

インドネシア共和国
ガルングン火山防災計画調査
報告書
(要約)

1988年12月

国際協力事業団

| |
|-------------|
| 開 二 |
| CR(3) |
| 88-155(2/2) |

JICA LIBRARY



1072766E7J

18804

インドネシア共和国
ガランゲン火山防災計画調査
報告書
(要約)

1988年12月

国際協力事業団

国際協力事業団

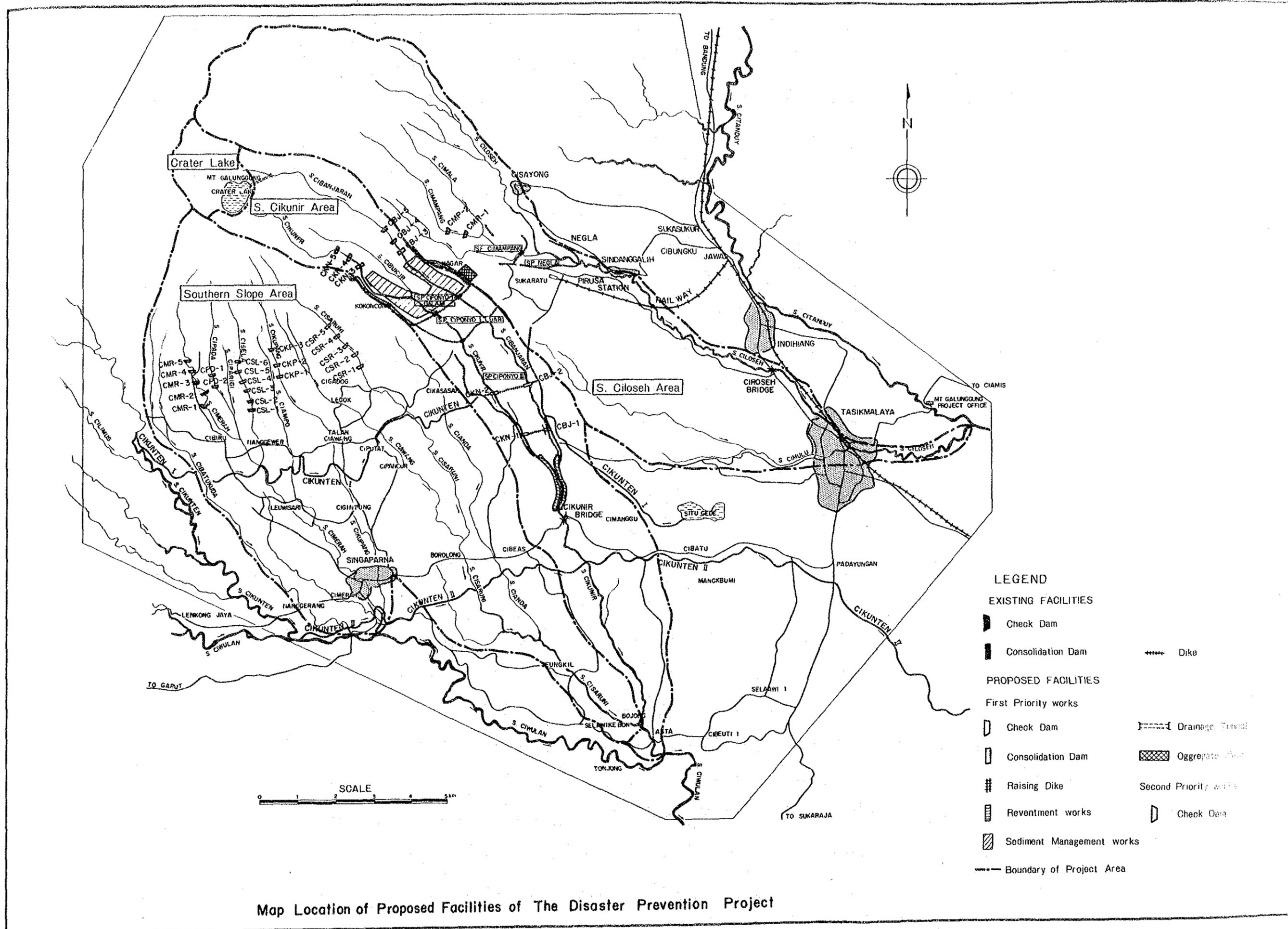
18804

目 次

| | |
|------------------------|----|
| 1. 調査概要 | 1 |
| 1.1 調査の背景 | 1 |
| 1.2 調査の目的 | 1 |
| 1.3 調査の内容 | 2 |
| 2. 調査地域 | 4 |
| 2.1 自然条件 | 4 |
| 2.2 社会経済条件 | 11 |
| 2.3 ガルングン火山の噴火記録と被害 | 12 |
| 2.4 火口湖の水位変動 | 12 |
| 3. 防災計画 | 14 |
| 3.1 概要 | 14 |
| 3.2 既存のBasic Planのレビュー | 14 |
| 3.3 南東斜面区域における防災計画 | 16 |
| 3.3.1 防災区域の土砂流出状況 | 16 |
| 3.3.2 計画処理土砂量 | 21 |
| 3.4 火口湖おける防災計画 | 26 |
| 4. 防災プロジェクト | 27 |
| 4.1 防災プロジェクトの概要 | 27 |
| 4.1.1 プロジェクトユニット | 27 |
| 4.1.2 土砂処理工事の代替案 | 32 |
| 4.2 工事数量 | 33 |
| 5. プロジェクトの経済評価 | 35 |
| 5.1 便益 | 35 |
| 5.2 経済費用 | 35 |
| 5.3 防災プロジェクトの経済評価 | 36 |
| 5.4 土砂処理工事の代替案の経済評価 | 41 |

付録-1 サンドポケット堆積土砂の有効利用

付録-2 図面



Crater Lake

S. Cikunir Area

Southern Slope Area

S. Giloseh Area

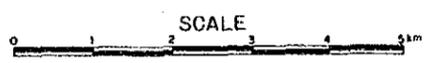
LEGEND

EXISTING FACILITIES

- Check Dam
- Consolidation Dam
- ++++ Dike

PROPOSED FACILITIES

- First Priority works**
- ▮ Check Dam
 - ▮ Consolidation Dam
 - ▮ Raising Dike
 - ▮ Reventment works
 - ▮ Sediment Management works
- Second Priority works**
- ▮ Drainage Tunnel
 - ▮ Aggregate Dam
 - ▮ Check Dam
- Boundary of Project Area



Map Location of Proposed Facilities of The Disaster Prevention Project

要 約

1. 調査概要

1.1 調査の背景

西ジャワ州の州都バンドン (Bandung) 市の南東約 100kmの東経 108° , 南緯 7° に位置するガルングン (Galunggung) 火山 (海拔2168m) は, 1982年4月に噴火し, 周辺のタシクマラヤ (Tasikmalaya) 県, ガルート (Garut) 県, チアミス (Ciamis) 県に大きな被害をもたらし, 1983年の1月にその活動を終息した。

噴火活動による噴出土砂は, 約 370百万 m³と見積られ¹⁾, インドネシア政府は, これらの対策として1982年ガルングン工事事務所 (Mt. Galunggung Project Office) を設立し, 緊急防災事業として1985年までにサンドポケット, 砂防ダム等の防災施設を完成させた。

土砂の流出は, その後も続き, 特に雨期においては山腹に堆積している土砂がラホール (Lahar) となって流下し, サンドポケットの貯砂容量も, これらの流入・堆積により限界に達し, 再度の災害防止対策に苦慮している状態である。

噴火活動によって形成されたガルングン火山の火口に溜まった水は, 上昇の傾向を示しており, 火口壁の決壊, 爆発時の熱水越流が懸念され, その対応策が必要となった。

こうした背景を受け, インドネシア政府から, ガルングン火山の南東斜面流域を対象とした防災計画の検討に関する協力要請が日本政府になされ, 1987年3月にその S / W (Scope of Work) が締結され, 1987年8月にフィージビリティ調査を開始した。

1.2 調査の目的

本調査の目的は, 災害の危険に直面しているガルングン火山の南東斜面における防災計画を策定すること並びに調査の実施を通じてインドネシア側カウンターパートに対して, 技術移転を図ることである。

1) J. A. Katili, Adjat Sudrojat ; Galunggung The 1982-1983 Eruption Page 52~53, Volcanological Survey of Indonesia, Republic Indonesia 1984

1.3 調査の内容

調査の内容は、次のとおりである。

- 1) Basic Planの見直し
- 2) ガルングン火山南東斜面における土砂制御計画の策定
- 3) ガルングン火山の火口湖対策工の検討
- 4) 防災プロジェクトの設計，積算
- 5) 防災プロジェクトの評価
- 6) 堆積土砂の有効利用に関する提言

本調査の調査フローを図-1.1に示す。

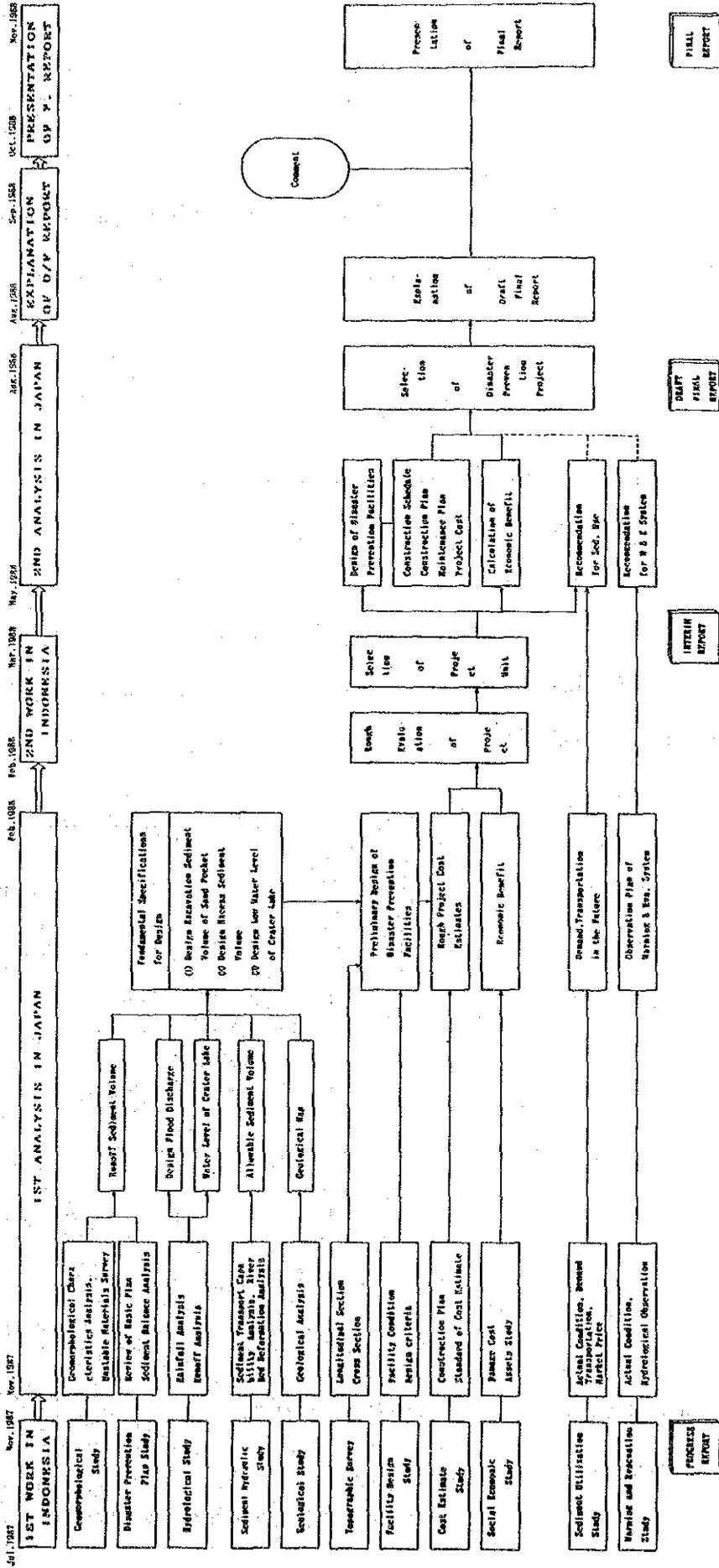


図-1.1 調査フロー

2. 調査地域

調査地域は、西部ジャワ州のタシクマラヤ県に位置するガルングン火山の南東斜面流域（約 550km²）である。

調査地域の主要河川は、チクニール川 (S. Cikunir) , チロセ川 (S. Ciloseh) , チメラ川 (S. Cimerah) である。

2.1 自然条件

(1) 地形・地質

ガルングン火山は、図-2.1 に示すような馬蹄形の火口縁 (crater rim) を有する。この火口縁が消滅 (breach) する付近から南東方向の緩斜面には、数千年前の土石流によって形成された hillock (小丘) が存在する。この小丘が自然の障壁となって住民、資産をラハール災害から守っている。

火口縁の内側には、チバンジャラン川とチクニール川の2河川が南東方向に流れ、沖積扇状地 (Alluvial Fan) を形成している。

チバンジャラン川の北側には、チロセ川とその支流のチマンパン川が流れ、チロセ川は、タシクマラヤの市街地を流れた後、チタンデュイ川に合流する。

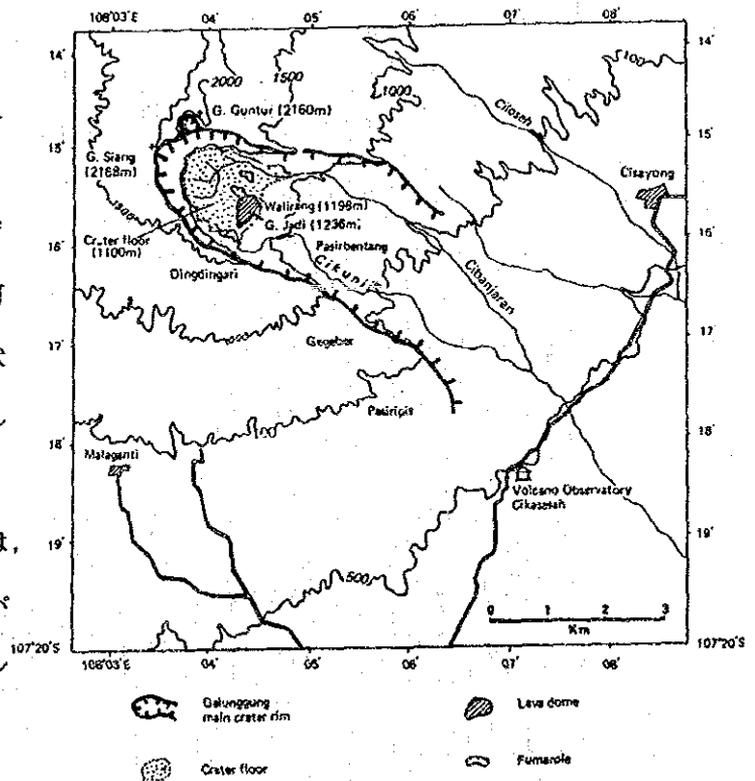


図-2.1 ガルングン火山の地形

これらの河川の河床勾配は、上流部で1/10程度、下流部で1/70~1/100である。

地質状況をみると、火口縁の外側の高標高 (BL 1,000m~ 2,200m) 部には、古グントゥール (Old Guntur) 火山に由来する碎屑岩 (Pyroclastic Air Fall Deposits) (Guip, Gulp, Gul) が、低標高部 (BL 500~ 1,000m) には、古グントゥール火山形成後の側方爆発 (約23,100年前に由来する泥流堆積物 (Lahar Deposits) (G1h1) が分布している。この泥流堆積物はタシクマラヤ, シンガバルナ (Singaparna), インディヒアン (Indihiang) を含む南東斜面に広く分布している。

ガルングン火山の火口縁 (crater rim) の内側には、1982年の噴火に由来するガルングン泥流堆積物3 (Galunggung Lahar 3 Deposits) (G1h3) と1822年の噴火に由来するガルングン火砕流堆積物2 (Galunggung Pyroclastic Flow 2 Deposits) (Gap2) が分布している。(図-2.2参照)

次に火口湖の地質状況をみると、その周辺は、第4紀の火山碎屑岩 (Quaternary Pyroclastic Rocks) と堆積物 (Deposits) から成る。施設が計画されるチバンジャラン川側の地質層序は、図-2.2に示すが、下部から古期火山角礫岩 (Older Volcanic breccia) (Ob), 安山岩ドーム (Andesite dome) (Ad), 新規火山碎屑岩 (Younger volcanic breccia) (Yb), 火山流堆積物 (pyroclastic flow deposits) (Py), 火山灰 (Tephra) (Tp) の5層から成る。

また火口壁の火口側には、80°~90℃の高温ゾーンが存在する。

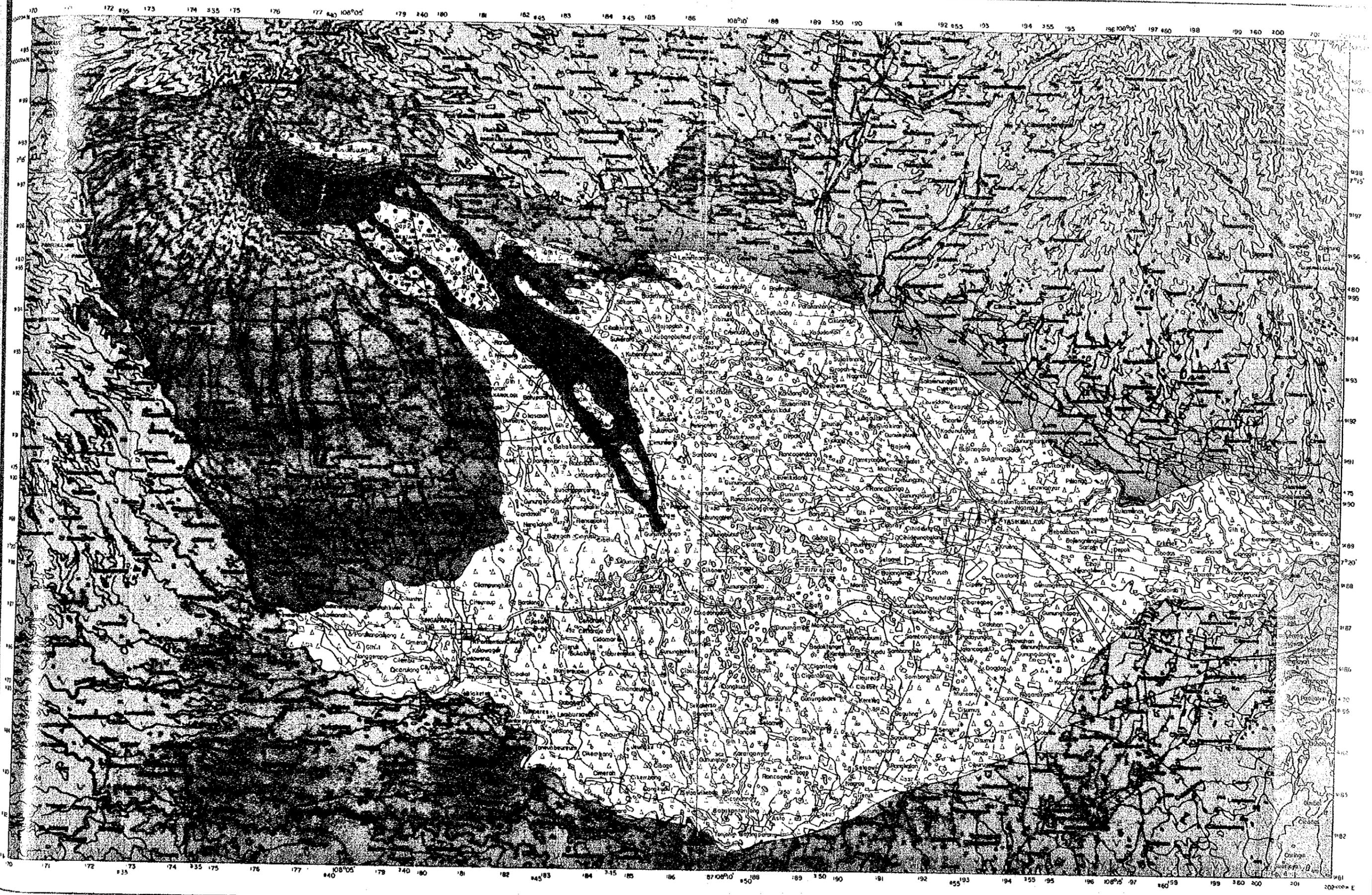


図-2.2(1) ガルングン火山周辺の地質

Scale: 1/50,000

KORELASI SATUAN PETA
CORRELATION OF MAP UNITS

| UMUR / AGE PERIODA VULKANISMA VOLCANISM PERIODS TAHUN / YEARS | ENDAPAN VULKANIK GALUNGGUNG/GALUNGGUNG VOLCANIC DEPOSITS | | | | | | ENDAPAN PERMUKAAN SURFICIAL DEPOSITS | ENDAPAN GUNUNG TALAGABODAS VOLCANIC DEPOSITS | ENDAPAN GUNUNG KARACAK VOLCANIC DEPOSITS | ENDAPAN GUNUNG SAWAL VOLCANIC DEPOSITS |
|--|--|---------------------|-----------------------------------|--|--|-----------------------------------|---|--|--|--|
| | ENDAPAN VULKANIK KAWAH GUNTUR GUNTUR CRATER VOLCANIC DEPOSITS | | | ENDAPAN VULKANIK KAWAH GALUNGGUNG DALUNGGUNG CRATER VOLCANIC DEPOSITS | | | | | | |
| | PRIMER / PRIMARY | | SEKUNDER / SECONDARY | PRIMER / PRIMARY | | SEKUNDER / SECONDARY | | | | |
| | ERUPSI PUSAT/CENTRAL ERUPTION | | ERUPSI LAMPAH LATERAL ERUPTION | ERUPSI PUSAT/CENTRAL ERUPTION | | ERUPSI LAMPAH LATERAL ERUPTION | | | | |
| JADI LATAH LAVA FLOW | ENDAPAN ALIRAN PIROKLASTIKA PYROCLASTIC AIR FALL DEPOSITS | LANDIR IN POSISI | LAVA | ENDAPAN ALIRAN PIROKLASTIKA / PYROCLASTIC FLOW DEPOSITS | ENDAPAN ALIRAN PIROKLASTIKA AIR FALL DEPOSITS | LAHAR DEPOSIT | | | | |
| 1985 | | | | | | | | | | |
| 1982 | | | | | | | | | | |
| 1942 | | | | | | | | | | |
| 1934 | | | | | | | | | | |
| 1927 | | | | | | | | | | |
| 1900-07 | | | | | | | | | | |
| PERIODA I I PERIOD | | | | | | | | | | |
| PERIODA II II PERIOD | | | | | | | | | | |
| PERIODA III III PERIOD | | | | | | | | | | |
| PERIODA IV IV PERIOD | | | | | | | | | | |

KETERANGAN
EXPLANATION

ENDAPAN PERMUKAAN
SURFICIAL DEPOSITS

-  KOLUVIUM
COLLOVIUM
-  ENDAPAN JATUHAN PIROKLASTIKA 2 GALUNGGUNG
GALUNGGUNG PYROCLASTIC AIR FALL 2 DEPOSITS
-  ENDAPAN LAHAR 3 GALUNGGUNG
GALUNGGUNG LAHAR 3 DEPOSITS
-  ENDAPAN JATUHAN PIROKLASTIKA 1 GALUNGGUNG
GALUNGGUNG PYROCLASTIC AIR FALL 1 DEPOSITS
-  ENDAPAN ALIRAN PIROKLASTIKA 3 GALUNGGUNG
GALUNGGUNG PYROCLASTIC FLOW 3 DEPOSITS
-  ENDAPAN LAHAR 2 GALUNGGUNG
GALUNGGUNG LAHAR 2 DEPOSITS
-  LAVA GUNUNG JADI
LAVA OF GUNUNG JADI
-  LAVA WALIRANG
LAVA OF WALIRANG
-  ENDAPAN ALIRAN PIROKLASTIKA GALUNGGUNG 2
GALUNGGUNG PYROCLASTIC FLOW 2 DEPOSITS
-  ENDAPAN LAHAR 1 GALUNGGUNG
GALUNGGUNG 1 LAHAR DEPOSITS
-  ENDAPAN ALIRAN PIROKLASTIKA 1 GALUNGGUNG
GALUNGGUNG PYROCLASTIC FLOW 1 DEPOSITS
-  ENDAPAN LONGSORAN VULKANIK GALUNGGUNG
DEBRIS AVALANCHE DEPOSITS OF GALUNGGUNG VOLCANO

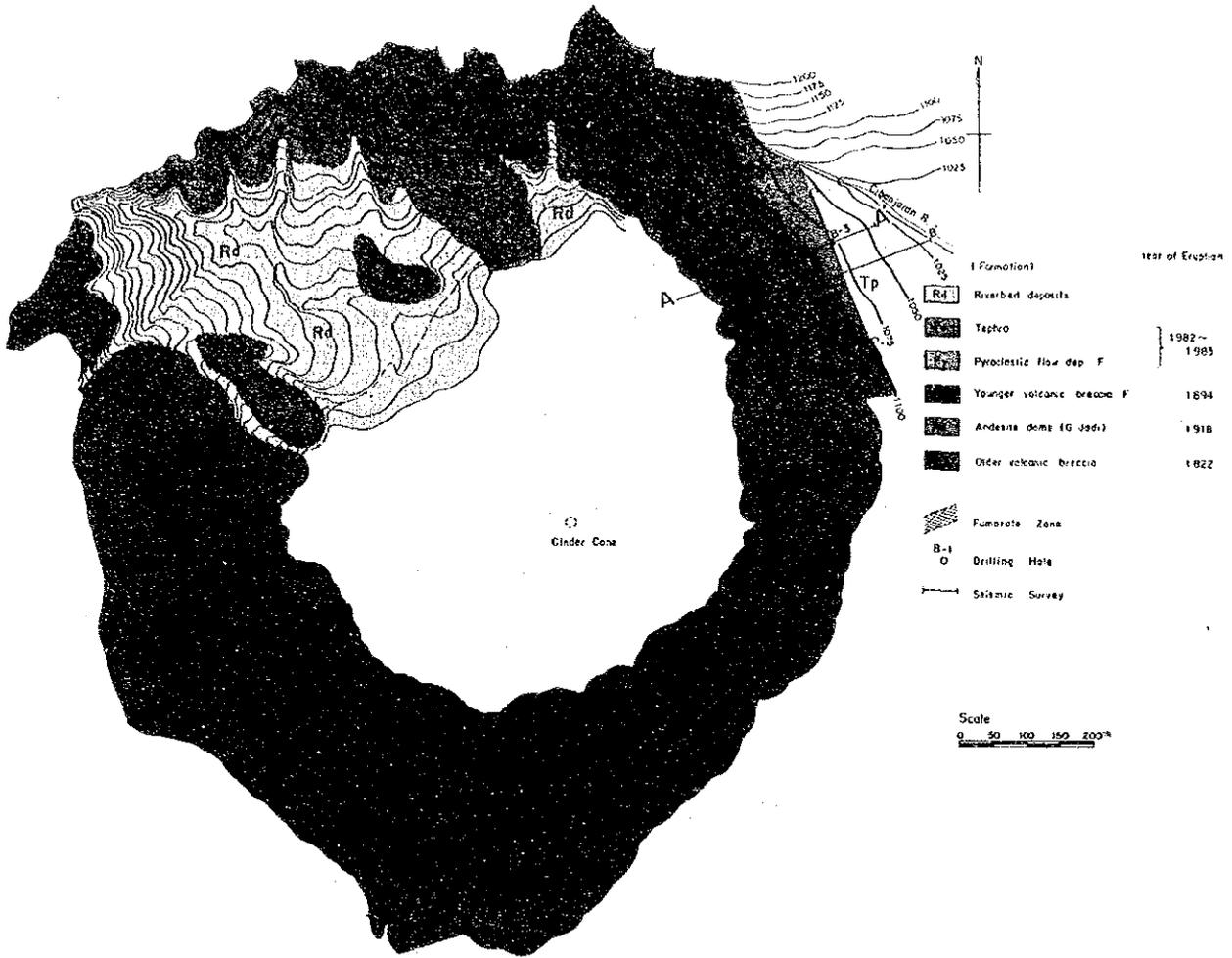
ENDAPAN VULKANIK GUNTUR
GUNTUR CRATER VOLCANIC DEPOSITS

-  ENDAPAN JATUHAN PIROKLASTIKA GUNTUR
GUNTUR PYROCLASTIC AIR FALL DEPOSITS
-  ENDAPAN LAHAR GUNTUR
GUNTUR LAHAR DEPOSITS
-  ALIRAN LAVA GUNTUR
GUNTUR LAVA FLOWS
-  ENDAPAN VULKANIK GUNUNG TALAGABODAS
TALAGABODAS VOLCANIC DEPOSITS
-  ENDAPAN VULKANIK GUNUNG KARACAK
KARACAK VOLCANIC DEPOSITS
-  ENDAPAN VULKANIK GUNUNG SAWAL
SAWAL VOLCANIC DEPOSITS

☒ - 2.2 (2)

ガルングン火山噴出物とその生成年代

PLAN



SECTION A-A'

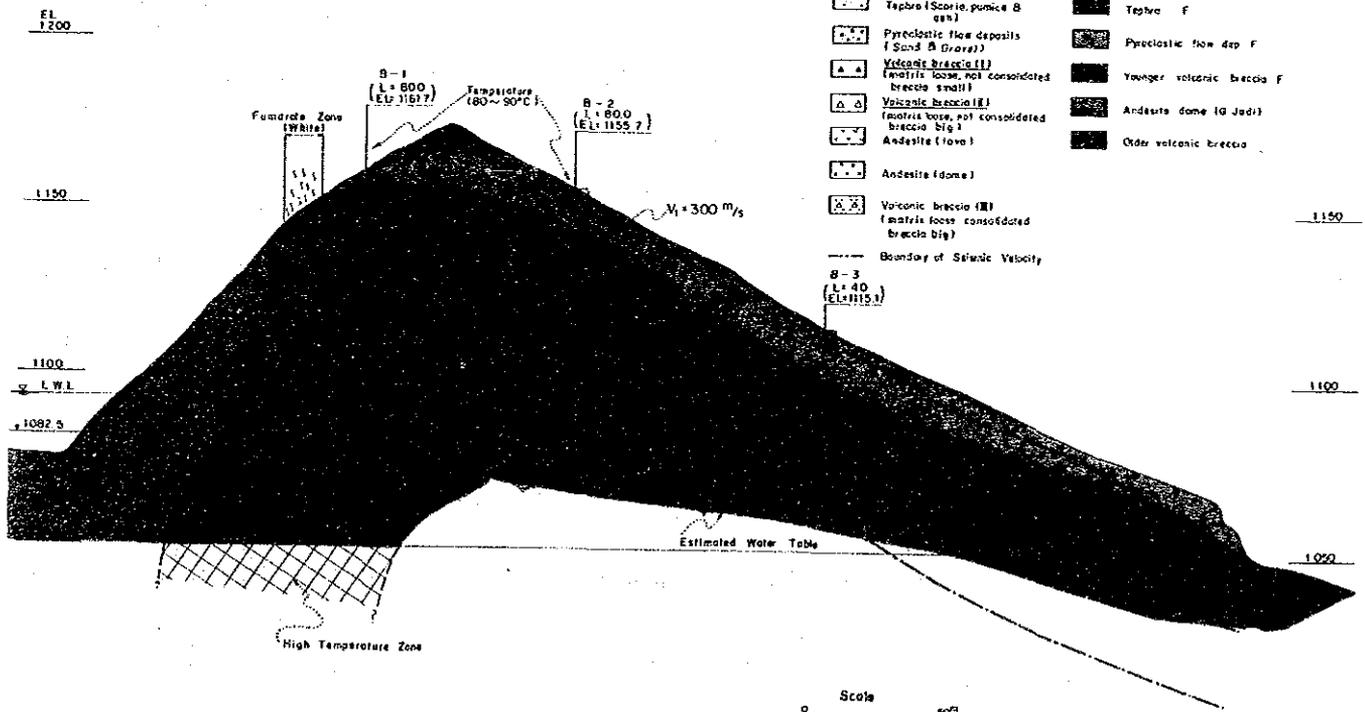


図-2.3 火口湖の地質平面と地質断面

(2) 河川システム

調査地内の主要河川はチクニール (Cikunir)川, チロセ (Ciloseh)川, チメラ (Cimerah)川等である (位置図 参照)。

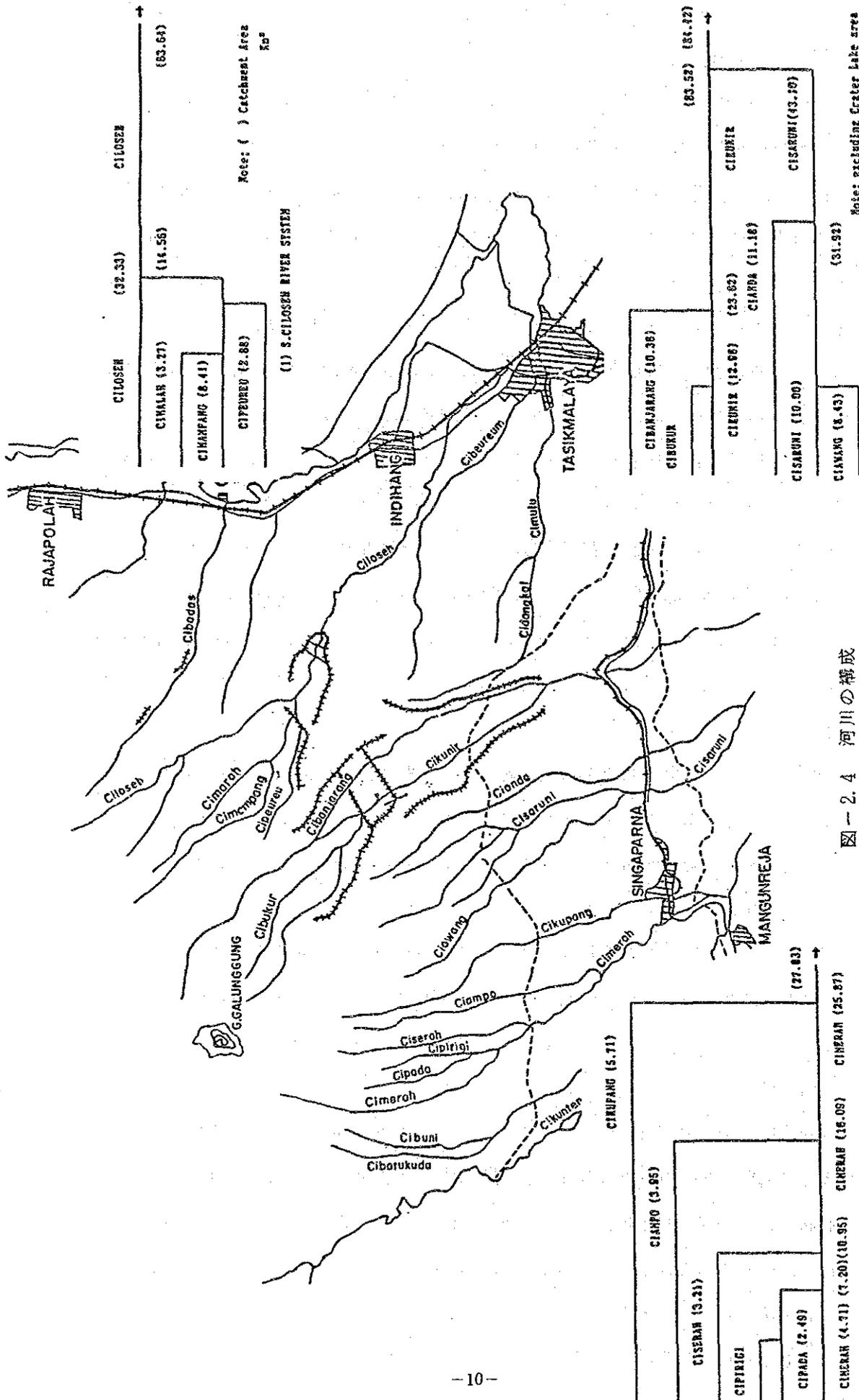
チクニール川は, ガルングン火山を, 水源に持つ川であり, 調査地域内の中央部を南東方向に流れ, 途中, サンドポケットチボニョⅡのチジェルク (Cijeruk)付近で, チバンジャラン (Cibanjuran) 川を合わせ, さらに, ボジョン (Bojong) 付近で, チサルニ (Cisaruni) 川を合わせ, ボジョンパララン (Bojong Parang)付近で, チラウン (Ciwulan)川に合流している。流域面積は, 88km², 河川延長は, 22kmであり, 河床勾配は, 上流部で, 1/10程度, 下流部で1/70程度である。

チロセ川は, 調査地域の北側を東方向へ流れる川であり, 上流部のサンドポケットチマンパン (Cimampang)付近でチマラ (Cimara) 川, チベルム (Cipereum) 川, チマンパン (Cimampang)川が合流し, チマンパン川となり, さらに下流のサンドポケットネグラ (Negla)付近で, このチマンパン川と合流し, 東南方向へ流れ, タシクマラヤ市を通過した後, チタンデュイ (Citanduy) 川へ合流している。流域面積は64km², 河川延長は25kmであり, 河床勾配は, 上流部で1/10程度, 下流部で1/90程度である。

チメラ川は, 対象流域の西側を東南方向へ流れる流域面積28km²の川であり, 上流部で, チパダ (Cipada) 川, チパリギ (Ciparigi) 川, チセラ (Ciserah)川, チアンボ (Ciampo) 川を合わせつつ, 南下し, シンガバルナ付近にて, チクパン (Cikupang) 川を合わせた後, チウラン川へ合流している。

チウラン川は, 上記の3河川のうち, チクニール川とチメラ川が合流している河川であり, チクニール川が合流するボジョンパララン付近で, 流れの方向を東方向から南方向へ転じた後, 南下し, 途中で, チマワテ (Cimawate) 川, チピナハ (Cipinaha) 川, チロンガン (Cilongan) 川, チカロパ (Cikalopa) 川, チキジン (Cikijing) 川, チソドン (Cisodong) 川を合わせ, インド洋に流入している。流域面積は 1,050km² (チウラン合流点では, 380 km²), 河川延長はチウラン川合流点までで81kmであり, 河床勾配は, チウラン川合流点付近で 1/150程度, スカラジャ (Sukaraja) 付近で 1/220程度, スカラメ (Sukarame) 付近で 1/360程度, 河口部で1/600 - 1/900 となっている。

主要3河川の河川構成を以下に示す。



図一2.4 河川の構成

(S. Cilosoh, S. Cikunir, S. Cimerah)

(3) 気 象

調査地域の気候は、熱帯性気候であり、月平均気温は24℃～25℃である。また雨期と乾期が明確に区別され、雨期は10月から5月、乾期が6月～9月となっている。

降雨概況は、表-2.1のとおりであり、最大年雨量は、5,100mm (シンガパルナ) 最大日雨量は 365mm (同) となっている。

表-2.1 年雨量, 最大月雨量, 最大日雨量の最大, 最小及び平均
(unit: mm)

| Station Item | Tasikmalaya | | | Singaparna | | |
|---------------------------|-------------|------------|----------|------------|------------|----------|
| | Annual | Max. Month | Max. Day | Annual | Max. Month | Max. Day |
| Maximum | 4,548 | 1,032 | 234 | 5,114 | 1,039 | 385 |
| Minimum | 1,872 | 329 | 68 | 1,670 | 365 | 51 |
| Mean | 3,294 | 586 | 127 | 3,231 | 546 | 123 |
| Number of Data (years) | 33 | 37 | 39 | 23 | 30 | 30 |

2.2 社会経済条件

調査地域は、タシクマラヤ県 (Kabupaten Tasikmalaya) にすべて属している。

タシクマラヤ県は、西側を Garut 県に、東側を Ciamis 県に接しており、28の群 (Kecamatan) から構成されている。総面積は 2,732km²、総人口は約 160万人 (1986) である。

調査地域は6 (郡) Kecamatan から成り、この6 Kecamatan の総人口は 408千人、このうち一般に Kota (Kota) と呼ばれるタシクマラヤ市の人口は 169千人である。

調査地域内の主要産業は農業であり、水稻の生産量は93,000 t (6 Kecamatan) であり、1 Ha当りの年当りの生産高は 5.7 t となっている。水稻の他の栽培作物としては、キャッサバ、フルーツがある。

2.3 ガルンゲン火山の噴火記録と被害

歴史に残るガルンゲン火山の噴火は1) 1822年, 2) 1894年, 3) 1918年, 4) 1982年の4回であり, このうち1822年と1982年の噴火が特に大規模である。また噴火活動は, 1) ~ 3) が1日間~14日間と短いのに対し, 1982年は9ヶ月以上とその活動期間が長かったことが特徴的である。

噴火に伴うタンクマラヤ県の被害額は約520億ルピア(1982年)である。この額はその被災区域から判断して調査域における被害額にほぼ相当する。

2.4 火口湖の水位変動

火口湖の水位は, 1987年4月に観測を開始した。水位変動状況は, 図-2.5に示してあるが, 1987年の4月から11月までと, 本年(1988年)の6月以降が低下の傾向, 1987年12月から1988年5月までが上昇の傾向となっている。月雨量と火口湖の水位には明確な対応関係がみられる。

観測期間の最高水位は, EL 1,100.2m (1987年4月, 貯留量 515万 m^3)であり, 最低水位は, EL 1,090.4m (1987年11月, 貯留量 230万 m^3)である。

なお, 観測以前の最高水位は, 水位痕跡より求めたEL 1,107.6m (1986年11月頃, 貯留量 800万 m^3)である。

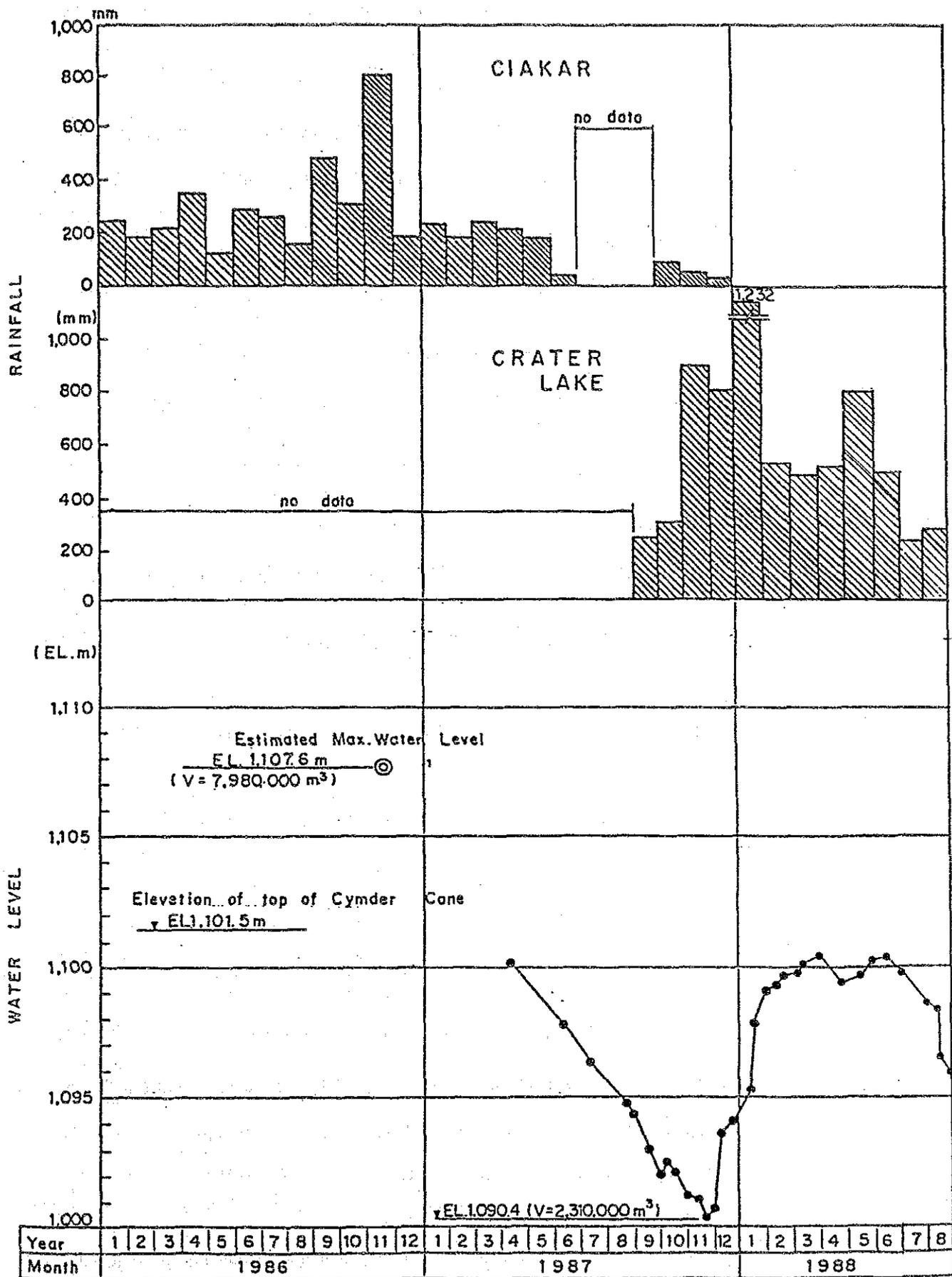


図-2.5 火口湖の水位変動状況

3. 防災計画

3.1 概要

防災計画は、想定される被害、災害の頻度、施設計画等を考慮して南東斜面地域を対象とした防災計画（土砂制御計画）と火口湖を対象とした防災計画に分けて検討した。（図-3.1参照）

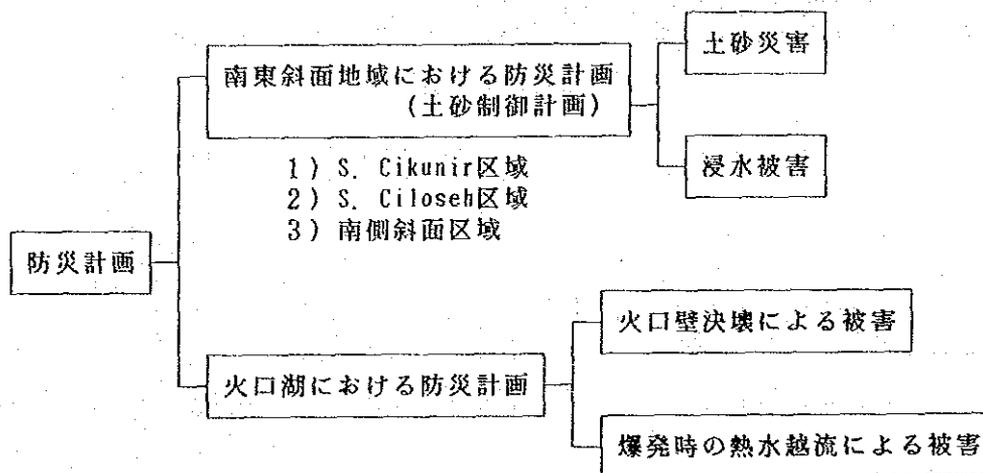


図-3.1 防災計画の分類と想定される被害

防災計画の検討に先立って、インドネシア政府が作成した既存の暫定防災計画（ここでは「Existing Basic Plan」と呼ぶ）をレビューした。

なお、南東斜面地域は、土砂の流出状況、流域界を考慮してS. Cikunir区域、S. Ciloseh区域、南側斜面区域の3区域に分けた。

3.2 既存 Basic Plan のレビュー

防災計画の検討に当たり、既存のBasic Planをレビューした。既存のBasic Planと当調査の防災計画の比較検討の結果は表-3.1に示すとおりである。

表-3.1に示すように、既存のBasic Planは、1982年の噴火に対する緊急的な計画であったため、施設計画に対する計画量（計画流出土砂量、計画調節土砂量 etc）が定められていないのに対し、当調査では、既存資料、現地踏査結果に基づき、これらの計画量を定めている点が基本的な相違点である。

この既存のBasic Planは、災害直後のデータが不十分な時点で作成されたものであるが、対策工としては、適切であったと判断する。

表-3.1 既存の Basic Plan と本調査の防災計画との比較

| Items | | Existing Basic Plan | | | Proposed Disaster Prevention Plan | | | |
|-------------------------------------|----------------------------------|---|-----------------|---------------------|--|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Objectives | | -;To protect the dangerous area from the Lahar disaster after the eruption in 1982 | | | -;To protect the disaster prevention area from the Lahar disaster and Banjir disaster due to removing of the deposited sediment after the eruption in 1982 -;To protect the disaster prevention area from the Lahar disaster and Banjir disaster due to overflowing of the storage water in the crater lake | | | |
| Disaster Prevention Area | | -;S. Ciloseh Area -;S. Cikunir Area -;S. Cisaruni Area -;S. Cikupang Area -;S. Cimerah Area } Southern slope Area | | | -;S. Ciloseh Area -;S. Cikunir Area included Crater Lake Area -;S. Cisaruni Area -;S. Cikupang Area -;S. Cimerah Area } Southern Slope Area | | | |
| Magnitude of Plan | | Not discussed | | | -;50 years return period | | | |
| Reference Point | | Not established | | | 7 reference points and 4 sub reference points are established | | | |
| Sediment Volume dealt with the plan | | Not discussed | | | S. Ciloseh Area 394,000 m ³ /10years (Design control sediment volume = 1,969,000 m ³ /flood) S. Cikunir Area 6,141,000 m ³ /10years S. Cisaruni Area 134,000 m ³ /flood S. Cikupang Area 46,000 m ³ /flood S. Cimerah Area 534,000 m ³ /flood | | | |
| Sediment Control System | | S. Ciloseh Area; -; Storage of sediment by check dams and sand pockets -; Stabilization of riverbed by consolidation dams | | | S. Ciloseh Area; -; Storage of sediment by sandpockets with check dams | | | |
| | | S. Cikunir Area; -; Storage of sediment by check dams and sandpockets -; Stabilization of river bed by consolidation dams | | | S. Cikunir Area; -; Storage of sediment by sandpockets with check dams -; Stabilization of river course by consolidation dams, groynes and revetment works | | | |
| | | Southern Slope Area; -; Storage of sediment by check dams -; Prevention of sediment flooding by dikes | | | Southern Slope Area; -; Storage of sediment by check dams | | | |
| Facility | Name of Area Kind of Facility | S. Ciloseh Area | S. Cikunir Area | Southern Slope Area | S. Ciloseh Area | S. Cikunir Area | Southern Slope Area | Crater Lake Area |
| | Dike | 5(5)sites | 5(4)sites ** | 3(3)sites | 5(5)sites | 4(4)sites | 3(3)sites | -- |
| | Check dam | 5(4)units | 3units | 7(1)units | 5units | 6units | 21(1)units | -- |
| | Overflow | -- | 1unit | -- | -- | -- | -- | -- |
| | Consolidation dam | 1unit | 1unit | 1unit | -- | 4unit | -- | -- |
| | Groyne | 2sites | 2sites | -- | 2sites | 5sites | -- | -- |
| | Revetment works | -- | -- | -- | -- | 1site(1.7km) | -- | -- |
| | Drainage tunnel | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 1unit(665m) |
| | Others | -- | -- | -- | Excavation works | Excavation works | -- | -- |
| Construction cost | | Not estimated | | | 3,621×10 ⁶ Rp | 39,314×10 ⁶ Rp*2 | 9,293×10 ⁶ R | 5,379×10 ⁶ Rp |
| Construction period | | Not discussed | | | 10 years ** | 10 years | 10 years | 10 years |

Notes) () means the number of the existing facilities

*1; All of the existing facilities had been destroyed

*2; Construction cost of the alternative D

*3; Three (3) check dams in S. Ciloseh is excluded in this construction period 10 years

3.3 南東斜面区域における防災計画

3.3.1 防災区域の土砂流出状況

S. Cikunir 区域に今後、流入し堆積する土砂量を推定するために時期別の堆積土砂量を調査した。

1982年のガルングン火山の噴火による噴出土砂の堆期別積状況は、地質調査所(VSI)とガルングン工事事務所及びJICA調査団によって調査された。その調査結果は下記のとおりである。

(1) VSIによる噴出土砂量の調査結果

1982年8月に撮影された航空写真及び噴火活動中に実施した現地調査結果に基づいて、1982年のガルングン火山の噴出量は370百万 m^3 以上と推算され、ガルングン火山南東斜面、北西斜面、S. Citanduy上流域の噴出物の堆積量は130百万 m^3 と推算された(図-3.2)。

この調査結果によれば、噴火活動中の噴出物の地域別平均厚は、S. Cikunir - S. Cibantaran Areaで155cm, S. Ciloseh - S. Cimampang Areaで30cm, S. Cimerah, S. Cikupang, S. Cisaruniを含む南側斜面区域で20cm, S. Cisangkan - S. Cibeureumを含む北西斜面で10cm, S. Citanduy上流域で5cm以下であり、南東斜面区域、特にS. Cikunir - S. Cibantaran Areaでの噴出物の堆積が大きかった。

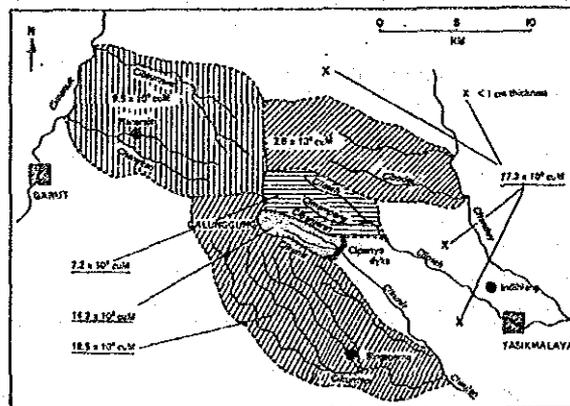


図-3.2 噴出土砂の分布と堆積量

source: j. a. katili & adjat sudradjat (1984) : galunggung-
the 1982-1983 eruption, volcanological Survey
of Indonesia

(2) 1982年4月から1982年8月までのS. Cikunir区域の堆積土砂量

S. Cikunir区域以外の地域における噴出堆積物の大部分は、粒径1mm以下のシルト質に近い細粒分である。それらは、噴火後の降雨時にウォッシュロード、浮遊砂として海まで流れ去ったり、土壌化して、現在は1982年の噴出堆積物の著しい土砂流出は見られない。

多量の噴出物が堆積したS. Cikunir区域では、噴火後の降雨時に細粒分はウォッシュロード、浮遊砂として流れ去ったが、粒径1mm—1,000mm（平均30mm）の土砂がS. CikunirとS. Cibangaranの合流点からKokoncong, Sinagarに至る範囲に堆積した。

1982年8月撮影の航空写真判読及び現地調査結果に基づいて調査団が計測したS. Cikunir区域のLahar堆積量は22,270千m³である（図-3.3参照）。このうち、1,740千m³はS. CibangaranのSinagar地点からS. Ciloseh流域に越流して堆積した土砂量である。これらの土砂量は、1982年4月から1982年8月の5カ月間に堆積したものである。

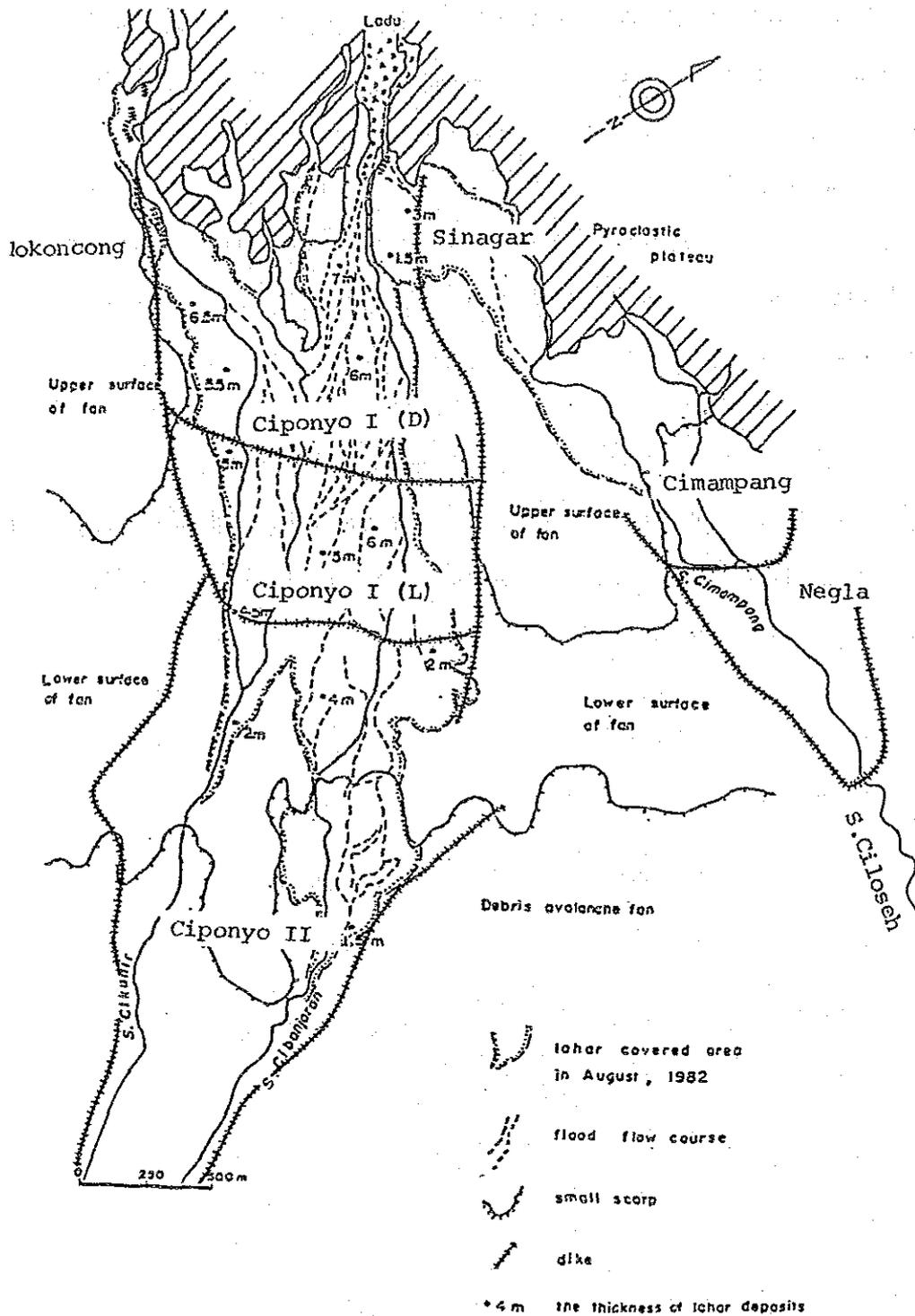


図-3.3 ラハール堆積物の分布と堆積厚

(3) 1982年9月から1984年4月までのサンドポケットの堆積土砂量

1984年4月に測量されたサンドポケットの横断面に基づいて、ガルングン工事事務所によって計測された1982年9月から1984年4月までの20カ月間のサンドポケットの堆積土砂量は10,300千 m^3 である。(表-3.2参照)

(4) 1984年5月から1985年7月までのサンドポケットの堆積土砂量

1985年7月に測量されたサンドポケットの横断面に基づいて、ガルングン工事事務所によって計測された1984年5月から1985年7月までの15カ月間のサンドポケットの堆積土砂量は4,900千 m^3 である。(表-3.2参照)

(5) 1985年8月から1987年8月までのサンドポケットの堆積土砂量

1985年7月及び1987年8月に測量されたサンドポケットCiponyo Iの平面図、横断面に基づいて調査団によって計測された1985年から1987年8月の25カ月間のサンドポケットの堆積土砂量は2,576千 m^3 である。(表-3.2参照)

(6) S. Cikunir区域の年間堆積土砂量の解析

サンドポケットに流入し、堆積した土砂のうち、洪水によってサンドポケットの下流へ流れ去った土砂量は多量にあると考えられるが、ガルングン工事事務所、調査団の調査結果によれば、S. Cikunir区域では、現在でもサンドポケットに流入し、堆積する土砂が多量にある。

1982年8月、1984年4月、1985年7月及び1987年8月の4調査時期のS. Cikunir区域の調査結果に基づいて、次式によって定義される各調査時点の堆積土砂量強度を算定した。

各調査時点の堆積土砂量強度は表-3.2に示すとおりである。

$$\text{堆積土砂量強度 (m}^3\text{/year)} = \frac{\text{期間 T 内の堆積土砂量 (m}^3\text{)}}{\text{土砂堆積期間 T (years)}} \dots (3.1)$$

表-3.2 期別の堆積土砂量と堆積土砂量強度

| Item | | Apr. 1982 -Aug. 1982 | Sep. 1982 -Apr. 1984 | May. 1984 -Jul. 1985 | Aug. 1985 -Aug. 1987 |
|---|--------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Deposited Period | Months | 5 | 20 | 15 | 25 |
| | Years | 0.42 | 1.66 | 1.25 | 2.08 |
| Deposited Sediment Volume (10^3 m^3) | | 22,270 | 10,300 | 4,900 | 2,576 |
| Intensity of Deposited Sediment Volume ($10^3 \text{ m}^3/\text{year}$) | | 53,448 | 6,180 | 3,920 | 1,236 |

表-3.2を基に、噴火後の経過年における堆積土砂量をプロットすると、図-3.4に示すとおりとなり、これらは、両対数紙上でほぼ直線となる。

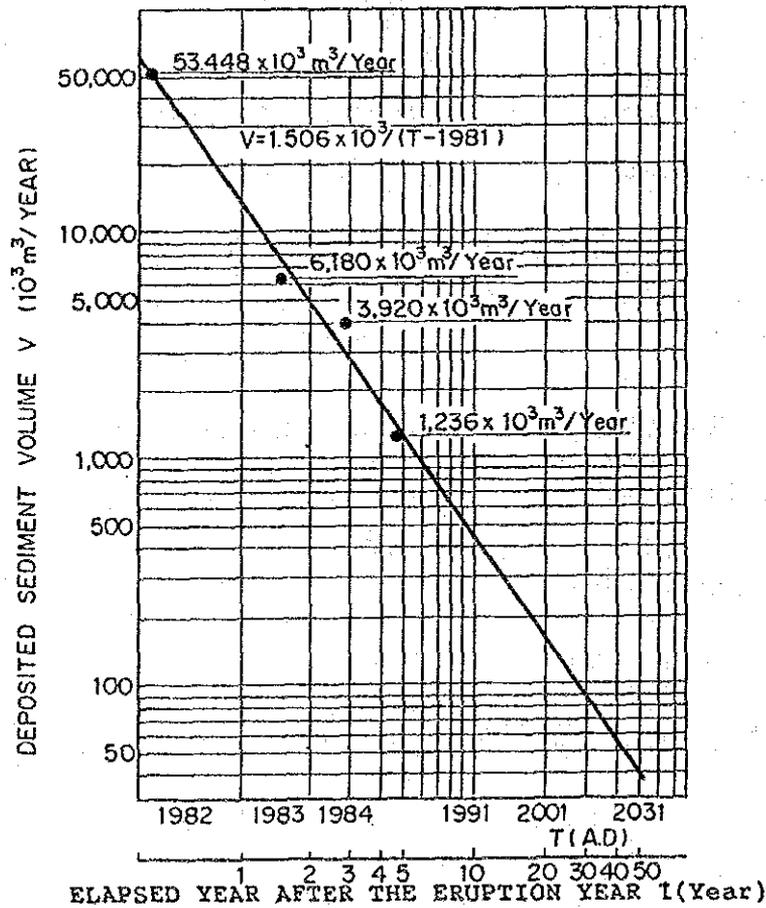


図-3.4 噴火経過年と堆積土砂量との関係

3.3.2 計画処理土砂量

(1) 計画諸元

土砂制御計画における計画諸元を以下にまとめて示す。

1) プロジェクトの実施期間

土砂制御計画にかかわるプロジェクトの実施期間は、緊急対策の必要性から10年とする。

2) 対象河川

土砂制御計画で対象とする河川は、現在土砂の流出、堆積が著しいS. Cikunir並びに火山地帯でかつ上流域にV字谷が発達し、強雨時に大規模な土砂流出が予想されるS. Cilosehと南側斜面区域のS. Cisaruni, S. Cikupang, S. Cime-rahの5河川とする。

3) 土砂制御計画の対象土砂量

土砂制御計画で対象とする土砂量は、下記のとおりである。

S. Cikunir;

土砂制御計画の対象土砂量は、1988年以降の10年間にサンドポケットに堆積すると予想される土砂量と大規模な土砂流出に対応するための防災上、必要な空容量を合計した量とする。

S. Ciloseh及び南側斜面区域の河川;

土砂制御計画の対象土砂量は、各河川の基準点における洪水時（以下1洪水と呼ぶ）の超過土砂量とする。この1洪水の生起確率は50年である。

(2) S. Cikunirのサンドポケットの計画処理土砂量

図-3.4の経過年と堆積土砂量強度との関係から、1987年9月以降のサンドポケットCiponyo I, Ciponyo IIの年間堆積土砂量は、図-3.5に示すとおりとなる。1988年から10年後（1997年）の累計堆積土砂量は、4,741千 m^3 となる。この堆積土砂量のほとんどは、既存の調査結果、地形状況から最上流部のサンドポケットCiponyo I Dalamに堆積すると判断し、Ciponyo I Dalamの計画堆積土砂量を、4,741千 m^3 とした。

一方、防災上必要なサンドポケットの計画空容量は、1986年9月から1987年8月までの1年間の堆積土砂量 1,236千 m^3 に10%の余裕を考慮した 1,400千 m^3 とした。この計画空容量により1洪水によるサンドポケットへの流入土砂量 1,380千 m^3 にも対処することが出来る。

サンドポケットCiponyo I Dalamの機能を維持するために必要な10年間の計画処理土砂量は、計画堆積土砂量と計画空容量を合せた 6,141千 m^3 である（表-3.3参照）。これより、工事期間10年間の計画年間処理土砂量は 614千 m^3 となる。図-3.5に示すように計画年間処理土砂量を超える年間堆積土砂量の合計 651千 m^3 は、サンドポケット内に一時的に仮置きする。

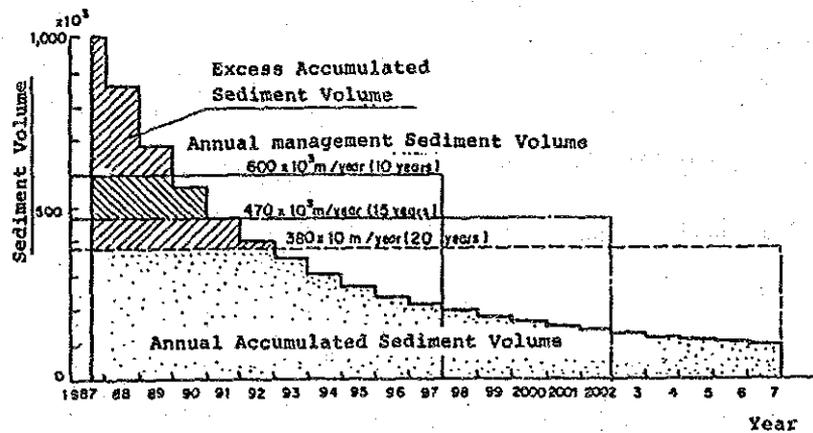


図-3.5 サンドポケット区域における年別堆積土砂量

表-3.3 チボニョIダムにおける計画処理土砂量

| Implementat- ion Period | Design Sedimentation Volume ($10^3 m^3$) (1) | Design Spare Capacity for disaster ($10^3 m^3$) by sedi- ment (2) | Design Management Sediment Volume ($10^3 m^3$) (3) = (1) + (2) | Design Annual Management Sediment Volume Per Year ($10^3 m^3 / year$) (4) = (3) / 10 |
|-----------------------------|--|--|---|---|
| 10 years (1988~ 1997) | 4,741 | 1,400 | 6,141 | 614 |

(3) 5. Ciloseh区域と南側斜面区域の計画土砂量

1) 計画ハイドログラフ及び計画ピーク洪水流量

クシクマラヤ及びシンガバルナの各年最大日雨量を岩井法により統計処理すると、50年確率日雨量は下記のようになり、これらを基に計画日雨量を 250mm/day とした。

表-3.4 確率日雨量

| Name of Station | Tasikmalaya | Singaparna |
|---------------------------|-------------|------------|
| 50 Year Probable Rainfall | 247.6 mm | 236.4 mm |
| Number of Data | 39 Years | 30 Years |

計画ハイトグラフは、1986年9月27日の実績ハイトグラフの日雨量が計画日雨量に等しくなるように拡大して作成した（図-3.6参照）。

河川の土砂流送能力を算定するために用いる計画ハイドログラフは、特性曲線法で算定した。S. CikunirのCikunir Bridge地点の計画ハイドログラフは図-3.6に示すとおりである。

砂防ダムと床固工の水通し、堤防、護岸工の設計に用いる計画ピーク洪水流量は合理式により算定した。各河川の基準点等の計画ピーク洪水流量は表-3.5に示すとおりである。

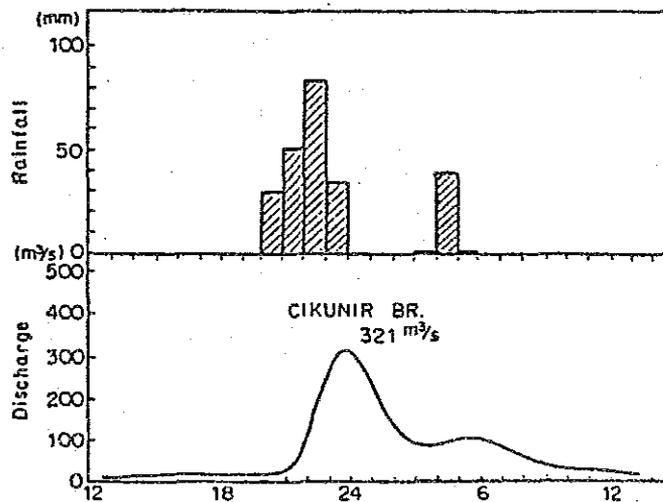


図-3.6 計画ハイトグラフと計画ハイドログラフ

2) 1 洪水による計画超過土砂量

1 洪水による計画超過土砂量は、1 洪水による計画流出土砂量の計画許容流砂量を超える土砂量とする。

1 洪水による計画流出土砂量は、「河川砂防技術基準（案）…建設省河川局、日本」の火山岩地帯における土石流の比流出土砂量の値を用いて算定した。

計画許容流砂量は、50年確率ハイドログラフを用いて算定した基準点の土砂流送能力に基づいて設定した。

各河川の計画超過土砂量は、表-3.5 に示すとおりである。

表-3.5 計画超過土砂量と計画ピーク洪水流量

| Name of Area | Name of Site *1 and No. of Reference Point | Catchment Area (km ²) (1) | Design Runoff Sediment Volume by Flood (10 ³ m ³) (2) | Design Allowable Sediment Volume (10 ³ m ³) (3) | Design Excess Sediment Volume (10 ³ m ³) (4)=(2)-(3) | Design *2 Peak Flood Discharge Q (m ³ /s) |
|--------------|--|--|---|---|---|--|
| S. Cikunir | Kokoncong (10) | 7.11 | 662 | 0 | 662 | 175 |
| | Sinagar (11) | 6.77 | 718 | 0 | 718 | 169 |
| | Cikunir Bridge(3) | 24.66 | 1,380 | 0 | 1,380 | 419 |
| | Bojongparang(4) | 84.42 | 1,380 | 0 | 1,380 | 1,036 |
| S. Ciloseh | Ciloseh | 16.93 | 1,149 | — | — | 324 |
| | Cimampang (8) | 14.56 | 820 | — | — | 277 |
| | Negla (9) | 32.33 | 1,969 | 0 | 1,969 | 558 |
| | Ciloseh Bridge(1) | 38.16 | 1,969 | 0 | 1,969 | 558 |
| | Tasikmalaya (2) | 63.64 | 1,969 | 0 | 1,969 | 717 |
| S. Cisaruni | Nagrag (5) | 6.26 | 169 | 35 | 134 | 176 |
| S. Cikupang | Kondang (6) | 3.40 | 63 | 17 | 46 | 85 |
| S. Cimerah | Cimerah | 4.71 | 272 | — | — | 124 |
| | Cipada | 2.49 | 101 | — | — | 81 |
| | Cisela | 3.21 | 220 | — | — | 90 |
| | Bojongpel (7) | 10.95 | 593 | 59 | 534 | 225 |

Notes)

*1 () is No. of Reference Point on Disaster Prevention Plan

*2 Include sediment discharge (sediment concentration $C_s = 5\%$)

各河川の計画超過土砂量は、S. Ciloseh区域ではサンドポケットと砂防ダムの築造、南側斜面区域では砂防ダムの築造で対処する。

S. Ciloseh区域のサンドポケットの機能を維持するために必要な10年間の計画処理土砂量は計画超過土砂量（1,969 千 m^3 ）の20%とし、394千 m^3 とした（表-3.6）。

南側斜面区域の各河川の計画土砂調節量は計画超過土砂量とし、S. Cisaruniで134千 m^3 、S. Cikupangで46千 m^3 、S. Cimerahで534千 m^3 とした（表-3.7）。

表-3.6 チロセ区域のサンドポケットにおける計画処理土砂量

| Name of Reference Point | Catchment Area (km ²) | Design Runoff Sediment Volume (10 ³ m ³) (1) | Design Allowable Sediment Volume (10 ³ m ³) (2) | Design Excess Sediment Volume (10 ³ m ³) (3) = (1) - (2) | Design Management Sediment Volume (10 ³ m ³) (4) = (3) × 0.2 |
|-------------------------|-----------------------------------|---|--|---|---|
| Ciloseh Bridge | 38.16 | 1,969 | 0 | 1,969 | 394 |

表-3.7 計画超過土砂量（南側斜面区域）

| Name of River | Name of Reference Point | Catchment Area (km ²) | Design Runoff Sediment Volume (10 ³ m ³) (1) | Design Allowable Sediment Volume (10 ³ m ³) (2) | Design Excess Sediment Volume (10 ³ m ³) (3) = (1) - (2) |
|---------------|-------------------------|-----------------------------------|---|--|---|
| S. Cisaruni | Nagrag | 6.26 | 169 | 35 | 134 |
| S. Cikupang | Kondang | 3.40 | 63 | 17 | 46 |
| S. Cimerah | Bojongpel | 10.95 | 593 | 59 | 534 |

3.4 火口湖における防災計画

火口湖の防災計画は、貯留水及び火山湖に流入する雨水を排水するいわゆる排水計画にはかならない。

排水計画の対象水位（以下、「計画排水位（Design Drainage Water Level）」と呼ぶ）は、火口湖へ50年間に流入する土砂量（750千 m^3 ）を考慮した水位とし、EL 1,082.5mに決定した。

排水方法は種々の代替案を検討の上、東部ジャワ州のクルー（Kerut）火山の排水工と同様の排水トンネル方式とした。

排水トンネルはCibanjuran川に排水する主排水トンネルと、火口湖の水をサイホンによって、排水するためのトンネル4本並びにたて坑から構成される。

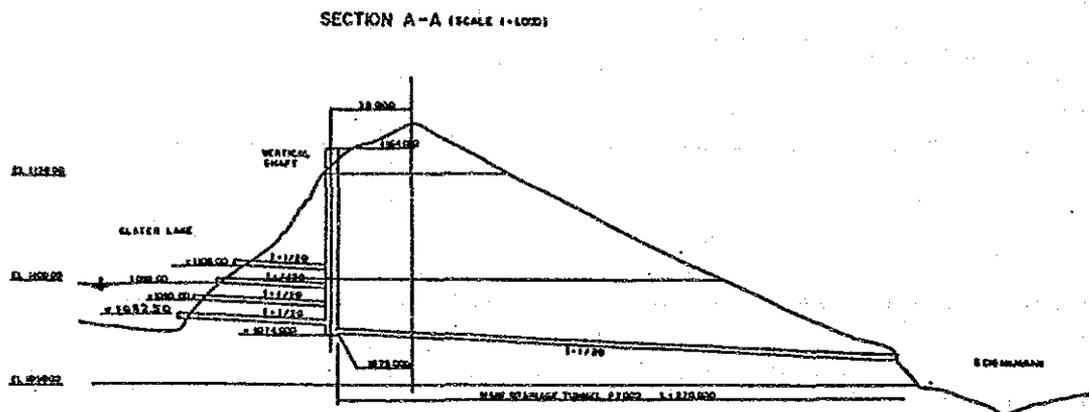


図-3.7 火口湖排水計画のための排水トンネル

4. 防災プロジェクト

4.1 防災プロジェクトの概要

ガルングン火山防災プロジェクトは、地域的特性、プロジェクトのまとめり、プロジェクトの目的を考慮して、5つのプロジェクトユニットを立案した。

これらのプロジェクトユニットに関する防災施設の予備設計を行ない、施設の諸元を定めた。

プロジェクトユニットの概要は、下記に示すとおりである。

4.1.1 プロジェクトユニット

(1) サンドポケットの維持管理（プロジェクト ユニット1）

チクニール川、チロセ川流域のサンドポケットの機能を回復し、維持するために、堤防補強工事、土砂処理工事（堆積土砂の掘削、搬出並びに堤防かさ上げ）、砂防ダムと床固工の工事を実施する。サンドポケットの堤防の補強、かさ上げ区間の総延長は、15,432mである。

計画処理土砂量は、チクニール川のサンドポケットが、6,141千 m^3 、チロセ川のサンドポケットが394千 m^3 の合計6,535千 m^3 (653.5千 m^3 /年)である。土砂処理方法の代替案は、現在堆積土砂を骨材として、利用していることから、骨材プラントを導入し、骨材を生産する方法と、堤防をかさ上げすることによってサンドポケットに貯砂する方法を組合せた5案とし、これらを経済評価して最適案(128千 m^3 /年)を決定した。

計画処理土砂量のうち128千 m^3 /年は、サンドポケットから掘削、搬出し、新たに建設される骨材プラントで骨材に加工する。残量は、サンドポケット内に機械で敷き均す。防災上の見地から土砂処理工事は、サンドポケットCiponyo I Dalam とサンドポケット Cimampangで実施される。

サンドポケット上流部における大規模な土砂堆積の平滑化、土砂流の流向調節を目的としてチクニール川、チバンジャラン川のサンドポケット上流域に砂防ダム4基と床固工2基、またチマンバン川に砂防ダム2基を建設する。

(2) サンドポケット内の河道安定化（プロジェクト ユニット2）

サンドポケット内の河道の安定化をはかるため、サンドポケットCiponyo II内のチクニール川及びチバンジャラン川に床固工を4基建設する。また、合流点付

近の溪岸の侵食防止をはかり、洪水流をすみやかに流下させるためチクニール川とチバンジャラン川との合流点に護岸工 1.7kmを施工する。

(3) ガルングン火山南斜面の砂防ダム (プロジェクト ユニット 3)

かんがい用水Cikunten I の取水施設と下流域に位置するシンガバルナ町を土砂流から防御するためガルングン火山南斜面に位置するチサルニ川、チクパン川、チメラ川の3流域に砂防ダムを合計20基、建設する。

(4) 火口湖の排水工 (プロジェクト ユニット 4)

貯留水の上昇による火口壁の決壊防止、熱水越流に伴う熱泥流による被害の防止を目的とし、火口湖の貯留水を排水トンネル(延長 665m)によって、チバンジャラン川に排水し、計画最低水位EL 1,082.5m(貯水量 750千 m^3)に維持する。

(5) 警戒避難システム (プロジェクト ユニット 5)

ユニット1からユニット4までのハードな対策のほかに、土石流発生に対する人命被害を未然に防ぐことを目的として、警戒避難システムを導入する。

本システムは、1982年のガルングン火山の噴火に伴って導入されたものであり、防災対策の一環として、今後もデータ(降雨、水位、土石流発生情報)の蓄積を図る。

プロジェクトユニット1から4までの防災施設の諸元並びに工事概要は表-4.1~4.5に示すとおりである。

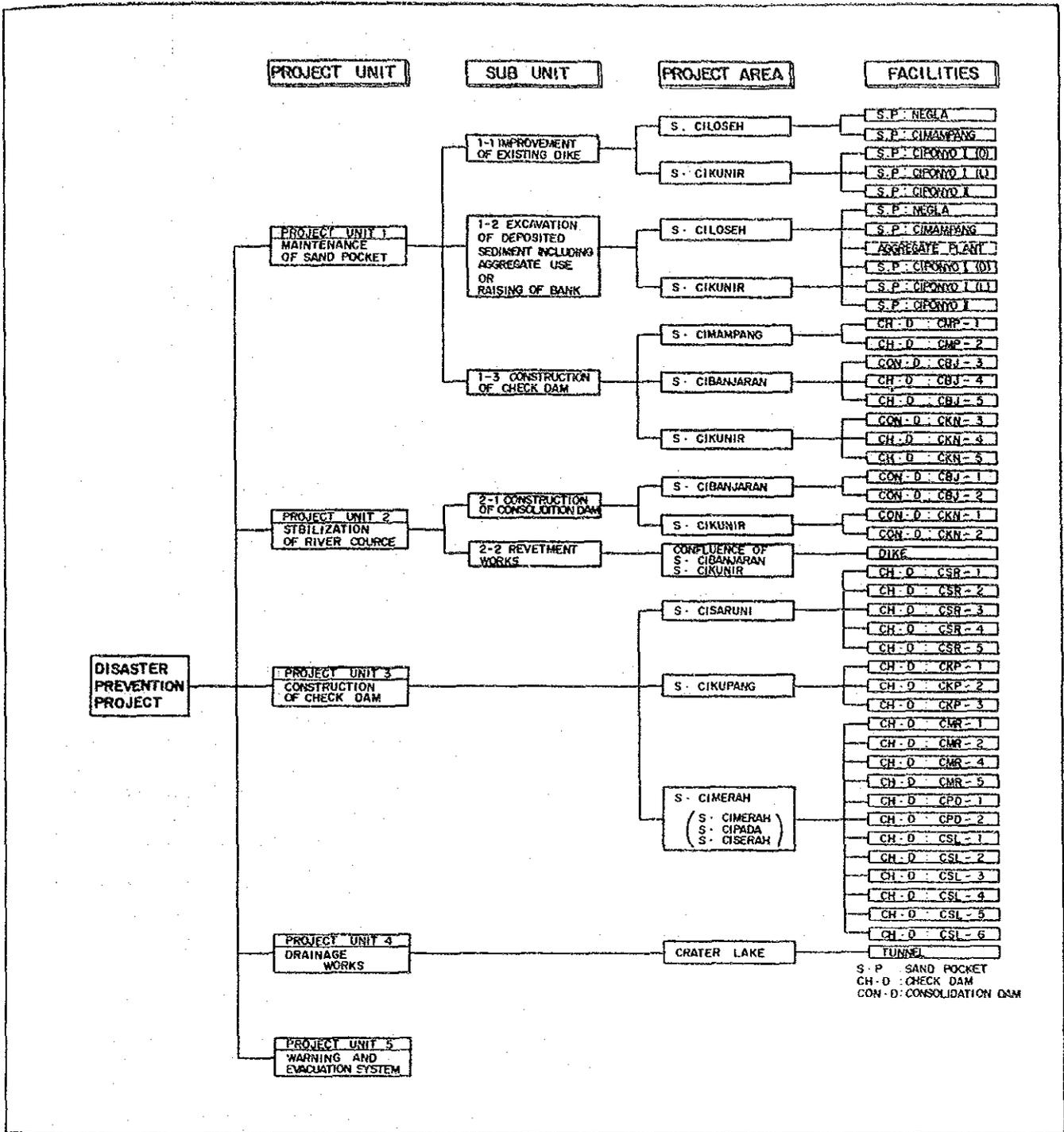


図-4.1 プロジェクトユニットの概要

表-4.1 堤防補強並びに嵩上げ工事の概要

| Area | Name of Sandpocket | Design Peak Flood Discharge (m ³ /s) | Length of Dike (m) | | Design Dike Height of River Side (m) | Length of Groyne (m) |
|------------|--------------------|---|--------------------|--------------|--------------------------------------|----------------------|
| | | | Dike Improvement | Dike Raising | | |
| S. Ciloseh | Cimampang | 277 | 1,150 | 0 | 3.0 | 57 |
| | Negla | 558 | 2,651 | 0 | 3.0 | 132 |
| | Sub total | — | 3,801 | 0 | — | 189 |
| S. Cikunir | Ciponyo I Dalam | 175 | 1,001 | 2,108 | 3.0 | 174 |
| | Ciponyo I Luar | 177 | 1,190 | 900 | 3.0 | 100 |
| | Ciponyo II | 195 | 5,932 | 500 | 2.5 | 343 |
| | Sub total | — | 8,123 | 3,508 | — | 617 |
| Total | | — | 11,924 | 3,508 | — | 806 |

表-4.2 チボニヨ 1 Dalam グラムサンドポケット土砂処理工事の概要

| Area | Dike Raising in Sandpocket | | | Aggregate Plant (A. P.) | | |
|------------|--|--|-----------------------------------|--|--|--|
| | Design Accumulated Sediment Volume (m ³) | Design Thickness of Accumulated Sediment (m) | Design Height of Dike Raising (m) | Annual Conveyance Sediment Volume to A. P. (m ³) | Manufacture Capacity of A. P. (t/hour) | Annual Manufacture Volume of Aggregate (m ³) |
| S. Cikunir | 3,932,000 | 2.3 | 5.3 | 128,000 | 140 | 120,000 |

注) 5つの代替案のうち, D案を採用

表-4.3 護岸工事の概要

| Area | Design Peak Flood Discharge (m ³ /s) | Riverbed Width (m) | Riverbed Gradient | Bank Height (m) | Bank Slope | Length of Revetment Works (m) |
|------------|---|--------------------|-------------------|-----------------|------------|-------------------------------|
| S. Cikunir | 419 | 250 | 1/70 | 4.0 | 1:1.0 | 1,700 |

表-4.4 砂防ダム, 床固工の工事概要

| Area | Name of River | Name of Facility | | Location | Design Sediment Control Volume (m ³) | Design Peak Flood Discharge (m ³ /s) | Dam Specification | | Remarks |
|-------------|---------------|------------------|--------|----------|--|---|-------------------|------------|------------|
| | | No | Name | | | | Height (m) | Length (m) | |
| | | | | | | | | | |
| S. Ciloseh | S. Ciloseh | 1 | CLS -1 | 20/000 | — | 442 | 8.0 | 41.0 | |
| | | 2 | CLS -2 | 20/500 | — | 442 | 8.0 | 62.0 | |
| | | 3 | CLS -3 | 21/400 | — | 399 | 8.0 | 42.0 | |
| | S. Cimaupang | 4 | CHP -1 | 2/800 | — | 226 | 12.0 | 41.0 | |
| | | 5 | CHP -2 | 3/800 | — | 226 | 12.0 | 41.0 | |
| Total | | | | | — | — | — | — | |
| S. Cikunir | S. Cikunir | 6 | CKK -1 | 11/300 | — | 195 | 4.0 | 70.0 | Ciponyo II |
| | | 7 | CKK -2 | 13/100 | — | 193 | 4.0 | 70.0 | Ciponyo II |
| | | 8 | CKK -3 | 17/510 | — | 143 | 5.0 | 85.0 | |
| | | 9 | CKK -4 | 17/810 | — | 133 | 5.0 | 122.0 | |
| | | 10 | CKK -5 | 18/010 | — | 123 | 5.0 | 104.0 | |
| | S. Cibantaran | 11 | CBJ -1 | 1/200 | — | 192 | 4.0 | 70.0 | Ciponyo II |
| | | 12 | CBJ -2 | 3/280 | — | 187 | 4.0 | 70.0 | Ciponyo II |
| | | 13 | CBJ -3 | 7/860 | — | 209 | 7.0 | 213.0 | |
| | | 14 | CBJ -4 | 8/160 | — | 196 | 5.0 | 54.0 | |
| | Total | | | | | — | — | — | — |
| S. Cisaruni | S. Cisaruni | 15 | CSR -1 | 2/100 | 11,500 | 110 | 7.0 | 30.5 | |
| | | 16 | CSR -2 | 2/600 | 19,600 | 104 | 11.5 | 31.0 | |
| | | 17 | CSR -3 | 3/100 | 48,800 | 99 | 22.0 | 56.0 | |
| | | 18 | CSR -4 | 3/500 | 35,100 | 76 | 22.0 | 55.0 | |
| | | 19 | CSR -5 | 3/900 | 19,000 | 51 | 18.0 | 51.0 | |
| Total | | | | | 134,000 | — | — | — | |
| S. Cikupang | S. Cikupang | 20 | CKP -1 | 2/200 | 6,000 | 82 | 7.0 | 27.0 | |
| | | 21 | CKP -2 | 3/200 | 16,000 | 67 | 12.0 | 39.0 | |
| | | 22 | CKP -3 | 3/300 | 24,000 | 51 | 17.0 | 36.0 | |
| Total | | | | | 46,000 | — | — | — | |
| S. Cimerah | S. Cimerah | 23 | CHR -1 | 2/095 | 5,200 | 150 | 7.0 | 28.5 | |
| | | 24 | CHR -2 | 3/110 | 10,800 | 150 | 9.5 | 30.0 | |
| | | 25 | CHR -4 | 5/000 | 165,700 | 143 | 22.0 | 63.0 | |
| | | 26 | CHR -5 | 6/300 | 76,800 | 57 | 17.0 | 53.0 | |
| | S. Cisera | 27 | CSL -1 | 2/000 | 5,000 | 106 | 7.0 | 31.0 | |
| | | 28 | CSL -2 | 2/400 | 4,000 | 94 | 7.0 | 28.0 | |
| | | 29 | CSL -3 | 3/000 | 9,400 | 82 | 12.0 | 36.0 | |
| | | 30 | CSL -4 | 3/400 | 45,800 | 74 | 22.0 | 51.0 | |
| | | 31 | CSL -5 | 4/000 | 81,700 | 54 | 22.0 | 62.0 | |
| | | 32 | CSL -6 | 4/600 | 40,300 | 27 | 17.0 | 52.0 | |
| S. Cipada | 33 | CPD -1 | 2/100 | 40,300 | 44 | 15.0 | 51.0 | | |
| | 34 | CPD -2 | 2/800 | 40,400 | 31 | 15.0 | 53.0 | | |
| Total | | | | | 525,400 * | — | — | — | |

表-4.5 火山湖排水工の工事概要

| Design Lowest Water Level (EL, m) | Drainage Tunnel | | Vertical Tunnel | | Cooling Plant (unit) |
|--------------------------------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-------------------------|
| | Diameter (m) | Length (m) | Diameter (m) | Length (m) | |
| 1,082.5 | 2.0 | 665 | 4.0 | 90 | 2 |

4.1.2 土砂処理工事の代替案

サンドポケットの土砂処理工事の代替案は次に示すとおりである。

代替案A； 計画処理土砂量(6,535千 m^3)の全量を掘削し、骨材生産のため骨材プラントまで搬出する。

代替案B； 計画処理土砂量(6,535千 m^3)の内、PJK Aによるジャカルタ〜タンクマラヤ間の実績最大年間輸送能力(423,000 m^3)に、プラントロス率(6%)を考慮して求めた量の450,000 m^3 (以下「実績最大年間輸送力相当量」という)を掘削し、骨材生産のため骨材プラントまで搬出する。

残量は、建設機械によって、サンドポケット内に均一に敷き均すこと
によって貯留する。貯留による河床上昇に対しては、堤防を嵩上げす
ることによって対処する。

代替案C； 計画処理土砂量(6,535千 m^3)の内、このほぼ半分に相当する量(300,000 m^3)に、プラントロス率を考慮して求めた量の319,000 m^3 を掘削し、骨材生産のため骨材プラントまで搬出する。

残量は、建設機械によって、サンドポケット内に貯留する。貯留によ
る河床上昇に対しては、堤防を嵩上げすることによって対処する。

代替案D； 計画処理土砂量(6,535千 m^3)の内、実績最少年間輸送能力(120,000 m^3)に、プラントロス率を考慮して求めた量の128,000 m^3 (以下「実績最少輸送相当量」という)を掘削し、骨材生産のため骨材量は、建設機
械によって、サンドポケット内に貯蔵する。貯蔵による河床上昇に対
しては、堤防を嵩上げすることによって対処する。

代替案E； 計画処理土砂量(6,535千 m^3)の全量は建設機械によって、サンドポケ
ット内に貯留する。貯留による河床上昇に対しては、堤防を嵩上げす
ることによって対処する。

計画処理土砂量の配土計画をまとめると、表-4.6のとおりとなる。

表-4.6 S. Cikunir区域の代替案の土砂処理概要

| 代替案 | 堤防補強 | 死水域への移動 | 骨材生産 | サンドポケット内貯留 | 堤防高 |
|-------|-----------------------|--|-------------------------|-----------------|------|
| 代替案 A | 258,000m ³ | 1,370,000m ³ (年間掘削量 614,000m ³ /year) | 4,907,000m ³ | 0m ³ | 3.0m |
| 代替案 B | 209,000m ³ | 1,370,000m ³ (年間掘削量 450,000m ³ /year) | 3,600,000m ³ | 1,356,000 | 3.8 |
| 代替案 C | 209,000m ³ | 1,370,000m ³ (年間掘削量 319,000m ³ /year) | 2,552,000m ³ | 2,335,000 | 4.4 |
| 代替案 D | 209,000m ³ | 1,370,000m ³ (年間掘削量 128,000m ³ /year) | 1,024,000m ³ | 3,932,000 | 5.3 |
| 代替案 E | 209,000m ³ | 1,370,000m ³ | 0m ³ | 4,956,000 | 5.9 |

注) 堤防補強は、代替案 A では、チポニュ 1 グラム、チポニュ 1 ルール、チポニュ 2 を対象として、代替案 B ~ E では、このうちのチポニュ 1 グラムを除くサンドポケットを対象として実施する。

4.2 工事数量

防災プロジェクトに関する施設、工事の予備設計に基づいて、施工計画を検討し、工事数量を算出した。

工事数量の総括並びに防災区域毎の内訳を表-4.7に示す。

表-4.7 プロジェクトユニット別工事数量

| Description | Unit | project unit 1 | | project unit 2 | project unit 3 | project unit 4 | Total |
|-------------------------------|----------------|-----------------|--------------------|-----------------|------------------------|----------------|-----------|
| | | S. Ciloseh Area | S. Cikunir Area *1 | S. Cikunir Area | Southern *2 Slope Area | Crater Lake | |
| (1)Dike Improvement & Raising | | | | | | | |
| Length | m | 3,801 | 11,631 | — | — | — | 15,432 |
| Embankment Volume | m ³ | 19,956 | 256,110 | — | — | — | 276,066 |
| (2)Riverbed Leveling | | | | | | | |
| Leveling Volume | m ³ | — | 1,370,000 | — | — | — | 1,370,000 |
| (3)Riverbed Aggradation | | | | | | | |
| Aggradation Volume | m ³ | — | 3,932,000 | — | — | — | 3,932,000 |
| (4)Excavation & Hauling | | | | | | | |
| Hauling Volume | m ³ | 394,000 | 630,000 | — | — | — | 1,024,000 |
| (5)Aggregate Plant | | | | | | | |
| Number | site | — | 1 | — | — | — | 1 |
| (Manufacture Capacity) | ton/h | — | (140) | — | — | — | (140) |
| (6)Diversion Channel | | | | | | | |
| Length | m | — | 1,500 | — | — | — | 1,500 |
| Embankment Volume | m ³ | — | 147,705 | — | — | — | 147,705 |
| Masonry Volume | m ³ | — | 19,125 | — | — | — | 19,125 |
| (7)Check Dam | | | | | | | |
| Number | site | 2 | 4 | — | 20 | — | 26 |
| Excavation Volume | m ³ | 2,640 | 5,370 | — | 43,530 | — | 51,540 |
| Masonry Volume | m ³ | 8,800 | 17,900 | — | 135,100 | — | 161,800 |
| (8)Consolidation Dam | | | | | | | |
| Number | site | — | — | 4 | — | — | 6 |
| Dike Length | m | — | — | 1,400 | — | — | 1,400 |
| Embankment Volume | m ³ | — | — | 34,320 | — | — | 34,320 |
| Excavation Volume | m ³ | — | — | 1,560 | 3,060 | — | 4,620 |
| Masonry Volume | m ³ | — | — | 6,990 | 8,410 | — | 15,400 |
| (9)Revetment | | | | | | | |
| Length | m | — | — | 1,700 | — | — | 1,700 |
| Excavation Volume | m ³ | — | — | 10,817 | — | — | 10,817 |
| Masonry Volume | m ³ | — | — | 9,615 | — | — | 9,615 |
| (10)Drainage Tunnel | | | | | | | |
| Length | m | — | — | — | — | 665 | 665 |

Notes { *1 Alternative D for the sediment management works in Ciponyo I Dalam
*2 S. Cisaruni : Number of check dams= 5 sites
S. Cikupang : Number of check dams= 3 sites
S. Cimerah : Number of check dams= 12 sites

5. 経済評価

防災プロジェクトで計画した防災施設の経済費用、プロジェクトの実施によってもたらされる便益を基にプロジェクトの経済評価を行った。プロジェクトの経済性は、経済費用、経済内部収益率（EIRR）（以下、単にIRRと呼ぶ）、現在価値（NPV）を算出することによって評価した。

プロジェクトライフは、プロジェクトに関連するエンジニアリングサービスが始まる年から50年間を設定した。なお、ルビアの米ドルへの交換率は\$1 = Rp. 1,630とした。

5.1 便益

防災プロジェクトの便益は、プロジェクトを実施しない場合（Without the project）とプロジェクトを実施する場合（With the project）の土砂災害、洪水氾濫災害による年平均被害軽減額の差で求めた。ユニットプロジェクト別の便益は表-5.1に示すとおりである。

表-5.1 ユニットプロジェクト別の便益

| Project Unit, Project Area | | Benefit (Rp×10 ⁶) |
|----------------------------|-------------|-------------------------------|
| Project unit 1 | S. Ciloseh | 375.8 |
| | S. Cikunir | 4,916.0 |
| Project unit 2 | S. Cikunir | |
| Project unit 3 | S. Cisaruni | 85.1 |
| | S. Cikupang | 153.8 |
| | S. Cimerah | 206.1 |
| Project unit 4 | Crater Lake | 452.3 |

5.2 経済費用

施設設計に基づき、プロジェクトユニット別の経済費用を算出した。プロジェクトの経済費用を算出するために考慮した事項は、下記のとおりである。

- 1) 普通労働者の労務費は、クシクマラヤ市における労務費を配慮し、名目賃金の

1/2とする。

2) 建設費の税金は除外する。

3) 予備費は、工事数量の変更分を考慮し、物価上昇は除外する。

プロジェクトユニット別の経済費用は、表-5.2に示すとおりである。

表-5.2 プロジェクトユニット別の経済費用

| Project Area | | Economic Cost (Rp×10 ⁶) |
|----------------|-------------|--|
| Project unit 1 | S. Ciloseh | 3,620.9 |
| Project unit 2 | S. Cikunir | 36,020.6 |
| Project unit 3 | S. Cisaruni | 2,992.8 |
| | S. Cikupang | 774.2 |
| | S. Cimerah | 5,526.4 |
| Project unit 4 | Crater Lake | 5,378.9 |

なお、上表の Cikunir 区域の経済費用は、サンドポケットの土砂処理工事の代替D案の場合の費用である。この代替案の経済評価の結果については、次節(5.4)を参照されたい。

5.3 防災プロジェクトの経済評価

経済評価はプロジェクトユニット別及び各河川流域別に行なった。経済評価結果は表-5.3に示すとおりである。

表-5.3 プロジェクトユニット別の経済評価

| | 経済費用 (Rp×10 ⁶) | 便 益 (Rp×10 ⁶) | 内部収益率 IRR (%) | 現在価値 NPV (Rp×10 ⁶) |
|------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------|-----------------------------------|
| Project unit 1 (Project unit 2) | 39,641.5 | 5,292.0 | 11.3 | 41,519.5 |
| S. Ciloseh | 3,620.9 | 375.8 | 9.7 | 2,205.2 |
| S. Cikunir | 36,020.6 | 4,916.2 | 11.4 | 39,314.3 |
| Project unit 3 | 9,293.4 | 445.0 | 5.6 | -416.0 |
| S. Cisaruni | 2,992.8 | 5.1 | 2.4 | -937.6 |
| S. Cikupang | 774.2 | 153.8 | 24.0 | 1,766.1 |
| S. Cimerah | 5,526.4 | 206.1 | 3.8 | -1,244.5 |
| Project unit 4 | | | | |
| Crater Lake | 5,378.9 | 452.3 | 8.3 | 2,039.9 |

注) 現在価値は割引率(6%)の場合である。

表-5.3の経済評価結果をまとめると、次のとおりとなる。

(※)

(1) IRR値6%以上を示すプロジェクトユニットは、次の3つのプロジェクトユニットで優先順は次のとおりである。

1) プロジェクトユニット1 : サンドポケットの維持管理工事

2) プロジェクトユニット2 : サンドポケット内の河道安定工事

3) プロジェクトユニット4 : 火口湖排水工事

(2) プロジェクトユニット1のサンドポケットの維持管理工事において優先すべき流域は、IRR値が11.4%と最も高いS. Cikunir流域である。

(3) プロジェクトユニット3は、IRR値が2.4~5.6%と低く、緊急性はない。

しかし南側斜面の流域においては、S. Cikupangの流域のIRR値が24%と高く、この流域においては事業の経済効果は大きい。

(※) 防災事業の場合、実施される地域が山岳を主とした地域であるため資産は少なくまた民生の安定、人命の保護等の社会的効果をその事業の主目的としていることもあり、発電、道路等の他のセクターと比べIRR値は、小さくなるのが通常である。ここでは、OECF他の機関の採択基準等を基に、IRR6%を基準として評価することとした。

経済評価の結果、防災プロジェクトとして最優先すべき工事は、Cikunir 流域のサイドポケット維持管理工事と、サイドポケット内の河道安定工事で、経済効果も大きい。

また次に実施すべき工事としては、火口湖排水工事と南斜面のCikupang流域の砂防工事があげられる。

防災プロジェクトの諸元を、表-5.4に、プロジェクトコストを表-5.5に示す。また図-5.1には、建設スケジュールを示す。

表-5.4 防災プロジェクトの緒言

| | | |
|---|----------------------------|--------------------------|
| (1) Sandpockets Maintenance Works (サンドポケットの維持管理) | 1) Check dams | 6 sites |
| | 2) Consolidation dams | 2 sites |
| | 3) Dike improvement | 15.5 km |
| | 4) Excavation(1) | 1,370,000 m ³ |
| | 5) Excavation(2) | 3,932,000 m ³ |
| | 6) Excavation(3) | 1,024,000 m ³ |
| | 7) Aggregate plant(140t/h) | |
| (2) River Course Stabilization (河道の安定) | 1) Consolidation dams | 4 sites |
| | 2) Dike | 1.4km |
| | 3) Revetmant work | 1.7km |
| (3) Craterlake Drainage Works (火口湖排水工) | 1) Tunnel 2.0m | L = 665.0m |
| | 2) Shaft 4.0m | L = 90.0m |

Note: Excavation(1) : Riverbed leveling woks
Excavation(2) : Riverbed aggradation woks
Excavation(3) : Sediment excavation and hauling

表-5.5 プロジェクトコスト

| I t e m | Project Cost (Rp $\times 10^6$) | Local Currency (Rp $\times 10^6$) | Foreign Currency ($\times 10^6$) |
|---|--|--|--|
| 1. Construction Equipment | 1,475.0 | - | 1,475.0 |
| 1-1 Aggregate Plant | 1,475.0 | - | 1,475.0 |
| 2. Spare Parts Consumable Materials for Construction Equipment | 2,949.4 | - | 2,949.4 |
| 2-1 Aggregate plant | 295.0 | - | 295.0 |
| 2-2 Spare parts | 1,473.9 | - | 1,473.9 |
| 2-3 Spare tire | 1,180.5 | - | 1,180.5 |
| 3. Civil Works | 39,772.4 | 22,022.7 | 17,749.7 |
| 3-1 Crater lake drainage works | 3,791.0 | 777.6 | 3,013.4 |
| 3-2 Dike improvement works | | | |
| 3-2.1 Embankment | 1,820.0 | 938.9 | 881.1 |
| 3-3 Sandpocket maintenance work | 24,659.1 | 11,911.6 | 12,747.5 |
| 3-3.1 Excavation (1) | 5,406.0 | 2,446.0 | 2,960.0 |
| 3-3.2 Excavation (2) | 10,607.4 | 4,384.9 | 6,222.5 |
| 3-3.3 Excavation (3) | 1,990.1 | 904.6 | 1,085.5 |
| 3-3.4 Raising dike | 2,830.1 | 1,722.2 | 1,107.9 |
| 3-3.5 Diversion works | 1,954.6 | 1,126.4 | 828.2 |
| 3-3.6 Check dam | 1,870.9 | 1,327.5 | 543.4 |
| 3-4 River course stabilization work | 1,773.7 | 1,226.7 | 547.0 |
| 3-4.1 Consolidation dam | 792.7 | 511.4 | 281.3 |
| 3-4.2 Revetment works | 981.0 | 715.3 | 265.7 |
| 3-5 Aggregate plant | 941.1 | 380.4 | 560.7 |
| 3-6 Plant operation cost | 141.1 | 141.1 | 0 |
| 3-7 Preparatory works | 2,628.5 | 2,628.5 | 0 |
| 3-8 Government tax | 4,017.9 | 4,017.9 | 0 |
| 4. Land Acquisition Cost | 3,763.0 | 3,763.0 | 0 |
| 5. Government Administration Cost | 2,398.0 | 2,398.0 | 0 |
| Sub Total | 50,357.8 | 28,183.7 | 22,174.1 |
| 6. Contingency of Item 1 to 6 | 32,410.9 | 14,336.1 | 18,074.8 |
| 6-1 Price escalation | 26,391.7 | 12,358.7 | 14,033.0 |
| 6-2 Physical contingency | 6,019.2 | 1,977.4 | 4,041.8 |
| 7. Engineering Service | 9,723.3 | 1,153.5 | 8,569.8 |
| 8. Contingency of Item 8 | 4,167.0 | 988.7 | 3,178.3 |
| 8-1 Price escalation | 3,241.0 | 823.9 | 2,417.1 |
| 8-2 Physical contingency | 926.0 | 164.8 | 761.2 |
| Total | 96,659.0 | 44,662.0 | 51,997.0 |

Notes: (1) Price level is as of Oct. 1987.

(2) Exchange rate is as follows: US=145=Rp.1,630 (10 Oct. 1987).

(3) Annual Price Escalation: Foreign Currency=5%,
Local Currency=12%.

(4) Physical Contingency of Foreign and Local Currency=10%.

(5) (1.0/0.7-1.0)% Ceiling of Local Currency.

図-5.1 建設スケジュール

| Item | 1 st STAGE | | | | | | 2 nd STAGE | | | |
|--------------------------------------|------------|------|------|------|------|------|------------|------|------|-------|
| | 1 st | 2 nd | 3 rd | 4 th | 5 th | 6 th | 7 th | 8 th | 9 th | 10 th |
| I Preparatory works | | | | | | | | | | |
| II Sandpocket maintenance works | | | | | | | | | | |
| II-1 Improvement Dike | | | | | | | | | | |
| II-2 Sediment management works | | | | | | | | | | |
| Riverbed leveling | | | | | | | | | | |
| Excavation and Hauling | | | | | | | | | | |
| Storing | | | | | | | | | | |
| Aggregate plant | | | | | | | | | | |
| Diversion Tunnel | | | | | | | | | | |
| II-3 Check dam | | | | | | | | | | |
| II-4 Consolidation dam | | | | | | | | | | |
| III River course stabilization works | | | | | | | | | | |
| III-1 Consolidation dam | | | | | | | | | | |
| III-2 Revetment works | | | | | | | | | | |
| IV Crater Lake | | | | | | | | | | |

5.4 土砂処理工事の代替案の経済評価

S. Cikunir区域の土砂処理工事の代替案の経済評価の結果を表-5.6に示す。

表-5.6 土砂処理工事代替案の経済評価結果

| 代替案 | 経済費用 (Rp $\times 10^6$) | 便益 (Rp $\times 10^6$) | 内部収益率 IRR (%) | 現在価値 NPV (割引率6%) (Rp $\times 10^6$) |
|-------|-----------------------------|------------------------|---------------------|---|
| 代替案 A | 42,083.5 | 4,916.2 | 11.28 | 37,366.2 |
| 代替案 B | 39,806.5 | 4,916.2 | 11.49 | 38,666.2 |
| 代替案 C | 37,697.0 | 4,916.2 | 11.41 | 38,983.4 |
| 代替案 D | 36,020.6 | 4,916.2 | 11.39 | 38,314.3 |
| 代替案 E | 38,152.4 | 4,916.2 | 10.80 | 38,921.1 |

便益が同じである場合の代替案は、最も小さい経済費用を示す代替案が選ばれる。

経済評価の結果から代替案Dが最小の経済費用を示している。

従ってサンドポケットCipomyo I dalamの土砂処理工事として代替案Dを選定する。

6. 結論と提言

既存のBasic Planのレビュー及び本格調査の結果に基づき、ガルングン火山防災計画を立案し、防災プロジェクトの検討を行ってきた。本章では、これらの結論を述べるとともにプロジェクトのうち、緊急プロジェクトを示し、土砂処理工事の代替案についての提言を行なっている。

(I) 緊急プロジェクト

立案したガルングン火山防災プロジェクトに対して、経済評価を実施し、プロジェクトユニットの優先度の順位づけを行なった。緊急防災プロジェクトは次に示すとおりである。

プロジェクトは、Cikunir (チクニール), Cilosen (チロセ) 川の流域、及び火口湖において実施され、次に示す施設で構成される。

1) 施設諸元

a) サンドポケットの維持管理工事, サンドポケット河道安定工事

| | |
|--------------------------------|---------------------------|
| 堤防改修 (Cikunir, Ciloseh) | — 15.5km |
| サンドポケット土砂処理 (Cikunir, Ciloseh) | — $6,536 \times 10^3 m^3$ |
| 骨材プラント (Cikunir) | — 1 ユニット |
| 砂防ダム (Cikunir, Cimampang) | — 6 基 |
| 床固工 (Cikunir) | — 6 基 |
| 護岸工 (Cikunir) | — 1.7km |

b) 火口湖排水工事

| | |
|------------------|--------|
| 排水トンネル (内径2.00m) | — 665m |
| 作業用堅抗 (内径4.00m) | — 90m |
| クーリングプラント | — 2 基 |

2) 事業費

実施期間は10年間とする。

事業費 (プロジェクト・コスト) は、59,300千US\$であり、その内訳 (外貨分、内貨分) は、下記のとおりである。

事業費 : 59,300 千US\$

外貨分 : 31,900 (53.8%) 千US\$

内貨分 : 27,400 (46.2%) 千US\$

3) プロジェクトの効果

本緊急防災プロジェクトを実施することにより、土砂流出、洪水流出に伴う被害の軽減効果の他に、次の社会経済的インパクトが期待できる。

- ① プロジェクトの実施による雇用の拡大とこれらによる地域経済の発展
- ② 施設の整備による土地利用の高度化、人口増加生活環境改善等の社会向上効果

さらに、これらの直接的、間接的効果の他に、防災施設により生命を危害から守るとともに、財産が奪われたり損なわれたりするかもしれないという不安から人々を解放する民生安定効果という国家社会を維持するに当って極めて、重要かつ基本的な効果が期待できる。

土砂制御計画及び火口湖排水計画からなる緊急防災プロジェクトは、技術的に妥当であり、IRR が10.9%であることから、経済的にも実施可能であることが確認された。従って、本プロジェクトは、地域の防災上の安全度を高め、地域経済を振興させ、民生を安定させるものであることから、速やかに、かつ優先的に実施されることを提言するものである。

(2) 土砂処理工事の代替案

土砂処理工事として、表-6.1に示す経済評価の結果、各代替案の年便益が同額であることにより、最小費用を示す代替案Dを選定した。

表-6.1 土砂処理工事の代替案別の経済費用

| 土砂処理工事の代替案 | 経済費用 (Rp×10 ⁶) |
|------------|----------------------------|
| 代替案 A | 42,083.5 |
| " B | 39,806.5 |
| " C | 37,698.0 |
| " D | <u>36,020.8</u> |
| " D | 38,152.4 |

土砂処理工事の代替案として、上表に示す代替案Dを選定したが、ガラングン区域のサンドポケット区域の概況、ガラングン区域の骨材の消費地であるジャカルタ近傍における骨材市場の状況とこれらを取りまく環境、骨材輸送状況等の社会環境を述べると、次のとおりとなる。

- i) ガラングン区域における堆積土砂処理のための用地買収は不可能であり、技術的にも、堤防の高上げは、限界に近づいて好ましくない状態である。
- ii) ガラングン区域の骨材（砂）はサンドポケット近傍にあるPirusa駅から、ジャカルタまで鉄道によって過去1年間（1987.7～1988.6）に428千m³が輸送されている。
- iii) タンゲラン区域では過剰掘削によって環境破壊、地下水位低下等を起こしており、インドネシア政府により、1988年をもって掘削中止の指令が出ている。ジャカルタにおける骨材需要の増加の現況を考慮した場合、緊急に骨材供給源の確保が必要である。

堆積土砂を骨材プラントにより骨材として生産し、PJKAによってジャカルタまで輸送し、販売する有効利用案は、土砂処理方法の代替案として有力な方法である。

上記の社会環境を考慮して、4.1.2に示した5案のうち堆積土砂を骨材として有効利用する4案の財務評価を行なった。

堆積土砂の有効利用案の財務評価結果は表-6.2に示すとおりであり、A案が最も収益率が高くなる。

表-6.2 有効利用案の財務評価

| 土砂処理 有効利用案 | 財務内部収益率 (%) (FIRR) |
|---------------|--------------------------|
| A 案 | 29.6 |
| B 案 | 26.9 |
| C 案 | 22.2 |
| D 案 | 5.8 |

防災事業としての堆積土砂処理方法は、最小費用を示す代替案Dが最も望ましいが、堆積土砂の有効利用、タンゲランに変わる供給基地としての重要性等、社会的観点からはA案が望ましいと判断される。したがって、防災事業と堆積土砂の有効利用事業を組合せた事業として総合的に判断するとA案が望ましい。

しかし、既往の1年間におけるPJKAの輸送能力が最大43万m³となっているため、有効利用事業では、PJKAの輸送能力を考慮し、現況輸送能力相当の代替案Bを土砂処理工事の代替案とするのが望ましい。なお、当該プロジェクトの経済性を鑑み、骨材の市場での需要分析を行なう必要がある。

(3) ジャカルタまでのPJKAの輸送能力の増強

堆積土砂の有効利用に際して、骨材輸送能力は骨材の生産量を左右する重要な条件である。PJKAの運航ダイヤグラムによると、1日当り若干の運行増は可能と判断される。防災上の必要な年間掘削量の614,000m³はCIPONYO I サンドポケット区域のみにおける掘削量であり、現在、輸送されている年間掘削量の428,000m³は、この区域を除く他のサンドポケット区域からの掘削量である。したがってガルングン区域における掘削量は、1,042,000m³となり、これらを処理する輸送能力が必要である。

以上の背景から、ジャカルタにおける需要増に対応できるようPJKAによる輸送能力を増強しておく必要がある。

(4) 警戒避難システムの運用

警戒避難システムの運用は、降雨、水位等のデータを処理することにより、土石流に対する警戒情報を関係機関に伝達して住民の避難を促し、人命被害を未然に防ぐことを目的として、導入されたものである。

本システムは、観測システムと情報伝達システムからなるが、後者については、1982年の噴火時に発足したシステムが現時点でも存在していることから、特に問題はない。ただし災害時に活躍したといわれるアマチュア無線システムについては、商用電源によるものが多いことからバッテリー等による非常用電源の確保が必要である。

観測システムについては、土石流発生までの基本的なステップとして、①レーダー

雨量計をつかった小流域の降雨特性（雨域の大きさ、移動パターン等）の把握

②ハイドログラフと洪水、土石流発生状況の関係解析 ③雨量を基準とした「土石流の警戒避難基準」の設定が考えられる。

当面、小流域の降雨特性（雨域の大きさ、移動パターン等）の把握と洪水、土石流のデータの蓄積が必要である。

付録-1 サンドポケット堆積土砂の有効利用

1. 堆積土砂の有効利用の現況

Cikunir 川流域, Ciloseh 川流域におけるサンドポケットは, 1982年のガルングン火山の噴火に伴う噴火物の流入により, 満杯に近い状態になっている。上流域にはまだ多量の堆積物が残存し, サンドポケットへの土砂流入は今後も続くものと推定される。

特にCikunir 川流域においては年間流入土砂が著しく, 緊急工事として10年間において, 流入土砂量の 4,741千 m^3 と計画空容量の 1,400千 m^3 を確保するために 6,141千 m^3 の土砂を処理する必要がある。

土砂処理方法として代替案5案を設定し, 経済評価した結果, 計画処理土砂量の 6,141 千 m^3 のうち, 年間 128千 m^3 を骨材プラントによって骨材として生産し, 残量はサンドポケット内に堆積させるD案が最小費用となった。よって, 防災事業の見地から経済的な案としてD案が選定された。(本文表-5.3参照)

一方, サンドポケット内の堆積土砂は現在, 骨材業者によって掘削され, 骨材としてサンドポケット近傍にあるPiruss駅からジャカルタまで鉄道(PJKA)によって運搬, 販売されている。

1987年7月以降の毎月当りの実績の運行貨車数からジャカルタへ輸送されている骨材量は, 1987年7月から19886月までの1年間で約 428,000 m^3 であり, 月最大輸送量は, 1988年4月の42,920 m^3 である。

鉄道の運行表によると, ジャカルタ行きは一日に5回予定されており, 骨材輸送実績より推定される輸送列車の運行本数は1日当り4回~5回である。

次にガルングン区域の骨材の消費地であるジャカルタにおける骨材市場の状況とこれらを取り巻く社会環境は, 次のように要約される。

a) ジャカルタとその周辺区域における骨材の供給基地であったタンゲラン区域では, 過剰な掘削による地下水位の低下, 環境破戒, 交通量増加による渋滞, 道路劣化当の問題を招き, インドネシア政府も掘削中止の指令を出している。

b) ジャカルタにおける骨材需要は, ジャカルタ2005年計画に基づく道路プロジェクト, 都市開発プロジェクト等が計画されていることから今後も増加の傾向にある。

一方, ガルングン区域におけるサンドポケット区域の現況は, 次のとおりである。

- a) サンドポケットは、満砂状態にあり、これ以上の堤防のかさあげも技術的に困難であり、緊急に 6,535,000m³の堆積土砂を掘削する必要がある。
- b) 掘削した土砂を貯留する用地の取得が困難であり、その処理に苦慮している。

上記の現況を考慮した場合、堆積土砂を骨材プラントにより骨材として生産し、PJKAによってジャカルタまで輸送し骨材生産量は販売する案は、双方にとってメリットがあり、ジャカルタにおける骨材需要を考慮すると量的にも多い方が望ましい。

以上の背景を考慮し、Cikunir 川区域のサンドポケットCiponyo I Daiam の土砂処理方法として、骨材プラントを導入し、堆積土砂を骨材として生産し、ジャカルタに輸送する代替案について経済財務的観点から検討を行った。

2. 土砂処理代替案の財務評価

財務評価は、本文表-4.6に示した5つの代替案のうち骨材生産を計画している4つの代替案について行った。評価に当り、堆積土砂の土砂処理工程を次のように区分けし、これらをさらに、公共事業と第3セクターによる骨材販売事業に分け、前者については、経済評価を、後者については、財務評価を実施した。

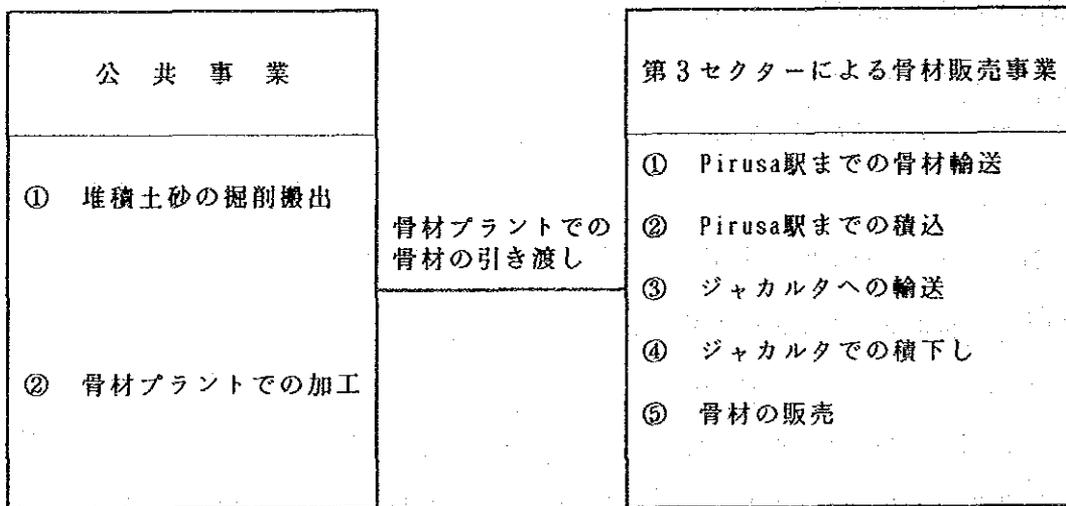


図-1 土砂処理工程における各事業主体の工程区分と評価区分

経済評価結果については、本文表-5.3に示してある。

(1) 財務分析の基本条件

財務分析をおこなうための基本条件は次に示すとおりである。

a. 骨材の輸送能力は、 $600 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{year}$ 以上であるものとし、またジャカルタにおいては、輸送された骨材は全量販売可能とする。

b. 骨材プラントからジャカルタまでの輸送、積下し工程は委託発注する形式とし、各工程における骨材 1 m^3 当りの直接費用は次に示すとおりとする。

| | |
|-----------------------------|------------------------|
| ① 骨材輸送 (サンドポケットからPirusa駅まで) | 1,800 Rp/ m^3 |
| ② 積込み (Pirusa駅での貨車への積込) | 1,022 Rp/ m^3 |
| ③ P J K A (PJKA による鉄道輸送) | 5,875 Rp/ m^3 |
| ④ 積下し (ジャカルタでの積おろし) | 1,022 Rp/ m^3 |

c. 骨材販売価格

骨材販売価格は、ジャカルタにおいて骨材のコンクリート配合及び敷砂利等に利用するものとし骨材の工事用価格とする。この場合の砂と骨材の比率は次に示す値とし、これを基に $14,600 \text{ Rp}/\text{m}^3$ とする。

| | 価 格 | 比 率 |
|------|--------------------------------|-----|
| ① 砂 | $13,250 \text{ Rp}/\text{m}^3$ | 2 |
| ② 砂利 | $15,500 \text{ Rp}/\text{m}^3$ | 3 |

d. 事業主体の組織は、委託発注・骨材販売を主作業とするもので構成員は20人とし、これらにかかる各代替案 A・B・C の人件費、家賃、諸経費は一定とし、代替案 D 案の場合は A～C の50%とする。

e. 利益に対する税率は、10%として計上する。

f. 骨材プラント設備費及びスペアパーツ、骨材プラントの土木基礎は、各代替別に次に示すとおりとする。

表-1 骨材プラント設備費, スペアパーツ, 土木基礎費

| 代 替 案 | 骨材プラント設備費 ($\times 10^3$ Rp) | スペアパーツ ($\times 10^3$ Rp) | 土木基礎工事 ($\times 10^3$ Rp) |
|-------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| A 案 | 3,056.2 | 611.3 | 2,139.0 |
| B 案 | 2,412.4 | 482.5 | 1,711.1 |
| C 案 | 1,975.7 | 395.1 | 1,254.0 |
| D 案 | 1,475.0 | 295.0 | 941.4 |

g. 骨材プラント操業費用は, 人件費, 電気代等を含み224Rp/m²とする。

h. 骨材プラントの耐用年数は次に示すとおりである。

- ① 機械設備 8年
- ② 土木基礎 30年

(2) 財務評価

財務評価の範囲は, 図-1に示す工程より, プラントからの骨材輸送, 積み込み, 鉄道, 輸送, 積おろし, 販売であり, この範囲は骨材輸送販売コストと, 売上げ高との差が利益となるため, いずれの案についてもFIRR値は高くなることは明らかである。

このため, 各代替案の収益力を判断するために財務評価に当たっては, 財務費用に占める割合の大きい骨材プラント費を含めて評価することとした。

財務評価結果を, 財務内部収益率(FIRR)で示すと次のとおりとなる。

表-2 代替案別財務内部収益率

| 代 替 案 | 財務内部収益率 (FIRR) |
|--------------------------|----------------|
| A (61万 m ² 案) | 29.6 % |
| B (42万 m ² 案) | 26.9 % |
| C (30万 m ² 案) | 22.2 % |
| D (12万 m ² 案) | 5.6 % |

表-2より, インドネシアにおける市場金利17%と比較した場合, 代替案Dを除く3案がこれを上廻っている。なかでもA案は, 約30%と最もFIRRが大きい。

3. サンドポケット堆積土砂利用のための代替案の総合評価

サンドポケット堆積土砂の有効利用のための代替案は、骨材生産とサンドポケット内敷き均しとの組み合わせで4案を設定し、これらを比較検討した。

これら4案のうち、経済的観点からは、最小コストを示す代替案D（骨材12万m³生産案）が選定（第5章参照）され、また財務的観点からは、FIRRが30%となる代替案A（骨材61万m³生産案）が選定される。

ここで代替案Dについて技術的な側面から検討を加えると、この案の場合、サンドポケット内への土砂敷き均しに伴う堤防嵩上げ高が5.3mにもなり、ひとたび氾らんした場合のダメージポテンシャルは、他の案に比べて大きい。

また、代替案Aは、61万m³をジャカルタまで運搬し、販売することとなるが、前述したように、現況のPJKAの輸送能力は43万m³程度である。

以上を総合的に考慮すると、堤防の嵩上げ高が小さく、かつPJKAの輸送能力の範囲にある代替案Bが最も望ましい案となる。

したがって、現在においては、サンドポケットの土砂処理方法として代替案Bを選定する。