

インドネシア共和国

ブラントス河流域水資源開発調査

要約報告書

昭和47年7月

海外技術協力事業団

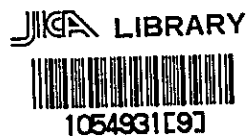
正 誤 表

頁	誤	正
＊はしがき＊上から9行目	方 斜	方 針
1頁下から13行目	開 括	開 拓
2頁下から10行目	再 経 討	再 検 討
3頁下から9行目	止土砂量	圻止土砂量
7頁下から2行目	不 可 決	不 可 欠
12頁下から14行目	Ccontrol	Control
14頁下から9行目	Advisery	Advisory
” ” 8 ”	Advise	Advice
” ” 5 ”	”	”
” 最下行	係 官	係 官 庁
15頁上から6行目	Chier	Chief
” 下から10 ”	fos	for
” ” 9 ”	Chier	Chief
” ” 8 ”	Roedjitro	Roedjito
16頁上から8 ”	Kebit 山	Kelut 山
” ” 9 ”	区 分 し	2 分 し
” ” 10 ”	Pckel	Pakel
” 下から12 ”	lgniaus rack	lgneous rock
” ” 9 ”	Voleanic	Volcanic
17頁下から14 ”	30000~40000mm	3,000~4,000mm
19頁上から6 ”	Karangbetes pswer	Karangkates power
” ” 7 ”	Socleredjo	Soeloredjo
” 下から12 ”	mejor	major
” ” 11 ”	Alluvials	Alluvials,
” ” 9 ”	Allurials	Alluvials
20頁上から3 ”	甘蔗耕作地	甘蔗耕作地
” ” 9 ”	”	”
21頁最上行	取水量 (cm)	取水量 (m <sup>3</sup> )
” 上から9行目	甘蔗耕作面積	甘蔗耕作面積
” ” 15 ”	この市から	この事から
22頁下から13 ”	dry stalk poddy	dry stalk paddy
22頁下から7 ”	インドネシア全体での	ジャワ島全体での
24頁上から4 ”	hydrogrph	hydrograph
27頁上から6 ”	wesh load meterial	wash load material
28頁上から3 ”	Kanlon	Kaulon
” ” 4 ”	流 逆 土 砂	流 送 土 砂
” ” 11 ”	Pokel	Pakel
” 下から13 ”	Technical	Technical
” ” 12 ”	hydrogroph	hydrograph
30頁上から4 ”	Pakel-Wides	Pakel-Widas
31頁 ” 12 ”	固定投下資本	固定投下資本
33頁上から4 ”	Technical	Technical
” 下から9 ”	Neja 地点	Nejama 地点
35頁上から11 ”	Ngasinon	Ngasinan
36頁上から5 ”	Pekendjen	Pakendjen
37頁下から7 ”	Iahar pocket	Lahar pocket
” ” 2 ”	”	”
38頁最上行	”	”
” 上から4行目	2~3 回 の	2~3 回 の
” ” 5 ”	Iahar pocket	Lahar pocket
40頁上から6 ”	Tulungangang	Tulungagung
” 下から4 ”	Aggromeratic toff	Aggromeratic taff

インドネシア共和国

# ブラントス河流域水資源開発調査

要約報告書



昭和47年7月

海外技術協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '84. 5. 2	108
	61.7
登録No. 04178	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、東部ジャワ州プランタス河流域の水資源開発計画策定の基礎となる河川状況および流域内開発の現況の把握のための調査を行うことを決定し、その実施を日本政府は海外技術協力事業団に委託した。

事業団は水資源開発公団常務参与細田和男氏を調査団長に委嘱し、日本工営株式会社より調査団員の参加を求め8名から成る調査団を1971年8月より11月にわたり現地に派遣した。

また事業団は建設省河川課長宮崎明氏を委員長とする6名より成る作業監理委員会を設置し、調査作業の実施方針、資料解析手法、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公共事業者を始め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、ここに本報告書を提出する運びとなつた。

この調査実施に当り積極的な御支援、御協力を賜つたインドネシア政府関係諸機関・日本政府外務省、建設省、農林省および在外公館の各関係者に深く感謝の意を表すると共に、この報告書が今後の流域開発計画策定に役立ち、インドネシア共和国の経済発展と日本、インドネシア両国の友好、親善に寄与することを心から願うものである。

昭和47年7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 付 景 一 殿

この報告書は貴殿からの御要請に従つてインドネシア共和国東部ジャワ州のプランタス河水資源開発計画に必要な基礎調査の結果を取りまとめたものであります。

プランタス河流域はジャワ島内でも有数の穀倉地帯として古くよりその水資源および土地資源が開発されて参りましたが、流域中央部に位置する活火山 Kelut 火山の15年内至30年を周期とする噴火により噴出される多量の土砂により、中流部以下の河床上昇を生じており、近年洪水の危険が増大しております。

また利水面においてはかんがい、水力発電等の開発も漸次行われて来ましたが、流域面積の60%を占める既耕地の中、不完全ながらかんがいされている地域はその半分にも達しておらず、かんがい施設もほとんど戦前に建設されたもので老朽化が甚だしく、かんがい用水の適正な配分、統制も極めて困難であり、特に乾期には水資源の枯渇もあり作付率がいちじるしく低下しております。

一方古くよりジャワ島第二の重要な港湾を擁するスラバヤ市は東部ジャワ州の商工業の中心地として栄え、行政、文化の中心ともなつていますが、近年いちじるしい人口集中により、都市用水の深刻な不足に直面しており、汚濁水排水不良、下水道の不備と相まつて住民の保健、衛生上にも種々の困難な問題を提起しております。

このような状態に対してインドネシア政府も治水、利水の数プロジェクトの実現に努力を払つておりますが、1966年の Kelut 火山の噴火により生じた河状の変化等も考慮に入れて更に総合的な水資源開発計画の樹立が必要とされております。なかんずくその基本である河川流量、高水量の資料を収集し、開発の現況を把握し、資料解析により将来の総合開発計画に考慮すべき諸問題を明らかにすることが緊要であります。本調査団は上記の目的達成

のため事業団のプランタス河流域調査作業監理委員会の指示の下に1971年8月より11月まで現地作業を行い、帰国後収集した資料の解析、研究を行った結果、この程総合開発計画立案に必要な基礎資料と今後の対策の成案を得たので、ここに報告書を提出する次第であります。

なおこの報告書作成途中数回にわたり監理委員会との打合せ会議を開き、具体的な問題について御指導、勧告を受け、成果について御承認を頂きましたことを申し添え、あわせて事業団の御協力に厚く感謝致します。

また現地作業に当りインドネシア政府関係機関並びに関係者より絶大な御協力を頂いたので調査も支障なく円滑に進んだことを御報告申し上げます。

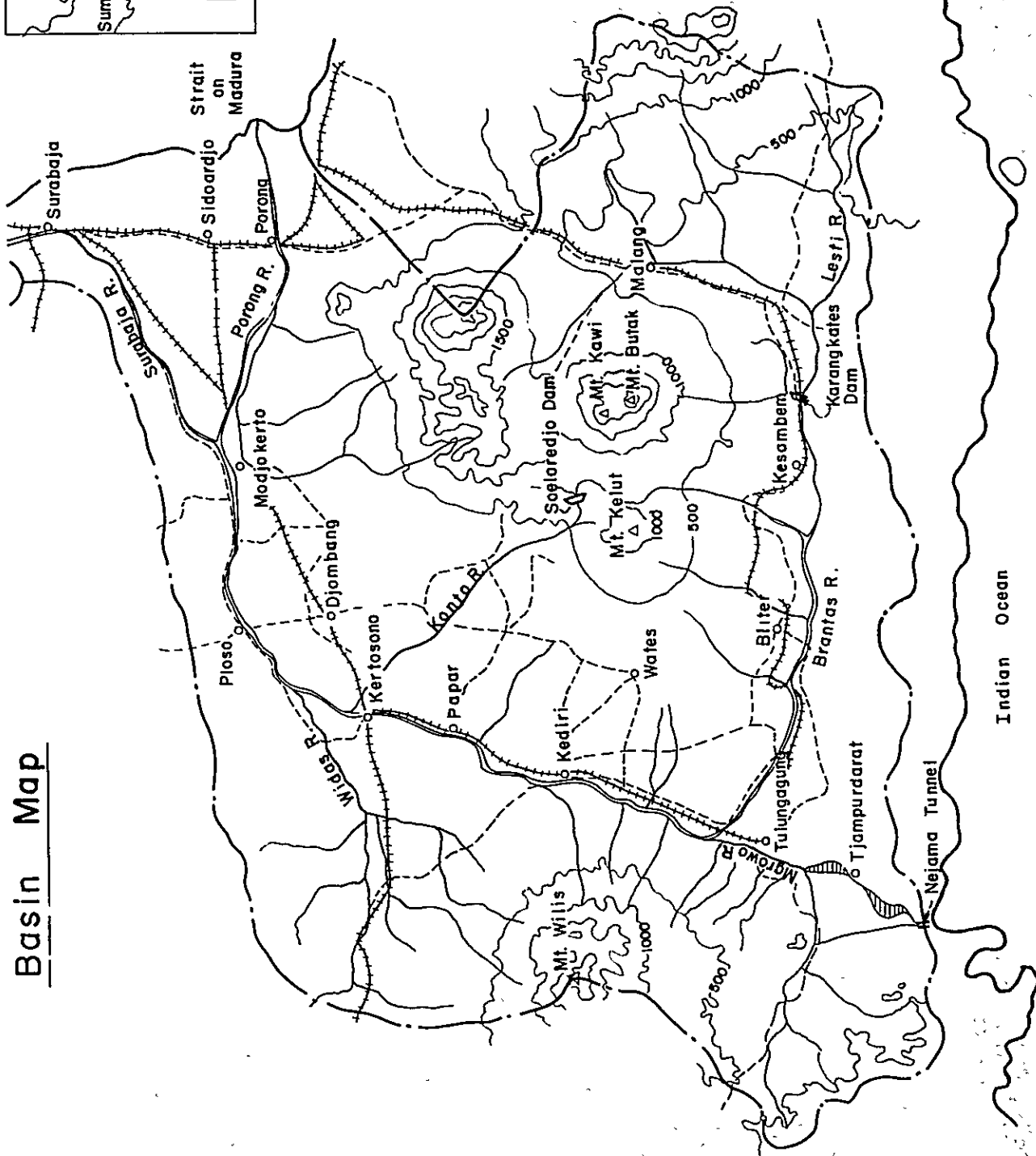
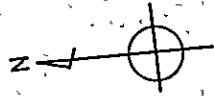
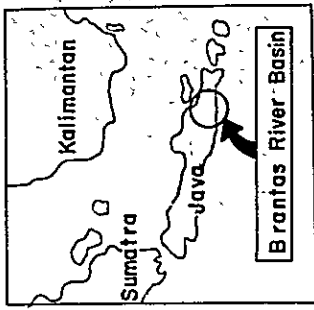
この報告書は上記の如く基礎資料の収集、解析と今後の総合開発計画立案に対する必要な措置を進言しておりますが、これに基き早急に実際の詳細計画立案の段階に進むべきことを望んで止みません。

昭和47年7月

日本工営株式会社

社長 久保田 豊

# Basin Map





# 目 次

	ページ
はしがき	
伝達状	
BASIN MAP	
1 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 高水流量解析及び配分 .....	4
1.5 中流部河川改修全体計画 .....	5
1.6 支流の治水対策計画 .....	5
1.7 利水計画 .....	6
1.8 勧 告 .....	7
2 緒 言 .....	9
2.1 プラントス流域の現況 .....	9
2.2 利用し得る過去の調査, 計画資料 .....	11
2.3 現在までの流域内の緒計画実施状況 .....	11
2.4 調査作業の範囲 .....	12
2.5 調査報告書の構成と内容 .....	13
2.6 調査団の構成及び作業分担内容 .....	13
2.7 謝 辞 .....	14
3 プラントス河流域の一般概要 .....	16
3.1 地形及び地質 .....	16
3.2 気象状況 .....	16
3.3 人 口 .....	17
3.4 電 力 .....	18
3.5 かんがい .....	19
3.6 河川流量 .....	23
3.7 Kelut 山の噴火と河床変動 .....	24

3.8	高水流量	28
4.	開発計画	31
4.1	治水計画	31
4.1.1	中流域河川改修計画	31
4.1.2	Ngrowo川流域の治水計画	34
4.2	砂防計画	37
4.3	ダム計画	38
4.3.1	プランタス河流域におけるダム計画	38
4.3.2	ウリンギダム計画	38

## 1. 要約及び勧告

### 1.1 開発の社会経済的与件と問題点

ブランタス河流域は土地資源、水資源、熱帯性気候等の自然条件に恵まれ、古くより農業地帯として発展して来たが、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つて来た。それは土地、水資源の他、ジャワ第2の港湾設備を有していること、鉄道、道路が相当発達していること、Kalimantan、Sulawesi等の諸島との輸送、通信、交通の中心地に位置していること等の諸立地条件が良好であるからである。

しかし工業従事者は東部ジャワ州全体で見ると全就業人口の8%程度を占めているに過ぎず、これに較べて農業は依然として70%を占めている。ブランタス河流域内では精米を年平均約600,000屯生産しており、これはインドネシア全体の生産量の5%に相当している。また砂糖の年産量は約230,000屯で国全体の約30%を占めている。

流域面積12,000km<sup>2</sup>の中60%に当たる730,000haは既耕地となっており、他は大部分が火山の急傾斜の山腹で土壤の面、地形の面および水利の不便な点より農地には余り適していないのでこれ以上の耕地面積増加は余り望めない。また砂防や土壤保全、水資源かん養の点から見てもこれ以上の農地開括は余り望ましくない。

また流域内の人口密度は平均約850人/km<sup>2</sup>と高く1戸当りの耕地保有は平均約0.7haと小さいので農村にはかなりの余剰労働力があり、将来の人口増加を考慮すればこれ等の労働力を吸収する何等かの産業開発が望ましい。しかしこゝ当分は急速な大規模工業の発達は困難と見られるので、農業の単位収量を増加させて農家経済の安定を計り、含水炭素に偏している栄養改善のため植物油作物の増産に移行し、また将来食糧の自給自足を達した暁きには有利な換金作物や農産加工に利用できる作物への転換を計つて行くことを考慮すべきであろう。

上記の観点から現在の耕地利用状況を検討すると下記の如くである。

730,000haの既耕地の中、水田は321,000haであり、不完全ながらかんがいされている。

しかしこの内ブランタス河本流の水を利用したかんがい面積は僅かに

77,000 ha に過ぎないので、将来各市町村の都市用水、工業用水、河川維持用水等と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。

一方上記の水資源利用のためには、治水の面からの計画をも併せて研究しなければならない。現在中流部以下には本流沿いに堤防があるが、15年内至30年位の周期で爆発するKelut火山により生産される多量の噴火物により河床の上昇を生じ、高水位の上昇を引き起している。1951年の爆発および1966年の爆発によつて近年中流部のKediri市付近では5年内至10年に1回程度の洪水によつても溢水の恐れが高まつている。

また中流部以下で合流している3つの主な支流の内、Ngrowo河・Wid-as河はその合流点附近で冠水または遊水を起している。これ等の問題の解決には砂防、貯水池による洪水調節、堤防のかさ上げや補強、河積断面の増加等の種々の方策の総合的な調査、研究、経済比較が必要である。

上記のような観点から今回の調査は先づブランタス河の本流、支流の流量調査、解析に主眼点を置き、利用し得る水資源の量、時期的変化や、治水対策樹立に必要な高水量の調査、解析を行つた。またこの結果にもとづき考え得る治水計画概念を整理した。

しかし残念ながら18箇所の流量観測所の1951年以降1970年までの記録を検討、解析した結果、一部観測の記録に疑問の点があり、今回の調査、研究のみでは真に実際に合致した治水計画を確定するには至らなかつた。従つて早急に次回に追加調査を行つてこれ等の資料を再検討し治水、利水計画の選定まで進めることを勧告する次第である。

## 1.2 流量調査・解析

今回の調査で入手したブランタス河本流、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中、本流沿いの8地点の測水所の1951～1970年の日流量記録を解析し、不審の部分は一部修正を行つた。主な修正部分はDjombiruとKertosono測水所の1964年以後の記録の中に不合理な誤差があつたので、1951～1963年のDjabon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ものである。

上記の流量に基づき現在工事中のKarangkates貯水池及びSoeloredjo

貯水池による流量調節効果の検討を行つた結果、乾期6箇月間（5月～10月）の平均流量増加量は Karangkates 地点で  $13.5 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、Soeloredjo 地点で  $1.7 \text{ m}^3/\text{sec}$  であると算出された。（1951～1970の平均）

また高水流量については5箇所の時間水位記録に確率論を適用して算出した。この洪水ピーク流量も Karangkates、Soeloredjo 両貯水池の調節後各測水地点でどう変化するかを算出した。その結果については1.4節に述べる。

### 1.3 砂 防

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年内至30年の周期を以て噴火を繰返しその度に約1億内至2億  $\text{m}^3$  に及ぶ噴火物を産出していると推定されている。また噴火口にある火口湖の貯水量が多い時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多大の被害を与える。それに加えて地上に積つた降灰が降雨によつて支流より本流に流入し、1951～1970年間のブランタス河中流部の河床の上昇は平均約1.5mである。河床上昇は爆発後数年間には特に著るしい。Kelut 山は今世紀では1919年、1951年、1966年に夫々噴火したため、中下流部の河床の上昇によつて高水位も上昇し既存堤防では溢水或いは破堤の危険も高まつている。

今回の調査ではブランタス河およびその下流のポロン河沿いの22箇地点の河床断面変化の記録（1951～1970年）を集め、また Kelut 山周辺で現在施工中の debris control project についての 止土砂量の資料も入手した。これに基づき過去の河床変動量、流出土砂量を解析し、その結果より将来の河床変動量の予測および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タス本流中流部以下ではその土砂掃流能力は年平均約  $5 \sim 5.5 \times 10^6 \text{ m}^3$  である。又1951年～1970年の20年間に本流に流入した土砂量は  $128 \times 10^6 \text{ m}^3$  と推算された。

上記の解析結果に基いて1971～1980年の10年について将来の河床変動を推定した所、全般的にみて山腹からの補給土砂量と河道の土砂

掃流能力とがバランスし、ほぼ平衡状態がつづくものと推定された。又将来1951年と同等の規模の噴火が起つたとすれば $100 \times 10^6 \text{ m}^3$ 程度の砂防工事を実施する必要があるとの結論を得た。

たゞし過去の掃流土砂量の測定資料が乏しいので上記の数字も概略の値であるので、今後適正な河川改修計画およびそれに関連した砂防計画を立案するには、ブランタス河本流及びKelut山周辺の主な支流の掃流土砂量の継続的な測定（特に少くとも雨期中の）が望ましい。

#### 1.4 高水流量解析及び配分

ブランタス河および主な支流の過去の洪水による冠水区域の記録および現地住民の聞き取り調査を行い、一方本流、支流で時間水位記録を集め解析した。時間水位記録は本流で4箇所の測水所、支流Konto河で1地点の時間水位記録を解析した。

この結果、本流下流部の洪水流量は、pakel ~ Kediri 間の堤内地へのはんらん、Kediri ~ Terusan 間ではWidas河口部附近に位置する遊水池による貯留によつて相当大きい影響を受けていることが判明した。Pakel ~ Kediri 間にはんらんすると下流での洪水ピーク流量が $150 \sim 300 \text{ m}^3/\text{sec}$ 減少しており、また遊水池の貯留によつて同じく $300 \sim 400 \text{ m}^3/\text{sec}$ 緩和されていると推算された。但しWidas河口部の遊水が主として本流の洪水を軽減する作用をしているのか、または主として本流の高水時に支流よりの洪水が貯留しているのか判明せず、その遊水の時間的及び洪水流量に及ぼす影響は解析不能であつた。これは今後の詳細調査によつて解明すべき課題である。

尚既存のGedek floodwayの洪水時の放流量は平均約 $80 \text{ m}^3/\text{sec}$ あることが確かめられた。

一方今回の調査で実施したブランタス本流の横断測量の結果より各地点の河道の通水容量を算出し、その地点における確率洪水ピーク流量と対比した所、Ngrowo川合流点よりWidas川合流点に至る中流部の通水容量が最も低く、特にKediri市附近では堤防天端高一ばいでの通水容量が5年内至10年確率洪水ピーク流量に相当していることが判明した。

上記の解析に基づき本流の高水配分計画立案の基本方針は次の如く策定

することが提案される。即ち、(1)将来の本流の治水計画の基本として採用すべき計画洪水量は、Karangkates貯水池の調節を考慮した50年確率洪水流量を対象とすべきである。(2)また現状の遊水地帯は当分そのまゝの状態を利用することとして計画する。(3)また下流Surabaja地域の重要性にかんがみGedek水門及びMlirip水門からの放流はしないこととする。

上記の計画基本方針に基づき本流中流部の高水配分計画を行つた結果、各区間の計画高水量を下記の如く採ることが勧告される。

(i) Ngrowo 川合流点～Kediri 間	1, 2 0 0 ~ 9 0 0 $m^3/sec$
(ii) Kediri ~Konto 川合流点間	9 0 0 $m^3/sec$
(iii) Konto 川合流点～Widas 川合流点間	1, 1 0 0 $m^3/sec$
(iv) Widas 川合流点～Terusan 間	1, 5 0 0 $m^3/sec$

#### 1.5 中流部河川改修全体計画

上記の区間で夫々の計画高水量を安全に流下させるような河川改修計画を概略考慮すると、河床土砂掘削量 $15 \times 10^6 m^3$ 、堤防かさ上げ盛土量 $7 \times 10^6 m^3$ を要し、その他の工事を合わせて総工事費は約 $26 \times 10^6 US\$$ 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年以上を要すると見られる。

従つて第一期の工事としては5～6年で先づ10年確率高水量に対して安全なように改修することが勧告される。その場合は掘削量 $7 \times 10^6 m^3$ 程度に減じ、工事費は約 $17 \times 10^6 US\$$ 相当額で済むと見られる。

本流の治水計画ではその他の代案としてはPake1地点よりインド洋へ余剰洪水量を人工水路を開掘して放流することも可能であるが、水路途中に約1kmのトンネルを要し、工事費が約 $40 \times 10^6 US\$$ 相当かゝると見積られ、上記の河川改修より不利となると思われるが一方幾多の利点も考えられる。

その他上流部には洪水調節に相当の効果を及ぼすような貯水量を持つダム築造に適した地点は見当らない。

#### 1.6 支流の治水対策計画

中流部以下で合流する3つの支流、即ちNgrowo川・Widas川・Konto川の中、Konto川については上流で工事中のSoeloredjo貯水池によつて

上流部の治水問題は解決される。

Ngrowo 川の流域では洪水時に Tulungagung 市附近ではんらんが起つている。この支流については時間水位、流量の測定記録がほとんどないため、その流出状態が把握できないが、2～3の Idea としては次の如き案が考えられる。

- a) 人工的に遊水池を作り周囲を堤防で囲んでそのはんらん区域を限定する方法
- b) 10 km 位の集水路を開掘しブランタス本流に放流させる案
- c) 既存の Nejava 排水トンネルを更に有効に利用して、集水路を開掘してインド洋へ放流する案

何れの案が最も有効で且つ経済的であるかは、更に十分な地形測量、水位流量観測、河川縦横断測量を実施しなければ判定できないが、将来調査、計画する価値は高いと考えられる。

Widas 川についても地形図、河川縦横断図、水位流量観測記録がないので単なる Idea の域を出ないが、上流に貯水池を設けて調節する案が1960年代から考えられている。しかしダム地点における支配面積は、Widas 川流域面積に比べ非常に小さいのでこの貯水池には Widas 川合流点附近の遊水池への洪水調節効果はきわめて少ないものと考えられる。又上記遊水池の他 Ngrowo 川合流点附近の遊水池は下流の洪水流量軽減にかなり役立っていると見られるので、この遊水池を消滅させることは下流の高水量をかえって増加させる危険がある。この点は今後の上流の諸治水計画と総合的に研究する必要がある。

#### 1.7 利水計画

現在流域内では既存のかんがい施設の外、施工中の Karangates ダム、Soeloredjo ダムがあり、調査中の計画には河口近くのデルタ地区かんがい計画、スラバヤ市の水利用計画がある。また水力発電を主目的として計画された Lahor ダムおよび Wlingi ダム発電所がある。また新規のかんがい計画としては Lodojo かんがい計画の他若干の既設プロジェクトの拡張等が考えられている。

Karangates および Soeloredjo ダムは1972年中に完成の見込で、



その流量におよぼす影響は今回の調査で明らかになつたので、Vol II の  
"Technical Study Report" に記載してある。

現在、デルタ地区のかんがい計画調査とスラバヤ市の利水計画調査は  
OTCA の調査団で調査中であり、今回のプランタス河調査団とも密接な打  
合せを行つた。

Lahor ダムは Karangkates ダムに隣接して建設する計画でトンネルで  
Karangkates 貯水池と連結され、発電の使用水量を増加する計画であるが  
この計画で Karangkates 地点の流量増加は乾期に  $2 \text{ m}^3/\text{sec}$  程度である。

Wlingi ダム計画は過去に一応の設計を終り、インドネシア政府でも最  
近の経済価値で可行性を再検討した報告書を出しているので、これの技術  
的な検討を行つた。現在の計画では河川流量の利用および堆砂量の推定等  
はほぼ妥当である。この貯水池では若干の洪水調節効果が考えられるが、  
これは Kelut 山腹における砂防計画や下流の河川改修との関連において総  
合的に考えるべきであろう。

Lodojo その他のかんがい計画は今回の調査にはその検討は含まれてお  
らず、農業に関しては流域内全般の現在の施設や耕作の現況概略の調査に  
留めた。

## 1.8 勸告

### (1) 水文観測の充実について

今回の調査により各既存測水所の水位、流量記録および観測方法等を  
知ることができたが、一部流量記録に誤差があるように見えるので、次  
回の調査でその原因を検討すると共に今後の観測、測定方法や改善を勸  
告したい。

また支流については観測所が極めて少く、将来の支流の治水、利水計  
画立案に大きな障害となる。各主要支流の観測網の充実を勸告したい。

### (2) 土砂流出量の測定について

また河川を掃流している土砂量についての測定記録も極めて乏しいの  
で、各測水地点における土砂掃流量の調査も充実すべきである。特に土  
砂量は雨期高水期の測定が不可決である。なおその測定機材の不足もい  
ちじるしい。

(3) 治水の面よりの勧告事項

(i) Kelut 火山周辺の砂防の調査および計画立案が必要とされていること。

(ii) 本流の中流部以下の河川改修計画を立案する必要があること。特に現実的に緊急度の高い部分について段階的改修計画立案が望ましい。

(iii) Ngrowo 川・Widas 川・Konto 川の三主要支流については本流の治水との関係において河川改修立案のための第一次調査が必要であろう。

(4) 利水面よりの勧告事項

(i) 水力発電用の利水については地形より見て Wlingi dam より上流にしか考えられる地点は残っていない。それも洪水調節に大きく貢献する程の貯水量を期待できる地点はない。従って発電計画によつて下流の高水量や利用し得る水量が大きく変ることは将来考えられない。従って発電は将来の需要に応じて水力、火力の妥当なバランスを考えて開発して行けば良いと考えられる。

たゞ水力発電に当つては時間的な放流量の変化を下流の利水計画に困難を与えぬよう、河川流量の再調整を考慮した計画を立案する必要がある。

(ii) かんがい用水への利用

現在のかんがい水利の不安定を改善するためには、諸施設の改良はもちろん必要であるが、配水の統制等運営面の強化が問題となろう。次回の調査では可能で最適な水資源の活用、配分とかんがい施設増強、運営の問題を十分調査し、水資源、土地資源の有効利用を計る必要がある。

たゞしこれ等利水の面はその他に下流のスラバヤ附近における工業用水および各市町村に対する都市用水との総合的な観点から有効な配分を考慮しなければならない。

(iii) 地下水利用の可能性について

プランタス流域の一部では地下水の調査を行つているが、山腹周辺では地下水利用の可能性もある。従つて若し許されるならば将来有望と見られる地区の地下水調査を実施することが勧告される。

## 2. 緒 言

### 2.1. ブランタス河流域の現況

ブランタス河はジャワ島第2の大河で流路延長320km, 流域面積12,000km<sup>2</sup>を有し, 東部ジャワ州の面積48,000km<sup>2</sup>の約1/4を占めている。また1971年現在の流域内人口は約1,000万人で, 東部ジャワ州の約2,800万人の36%を占めている。

河口附近にはインドネシア第2の港湾都市スラバヤがあり, 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。周辺にはセメント工場を始め若干の工業地帯を有しており, スラバヤ港の取扱い貨物量は年間約150万吨に上っている。

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。しかしこの流域は西部をWilis山, 東部をArdjuno山, 流域中央部をKelut山に占められているため, 山裾緩斜面の畑地が409,000haを占めており, 水田は耕地面積の44%に相当する321,000haを占めている。この水田面積は不完全ながらブランタス河の本流および無数の支流の水によつてかんがいされているが, 本流によつてかんがいされている面積は僅かに77,000ha(24%)に過ぎない。

主要農産物は, 米, カッサバ, トウモロコシ, 大豆, 落花生, 甘蔗, コーヒー等であるが, 雨期作は水稻の作付面積が圧倒的に大きく, 乾期にはカッサバ, トウモロコシ, 大豆等が大部分を占める。乾期にも水利の便の良い地域では水稻を栽培している。

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つたが, 戦時中およ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, 損耗によつて著るしく減産し, 現在は年産240万トン程度の甘蔗生産が行われている。

このブランタス河流域は南緯7°~8°の範囲にあるため, 年間気温差が極めて小さく, 年雨量は流域平均約2,030mmあり, 熱帯性作物の耕作に適している。また本流下流部の沖積土地帯は土壌の肥沃度も高く, 乾期に安定した水利を計れば種々の作物の収穫量を相当高め得る高い農業ポテン

シャルを有している。

しかし11月～4月の雨期に年雨量の約80%が降つてしまい、乾期にはほとんど降雨がないこと、および雨期でも年によつては降雨時期のかたよりがあり、水利が不安定である。また本流は河中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工事費を要する。従つて既設のかんがい取水はほとんど高水時のみ取水できる頭首工のみに頼つているものが多いので、乾期に流量が本川にあつてもあまり有効に利用されてはいない。

既設のかんがい施設は不完全なものが多く水位、流量の調節が不完全で、かんがい用水の配分が適正に行われていない。これは施設の維持、管理の不十分にも起因しているが、ブラントス河流域の特性である河水中の土砂量の多いことが一つの大きな要因となつている。

ブラントス河流域のほぼ中央に位置する活火山 Kelut 山（海拔 1,731 m）は 15～30 年の周期を以て噴火を繰返し、多量の火山噴出物を流域に供給する。これ等の土砂は種々の経路を経てブラントス河の本・支流に流入すると共に、若干は直接かんがい水路にも流入し、水路に堆積を生ずる。従つて水路の維持には出来るだけ土砂の流入を防ぐような構造を採用することおよび毎年水路の清掃が必要である。

またブラントス河はこの噴出した土砂が本流に堆積し河床の上昇を来たしているので、河川流路の維持と洪水防御および流域内の砂防に意を用いる必要がある。

またブラントス河中流部以下の流域では本流および主な支流の洪水および内水の排水不良による被害を受けている地区がかなりある。これ等の諸問題を治水、利水の両面から総合的に解決しなければならないが、過去の堤防の建設、上流の貯水池設置等の部分的な計画の積み重ねを検討し基本的な資料に基き、また 1966 年に生じた Kelut 山の噴火による影響も考慮した計画を立案する必要があるが生じている。

今回の調査はその第一段階として過去の水文資料を集め、利用可能な流量、洪水量、現在の河道の通水能力等を解析し、その治水、利水を総合的に行うには何が先づ必要であるかを洗い出すことを主目的として行つたものである。

## 2.2 利用し得る過去の調査・計画資料

この流域には縮尺 1/250,000 および 1/50,000 の地図がある他、各種の過去の調査、計画資料が利用できたが、その参考としたものは下記の通りである。

作成年月	報告者表題	作成者
1. Sep. 1955	Reconstruction Report on Porong Delta Relief Channel	White Engineering Corporation
2. Jan. 1958	Preliminary Report on Diversion Tunnel Project at Tulungagung South	Nippon Koei Co., Ltd.
3. Apr. 1961	Comprehensive Report on Kali Brantas Overall Project	Nippon Koei Co., Ltd.
4. Sep. 1962	Design Report on Kali Konto Project	Nippon Koei Co., Ltd.
5. Oct. 1966	Design Report on Kali Porong Project	Nippon Koei Co., Ltd.
6. May 1969	Feasibility Report on Mt. Kelut Volucanic Debris Control Project	DPUT
7. 1971	Interim Report on Delta Irrigation Project	OTCA
8. Dec. 1971	Feasibility Report on Wlingi Project	DPUT
9. Mar. 1972	Study on Long Range Electric Power Development Program in East Java	OTCA

なお以上の他、現在 OTCA で調査中の Surabaya 河改修調査および都市計画・Delta 地区かんがい計画の調査および DPUT で計画中の Lahor dam 計画についても夫々の調査団や関係機関と打合せを行った。

以上の報告書の中、ブランタス全流域を対象としたものは 3 の報告書のみであるが、12 年前の調査であり、1966 年の Kelut 山噴火による影響や河床上昇による洪水の危険性の増大を考慮に入れて今回の調査を行った。

## 2.3 現在までの流域内の諸計画実施状況

古くより存しているかんがい諸施設を除き、近年流域内で実施された若しくは実施中の開発計画は下記の通りである。

計 画 名 進 捗 状 況

1. Diversion Tunnel Project at Tulungagung South	1962年完工
2. Karangates Multi-purpose Dam Project	ダムは1971年完工 発電所は1973年完工 予定
3. Soelorejo Multi-purpose Dam Project	ダムは1970年完工 発電所は1973年完工 予定
4. Mt. Kelut Volcanic Debris Control Project	9箇所の砂防堤 1971年完工、一部追 加工事実施中
5. Kali Porong Project	新 Lengkong Dam 1973年完工予定
6. Lodjo Irrigation Project	ポンプ場および幹線水路 1972年完工

上記工事の中、Karangates ダムおよび Soeloredjo ダムは既に完成し  
両貯水池は1973年4～5月頃に満水に達し正常な操業に入る予定であ  
る。

Kali Porong Project はブランタス河の下流 Lengkong Dam (既設の古  
いかんがい用水取水堰)の下流に新しい門扉を備えた取水堰を建設中で、  
在来の手動による洪水余水吐を電動式として洪水排水に即応できるように  
するものである。

Mt. Kelut Volcanic Debris Control Project は1966年のKelut山  
の噴火による堆積土砂を山裾で砂溜りを作つて噴火時の危険とその後の本  
川への土砂流出に依る河床上昇を防ぐもので現在までに相当の防止効果を  
挙げているが、引続き工事中である。

以上の如く1961年以降に実施された諸計画および1966年のKelut  
山噴火後の土砂堆積状況の変化にかんがみ、今回の調査は河川の総合計画  
に必要な基礎資料の蒐集、解析を行い、開発上の問題点を提起し考え得る  
治水、利水計画を洗い出すことに主眼を置いて行われた。

#### 2.4 調査作業の範囲

1971年8月25日、26日の両日にわたり日本政府調査団とインド  
ネシア政府との間で行われた打合せによつて合意された調査作業の範囲は

下記の通りである。

- (1) 水文，気象，洪水調節，砂防，利水の現況および社会経済状態に関する資料の蒐集
- (2) 河川流量の解析
- (3) 河床変動および現在のかんがい状態の研究
- (4) 洪水流量の配分計画

なお流域全体で考え得る諸計画の優先順位の検討は今後のより詳細な作業に待つこととするが，特にインドネシア政府より強い要請のあつた Tulungagung 地区の治水対策，中流部河川改修計画および Wlingi Project に関しては若干詳細な技術的検討を行つたが，諸種の基礎資料の精度の不足，調査期間の短かかつたことおよび各計画の間の関連性の複雑さ等により優先順位を云々するまでには至らなかつた。

しかし今回の調査により今後の詳細調査により確認すべき諸項目や研究すべき課題が本報告書の中で相当明確にすることができた。

## 2.5 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) Technical Study Report
- (3) Data Book

この報告書は上記3分冊の中の Main Report に該当するもので，(2)の Technical Study Report の詳細な解析結果を要約したものである。

この Main Report は4章より成り，第1章は全体の要約及び今後調査，研究すべき問題点を述べ，第2章にはこの調査の行われた背景と必要性を述べてある。第3章はブラントス河流域の現状，とくに水資源・Kelud 火山噴火に伴う河床変動に重点を置いて述べた。第4章では流域全体より見た治水・利水上の問題点や，考え得る各種計画の概要について述べてある。

## 2.6 調査団の構成および作業分担内容

今回の調査団はその重要性にかんがみ現地に派遣した調査団の他に国内に調査作業監理委員会を設けた。その構成メンバーは次の6氏である。

氏名	担当	所属官庁
1. 宮崎 明	監理委員会委員長	建設省河川局河川計画課長
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. 細田 和男	治水計画	水資源開発公団常務参与
4. 梅野 康行	水文解析	建設省関東地建企画部長
5. 岡部 三郎	かんがい計画	農林省農地開発機械公団監理官
6. 中村 範次	発電計画	通産省公益事業局水力課

以上の監理委員の内細田和男氏と梅野康行氏は Advisery Team として下記6名より成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接衝・現地調査の Advise の任に当つた。

6名の調査団員の氏名および職務分担は下記の如くである。

氏名	職務分担
1. 林 勝三郎	調査団長
2. 芝田 三男	かんがい計画
3. 大沼 茂夫	水文解析および砂防計画
4. 柳沢 公男	社会経済調査
5. 尾中 健二郎	農業調査
6. 広瀬 典昭	水文解析

調査団は8月25日～28日 Djakarta にて公共事業省と打合会議を行い、8月30日より現地に入り調査を開始した。Adviser Team は9月中旬まで現地で調査に対する Advise および問題点の検討を行つた。調査団は11月まで3ヶ月現地調査を行い、以後東京で調査資料の整理、解析、研究および報告書の作成に当つた。その間プランタス調査作業監理委員会が数次にわたり解析手法、結果の検討、Advise を行い、報告書内容の審査を行つた。

## 2.7 謝 辞

この調査実施に際してはインドネシア政府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、現地案内等に最大の便宜を与



えられたことを調査団はこゝに心より厚く御礼申上げる。

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い感謝の意を表する次第である。

Ir.J.Soedarjoko	Director of River and Swampy Area Development
Ir.Mrs.W.S. Srimoerni Dulhomid	Chief of the River Basin Development Division
Ir.Koesdarjono	Chief of River Division
Ir.Soetojo	Vice Chief of Volcanos Project
Ir.Soenarjo	Chief of Section on Irrigation Rehabilitation
Ir.Drs.P. Tambunan	Chief of Planning Division
Ir.Siswadji BRE	Project Officer for Brantas Project
Ir.Soerjono	General Project Manager of Brantas Multi-purpose Project
Ir.Majanggoro	Staff of River Division, Irrigation Service in East Java
Ir.Mardjono	Assistant for Planning Brantas Multi-purpose Project
Ir.Soemarso	Chief of Staff of the Kelut Project
Ir.Roedjitao	Staff of Brantas Multi-purpose Project
Ir.Soekearno Wahab	Staff of Brantas Multi-purpose Project
C.D. Soemarto BE	Staff of Brantas Multi-purpose Project
U. Sjachras BE	Staff of Brantas Multi-purpose Project
Ir.Soetijono	Chief of Water Resources Development, Malang Region
Slamat Jusanto	Staff of Kediri Region
Ibhu Harjadi	Staff of Kediri Region
Ir.Soegianto	Lecturer of Brawidjaja University

### 3. プラントス河流域の一般概要

#### 3.1 地形及び地質

##### (1) 地形

プラントス河流域は東は Semeru 山 (海拔 3676 m) 西は Wilis 山 (海拔 2169 m) 南は標高 300~500 m の丘陵部によつて境界をなしており、その流域面積は約 12,000 Km<sup>2</sup> である。

プラントス河は Anjasmoro (海拔 2277 m) に源を発し Butak (海拔 2866 m) Kebit 山 (海拔 1700 m) の山すそを輪状に流れ、Modjo-kerto 附近で Surabaya 及び Porong 河に区分しジャワ海に注いでいる。プラントス河の総延長は約 320 Km である。河川勾配は Pckel 上流部で 1/800, 中流部で 1/1200~1/1900, 下流部で 1/3,000 である。プラントス本川と合流する主な支川は Lesti, Ngrowo, Konto 及び Widas である。

##### (2) 地質

ジャワは中新一鮮新世又はそれ以後に発生した大規模の隆起運動とこの期間に盛んに行なわれた火山活動によつて形成された島である。従つて殆んど地域は Neogene Tertiary の風成、水成岩の火山活動によつてもたらされた安山岩、玄武岩の Igniaus rack によつて代表される。

プラントス河流域の地質も Neogene Tertiary 期の Pleistocene のものを主とし更に火山活動によつて生じた volcanic ash, Agglomerate より成る。一般にこの火山活動による噴火物は農業面において肥沃な土地を形成している。

#### 3.2 気象状況

プラントス河流域の気象条件は Monsoon によつて大きく支配されており、この Monsoon によつてもたらされる年間降雨分布は 11 月より 4 月までの雨期と、5 月より 10 月までの乾期の 2 期に大別される。

##### (1) 気温

プラントス河流域における年間の気温差は小さく、マラン市におけ

る 1928 年より 1947 年までの月平均気温は最高 11 月の 24.5℃ 最低 7 月の 22.5℃, 年間平均は 23.7℃ である。

#### (2) 湿度

流域内の相対湿度は年間を通して高く, マラン市における記録によれば最高 2 月の 87%, 最低 9 月の 74%, 年平均は 82% である。

#### (3) 蒸発量

マラン市における 1938~1947 年間の月平均蒸発量は最高 9 月の 84.6 mm, 最低 2 月の 40.3 mm, 年間 695 mm であるがこの値は少し小さい様に思える。日本の文献によれば東部ジャワの Pasuruan 及び Djember では平均 1110~1150 mm である。

#### (4) 降雨

流域内に 250 の雨量観測所があり, このうち 52 ケ所の 1951~1970 年間の月平均降雨記録が "Data Book" に収められている。

この雨量記録を基にして作られた等雨量曲線図によれば, 雨量は Butak, Kelut, Wilis 山等の周辺高地部に集中して降っており, その量は 30000~40000 mm, 平野部では 15000~20000 mm となっている。プランタス下流部 Terusan 流量観測地点の流域面積 10,000 km<sup>2</sup> における流域平均雨量は 2031 mm であり, そのうち雨期における降雨量は年間降雨量の約 80% に達する。又, 雨期における降雨は殆んど毎日起こり, その降雨時間はプランタス上流域では午後 2 時より 7 時の間である。その一降雨の継続時間は 3 時間より 15 時間に亘っている。

### 3.3 人口

行政区割界と流域界とは一部分一致しないので流域人口は前者の統計値から面積比によつて推定した。その結果 1971 年におけるプランタス河流域の総人口は約 1,000 万人に見積られ, これはインドネシア全人口の約 8% に相当する。流域全体の平均人口密度は 847 人 / km<sup>2</sup>, 人口増加率は 1961~1971 年平均で 1.81% である。

流域人口を地区別にみるとその約 80% は農村人口によつて占められて

いる。都市人口約200万人のうち140万人がSurabaja市の人口であり、その人口密度は約7,300人/Km<sup>2</sup>である。又流域人口を就業人口比率からみみると、その約70%が農業に従事しており、残り30%は工業或いはサービス業に属している。

ブランタス河流域において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0.7haに過ぎない。その結果農村の余剰人口は都市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と直面している。従つてなお農村には相当数の潜在失業者が吸収されている。

### 3.4 電 力

ブランタス河流域の電力供給はインドネシア国営電力公社(P.L.N)の下にKali Konto送電系統によつて行なわれており、1970年における同系統の発電設備能力及び保障尖頭出力は次の通りである。

	発 電 設 備 能 力	保 障 尖 頭 出 力
水 力	36,400 KW	25,000 KW
火 力	50,000 "	50,000 "
ディーゼル	9,200 "	5,500 "
合 計	95,600 "	80,500 "

1970年度におけるKali Konto送電系統の電力消費量は約276×10<sup>6</sup> KWHでありその約80%近くは家庭用のものであり、残り20%は工業並びに商業用として供給されている。ブランタス河流域の給電契約者数は約164,000あり、平均1給電契約者数当りの電力消費量は年間1680 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年のそれは東部ジャワ全体で約9%であつた。

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増加電力設備は次の通りである。

Karangbetes power station	70,000 KW
Socleredjo	4,500 "
Sengruh	-2,600 "
合 計	71,900 "

既設の設備能力95,600KWと合わせると167,500KWとなる。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。

### 3.5 かんがい

#### (1) 土 壤

プランタス河流域の土壤は一般に肥沃であり、その mejor soil group は Alluvials Mediterranean Soils , Lithosols , Regosols , Andosols , Grumsols , Humus Gley Soils, Latosols 及び Brown Forest Soils の9種に分類される。このうち Alluvials 及び Regosols は流域内面積の約50%を占めている。Alluvials は水田に適しており、現在この Alluvials の存在する所は全て水田として開発されている。

#### (2) 土地利用状況

プランタス河流域面積は1,180,000haでその62%が農耕地である。水田面積は321,000haでプランタス本川及びその支流に沿って位置している。畑作面積は247,000haで主に Kelut , Kawi 山等の山麓部に発展している。

(3) かんがい面積及び作付率

プランタス河流域にはかんがい面積は321,000haあり、その内訳は276,000haの水田、32,000haの甘蔗耕作地となつている。プランタス本川の河水によつてかんがいされている水田面積は77,000haである。この水田面積における雨期及び乾期の平均作付率は次の通りである。

	雨期の作付率 (%)	乾期の作付率 (%)
水田	86	24
甘蔗耕作地	10	10

(4) かんがい用水

プランタス本川に依存している水田の殆んどが自然かんがい法によつて耕作されており、その他に、幾分かのポンプ揚水かんがい地がある。

現在本川流量の殆んどがかんがいに利用されており、そのかんがい取水口は Voor canalを除いて直接河川に面して設置されている。取水口には stop logs が設置されているが、その操作が容易でなく、取水は河川水位の変動に左右されている。従つて適切な取水は現在の取水施設では望めない。雨期においては土砂流を含んだ河川流量が取水口を通してかんがい水路に流入するため水路断面は減少し特に中流域のかんがい水路の容量の減少は著るしい。これが乾期における作付率の低下の主な原因をなしている。

かんがい取水口における記録は17取水口のうち7ヶ所だけ存在し、その平均取水量、かんがい面積、減水深は下記の通りである。

取水口名	かんがい面積 (ha)		取水量 (cm)		減水深 (mm/day)	
	乾期	雨期	最小	最大	乾期	雨期
Blobo	2560	4275	4.2	8	14	16
Mritjan	700 (P) 1,900 (S)	13,363	6.7	11.1	23	7
Besuk						
Turi-Tunggorono	3850	9,626	3.6	6.7	8	6
Djatikulon	260	644	0.4	0.7	13	9
Porong	12,700 (P) 5,020 (S)	26,800 (P) 5,020 (S)	3.19	6.75	16	18
Mangetan						

注：(P) 及び (S) はそれぞれ水田面積，甘蔗耕作面積を示す。

レポート<sup>1)</sup>によれば乾期の1日当りの作物要水量は4 mmとされている。乾期の有効雨量はプランタス流域では殆んど0とみなされる。浸透及びかんがいの効率をそれぞれ1 mm, 50%と仮定すれば日粗用水量は10 mmとなる。又，雨期の雨量は豊富でしかもその雨量も均等に分布しているので日粗用水量は，ごくわずかであろうと思われる。

この市から判断すると，プランタス流域では雨期には取水過剰であり，乾期における取水量は現在の収穫物に対し，ほぼ十分であると云える。雨期における取水過剰現象は一般に慣習的なものと考えられるが，もし現在，土砂堆積のため，容量不足となつているかんがい水路の復旧工事が十分に行なわれれば乾期の作付率の増加は大いに期待されよう。

(5) スラバヤにおける都市，工業用水

スラバヤ市における水利用の現況は次の通りである。

1) Report on Sempor Dam and Irrigation Project in the Middle Java

取水地点	取水量 (m <sup>3</sup> /sec)	目的
Wonokromo	1.6	都市用水
Gunungsari	0.8	工業用水
Ngagel	0.3	"
"	0.1	"
"	0.5	河川維持用水
total	2.8	

現在のスラバヤ市における取水量はプランタス流域全体からみると殆んど無視できる程小さいが、将来 Surabaya の生活環境の改善に伴なり取水量増加及び工業用水増加が考えられる。従つて将来のプランタス河の有効な水利用を計るために、各種目的に対するバランスのとれた水配分計画を検討する必要がある。

#### (6) 収 量

プランタス河流域における dry stalk paddy の平均単位 ha 当りの収量は雨期は 3.4 ton/ha , 乾期では 3.1 ton/ha である。流域内での dry stalk paddy の年間総収量は約  $1.2 \times 10^6$  屯でその内訳は下記の通りである。

生産量 (ton)	
乾 期	239,600
雨 期	933,000
合 計	1,172,600

上記 dry stalk paddy より換算した精米量は 600,000 屯でインドネシア全体での生産量の 10~12% に相当している。これらの精米はごくわずかの流域外への流出を除き殆んどが流域内での自給米として消費されている。

米の生産についてプランタス流域で重要なものは砂糖生産である。流域内での生産量は約 230,000 屯でインドネシア全体生産量の約 30% に相当している。



### 3.6 河川流量

#### (1) 流量記録

プランタス河流域内の流量観測所は18ヶ所あり、このうちプランタス本川に沿って設置されているものはKarangkates, Pohgadjih, Kaulon, Pakel, Djeli, Djombiru, Kertosono及びDjabonの8ヶ所である。

上記18ヶ所の観測地点における日水位観測は1日2回行なわれており、水面流速はバナナの幹を用いて測定されている。カレントメーターによる流速のチェックは、ごくわずかではあるがBandungの水文局によつて行なわれている。

今回の調査においてこれらの観測地点の1951~1970年までの20年間の日流量、水位記録を入手した。この流量記録より計算した月平均流量が「Data Book」に納められている。

この流量記録をみると一般にその最大最小値は2~3月、9月にそれぞれ発生している。又、年間流量の83%が11月から5月までの7ヶ月間に起つている。一方雨量記録をみると最大は12月最小は9月に発生している。この流量、雨量の両記録から判断すると雨期の降雨は2~3月のタイムラグを以て流量に影響している事がわかる。

#### (2) 流量記録の検討

今回の調査においてPakel, Djombiru, Kertosono及びDjabon地点での流量実測作業を7月中旬より8月にかけて実施したが、その結果Pakel, Djabonではインドネシア側の測水ときわめて一致していたがDjombiru, Kertosonoのそれはかなりの差がみとめられた。

又、収集した雨量、流量記録にもとづいて年間流量-年間雨量相関を検討してみたところ、Djabon地点の相関はきわめて良く、KertosonoでのそれはDjabon地点のものよりやや劣る事がわかつた。

一方Djabon地点はKepadjaran, Voor canal, Mlirip地点と接近して位置しておりDjabon地点の流量は後者3地点の合流量に等しいものと考えられる。従つてDjabonの流量と後者3地点の合流量との相関を検討してみたところ、その相関はきわめて良い関係を示している事が

わかつた。上記の雨量 - 流量相関、流量相関より判断して Djabon 地点の流量記録はきわめて信頼しうるものであるとの結論を得た。

(3) 流量記録の修正

1951~1970年の月平均流量の hydrogrph をみると 1964~1970年の Djombiru, Kertosono 地点の流量は他の地点の流量及び 1951~1963年の Djombiru, Kertosono 地点の流量に比べかなり大きい値を示している。

従つてこの兩地点の 1964~1970年の流量記録は 1951~1963年の Djabon - Djombiru 流量, Djabon - Kertosono 流量相関関係によつて修正を行なつた。

(4) 流出係数

本川沿いの流量観測地点 Pohgadjih より Djabon 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 7 地点の流出係数を算出した。算出された流出係数は 42~56% でプランタス河流域の地形、地質、植生状態より判断するとほぼ妥当な値と思われる。

(5) Karangates 及び Soeloredjo 兩貯水池による水量調節効果

Karangates ダムは Pohgadjih 流量観測地点の 1 Km 上流に建設されている。又、Soeloredjo ダムは Konto 川上流部に建設されたものである。Karangates, Soeloredjo 兩ダム地点における 1951~1970年の月平均流量記録より兩貯水池による水量調節効果の検討を行なつた。その結果乾期 5 月~10 月間の平均増加水量は Karangates 地点で  $13.5 \text{ m}^3/\text{sec}$ , Soeloredjo 地点で  $1.7 \text{ m}^3/\text{sec}$  となつた。

3.7 Kelut 山の噴火と河床変動

(1) Kelut 山の噴火活動

Kelut 山はインドネシア有数の活火山であり、この噴火によつて生ずる火山砂はプランタス河道に流出して河床に堆積し河床を上昇させている。その結果、河道の通水容量は減少し、既存堤防では溢水又は破堤の危険も高まつている。又、かんがい取水口より流入した土砂はかんがい水路の容量を減少させ、引いては適切なかんがい用水管理を

困難なものとしている。

インドネシア公共事業省によつて1969年作成されたレポートによると Kelut 山は 1811 年より 1966 年の 15 年間に 10 回の噴火をくり返しており、その周期は最短 3 年、最長 37 年となつている。

Kelut 山の噴火口には火口湖があり、火口湖の貯水量が多い時に噴火すると莫大な高温の泥流が山腹斜面を急速に流下し、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に 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 及び 1966 年の噴火によつて一部破壊された。1966 年噴火後現在まで 7 本のトンネルが火口湖南壁方向に掘削され、その結果現在の火口湖水量は  $4 \times 10^6 m^3$  に減少している。この水量から推定すると次回の噴火による泥流の到達距離は火口湖より約 13 Km 程度と考えられる。

上記の泥流の他に、噴火に伴なり噴火物が山腹に堆積する。この堆積物が降雨によつて支流より流下する。この泥流が "Secondary Lahar" と云われ、その破壊力は大きい。1966 年噴火に伴なり堆積物は約  $90 \times 10^6 m^3$  と推定されている。又、1951 年噴火による堆積量は  $192 \times 10^6 m^3$  と云われている。

## (2) Debris Control Works

1969 年にインドネシア政府公共事業省において作成されたレポートに基づいて現在 Kelut 山周辺に火山砂を貯留するための Lahar Pocket 及び Check dam が建設されている。その実施状況は下記の通りである。

計画土砂貯留容量	$36.2 \times 10^6 m^3$
現在までの貯留土砂量	19 × "
Lahar pocket 占有面積	1840 ha
建設費	$173.9 \times 10^6 Rp$

Pocket 容量  $1 m^3$  当りの建設費は 3.3 ~ 16.2 Rupiah 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事によるものである。

### (3) 河床変動

ブランタス河の河床標高の測定は上流はウリンギ附近の Ngambul より下流は Porong 河口までの 220 Km の区間中 22 地点で行なわれている。今回の調査で 1951～1970 年までの変動記録を入手した。

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、河床上昇は噴火後 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事がわかった。1951～1970 年間に Kaulon より Porong 河口までの約 207 Km 区間に堆積した土砂量は  $48 \times 10^6 \text{ m}^3$  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 ( $10^6 \text{ m}^3$ )
Kaulon～Djabon	175	33
Djabon～Porong 河口	315	15
合 計	207	48

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様になる。

	山腹堆積物	5 年間の河床堆積物	百分率
1951 噴火	192	2686	14
1966 噴火	90	1640	18
合 計	282	4326	

### (4) 浮遊土砂量

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 bed load と河水中を浮遊状態で移動する細かい粒子の wash load に大別される。この兩者のうち bed load 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本川では Djombiru, Kertosono, 及び Djabon 地点で 1959/1960 及び 1971 年に実施され、これらの地点の流量記録河床勾配、及び河川断面をもとに推定した bed load 及び wash load の年間平均流送能力はそれぞれ  $1 - 1.1 \times 10^6 \text{ m}^3$ ,

4— $4.5 \times 10^6 m^3$ であつた。

(5) クルト山周辺山腹からの補給土砂量

プランタス河道に堆積した土砂量及び河水中を流下した土砂量よりクルト山周辺山腹からプランタス河道に補給された土砂量を推定した結果、1951～1955、1956～1965、1966～1970年の各期間の補給 bed load, wash load material は次の如くとなる。

期 間	(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )		
	Bed load material	wash load material	Total
1951～1955	30.85	25.74	56.59
1956～1965	10.27	33.35	43.62
1966～1970	18.09	9.51	27.60
合 計	59.21	68.60	127.81

プランタス河道の安定を保つために根本的に次の3方法が考えられる。即ち、

(A) クルト山周辺山腹での砂防工法

(B) プランタス河床の Dredge 工法

(C) 山腹からの補給土砂量をインド洋に放出する工法

上記のうち現在山腹の砂防工法が漸次実施され、その効果が期待されているが、その他に現在のプランタス本川の通水容量不足を解消するためには Dredge 工法も必要であろう。インド洋への放出工法は4章で検討されているが、土砂流、水文学的には未だ研究すべき問題が残されている。

従つて、差し当つての実際的な工法としては山腹での砂防工法とプランタス河での Dredge 工法との適切な組合せを計画する事が望ましい。

(6) 1971年以後の河床変動の推定

1951、1966年両噴火に伴なり噴出土砂量及び山腹からの補給土砂量より1971～1980年の河床変動を推定してみる。

1966年噴火に伴なり全噴出土砂量は  $90 \times 10^6 m^3$  であり、1951年噴火のその47%である。1956～1965年の10年間の山腹から

補給された bed load は  $10.27 \times 10^6 m^3$  であるので 1971～1980 年間に補給される bed load はこの 47% 即ち  $4.8 \times 10^6 m^3$  であろうと推定される。この数値をもとに Kanlon - Djombiru, Djombiru - Kertosono, Kertosono - Djabon 間の河川長, 河川巾, 並びに上記地点の流逆土砂能力等を考慮して将来の河床変動を推定した。その結果, 1971～1980 年間はブランタス河では全般的にみてほぼ平衡状態が続くものと予測されたが, Porong 河では流砂送流能力の不足により河床が漸次上昇するものと推定された。

### 3.8 高水流量

#### (1) 流量記録

ブランタス河の洪水特性を検討するために Pohgadjih, Pikel, Kediri, 及び Terusan 観測地点の時間水位記録が使用された。使用した記録は最長 Pikel の 20 年間, 最短は Pohgadjih 地点の 3 年間である。

#### (2) 洪水特性

先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選んで, flood hydrograph を求めた。求められた hydrograph は "Technical Study Report" に納められている。

各観測地点において求められた flood hydrograph をみると, 上流部においてはその形状は鋭くかつた形をしているが, これが下流部にくるに従ってなだらかな形となつている。この様を下流部での波形の変化は洪水の河道貯留による影響と堤内地へのはんらん及び支流からの洪水によつて生じた swamp 等の貯留効果によるものである。このためブランタス下流部の洪水流量はその流域面積に比べて小さいものとなつている。

#### (3) 貯留効果

洪水解析によれば, ブラントス高水流量は主として Pikel - Kediri 間の堤内地へのはんらん, Kediri - Teruran 間の swamp による貯留効果によつて大きく影響されている事がわかつた。

現在, Pikel - Kediri 間では殆んどが無堤河川であり, しかも河巾

がせまくなつており、このため洪水時には河道からのはんらんを起こしている。そのはんらん量は洪水量の大きさによつて  $15-30 \times 10^6 m^3$  の範囲で変化し、この貯留効果によるプランタス河の洪水調節量は  $150 \sim 300 m^3/sec$  に亘つている。

一方 Kediri - Terusan 間には widas 川合流部に大きな swamp があり widas 川からの洪水は一たんこの swamp に貯留された後、除々にプランタス河に流下しているものと考えられる。この swamp による貯留量は、 $30-40 \times 10^6 m^3$  と考えられ、この貯留効果による減少する洪水流量は  $300 \sim 400 m^3/s$  と推定された。さらにこの他にプランタス下流部の洪水は Terusan 上流 5 Km の Gedek 水内から Marumoyo 川への放流によつて調節されている。1951~1962年間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より放流された洪水量は平均  $80 m^3/sec$  程度と推定された。

#### (4) 確率洪水

貯留関数法による洪水追跡計画によつて求められた Karangates 貯水池による洪水調節後の各観測地点の確率年洪水量は次の如くとなる。

確率年	(m <sup>3</sup> /sec)			
	Karangates	Pakel	Kediri	Terusan
5	400	1,000	660	1130
10	470	1090	720	1190
20	490	1250	790	1260
30	500	1350	820	1290
50	530	1440	860	1330
100	560	1560	910	1390

#### (5) 河道通水容量

今回の調査でプランタス河横断測量が Lengkong ダムより Pakel 観測地点間 5 Km の間隔で実施された。又、Porong 川では 1970 年に実施された Lengkong ダムより河口までの区間の横断測量結果を入手した。この測量結果にもとづいて各河川横断図地点の通水能力の検討を不等

流計算によつて行なつた。各河道断面における通水容量は“Technical Study Report”の附図6-26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 $1370 \text{ m}^3/\text{sec}$ でこれは30年確率洪水量に相当している。Pakel-Wides間の通水能力はきわめて小さく、Kediri附近での堤防天端高一ばいの通水容量は $690 \text{ m}^3/\text{sec}$ であり、これは5-10年の確率洪水に相当している。この事は、Kediri附近の既存堤防は、溢水の危険が高まつている事を意味している。

この様な中流部での通水容量不足は主としてKelut山噴火に伴な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

先に述べた河川横断面図及び1/50,000地形図をもとにKediri-Terusan間の概略洪水被害の推定を行なつた。その結果求められた年間直接洪水被害は400,000ドルとなつた。但しこの推定値はごく概算のもので幾多の仮定のもとに求められたものであるので、河川改修計画に対する評価に用いるためにはさらに十分な資料並びに解析が必要とされよう。



#### 4. 開発計画

ここではブランタス河流域の将来の水資源開発のための各種計画がのべられている。開発計画として治水、砂防及びダム計画がとりあげられており、治水計画としてはブランタス川中流部の河川改修及び Tulungagung 地区の治水計画、砂防計画としてブランタス河の河床上昇問題と関連した将来の Kelut 山周辺の砂防工事、又、ダム計画として現在インドネシア政府で計画中の Wlingi 多目的ダムに対する技術的検討結果がのべられている。

##### 4.1 治水計画

ブランタス河中流部及び Ngrowo 川流域での治水の必要性が近年高まって来ている。以下両地区の治水計画の検討結果を述べる事とする。

###### 4.1.1 中流部河川改修計画

一般に河川下流域は人口密度も高く経済活動が活発で国定投下資本も大きい。このため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、中流域の開発に伴なり洪水流量増加によつて下流域では絶えず河川再改修を余儀なくされている例が多い。

ブランタス河においては、中流部での河道貯留効果及び河道からのはんらん或いは Swamp による貯留効果によつて下流部の洪水流量増加が抑制されている。又、既存の洪水防禦施設も下流部程安全度が大きい。この様を事から判断するとブランタス河流域での治水状況は全般的にみてほぼバランスのとれたものと云える。

もしここで本川、並びに支川の治水計画が独自に進められるとすれば、流域全体の治水状態のバランスを破ることになり、不経済な結果をまねく恐れがある。従つて治水計画は、高水流量の適切な配分計画にもとづいて実施される必要がある。以下河川改修計画に必要な高水配分計画をのべる事とする。

###### (1) 高水流量配分計画

先の洪水解析結果にもとづいて高水配分計画を行なつた。その基本構想は次の通りである。

(i) 計画高水流量は Karangates 貯水池による洪水調節後の 50 年確率洪水を対象とする。

(ii) Ngrowo 川河口部附近のはんらん地区及び Widas 川河口部附近の Swamp は現状のまま遊水池として利用する。このため、Ngrowo 川合流部と Widas 川合流部間の河道の計画高水流量は他の区間のそれより小さいものとなつている。

(iii) Konto 川からの流入は  $160 \text{ m}^3/\text{sec}$  とする。

(iv) Gedek 及び Mlirip 水門から Surabaya 河への洪水放流量は Surabaya 地区の重要性に鑑みこれを 0 とする。

上記構想にもとづいて計画された高水流量配分図は "Technical Study Report" の附図 7-1 に示されている。計画された本川上の洪水流量は Ngrowo 川合流点より Kediri 間では  $1200 \sim 900 \text{ m}^3/\text{sec}$ , Kediri より Konto 川合流点間は  $900 \text{ m}^3/\text{sec}$ , Konto 川合流点より Widas 川合流点間は  $1,100 \text{ m}^3/\text{sec}$ , Widas 川合流点より Terusan 間は  $1,500 \text{ m}^3/\text{sec}$  となつた。

## (2) 河川改修計画

河川改修計画は全体計画案と 1 次計画案の 2 つについて検討されている。全体計画案は将来のプランタス河流域の治水対策を対象としたもので、1 次計画案は河川改修の緊急性に鑑み、6 ケ年程度で工事を完了し早期目的を達成するために考えられたものである。

全体計画案における計画洪水流量は先に示した高水配分計画を対象とし、改修対象地区は次の通りとした。

(i) Ngrowo 川合流点より Lenkong dam 地点までの河床掘削

(ii) Kediri 上流部 15Km より Lengkong dam 地点までの堤防嵩上げ

(iii) Ngrowo 川流域の集水路建設

(iv) Konto 川下流部の河床掘削

河道改修計画の設計基準は下記の通りである。

(i) 河川巾は、現状の河巾を対象とする。

(ii) 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。

(iii) 計画堤防高と計画洪水位間の余裕高は  $1 \text{ m}$  とする。

(iv) 低水路巾員は Widas 川合流部より上流部では、 $70 \text{ m}$ 、それより下流部では  $100 \text{ m}$  とする。

全体河川改修計画に要する河床掘削土量は  $15 \times 10^6 m^3$  , 堤防嵩上盛土量は  $7 \times 10^6 m^3$  , 全工事費は約  $26 \times 10^6$  u.s.\$ である。

第1次計画案では計画高水流量は、10年確率洪水を対象として計画され、その流量配分図は "Technical Study Report" の附図7-4に示されている。改修対象地区は次の通りとした。

- (i) Kediri 上流部 15km より Lengkong dam 地点までの河床掘削及び堤防嵩上げ
- (ii) Ngrowo 川流域の集水路の建設
- (iii) Konto 川下流部の河床掘削

又、改修計画の設計基準としては、余裕高を 0.8 m とし、低水路巾も Widas 川合流点上流では 40 m , それより下流部では 50 m とした。

上記改修に要する河床掘削土量は  $7 \times 10^6 m^3$  , 堤防嵩上量は、同じく  $7 \times 10^6 m^3$  である。全工事費は約  $17 \times 10^6$  u.s.\$ , 工事期間は6年である。

### (3) インド洋への放水路計画

この計画は全体計画の代案として検討されたもので、上流部での洪水流量を Pakel 直下流よりインド洋に放流する事によつて、下流部洪水流量の減少を計る案である。これによつて Pakel - Kediri 間の冠水の解消、Kanto 川の改修、及び Gedek 並びに Mlirip 水門の閉そくが現在の河道通水容量を変える事なく可能となる。

計画要旨は、Pakel 下流部本川上に堰を設け洪水量を堰地点より Nejava トンネル地点までの 30km の人工水路 ( Neja 地点1部トンネル) でインド洋に流下せしめるものである。

この放水路案に対する本川の流量配分図は "Technical Study Report" の附図7-5に示されている。放水路計画の高水流量は流入部で  $1440 m^3/sec$  , 下流々出部で  $2040 \sim 2240 m^3/sec$  である。放水路計画に要する全工事費は約  $40 \times 10^6$  u.s.\$ である。

この放水路計画によつて、本川の土砂流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、同じ問題がこの水路上に発生する事が考えられよう。土砂流送機構が現在未だ十分に解明されてい

いのでこの問題に対し今後さらに十分な研究の余地がある。さらに大きな問題として水文機構の変化が考えられよう。即ち、この放水路計画による支配面積は、プランタス全流域の約半分を占めており、この計画実施後には下流域の水文状態がかなり変化をきたす恐れがある。従つてこの問題に対しても今後十分な調査、検討が必要とされよう。

#### 4. 1. 2 Ngrowo 川流域の治水計画

Ngrowo 川流域はプランタス河流域の南西部に位置し、その流域中にかなり大きな swamp 地帯がある。この swamp の排水並びにその活用に対し今日までかなりの努力が払われて来ている。

Tulungagung の町は Ngrowo 川河口より約 8 Km 上流に位置しているが近年、この都市部附近の不良排水が問題とされて来ている。ここではこの排水問題に対する検討並びにその解決策の指針についてのべる事にする。

##### (1) 洪水防禦施設

Ngrowo 川流域は南はインド洋に面して、東西に走る Gamping 丘陵部、西は、Sumber, Bulu 及び Gepeng 等の一連の山岳地帯に、北は Willis 山によつて囲まれており、その流域面積は約 1500 km<sup>2</sup> である。Ngrowo 川はこの流域平野部を北東方向に流れプランタス本流に注いでいる。Gepeng 川に源を発する Ngasinan 川が東方に流れ、Ngrowo 川と合流している。Ngrowo 川の南部地区は Gesikan 及び Bening swamps となつている。

1939 年にインドネシア政府はプランタス本川の洪水流量を減少させるために、Ngasinan 川からの洪水流量を一たん Gesikan swamp に流入させるために Ngasinan 川に Sumbergajam 水門、この水門より、Gesikan swamp への放水路、水門と Ngrowo 川を結ぶ水路及び Ngrowo 上流部に Tjelok 水門を建設した。

しかし、Ngrowo 川から運ばれた土砂は swamp に堆積し、このため Tjelok 水門は操作不能となり swamp より Ngrowo への放水は不可能の状態になつた。

1942年11月のTulungagung地区の大洪水後、日本軍によつてswampのインド洋への排水のためGamping丘陵部に排水トンネルが掘削されたが殆んど有効な排水機能をはたす事なく放置されて現在殆んど埋没してしまつている。

1951年のKelut山の噴火により、プランタス河床が急激に上昇し、この結果Ngrowo川の通水容量も減少しTulungagungの町附近はしばしば冠水する様な状態となつている。

この様な状態に対処するためにインド洋への放水路案が計画されNgasinan川上流部とGamping丘陵部を結ぶParit Raja水路、Gamping丘陵部の開削、Bening swampとParit Raja水路を結ぶKendal水路等の建設が考えられた。この計画の目的は主としてNgasinan川の洪水量をインド洋へ放流させると共にswampの水位を調節し、乾期利水にあてる事にあつた。

この計画にもとずいて工事が進められたが、この中でGamping丘陵部を横断する開削水路は掘削土量も莫大で長期の工事期間を要するためトンネル案に変更し、最大通水能力 $500\text{ m}^3/\text{sec}$ 、延長約900mのトンネルが1962年に完成した。

現在Ngasinan川及びその他の支流からの洪水は、Parit Raja、Kendal水路を通してインド洋に放流されているがParit Raja水路は一部容量不足のため洪水の一部はNgasinan川よりGesikan swampに流入しKendal水路を通じてインド洋へ放流されている。

## (2) 洪水防禦対象地区並びに洪水流量に対する水収支

Ngrowo川は延長14Km、平均河川勾配 $1/2500$ である。今回の調査において実施されたNgrowo川縦横断測量結果及び入手した航空写真によればNgrowo川上流部では堤内地が河床高よりも低くなつている。Ngrowo川左岸ではSong、Klantur及びBabakan等のWilis山に源を発する支流がNgrowo川に注いでいるが土砂のためその河床も上昇しその堤内地区も上昇している。この支流域が一たん溢水すると洪水はNgrowo川沿岸地区に流下し、Ngrowo川沿岸に湛水地区を形成する。この湛水はNgrowo本川水位が高いためその排水も困難とな

っている。又、右岸側では Tulungagung の町の上流部附近に湛水地区がみうけられる。

Ngrowo 川合流点附近の Pakendjen 及び河口部より 8 Km 上流の Tulungagung 両流量観測地点の水位記録をみると雨期においては Tulungagung 地点の水位が Pakendjen のものより 1~1.5 m 高くなっている。これは Ngrowo 川に流入する小支流域からの多量の洪水流量によるものとみられる。Ngrowo 川の高水位時には、支流下流部の水位をせきあげ、このためその通水容量も減少するものと考えられる。

Ngrowo 川の平均河巾は 20 m であり、河床より堤防天端までの高さは約 3 m 程度である。今、洪水時の流速を 1 m と仮定すると、Ngrowo 川の通水容量は  $70 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、1 日当り約  $6 \times 10^6 \text{ m}^3$  の流出量となる。

雨量記録より算出した 5 年確率に相当する 1 日降雨量は 84 mm であり、これにもとづいて計算された洪水量は、 $11 \times 10^6 \text{ m}^3$  となる。Ngrowo 川を通じて流下し得る容量は  $6 \times 10^6 \text{ m}^3$  であるのでその差  $5 \times 10^6 \text{ m}^3$  の洪水流量は堤内地で冠水するものと考えられる。今、冠水深を平均 1 m と仮定すると、その冠水面積は 500 ha に相当する。

### (3) 冠水防禦策

Ngrowo 川の河床を下げ Ngrowo 川に流入する支流々路を改修する事によつて排水問題はある程度解消する事になるかもしれないが、先の計算の如く、Ngrowo 川の通水容量に比べ、流入流量が多いため Ngrowo 川の通水容量を今の 2 倍程度に増大させない限りこの改修方法はあまり期待がもたれないものと思われる。

Ngrowo 川に流入する支流の流域面積をみると Ngrowo 川左岸の Song 川の流域面積は Tulungagung 地区流域面積の約 31% を占めている。又、Ngasinan - Ngrowo 水路に流入している Gondong, Blendis, Sengan 及び Gador 川の合計流域面積は Tulungagung 地区の流域面積の 28% を占めている。もし Song 川及び Ngasinan - Ngrowo 水路の洪水を Gesikan 及び Bening swamps を通じてインド洋へ放流するものとなれば、Tulungagung 地区の排水問題もかなり解消するものと

考えられる。この計画に対する具体的な改修工事は次の通りである。

- (i) Song 川と Ngasinan - Ngrowo 水路を結ぶ水路の建設 (延長 4 Km)
- (ii) Tjelok 水門と Gesikan swamp を結ぶ水路の建設 (延長 4 Km)
- (iii) Kendal 水路及び Parit Raja 下流水路 - Nejama トンネル間の水路の改修

上記工事に要する工事費は約  $1.6 \times 10^6$  us \$ と考えられる。

一方他の解決策として Song, Klantur 及び Babakan 川の洪水を Wilis 山の山ろくに延長約 10 Km の集水路を設けてプランタス河へ流下させる案が考えられる。この工事に要する費用は  $1.2 \times 10^6$  us \$ と考えられる。技術的及び排水効果の点より考えるとこの案が前者より優れていると思われるが、さらに十分な水文調査及び地形測量によつてこれを検証する必要がある。

#### 4.2 砂防計画

ここでは先の土砂流解析結果にもとづいて将来のクルト山周辺山腹での砂防計画の概算の規模について述べる事とする。

先の 3 章の土砂流解析で述べた如く、1951~1965 年までの 15 年間にプランタス河道に流入した土砂量は約  $100 \times 10^6 m^3$  に推定されている。このうち Bed load material は  $46 \times 10^6 m^3$  であり、このうち  $32 \times 10^6 m^3$  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起つたとすれば、bed load material 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。

山腹における火山砂は Bed load material と Wash load material の混合物によつて構成されているので山腹での Iahar pocket はこの両者を貯留する必要がある。従つて、Bed load material の 70% を扞止するためには  $70 \times 10^6 m^3$  ( $70\% \times 100 \times 10^6 m^3$ ) 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  $100 \times 10^6 m^3$  程度の Iahar pocket を建設する必要がある。

インドネシア政府によれば、Kelut 山南部及び西部地区で将来 Iahar pocket として利用し得る面積は 10,000 - 15,000 ha とされており、これ

は  $100 \sim 300 \times 10^6 \text{ m}^3$  の pocket 容量に相当している。さらに既存の Iahar pocket を嵩上げする事によつてその容量増加を計る事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 2 - 3 回の Kelut 山噴火に伴なり流出土砂による河床上昇を防止するための Iahar pocket の建設が可能と思われる。但し、山腹の火山砂流出分布は、山腹の勾配及び火口の形状によつて Kelut 山南部と西部では大きく異なつてゐる。従つて将来の砂防計画は、噴火に伴なり火山砂へ分布を十分考慮して検討する必要がある。

#### 4.3 ダム計画

##### 4.3.1 現況

プランタス河流域では現在本川上流部に Karangates dam 及び Konto 川（一支流）上流部に Seloredjo dam の 2 つが発電・洪水調節・乾期かんがい用水補給等の多目的ダムとして建設中で、1973年6月頃完成の見込みである。

この他現在インドネシア政府で計画中のダムが 2 つある。1 つは Karangates 貯水池に隣接する一支流 Lahor 川上流に計画されている Lahor dam で、トンネルで Karangates 貯水池と連結し発電使用水量を増加させる計画である。他の 1 つは本川の Karangates dam 下流約 30 km の地点で計画されている Wlingi dam である。プランタス河本流上の dam 築造に適する地点は地形的に見て上流々域に限られており、中・下流部には適切な地点は見当たらない。

支流には若干の dam 計画が考えられるが未だ概念的な段階で必要な調査や研究は行なわれていない状態である。

##### 4.3.2 Wlingi dam 計画

現在インドネシア政府で計画中の Wlingi dam 計画は発電・洪水調節・砂防・かんがいを目的としており、27,000 kW の発電所を設置する他、Karangates 発電所の peak 流量の再調整池としての機能を持たすことも考慮している。

ここではイ政府の Wlingi dam 計画の概要を、主として今回行なわれた水文調査・土砂流解析等の結果および 1971 年に行なわれた東部ジャワ電力調査の結果より見た検討について述べることにする。



## (1) 発電及び再調整池機能

東部ジャワ電力調査結果によれば 1975～1985年の電力需要予測による Peak demand は 1976年初期には現在の設備出力を超える見込みで、新規の発電設備を必要としている。Wlingi dam計画では 1976年の不足を補うべく比較検討した結果、設備出力は 27,000 ㎵が最適であろうとしている。

また Kali Konto 系統の peak power も 1979年頃不足する。系統内の火力が Base load を受けもてば、Karangkates 発電所は Peak 水力として運転することが要求される。それに対して Wlingi 貯水池を再調整池として利用することを考慮しているが、両者間の約 30 Km の河川水位の変動の危険性は更に検討の必要があろう。

## (2) 洪水調節および砂防

計画では Wlingi 貯水池により若干の洪水流量の軽減が計算されているが、これは dam 地点直下流での軽減であり、Kali Ngrowo 合流点附近の現在の遊水が Wlingi 貯水池による調節によつてどう変化し、その下流にどのような効果をおよぼすかを総合的に検討する必要がある。

一方、Wlingi 貯水池に流入する Putih 川及び Semut 川上流に設けられた砂防 pocket より流下する土砂を貯水池内に貯溜して、下流部の土砂堆積を軽減することを計画している。今回の土砂流解析によつて見ると、Wlingi 計画に用いた山腹よりの土砂流下量の推定はほぼ妥当な数値であると考えられる。

また将来の噴火に伴なう Primary lahar 到達距離については、現在の火口湖貯水量から推算すると 13Km 程度と見られ、また火口湖より 25Km 離れて Putih 川及び Semut 川の砂防 pocket があるので Wlingi 貯水池に一時に甚大な量の土砂流が流れ込む危険性は殆んど無いと考えられる。

但し Wlingi 貯水池による砂防効果（下流の河床上昇の軽減の程度）については今後下流の Kederi 附近の河川改修との総合的な調査・研究で明らかにする必要がある。しかし Wlingi 計画で考えられてい

る効果の数値のうち洪水調節および砂防については他の発電および次に述べるかんがいによる効果に比してそれ程大きくないので検討の結果で大きい差異が起るとは思えない。

(3) かんがい

東部ジャワかんがい局ではブランタス左岸 Lodojo および East Tulunggang 地区 13,600 ha の新規かんがい計画に対する取水地点を、Wlingi dam 上流 5 Km の地点に計画している。これに対して Wlingi dam 計画では貯水池より直接取水することによつて 5 Km の水路工事費の節約を計ることとしている。

この両者を検討すると、前者の計画では将来 Karangates 発電所の Peak power supply operation を行なつた場合、河川水位の変動が大きく安定した取水が極めて困難となる恐れがあるので、Wlingi 貯水池よりの取水は経済的にも技術的にも妥当であろう。

但し水の最も適正な配分利用については今後の調査によつてこのかんがい計画を検討する必要がある。

(4) ダム地点の地質

計画を見るとボーリング等でかなり地質を調査してあるが、基岩が左岸においては石灰岩であり、右岸は Agglomeratic toff と Volcanic ash の互層より成つており、湛水後の Seepage 防止に十分の留意を要すると見られる。万全を期すために今後追加の地質調査やグラウト試験・水圧漏水試験等を実施することが望ましい。

臺灣省水利局  
流域水資源開發調查  
要約報告書

UJCP  
108  
61.7  
SDC  
LIB (A)