

## 第2章 パサハリ地区の洪水対策

### 2.1 パサハリ地区の概要

#### 2.1.1 社会経済

##### (1) 社会経済現況

パサハリ地区は、セラム島への移住の大部分を受け入れており、中央マルク地区セラムウクラ管区に位置している。調査対象地域は、7村(ワイロフィン、コピ、ワイトニパ、モロカイ、サマール等)とその周辺の新興移住地区である。パサハリ地区の住民のほとんどは政府移住政策による移住者である。1996年8月時点での移住地区は27箇所あり、表-2.1は移住民及び原住民を含む所帯数並びに人口を示している。

表-2.1 調査対象地域における所帯数及び人口(1996年12月)

移住地域	灌漑可能地区	所帯数	人口
サマール I	2,217 ha	1,488	5,764
サマール II	2,500 ha	815	3,500
コピ	2,898 ha	1,779	6,522
合計	7,515 ha	4082	15,786

出典: JICA 調査団

学校、診療所、宗教関連施設等の社会施設は、移住実施計画に基づいて政府により整備されている。公共交通は未整備であり、村内の移動は主に自転車及びオートバイであり、また、村外や村間の交通には私営トラック等が利用されている。

##### (2) 灌漑計画

アジア開発銀行を主な融資源とする公共事業省の灌漑事業は1993年度より実施されている。サマールI、コピ及びロフィン地区における灌漑計画(計画面積はそれぞれ1,884ha、1,411ha、281ha)は1996年度に竣工予定である。サマールI及びコピ地区の事業費は、それぞれ3,250百万ルピア、10,550百万ルピアとなっている。

##### (3) 現在の農業生産高

現在、人口の大部分は農業に関わっており、貿易額の増加は農業生産物の増加によるところが大きい。穀物類は既にサマール川河口にあるコピサダール港を通じてアンボン市へ出荷されている。コピサダール港は比較的大きな埠頭を有しており、中規模船舶による農産物の輸送を可能にしている。コピサダールからアンボンへの輸送には4日間を要する。米の収穫高は灌漑施設を整備することによって飛躍的に増大することが期待されているが、現時点での各世帯の農業収入は少なく、2.5百万から3.0百万ルピアと見積もられている。

##### (4) 人口予測

移民局によれば、1998年度末までに4,120人を移住する計画である。しかし、パサハリ地区ではこれ以上の移住の計画はなく、本調査における調査対象地域の人口増加率はインドネシア国全体

の人口予測と同じく1.9%を採用している。表-2.2に調査対象地域の人口予測を示している。

表-2.2 調査対象地域における人口予測

年	1996	1998	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
移住民	-	4,120	4,278	4,700	5,164	5,674	6,233	6,849	7,524
現在の住民	15,786	16,392	17,020	18,700	20,545	22,573	24,800	27,247	29,936
合計	15,786	20,512	21,298	23,400	25,709	28,246	31,034	34,096	37,460

出典: JICA 調査団

### (5) 将来の農業生産高

パサハリ地区における農業生産高は、灌漑水路の整備にともなって増加する事が予想される。公共事業省によるセラム灌漑プロジェクトは、単位面積あたりの米の収穫高が、現在と比較してサマールで 170%増加(水の供給量が不足した場合は2期作目の収穫が減少する地域が出る事が考えられる)、コビで 200%増加すると予測されている。また、両地区では 2001 年までに 4.5 ton/ha の生産高を達成することが期待されている。結果として、サマール地区およびコビ地区の米の生産高は、2001 年からそれぞれ 16,960 ton/年、26,082 ton/年になると予想される。サマールII地区に関する灌漑状況のデータはないが、米の生産性は灌漑プロジェクトが実現すると飛躍的に増大するものと期待されている。

## 2.1.2 自然地理

### (1) 地形及び地質

セラム島の北部から中央部にかけては河口付近を中心に広大な沖積低地が見られる。サマール川及びコビ川は、丘陵地から沖積平野へ向って概ね北方に流れる。沖積平野では、河川はその勾配が非常に緩くなり、大きく蛇行している。蛇行する川は外側が侵食され、内側に堆積を生み、洪水時には河道を氾濫して氾濫平野を形成する。

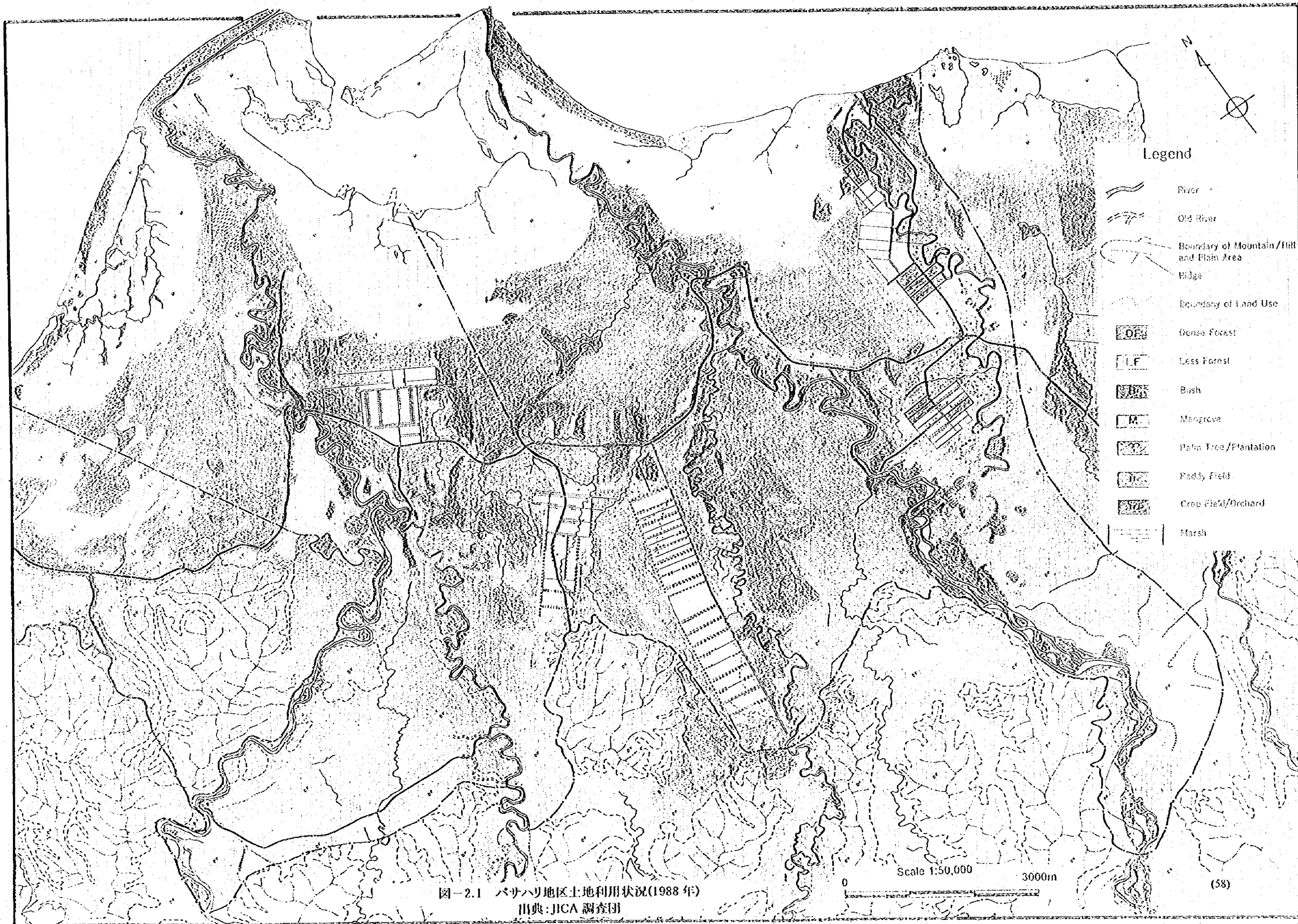
サマール川にある既存の取水施設は、新第三紀堆積岩の丘陵地形から河川が平野部に流れる直前に位置している。同地点周辺の河床には、30cmから50cm径の円礫を含む未固結砂礫層が分布する。下流に行くに従い、砂礫層の粒子は小さくなる傾向にある。コビ川の既存の取水施設は、沖積平野に位置し、周辺の河床には5cmから10cm径の円礫を含む未固結砂礫層が分布する。

### (2) 現在及び将来の土地利用














1988 年におけるパサハリ地区の土地利用状況は図-2.1 の通りである(この土地利用図は 1988 年に撮影された航空写真にもとずいて調査団が作成したものである)。パサハリ地区はかつては森林及び草地に覆われており、海岸線はマングローブの森となっていたが、移住政策と灌漑施設の拡大により耕作が急速に進展し、森林と草地は少なからず農地へと変えられた。

サマールとコビへの移住は、1998/1999 年度に終了する予定であり、またサマールIとコビの灌漑施設整備は 1996/1997 年度に終了する予定である。サマールIIを除けば、これ以上の灌漑は計画されていない。水田は、洪水被害地域を避けつつ、サマールとコビの平原に広がっているため、洪水対策施設が完成すれば、かつての洪水被害地域へも水田が広がることが予測される。この区域は、コビ川の主流とチヌバ川(コビ川の支流)の間に位置するものである。





Legend

-  River
-  Old River
-  Boundary of Mountain/Hill and Plain Area
-  Ridge
-  Boundary of Land Use
-  Dense Forest
-  Less Forest
-  Bush
-  Mangrove
-  Palm Tree/Plantation
-  Paddy Field
-  Crop Field/Orchard
-  Marsh

Scale 1:50,000 3000m

図-2.1 パサハリ地区土地利用状況(1988年)  
出典:JICA 調査団



### 2.1.3 水文・洪水被害

#### (1) 気候

パサハリ地区の気候の特色は、図-2.2に示した。平均気温は24.7度、湿度は89%と高温多湿となっている。

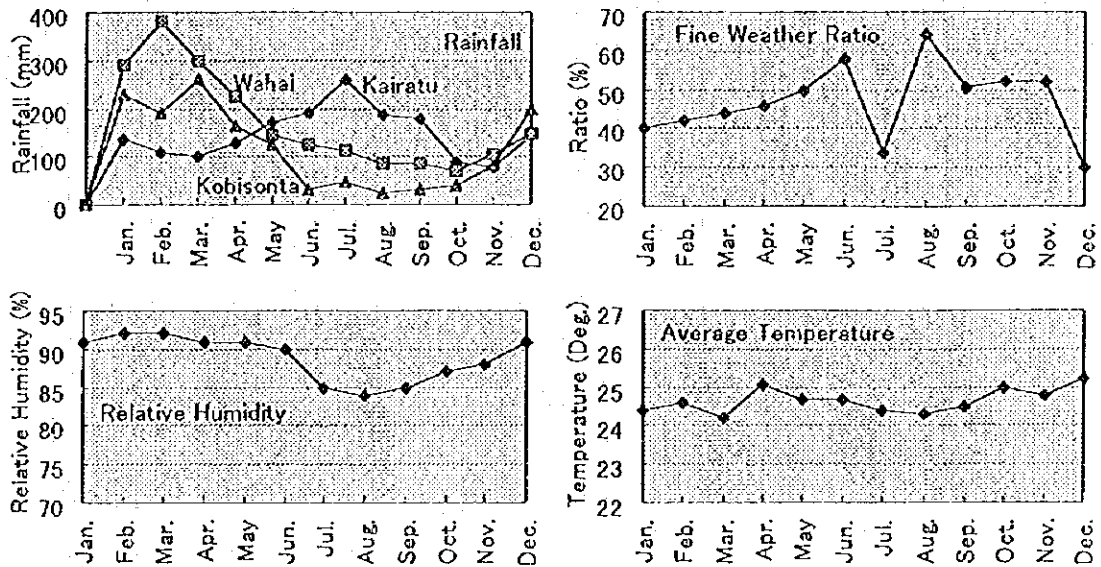


図-2.2 コビソク観測所の気象要素の季節変動

#### (2) 水系

セラム島パサハリ地区における調査対象地域は、サマール川、コビ川流域及びその支流であるムシ川、チヌパ川である。これらの地域の流域面積及び主要河道延長は、最新の100,000分の1地形図により測定し、表-2.3に示した。サマール川、コビ川の河川縦断は図-2.3に、これらの水系は図-2.4に示した。

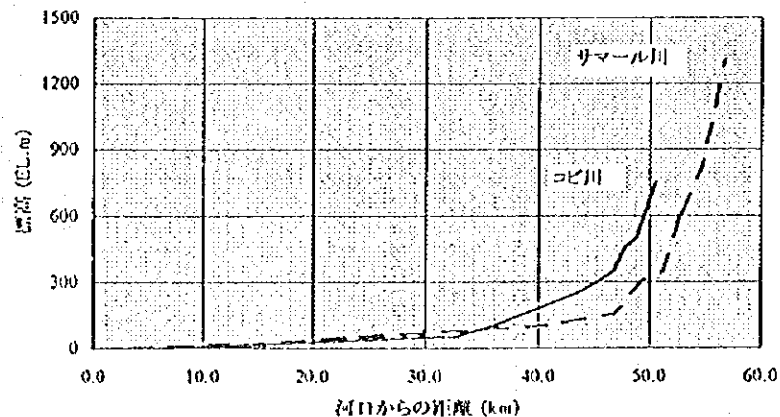


図-2.3 河川縦断(サマール川、コビ川)

表-2.3 調査対象河川流域 (パサハリ地区)

河川名	流域面積 (km <sup>2</sup> )	主流路長 (km)
サマール川	268.9	56.8
コビ川	271.8	50.6

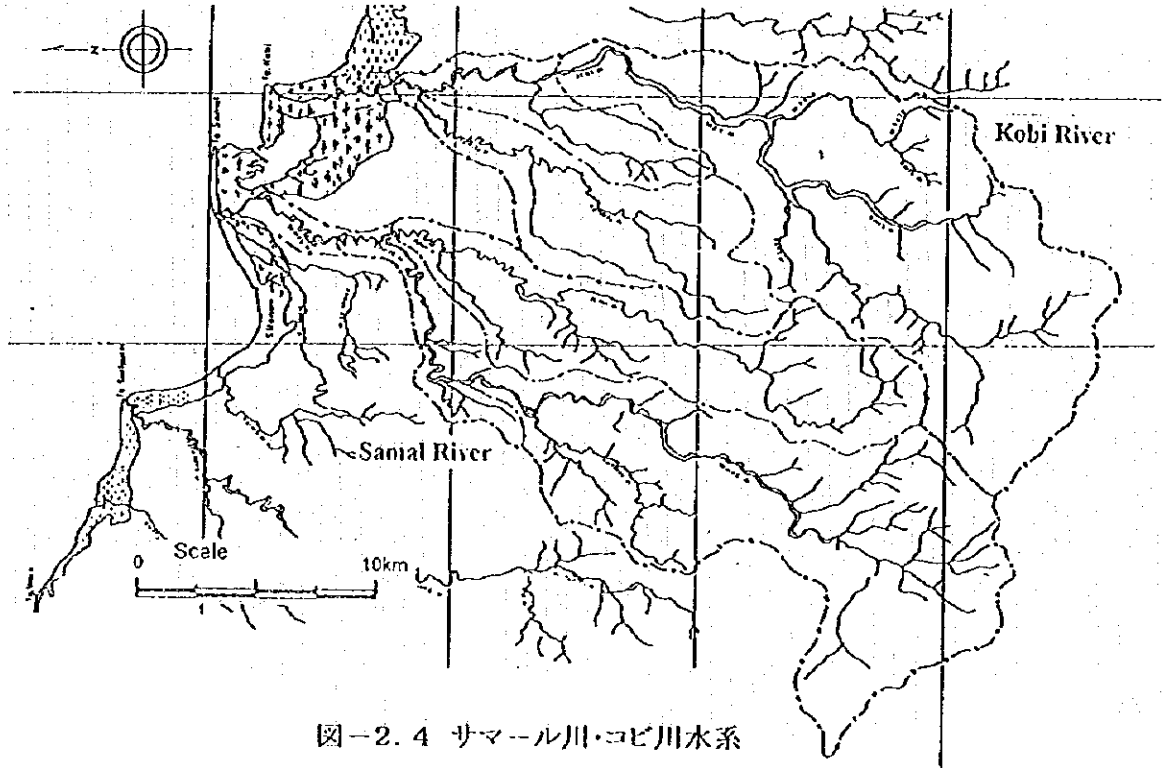


図-2.4 サマール川・コビ川水系

(3) 雨量・水文観測所

セラム島には8カ所の雨量観測所があり、その内2ヶ所(ワハイ、コビソング)は調査対象地域内にある。また、島内の7ヶ所ある水文観測所のうち、2ヶ所はサマール川及びコビ川に設置されているが、利用できるデータは得られていない。

雨量データ及び水文データを収集するため、自記雨量計(ARR)、自記水位計(AWLR)および2つの量水標が調査団により設置された。これらを取りまとめて表-2.4 に示す。また、観測所位置図は図-2.5 に示すとおりである。

表-2.4 設置した観測所リスト

項目	コード	河川・流域	流域面積 (km <sup>2</sup> )	
			観測所	全流域
量水標	S-SM-1	サマール川	260.4	269
	S-KB-1	コビ川	261.0	272
自記水位計	AW-SM-1	サマール川	260.4	269
自記雨量計	AR-PH-1	サマール川	-	-

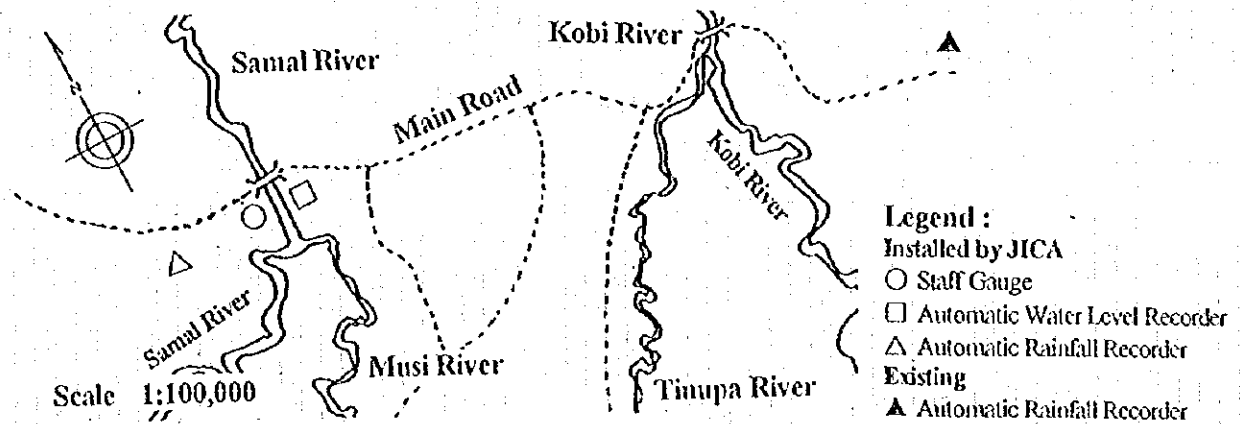


図-2.5 観測所位置

#### (4) 既往洪水被害

主要洪水(1988/01/27洪水、1989/04/03洪水、1996/02/19洪水および毎年洪水)の洪水被害調査に基づいて、洪水浸水地域およびその浸水深地図を作成し、もっとも被害の大きい洪水である1988/01/27洪水の浸水地域及び浸水深を図-2.6に示した。

#### (5) 洪水予警報システム

パサハリ地区住民にとっての既存の洪水予測とは、経験により毎年12月、1月、2月に多く発生する事が分かっているだけである。古くからの住民による洪水予測は、山間上層部にかかる黒い雨雲を観測する事、また、4年毎に大洪水が発生する事、長い乾季の直後に洪水が起こりやすい事、等の経験的な手段に頼っている。マソヒおよびワハイに政府事務所があるが、パサハリ地区には無く、公的な洪水予測体制は整備されていない。洪水警報システムについてもほとんどなく、出水を確認した後大声で叫ぶ事が唯一の洪水警報手段となっている。

### 2.1.4 環境

#### (1) 住民移転・土地収用

パサハリ地区は新興農業地域であり、その人口のほとんどが政府移住政策のもとでジャワから移転してきた人々である。したがって、産業開発や社会基盤整備を目的とした住民移転の経験は無いが、本地区の住民にとっては移転は特別なものではない。パサハリは依然として開発途上地域であり、住宅、耕地、及び灌漑施設用地等は政府から移住者に割り振られてきたが、それに伴う土地収用に関わる問題は現在まで発生していない。

#### (2) 交通・公共施設

パサハリ地区の基盤整備状況は依然低く、ほとんどの道路は未舗装であり、ほとんどの村では電気および電話は利用できない。公共交通もまだない。パサハリ地区の公共施設としては、学校(コピソクタに中学校および高校が一つづつ、ほとんどの村に小学校が一つづつ)、コピソクタに診療所と郵便局、それに各村にイスラム寺院、といったものに限られる。



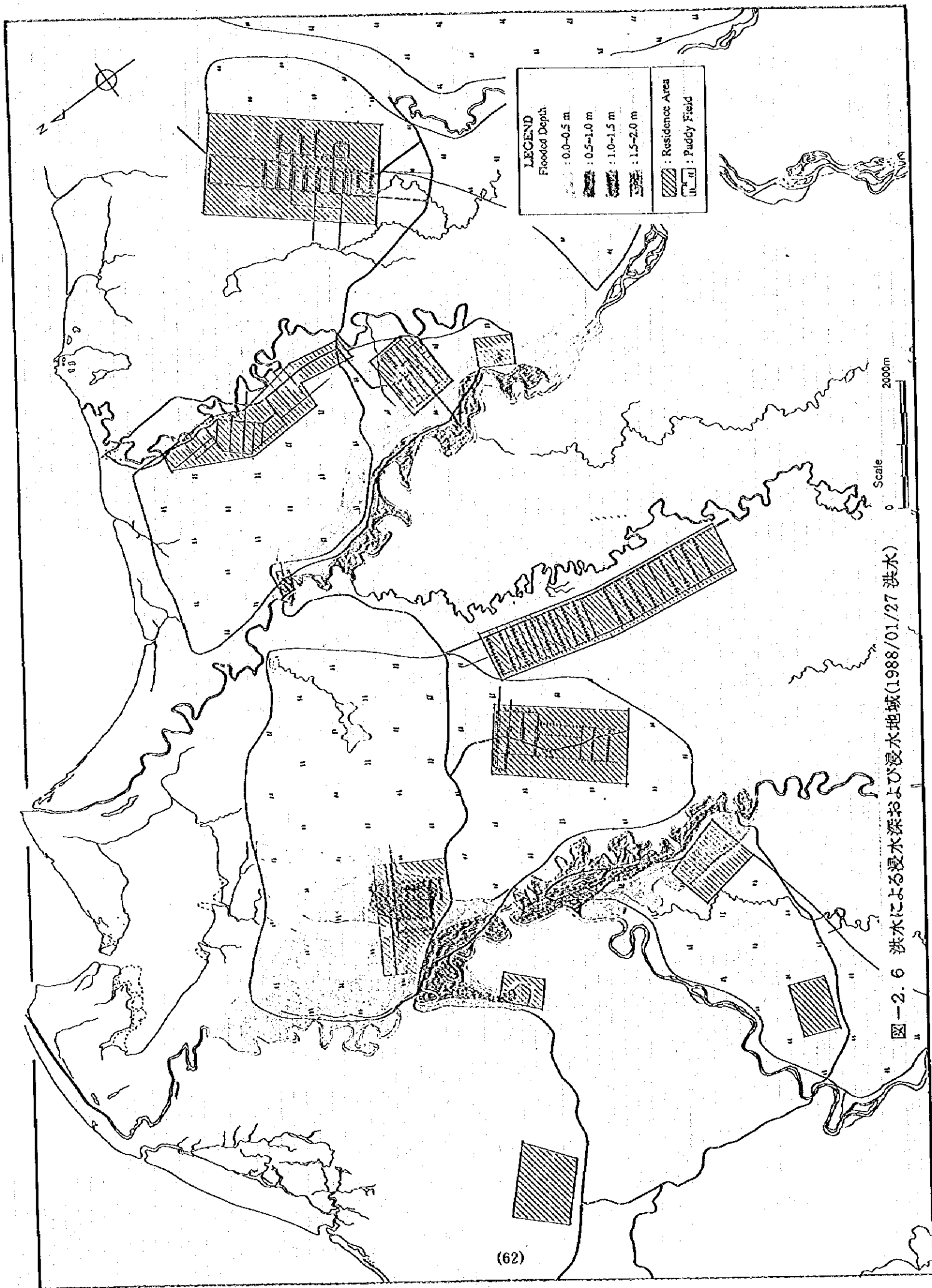


図-2.6 洪水による浸水深および浸水地域(1988/01/27 洪水)

### (3) 公的医療

公的医療サービスについては、サマール地区に二人の医師がいるコミュニティーヘルスセンターが一つ、コビ地区にも医師1人がいるヘルスセンターがある。各村には簡単な医療行為を行う者が一人いるサブコミュニティーヘルスセンターがある。これらの医療サービスは移住実施計画に沿って政府により整備されている。この地域の主な傷病は、マリア、皮膚病、下痢、インフルエンザであり、下痢による死亡が度々発生している。

### (4) 環境衛生

パサハリ地区の生活用水は主として井戸に頼っており、雨季には安定的に利用出来るが、乾季には利用出来なくなる村もあり、その際はサマール川、コビ川の上流まで水を汲みに行かなければならない。水質に関する資料は存在しないが、住民からは塩分、高濃度の鉄分および濁りなどの問題が開かれた。水供給問題を解決するため、移民局は移住民の村にきれいな河川水を送る配水管の建設を計画しており、サマール地区のいくつかの村では既に着工されている。

### (5) 動植物

パサハリ地区における植生に関するデータは無いが、植物種、特に森林におけるそれはアンボン島と類似したものであるといわれている。野生動物に関しては、猪、鹿および数種の鳥が森林域で優位を占めている。

### (6) 河川および海岸環境

サマール川とコビ川の河口では、上流へ2、3 km ほどのマングローブ群生地帯があり、河岸の保護の役割を果たしている。河岸侵食はマングローブ地帯の終わりから中流部にかけて顕著である。上流部では、河川は広がったり狭まったりしながら森林や草地を流下しているため、顕著な河岸侵食見られない。

雨季において、河道および河口部において土砂流出が問題となっており、広範囲にわたって海水が黄色になる現象も見られる。コビ川河口から上流にかけての調査を通して、土砂流出は中流部から多いことがわかった。土砂流出の河口部への影響は重大である。

### (7) 環境汚染

パサハリ地区において環境監視は行われていないが、この地域の低い人口密度や限定された開発活動の現状を考えれば、人間による汚染は大きくないと推測される。前述した環境問題はここでは主に自然発生的なものと考えられる。例えば、地下水及び河川水質の塩分問題は、塩水遡上が主な原因であると考えられる。

## 2.2 洪水解析

### 2.2.1 降雨解析

#### (1) 代表観測所及び流域雨量

パサハリ地区では、調査対象地域内にあるコピソング観測所が8年分の日雨量データを記録している事から、対象流域の代表観測所として採用することができる。カイラトゥ観測所はセラム島で唯一時間雨量を記録しているが、コピソングから島の反対側へ160km離れており、雨季・乾季も反対になっている。しかし、コピソング、カイラトゥ両観測所の日雨量データを比較すると、両者は類似しており、従って、時間雨量に関しては、カイラトゥ観測所のデータを適用する事とした。以上の理由により、次に示す観測所をパサハリ地区の代表雨量観測所とする。

- 日雨量 : コピソング観測所
- 時間雨量 : カイラトゥ観測所

パサハリ地区代表観測所の標高はコピソング EL.2m、カイラトゥ EL.20mと低標高部に位置している。調査対象流域は250km<sup>2</sup>と広く、サマール川およびコピ川の上流部は標高1000mに達している事から、流域雨量としてはその標高差による降雨量の差を考慮しなければならない。一方、山間部に位置するマヌセラ雨量観測所の年平均雨量はコピソングの約2倍となっている。コピソングとマヌセラの位置から、概略のティーセン分割を適用する事とし、サマール川およびコピ川の流域平均雨量は、コピソングとマヌセラの雨量の算術平均値をとることとした。すなわち、流域平均雨量は、コピソングの雨量の1.5倍を設定した。

#### (2) 確率雨量解析

代表雨量観測所のデータを用いて、確率時間雨量および確率日雨量を算出し、表-2.5に示した。コピソングの日雨量データが7年分、カイラトゥの時間雨量が8年分しかなく、比較的短期間のものであるため、非毎年データによる確率計算手法を用いている。

表-2.5 確率雨量[パサハリ地区]

確率年	年	2	3	5	10	20	30	50	100	200
確率日雨量	mm	99.3	109.8	122.9	140.7	158.5	169.0	182.1	199.9	217.7
確率時間雨量	mm	41.8	43.9	46.6	50.3	54.0	56.1	58.8	62.5	66.2

注) 7年間の50mm/日以上の日雨量、8年間の時間雨量を用いた非毎年データによる確率解析

### 2.2.2 洪水流出解析

#### (1) 流域分割

サマール川及びコピ川の流域分割を図-2.7に示す。主要基準点としては、両河川とも下流部の道路橋梁付近に設定した。さらに、支川ムシ川、支川チヌパ川の合流点も基準点として設定した。表-2.6に、流域面積、河道長および各基準点における平均河床勾配を示す。

表-2.6 サマール川およびコピ川の流域分割

河川	流域面積 (km <sup>2</sup> )	河道延長 (km)	最高地点 標高 (m)	最低地点 標高 (m)	勾配
サマール川(橋梁地点)	260.4	45.1	1300	16	1/35
取水施設	152.7	30.4	1300	40	1/24
取水施設～橋梁	20.4	14.7	40	16	1/612
ムシ川	87.3	35.5	500	20	1/74
コピ川(橋梁地点)	264.0	42.5	800	3	1/53
取水施設	177.8	32.1	800	20	1/41
取水施設～橋梁	28.1	10.4	20	3	1/612
チヌバ川	58.1	24.2	350	5	1/70

(2) 流出係数

合理式に適用する流出係数は、流域の地形、地被、植生及び土地利用に基づいて設定し、パサハリ地区においては0.7を適用した。

(3) 合理式によるピーク流量

合理式を用いて、さまざまな再現確率に対する洪水時ピーク流量を算出し、ピーク流量およびその比流量を求め表-2.7に示した。

表-2.7 合理式によるピーク流量とその比流量

流量基準点	C.A. (km <sup>2</sup> )	Tp (min)	確率規模毎のピーク流量 (m <sup>3</sup> /sec)										
			2	5	10	15	20	25	30	50	70	100	200
クルボット式の係数 (a)			170.7	210.4	240.4	258	270.7	280.5	288.6	311	325.6	341.5	372.3
クルボット式の係数 (b)			1.723	2.009	2.187	2.276	2.341	2.388	2.429	2.526	2.582	2.643	2.749
サマール川													
取水口	152.7	215	955	1117	1237	1307	1356	1395	1425	1511	1568	1629	1746
支川合流前	171.0		1070	1251	1385	1464	1519	1562	1596	1693	1756	1824	1955
ムシ川合流点	87.3	169	638	740	816	860	891	915	934	988	1024	1062	1135
支川合流後	258.3		1708	1990	2201	2324	2410	2477	2530	2681	2780	2886	3090
道路橋梁地点	260.4		1721	2006	2218	2342	2428	2496	2549	2702	2801	2908	3114
比流量 (m <sup>3</sup> /sec/km <sup>2</sup> )			6.61	7.70	8.52	8.99	9.33	9.59	9.79	10.37	10.76	11.17	11.96
コピ川													
取水口	177.8	202	1160	1353	1497	1581	1639	1685	1721	1825	1892	1965	2105
支川合流前	204.5		1334	1556	1722	1818	1885	1938	1980	2099	2177	2260	2421
チヌバ川合流点	58.1	115	530	605	662	695	718	736	750	791	818	846	901
支川合流後	262.6		1864	2161	2384	2513	2604	2675	2730	2890	2994	3106	3322
道路橋梁地点	264.0		1873	2172	2395	2526	2616	2688	2744	2904	3009	3121	3339
比流量 (m <sup>3</sup> /sec/km <sup>2</sup> )			7.09	8.23	9.07	9.57	9.91	10.18	10.39	11.00	11.40	11.82	12.65

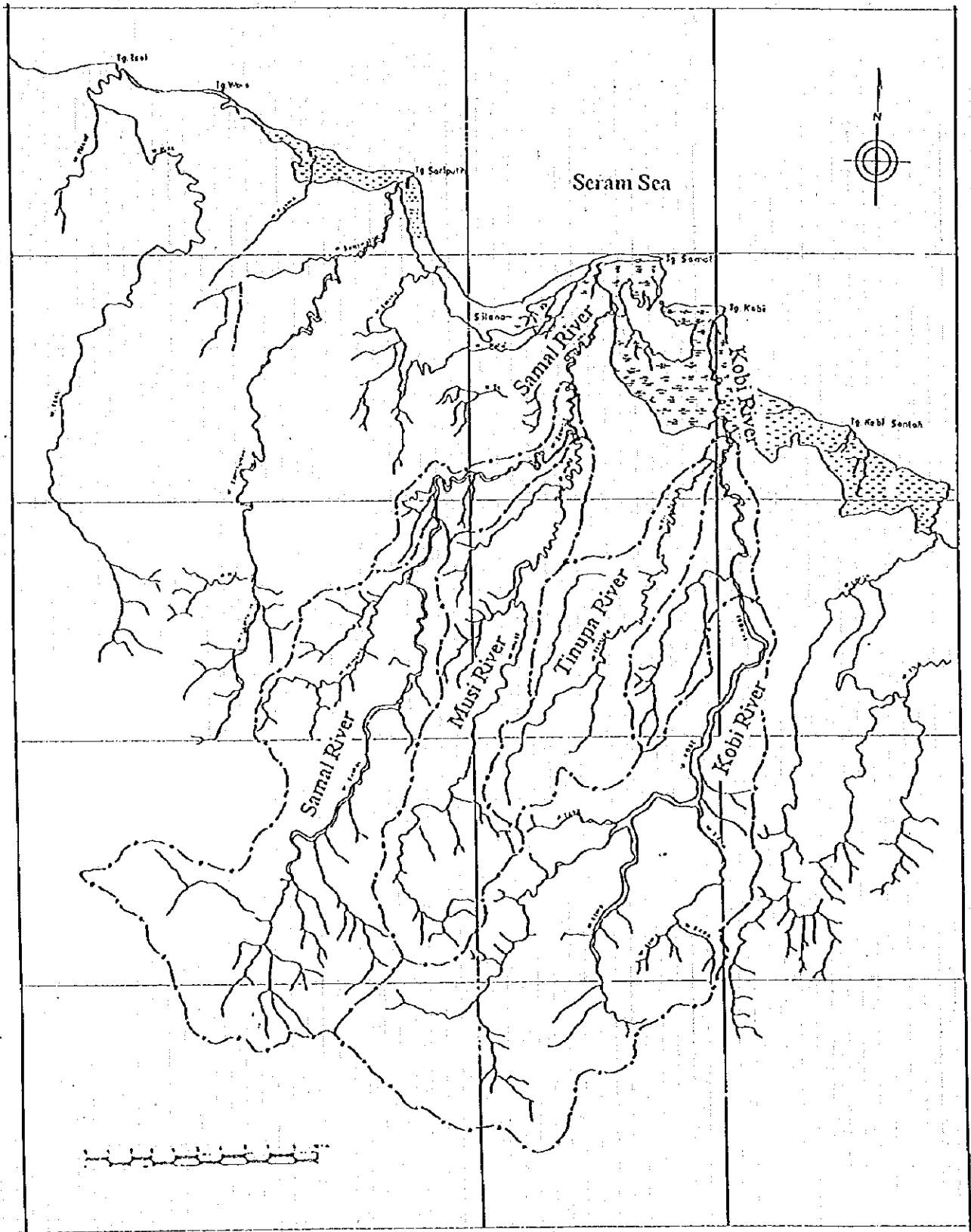


図-2.7 サマール川およびコビ川の流域分割

### 2.2.3 洪水被害解析

#### (1) 河道の流下能力

本調査において、サマール川、コピ川及び支流ムシ川、チヌパ川の縦横断測量を実施し、この結果に基づいて各河川の現況流下能力を算出した。測量成果である河川横断から、等流計算により各断面における水位～流量の関係を、最大 800m<sup>3</sup>/sec(支流については 400m<sup>3</sup>/sec)まで求めた。各河道断面における流下能力は、左右岸の堤防高と水位～流量関係を比較して算出した。その結果として、流下能力の平均値および最低値を表-2.8にとりまとめた。

表-2.8 流下能力の概要

河川名	等流計算による流下能力 (m <sup>3</sup> /sec)	
	平均	最低
サマール川	100 - 150	81
ムシ川	100 - 150	66
コピ川	100 - 150	84
チヌパ川	100 - 150	72

#### (2) 洪水被害予測

プロジェクトの便益を定量化するためには、“プロジェクトを実施しない場合”の洪水被害額を算出する必要がある。本調査において洪水被害解析を以下の手順により行う。

- 1) 過去に発生した3回の主要洪水及び毎年洪水、さらに30年確率および100年確率洪水について、浸水深および浸水地域を調査する。
- 2) 上記洪水の被害額を推定する。
- 3) 2)に基づき「洪水流量～被害額曲線」を求める。
- 4) 年平均被害軽減期待額(便益)を求める。

#### (3) 一般資産等被害額(家屋、家庭用品、農地)

家屋や農地への被害については、住民及び農業従事者へのインタビュー調査を行って評価したが、これらの被害の記憶がはっきりしなかったり、家屋への被害が不明であったりするため、正確な被害評価は困難であった。現地での被害状況と日本における過去の事例を比較した結果、双方の被害状況に類似性が認められたため、日本で設定された洪水位ごとの標準被害率を適用することとした。

調査団は現地調査を通じて、洪水氾濫地域全域について一般資産の価値を見積もり、資産のゾーニング地図を作成した。また、各河川毎に、調査地域内の約50所帯に対して聞き込みを行い、洪水位調査を行った。

表-2.9 一般資産の価値

項目	家屋	家庭用品	事業所 償却資産	事業所 在庫資産	米作
単位	1家屋当たり	1家屋当たり	1事務所当たり	1事務所当たり	トン当たり
単価(百万ルピア)	8	1.5	2	0.1	0.1

#### (4) 公共土木施設等への被害

バサハリ地区における公共土木施設等への被害状況データは存在しない。そこで日本における標準被害率を適用する事とした。すなわち、一般資産への被害額を100とした時、道路及び橋梁 28、農地 6、農業用施設 43、電力 2.4、以上合計 79.4とする。

#### (5) 農作物被害

バサハリ地区における主要農作物は米であるが、水田への洪水による被害額が不明であるため、以下の表に示す通り日本における農作物被害率を適用し、対象地区の被害額を算出することとした。

表-2.10 水田の生産額(100)に対する被害率

浸水深	0.5m 以下				0.5-0.99m				1.0m 以上			
	1-2	3-4	5-6	6<	1-2	3-4	5-6	6<	1-2	3-4	5-6	6<
洪水日数												
被害率(%)	21	30	36	50	24	44	50	71	37	54	64	74

出典::建設省河川砂防技術基準(案)

#### (6) 既往洪水被害額の推定

既往洪水による被害額は表-2.11 に示すように推定した。

表-2.11 既往洪水による推定被害額

単位:百万ルピア

洪水	項目	サマール川	コピ川	合計
1988/01/27	家屋数	577	201	778
	一般資産被害額	1103	328	1431
	農作物被害額	568	372	940
	公共土木施設等被害額	1327	556	1883
	合計	2997	1255	4252
1992/04/03	家屋数	505	115	620
	一般資産被害額	882	192	1074
	農作物被害額	476	294	770
	公共土木施設等被害額	1078	386	1464
	合計	2436	872	3308
1996/02/19	家屋数	60	13	73
	一般資産被害額	91	29	120
	農作物被害額	62	116	178
	公共土木施設等被害額	121	114	235
	合計	274	259	533
毎年洪水	家屋数	28	8	36
	一般資産被害額	43	17	60
	農作物被害額	42	3	45
	公共土木施設等被害額	67	16	83
	合計	152	36	188

出典:JICA調査団

#### (7) 想定洪水被害額の推定

100年確率規模洪水による洪水被害額を推定した。ここでは、全ての洪水流は河道内を流下するものとして仮定して、等流計算により氾濫水位を推定した。この推定洪水位、氾濫区域の微地形、過去の洪水位およびその氾濫区域等に基づいて、100年確率洪水の氾濫区域及び氾濫水深を設定し、図-2.8に示した。







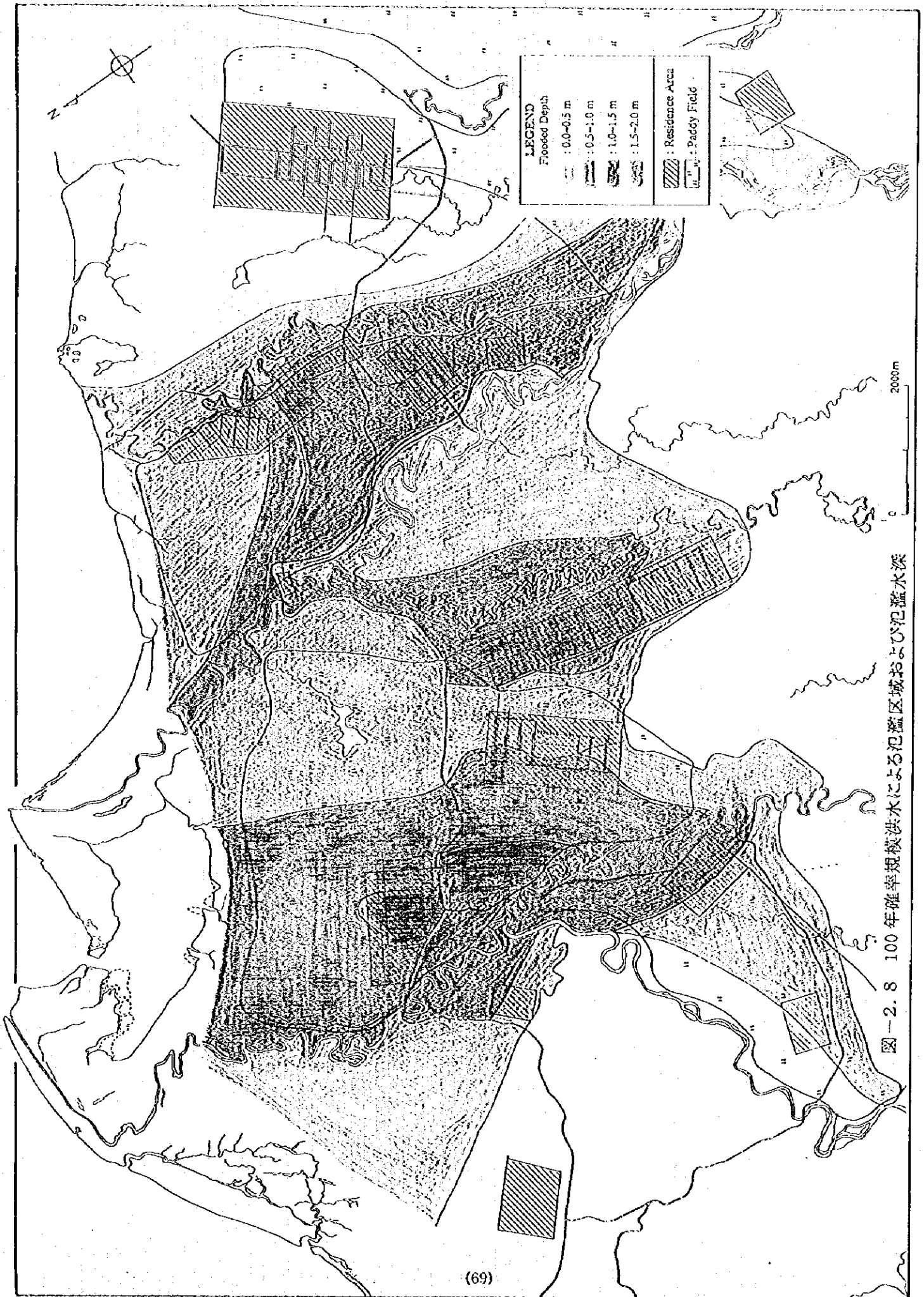


图-2.8 100年確率規模洪水による氾濫区域および氾濫水深

既往洪水被害額の推定と同様の手法により、100年確率における推定洪水被害額を計算し、表-2.12に示した。なお、ピーク流量は表-2.13に示している。

表-2.12 100年確率洪水における推定被害額 単位:百万ルピア

洪水確率	項目	サマール川	コピ川	合計
100年確率	家屋数	1147	906	2053
	一般資産等被害額	2937	2243	5180
	農作物被害額	1581	1883	3464
	公共土木施設等被害額	3587	3276	6863
	合計	8105	7402	15507

出典:JICA調査団

表-2.13 ピーク流量

確率規模	位置	サマール川(m <sup>3</sup> /sec)	コピ川(m <sup>3</sup> /sec)
1/20	基準点(橋梁地点)	2,428	2,616
1/100	基準点(橋梁地点)	2,908	3,121

#### (8) 既往洪水流量の推定

既往洪水流量およびその確率規模は、時間雨量が無い場合日雨量により推定し、表-2.14に示した。

表-2.14 既往洪水流量の推定結果

項目		1988/01/27洪水	1992/04/03洪水	1996/02/19洪水
日雨量 (mm/日)		145.8	108.9	63.1
確率規模		10年	5年	1年
ピーク流量 (m <sup>3</sup> /sec)	サマール川橋梁地点	2218	2006	1520
	コピ川橋梁地点	2395	2172	1670

Source : JICA Study Team

#### (9) 洪水流量～被害額曲線

以上の検討を基にして、洪水流量と被害額の関係は、次の点を考慮して評価した。

- 河道の流下能力を無害流量に設定する。
- 被害を引起す洪水は両河川とも毎年1回は発生している。
- 1996/02/19洪水は、毎年発生する規模(1年確率規模)の洪水と評価した。
- 1992/04/03洪水は5年確率規模と評価した。
- 1998/01/27洪水は10年確率規模と評価した。

洪水流量および確率規模と洪水被害額の関係を表-2.16、図-2.9および図-2.10に示す。

表-2.15 評価手法

確率規模	流量規模	被害
0.5年確率	流下能力	被害なし
1年確率	毎年洪水流量	1996/02/19洪水被害
5年確率	5年確率流量	1992/04/03洪水被害
10年確率	10年確率流量	1988/01/27洪水被害
20年確率	20年確率流量	10年確率および100年確率洪水被害より推定
100年確率	100年確率流量	100年確率洪水による被害

表-2.16 洪水流量および確率規模と洪水被害額の関係

サマル川			コピ川		
確率規模	流量 (m <sup>3</sup> /sec)	被害額 (百万ルピア)	確率規模	流量 (m <sup>3</sup> /sec)	被害額 (百万ルピア)
0.5年確率	1310	0	0.5年確率	1450	0
1年確率	1520	274	1年確率	1670	259
5年確率	2006	2436	5年確率	2172	872
10年確率	2218	2998	10年確率	2395	1256
20年確率	2428	3565	20年確率	2616	1939
100年確率	2908	8105	100年確率	3121	7402

出典: JICA 調査団

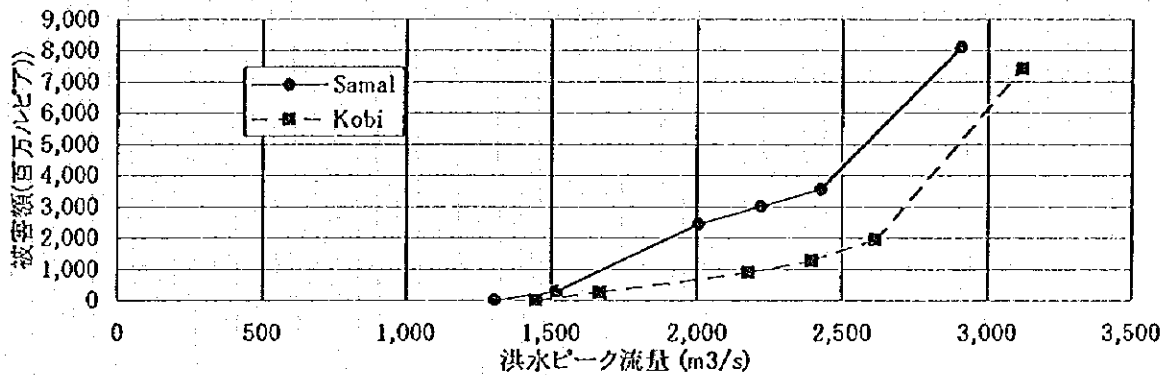


図-2.9 洪水流量～洪水被害額曲線

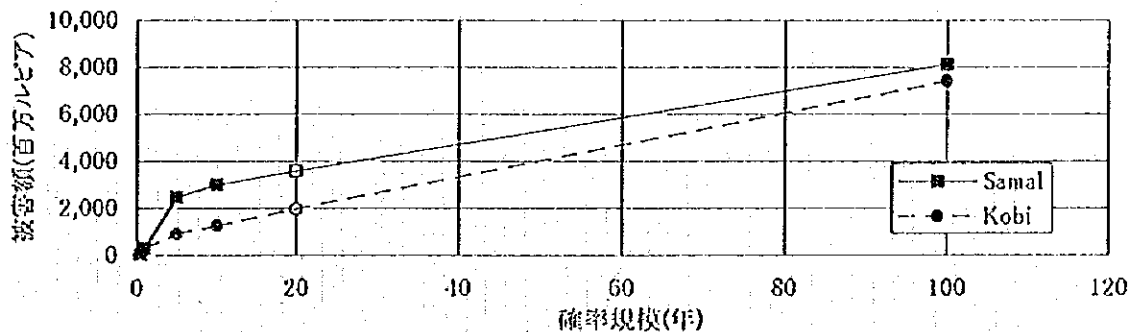


図-2.10 洪水確率規模～洪水被害額曲線

## 2.3 洪水制御概念計画

### 2.3.1 計画の基本方針

バサハリ地区洪水対策は、表-2.17 に示すような計画条件および治水対策方針のもとで、計画を立案した。

表-2.17 バサハリ地区洪水対策計画の基本条件

項目	説明
＜ 計画条件 ＞	
- 計画対象年	バサハリ地域の治水計画の対象年は2015年とする。
- 保全区域と対象河川	対象河川であるサマール川とコビ川に沿って、サマール I、サマール II およびコビの3つの灌漑開発地区がある。想定最大氾濫区域内の灌漑農業開発地区を洪水に対する保全対象区域に設定した。しかし、氾濫区域ではあっても灌漑農業開発地区外では洪水保全対象とはしなかった。したがって、保全対象区域は両河川の堰計画地点より下流の平地部とした。
- 計画規模	バサハリ地区の治水計画規模は20年確率規模とする。
＜ 治水対策の方針 ＞	
- 経済的な治水対策工法	バサハリ地区は開発途上の地区であり、ダムや貯水池のような大きな投資を必要とする対策より、経済的な河川改修工法を提案する。微高地形を利用し、できる限り幅を広くすることによって、河川堤防の高さを低くする。つまり、洪水位を低くすることで、堤防建設コストを小さくし、雨水排水を促進する。
- 現河道を大きく取り囲む堤防	対象とする両河川は沖積平野を蛇行して流れており、河川堤防は現河道を大きく取り囲むように計画する。すなわち、現河道は低水路としての役割を果たし、幅の広い高水敷を持つ複断面河道を河川堤防によって形成する。
- 多目的堤防	河川堤防は多目的に利用できるように計画することとし、初期投資の便益を最大とするために、道路や用水路等、多目的に利用する。
- 優先順位をつけた段階施工	現在の洪水地域はその重要度に応じて順位付けされるべきである。さらに、灌漑地域、住宅地区および上流域の開発計画に基づいた段階施工が提案されるべきである。

### 2.3.2 洪水対策計画

#### (1) 代替案

いくつかの堤防高(H = 1.5~3.0m)を仮定して、計画洪水(20年確率)が流下可能な川幅を等流計算により求めた。サマール川については、灌漑地区が河川の両岸に展開していることから、河川堤防は左右岸に計画した。しかし、サマール川の左岸 10k000~16k000 は山付きとなっていることから、堤防は建設しない。サマール川 0k000~7k000 はほとんどが沼地であり、ここも堤防は必要ではない。7k000 より上流における計画川幅を見ると、堤防高を 1.5m とすると 7k000~10k000 で 3,100m の川幅が必要であり、採用するには川幅が広すぎると判断される。本計画では、代替案として 2.0m と 2.5m の堤防高を採用した(表-2.18 参照)。

コビ川については、コビ川とチヌパ川の間地域は灌漑計画が無いので、河川堤防はコビ川の右岸とチヌパ川の左岸に計画した。しかし、コビ川 4k000~6k000(合流点)は両岸に堤防が必要

である。さらに、コピ川 3k000より下流の地域ではほとんどが沼地であることから堤防は必要ない。最も下流側の川幅を見ると、堤防高を 1.5m および 2.0m とすると川幅はそれぞれ 5,950m、2,650m 必要である。ここでは、2.0m と 2.5m の堤防高を代替案として採用した。この2つの代替案では、最下流区間は両方とも堤防高 2.5m を採用している(表-2.18 参照)。

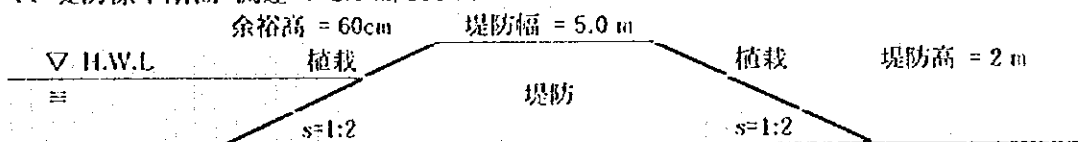
## (2) 最適計画

積算された事業費を基にして、各河川における最も経済的な代替案を洪水対策概略計画とした。サマール川およびコピ川とも、堤防高は 2.0 m 案を採用した(表-2.18参照)。堤防の標準断面は図-2.11に示すとおりである。パサハリ地区の洪水対策概略計画の平面図を図-2.12に示す。

表-2.18 パサハリ地区の洪水対策計画の概要

河川	サマール川				ムシ川		合計
	- 7.0k	- 10.0k	- 16.0k	- 16.6k	- 4.5k	- 5.5k	
計画河床勾配	1/5600	1/550	1/330	1/200	1/270	1/220	-
計画河道区間長 (m)	7,000	3,000	6,000	600	4,500	1,000	-
計画流量 (m <sup>3</sup> /sec)	2,450	2,450	1,550	1,550	900	900	-
堤防高 (m)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	-
計画河道幅 (m)	2,850	1400	540	350	340	260	-
計画水深 (m)	7.40	6.40	3.90	3.90	3.90	3.40	-
計画流速 (m/sec)	0.58	1.13	1.62	2.23	1.66	1.96	-
取得用地面積 (ha)	2.21	13.09	10.37	0.85	14.11	1.87	42.50
概算事業費 (百万 Rp)	-	-	-	-	-	-	20,077
河川	コピ川				チヌバ川		合計
	- 6.0k	- 9.5k	- 15.0k	- 16.6k	- 4.0k	- 6.5k	
計画河床勾配	1/4900	1/430	1/250	1/180	1/520	1/230	-
計画河道区間長 (m)	6,000	3,500	6,000	1,600	4,000	2,500	-
計画流量 (m <sup>3</sup> /sec)	2,650	1,900	1,900	1,900	750	750	-
堤防高 (m)	2.50	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	-
計画河道幅 (m)	1500	920	540	540	410	220	-
計画水深 (m)	6.90	6.40	3.90	2.90	4.90	4.40	-
計画流速 (m/sec)	0.90	1.30	1.90	2.10	1.17	1.92	-
取得用地面積 (ha)	10.26	6.80	10.88	2.04	5.95	5.44	41.37
概算事業費 (百万 Rp)	-	-	-	-	-	-	22,190

<< 堤防標準断面 流速 < 2.0 m/sec >>



<< 堤防標準断面 流速 ≥ 2.0 m/sec >>

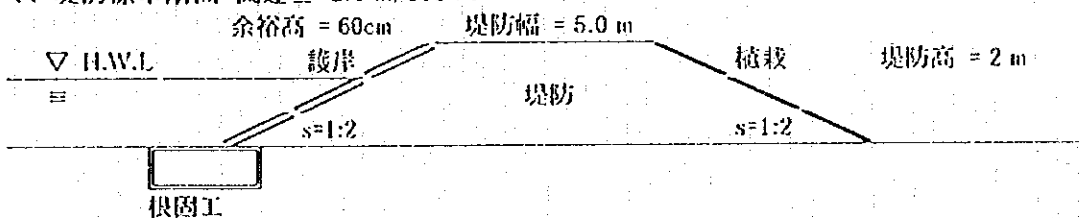


図-2.11 パサハリ地区の堤防標準断面

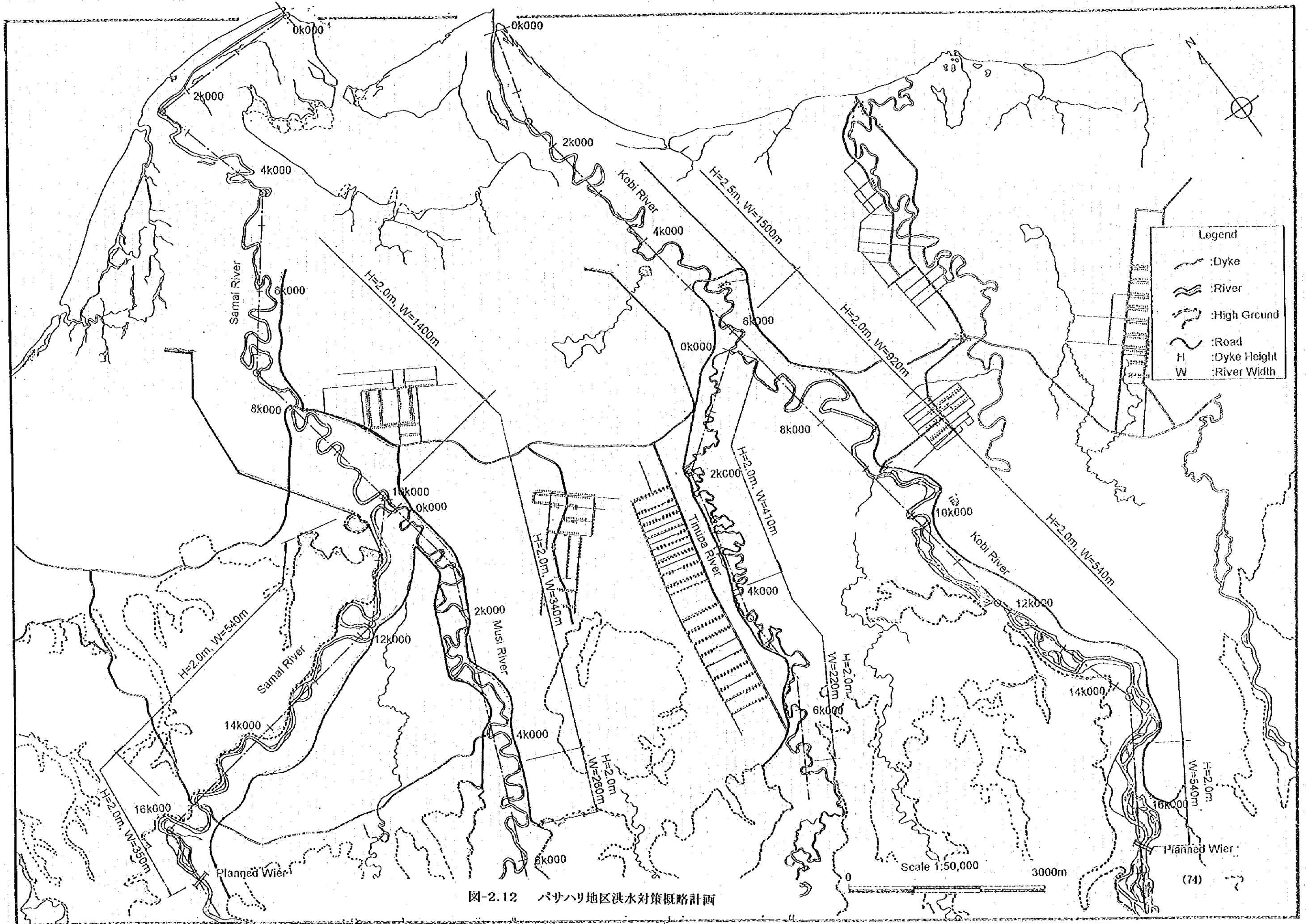


図-2.12 パサハリ地区洪水対策概略計画





### 2.3.3 事業実施工程

サマル川およびコピ川における洪水対策コンセプトプランの事業実施スケジュールは、表-2.19のように提案する。4つのステージと4つの河川区間に分けられた全河川区間の堤防は、段階施工が実施される。原則として、堤防は下流側から建設される。

表-2.19 パサハリ地区洪水対策事業実施工程

作業区分	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
(1) 準備作業	■																		
(2) 工事																			
- サマル川(0.0k-10.0k)				■															
- サマル川(10.0k-16.6k)														■					
- ムシ川 (0.0k-5.5k)										■									
- コピ川 (0k.0-9.5k)				■															
- コピ川 (9.5k-16.6k)											■								
- チヌバ川 (0.0k-6.5k)																■			

### 2.3.4 計画の評価

#### (1) 初期環境影響評価

表-2.20 は、初期環境影響評価 (IEE) の結果を示した環境影響評価マトリックスである。いくつかの環境要素について、建設段階にはある程度の環境影響が予想されるが、運用段階になると負の社会影響はないものと予想される。

表-2.20 環境影響評価マトリックス

環境要素		建設段階		運転段階	
		サマル川	コピ川	サマル川	コピ川
社会環境	住民移転	-	△	-	-
	経済活動	△	△	-	-
	交通・生活施設	-	△	-	-
	遺跡・文化遺産	-	-	-	-
	水利権・入会権	-	-	-	-
	健康・公衆衛生	-	-	-	-
	廃棄物	△	△	-	-
自然環境	災害の危険性	-	-	-	-
	地形・地質	-	-	-	-
	土壌侵食	-	-	-	-
	地下水	-	-	-	-
	湖沼・河川	-	-	-	-
	海岸	△	△	-	-
	動植物 景観	-	-	-	-
公害	大気汚染	-	-	-	-
	水質汚染	△	△	-	-
	土壌汚染	-	-	-	-
	騒音・振動	-	-	-	-
	悪臭	-	-	-	-

×: 重大な負のインパクト, △: 負のインパクトの可能性, -: 負のインパクト無

## (2) 経済評価

経済評価は、1)価格基準:1996年12月、2)計画規模:20年確率、3)プロジェクトライフ:50年、4)維持管理費:建設費の0.5%、5)標準変換係数:85%、6)資産の伸び率:2010年まで(2.5%/年)および2011年から(1.6%/年)、の仮定に従って行った。表-2.21は、事業実施スケジュールに従って3段階のステージで洪水対策事業が実施されたものと仮定して、サマール川とコピ川について経済分析を行った結果を示している。

サマール川における洪水対策事業は、内部収益率(IRR)が16.0%を示し、経済的に実施可能であると判断される。一方、コピ川洪水対策事業は、内部収益率が8.2%であり、事業の経済的な実施可能性はギリギリの線である。しかし、コピ川の洪水対策施設(堤防)は、道路との兼用施設として整備するので、地域経済に対して付加的な便益をもたらす(本調査では交通関係のデータが得られていないので便益を計算できないが)。パサハリ地区における将来の開発計画は、現段階では政府により策定されていない。コピ川の洪水対策施設の実施可能性は、本地域の将来の開発状況に負うところが大きく、現段階では判断できないところである。

表-2.21 パサハリ地区洪水対策計画の経済評価

河川	事業費 (経済費用)	純経済価値 (割引率:10%)	便益・費用比(B/C) (割引率:10%)	内部収益率 (IRR)
サマール川	17,065 百万 Rp	7,885 百万 Rp	1.88	16.0 %
コピ川	18,862 百万 Rp	-2,122 百万 Rp	0.79	8.2 %

## 2.4 提言

### (1) 計画の進展・実施

パサハリ地区の洪水対策計画は、次のような基本構想に基づき、概念計画として提案している。すなわち、1)河川改修工事費を低く抑える、2)河川水位を低くするため、現河道を広く囲むように堤防を計画する、3)経済的な洪水対策、4)堤防の多目的利用。パサハリ地区は灌漑による農業生産ポテンシャルの高い地域であるので、今後の灌漑事業の進展の合わせて、計画の進展・実施(例えば、マスタープランの立案、F/Sの実施、詳細設計および工事の実行)を進めるべきである。

### (2) 水文資料の収集

パサハリ地区では、日雨量資料は利用できるが時間雨量資料は無く、河川水位および流量資料(特に、サマール川およびコピ川)についても、既存の資料はない。洪水対策ばかりでなく灌漑計画の立案においても、雨量資料や河川流量資料は不可欠である。今回の調査で調査団の設置した水文視測施設を利用して、水文視測資料の収集を継続すべきである。

### (3) 土地利用の規制

河川水位を低く抑えるため(すなわち、堤防高さを低くするため)、河川幅を広く提案している。下流区間では、堤防高さ2.0 - 2.5mで河道幅は1,400 - 1500mとなっている。この区域(堤外地)は、農用地として利用するのに十分な広さである。しかし、この区域は洪水の氾濫区域であるので、洪水に強い作物のための農地として利用できるが、住宅地としては利用できないので土地利用を規制すべきである。





