、Nganjuk 市を中心に広がっている。この地区に導水する為に頭首工は Kediri 市の約 16km 上流に設置される。

幹線水路はこの頭首工から、Wilis 山山麓に沿って北上し、Nganjuk 市附近迄到る。この計画の概要は次の通りである。

- i) 頭首工及び沈砂池新設。
- ii) 幹線用水路約 47km の新設。
- iii) 二次用水路約 62km の新設。
- iv) 小用排水路及び農道網 (Lodoyo-Tulungagung 地区と同程度の密度) の新設。
- v) 幹線農道約 25km の新設。
- vi) 畑地の水田化約 1,900 ha。

3) Blitar-Kediri 地区 (25,200 ha)

この地区はブラントス河右岸、Kelut 山山麓に広がる地域の中、Blitar 市から

Kediri 市附近迄である。この地域に導水する為に、頭首工地点は、Wlingi ダム予定地点から約 8km 下流附近が適当と思われる。幹線水路はここから Kelut 山麓に沿って、Blitar 市の南、Srengat の町附近を経て Kediri 市附近で Konto 川水系による既存かんがい地区まで設置する事が計画されている。ブランチ河に余剰水がある場合は、この水を Konto 川流域地区にも補給出来る様に、幹線水路のみは更に延長して Konto 川に接続させる。この計画による幹線水路の長さは約 70km、二次水路約 130km が必要と思われる。

(5) 建設費

既存かんがい施設の改修に要する建設費は、主として、1972年の調査で行われた既存水路の横断面実測と施設の調査に基いて算定されている。又新規計画地区については、現地踏査の結果と、五万分の一の地図に基いて算定されている。

建設費単価は東部ジャワかんがい局が Lodoyo-Tulungagung 地区のかんがい計画に使用しているものを主として使用しているが、その他にイギリスの調査団作製の Kediri-Nganjuk Study の報告書、及び Wlingi ダムの フィーシビリティ・レポートで使用されている単価も参考にしている。

各計画の建設費は次の様に見積られる。

計 画 地 区 名	(単位：10 ⁸ US\$) 建設費
かんがい復旧計画	
Warujayeng-Kertosono 地区	2,300
Turi-Tunggorono 地区	1,350
Jatimlerek-Bunder 地区	426
新掘かんがい計画	
Lodoyo-Tulungagung 地区	10,100
Pace-Nganjuk 地区	7,340
Blitar-Kediri 地区	21,050

4-3 砂防計画

ここでは前述の土砂流解析結果に基づいて、将来の Kelut 山周辺山腹での砂防計画の概略の規模について述べる。

第 3 章の土砂流解析で述べたように、1951年の噴火後 15 年間に Kelut 山の噴火の影響域から補給された土砂量は約 1 億 m³ に達する。このうち掃流土砂補給量は 4600 万 m³ でありそのうち 3200 万 m³ が河床に堆積している。この結果より判断すると、もし将来 1951 年と

同等の規模の噴火がおこったとすると掃流土砂補給量の約70% ($32 \times 10^6 m^3 / 46 \times 10^6 m^3$) を山腹で貯留する必要がある。しかし山腹における火山砂は掃流土砂とウォッシュロードの混合物によって構成されているので、山腹での Lahar-pocket はこの両者を貯留する必要がある。即ち、掃流土砂補給量の70%を貯止するためには両者の合計補給量の70%にあたる $70 \times 10^6 m^3$ ($70\% \times 100 \times 10^6 m^3$) の貯留容量が必要とされる。多少の余裕を見込むと山腹全体で全容量約1億 m^3 程度の Lahar pocket を建設する必要があるだろう。

1951年～1965年間の Kaulon から Jabon までの区間における堆砂量の増分の解析結果をもとに、山腹からの補給土砂のみによって河道の堆砂が生ずるものとして、上記の Lahar pocket の配置を概略検討した。その結果によれば、総計1億 m^3 の容量は Kaulon-Jongbiru 間に4,700万 m^3 、Jongbiru-Kertosono 間に3,000万 m^3 、Kertosono-Jabon 間に2,300万 m^3 の割合で分配されるべきであることがわかった。ブラントス河右岸の上記の各区間にある主な支川は、Kaulon-Jongbiru 間の Putih 川、Semut 川、Jatipelen 川、Kajar 川、Gedok 川及び Petungkabong 川であり、Jongbiru-Kertosono 間では Sukorejo 川、Dermo 川及び Srinding 川、Kertosono-Jabon 間では Konto 川である。

インドネシア政府によれば Kelut 山南側及び西側地区で将来 Lahar pocket として利用し得る面積は10,000～15,000ha と推定されており、これは $100 \sim 300 \times 10^6 m^3$ の pocket 容量に相当している。さらに既存の Lahar pocket を満ち上げる事によってその容量増加を計ることも可能であると云われている。これらの情況より判断すると将来の1～2回の Kelut 山の噴火に伴う流出土砂による河床上昇を防止するための Lahar pocket の建設が可能であると思われる。

しかしながら、山腹の火山砂の流出分布は、山腹の勾配及び火口の形状によって Kelut 山の南側と西側とは大きく異っているので、将来の砂防計画は噴火に伴う火山砂の分布を十分考慮して検討する必要がある。

4-4 治水計画

ブラントス河中流部及び Ngrowo 川流域での治水の必要性が近年高まってきている。以下両地区の治水計画の検討結果について述べる。

4-4-1 ブラントス河中流部河川改修計画

(1) 概要

ブラントス河の中流部の治水対策としては次の3つの方法が考えられる。即ち、1) 河道改修によって河道の通水能力を増加させる。2) 上流部に貯水池を建設して洪水ピーク流量を減少させる。3) ブラントス河の洪水をインド洋へ放流する。

まず1)の通水能力を増加する方法ではブラントス河の遊水問題を十分考慮する必要がある。洪水解析の結果によればブラントス河中流域の洪水流は、Pakel-Kediri間の貯留効果とWidas川合流点の低湿地の貯留効果によってそのピーク流量が大きく減少されている。もし下流部の河道容量が十分大きければ、この遊水地域の排水が可能となろう。しかしながら、下流部でそれのみあうだけの河道容量を確保するためには現状の河川施設の大巾な改修が必要であり、この地域は開発も進んでいるので、用地確保等の改修に要する費用は上流域の遊水地区の解消によって生ずる利益よりもはるかに大きなものとなろう。

一般に河川下流域は人口密度も高く、生産活動も活発であるので、河川改修は下流域より漸次上流域へと進められるのが常道である。しかしながら、上、中流域の開発に伴う洪水流量の増加によって下流域では絶えず河川再改修を余儀なくされる例が多い。

したがって、洪水解析結果に基づいて立案された最適な高水配分計画をもとに河川構造物の建設がなされるべきである。

2)の貯水池によって洪水ピーク流量を減少させる方法に関しては、Wlingi貯水池による洪水制御について検討した。Wlingi貯水池は2,100万 m^3 の無効容量があるのでもしこの容量を上流部よりの流砂貯留の目的に利用すれば、下流域の河床上昇はある程度防止する事ができるものと考えられる。又、貯水池での調節によって洪水のピーク流量も多少は減少させることができる。したがってWlingi貯水池による洪水制御は貯水池での調節と流砂量の制御との組み合わせとして検討した。

3)のブラントス河の洪水流をインド洋へ放流する案については河川改修案の代案として概略検討したが、放水路の堆砂に問題が残っている。

(2) 高水流量配分計画

高水流量の配分計画の基本構想は次の通りである。

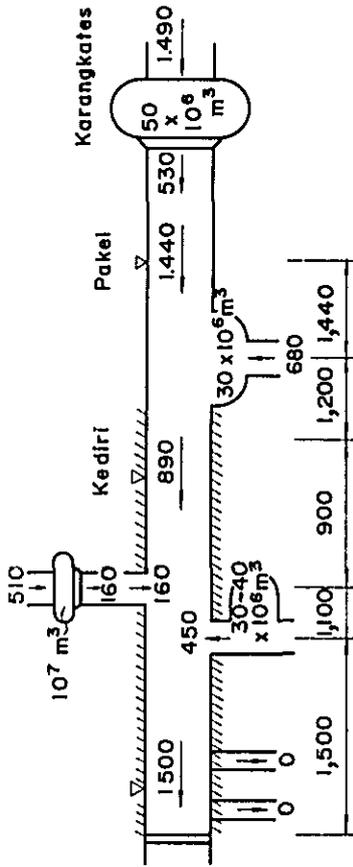
1) 計画高水流量はKarangkates及びSelorejo両貯水池による洪水調節後の50年確率洪水を対象とする。

2) Ngrowo川河口部附近のはんらん地区及びWidas川合流点附近の低湿地は現状のまま遊水池として利用する。このためNgrowo川合流点とWidas川合流点間の河道の計画高水容量は他の区間のそれより小さいものとなっている。

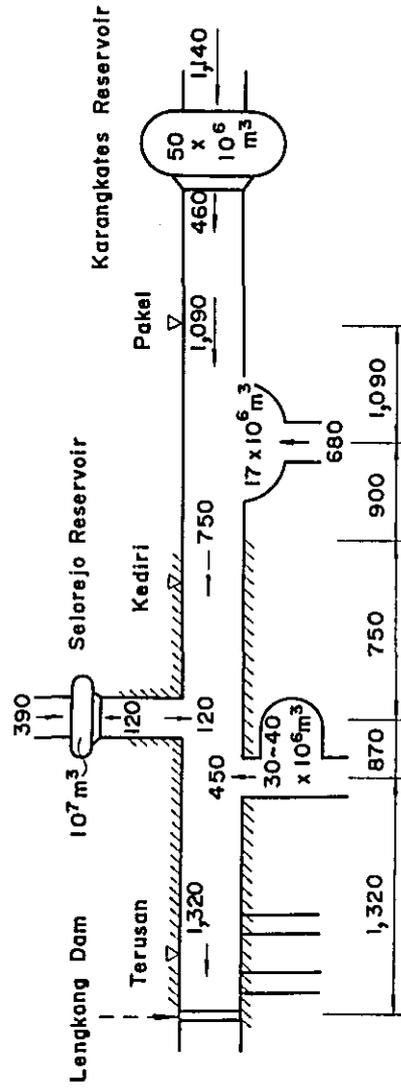
3) Konto川からの流入量は160 m^3/sec とする。

4) Gedek及びMlirip水門からスラバヤ川への洪水時の放流量は、スラバヤ市の重要性にかんがみこれを零とする。

上記の基本構想にもとづいて計画された高水流量配分図は付図4-3に示されている。計画された本川上の洪水流量はNgrowo川合流点からKediri間では1,200~900 m^3/sec , KediriからKonto川合流点間では900 m^3/sec , Konto川合流点からWidas川合流点間では



付図 4 - 3 全体計画における高水配分図



付図 4 - 4 第 1 期計画における高水配分図

1,100 m^3/sec , Widas 川合流点より Terusan 間では 1,500 m^3/sec となった。

(3) 河川改修計画

河川改修計画は全体計画案と第1次計画案の2つについて検討されている。全体計画は付図4-3に示されている計画高水流量配分にもとづいてつくられている。全体計画では掘削量及び築堤量が莫大で長期間の建設期間と相当大きな建設費を必要とするため、初期投資額の節約と早期の治水効果を期待するために第一次計画を10年確率洪水を対象として作成した。

全体計画ではブラントス河の Ngrowo 川合流点から下流 Lengkong ダムまでの区間を掘削及び築堤によって河道容量を増加させるよう計画されており、Konto 川下流部の掘削も含まれている。

河道改修計画の設計基準は下記の通りである。

- 1) 河川幅は現状の河幅を対象とする。
- 2) 河床高は既設の取水施設、橋梁の基礎標高を考慮して決定する。
- 3) 計画堤防高と計画高水位間の余裕高は1 mとする。
- 4) 低水路幅員はWidas 川合流部より上流部では70 m, それより下流部では100 mとする。

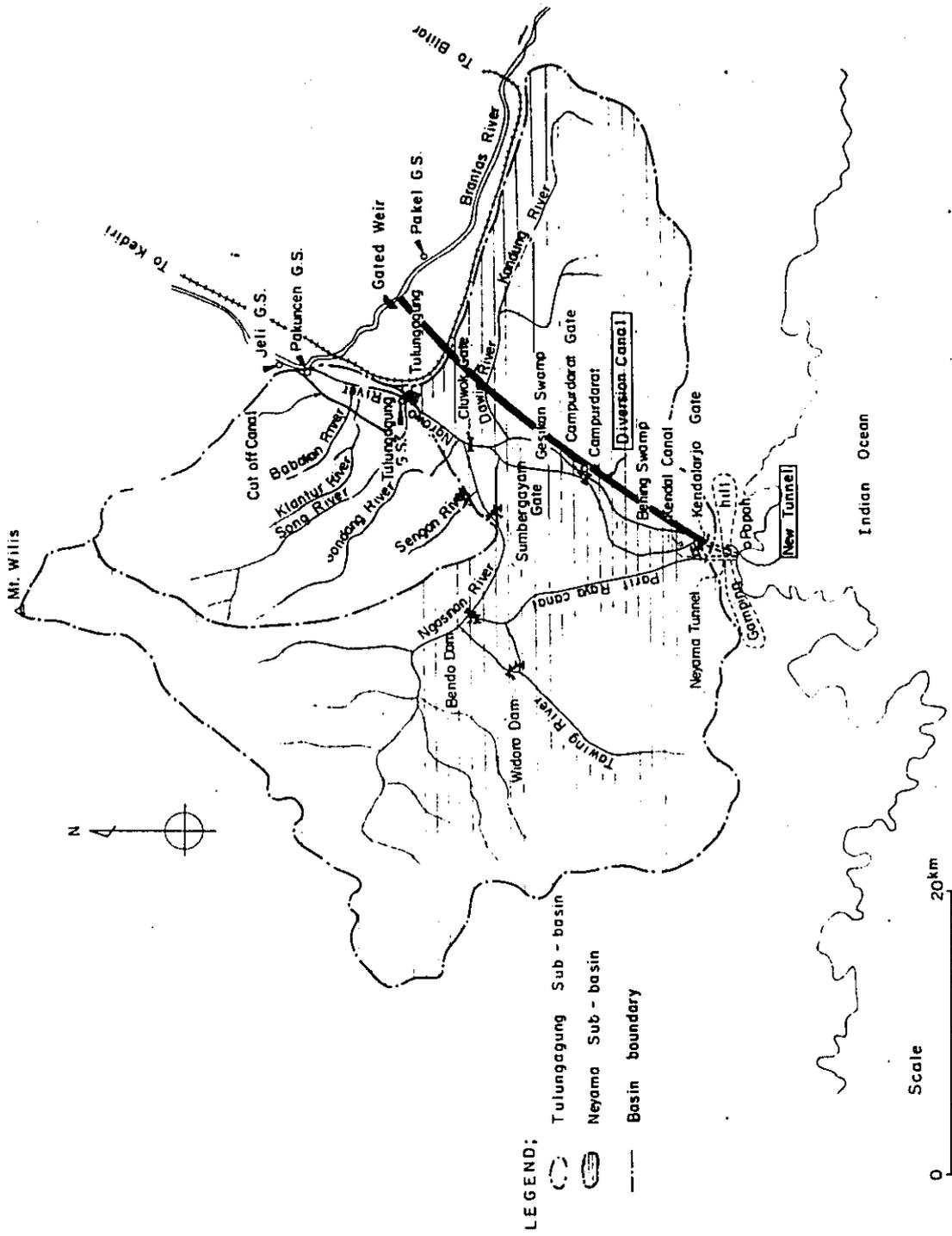
全体計画に必要とされる河床掘削土量は1,500万 m^3 , 築堤土量は700万 m^3 であり、建設期間は10年, 全工事費は約2,400万US\$を要する。

第1次計画案での計画高水流量は10年確率流量を対象としており,その配分図は付図4-4に示されている。この高水配分計画に用いられた基準は,全体計画のそれとほぼ同じである。計画河道断面は余裕高を80 cmとし,低水路の幅員はWidas 川合流点より上流では40 m, それより下流では50 mとして決定された。

この第1次計画に必要とされる掘削土量は700万 m^3 , 築堤土量は全体計画と同じで700万 m^3 であり,建設期間は5年,全工事費は約1,400万US\$を要する。

(4) 全体河川改修計画に対する代案

全体河川改修計画の代案として,ブラントス河の上流部での洪水流量をPakel 直下流よりインド洋へ放流する事によって下流部の洪水流量の減少を計る案が検討された。この計画ではPakel 下流部の本川上に堰を設け洪水流を堰地点よりNeyamaトンネル地点まで30kmの人工水路で導びき,現在のNeyamaトンネルに隣接して新たにトンネルを建設し,これによりインド洋へ洪水流を放流せしめることとしている。この計画の概要は付図4-5に示されている。この計画によってPakel-Kediri間のはんらん問題がかなり改善され,かつ現状のブラントス河の河道のままでもKonto 川の改修やGedek 及びMlirip 水門の閉鎖が可能となる。



付図4-5 インド洋への放水路計画図

この放水路案での計画高水流量は放水路の流入部で $1,440 \text{ m}^3/\text{sec}$, 流出部で $2,040 \sim 2,240 \text{ m}^3/\text{sec}$ である。放水路計画に要する全工事費は $4,000 \sim 5,000$ 万ドルに相当する。

この放水路計画によって、本川の流砂による河床上昇の問題はかなり軽減されると思われるが、特に将来Kelut山の噴火があったような場合には、同じような問題がこの水路上に発生する事が考えられよう。ブランタス河の土砂送流機構は現在未だ十分に解明されていないので、これらの問題を十分に調査した上で、放水路計画の採用を検討すべきであろう。

(5) Wlingi 貯水池による洪水調節

Wlingi 貯水池で調節された洪水流量を、貯留関数法を用いて追跡した結果、Kediri 地点での洪水ピーク流量の減少分は500年確率洪水の場合でもわずかに $20 \text{ m}^3/\text{sec}$ にすぎず、Wlingi 貯水池による洪水調節効果は下流域ではほとんど無視されるほど小さいものであることがわかった。このため、Kediri より下流部での追跡計算は省略した。

一方、Wlingi 貯水池で、流砂を貯留する事によるブランタス河の河床上昇の防止効果については、この効果がKediri 地点までの 70 km の河道区間におよぶものとして1977年以後2027年までの50年間についてその河床上昇減少量を推定した。その結果1987年、1997年、2007年及び2027年の各10年毎における河床上昇の減少分は以下のように推定された。

年	河床上昇減少量 (m)
1987	0.06
1997	0.12
2007	0.18
2017	0.24
2027	0.64

上記の結果は次章のWlingi 多目的計画の洪水及び砂防による便益の算定に適用されている。

4-4-2 Ngrowo 川沿岸地区の治水計画

(1) 概要

Ngrowo 川流域はブランタス河流域の南西部に位置し、流域の南側には東西に走る細長いGamping丘陵地帯があり、インド洋との流域界をなしている。又、西側の流域界はSembar 山、Bulu 山及びGepong 山の山岳地帯によってなされており、北側の流域界はWillis 山である。この流域の全面積は約 $1,500 \text{ km}^2$ である。

Ngrowo 川は流域中央の平野部を北上して、ブランタス河に合流している。Ngrowo 川本流

の長さは約 14 km でそれより南方には Gesikan 及び Bening の低湿地帯がひろがっている。又 Gepong 山から流下している Ngasinan 川が、多くの支川の水を集めながら東上して、Tulungagung 市南方で Ngrowo 川に合流している。

Ngrowo 川流域では Ngrowo 川とその支川沿岸地域に常習はんらん地区があり、Ngrowo 川河口から 7 km 上流右岸にある Tulungagung 市周辺地区は Ngrowo 川及びその支川の河床上昇のために特に排水が不良である。

Tulungagung 市の重要性に鑑みてこの調査では Tulungagung 周辺地区の排水条件の改良による治水対策を検討した。この計画立案にあたっては Ngrowo 川流域全体の一貫した高水流配分計画を作成する必要がある、このため Ngrowo 川流域の洪水特性及び確率洪水の解析をした。この高水配分計画は 10 年確率洪水を対象とし、これをもとに低湿地域の治水対策を立案した。

(2) 洪水防衛施設

1939年にインドネシア政府は、ブラントス河の洪水流量を減少させるために Ngasinan 川の洪水流を Gesikan 低湿地へ分派する Ngasinan 放水路の建設を計画した。この計画にしたがって、Sumbergayam 水門が Ngasinan 川に建設され、これと Gesikan 低湿地を結ぶ Ngasinan 放水路が建設された。又 Sumbergayam 水門と Ngrowo 川上流を結ぶ Ngasinan-Ngrowo 水路及び Ngrowo 川上流と Gesikan 低湿地を結ぶ Oluwok 水門が同時に建設された。

しかしながら、Ngasinan 川から分派された洪水流によって Gesikan 低湿地の堆砂がはげしくなり、又 Oluwok 水門は堆砂のため操作不能となり、Ngrowo 川と Gesikan 低湿地を結んでいたその機能が失なわれてしまった。

1951年の Kelut 山の噴火によってブラントス河の河床上昇が著しくなったため、Ngrowo 川の通水能力も減少し、Tulungagung 市周辺地区が時々浸水をうけるようになった。このような状況を改善するためにインドネシア政府は Ngrowo 川流域の洪水をインド洋へ放流する計画をたてた。この計画では、Ngasinan 川上流部から Gamping 丘陵部までを結ぶ Parit Raya 水路、Gamping 丘陵部を開削してインド洋へ抜ける水路、及び Bening 低湿地と Parit Raya 水路を結ぶ Kendal 水路の建設が計画された。

この計画の主目的は Ngasinan 川と Tawing 川の洪水流を Parit Raya 水路と Gamping の放水路を通じてインド洋へ放流することによって Ngrowo 川の洪水量を減少させることにあった。計画の実施の段階では、Gamping 丘陵部を開削に要する建設期間が長いこと、及び費用がかさむことの原因によって、開削水路案は放水トンネル案に変更された。この Neyoma の放水トンネルはその最大通水容量を 500 m³/sec とし、1962年に完成した。

上記の構造物によって、Ngasinan 川の洪水流は Parit Raya 水路の入口にある Bendo 水門を操作することによって、Parit Raya 水路の容量一杯までこの水路に分流され Neyama

トンネルを通じてインド洋に放流されている。大きな洪水時には、洪水流の一部は Bendo 水門から Ngasinan 川の下流へ放流され、Sumbergayam 水門で Ngasinan 放水路と Ngasinan-Ngrowo 水路へ分かれ、Ngasinan 放水路へ分派された洪水流は Gesikan 低湿地に流入し、Bening 低湿地から Kendal 水路を通じて Neyama トンネルからインド洋へ放流されている。

(3) 洪水特性

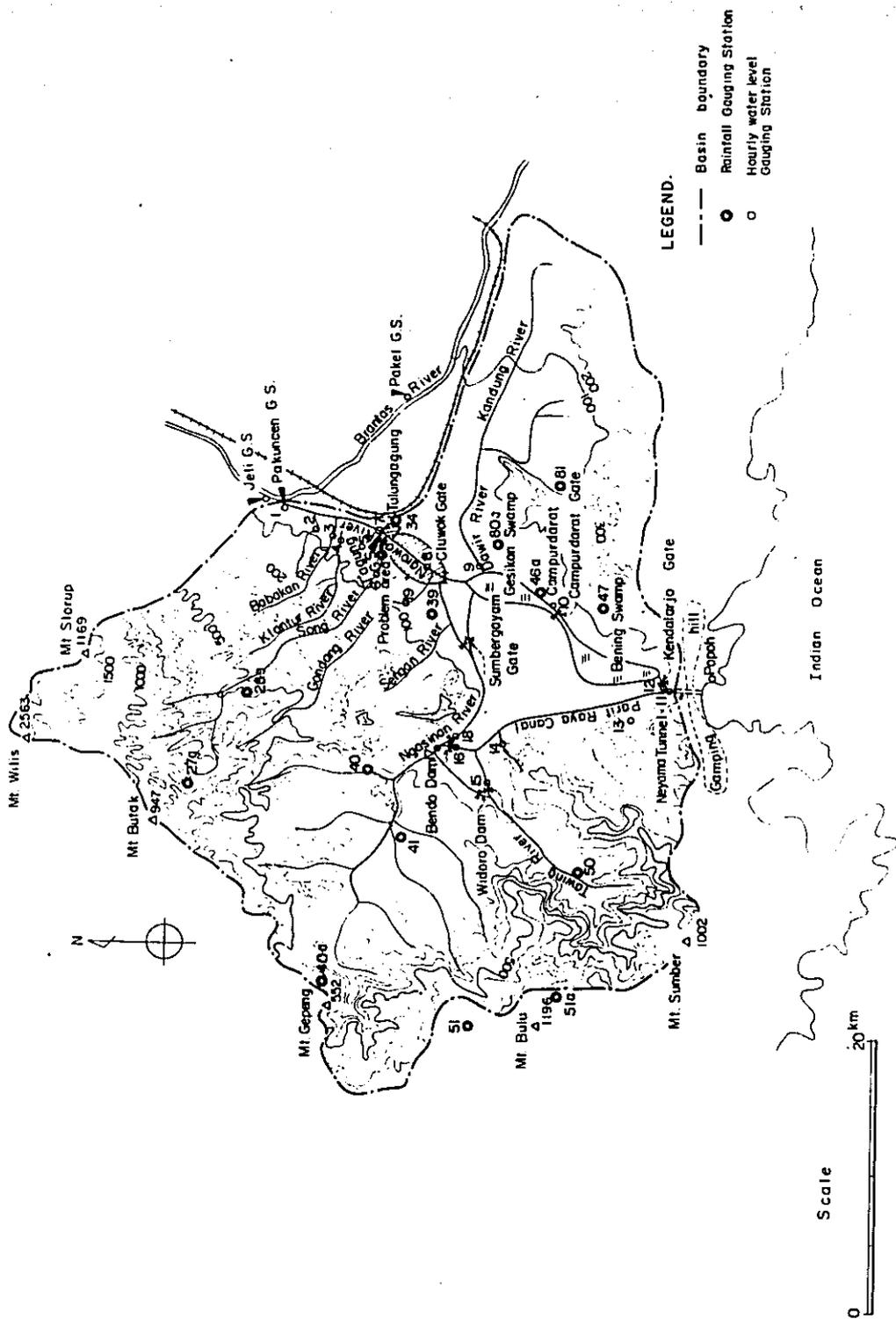
今回の調査で Ngrowo 川及びその支川沿いの 19 地点に時間水位観測所を新たに設置した。これらの観測所の位置は付図 4-6 に示されている。又観測期間は 1972 年の 12 月 10 日から 1973 年の 1 月末までの約 2 ヶ月間である。

観測された時間水位と、観測地点の横断面図から推定した水位-流量曲線に基づいて、上記の約 2 ヶ月間の期間中の大きな洪水について洪水波形図を作成した。Ngrowo 川の支川の洪水波形は一般に鋭く尖った形をしているが、集水面積が 100km² をこえる Tawing 川や Ngasinan 川のそれはかなり平たくなっており、その継続時間が長くなっている。Ngrowo 川本川上の観測地点の波形は非常に平たくなっている。これは高水時には Ngrowo 川の水位がかなり高くなり、支川からの流入がむずかしくなるため、支川からの洪水量が Ngrowo 川に流入する前にはんらんし徐々に Ngrowo 川に流入するためであると推定される。

(4) 確率洪水量

Ngrowo 川流域では洪水ピーク流量と降雨量の関係を知るのに十分な資料がえられないので、Ngrowo 川支川の洪水特性は Konto 川上流の Selorejo 地点のそれと類似しているものと仮定して確率洪水ピーク流量を推定した。Ngrowo 川の主要支川の確率ピーク流量の推定値は下表に示されるようである。

支川名	集水面積 (km ²)	確率年 (年)			
		2	10	50	100
Babakan	72	143	214	278	306
Klantur	64	135	202	262	288
Song	104	172	257	335	367
Gondang	63	134	200	260	286
Ngasinan	424	348	519	676	742
Tawing	156	211	315	410	450



付図 4-6 雨量観測所及び水位観測所位置図

(5) 河道通水容量

Ngrowo 川, Ngasinan-Ngrowo 水路, Bendo 水門までの Ngasinan 川及び Parit Raya 水路の河道通水容量は, 1~2 km 間隔で実測した河道横断面をもとに等流計算で求められた。その結果によれば Ngrowo 川の容量は他の区間にくらべてかなり小さく, Ngrowo 川の上流部では堤防天端高一杯でもわずかに $50 \text{ m}^3/\text{sec}$ にすぎない。このように Ngrowo 川の河道容量が小さいのは, 支川から運ばれてきた土砂が河床に堆積した事に起因している。

(6) 常習はらん地域

1972年に実施された Ngrowo 川流域の洪水被害調査によれば, この流域内の常習はらん地域は, Ngrowo 川下流域, Ngrowo 川左岸の Tulungagung 市の対岸の低湿地, Ngasinan 川の上流域及び Parit Raya 水路の右岸地域である。

Ngrowo 川下流部の冠水はブランタス河に洪水があるときその水位が高くなって Ngrowo 川からの流入が阻止されるために生ずるもので, その冠水面積はブランタス河の洪水の大きさに従って $500 \sim 1,000 \text{ ha}$ となる。合流点附近のブランタス河の河床を掘削すれば, この問題はある程度解決されるであろう。

Tulungagung 市周辺の低湿地の冠水は, Gondang 川, Song 川, Klantur 川, Babakan 川等の支川からの洪水流によってひきおこされており, 冠水面積は約 $400 \sim 500 \text{ ha}$ で雨期中冠水がつづいている。

Ngasinan 川上流域の冠水は, 急峻な山から流下してきた洪水流が Trenggalek の盆地内ではらんして生ずるもので, 冠水面積は約 $600 \sim 750 \text{ ha}$ である。

Parit Raya 右岸では Tawing 川合流点及び Kebotireng 川合流点附近に平均約 $1,000 \text{ ha}$ 程度の冠水が起っている。

(7) Tulungagung 市周辺低湿部の治水対策

Tulungagung 市周辺地区の重要性に鑑み, この地区の排水条件を改善するための対策を検討した。

Tulungagung 市周辺低湿地の治水対策案として次の4つの案が考えられる。

- 1) Ngrowo 川の河床を掘削して洪水時の水位をさげること。
- 2) 洪水地区の水をポンプ等によってブランタス河へ排水すること。
- 3) 低湿地に盛土して地盤高を上げること。
- 4) 山際に集水路を建設して支川からの洪水流の低湿地への流入を防止すること。

1)の案は次のような理由によって実際に適用する事は適当でないと思われる。即ち, Ngrowo 川下流部の通水能力はブランタス河の水位が高いときには著しく減じられるため, Ngrowo 川の河床を掘削しても通水能力の大きな増加は望めない。又, ブランタス河の河床高は全体計画実施後でもそれほど大きく低下されるわけではないので, 結局この案で Ngrowo 川の

通水容量を大きく増加させて、その高水位をさげることは期待できない。したがって、河道幅を拡張することによってのみ高水位の低下をはかることができるが、Ngrowo 川沿岸のこの地区は人口密度が高く、拡張のための費用はかなり大きくなり経済的でない。

2)及び3)案も同様に費用が大きすぎ実現性に乏しい。4)案は技術的にも経済的にも上記4案中で最も優れているものと考えられる。したがって、ここでは4)案をこの治水対策に適用する事にする。

(8) 高水配分計画

高水配分計画は、Ngrowo川流域平均の10年確率の1日雨量をもとに、次のような基本構想にしたがって立案された。

- 1) Ngasinan 川にある Bendo 水門と Sumbergayam 水門は完全に閉鎖する。
- 2) 低湿地に貯留されている水は洪水時に放流しない。
- 3) Tawing 川, Karangtuwo 川, Keboirang 川, Gondang 川のはんらんは現状のまま残す。
- 4) Song 川, Kiantur 川, Babakan 川からの洪水流は山際を走る集水路によってブラントス河へ直接放流する。

上記の構想による高水配分図は、付図4-7に示されている。その結果、計画高水量は Parit Raya 水路では $350 \sim 500 \text{ m}^3/\text{sec}$, Bendo 水門から Sumbergayam 水門までの Ngasinan 川では $0 \sim 80 \text{ m}^3/\text{sec}$, Ngasinan 放水路で $80 \text{ m}^3/\text{sec}$, Ngrowo 川で $50 \text{ m}^3/\text{sec}$, 及び新設の集水路で $240 \sim 630 \text{ m}^3/\text{sec}$ に決定された。

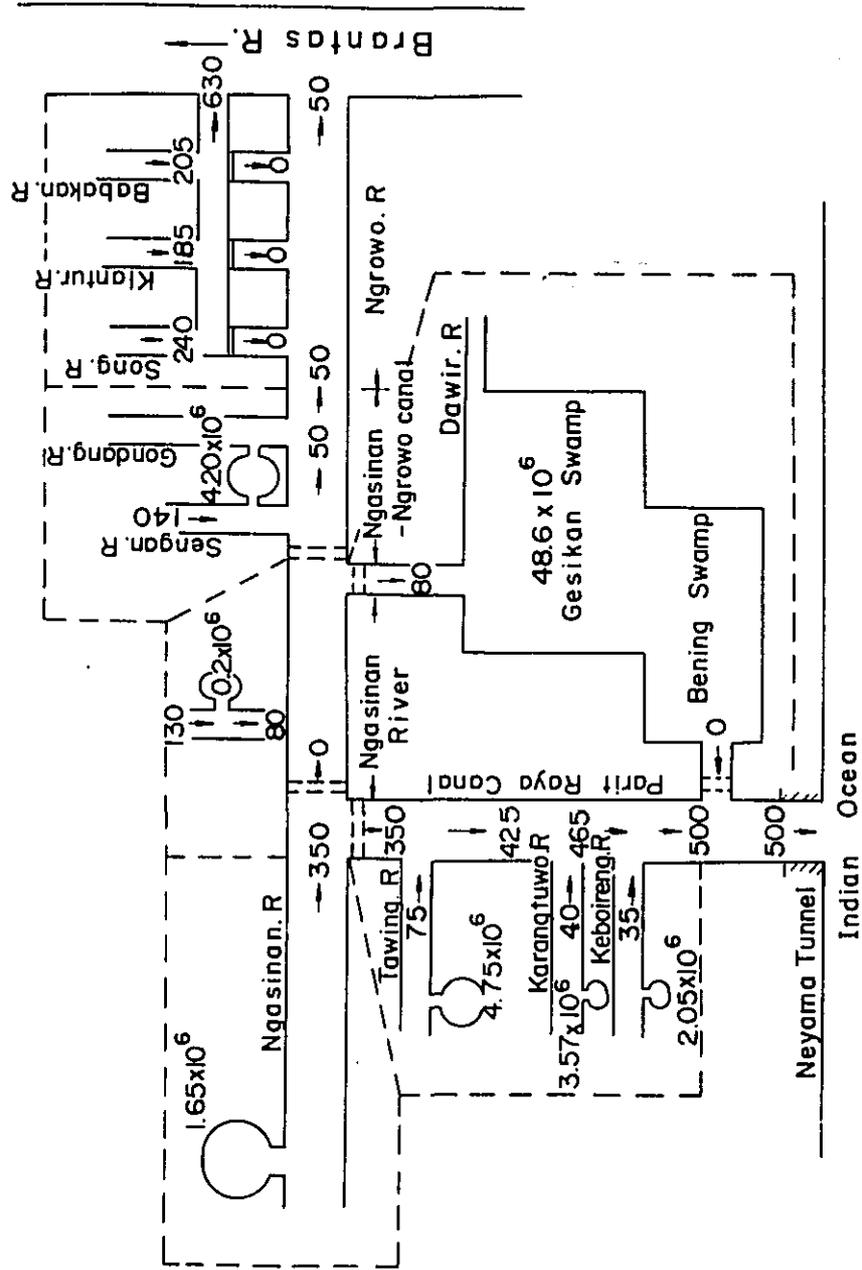
この集水路の建設によって増加するブラントス河の洪水ピーク流量は Kediri 地点で約 $30 \text{ m}^3/\text{sec}$ と推定される。

(9) 集水路計画

集水路は付図4-7に示される高水配分図をもとに計画された。これによれば、集水路は延長10kmで Song 川と、Ngrowo 川の合流点より1,500m下流のブラントス河を結んでおり、各支川と集水路の合流点には堰が設けられている。この堰にはゲートが備えられており、洪水時には洪水流を集水路へ導き、乾期には下流部へのかんがい用水を供給するよう計画されている。

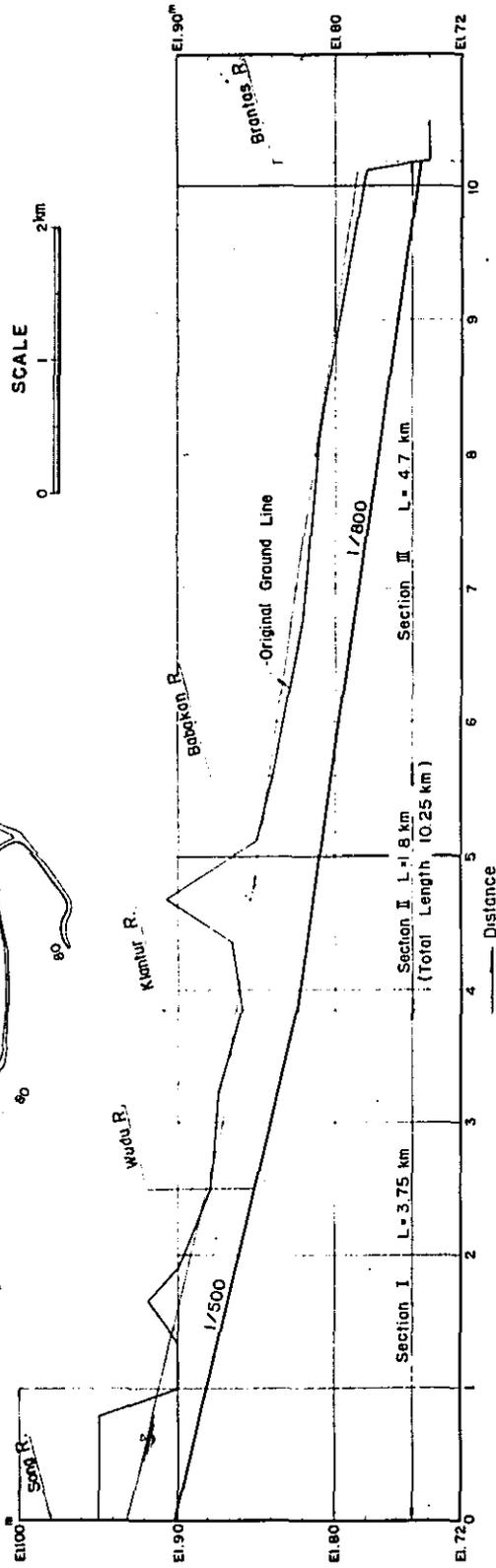
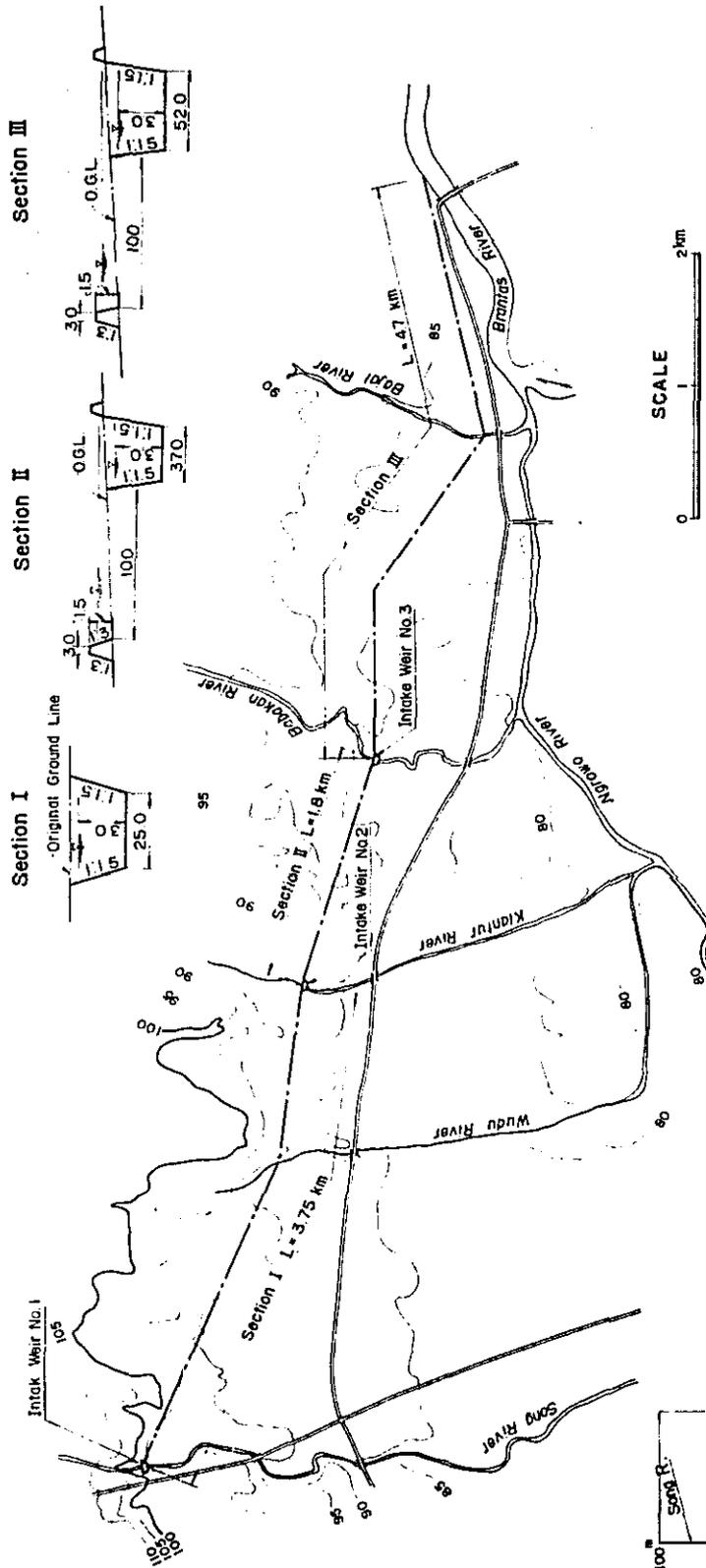
この集水路の計画概要図は付図4-8に示されているが、集水路の路線は $1/10,000$ の地図に基づいて決められたものである。

この集水路の建設には、 180 万 m^3 の掘削土量と 10 万 m^3 の築堤土量を必要とし、建設期間は4年、全工事費は200万US\$を要する。



付图 4-7 Ngrowo 河流域高水配分图

TYPICAL SECTION



付図 4-8 Ngrowo 川 流域集水路計画図

4-5 発電計画

ここではWlingi 発電計画とブランタス河流域内の将来の発電開発の概略の可能性について検討した。

4-5-1 Wlingi 発電計画の再検討

河川流量の解析結果と、かんがい計画のための低水配分計画に用いられた計画基準に基づいてWlingi 発電設備の発生電力量及び保障尖頭電力を検討した。

発生電力量の検討に対してはまずWlingi ダム地点で発電に利用し得る月流量をWlingi 地点の推定流量から、Lodoyo-Tulungagung 農業開発計画地区へ供給される水量を差し引いて求めた。この月流量を基にしてWlingi の設備容量が27,000KWの条件の下で計算された平均年間発生電力量は、 177.1×10^6 KWhである。

一方、1956年を基準年とした場合の各月の平均発生出力にもとづいて、Wlingi 発電設備の保障尖頭出力を次の2面から検討した。即ち、まず、利用可能流量からみて、ピーク運転を1日のうち十分に長時間続けることが可能であるかどうか、次にピーク運転をした場合下流部の河川水位が変動して悪影響をあたえることはないかどうかについて検討した。

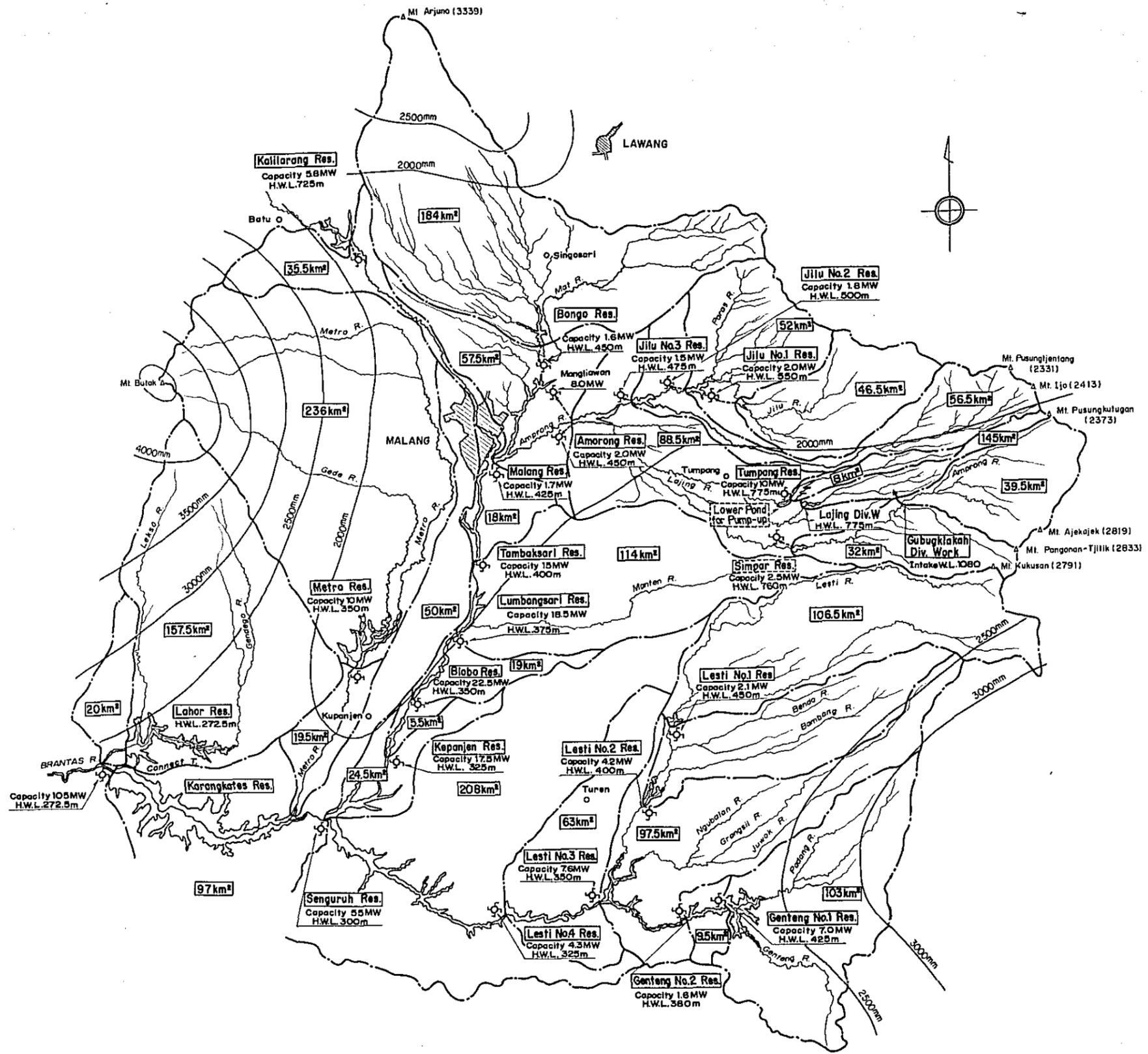
上記の検討の結果、Kalikonto送電系統での実際のピーク運転継続時間に比べ上記計算の可能ピーク継続時間が十分に長いこと、又ピーク運転からオフピーク運転に移った場合に生ずる流量変化による河川水位の変動は下流域の水利用に何ら悪影響を与えないことが確かめられた。この様な結果よりWlingi の発電設備でのピーク運転には何らの障害もなく、保障尖頭出力として27,000KWをとることは妥当であると判断される。

4-5-2 ブラタス河流域内の水力発電開発の可能性

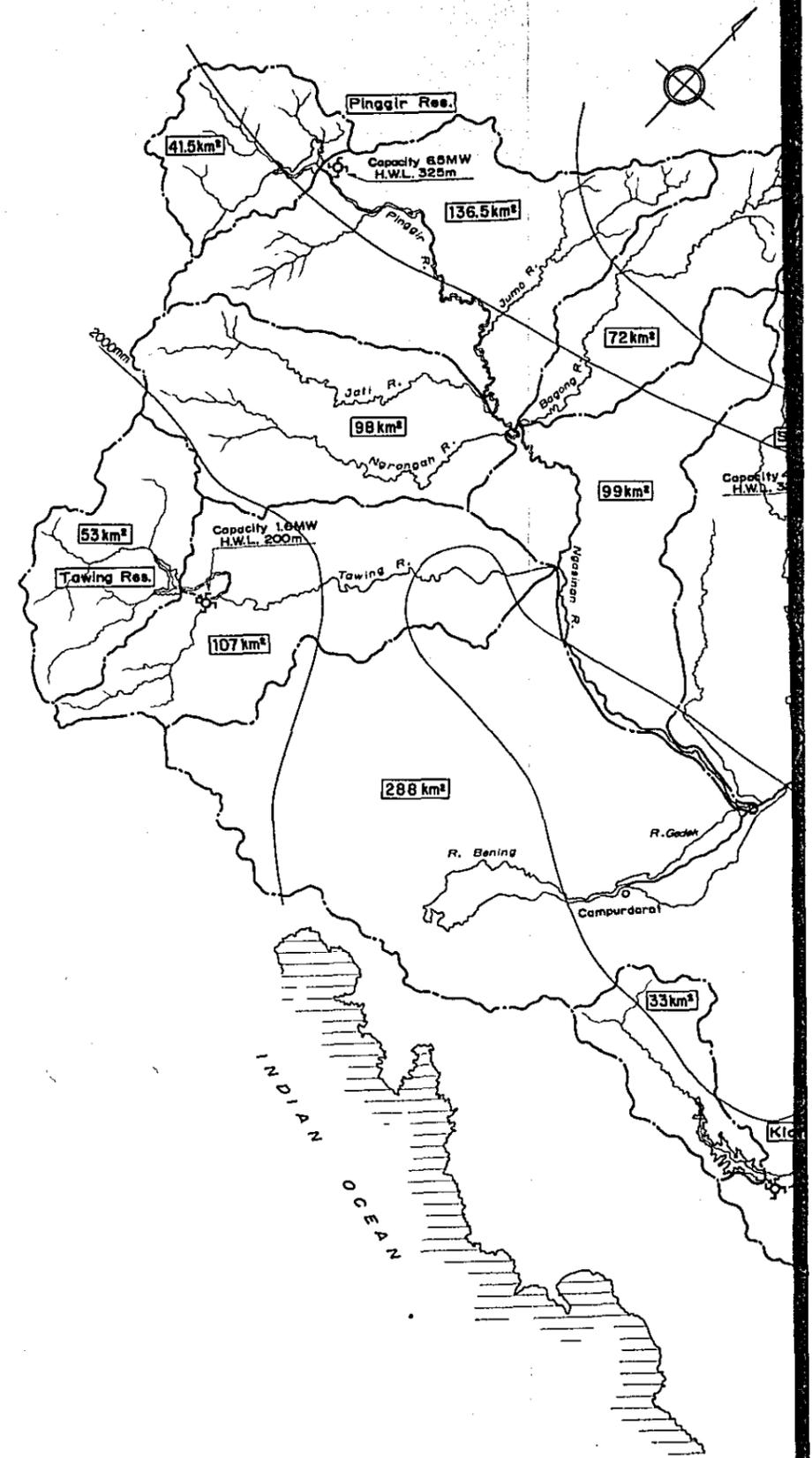
ブラタス河本川及び主要支川であるAmprong川、Lesti川、Metro川、Ngrowo川及びWidas川の5支川について、1/50,000の地図上から技術的に開発可能な包蔵電力量を算定した。ただし、調査期間が短かったため、現地踏査は行なわれていない。

選定されたダム地点は合計33箇所、このうち8箇所はブラタス河本川上にあり、7箇所がAmprong川上に、6箇所がLesti川上にあり、Metro川上には1箇所、Ngrowo川上には4箇所、Widas川上には7箇所である。これらの各地点の位置と包蔵出力は付図4-9に示されている。

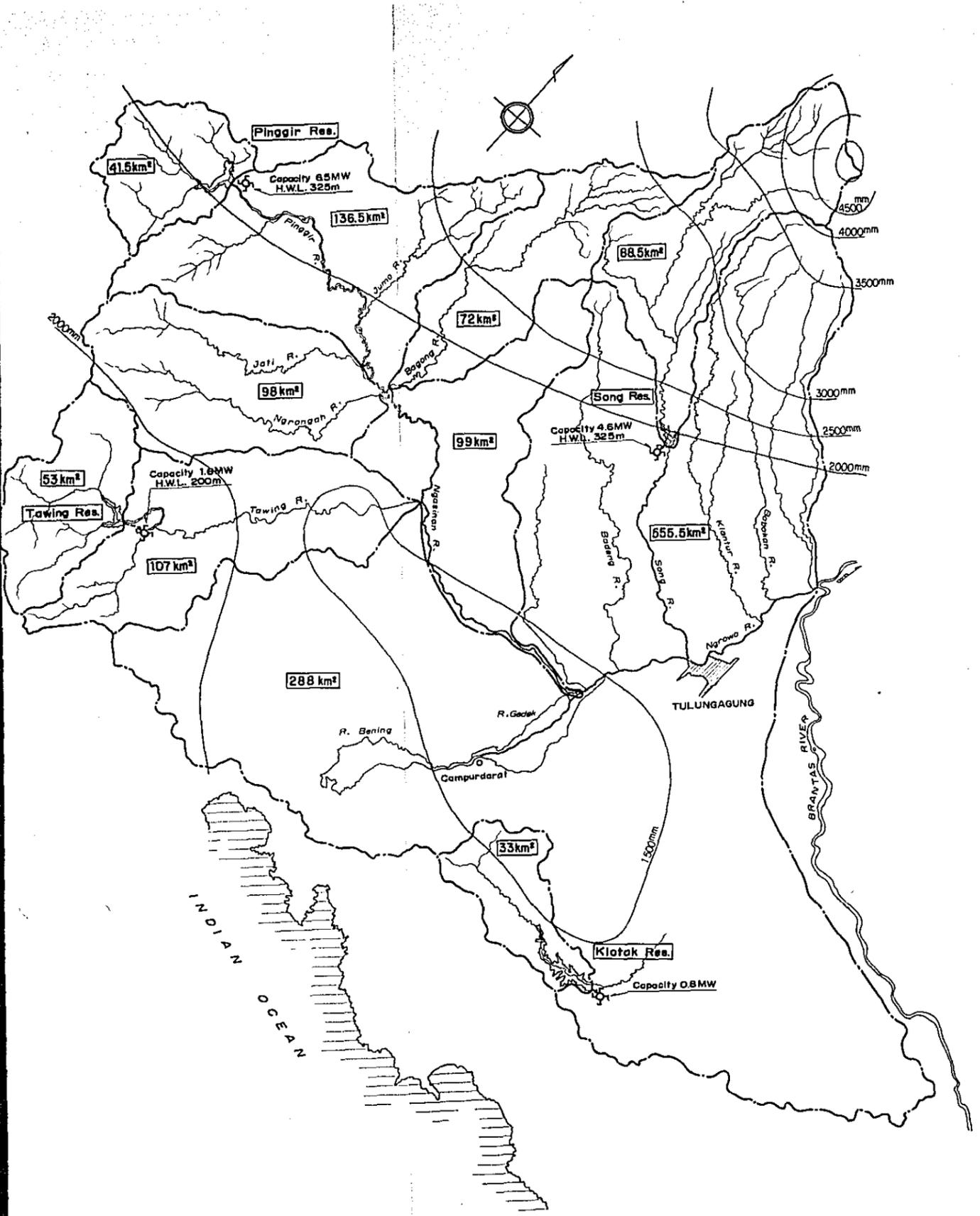
上記の33箇所の合計包蔵出力は380 MW、年間発生電力量は 1.3×10^8 MWhに算出されている。



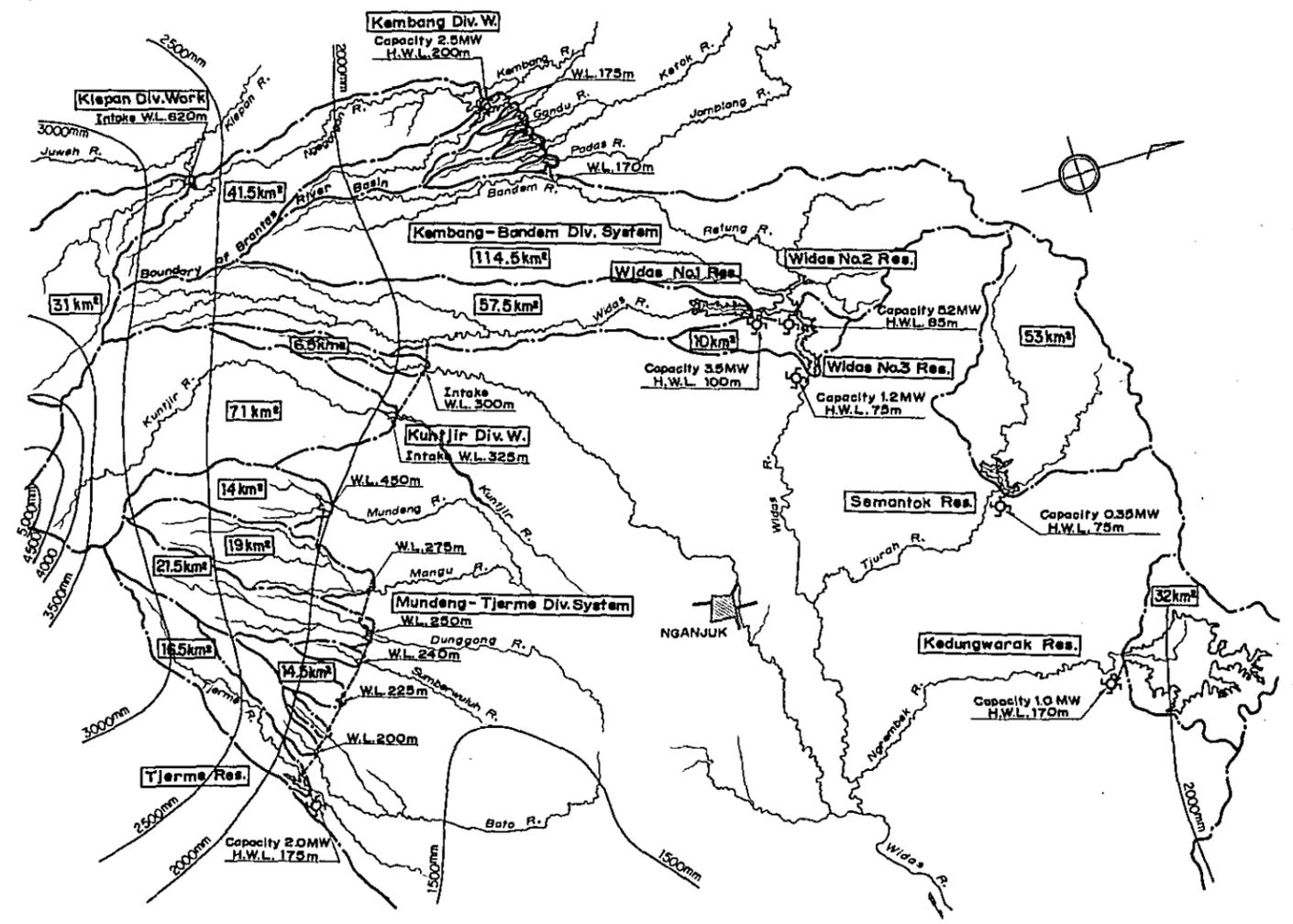
(1) Upstream Basin from Karangates Reservoir



(2) Ngrowo River Basin



(2) Ngrowo River Basin



(3) Widas River Basin

第5章 開発計画の経済評価

本章では、農業開発計画、治水計画及び発電計画中でとり上げられた各開発計画を内部収益率法によって検討した計画の経済評価並びにそれらの計画の実施順位の決定について述べられている。各開発計画の内部収益率は償却年限を50年とし、評価の基準年を計画の建設完了時に設定して計算されている。

5-1 農業開発計画の経済評価

5-1-1 建設費

各農業開発計画地区の建設資金は下記のごとく算定されている。

(単位: 10^3 US\$)

計画地区名	
Warujayeng-Kertosono かんがい復旧計画	2,300
Turi-Tunggoro " "	1,350
Jatimlerek-Bunder " "	426
Lodoyo-Tulungagung 新規かんがい計画	10,100
Pace-Nganjuk " "	7,340
Blitar-Kediri " "	21,050

上記の各計画地区の建設費が付図5-1に示されている工事計画に基づいて各建設年に配分された。配分された各建設年の工事費は下記の通りである。

(単位: 10^3 US\$)

建設年	農業開発計画地区					
	Warujayeng -Kertosono	Turi - Tunggoro	Jatimlerek - Bunder	Lodoyo - Tulungagung	Pace - Nganjuk	Blitar - Kediri
第1年	1,380	810	256	2,165	1,920	2,875
第2年	920	540	170	2,450	1,830	3,620
第3年				2,900	2,265	5,105
第4年				2,585	1,325	4,725
第5年						4,725
合計	2,300	1,350	426	10,100	7,340	21,050

この各年へ配分された建設費に基づいて建設完了時点で建設費をそれぞれ4ケースの割引率の下で現在価値換算した。その結果は付表5-1に示されている。

付図 5 - 1 かんがい計画の工事工程表

項 目	建 設 年 次				
	第 1 年	第 2 年	第 3 年	第 4 年	第 5 年
I かんがい復旧計画地区					
1. 準備工事	—				
2. 本工事					
頭首工	—	—			
水路内堆砂排除	—	—			
水路構造物補修・増設		—			
小用排水路		—			
II 新規かんがい計画地区					
II-1. Lodoyo-Tulungagung 地区					
1. 準備工事	—				
2. 用地買収	—				
3. 本工事					
頭首工	—	—			
幹線用水路	—	—	—		
支線用水路		—	—	—	
排水路	—	—			
農 道	—	—	—	—	
圃場均平作業		—	—	—	
II-2. Pace-Nganjuk 地区					
1. 準備工事	—				
2. 用地買収	—				
3. 本工事					
頭首工	—	—	—		
幹線用水路	—	—	—		
支線用水路		—	—	—	
小用排水路		—	—	—	
農 道	—	—	—	—	
圃場均平作業		—	—	—	
II-3. Blitar-Kediri 地区					
1. 準備作業	—				
2. 用地買収	—				
3. 本工事					
頭首工	—	—	—		
幹線用水路	—	—	—	—	
支線用水路		—	—	—	
小用排水路		—	—	—	
農 道	—	—	—	—	
圃場均平作業		—	—	—	

付表5-1 建設費現在価値合計

(単位: 10⁸ US\$)

かんがい復旧計画地区	割引率 (%)					
	24	26	28	30	32	34
Warujayeng - Kertosono		3,525	3,618	3,712	3,808	
Turi - Tunggorono			2,138	2,194	2,250	2,307
Jatimlerek - Bunder	604	621	637	654		

新規かんがい計画地区	割引率 (%)						
	6	8	10	12	14	16	18
Lodoyo - Tulungagung				13,382	14,002	14,645	15,311
Pace - Nganjuk			9,445	9,917	10,408	10,918	
Blitar - Kediri	24,815	26,194	27,640	29,154			

付表5-2 かんがい施設維持管理費現在価値合計

(単位: 10³ US\$)

かんがい復旧計画地区	割引率 (%)					
	24	26	28	30	32	34
Warujayeng - Kertosono		1,027	933	964	940	
Turi - Tunggorono			707	687	670	655
Jatimlerek - Bunder	150	144	139	135		

新規かんがい計画地区	割引率 (%)						
	6	8	10	12	14	16	18
Lodoyo - Tulungagung				1,646	1,478	1,352	1,255
Pace - Nganjuk			1,513	1,326	1,191	1,089	
Blitar - Kediri	6,525	5,344	4,574	4,045			

一方各農業開発計画地区におけるかんがい施設の年間維持管理費は下記のように算定された。

計画地区名	(単位: 10 ³ US\$)	
	年間維持管理費	
Warujayeng - Kertosono	1	46
Turi-Tunggorono	1	06
Jatimlerek-Bunder	2	1
Lodoyo-Tulungagung	1	49
Pace - Nganjuk	1	20
Blitar - Kediri	3	40

この維持管理費も償却期間 50 年間について建設費と同様 4 つの割引率のケースについて算定基準年における現在価値換算を行った。その結果は付表 5-2 に示されている。これら建設費及び維持管理費の現在価値合計は付表 5-3 に示した通りである。

5-1-2 便 益

計画の実施によって得られる純農家収入の増加分を農業開発計画の便益とし、この増分は計画地区の計画実施前後の純農家収入の差額とした。

年間便益は計画実施後 5 年間は徐々に上昇し、以後目標の計画便益に達するものとして算定されている。この目標到達年における年間便益は下記のように算定した。

計画地区名	(単位: 10 ³ US\$)	
	年間便益	
Warujayeng-Kertosono	かんがい復旧	1,977
Turi-Tunggorono	"	1,346
Jatimlerek-Bunder	"	287
Lodoyo-Tulungagung	新規かんがい	2,903
Pace-Nganjuk	"	1,635
Blitar-Kediri	"	3,357

これらの農業開発計画による 50 年の償却期間の便益も、建設費と同様 4 つの割引率について基準年に現在価値換算された。付表 5-4 にその結果が示されている。

付表5-3 各農業開発計画地区における建設費現在価値合計

(単位: 10⁵ US\$)

	割 引 率 (%)					
	24	26	28	30	32	34
かんがい復旧計画地区						
Warujayeng-Kertosono		3,525	3,618	3,712	3,808	
建設費						
維持管理費		1,027	993	964	940	
合計		4,552	4,611	4,676	4,748	
Turi-Tunggoro			2,138	2,194	2,250	2,307
建設費						
維持管理費			707	687	670	655
合計			2,845	2,881	2,920	2,962
Jatimirek-Bunder		604	621	637	654	
建設費						
維持管理費		150	144	139	135	
合計		654	765	776	789	
新規かんがい計画地区						
Lodoyo-Tulungagung						
建設費				13,382	14,002	14,645
維持管理費				1,646	1,478	1,352
合計				15,028	15,480	15,997
Pace-Nganjuk			9,445	9,917	10,408	10,918
建設費						
維持管理費			513	1,326	1,191	1,089
合計			10,958	11,243	11,599	12,007
Blitar-Kediri		24,815	25,194	27,640	29,154	
建設費						
維持管理費		6,525	5,344	4,574	4,045	
合計		31,340	31,538	32,214	33,199	

付表5-4 農業開発計画地区における便益現在価値合計

	(単位: 10 ³ US\$)					
	割		引		率 (%)	
かんがい復旧計画地区	24	26	28	30	32	34
Warujayeng - Kertosono		5,519	5,032	4,615	4,255	
Turi - Tunggorono			3,357	3,075	2,831	2,618
Jatimlerek - Bunder	886	802	732	671		

	率 (%)					
	割		引		率 (%)	
新規かんがい計画地区	6	8	10	12	14	16
Lodoyo - Tulungagung				21,530	18,211	15,716
Pace - Nganjuk			14,289	11,720	9,863	8,471
Blitar - Kediri	47,701	36,038	28,424	23,178		

付表5-5 中流域河川改修第1期計画建設費

作業事項	単価	工事量	工事額 (US\$)
1. 準備工事		L.S.	100,000
2. 浚渫			
本流	0.5 \$/m ³	7,000,000 m ³	3,500,000
Konto III	0.5 "	300,000 m ³	150,000
3. 盛立て	0.8 "	6,500,000 m ³	5,200,000
4. 護岸	10 \$/m ²	180,000 m ²	1,800,000
5. 補償費	3,000 \$/ha	200 ha	600,000
6. 建設機材 (減価償却費のみ)			1,120,000
小計			12,470,000
7. 技術費 (小計の5%)			620,000
8. 予備費 (小計の10%)			1,250,000
総計			14,340,000

5-1-3 経済評価

付表5-3及び5-4に示されている建設費の現在価値合計と便益の現在価値合計をもとに各開発計画地区の経済性を内部収益率法により算定すると内部収益率は以下の通りである。

計 画 地 区 名	内部収益率 (%)
Warujayeng - Kertosono かんがい復旧	29.7
Turi - Tunggorono "	31.3
Jatimlerek - Bunder "	26.8
Lodoyo - Tulungagung 新規かんがい	15.7
Pace - Nganjuk "	12.3
Blitar - Kediri "	9.0

上記ブラントス河本流域内の農業開発計画地区に加えて支流域における開発の可能性についても検討した。ブラントス河本川の主な支流のWidas川, Beng川, Ngasinan川沿いにそれぞれ約4,000haのかんがい可能地区がある。これらの開発の可能性について概略経済評価計算を行った結果, 各計画地区の内部収益率は Beng地区 15%, Wides地区 12%, Ng-
asinan地区 5%となった。

5-2 治水計画の経済評価

5-2-1 ブラントス河中流域河川改修工事の経済評価

(1) 建設費

河川改修工事の建設費は付表5-5及び付表5-6に示されているように, 第1期計画では1400万US\$, 又, 全体計画で2,400万US\$に算定されている。

両計画における建設費の建設期間の各年への配分は, 付図5-2の工事計画にしたがって下記のようにもとめられた。

(単位: 10⁴ US\$)

建設年	第1期計画	全体計画	建設年	第1期計画	全体計画
第1年	2,546	2,546	第7年		1,766
第2年	2,431	2,431	第8年		1,661
第3年	3,121	3,121	第9年		1,661
第4年	3,121	3,121	第10年		1,661
第5年	3,121	3,121			
第6年		2,411	合 計	14,340	23,500

付表 5 - 6 中流部河川改修全体計画建設費

作業事項	単 価	工 事 量	工事額 (US\$)
1. 準備工事		L. S.	100,000
2. 浚 渫			
本 流	0.5 \$/m ³	14,600,000m ³	7,300,000
Konto 川	0.5 "	300,000m ³	150,000
3. 盛 立 て	0.8 "	7,200,000m ³	5,760,000
4. 護 岸	10 \$/m ²	450,000m ²	4,500,000
5. 補 償 費	3,000 \$/ha	260 ha	780,000
6. 建設機材 (減価償却費のみ)			1,850,000
小 計			20,440,000
7. 技術費 (小計の 5%)			1,020,000
8. 予備費 (小計の 10%)			2,040,000
総 計			23,500,000

付図 5 - 2 河川改修計画の工事工程表

作業事項	作業量	第1年	第2年	第3年	第4年	第5年	第6年	第7年	第8年	第9年	第10年
1. 準備工事	L. S.	□									
2. 浚 渫	14,900,000 m ³ (7,300,000)	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
3. 盛 立 て	7,200,000 m ³ (6,500,000)	□	□	□	□	□	□				
4. 護 岸	450,000 m ² (180,000)			□	□	□	□	□	□	□	□
		第 1 期					第 2 期				

注：カッコ内の数値は第1期工事計画の作業量を示す。

上記の建設費の各年への配分に基づいて、割引率6, 8, 10, 12%の場合の建設完了時点における現在価値合計は下記の通り算定される。

(単位: 10⁸US\$)

計 画	割 引 率 (%)			
	6	8	10	12
第1期計画	17,008	17,988	19,024	20,107
全体計画	33,825	38,204	43,157	48,744

河道の年間維持費は総工事費の1%と仮定すると第1期計画では143,000US\$, 全体計画で235,000US\$となる。50年の償却期間中の維持費を6, 8, 10, 12%の割引率のもとに基準年に現在価値換算すると下記のような結果となる。

(単位: 10⁸ US\$)

計 画	割 引 率 (%)			
	6	8	10	12
第1期計画	2,254	1,749	1,418	1,188
全体計画	3,704	2,875	2,330	1,952

建設費と維持管理費を合わせた総工事費の現在価値合計は下記の如くなる。

(単位: 10⁸US\$)

	割 引 率 (%)			
	6	8	10	12
第1期計画				
建設費現在価値合計	17,008	17,988	19,024	20,107
維持管理費現在価値合計	2,254	1,749	1,418	1,188
合 計	19,262	19,737	20,442	21,295
全体計画				
建設費現在価値合計	33,825	38,204	43,157	48,744
維持管理費現在価値合計	3,704	2,875	2,330	1,952
合 計	37,529	41,079	45,487	50,696

(2) 便 益

河川改修工事による便益は計画実施前後の洪水被害額の差額とした。

Ngrowo川合流点より下流のプランタス河の河道は、第1期計画では10年確率洪水に対して安全であるように設計されており、全体計画では50年確率洪水に対して安全であるように設計されている。もし計画洪水よりも大きな洪水が発生すれば堤防は洪水流の越流によっ

て破壊されると考えて、この堤防破壊による被害の大きさは、堤防がない場合に生ずるはらんと同じものと仮定した。したがって堤防がない場合において計画洪水量と同じかそれ以下の規模の洪水によって生ずる洪水被害額が計画の実施によって救われるものとし、これを計画の便益とした。

算定された第1期計画での便益は年間1,683,000US\$相当額であり、全体計画では年間3,811,000US\$相当額である。償却期間50年における計画の便益を6, 8, 10, 12%の4つの割引率について算定基準年に現在価値換算すると下記ようになる。この場合全体計画は第1期計画にひきつづいて行なわれるものとして計画されているので、全体計画では建設開始後5年目から第1期工事による便益が生じて、これが全体計画の便益に加えられている。

計 画	割 引 率 (%)			
	6	8	10	12
第1期計画	26,526	20,587	16,686	13,977
全体計画	69,562	56,499	48,064	42,346

(単位: 10⁸US\$)

(3) 経済評価

上記の現在価値換算された建設費と便益から求められた第1期計画の内部収益率は8.2%、全体計画のそれは10.4%となる。

5-2-2 Ngrowo 川沿岸地区の集水路計画の経済評価

(1) 建設費

集水路計画の建設費は付表5-7に示されるように約200万US\$と算定されている。

この建設費は、付図5-3に示される工事計画にしたがって建設期間中に配分すると下記のようなになる。

建設年	年建設費支出額
第1年	489
第2年	525
第3年	503
第4年	477
合 計	1,994

上記の配分にしたがって建設費を4, 6, 8, 10%の割引率について建設完了時点で現価計上すると下記のようなになる。

付表5-7 集水路建設額

作業事項	単価	工事量	工事額 (US\$)
1. 準備工事		L.S.	20,000
2. 掘削	0.7\$/m ³	1,769,000 m ³	1,238,000
3. 盛立て	0.8\$/m ³	106,000 m ³	85,000
4. 取水堰		21,400\$/nos. × 3 nos.	64,000
5. 補償費	1,500\$/ha	132.6 ha	199,000
6. 建設機材 (減価償却費のみ)			128,000
小計			1,734,000
7. 技術費 (小計の5%)			87,000
8. 予備費 (小計の10%)			173,000
総計			1,994,000

付図5-3 集水路工事工程表

作業事項	工事量	第1年	第2年	第3年	第4年
1. 準備工事		□			
2. 掘削	1,769,000 m ³	□	□	□	□
3. 盛立て	106,000 m ³		□	□	□
4. 取水堰			□	□	□

	割引率 (%) (単位: 10 ⁸ US\$)			
	4	6	8	10
建設費現在価値合計	2,203	2,313	2,428	2,549

集水路の年間維持費は、総建設費の1%に相当するものと仮定すると、20,000US\$になり、償却期間50年におけるそれを4, 6, 8, 10%の割引率で算定基準年に現在価値換算すると下記の通りである。

	割引率 (%) (単位: 10 ⁸ US\$)			
	4	6	8	10
維持管理費現在価値合計	430	315	245	198

上記の建設費と維持費を合計した現在価値合計は下記の通りである。

	割引率 (%) (単位: 10 ⁸ US\$)			
	4	6	8	10
建設費現在価値合計	2,203	2,313	2,428	2,549
維持管理費現在価値合計	430	315	245	198
合計	2,633	2,628	2,673	2,747

(2) 便 益

集水路の建設によって防御される地域はTulungagung市の対岸のNgrowo川左岸地区のうちSong川とKlantur川の下流部一帯のNgrowo川沿いの7kmほどの低地とみなした。この防御地区より下流沿岸地区も集水路によって効果をうけるが、この地区はブランタス河の洪水による被害が支配的であるのでこの集水路建設による便益からは除外した。

集水路建設による便益は、上記の防御地区における計画の実施前後の洪水被害額の差額とみなした。

算定された計画実施前の年平均被害額は180,700US\$で一方、計画実施後の年平均被害額は33,700US\$である。従ってこの差額147,000US\$相当分が集水路建設による年平均便益となる。

償却期間50年における上記年平均便益を4, 6, 8, 10%の割引率について算定基準年に現在価値換算すると下記の通りである。

(単位: 10⁸ US\$)

	割引率 (%)			
	4	6	8	10
便益現在価値合計	3,158	2,317	1,798	1,458

(3) 経済評価

上記の現在価値換算された建設費と便益から集水路計画の内部収益率を求めた結果、5.1%が求められた。

5-3 Wlingi 多目的計画の経済評価

5-3-1 建設費

Wlingi 多目的計画の建設費は付表5-8に示されるように1,700万US\$と見積られている。建設期間中の建設費の配分は付図5-4に示される工事計画をもとに下記のように計画された。

(単位: 10⁸ US\$)

建設年	年間建設費支出額
第1年	1,764
第2年	3,965
第3年	6,717
第4年	4,146
合計	16,592

割引率8, 10, 12, 14%の場合について、上記のように配分された建設費を建設完了時点に現在価値換算すると下記ようになる。

(単位: 10⁸ US\$)

	割引率 (%)			
	8	10	12	14
建設費現在価値合計	19,705	20,548	21,415	22,313

Wlingi ダム及び発電所の年間維持管理費は84,200US\$相当と見積られており、償却期間50年におけるそれを8, 10, 12, 14%の割引率について算定基準年に現在価値換算すると以下ようになる。

(単位: 10⁸ US\$)

	割引率 (%)			
	8	10	12	14
維持管理費現在価値合計	1,028	833	698	599

付表5-8 Wlingi 多目的計画建設費(単位: 10³ US\$)

I. 準備工事	1,720
1. 宿舎, 事務所及び取付道路	720
2. 補償費	1,000
II. 建設工事	9,541
1. 締切及び仮排水路を含むダム工事	2,470
2. 排砂路を含む余水吐	1,461
3. 発電用取水路及び水圧管	677
4. 発電所	530
5. 放水路	548
6. 屋外変電所	35
7. 発電機器 (27MW × 1基)	2,900
8. 送電線 (154kV, Wlingi, K'Kates 間 25km)	700
9. かんがい取水路	220
III. 建設機材	1,440
小計	12,701
IV. 技術費用及び管理費	1,732
V. 予備費	2,159
総計	16,592

Works	建設年次											
	第1年			第2年			第3年			第4年		
	A	M	J	A	M	J	A	M	J	A	M	J
I 準備工事												
1. 事務所, 宿舍, 工事用道路, その他												
2. 用地買収												
II 本工事												
1. ダム本体(仮排水路, 仮締切工を含む)												
2. 余水吐及び排砂門												
3. 取水工及び鉄管路												
4. 発電所建屋												
5. 放水路												
6. 屋外変電所												
7. 発電機 (27MW×1Unit)												
8. 送電線 (154KV, 25Km)												
9. かんがい用取水工及び水路												

付図 5-4 Wilingi 多目的計画の工事工程表

したがって、上記の Wlingi 多目的ダムの建設費及び維持管理費の合計現在価値合計は次の様になる。

(単位: 10⁸ US\$)

	償 却 率 (%)			
	8	10	12	14
建設費現在価値合計	19,705	20,548	21,415	22,313
維持管理費現在価値合計	1,028	833	698	599
合 計	20,733	21,381	22,113	22,912

5-3-2 便 益

Wlingi 多目的計画はいくつかの機能、すなわち発電、Lodoyo-Tulungagung 地区へのかんがい用水補給、Karangkates 発電所でのピーク発電に対する逆調整池としての機能及び下流域への治水及び砂防等の機能をもつよう計画されている。これらの各々の目的から生じる便益は次の如くである。

(1) 発電による便益

Wlingi 発電所による保障尖頭出力及び年間発生電力量は、それぞれ 27,000KW および 17,710KWh と見積られており、発電による便益はこのKW による便益とKWh による便益の2つの合計として計算されている。単位あたりのKW 価値及びKWh 価値の見積りには、代替設備として50,000KW 2基の火力発電所を想定した。この火力発電所の建設単価を210 US\$/KW、その償却年限を20年として、8, 10, 12, 14%の割引率について単位あたりのKW 価値を下記のように算出した。この算定に使用された諸基準は1972年にインドネシア政府に提出された“Study Report on Long-Range Power Development Program in East Java”において使用されている基準を採用した。

(単位: US\$/KW)

	割 引 率 (%)			
	8	10	12	14
KW 価値	36.4	42.0	48.0	53.6

単位あたりのKWh 価値は、代替施設として50,000KW 2基の火力発電所における値0.0047 US\$/KWh をとり、燃料費として0.01565US\$/ℓを採用した。

上記の単位あたりのKW 価値及びKWh 価値を基にした割引率8, 10, 12, 14%における年平均発電便益は下記のようになる。

(単位: 10⁸ US\$)

	割 引 率 (%)			
	8	10	12	14
年間発電便益	1,758	1,907	2,067	2,216

この年平均便益を50年の償却期間について現在価値換算すると下記のようなになる

(単位:10⁶US\$)

	割引率 (%)			
	8	10	12	14
発電便益現在価値合計	21,506	18,908	17,166	15,807

(2) 逆調整池及びかんがい用水補給機能に対する便益

Kalikonto 系統内の電力需要が夜間ピーク型から昼間ピーク型へ移動すれば、Karangkates 発電所はピーク発電所として運転する事になるがこの場合ピーク発電によって生じる流量変化を調節するための逆調整池が Karangkates ダムの下流部に必要となろう。

もし Wlingi ダムが建設されなければ、その逆調整池の役割をうけもつものとして、Kesamben 地点に堰の建設が必要となる。この場合 Kesamben ダムは Karangkates 発電所の附属施設となろう。もし Wlingi ダムが建設されれば、逆調整池の役割は Wlingi ダムが代って果たすことになろう。

したがって、Wlingi 多目的計画における逆調整池としての便益は、代替案の建設費、すなわち Kesamben 逆調整池の建設費に等しいと見なすことができる。

Kesamben の逆調整池の建設費は約 330 万 US\$ であり、建設期間は3年である。この建設費を上記の3年に分配して、8、10、12、14%の割引率について算定基準年に現在価値換算すると以下のようなになる。

(単位:10⁸US\$)

	割引率 (%)			
	8	10	12	14
建設費現在価値合計	3,915	4,080	4,249	4,424

この現在価値換算された建設費を逆調整池の機能による便益とみなす。

かんがい用水補給による便益は同様に代替施設の建設費に等しいものとみなしている。もし Wlingi ダムが建設されなければ Lodoyo-Tulungagung 地区へのかんがい用水補給は、Jajar 地点に取水堰を建設しブランタス河から取水して、Jajar から Wlingi 地点までの 4.5 km の長さの水路を建設することになろう。

このかんがい施設の建設に必要な工事費は約 327 万 US\$ に相当し、建設期間は2ヶ年を要する。上記の工事費を2年間に分配して、割引率 8、10、12、14%について、基準年に現在価値換算すると下記のようなになる。

(単位:10⁸US\$)

	割引率 (%)			
	8	10	12	14
建設費現在価値合計	3,664	3,741	3,837	3,937

この現在価値換算された建設費をかんがい用水補給機能による便益とみなす。

(3) 治水及び砂防による便益

Wlingiダム地点からKediri水位観測所までの70kmのブランタス河河道区間の1970年以後の河床上昇を次の3つの場合について予測した。

- 1) ケース1： Putih川及びSemut川から流下してくる土砂が lahar pocket で柵止されないでそのままブランタス河に流入する場合。
- 2) ケース2： 流入土砂は、Putih及びSemutの lahar pocket で柵止されるが、Wlingi貯水池での効果はないものとした場合。
- 3) ケース3： Putih及びSemutでの流入土砂の柵止に加えて、Wlingi貯水池での柵止効果も考慮した場合。

河床が上昇すれば河道の通水容量が減少するから、将来にわたって現状の河道通水容量を確保するためには堤防の嵩上げが必要となる。

Wlingi貯水池での流砂柵止効果によって、下流部の河床上昇がある程度おさえられるので、その結果として、堤防の嵩上げ費が節約される。したがって、ケース2とケース3のそれぞれの場合に必要な堤防嵩上げ費の差額をWlingi計画における砂防効果の便益とみなすことにする。一方、Wlingi貯水池による洪水調節による効果は多少は期待はできるが、500年確率洪水の場合でも、Kediri市での洪水ピークの減少効果はわずかに40 m³/secにすぎないので、便益計算ではこの効果は考慮されていない。

ブランタス河の河道の上昇量の予測値に基づいて、河道上昇に対応する堤防の嵩上げに必要な築堤土量を、1987、1997、2007、2017及び2027年について計算し、ケース2とケース3の場合の築堤土量の差額をもとめた。築堤に必要な単価は1 US\$ / m³とし、各年の嵩上げ費を算出して、これを割引率8、10、12及び14%の場合について1977年に現在価値換算した。その結果は以下に示されるようである。

(単位：10⁸ US\$)

	割引率 (%)			
	8	10	12	14
建設費現在価値合計	205	167	143	128

この現在価値換算された建設費をWlingiダムによる治水及び砂防効果による便益とみなした。

(4) 便益の総計

以上でもとめられた現価計上された発電、逆調整池効果、かんがい用水補給、及び治水及び砂防効果による便益合計は下記のようなになる。

目 的	割 引 率 (%)			
	8	10	12	14
発 電	21,506	18,908	17,166	15,807
逆 調 整 池	3,915	4,080	4,249	4,424
か ん が い	3,664	3,741	3,837	3,937
治 水 及 び 砂 防	205	167	143	128
合 計	29,290	26,896	25,395	24,296

5-3-3 経済評価

上述の現在価値換算された建設費と便益によって求められたWilingi多目的計画の内部収益率は15.5%となる。

一方、各目的別の経済的妥当性を知るため、Wilingi多目的計画の建設費を分離費用残余身替り妥当支出法によって、割引率12%の場合について、各目的へ振り分けた。ただし、計算の簡便のため建設期間中の利子は考慮していない。費用振り分けの計算の結果は付表5-9に示されている。この振り分けられた費用と各目的によって生ずる便益から、各目的の費用/便益比が下記のように算出された。

目 的	費用/便益比
発 電	1.16
逆 調 整 池	1.46
か ん が い	1.40
治 水 及 び 砂 防	1.52
全 体	1.24

この結果によれば、Wilingi多目的計画は個々の目的についても経済的に妥当であるといえる。

5-4 開発計画の着工順位の決定

ブラントス河流域内の各開発計画の着工順位は経済効果の面からばかりでなく社会的な条件やその他関連ある諸条件をも考慮して検討した。

この流域内で挙げられている諸計画を便宜上2つのグループ、即ち、農業開発計画のグループと洪水調節及び発電計画のグループに大別し、まず各々のグループ内で着工順位を検討し、つぎに、その各々のグループ内での着工順位の検討結果及び各開発計画間の相互の関連性や流域全体にかかわる諸条件を参考として、全体の開発計画の最終的な着工順位を決定し

付表 5-9 Wlingi 計画の費用配分及び 費用/便益比

(単位: 10⁸ US\$)

項	目	発 電	逆調整池	かんがい	治水及び 砂 防	合 計
1.	配分される建設費					16,592
2.	身替り建設費	16,592	3,300	3,270	8,500	
3.	便益(現在価値合計)	13,816	3,300	3,270	120	20,506
4.	妥当投資額(2.3どちらか小さい方)	13,816	3,300	3,270	120	20,506
5.	分離費目	7,789	0	290	0	8,079
6.	残余便益:(4)-(5)	6,027	3,300	2,980	120	12,427
7.	残余便益の比	48.5	26.6	24.0	0.9	100
8.	残余共同費	4,129	2,264	2,043	77	8,513
9.	合計負担額:(5)+(8)	11,918	2,264	2,333	77	16,592
10.	建設中の利子(0.192)	2,288	435	448	15	3,186
11.	合計費用:(9)+(10)	14,206	2,699	2,781	92	19,778
12.	費用/便益比:(4)/(9)	1.16	1.46	1.40	1.52	1.24

た。

5-4-1 農業開発計画の着工順位の決定

(1) 経済的条件

各々の農業開発計画の経済的妥当性は、前節において内部収益率法を用いて検討されている。

各計画の内部収益率は以下のとおりである。

農業開発計画地区	内部収益率(%)	順位
Jatimlerek-Bunder かんがい復旧	26.8	3
Warujayeng-Kertosono "	29.7	2
Turi-Tunggorono "	31.3	1
Lodoyo-Tulungagung 新規かんがい	15.7	4
Pace-Nganjuk "	12.3	5
Blitar-Kediri "	9.0	6

上表によれば、かんがい復旧計画地区は新規かんがい計画地区にくらべてかなり経済効率がよく、又新規かんがい計画地区の中ではLodoyo-Tulungagung地区農業開発計画が最も経済効率がよい。

(2) 社会的及びその他の条件

開発計画の優先度は、単に経済面のみならず社会的条件及びその他関連ある諸条件を考慮して決定されるべきである。

ここでは次のような社会的及びその他の条件を考慮した。

(i) 地域的な所得の不均衡

(ii) 建設費の総額

下表は各農業開発計画の計画地区内の代表的な農家における年間総収入を示しており、これは1972年に行なわれた各計画地区における農家経済調査の結果に基づいて算出したものである。

(単位：Rp/農家)

計 画 地 区	年間総収入	計 画 地 区	年間総収入
Jatimlerek - Bunder かんがい復旧計画	59,000	Lodoyo-Tulungagung 新規かんがい計画	20,000
Warujayeng - Kertosono "	54,000	Pace - Nganjuk "	33,000
Turi - Tunggorono "	52,000	Blitar - Kediri "	42,000

この表によれば、かんがい復旧計画地区の年間総収入は一般的に新規かんがい計画地区にくらべてかなり高いといえる。又、新規かんがい計画地区の中で、Lodoyo - Tulungagung 地区の年間総収入はきわめて低いことがわかる。このような社会的不安定の原因となりやすい所得の地域格差を解消するためには、新規かんがい計画地区、特にLodoyo-Tulungagung 地区農業開発計画の実現が意義あるものと考えられる。

一方、開発計画の実現のためには、建設資金の調達度が大きな問題である。この建設資金の調達度は、建設資金が小さいほど、特にそのうちの外貨分が小さいほど容易である。各農業開発計画の建設費とそのうちの外貨分は以下のとおりである。

(単位: 10⁸ US\$)

計画地区名	建設費	内貨分	外貨分
Jatimlerek-Bunder かんがい復旧	426	243	183
Warujayeng-Kertosono "	2,300	1,600	700
Turi-Tunggorono "	1,350	820	530
Lodoyo-Tulungagung 新規かんがい	10,100	6,540	3,560
Pace-Mganjuk "	7,340	4,290	3,050
Blitar-Kediri "	21,050	12,050	9,000

上表より明らかなように、建設費及びそのうちの外貨分はともに新規かんがい計画地区よりかんがい復旧計画地区はるかに小さい。すなわち、かんがい復旧計画は、多少の外貨援助があればインドネシア政府自身の資金で十分実現可能であると思われる。一方、新規かんがい計画実現のためには国際金融機関による資金調達をうける事が不可欠であろうと思われる。

(3) 農業開発計画の着工順位の決定

経済面から評価すればかんがい復旧計画地区は新規かんがい計画地区よりも内部収益率がはるかに高く、優れているといえよう。一方、地区内の所得の低水準で表現される開発計画の必要性は新規かんがい計画地区において特に強く要求されている。この2つの面を比較してみると、国家的見地から判断して、後者の方がより重要であると考えられる。

したがって開発計画の早期実現の優先度は新規かんがい計画地区におかれるべきであろう。

さらに、かんがい復旧計画地区の建設費は新規かんがい計画地区のそれよりかなり小さく、又、その外貨分も小さいため、かんがい復旧計画地区は多少の外貨援助を受ければインドネシア政府自身の資金によって容易に実現できると考えられる。この開発計画の着工順位の決定の目的は国際金融機関から融資をうける計画を選定することに主眼がおかれていると考えられるから、かんがい復旧計画地区を流域内で着工順位をつけるべき計画として取上げる必要はないと思われる。したがって以下の着工順位の検討からかんがい復旧計画地区は除外し

た。

新規かんがい計画地区の中では経済的面からみると、Lodoyo-Tulungagung 計画が最も効果的であり、次に Pace-Nganjuk 計画、Blitar-Kediri 計画の順となる。一方、開発計画の必要性からみてもこれと同じ順位となっている。したがって各農業開発計画の着工順位は下記のように決定された。

計画地区名	着工優先順位
Lodoyo - Tulungagung	1
Pace - Nganjuk	2
Blitar - Kediri	3

Wlingi 多目的計画はかんがい水補給効果による便益にみあう建設費を Lodoyo-Tulungagung 地区農業開発計画が分担する計画となっているが、今回行なわれた Lodoyo-Tulungagung 地区農業開発計画の経済計算における建設費には上記分担金を含んでいない。しかしこの分担金を加えて経済評価を行なったとしても Lodoyo-Tulungagung 地区農業開発計画の内部収益率は前記三地区中最高である。

かんがい復旧計画地区は着工順位を検討する計画から除かれているが、これらの農業開発計画は経済効率も高く、これが実現されれば国家経済の改善にも大きく貢献すると推察される故、インドネシア政府自身の手でできるだけ早期に実現されることが望まれる。

5-4-2 洪水調節及び発電計画の着工順位の決定

(1) 経済的条件

流域内の洪水調節及び発電計画の経済的妥当性は前節において内部収益率法を用いて検討されており、下表に、各計画の内部収益率が示されている。

開発計画	内部収益率 (%)	順位
1. 中流域河川改修 第1期計画	8.2	2
全体計画	10.4	
2. Ngrowo 川沿岸地区治水計画	5.1	3
3. Wlingi 多目的計画	15.5	1

上表によれば、このグループ内では Wlingi 多目的計画が最も経済効果に優れており、その内部収益率は 15.5% となっている。

(2) 社会的及びその条件

開発計画の優先度の決定にあたっては経済的條件の他に以下のような社会的あるいはその他の関連性ある諸条件を考慮した。

(I) 地域的な所得の不均衡の是正

(II) 開発計画の実施の最適時期。

(III) 現行の開発工事で使用されている熟練工や機械類の有効利用。

1) 地域的な所得の不均衡の是正

現在ブランタス河の上流域では、Karangkates 多目的計画が実施されており、又下流域では Porong 川の改修計画及びブランタスデルタかんがい復旧計画が実施されている。しかし、中流域ではいまだ大きな開発計画は実施されていない。流域全体に均衡のとれた開発を進めていくためには、中流域において適当な開発計画をとりあげる必要がある。中流域における計画としては、ブランタス河中流部の河川改修計画、Ngrowo 川及びWidas 川沿岸地区の治水計画及びWlingi 多目的計画などがあげられる。

しかしながら、インドネシア政府は、ブランタス河流域内で最も所得水準の低い Lodoyo-Tulungagung 地区の所得格差を是正するため、この地区の農業開発計画の促進に非常に力を注いでおり、すでにインドネシア政府自身の手で、その水路系統の一部の建設が実施されている。また、インドネシア政府によって計画されているWlingi 多目的計画では、この Lodoyo-Tulungagung 地区へかんがい用水を供給することがその目的の一つとされている。

上記のような状況から判断して、Wlingi 多目的計画をまず実施することが適当であると考えられる。

2) 開発計画実施の最適時期

Wlingi 多目的計画の便益は主に発電によってもたらされ、Kalikonto 送電系統の電力需要の予測によれば、1978年には新たな発電施設が必要とされるので、Wlingi 多目的計画の早期実現が望まれる。一方、治水計画における経済評価の結果によれば、治水計画の内部収益率はWlingi 多目的計画より低くなっている。したがって上記2計画案の実施時期はWlingi 多目的計画に優先度が与えられる。しかし、通水能力が著るしく低下しているブランタス河、特に Kediri 市附近の現況を考慮するとブランタス河中流域における治水計画はブランタス河の治水計画の一環として早急に着手することが望ましい。

3) 現行の開発工事で使われている熟練工及び機械類の有効利用

Karangkates ダムの建設はすでに完了しており、このKarangkates ダム建設で用いられた熟練工や機械類はLahor 川につくられるLahor ダムの建設に転用されるよう計画されている。Lahor ダムの建設が完了し、それに続く適当な計画が実施されなければ、これらの熟練工や機械類はそのまま放置されるか、分散させられてしまうであろう。これらの熟練工

や機械類を有効に利用するためには、Lahorダムに続くダム計画の実施が望まれる。

上記のダム計画の他に、Porong川の改修計画が1970年から実施されてきている。もし、Porong川の改修工事に引きつづいてブランタス河中流域の改修計画が実施されれば、Porong川の工事で訓練された熟練工や使用された機械類が容易に転用できよう。

Lahorダムの計画工事期間(1972～1975年)とPorong川改修工事の計画工事期間(1970～1978年)を考慮すると、まずWlingi多目的計画、ついでブランタス河中流域河川改修計画の実施を進めていくことが望ましい。

(3) 洪水調節及び発電計画の着工順位の決定

上記で述べた如き経済的側面及び社会的あるいはその他の諸条件を考慮して決定した、洪水調節及び発電計画の着工順位は以下のようになる。

開 発 計 画	着工順位
Wlingi 多目的計画	1
中流域河川改修計画	2
Ngrowo 川沿岸地区治水計画	3

5-4-3 ブラントス河流域内における開発計画の着工順位

農業開発計画のグループ内では、Lodoyo-Tulungagung 地区農業開発の優先度が一番であり、洪水調節及び発電計画のグループ内では、Wlingi 多目的計画の優先度が一番高い。

Lodoyo-Tulungagung 地区農業開発計画では、そのかんがい用水をWlingi貯水池から取水するように計画されているのでWlingi 多目的計画及びLodoyo-Tulungagung地区農業開発計画における便益をできるだけ早く完全に達成させるためには、両計画を平行して実施していくことが望ましい。

ブラントス河中流域の開発計画ではPace-Nganjuk 地区農業開発計画の優先度が高い。さらに、Jatimurelek-Bunder, Warujayeng-Kertosono 及びTuri-Tunggorono地区農業開発計画は、経済効果が高く、早期の実現が望まれる。しかしながら、これらの農業開発地区への用水供給を達成させると共に、これらの農業開発計画の実施に先だって、河川改修計画、特にKediri市附近の如く、洪水に対し危険度の高い地区の河道より改修を進めることが望ましい。

Blitar-Kediri 地区農業開発計画は、下流域のかんがい地区における水路の改良あるいは、地下水利用などによって、ブラントス本川からの取水量が節減することができるようになる将来の時点に開発すべきものと考えられる。

以上のような諸条件から判断して、ブラントス河流域内における開発計画実施のための着

工順位は次のように決定された。

開 発 計 画	着 工 順 位
Wlingi 多目的計画	} 1
Lodoyo- Tulungagung 農業開発計画	
中流域河川改修計画	2
Pace - Nganjuk 農業開発計画	3
Ngrowo 川沿岸地区治水計画	4
Blitar - Kediri 農業開発計画	5

上記開発計画に加えてプランタス河流域内にある3大支川、即ち、Widas川沿岸地区、Beng地区、Ngasinan川沿岸地区の農業開発計画の経済評価を内部収益率法で行った。その結果、上記各計画地区の内部収益率は12～15%と高い。しかし、この内部収益率の計算過程において種々の不確定要素があり、前記各開発計画とこの3大支川における農業開発計画を同列で論じるためにはダム地点の代案、便益の算定等の調査が必要であると思われる。

LI