

§ - 3 謝 辞

本調査に当っては、次の方々に多大なる協力を頂いたので、ここに深く謝意を表する次第である。

1.3.1 Malaysian government officials concerned participating in the technical feasibility survey on the Flood Forecasting and Warning System.

- Drainage and Irrigation Department (DID)

(Federal DID)

Mr. Cheong Chup Lim
Mr. S.H. Thavaraj
Mr. Sieh Kok Chi
Mr. Teh Siew Keat
Mr. Ahmad Fuad b.Embi
Mr. Tan King Seng
Mr. Masashi Tanimoto

(Sabah DID)

Mr. Joseph Yeoh Hoh Hoh
Mr. Daniel Wong
Mr. Paul Hii
Mr. Stanley Chin
Mr. Vun Yee Kyun
Mr. Chin Foo Fah

(Sarawak DID)

Mr. Foong Ka Nim
Mr. Joseph Ting
Mr. Ngo Tok Pin
Mr. Tserng Goong Farn
Mr. Then Thiat Khiong
Mr. Lin Joo Hui
Ms. Jennifer Goh

- Economic Planning Unit (EPU)

(Federal EPU)

Mr. Mohd. Aminuddin
Hashim

(Sabah EPU)

Mr. Azizan Bin Husain
Mr. Vincent Gadalon
Ms. Maznah Ghani

(Sarawak EPU)

Mr. Mohamed Aminurashid

- Telecom Department (TD)

(Federal TD)

Mr. Ruslibin Habib
Mr. Xavier Goh
Mr. Khen Wah
Mr. Chong Beng Tiat
Mr. Ong Hai Seng

(Sabah TD)

Mr. Harold Read
Mr. Leslie Chong
Mr. Liew Sak Lim

(Sarawak TD)

Mr. Chan Hick Ping
Mr. Ronny Ong Tiang Lin

2. 本調査の実施に当たり、台風委員会から大井英臣氏の参加を得、種々の助言を頂き、ここに深く感謝の意を表します。

3. 本調査の実施および報告のとりまとめにあたり、事前調査団の高山一彦団長、町田脩氏、横内秀明氏、の協力を得、種々の助言、資料の提供を頂きましたことに深く感謝の意を表します。

II 結 論

調査団はサドン川(サラワク州), キナバタンガン川(サバ州)の現地調査及び資料解析検討の結果, 両河川の洪水予警報システムについて次のような結論を得たので報告する。

§ - 1 洪水予警報対象地域

1. キナバタンガン川流域

(1) Target Area

既往最大洪水(1971年2月)によって影響をうけた主な氾濫原とする。但し, Milian, Kuamut 川合流点間のキナバタンガン川の河川沿を Target Area とする。

将来の発展によって警報の範囲は氾らん原一帯に広げられるものとする。

(2) Warning Point

Target Areat の内の集落のうち主要 Kampung である Kuamut, Balat, Pintasan, Lamag, Bukit Garam, Bilit を警報地点として決定する。

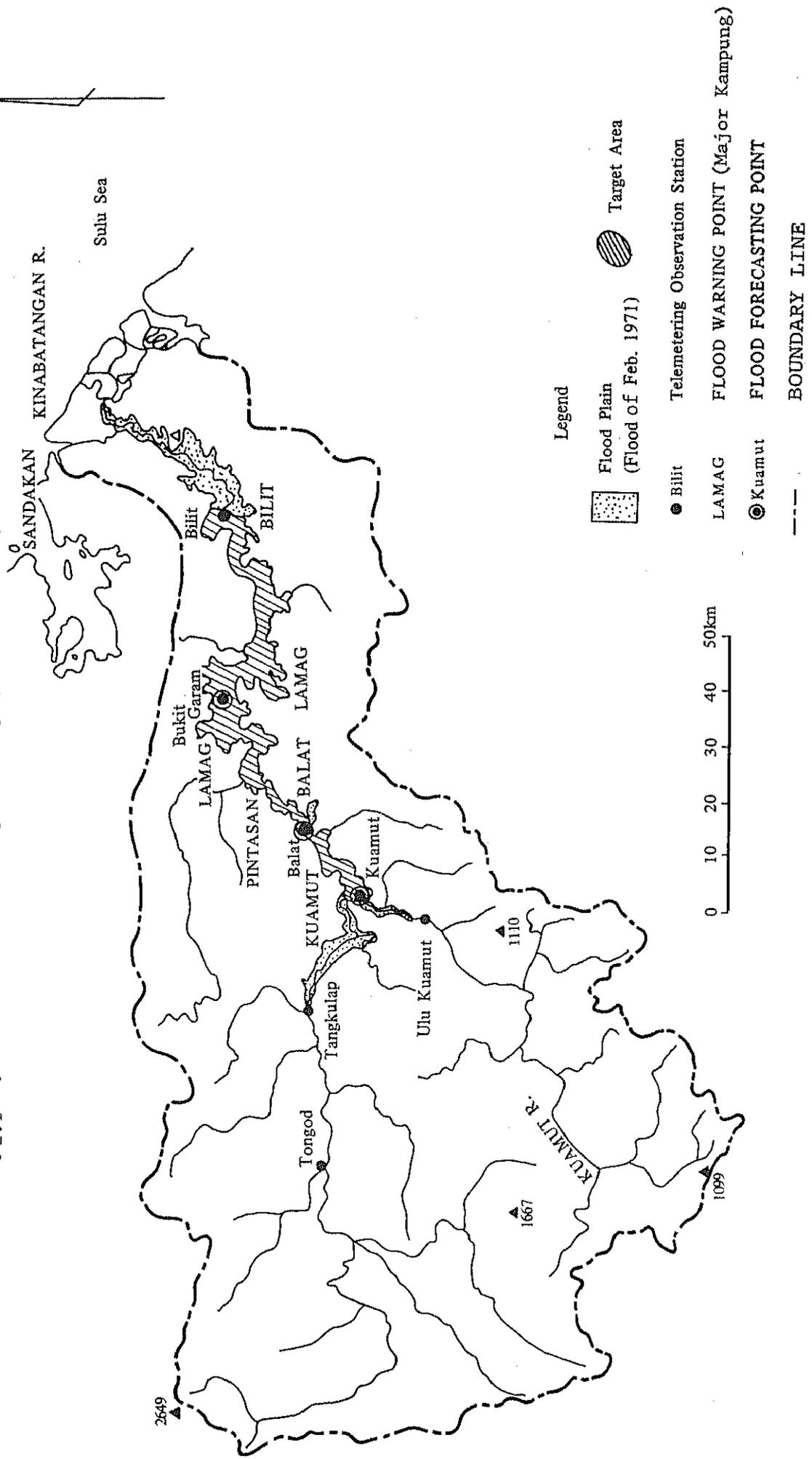
将来上流域の資料が整備され洪水予測が可能になったならば, Tangkulap も警報地点に含めることにする。

(3) Forecasting Point

洪水予測地点は流域内の水文気象学的, 社会経済条件及び電波伝播テストの結果よりキナバタンガン川の洪水予測モデルを定め, 次に示す3地点を選定する。

- Kuamut
- Balat
- Bukit Garam

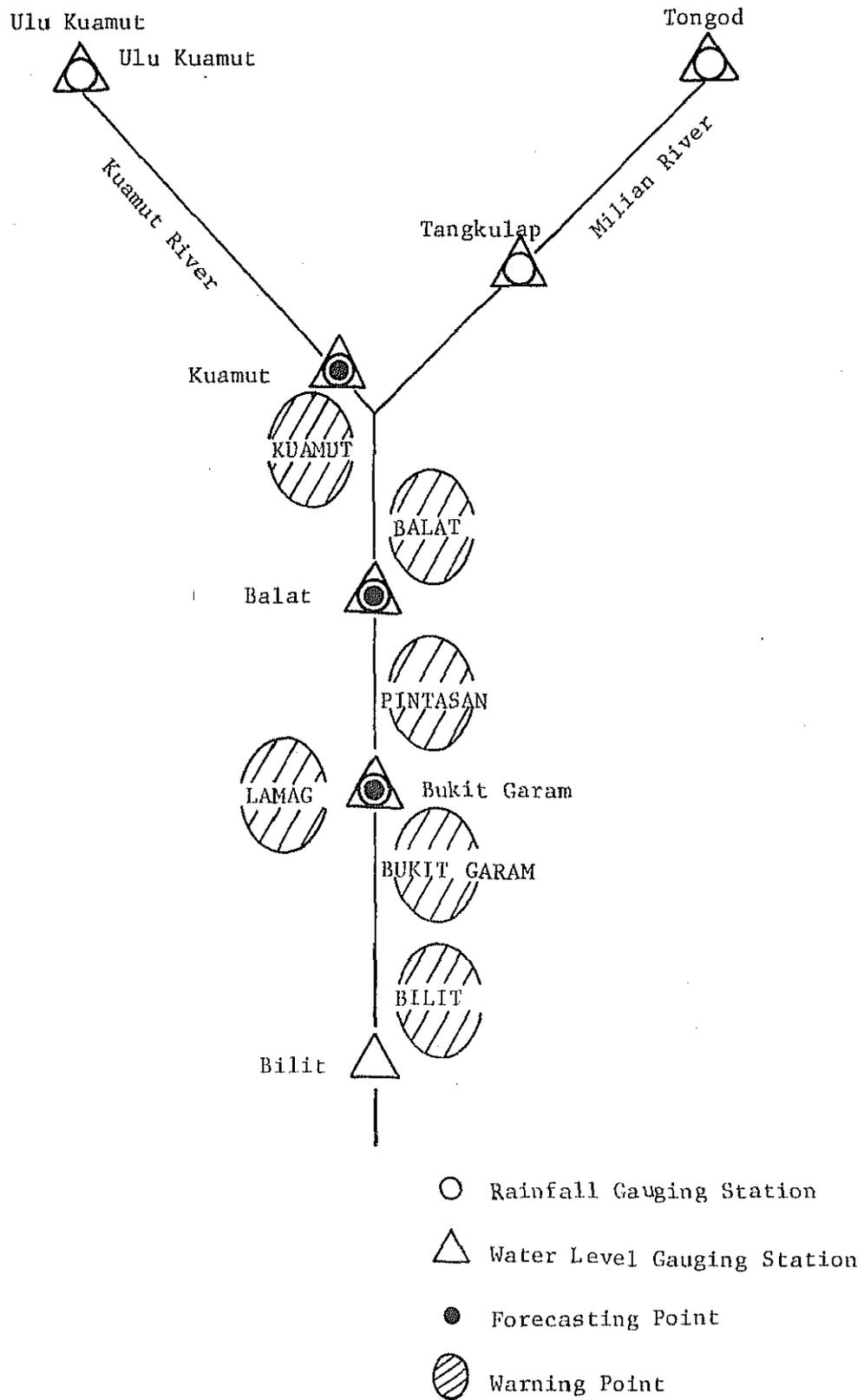
Fig. 2.1 Target Area for Flood Forecasting and Warning System in Kinabatangan River Basin



Legend

-  Flood Plain (Flood of Feb. 1971)
-  Target Area
-  Bililit
-  Telemetering Observation Station
-  LAMAG
-  FLOOD WARNING POINT (Major Kampung)
-  Kuamut
-  FLOOD FORECASTING POINT
-  BOUNDARY LINE

Fig.- 2.2 Flood Forecasting Model
 (Kinabatangan River)



2. サドン川流域

(1) Target Area

既往最大洪水（1976年1月）によって影響をうけた Sadong川の主要氾濫原。ここには主要集落である Tebakang, Serian, Tanah Puteh, Sebamban, Gedong が含まれる。

(2) Warning Point

Target Area の内、主要 Kampung である Tebakang, Serian, Tanah Puteh, Sebamban, Gedong を警報地点とする。

なお Gedong 地点は現在時点では警報を発する程、洪水の影響はうけないが、将来、流域の開発、河川の改修状況から洪水の影響も顕著になると予想されるので、警報地点に含めておく。

(3) Forecasting Point

洪水予測地点は流域内の水文気象学的、社会経済的条件及び電波伝播テストの結果より洪水予測モデルを定め、次の地点を選定する。

- Serian 地点
- Gedong 地点

Fig. 2.3 Target Area for Flood Forecasting and Warning System in Sadong River Basin

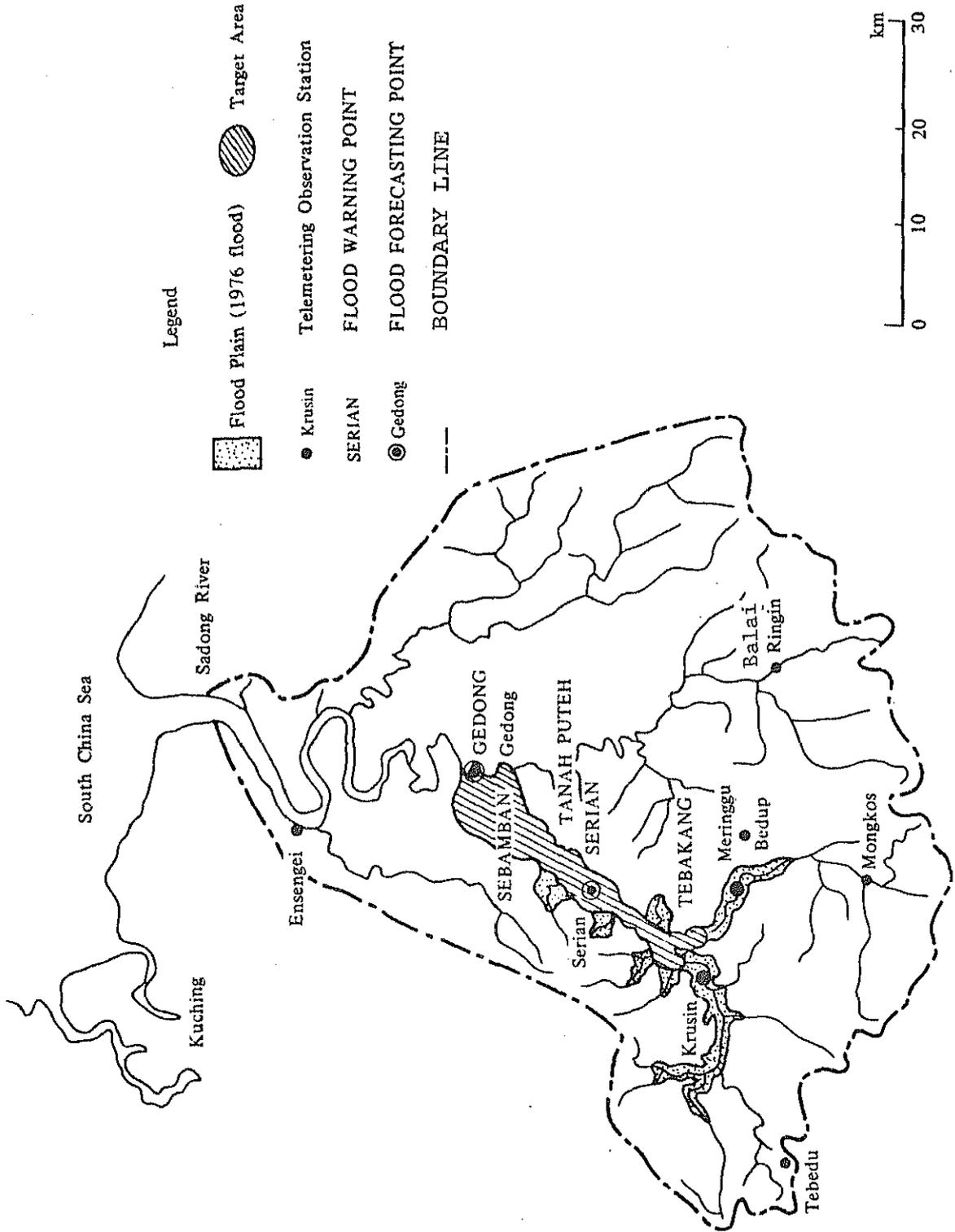
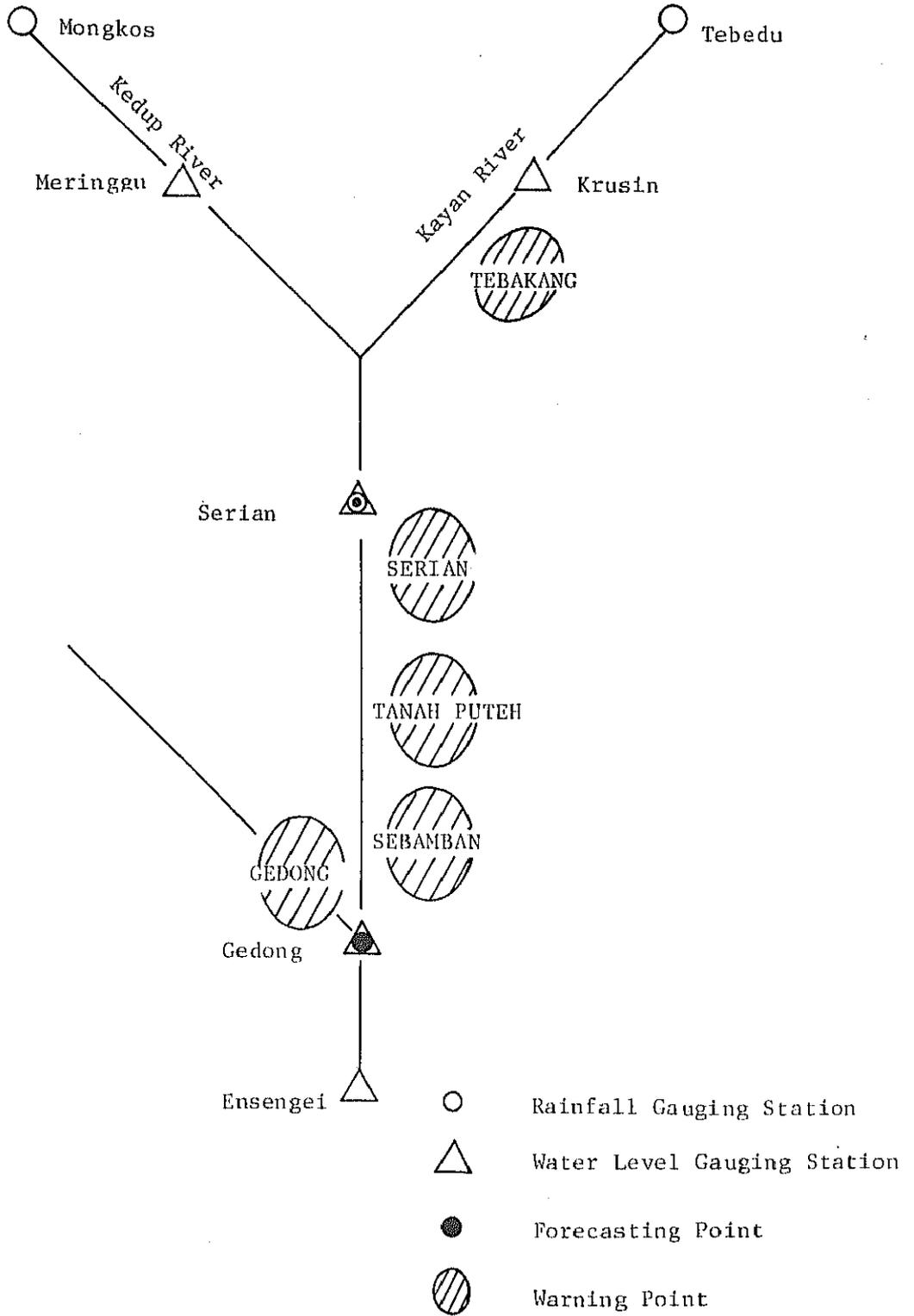


Fig.-2.4 Flood Forecasting Model
 (Sadong River)



§ - 2 観測通信網

本プログラムの目的を達成するために、次のような観測通信網を設置する。

1. キナバタンガン川

- テレメータ観測所…………… 7ヶ所

Tongod, Tangkulap, Ulu Kuamut, Kuamut, Balat, Bukit Garam, Bilit

- 中継所…………… 2ヶ所

Mt. Balat, Trig Hill

- 洪水予報センター…………… 1ヶ所

Kota Kinabalu (Inanam)

- 監視所…………… 1ヶ所

Sandakan

2. サドン川

- テレメータ観測所…………… 7ヶ所

Tebedu, Mongkos, Krusin, Meringgu, Serian, Gedong, Ensegei

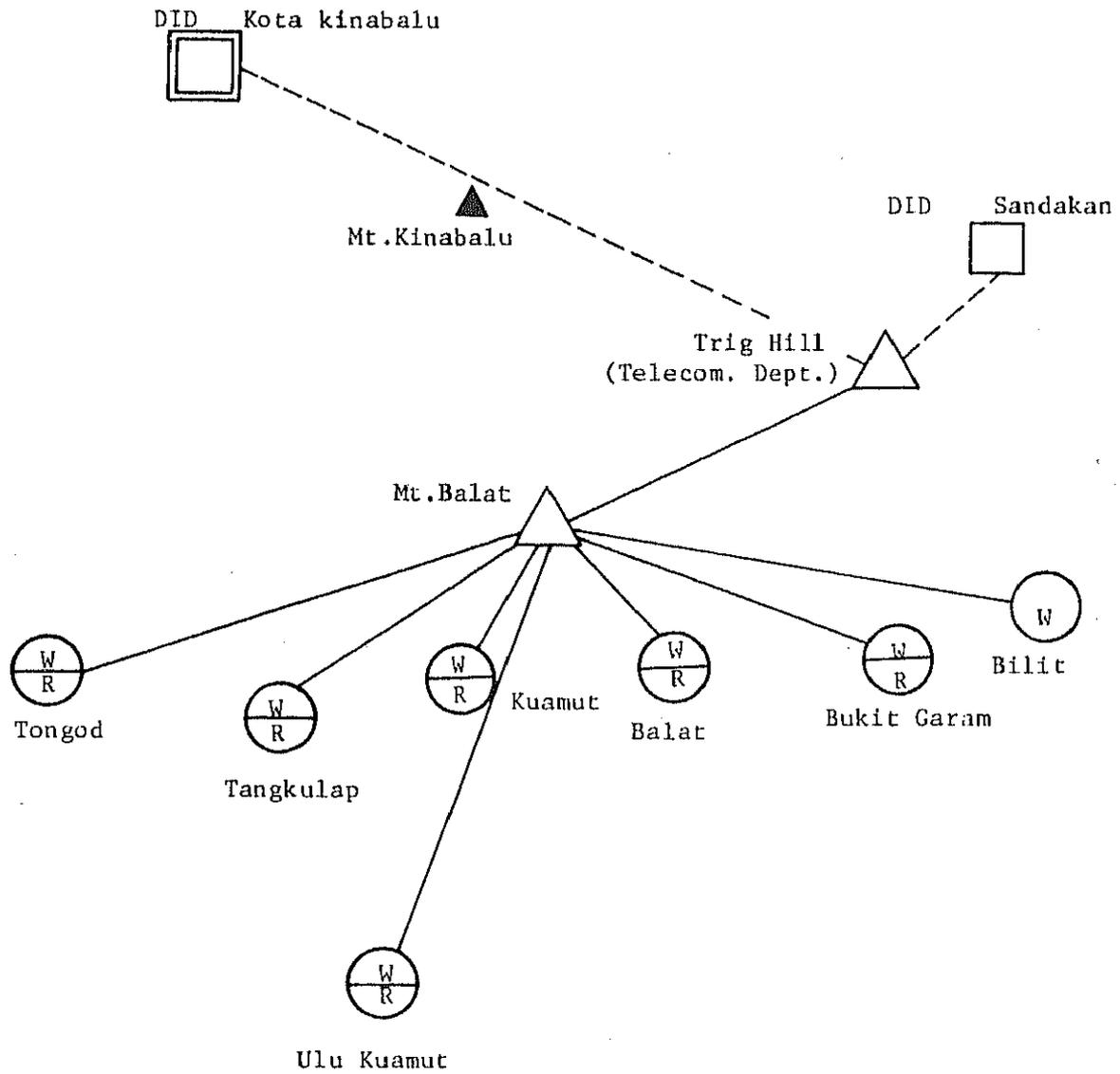
- 中継所…………… 1ヶ所

Mt. Serapi

- 洪水予報センター…………… 1ヶ所

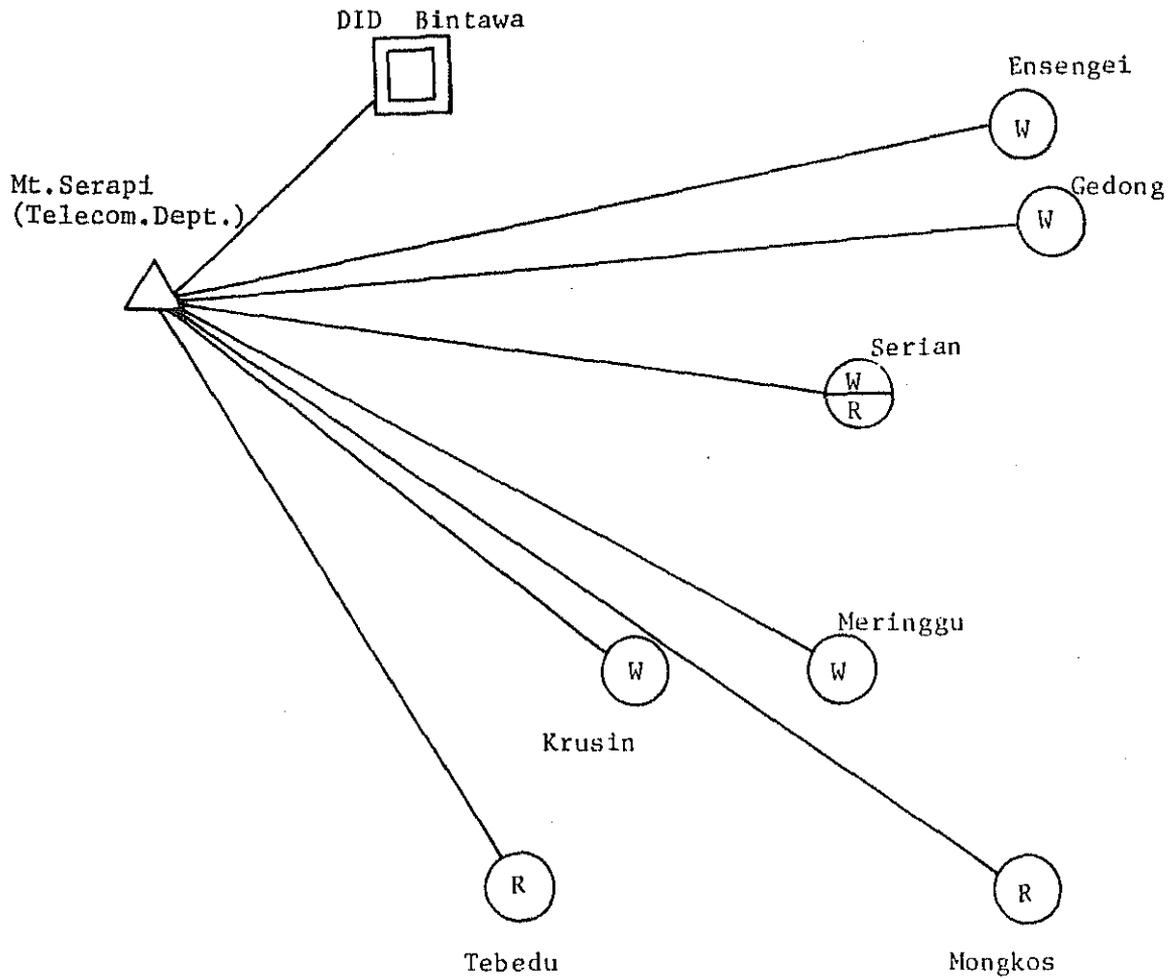
Bintawa (Kuching)

Fig.2.5 Telecommunication Network
(Kinabatangan River)



- Observation Station
- W Water Level Gauging Station
- R Rainfall Gauging Station
- ◻ Master Control Station
(Flood Forecasting Center)
- ◻ Monitoring Station
- △ Relay Station
- Radio Circuit
- Telephone Line

Fig. 2.6 Telecommunication Network
(Sadong River)



- Observation Station
- W Water Level Gauging Station
- R Rainfall Gauging Station
- ◻ Master Control Station
(Flood Forecasting Center)
- △ Relay Station
- Radio Circuit

§ - 3 予警報の機能と組織

1. 洪水予報センターの役割

- (1) テレメータ観測所より送られてくる雨量，水位（観測）資料を集める。
- (2) 収集した水文観測資料を用いて短時間の洪水予測を行なう。
- (3) 短時間の洪水予測と気象庁の気象予測から洪水の長期に亘る概況を予測する。この概況は洪水制御センター（FCC）に送る。
- (4) 洪水の現況と予測される状況を関係機関に広報連絡する。
- (5) 予測方法を改良するための研究を行なう。
- (6) 観測所の機器及び施設を維持管理する。
- (7) 要員の訓練を実施する。

このために、洪水予報センター（FFC）には、水文技術者として技師長（Chief）1名と、上級技術者（Supervisor）1名と技術者（Engineer）2名，電気通信上級技術者（Supervisor，Engineer）2名と電気通信技術者（Technician）2名を配置する。従って、水文技術者4名及び電気通信技術者4名，計8名が配置される。

2. 要員準備

システムの円滑な運営のために、次のような要員が必要である。

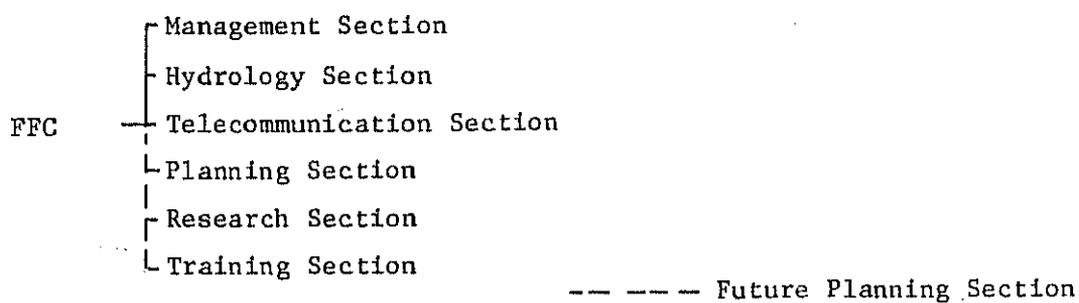
- (1) システム発足前に上記要員，水文技術者4名，電気通信技術者4名を配置する。
この分野での経験を持つ要員を配置することが最も望ましいことである。
- (2) 水文学，電気通信技術を習得させるための要員（少なくとも水文技術者1名並びに電気通信技術者1名）を選抜し，洪水予警報の高度な技術経験を有する機関に派遣し研修をうけさせる必要がある。
なおトレーニングの内容については，概要を巻末資料に示す。
- (3) 工事完成に伴って，雨期の期間（3～4ヶ月）コンサルタントによる要員の教育訓練を実施する必要がある。
- (4) 要員の職務分担の概要は巻末資料に示す。
- (5) 要員確保は，独立したものが望ましいが事情により，他のセクションとの兼任であってもやむを得ないであろう。

3. 組 織

(1) 洪水予報センターの組織

洪水予報システムを有効に機能させるためには、組織の運営に当るべき多数の経験を積んだ技術者を必要とし、更に、多額の費用を要することが予想される。しかもこの洪水予報センターは政府機構の一部として位置付けられ、独自の要員・予算を持つべきことが望ましい。しかしながら、この提案は調査団としてのものであるためその実施は政府機構上の問題としてマレーシア政府において検討されるべきと考えられる。

FFCの組織案

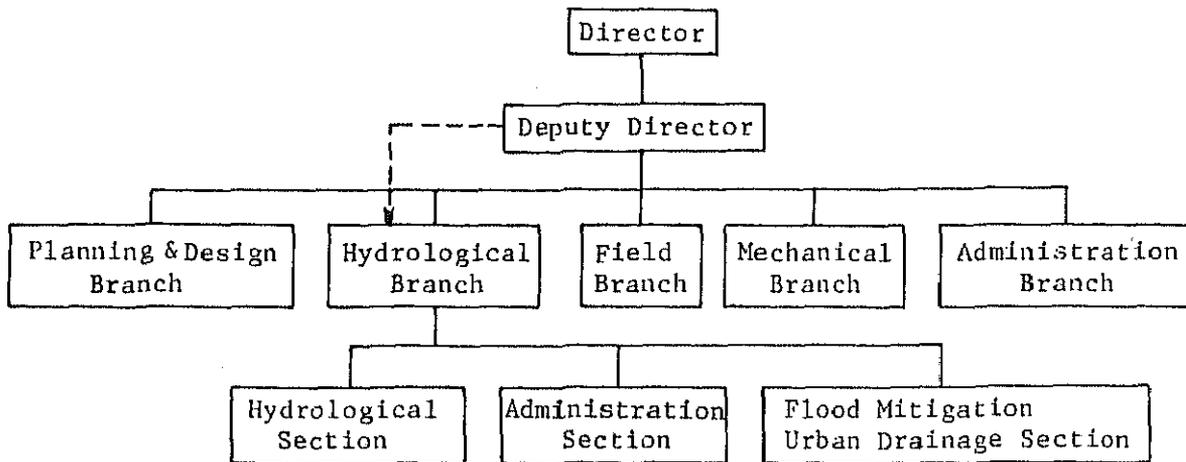


(2) 行政機構上の位置付け

(a) サラワク州サドン川洪水予警報センター

サラワク D I D の組織は、現在下図に示す通りである。

Fig. 2.7 D.I.D. Sarawak Organization Chart



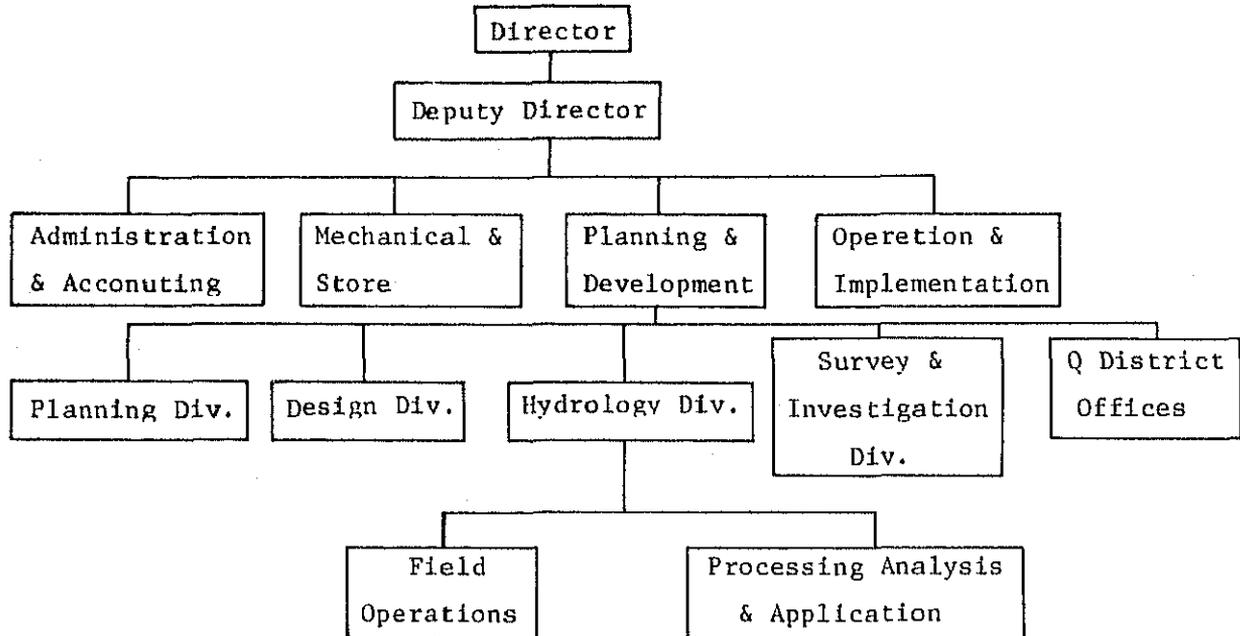
上図の機構から、次のような行政機構上の位置付けが考えられる。

- ① 当面……………システム完成後、当面はHydrological Branch下のHydrological SectionもしくはFlood Mitigation Urban Drainage Sectionの中に設置する。これは人員の確保、予算上の問題、平常勤務（維持管理、データ収集等）の範囲等が確立されるまでの間は経験のある両セクション中に設置することが良いだろう。
- ② 近い将来……業務分担、システム稼働河川の増加に伴ってSectionとしての働きをもたせHydrological Branch下に置き、独立の要員、予算を確保する。
- ③ 将来……………独立させた要員、予算をもたせ、D I Dの中の1つのBranchとするかもしくはDirector直属のTask Forceの性質をもたした組織とすることが望ましいだろう。

(b) サバ州キナバタンガン川洪水予報センター

サバ州D I Dの組織は現在、下図に示す通りである。

Fig.2.8 E.L.D. Sabah Organization Chart



上図の機構から次のような行政機構上の位置付けが考えられる。

- ① 当面……………システム完成後、当面の間は人員確保、予算の問題、業務分担を明確にするためにはHydrology Div.下に置き、技術的な業務分担等を確立させる。
- ② 近い将来……………業務分担の確立、システム稼動河川の増加に従ってDivisionとしての働きを持たせ、Planning & Development Branch下に置き、独自の人員予算を確保させる。
- ③ 将来……………独立させた人員、予算を確保させ、D I Dの中の1つのBranchとしての役割をなせるか、Director 直属のTask force の性質を持たせた組織とすることが望ましい。

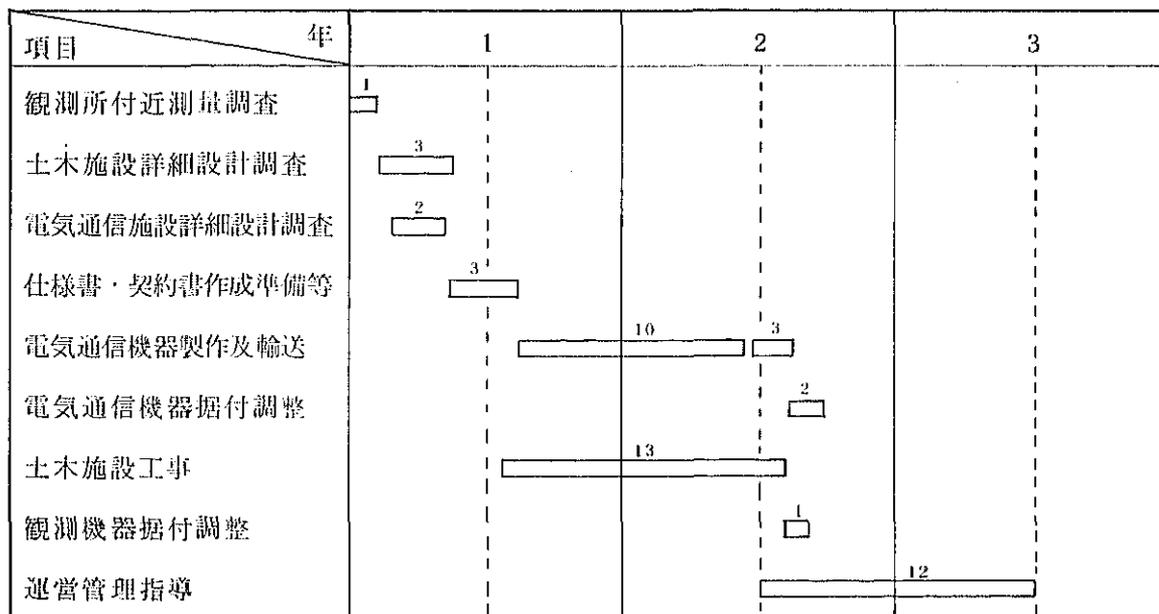
§ - 4 実施工程

サバ州キナバタンガン川及びサラワク州サドン川の両川ともに次の工程でシステムを完成させることが可能である。従って、このシステムの完全な稼働は着工後2.5年後である。

それぞれの工程に要する期間は、次の通りである。

- | | |
|-----------------|------|
| 1) 観測所付近測量調査 | 1ヶ月 |
| 2) 土木施設詳細設計調査 | 3ヶ月 |
| 3) 電気通信施設詳細設計調査 | 2ヶ月 |
| 4) 仕様書・契約書作成準備等 | 3ヶ月 |
| 5) 電気通信機器製作 | 10ヶ月 |
| 6) 電気通信機器輸送 | 3ヶ月 |
| 7) 電気通信機器据付調整 | 2ヶ月 |
| 8) 土木施設工事 | 13ヶ月 |
| 9) 観測機器据付調整 | 1ヶ月 |
| 10) 運営管理指導 | 12ヶ月 |

図2-9 工程表



§ 5 事業費の概算

サバ州キナバタンガン川およびサラワク州サドン川流域の洪水予警報システム確立のための事業費は凡そ次表のとおりである。事業費の内訳はシステムの建設費（水文施設および、洪水予警報のための施設）、技術指導費及び、建設のための管理費、運営に必要なトレーニング費を含む。なお、洪水予警報システム確立にあたって予算および期間等を考慮すると全システムの完成には多くの費用と時間を要することから、段階的なシステムを確立させることも必要である。

付表は段階的施工によるシステムの設立のための事業費を示した。

本事業費は1980年2月現在の単価をもって積算したので、インフレーションレートは考慮されていない。これは、外国よりの輸入品について、その輸入先を明らかとしていないためである。なお、日本では予算を作成するにあたっては作成時点の価格を当初事業費とする場合が多い。事業進行中に修正させる場合には、次のような指数によって価格を修正する。予測方法については種々あるが、簡易的にトレンド法等を利用していることもある。

	機 器 類	設 備
	国民総支出デフレーター	土木工事費デフレーター*
1971	106.9	102.7
1972	112.7	109.0
1973	127.0	137.8
1974	151.9	172.6
1975	167.0	175.1
1976	181.1	188.0
1977	192.7	198.6

1970 = 100

* 工事種別によって一部異なる

Table 2.1 Total Cost (Kinabatangan River Basin)

(US\$)

Item	Observation Station	Flood Forecasting System	Total	Remarks
Equipments	176,530	612,900	789,430	
Facilities	248,000	198,000	446,000	
Sub-total	424,530	810,900	1,235,430	
Contingency	42,470	81,100	123,570	
Total	467,000	892,000	1,359,000	
Consulting Services			273,000	
° Training				
Training Overseas			41,000	
On-the-job Training			95,000	
° Supervising				
Detailed Design			82,000	
Contract and Procurement			14,000	
Design Modification			41,000	

(US\$ @=¥ 220)

Table 2.2 Total Cost (Sadong River Basin)

(US\$)

Item	Observation Station	Flood Forecasting System	Total	Remarks
Equipments	100,800	367,800	468,600	
Facilities	58,600	142,600	201,200	
Sub-total	159,400	510,400	669,800	
Contingency	15,600	51,600	67,200	
Total	175,000	562,000	737,000	
Consulting Services			147,000	
° Training				
Training Overseas			22,000	
On-the-job Training			52,000	
° Supervising				
Detailed Design			44,000	
Contract and Procurement			7,000	
Design Modification			22,000	

(US\$ @=¥ 220)

Table 2-3 Cost of Flood Warning System
(Kinabatangan River Basin)
- Radio Receiver System -

(\$US)

Item	Flood Warning System	Remarks
Equipment	221,480	
Sub-total	221,480	
Contingency	24,520	
Total	246,000	
Consulting services		44,000

(\$US @Yen 220)

Table 2-4 Cost of Flood Warning System
(Sadong River Basin)
- Radio Receiver System -

(\$US)

Item	Flood Warning System	Remarks
Equipment	145,080	
Sub-total	145,080	
Contingency	13,920	
Total	159,000	
Consulting services		21,000

(\$US @Yen 220)

警報システムについては前述したように、行政上の位置け、組織等の設立を明確にすることが先決であり、ここに示した警報システムも住民に広報する方法としての概略的な費用であり、今後さらに詳細な電波伝播テスト、地域住民の居住分布、人口等を調査した上で再検討されるべきである。

第II編 キナバタンガン川流域 (サバ州)

第Ⅱ編 キナバタンガン川流域（サバ州）

I 河川流域の概要

キナバタンガン川流域は、サバ州東部地域の北緯 $4^{\circ}30'$ ～ $5^{\circ}45'$ 、東経 $116^{\circ}25'$ ～ $118^{\circ}40'$ に位置し、流域面積約 $17,000\text{ Km}^2$ 、幹線延長約 500 Km のサバ州最大の河川である。

流域の形状は東西 250 Km 、南北は広いところで 100 Km 、狭いところで 40 Km の比較的長形の流域を持つ河川である。

§ - 1 自然的特徴

キナバタンガン川は、流域西部の山岳地帯から流れ出るミリアン川と南部山岳地帯から流れ出るクアムート川を合流させ、広大な沖積平野を蛇行しスルー海に注ぐ。流域界を形成する山岳地帯はTRUS MADI山（ $2,600\text{ m}$ ）をはじめとする高さ $500\sim 2,000\text{ m}$ 程度の山々からなり、流域全体は熱帯性雨林に覆われている。中、下流部は広大且つ平坦な沖積平野からなり、キナバタンガン川の蛇行は著しく激しい。従って、河川勾配はゆるく $\frac{1}{20,000}\sim\frac{1}{40,000}$ 程度と推定され、河巾は、下流部で $150\sim 200\text{ m}$ 、中流部で $80\sim 100\text{ m}$ となっている。

潮汐の影響は、河川勾配がゆるいため河口から約 200 Km のLamag地点までもあり、特に、洪水時には河川水位は潮位の影響と河川の蛇行が激しいために河川沿いの平坦地にしばしば広く氾濫する。河川改修は全く手をつけてない。

流域の地質は、砂岩、泥岩等の基岩上に風化土、粘土質沖積土、腐食質森林土が覆い、海岸、湿地には酸性土、泥岩土が分布している。

植生はほぼ全域、熱帯性雨林で木材輸出のための伐採事業が流域内の各地で行われている。

流域の気候は高温多湿の熱帯性気候で、モンスーンによる雨期11～3月までで年雨量は $2,000\sim 3,000\text{ mm}$ にも達する。

§ - 2 社会・経済的特徴

1. 流域内人口

キナバタンガン川流域の人口は、1970年センサスによれば14,177人で、サバ州の総人口653,264人の2.2%に当る。

人種は人口の80%に当る11,283人がOrang Sungaiを中心とするindigenous peopleである。

人口の伸びはサバ州全体で1951～1970年の20年間で約2倍となっているが、Orang Sungaiは1.3倍とその伸び率は低い。キナバタンガン川の沿岸に於ける主な集落(kampung)の人口は次の通りである。

Bilit	3,000人
Kuanut	2,000～2,500人
Tangkulap	200人
Pintasan	500人
Lamag	3,000人(Bukit Garamを含む)
Balat	200人
Tongod	1,500～2,000人

2. 農 業

流域内の農業生産物はRubber, Coconut, Oil Palm, Padi, Cocoa等が主要なもので他にMaize, Coffee, Fruit, Pototos, Tapioka, Sweet Potatoes, Ground Nut, Soy bean, Vegetablesなどが生産されている。栽培面積は1976年現在、Oil Palm 8,532エーカー、Dry podi 3,280エーカー、Coconut 2,266エーカー、Rubber 2,068エーカー、Wed podi 305エーカー等である。

これらの主要作物の栽培面積は1970～1976年間に1.4～2.6倍に増加している。

3. 産業・交通・電力・水道

キナバタンガン川流域はサバ州のSandakan Residencyの南部を占め、その面積の半分以上を占めている。Sandakan Residencyはサバ州の均強以上の面積を有しているが、他のResidencyに比べ都市部を除いて最も開発のおくれている地域である。従って、流域全体を覆う熱帯性雨林の木材資源の開発を除いて本格的な開発はなされていない。サバ州全

体の木材資源開発は 1,213 百万M\$ (1976年現在)に達する輸出のうち,キナバタンガン川流域からの木材切出しが相当部分占めていると思われる。

流域内の交通は,キナバタンガン川を利用する舟運が主体で,陸上交通はわずかに Sandakan ~ Bukit Garam間の未舗装道路と,木材切出しの運搬道路が流域各地に点在する程度である。

Sabah Electricity Boardによる電力供給を受けている地域は流域内に存在しないが,わずかに Bukit Garam等の自家発電施設を持っている集落(Kampung)を除いては燈油ランプを利用している。又,生活用水は,雨水,河川水の利用で公共水道施設はない。

4. 所得

サバ州の国内総生産(GDP)は1976年で1,529百万M\$で1人当りGDPは2,340M\$である。キナバタンガン川流域ではサバ州平均よりもかなり低いものと思われる。

5. 洪水被害

モンスーンの発生する11月~3月がこの流域の雨期に当り,ほとんど毎年川沿いに氾濫する小洪水が発生する。数年に1回程度,被害を起こす洪水が生じ,家屋の流失,農作物,家畜の損失など,流域住民の生活に大きな被害を与えている。洪水の実態は統計的に調査されていないため詳細な点は欠けるが,最近10年間で1971年2月洪水の被害が大きかったと言われている。最近10ヶ年のキナバタンガン川の洪水被害は次の通りである。

1967年	家屋流失……………193戸
	家屋損失……………700戸
	被災住民……………8,000人
	被災額……………M\$ 2,000,000
1968年	大洪水があつたが記録なし
1971年	Kuamutで15 feet以上浸水
	被害額……………M\$ 1,000,000
1974年	Lamagで3 feet以上浸水
	被害額……………記録なし
1976年	大洪水13人死亡
1977年	Batuputeh, Bilit, Sukau, Abaiの各Kampungの住居がそれぞれ

100, 50, 30, 20 戸損失

60 世帯が避難

30 戸の家屋流失

Bukit Garam で 8 feet 以上浸水

Kuamut で 4 feet 以上浸水

6. 流域開発計画

マレーシア政府は、経済計画として第3次 Malaysia Plan (1976~1980) を現在実施中である。サバ州の Third Malaysia Plan の主たる目標は木材資源に依存する経済から脱出し、Oil Palm, Cocoa, Coconut 等の主要作物の増産を計る農業計画と人種間、社会構造上の所得格差の解消である。特に、キナバタンガン川流域の人口の90%以上が *Indigenous people* であり、低所得職業に従事しており、且つ流域の産業は木材のほかにみるべきものがないため、将来の開発が最も期待されている地域である。

農業開発としては、中流部 Kuamut 地域で1970年から Coconut, Cocoa を中心として 2,000 エーカーの Minor Settlement Scheme が実施中で既に 500 エーカーが完成された。

更に、Bukit Garam は1972~1976年に 750 ha の Paddy Field が開発されたが、洪水被害により現在は放棄されている。

そのほかに Private Sector による Bukit Garam の周辺に 11,000 エーカーの Oil Palm の開発計画があるとされている。

又、流域総合計画として中流部 Balat 近くに高さ 40m 程度のダムを建設し、洪水調節、かんがい、発電の多目的開発を実施し、流域の開発を行おうとする河川流域調査が実施されている。近いうちに本格的な調査が開始されよう。

II 洪水予警報システム

§ - 1 洪水予警報対象地域

キナバタンガン川流域に於ける対象流域として、流域内の人口、資産の分布、現況及び想定される将来の土地利用状況、予想される洪水被害等の社会経済的特徴をもとに水文気象的特性、地形的特性、更に、雨水流出特性等を考慮して下記の地域を提案する。

Kuamut, Balat, Pintasan, Lamag, Bukit Garam, Bilit
等の主要都市を包含するキナバタンガン川氾濫原。特に1971年2月洪水による氾濫の影響をうけた主要な氾濫原を Target Area とする。

§ - 2 洪水予測基準地点

上記の洪水予警報対象流域に対し、洪水予測を行う代表地点として下記を選定する。

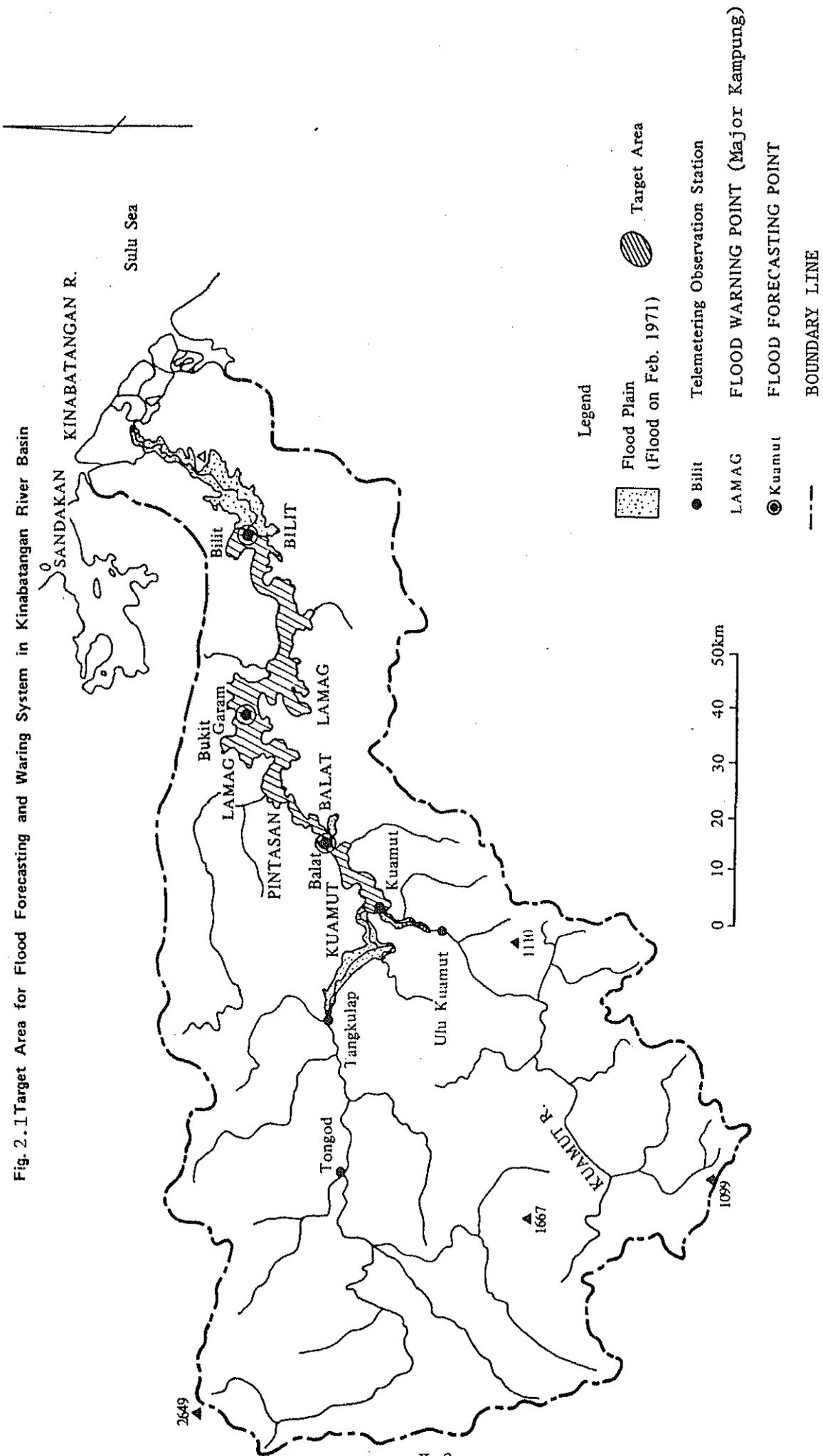
- Kuamut
- Balat
- Bukit Garam

§ - 3 主要警報地点

上記の洪水予警報対象流域に対し、警報対象の代表地点として下記を選定する。

キナバタンガン川沿いの主要集落である Kuamut, Balat, Pintasan, Lamag, Bukit Garam, Bilit とする。

Fig. 2.1 Target Area for Flood Forecasting and Warning System in Kinabatangan River Basin



§ - 4 テレメータ観測所の配置

1. 雨量観測所

テレメータ雨量観測所は、水文学的には対象流域全体を概ね均一の降水状況を示す地域に区分して、その各地域に1観測所を配置することが必要であり、キナバタンガン川流域の降雨の地域特性を勘案すれば出来るかぎり数多くの雨量観測所を配置することが望ましい。しかしながら水文学的観点のみならず、観測所の建設及び常時の維持管理の困難性など下記の事項を勘案して配置を決定する。

- a. 流域内の降雨分布状況が適確に把握出来ること。
- b. 洪水予測対象地点上流域の降雨量を求めることが可能であること。
- c. 維持、点検、保守が容易な地点であること。

上記事項をもとに机上検討及び現地調査により、表2-1、図2-3に示す地域にテレメータ観測所を配置する。

2. 水位観測所

テレメータ水位観測所の配置に当っては、下記の事項を考慮して決定する。

- a. 設定された前記予測地点に対して水位或いは流量の相関性がある高精度の予測値が得られ、且つ、予測時間に十分な余裕があること。
- b. 既存の資料を有効に利用するため、既設観測所の近傍に配置することが望ましい。
- c. 低水位時のみならず、高水位時に於いても維持、点検、保守が容易であること。

上記事項をもとに机上検討及び現地調査により表2-1及び図2-3に示す地点にテレメータ観測所を配置する。

尚、テレメータ観測所の具体的位置については、第5章施設計画及び巻末資料を参照されたい。

表 2 - 1 水文観測所一覧表 (キナバタンガン川)

観測所	流域	観測所の種類	摘要
1. Tongod	Milian R	雨量, 水位	キナバタンガン川上流域の雨量の観測及び下流地点予測のための水位測定
2. Tangkulapp	Milian R	雨量, 水位 (流量)	予警報対象地域上流端の雨量及び水位, 流量の測定
3. Ulu Kuamut	Kuamut R	雨量, 水位 (流量)	主要支川 Kuamut R 中流部の雨量及び水位, 流量の測定
4. Kuamut	Kuamut R	雨量, 水位	洪水予測基準地点
5. Balat	Kinabatangan R	雨量, 水位 (流量)	洪水予測基準地点
6. Bukit Garam	Kinabatangan R	雨量, 水位	洪水予測基準地点
7. Bilit	Kinabatangan R	水位	潮位観測

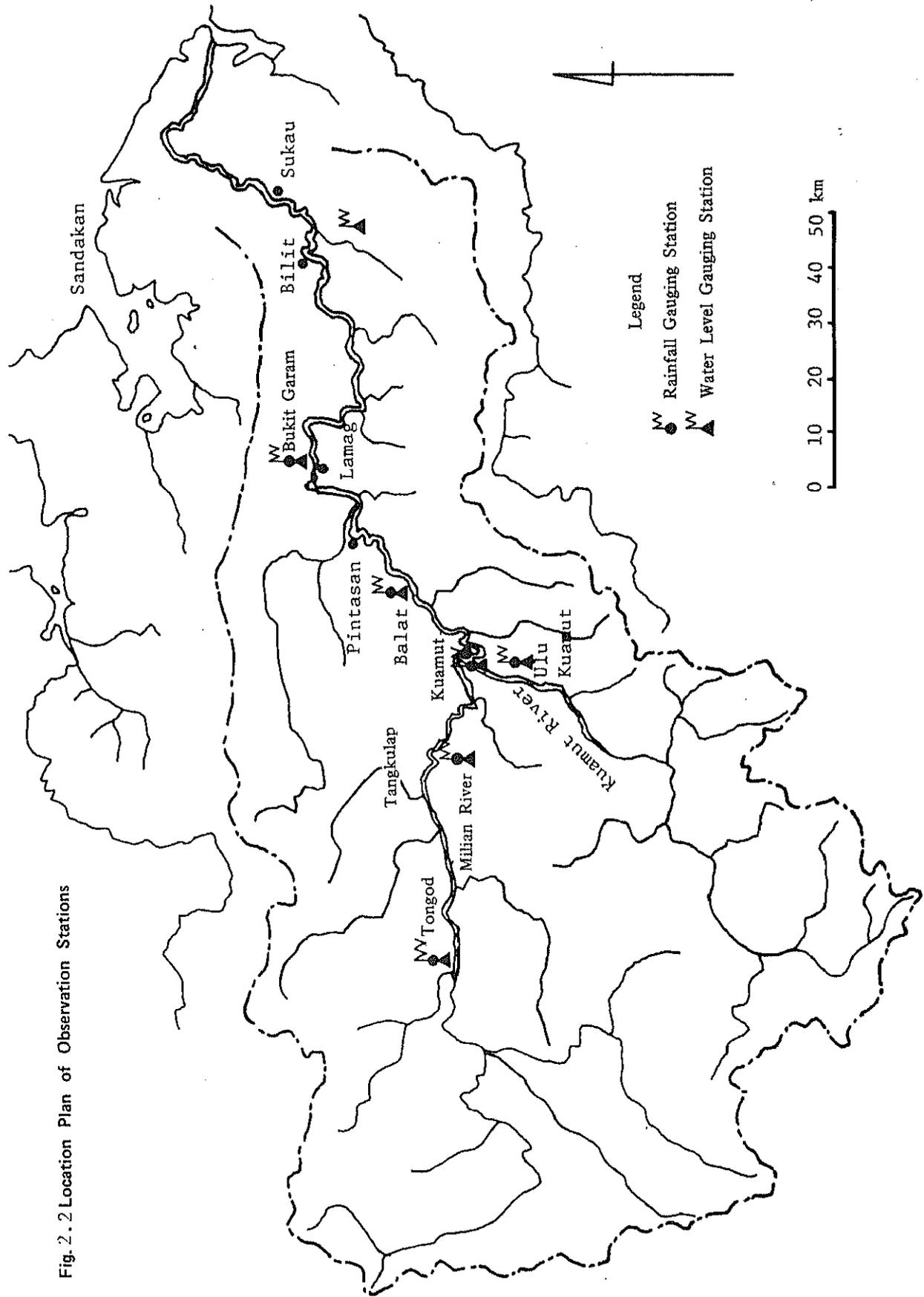


Fig. 2.2 Location Plan of Observation Stations

3. 流量観測地点の選定

洪水予測に於いて将来必要となる下記の3水位観測所に於いて流量観測を行う。

表 2 - 2 流量観測地点

観 測 所	平常時観測法	洪水時観測法
1. Ulu Kuamut	流 速 計	浮子投下
2. Tangkulap	＃	＃
3. Balat	＃	＃

流量観測は水位観測所付近にて実施する。流速計を採用する場合はボートを使用し測定する。

浮子投下は浮子投下施設を利用する。

表 2 - 2 に提案した流量観測地点はいずれも断面測定のためのワイヤー設備がおかれている地点であるが、船舶の通行、流木等の障害により浮子投下施設設置が困難な場合、また仮に設置出来たとしても洪水時に危険を共なう場合には、他の方法により流速測定を実施する必要がある。但しキナバタンガン川の洪水予測については後述するが、当面の間は水位相関法を使用することを提案しているので、直ちにこの設備を必要とする訳ではない。しかし将来雨量からの洪水予測法に入るには、水位流量曲線式の必要が生ずるので流量観測は実施しておきたい。浮子投下装置は高価であるので各観測所に配置することはない。水位流量曲線式を作成することに主眼をおいているので同時に観測することなく、洪水毎に高水位における流速を測定することでよい。

浮子投下装置が利用できない時の他の方法としては

- ① 河岸よりの投下（河川巾が小さい時は手で、河川巾が大なる時はガス、圧縮空気利用による投下）によるが、落下位置が不安定になりやすい。
- ② ヘリコプターによる浮子投下流量観測

適当な観測地点へ地上から接近が困難で河川には多数の流木があり、ボートによる観測がむずかしい場合に利用している。

* River Gauging by Helicopter

M. Capucho Vieira

Water power, Oct., 1960, pp 396~398

文献抄録について巻末資料に示したので参照されたい。

4. 水文観測所の将来設置計画

キナバタンガン川は流域面積 17,000 Km² に対して雨量観測所は流域内に 5 ケ所、水位観測所は 5 ケ所にすぎない。

洪水予測精度向上のため更に将来の河川計画の基礎データとするためにも新地点に大巾な自記記録式の水文観測所の増設が必要である。

雨量観測所の配置計画は、均一の降水状況を示す地域に区分し、その各地域毎に 1 ケ所配置することにより、流域の降雨分布を的確に把握することが可能である。

一般には、その状況を明らかにすることは困難であることが多いので、日本では 50 km² 程度に 1 ケ所の配置する基準が定められている（“河川砂防技術基準” 建設省）

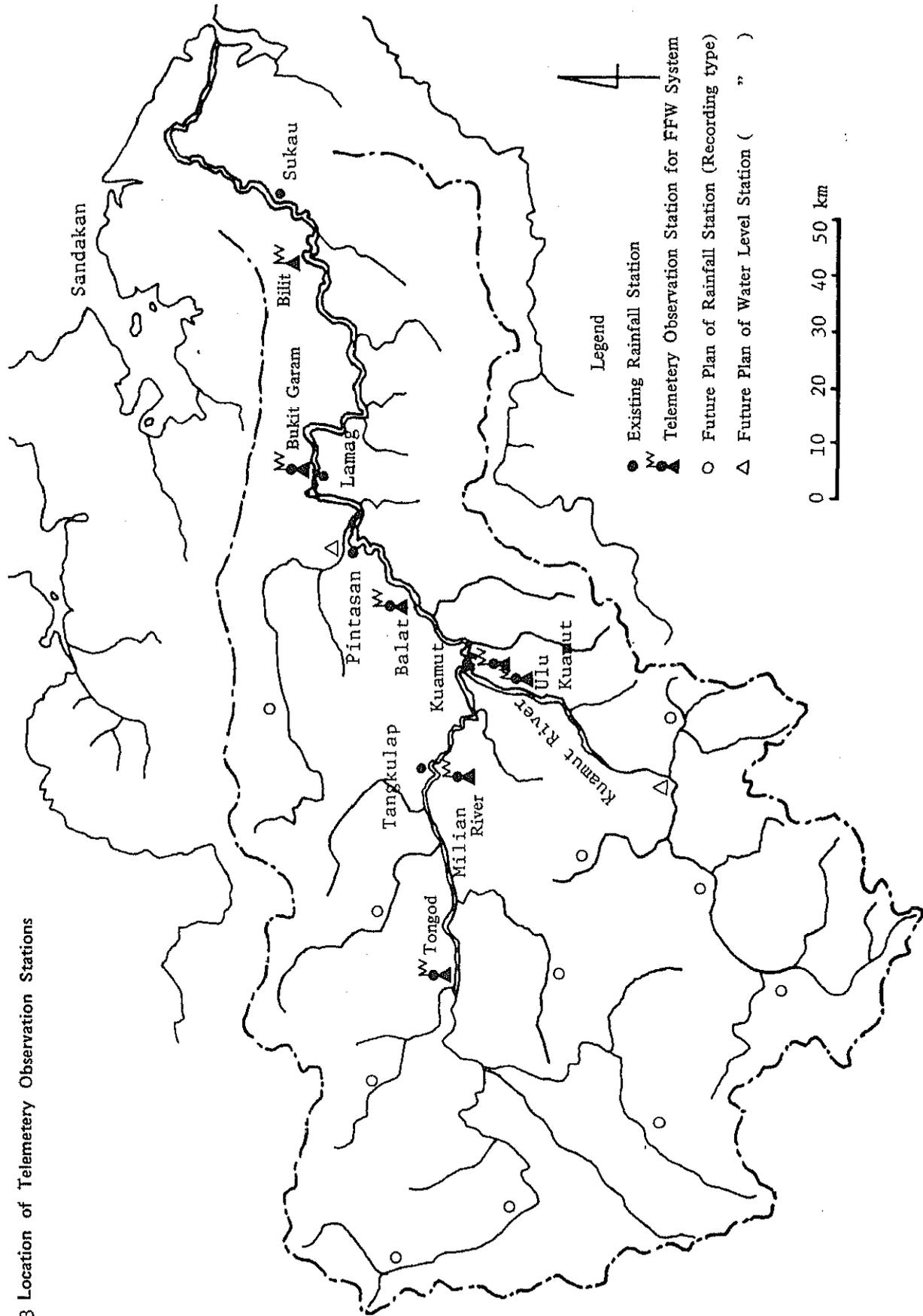
また日本の気象庁による全国の気象データを集中管理する Amedas 計画（Automated Meteorological Data Acquisition System (JMA)）平均 17 km（約 300 km²）のメッシュに 1 ケ所毎の雨量観測点を配置している。

いずれの基準についても河川流域の開発が進んだ地域を対象とし、河川管理計画を実施していく上での重量な基礎資料を得ることが主な目的である。一方キナバタンガン川流域においてもこのような視点から観測所配置計画を定めることも考えられるが、流域の開発状況、施設の建設、維持管理の困難さを考慮すれば、現在の段階では図 2 - 3 に示す地点に配置することを提案し、さらに将来、河川流域の発展と新らしく得られる降雨分布資料をみてさらに観測所を増設していくことが望ましいだろう。

また日本では水位観測所の配置を河川管理、計画、施工上重要な地点に設けるとしている。（“河川砂防技術基準” 建設省）例えば重要支流川の分合流前後河川構造物（水門、堰等）の上下流、河川狭さく部、遊水池、湖沼、貯水池、内水、河口等の水理状況を知るための必要な地点に設けるとしている。

従ってキナバタンガン川の河川特性と、洪水予警報を目的とすることから主要支川に 1 ~ 2 ケ所の水位観測所を設置することが考えられるが、河川流域の開発状況、施設の建設、維持管理の困難さを考え、図 2 - 3 に示す配置を提案する。この配置計画はあくまでも現在の System をさらに拡張あるいは、補助的な手段としての計画であることから、将来の流域開発に見合っ観測点を増設されることが望ましいだろう。

Fig. 2.3 Location of Telemetry Observation Stations



§ 5 中継所と洪水予報センター

1. 中継所

テレメータ観測所と洪水予報センターとの距離が遠いため、電波回線上2ヶ所の中継局舎が必要となる。

1ヶ所は Mt. Balat に新設される局舎に中継局機器を設置し、他の1ヶ所は Trig Hill にある。Telecom. Department の既設建物内に設置する。

2. 洪水予報センター

洪水予報センターは、サバ州の州部である Kota Kinabalu に設置する。洪水予報センターはキナバタンガン川洪水予警報システムの監視局としての役割をなし、その中心的存在である。建物は DID Inanam office 内に設置される。

3. モニタリングステーション

キナバタンガン川流域は洪水予報センターの設置される Kota Kinabalu から遠隔地にあるため、施設、機器の維持管理の利便さを考慮して流域近傍の Sandakan (DID. Sandakan office 内に設置計画) にモニタリング・ステーションを設置する。

Ⅲ 洪水予測

§ - 1 水文資料

1. 雨量資料

1 - 1 雨量観測所

キナバタンガン川流域内及び近辺に位置する雨量観測所は、図に示す8観測所である。流域内の観測所の位置は主要交通機関である河川沿いの集落に点在しており、キナバタンガン川流域の面積に比較して雨量観測所の個数は少ないと思われる。

1 - 2 資料の整理

各観測所の雨量資料は、事前調査団によって収集整理されており、1969年～1975年までのKuamut, Tangkulap, Ulu Kuamut, Lamagの日雨量資料及び時間雨量資料が事前調査報告書にとりまとめられている。各観測所の日雨量資料、時間雨量資料の所在状況は表3-1に示す通りであるが、欠測期間がかなり含まれていることと、流域面積に比較して雨量観測所の箇所数が少ないことから、流域内の降雨分布状況を把握するのに十分な資料とはいえない。

2. 水位資料

2 - 1 観測所

水位観測所は、Tangkulap, Ulu Kuamut (Kuamut直下流), Balat, Barik Manis (Bukit Garam近傍)の5ヶ所が現在観測されている。

2 - 2 資料の整理

水位資料も雨量資料と同様に事前調査報告書に1969年～1975年までのTangkulap, Ulu Kuamutの日水位が収集整理されている。時間水位は、Tangkulap, Ulu Kuamut, Barik Manisの1971年2月洪水の自記紙より数値を読み取り同報告書に整理されている。

また、上記の3地点のピーク水位が1969年～1975年まで整理されているが、ピーク時間が明示されていなかったため、ピーク時刻との対応を次表3-2に示す。

Table 3.1 List of Rainfall Data Available
Daily Rainfall Data

Name of Station	Station Number	Period of Data Available							
		1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	
Kuamut	5274201								
Tangkulap	5272001								
Ulu Kuamut	5174001								
Lamag	5478001								

Hourly Rainfall Data

Ulu Kuamut	Tangkulap	Kuamut	Lamag
1971 2/1 ~ 2/11	1971 2/1 ~ 2/11	1971 2/2 ~ 2/7	1972 2/14 ~ 2/29
1974 2/12 ~ 2/20	1972 2/14 ~ 2/29	1972 2/14 ~ 2/29	1974 2/12 ~ 2/15
1975 2/20 ~ 3/2	1972 3/30 ~ 3/31	1972 3/30 ~ 3/31	1975 10/28 ~ 10/31
1975 10/28 ~ 10/31	1974 2/12 ~ 2/15	1972 4/1 ~ 4/7	1975 11/1 ~ 11/4
1975 11/1 ~ 11/5	1975 2/20 ~ 3/2	1974 2/12 ~ 2/15	
	1975 10/28 ~ 10/31	1975 2/20 ~ 3/2	
	1975 11/1 ~ 11/4	1975 10/30 ~ 10/31	
		1975 11/1 ~ 11/4	

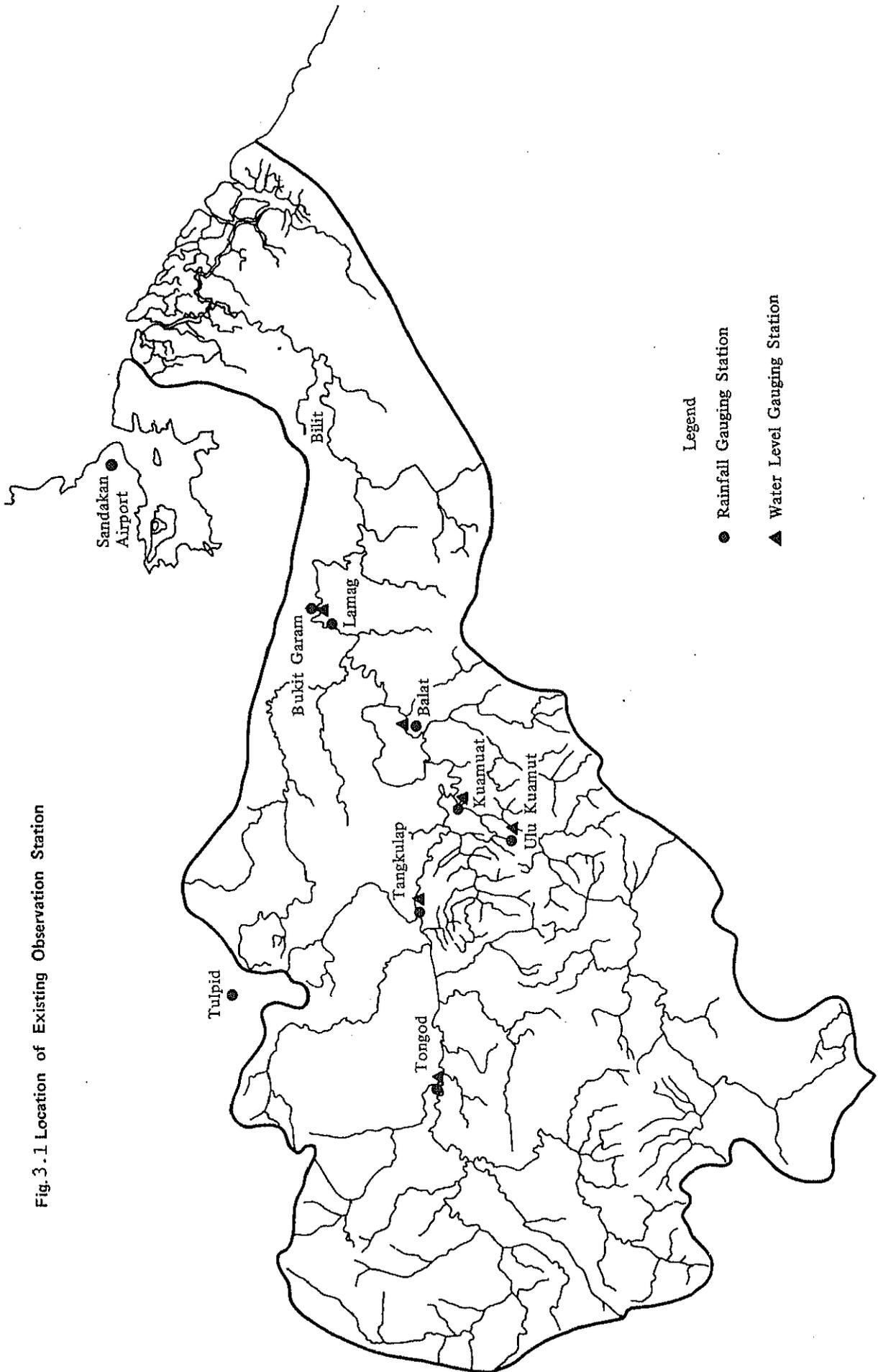


Fig. 3.1 Location of Existing Observation Station

Table 3.2 Peak Water Level Correlation Data Check Sheet (1)

Year Month	Station	Peak Water Level (p174-175)	Collected Data (from Record Paper)	Date, hour	Remarks
1970	Bank Mamis	30			
	Banghalap	38			
	Ulu Kuamut	18	18.6	24, 10h	
1970	B.M.	23	23.5	23, 17h	
	T	24	24.3	22, 8h	
	U.K.	17	17.3	21, 9h30m	
1970	B.M.	25	25.8	29, 10m	
	T	24	25.0	28, 13h	
	U.K.	17	17.8	28, 4h	
1970	B.M.	27	27.6	13, 8h	
	T	26	27.0	11, 9h	
	U.K.	21	21.0	10, 6h	
1971	B.M.	43	43.5	4, 13h	
	T	31	31.5	2, 0h	
	U.K.	18	18.4	1, 20h30m	
1971	B.M.	49			
	T		62.1	10, 10h	
	U.K.	43	42.0	9, 22h	
1971	B.M.	27	27.9	6, 4h	
	T	25	25.9	4, 3h	
	U.K.	24	24.2	3, 3h30m	

Table 3.2 Peak Water Level Correlation Data Check Sheet (2)

Year Month	Station	Peak Water Level (p174-175)	Collected Data (from Record Paper)	Date, hour	Remarks
1971	B.M.	27	27.5	27, 9h	
	T	29	29.1	27, 17h	
	U.K.	15	12.2	26, 22h	
1971	B.M.	40			
	T	33	33.4	18, 18h	
	U.K.	27	27.9	17, 9h	
1972	B.M.	26	26.9	Jun. 2, 0h	
	T	25	25.5	31, 17h	
	U.K.	16	16.3	31, 5h	
1973	B.M.	21	21.8	4, 20h	
	T	19	19.9	3, 23h	
	U.K.	18	18.8	3, 11h30m	
1973	B.M.	21	21.9	27, 8h	
	T	23	23.2	26, 8h	
	U.K.	18	18.0	25, 16h	
1974	B.M.	21	21.6	12, 15h	
	T	22	22.3	10, 6h	
	U.K.	16	16.4	11, 8h	
1975	B.M.	24	24.8	17, 6h	
	T	17	17.7	16, 21h	
	U.K.	21	21.7	16, 0h	

Remarks

Peak Water Level Correlation Data Check Sheet (3)

unit : feet

Year Month	Station	Peak Water Level (p174-175)	Collected Data (from Record Paper)	Date, hour	Remarks
15 1975 Feb.	B.M.	29	-	-	
	T	35	35.5	26, 8h	
	U.K.	25	25.6	24, 23h	
16 1976 Oct.	B.M.	19	19.5	17, 13h	
	T	17	17.4	16, 23h	
	U.K.	15	15.2	15, 23h30m	
17 1976 Oct.	B.M.	22	22.8	Nov.1, 21h	
	T	29	27.9	31, 14h	
	U.K.	15	15.1	30, 4h30m	

§ - 2 テレメータ観測所設置位置の水文学的検討

1. 雨量テレメータ観測所

1 - 1 選定方法

雨量テレメータ観測所の位置を設定するには、その観測所により対象流域内の降雨の特性が適確に把握することが出来る位置を、水文資料をもとに調査解析することが必要である。

しかしながら、キナバタンガン川流域では、上記調査解析をおこなうに十分な資料が存在しないため、現存する水文資料をもとに地図上及び現地調査による地形的特性から、流域内の水文的特性を想定し設置位置を決定する。

1 - 2 設置地点

雨量観測所の設置個所が多ければ多いほど、流域内の降雨分布状況を適確に把握出来る。しかしながらキナバタンガン川流域の大きさを考慮すれば、テレメータ個数は、数10個必要となり費用と維持管理の面から多くを設置することは困難である。また流域の大部分が未開発であり施設の維持管理を考えれば、設置出来る場所が限られる。したがって雨量テレメータは、既存の雨量計設置地点付近として次の地点に選定した。

Tongod, Tangkulap, Ulu Kuamut, Kuamut, Balat, Bukit Garam

上記の各地点の雨量テレメータのみでは、十分な洪水予測を行うことは不可能であり、将来的には、各河川上流に観測所を設置する必要がある。

2. 水位テレメーター位置の決定

2 - 1 検討方針

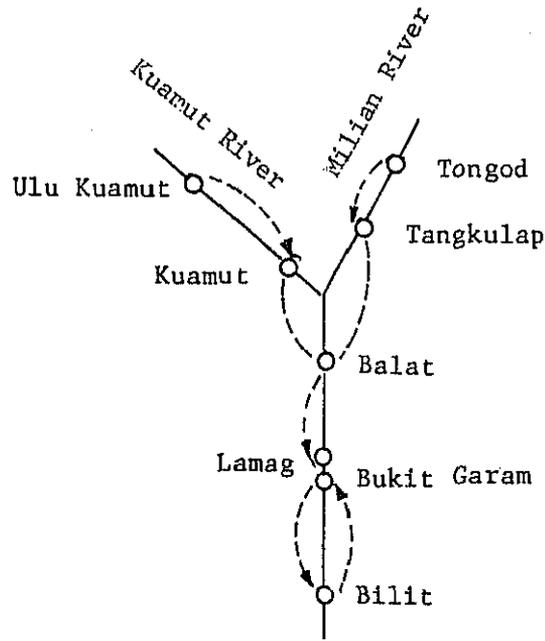
水位テレメータ観測所は、次の水理水文学的事項を考慮して決定する。

- ① 洪水警報対象地点である Kuamut, Balat, Pintasan, Lamag, Bukit Garam, Bilit の水位予測が可能であること。
- ② 水位予測は予警報を行うのに充分時間的余裕がある地点とする。

2 - 2 設置地点

現在、水位観測所の設置されている地点は、Tangkulap, Ulu Kuamut, Pagar, Balat, Barik Manis の5観測所である。

これらの観測所と予警報対象地点の関係を明示すると、次図に示す位置関係となる。



Kinabatangan 川では、洪水の予報地点は Balat 地点であり、Kuamut 川では Kuamut 地点下流であるため、それぞれの地点上流に水位観測所が必要となる。Kuamut 川については Ulu Kuamut に既存の水位観測所があるためこれを利用し、Balat 上流では、既存の Tangkulap 水位観測所を利用し、さらに維持管理面を考慮し、Tangkulap 上流の Tongod を選出する。Balat は Tangkulap と Kuamut から予測を行う。Lamag, Bukit Garam については潮位の影響を受けるので、上流の Balat と下流の Bilit から予測を行う必要がある。Bilit は潮位が規則的に変動することから、Bukit Garam の水位変動量と Bilit の潮位変動量から予測を行うことが出来る。

以上より設置地点は、次の 7 地点とする。

Tongod, Tangkulap, Ulu Kuamut, Kuamut, Balat, Bukit Garam, Bilit

§ - 3 洪水予測の手法

1. 洪水予測手法の紹介

現在、洪水予測に採用されている主な手法をあげれば下記となる。

(1) 入力～出力による分類

入 力	出 力	予 測 の 内 容
水位又は流量	水位又は流量	河道流下状況の推算
水位又は流量 流域雨量	水位又は流量	河道流下の残流域 流出量の推算
流域雨量		流 量

(2) 計算方法による分類

A 相関推定法（相関図表，共軸相関図，相関式）

既存の水文資料より，予測地点の出力因子（水位又は流量）と，予測のための入力因子（水位，流量又は雨量）とをその地点間の洪水到達時間を加味して相関解析する。

洪水時に入力因子を知ることによって定量化された相関関係図，又は関係式により予測地点の出力因子を推算するもので，両地点間の主要支流の水位（流量），又は残流域の雨量を補助パラメータとして採用することにより，予測精度を向上させる事ができる場合がある。

この方法には，水位（流量）～水位（流量）相関が雨量～水位（流量）相関によりおこなわれることが多い。

a. 水位（流量）～水位（流量）相関

大河川の幹川河道区間では上・下流基準点間の水位（流量）～水位（流量）相関および到達時間関係を基に下流点の流況予測が出来る。これは，従来洪水予報に広く利用されてきているが，上流河道延長が比較的長い（集水面積が500 Km²程度以上）ダムにおいても応用が出来る。流域特性を考慮して，補助パラメータ（例えば，降雨原因，降雨分布，支川流出など）を導入して流況の予測精度を上げる事が出来る場合がある。

なお，河道の洪水波の伝播は，上中流域では10～20 Km/hr，中下流域では5～10 Km/hrであり，これに見合った時間の予測が可能である。

b. 雨量～水位（流量）相関

この方法も従来から広く利用されてきているもので、相関図表や簡単な相関式によって流出量とその発現時刻を予測するものである。この方法は前記 a に比べ予測精度は一般に劣るが、簡便な方法であり、より先行した予想情報を生かす場合に有効である。

相関法を発展させた方法として共軸相関法が利用される事がある。流出現象を降雨や流域状態等幾つかの補助変数を用いて求めるもので、補助変数の選択および統計資料がよいとかなり高い精度を得る事が出来る場合がある。

B 流出計算法（流出関数法，タンクモデル法，単位図法）

既存の水文資料（雨量及び流量資料）の解析をおこなうことによって、予測地点上流域の流出特性を流出計算法定数として表わし、洪水時において降雨量を知ることにより、流出計算法を媒介として予測地点の流量を予測するものである。

この方法を採用することは相関法に比較して予測可能時間を長くとること、又は予測精度が向上することなどが期待され、特に洪水流出が洪水調節施設などで影響を受ける場合には、一連の流出計算モデルを作成して予測計算をおこなうことが望ましい。

一方、この方法を採用することは、対象地点における流量観測及び主要支川に 1～2ヶ所程度の雨量観測所の増設が必要となり、さらに流出計算モデルによっては計算が繁雑となり、電子計算機を使用することが必要となろう。

2. 洪水予測手法の提案

洪水予測手法として既存水文資料、選定されたテレメータ観測所の数量及びその配置、洪水予測情報及び予測時間などを考慮して、洪水予測システム運営の第一段階として、相関推定法による洪水予測を提案する。

しかしながら、将来の対象警報地域内の人口、資産の増大により予測精度の向上及びより長期的に亘る予測の必要性、さらに対象流域内の洪水調節施設の設置などにより、流出計算法による洪水予測が必要となるとみられる。

したがって、流出計算法への変換の準備として水文資料の整理解析、流量観測及び対象河道縦横断測量の実施、雨量観測所の増設及びテレメータ化などをおこなうことが望ましい。

§ - 4 洪水予測モデルの作成

1. 洪水予測モデル

Kinabatangan 川流域の洪水予測モデルとして下表を提案する。今後の水文資料の蓄積に伴って、常時予測モデルの適合性、相関関係の適正化、パラメータの必要性、予測精度など十分な調査解析及び検討が必要である。

表 3 - 4 洪水予測モデル

予測モデル	予測地点	入力因子	予測時間	適用
モデル K-1 雨量・水位 ～水位	Kuamut	Ulu Kuamut (雨量 水位)	5~10hrs	Kuamut 水位予測の基本モデル
モデル BA-1	Balat	Tangkulap (雨量 水位) Kuamut (雨量 水位)	5~10hrs	Balat 水位予測の基本モデル
モデル BA-2	Balat	Tongod (雨量 水位) Ulu Kuamut (雨量 水位)	10~20hrs	Tongod 及び Ulu Kuamut の雨量水位データにより Tangkulap, Kuamut の水位を推算する。この推算値をモデル BA-1 に入力し, Balat の水位を予測する。予測精度は劣るが長期的予測が可能である。(長時間予測モデル)
モデル BU-1	Bukit	Balat 水位 Bilit 水位	10~20hrs	実績水位データによる予測を基本とするが, 上記モデルにより予測された Balat 水位とこの時刻における Bilit 水位を予測することにより精度は劣るが, 長時間先の予測が可能である。

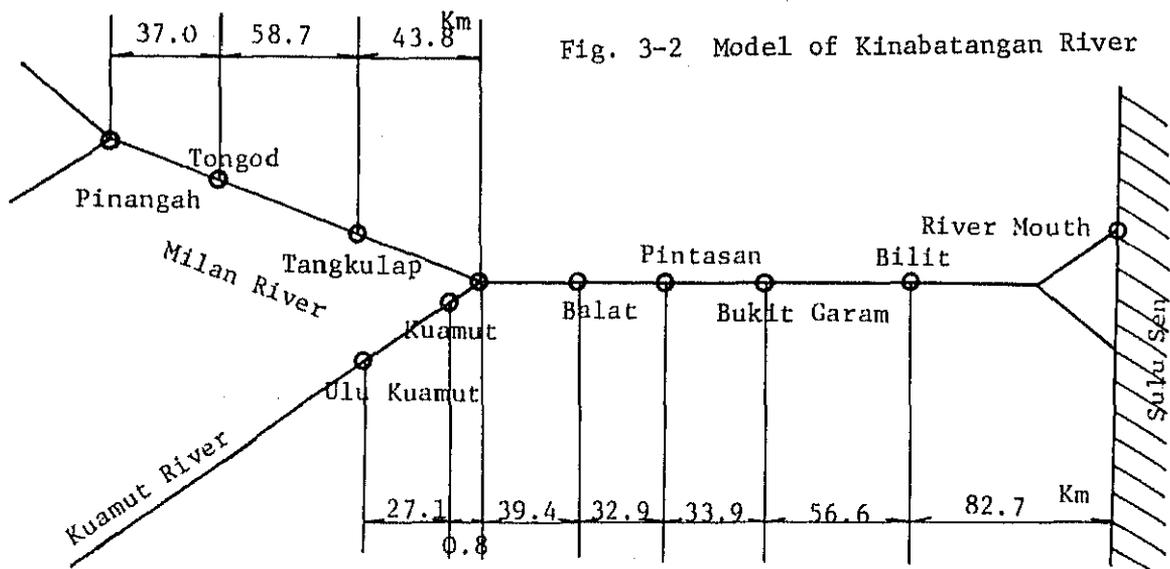
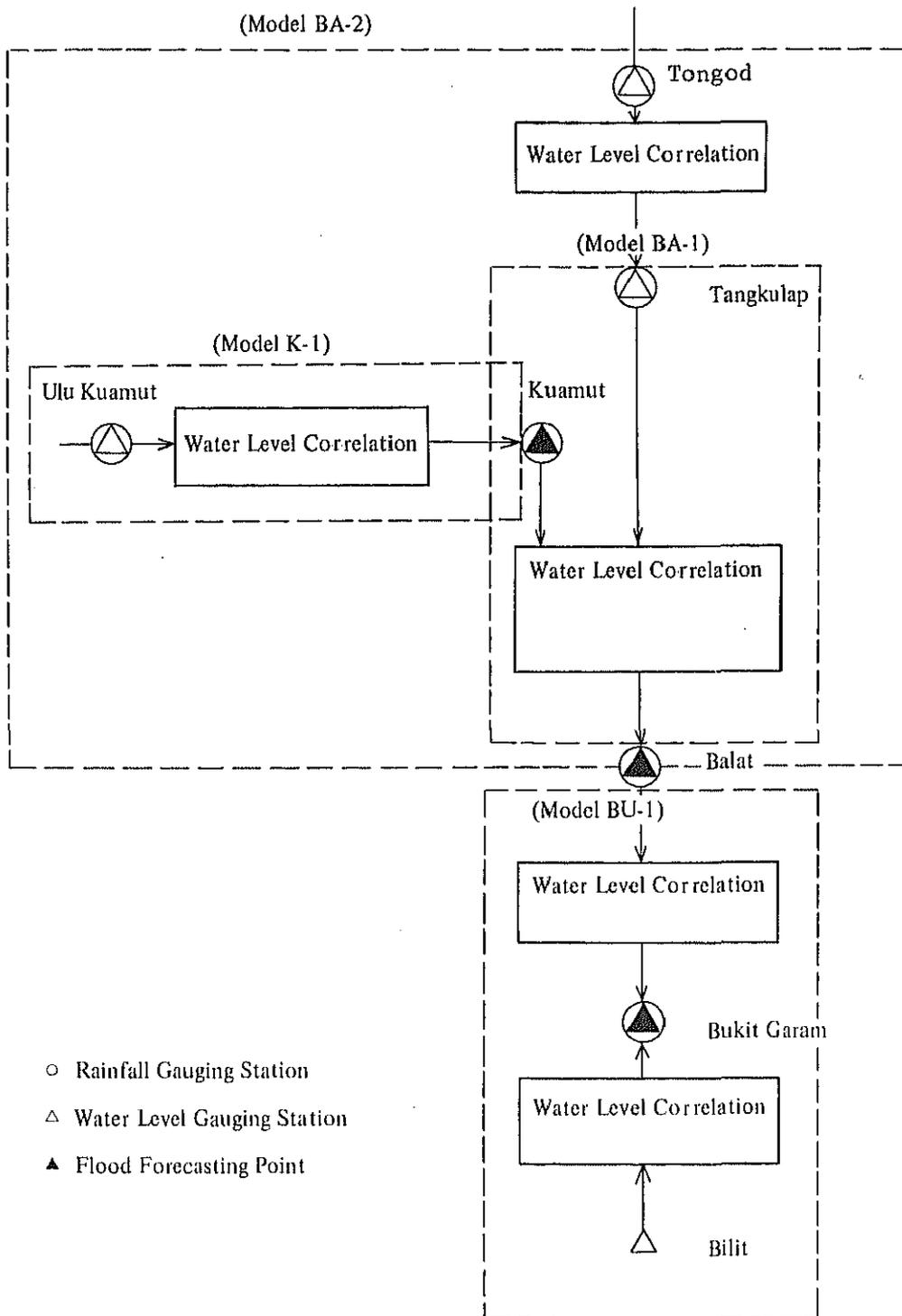


Fig. 3.3 Flood Forecasting Model

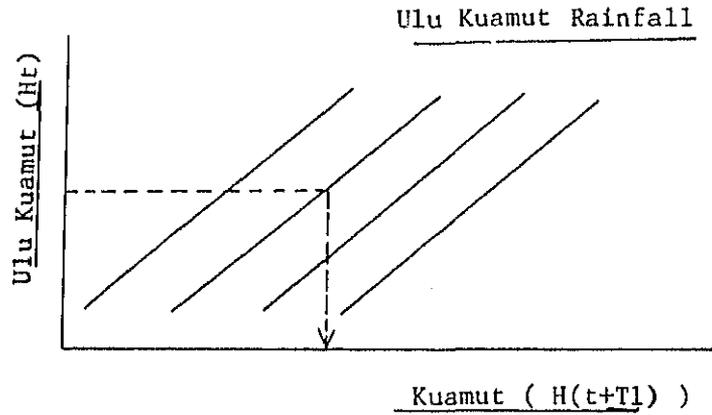
(Kinabatangan River)



2. 予測モデル作成の方法

(1) 予測モデル K-1 (Ulu Kuamut ^{雨量} / _{水位} } Kuamut)

下図の如き相関図を作成し, Kuamut の水位を Ulu Kuamut の雨量及び水位より予測する。



相関図の作成方法は下記の順序でおこなう。

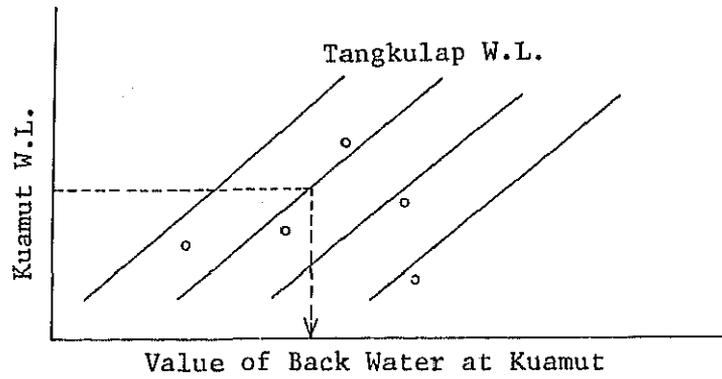
- ① 流量観測結果や水理計算による洪水の流速の推定あるいは両地点の水位相関関係から両地点間における洪水到達時間 T_l を算定する。この T_l が予測時間となる。
- ② Ulu Kuamut の雨量資料及び両地点の水位資料を T_l 時間分ずらして下記の如く整理し図上にプロットする。

Hour	Ulu Kuamut		Kuamut
	rainfall(r_t)	waterlevel(H_t)	waterlevel($t+t_l$)
1	r_1	H_1	$H(1+t_l)$
2	r_2	H_2	$H(2+t_l)$
3	r_3	H_3	$H(3+t_l)$
4	r_4	H_4	$H(4+t_l)$

- ③ 内外挿により区分された雨量規模毎に, 両地点間の水位相関関係曲線を作成する。

ここで水位相関のパラメータとして Ulu Kuamut の雨量単独とするか, あるいは Kuamut の雨量も加味するかは, 今後の相関解析により決定すべきである。

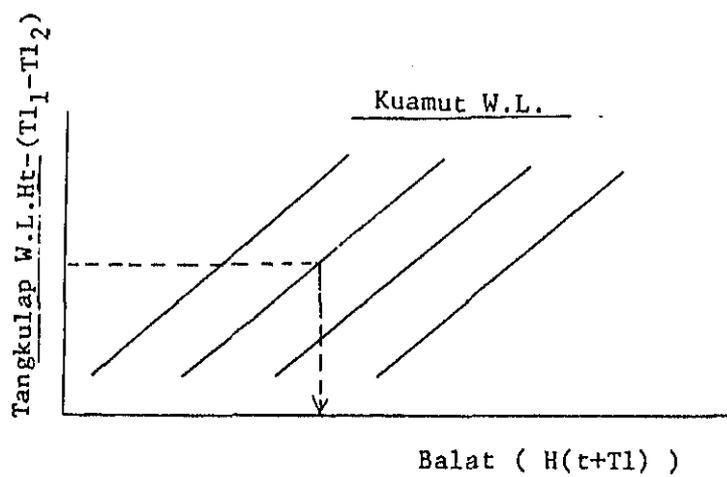
- ④ Kuamut の実測水位は本川 (Milian m) の背水の影響を受けることが予想されるので、あらかじめ背水影響を加味する 相関曲線を作成しておく必要がある。



(2) 予測モデル BA-1 $\left(\begin{array}{l} \text{Tangkulap 雨量} \\ \text{水位} \end{array} \right) \rightarrow \text{Balat}$
 $\left(\begin{array}{l} \text{Kuamut 雨量} \\ \text{水位} \end{array} \right)$

次図の如き相関図を作成し Balat の水位を Tangkulap 及び Kuamut の雨量、水位資料

より予測する。



相関図の作成方法は、下記の通りである。

- ① (1) - ①で記述した方法で Tangkulap ~ Balat 及び Kuamut ~ Balat の地点間の洪水到達時間 $t\ell_1$, $t\ell_2$ をそれぞれ推定する。

両洪水到達時間の短い方 $t\ell_2$ が予測時間となる。

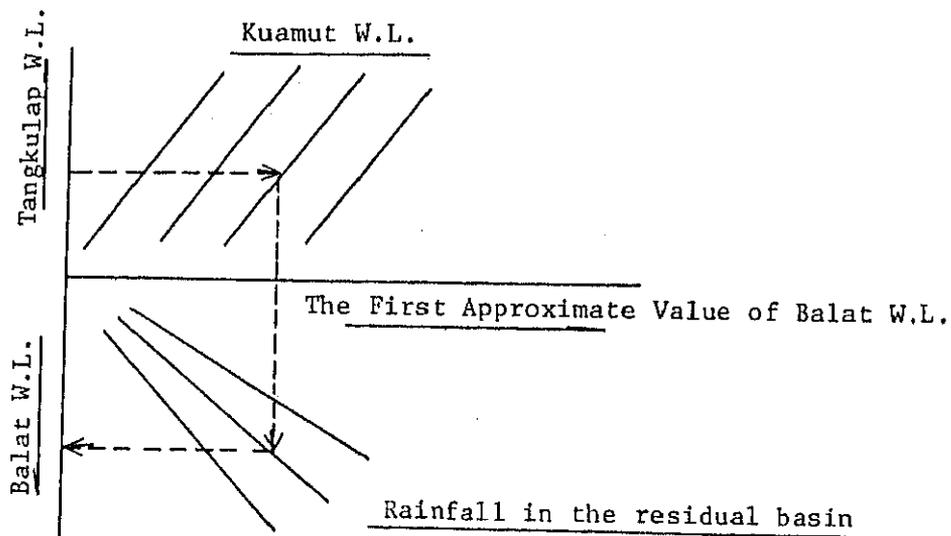
- ② 洪水到達時間を加味して下記の如く水位資料を整理し、図上にプロットする。

時刻 (t)	Tangkulap 水位 (Ht - tℓ ₁)	Kuamut 水位 (Ht - tℓ ₂)	Balat 水位 (Ht)
1	TH ₁ - tℓ ₁	KH ₁ - tℓ ₂	BH ₁
2	TH ₂ - tℓ ₁	KH ₂ - tℓ ₂	BH ₂
3	TH ₃ - tℓ ₁	KH ₃ - tℓ ₂	BH ₃
4	⋮	⋮	⋮
5	⋮	⋮	⋮

- ③ 内外挿により Kuamut 水位をパラメータとした水位相関曲線図を作成する。

ここで、この相関図による予測にあたって注意すべきことは、両地点からの到達時刻に差があるため、予測時刻 t において入力する資料は、 t 時刻の Kuamut 水位 Ht 及び $t - (t\ell_1 - t\ell_2)$ 時刻の Tangkulap 水位 $H(t\ell_1 - t\ell_2)$ である。

なお、上記相関図による予測値の誤差が大きく、この誤差の原因が3地点間の残流域の流出によると考えられる場合には、次図に示す如く、さらに降雨資料による補正をして誤差を減少させる。



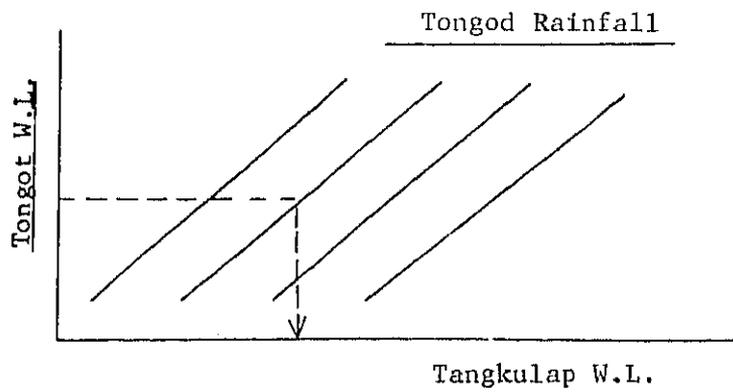
残流域雨量は上記3観測所のうちから採用する観測を実績洪水水文資料による相関解析により決定する。

- (3) 予測モデル BA-2 $\left(\begin{array}{l} \text{Tongod 雨量} \\ \text{水位} \end{array} \right) \rightarrow \text{Tangkulap 水位} \rightarrow \text{Balat 水位}$
 $\left(\begin{array}{l} \text{Ulu Kuamut 雨量} \\ \text{水位} \end{array} \right) \rightarrow \text{Kuamut 水位}$

この予測モデルは、上流端にある Tongod 及び Ulu Kuamut の水文資料により Balat の水位を予測しようとするもので、新規に作成する Tongod ~ Tangkulap の相関図により予測される Tangkulap 水位と予測モデル K-1 で予測される Kuamut 水位を予測モデル BA-1 に入力する。

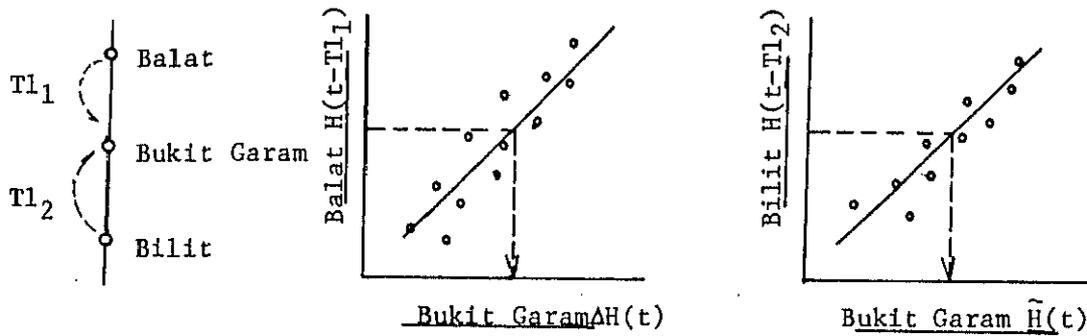
予測精度は、劣るが長時間の予測が可能である。

Tongod ~ Tangkulap の予測モデルの作成方法は、前記の予測モデル K-1 と同様である。



(4) 予測モデル BU-1 $\left(\begin{array}{l} \text{Bukit 水位} \\ \text{Balat 水位} \\ \text{Bukit Garam} \end{array} \right) \rightarrow \text{Bukit Garam}$

Bukit Garamは潮位の影響を受けるので、上流のBalat水位と下流のBilit水位を用いて予測を行う。

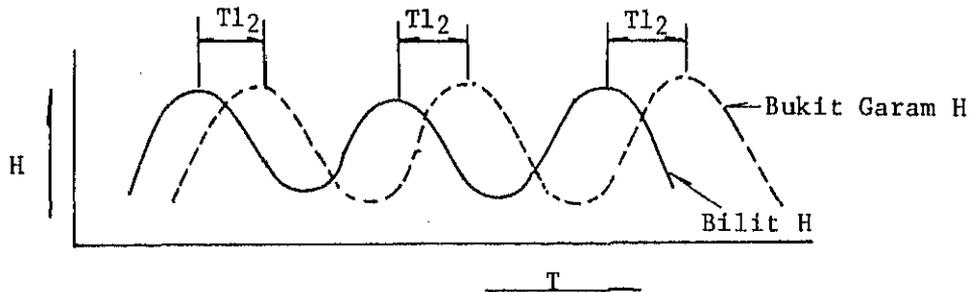


$$\text{Bukit Garam } H(t) = \text{Bukit Garam } \tilde{H}(t) + \text{Bukit Garam } \Delta H(t)$$

上図の作成方法は次の通りである。

① Bilit水位とBukit Garam水位の相関

Bilit水位とBukit Garam水位との関係は、次のように求めることができる。

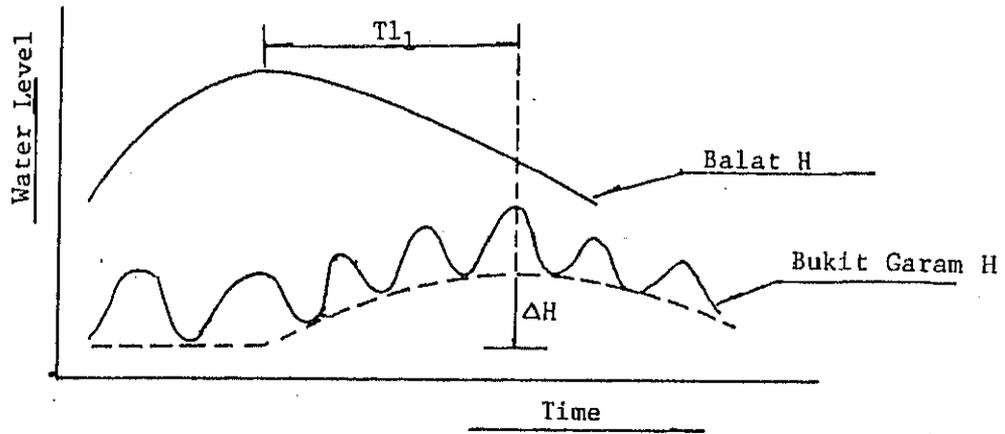


上記のように平常時の資料からBilit水位とBukit Garam水位の相関関係を求め相関図を作成する。

② Balat水位とBukit Garam水位の関係

平常時のBalat水位とBukit Garam水位との関係は、潮位の影響が卓越するので、相関はないものと思われる。

しかし、洪水時には流量の影響も大きく現われるものと考えられるので、洪水時のBukit Garam水位の洪水流量による上昇分をBalat水位に対応して求めBalat水位とBukit Garam水位との相関関係を作成する。



①と②より洪水時のBukit Garam 水位を求めることが可能である。

§ - 5 洪水予測手法の検証

1. 予測式の作成

(1) ピーク水位の相関図

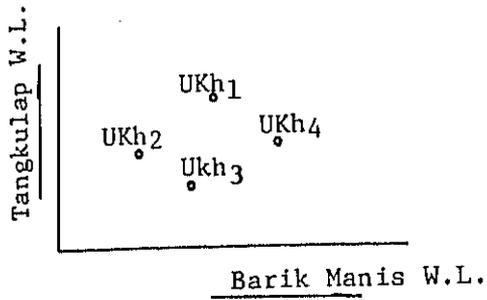
キナバタンガン川の既存の水文資料は少いため、1969年～1975年までの洪水のTangkulap, Ulu Kuamut, Barik Manisのピーク水位を用いて相関図を作成する。作成方法は次の通りである。

① 洪水時ピーク水位の整理

Tangkulap, Ulu Kuamut, Barik Manisの洪水時ピーク水位を次の様に整理する。

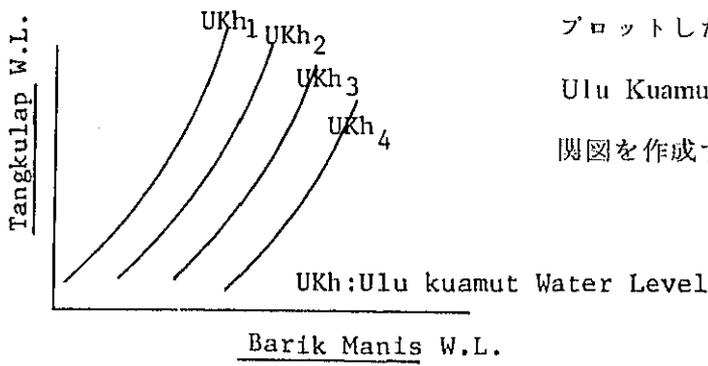
Item Location	Peak Water Level	Peak Level Time	Remarks
Flood Data			
Tangkulap	Th ₁	Tt ₁	
Ulu Kuamut	UKh ₁	UKt ₁	
Barik Manis	BMh ₁	BMt ₁	
Flood Data			
Tangkulap	Th ₂	Tt ₂	
Ulu Kuamut	UKh ₂	UKt ₂	
Barik Manis	BM ₂	BMt ₂	

② ピーク水位のプロット



左図の様に Tangkulap と Barik Manis の ピーク水位をプロットし、プロットした点の上に Ulu Kuamut の水位を記入する。

③ 相関図の作成

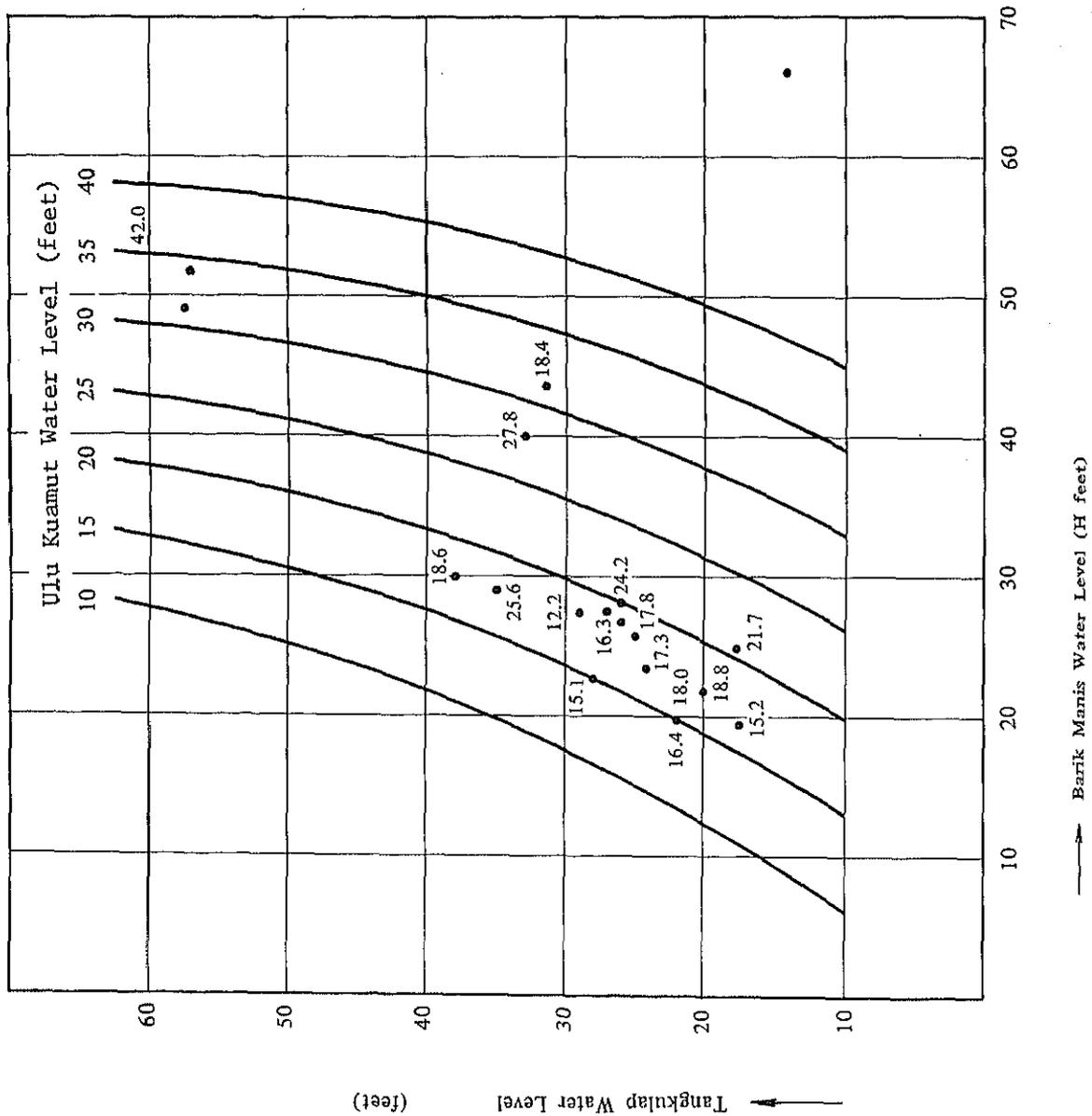


プロットした点の Ulu Kuamut の数値をみつめ Ulu Kuamut の等水位線を左図のように描き、相関図を作成する。

以上である。なお Tangkulap 及び Ulu Kuamut から Barik Manis までの到達時間は平均的にみれば次の通りである。

Tangkulap	～	Barik Manis	33 hour
Ulu Kuamut	～	Barik Manis	51 hour

Fig. 3.4 Correlation of Water Level between Tangkulap, Ulu Kuamut and Barik Manis



2. 予測式の検証

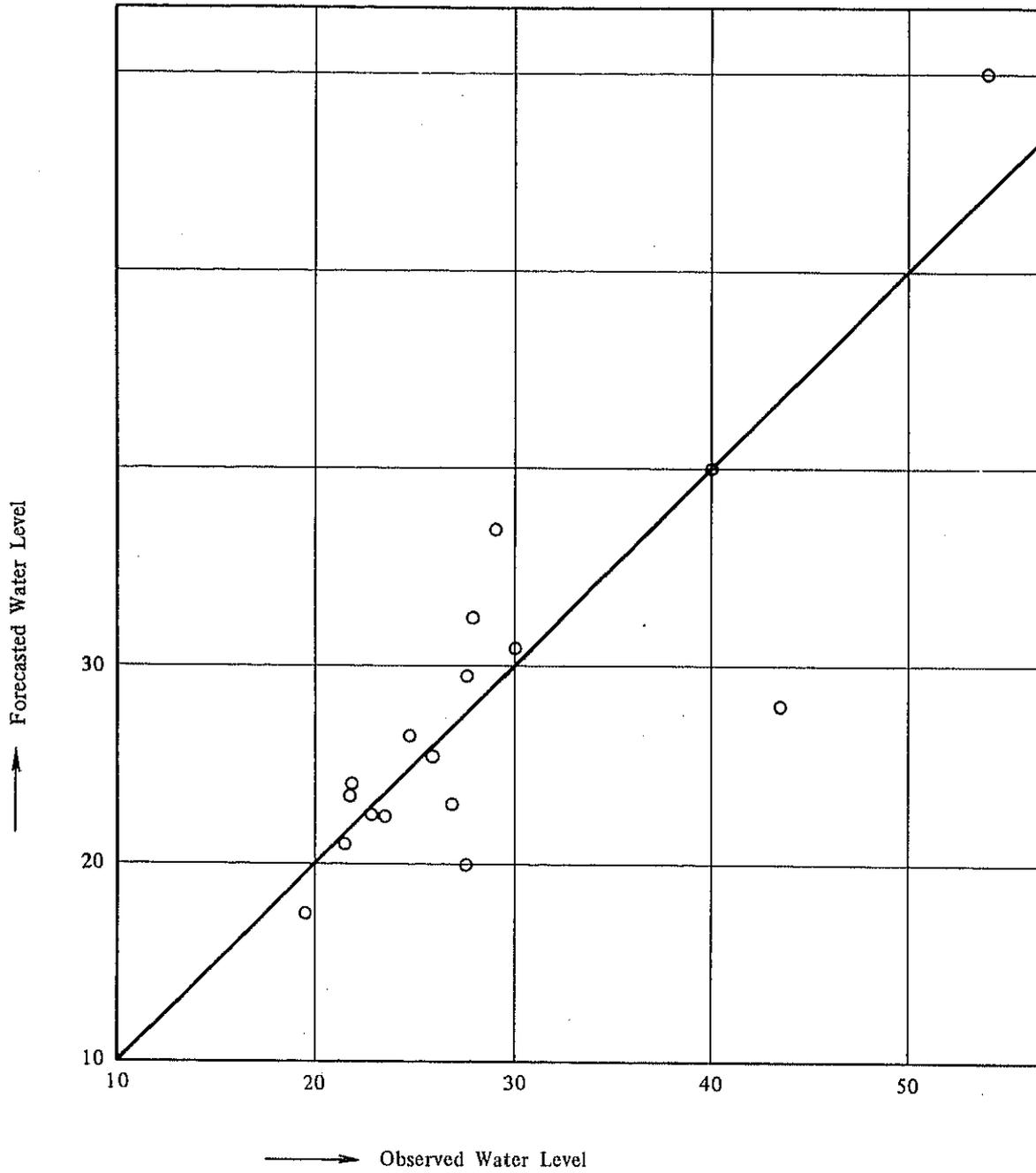
前項で求めた相関図の精度をみるため、Barik Manis の実測値と予測値の誤差を求め、下表に示し実測値と予測値を次図にプロットする。

表 3 - 5 Barik Manis 水位予測結果

洪水年月表	実測値 (feet)	予測値 (feet)	誤差 (feet)
1970 June	30	31	+ 1.0
1970 Sept.	23.5	22.5	- 1.0
1970 Sept.	25.8	25.5	- 0.3
1970 Oct.	27.6	29.5	+ 1.9
1971 Feb.	43.5	28	- 15.5
1971 Feb.	54以上	60	+ 6
1971 July	27.9	32.5	+ 4.6
1971 Aug.	27.5	20	- 7.5
1972 Feb.	40	40	0
1972 May	26.9	23	- 3.9
1973 July	21.8	23.5	+ 1.7
1973 July	21.9	24	+ 2.1
1974 Dec.	21.6	21	- 0.6
1975 Jan.	24.8	26.5	+ 1.7
1975 Feb.	29	37	+ 8.0
1976 Oct.	19.5	17.5	- 2.0
1976 Oct.	22.8	22.5	- 0.3

誤差範囲は計器の故障、自記紙の不鮮明等から正確な実測値の不明な2~3の洪水を除けば3 feet以内に予測誤差が収まっており、精度的に洪水予警報システムは使用出来るものと考えられる。今後、新しい観測資料の入手により相関式の改良を逐次実施し、精度の向上に務める必要がある。

Fig. 3.5 Comparison Water Level of Observation and Forecasting
Barik Manis



Ⅳ 電気通信システム

§-1 概 要

今回の調査は、事前調査報告書に提案されたテレメータ計画に基づき行ったものである。テレメータ観測網の検討に当っては、事前調査報告書で述べられた次の事項について特に考慮した。

1. Telecom. Dept. の施設で利用できるものがあれば計画に含める。
2. 通信の安定性、信頼性、経済性から無線回線は VHF 帯とする。
3. 将来の拡張計画が可能なよう計画する。

テレメータ観測網の構成は次のとおりである。

(1) 監視局

監視局は洪水予報センターの置かれる Kota Kinabalu 近郊にある Inanam の DID Office とする。

(2) 傍受局

Sandakan の DID Office に傍受局を置く。

(3) 中継局

本システムのテレメータ観測網には中継局が 2 局必要である。第 1 中継局は Balat 近くの山頂であるが、4 ヶ所の候補地について現地調査の結果、道路状況、保守上等の条件から Balat より車で約 15 分のところにある標高約 275 m の Mt. Balat とした。

第 2 中継局には 2 案あり、案 1 は Mt. Kinabalu の山麓に新設するもの、案 2 は Sandakan 近くにある Telecom. Dept. 所管の Trig Hill 中継所を利用するものである。現地調査の結果、次の理由により Trig Hill を第 2 中継局として選定した。

- ① Trig Hill は Telecom. Dept. が中継所として使っており、建物、鉄塔、アクセス道路、電源等の利用ができ、経費の面で有利である。
- ② Sandakan から近いことため保守上からも有利である。
- ③ 将来テレメータシステムを拡張する必要があるときも対応がしやすい。

さらに Trig Hill から Kota Kinabalu 及び Sandakan にデータを伝送する方法として 2 案あり、案 1 は、Trig Hill から公衆電話回線を利用するもの、案 2 は、Trig Hill から Sandakan までは VHF 回線を設置し、Sandakan から Kota Kinabalu までは公衆電話回線を利用するものである。これは信頼度の点及び Sandakan DID Office の洪水予警報組織上の位置づけから、案 1 を採用するものとした。

(4) 観測局

① 水 位

Bilit

② 雨量・水位局

Tongod

Tangkalap

Ulu Kuamut

Kuamut

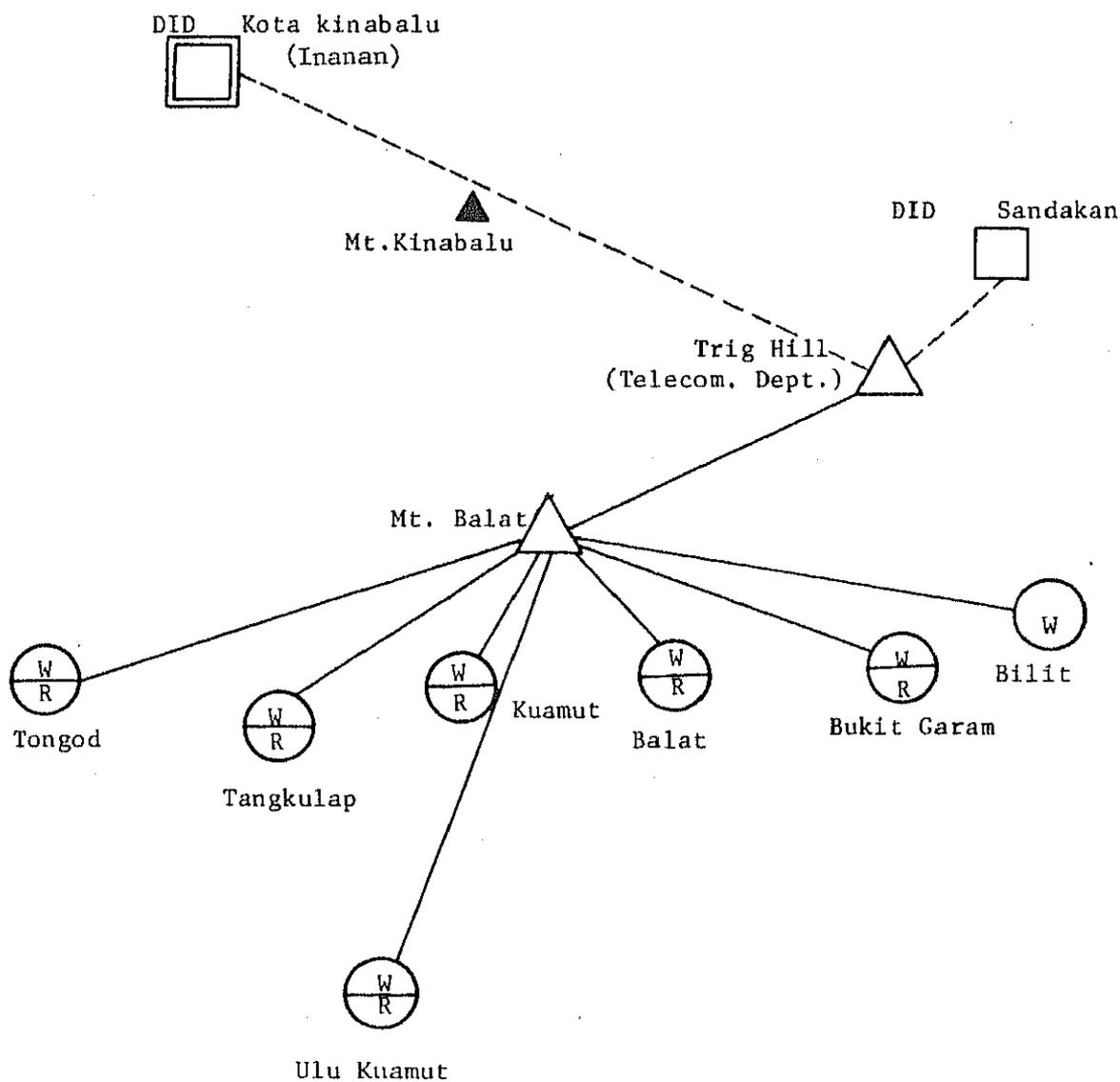
Balat

Bukit Garam

以上のテレメータネットワークの系統図は、図 4-1 に示すとおりである。

今回の調査は、この提案したテレメータシステムが洪水予報用として適しているかを調査するため、現地調査、電波伝搬実験、回線設計等を行ったものである。

Fig.- 4.1 Telecommunication Network
 (Kinabatangan River)



- Observation Station
- W Water level gauging Station
- R Rainfall gauging Station
- ◻ Master Control Station
(Flood Forecasting Center)
- ◻ Monitoring Station
- △ Relay Station
- Radio Circuit
- Telephone Line

§ - 2 電波伝搬実験及び外部雑音・妨害波調査

1. 電波伝搬実験

電波伝搬実験は、到来電波の受信電力及びその方向を測定し、併せて実際の通話試験を行うもので、これにより対象実験区間の総合回線損失を計算により求め、また致来電波の安定度を確認するものである。実施した測定項目としては、受信電力、空中線の位置及び方向による受信電力の変化及び通話品質の測定である。

実験を実施したのはMt. Balat と Trig Hill 間及びMt. Balat と各観測局予定地点との間で図4-2に示す区間である。また、使用した機器構成は表4-2及び図4-3に示すとおりである。なお実験に使用した周波数は70.380MHzである。

実験の結果は下表に示すとおりである。

Table 4.1 Result of Propagation Test
(Kinabatangan River Basin)

Span	Distance	Transmitting Power	Receiving Power	S/N Reading
Mt. Balat - Tongod	68.0 km	7.5 W	-114 dBm	10.5 dB
" - Tangkulap	31.1	8.0	-103	22
" - Ulu Kuamut	31.3	7.7	-105.5	20
" - Kuamut	15.3	6.7	-83.5	41
" - Balat	1.5	7.5	-94	30.5
" - Bukit Garam	32.9	8.0	-101	24.5
" - Bilit	70.0	8.2	-117.5	5.5
" - Trig Hill	80.2	8.2	-78	43
Remarks: At every location: Antenna - 3 Element YAGI Type Antenna Height - 10 m Cable - 5D-2V, 16 m				

2. 外部雑音及び妨害波調査

各地点において、それぞれ約10分間外部雑音の測定を行ったが、各地点とも雑音強度は低く、回線設計上これを考慮する必要はないと考えられる。

妨害波についても全く確認されなかった。

Fig.- 4.2 Radio Wave Propagation Test Network

(Kinabatangan River Basin)

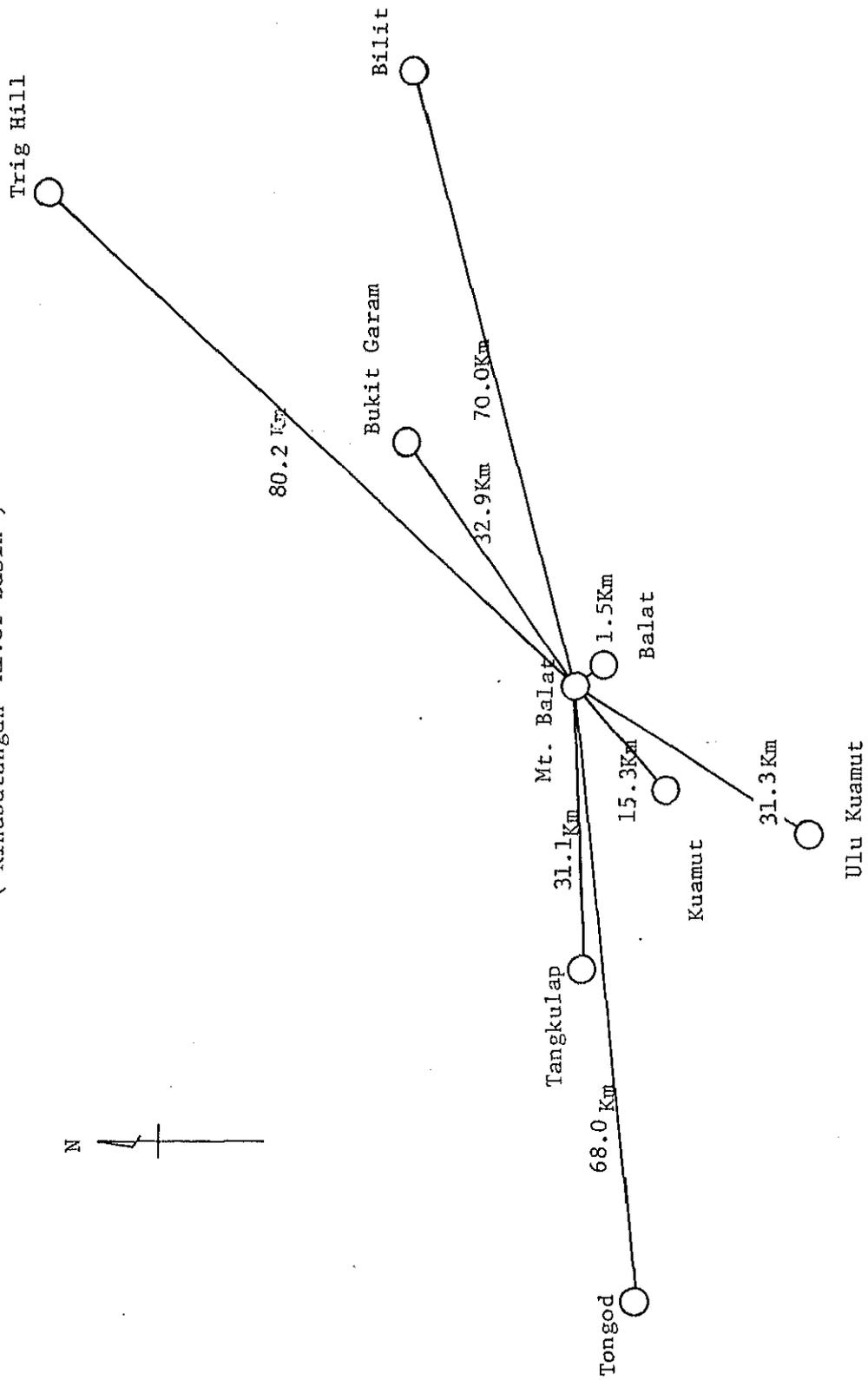
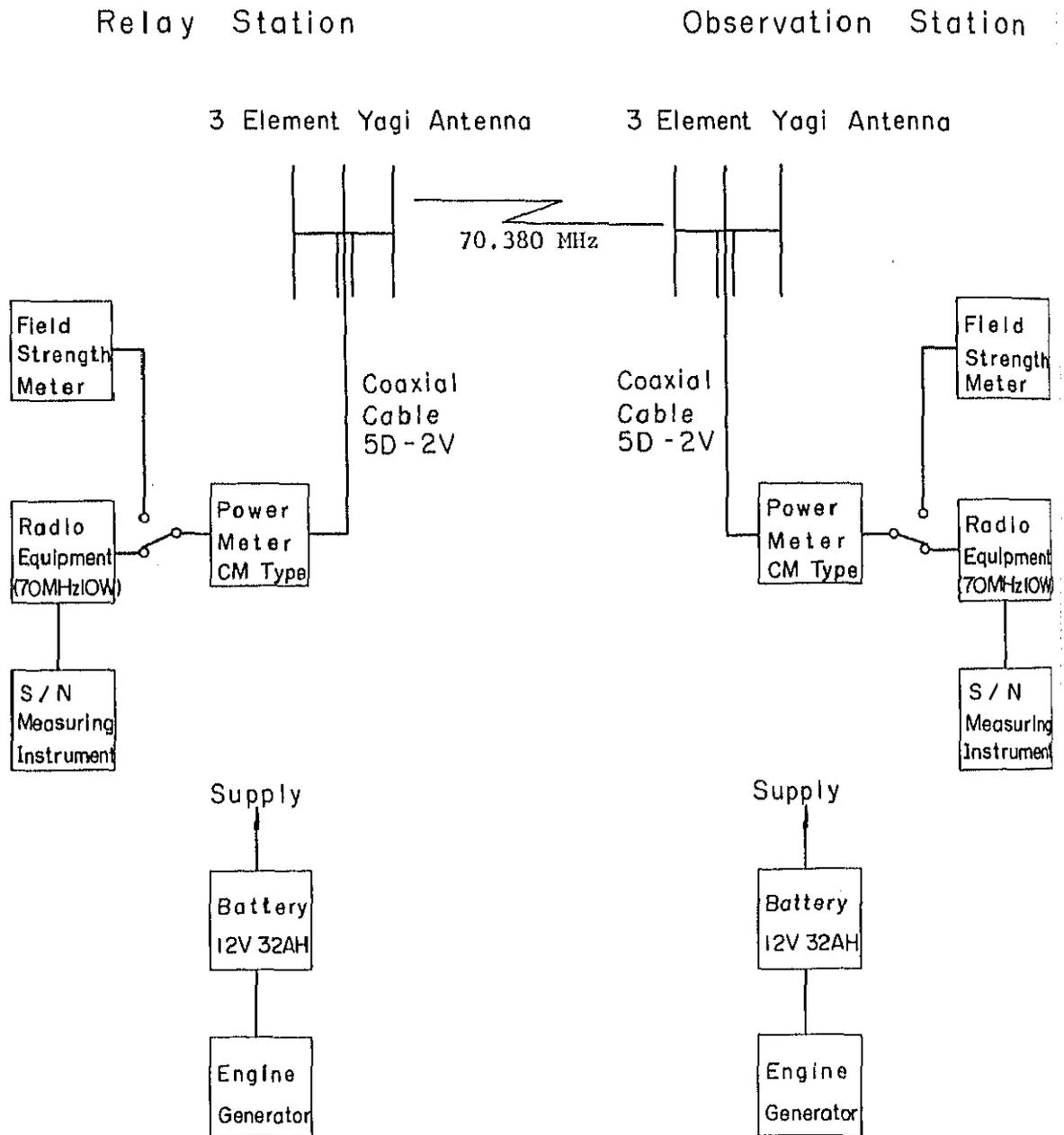


Table 4.2 Equipment and Instruments used in
Radio Wave Propagation Test
(Kinabatangan River Basin)

	Description of Goods	Rating	Quantity
1	Radio Equipment	CRI-06, 70.380 MHz, 10 W	4 sets
2	Antenna	3 Element Yagi	3 sets
3	Field Strength Meter	M-321G, 25 - 250 MHz	2 sets
4	Power Meter	CM Type, 70 MHz Band, 15 W	3 sets
5	"	Terminal Type, 70 MHz Band 15 W	3 sets
6	Quasi-Peak Meter	MH 33 A	1 set
7	Pen Recorder	VP 6723 A	1 set
8	S/N Measuring Instrument	KCD-1	3 sets
9	Storage Battery	12 V, 32 AH	5 sets
10	Engine Generator	EM 300, 300 W	1 set
11	Charger	Input AC 100 - 115 V Output DC 15V, 8A	1 set
12	Voltage Regulator	Input 220 V Output 0 - 230 V, 10A	1 set
13	Coaxial Cable	5D-2V, 15m	6 sets
14	Tester	TL - 700	3 sets
15	Tool Set		3 sets
16	Spares & Accessories		1 set

Fig. 4.3 Discription of the Equipment of Radio Wave Propagation Test.



§-3 回線設計

電波伝搬実験を行う各区间について、1/50,000の地図により机上回線設計を行い、伝搬損失(自由空間損失+付加損失^{*})を得る。次に実験の結果より得た伝搬損失と机上設計により得た伝搬損失の差を補正值として求め、さらにその補正值をもとに運用時における回線設計を行った。^{*}付加損失は回折損失と伝搬路の状態により見込まれる土地係数からなる。

運用時の回線品質として標準状態におけるS/Nは30dB以上、フェージング時のスレシヨルドレベルに対するマージンは0dB以上とれることを目標とした。なお、計算上どうしてもS/Nが30dBを確保出来ない場合でも25dBは確保する様設計した。

また、使用周波数は70MHz帯を想定した。

1. 机上回線設計

- (1) 1/50,000の地図により、電波伝搬路のプロファイルマップを作成し、付加損失の計算を行った。
- (2) 上記の付加損失を送信電力及び、空中線の形式等を決めて机上回線設計を行った。
標準状態におけるS/Nを求める式は下記によった。

$$\begin{aligned} S/N(\text{dB}) = & \text{送信電力}(\text{dBm}) + \text{送信空中線利得}(\text{dB}) \\ & + \text{受信空中線利得}(\text{dB}) - \text{空中線分岐損失}(3.5\text{dB})^{\ast} - \text{給電線損失}(\text{dB}) \\ & - \text{自由空間損失}(\text{dB}) - \text{付加損失}(\text{dB}) \\ & - \text{受信雑音電力}(-115\text{dBm}) + S/N\text{改善係数}(12\text{dB}) \end{aligned}$$

^{*} Mt. Balatにおける空中線は5素子八木空中線を2基使用し、それぞれTongod及びBilitに向ける様計画した。このための分岐損失として3.5dBを見込む必要がある。

例としてMt. Balat — Kuamut間のS/Nを上式の式を用いて求める。

送信電力 = 30dBm(1W), 送信空中線利得 = 8dB(3EL八木),

受信空中線利得 = 7dB(5EL八木, 38°(-4)),

給電線損失 = 2dB(10D-2V, 50m),

自由空間損失 = 93dB(15.3Km), 付加損失 = 30dB

$$\begin{aligned} S/N &= 30 + 8 + 7 - 3.5 - 2 - 93 - 30 - (-115) + 12 \\ &= 43.5\text{ dB} \end{aligned}$$

- (3) 机上回線設計の結果は表4-4に示すとおりである。

2. 補正值の算出

- (1) 電波伝搬実験時の送信電力、空中線等及び受信電力の測定値より、次の式を用いて伝搬損失の補正值を算出する。

$$\begin{aligned} \text{補正值} &= \text{送信電力 (dBm)} + \text{送信空中線利得 (dB)} \\ &\quad + \text{受信空中線利得 (dB)} - \text{給電線損失 (dB)} \\ &\quad - \text{自由空間損失 (dB)} - \text{付加損失 (dB)} \\ &\quad - \text{受信電力の測定値 (dBm)} \end{aligned}$$

例として Mt. Balat — Kuamut 間の補正值を算出する。

$$\begin{aligned} \text{送信電力} &= 38.3 \text{ dBm (6.7 W)}, \quad \text{送信空中線利得} = 8.0 \text{ dB (3 EL八木)}, \\ \text{受信空中線利得} &= 8.0 \text{ dB (3 EL八木)}, \quad \text{給電線損失} = 3.2 \text{ dB (5D-2V, 32m)}, \\ \text{自由空間損失} &= 93 \text{ dB (15.3 Km)}, \quad \text{付加損失} = 32.5 \text{ dB}, \\ \text{受信電力の測定値} &= -83.5 \text{ dB} \\ \text{補正值} &= 38.3 + 8.0 + 8.0 - 3.2 - 93 - 32.5 - (-83.5) \\ &= 9.1 \text{ dB} \end{aligned}$$

- (2) 各区间における補正值の算出結果は表の補正值の欄に示すとおりである。

3. 運用時回線設計

- (1) 上記の補正值をもとに送信電力、空中線の形式等を検討して運用時における回線設計を行った。

受信電力、標準状態における S/N 及びフェージング時のスレシヨルドレベルに対するマージンを求める式は次によった。

$$\begin{aligned} \text{受信電力 (dBm)} &= \text{送信電力 (dBm)} + \text{送信空中線利得 (dB)} \\ &\quad + \text{受信空中線利得 (dB)} - \text{空中線分岐損失 (3.5 dB)} \\ &\quad - \text{給電線損失 (dB)} - \text{自由空間損失 (dB)} \\ &\quad - \text{付加損失 (dB)} - \text{補正值 (dB)} \\ \text{S/N} &= \text{受信電力 (dBm)} - \text{受信雑音電力 (-115 dBm)} + \text{S/N改善係数 (12 dB)} \\ \text{フェージング時のマージン (dB)} &= \text{受信電力 (dBm)} - \text{スレシヨルドレベル (-106 dBm)} \\ &\quad - \text{フェージング損失 (dB) (0.1 dB/Km} \times \text{距離)} \end{aligned}$$

例として Mt. Balat — Kuamut 間の受信電力、標準状態における S/N 及びフェージング時のスレシヨルドレベルに対するマージンを求める。

送信電力 = 30 dBm (1 W), 送信空中線利得 = 8 dB (3 EL八木),
 受信空中線利得 = 7 dB (5 EL八木, 38°(-4)),
 給電線損失 = 2 dB (10 D-2V, 50 m), 自由空間損失 = 93 dB (15.3 Km),
 付加損失 = 30 dB

補正值 = 9.1 dB, フェージング損失 = $0.1 \times 15.3 = 1.5$ dB

受信電力 = $30 + 8 + 7 - 3.5 - 2 - 93 - 30 - 9.1$
 $= -92.6$ dBm

標準状態における S/N = $-92.6 - (-115) + 12$
 $= 34.4$ dB

フェージング時のマージン = $-92.6 - (-106) - 1.5$
 $= 11.9$ dB

なお、検討に使用した5素子八木空中線の水平指向特性パターンは図4-7のとおりである。

(2) 運用時回線設計の結果は表に示すとおりである。またその要約は次のとおりである。

Table 4.3 Summary of Circuit Design

Station	Transmitting Power	Antenna	Antenna Height	Receiving Power	Standard S/N	Margin at Fading
Tongod	20 W	5 EL Yagix2	30 m	-98.9 dBm	28.1 dB	0.3 dB
Tangkalap	20	5 EL Yagi	10	-92.3	34.7	10.6
Ulu Kuamut	20	5 EL Yagi	30	-95.5	31.5	7.4
Kuamut	1	3 EL Yagi	10	-92.6	34.4	11.9
Balat	3	5 EL Yagi	10	-91.3	35.7	14.5
Bukit Garam	20	5 EL Yagi	10	-94.3	32.7	8.4
Bilit	20	5 EL Yagi	30	-96.7	30.3	2.3
Trig Hill	1	3 EL Yagi	10	-88.4	38.6	9.6
Mt. Balat	20	5 EL Yagi 5 EL Yagi	30	-	-	-

Mt. Balat の空中線方向は2方向分岐とし、Tongod 方向 (真北から 265°) と Bilit 方向 (真北から 75°) に設定した。

これよりわかるとおり、Tongod をのぞいてすべて S/N 30 dB 以上、フェージング時のスレシヨルドレベルに対するマージンは 0 dB 以上あり、良好な回線が期待できる。

Tongod については S/N 30 dB は確保できないが、25 dB 以上は確保できるため、回線構成は可能と考えられる。

4. 使用周波数について

本テレメータシステムを実施するにあたっては 70 MHz 帯から 2 波の周波数が必要となる。また、この 2 波は中継局での障害を避けるため互いに 2 MHz 以上離れていることが必要である。

さらにこの 2 波の周波数と Trig Hill で Telecom. Dept. が現在運用している電波の周波数との相互干渉についても検討を行わなければならない。

なお、本無線回線の中継方式図を図に示す。

一般に電波の伝搬状態は季節、気象条件によって変化しそのため受信入力に変動が生ずる。運用時の回線設計ではこの受信レベルの変動によるレベルダウンも考慮に入れて行っている。今回の実験では空中線地上高は10mで行ったものである。

Tongod, Ulu Kuamut 及び Bilit については実験結果から、10mの地上高では回線設計上、基準値に達しない。このため、地上高を30mとして設計を行った。しかしなお、標準状態におけるS/N及びフェージング時のスレシヨルドレベルに対するマージンともに基準値の限界に近く、ほとんどよゆうがない。前述の回線設計は極めて短時間の伝搬実験の結果に基づいたものであって、1年を通じてこの値が確保できるかどうか判断しがたい。そこで、機器設置前に空中線地上高を30m程度にし、長期間の実験を行って受信入力の再確認を行うことが望ましい。

Tangkulap, Kuamut, Balat, Bukit Garam 及び Trig Hill については標準状態におけるS/N及びフェージング時のスレシヨルドレベルに対するマージンは十分にあり、空中線地上高10mで良好な回線が期待できる。

Table 4.4 Desk Circuit Design Table (Kinabatangan River Basin)

Item	Span	Tongod -Mt. Balat (68.0km)		Tangkulap -Mt. Balat (31.1km)		Ulu Kuamut -Mt. Balat (31.3km)		Kuamut -Mt. Balat (15.3km)		Balat -Mt. Balat (1.5km)		Bukit Garam -Mt. Balat (32.9km)		Bilit -Mt. Balat (70.0km)		Trig Hill -Mt. Balat (80.2km)	
		dBm	43	20W	43	20W	43	20W	30	1W	34.8	3W	43	20W	43	20W	30
Transmitting Paper	dBm																
Transmitting Antenna Gain	dB	13.5	SEL Yagi x 2	11	SEL Yagi	11	SEL Yagi	8	3EL Yagi	11	SEL Yagi	11	SEL Yagi	11	SEL Yagi	8	3EL Yagi
Receiving Antenna Gain	dB	11	SEL Yagi	11	SEL Yagi 5° (0 dB)	2	SEL Yagi 53° (-9dB)	7	SEL Yagi 38° (-4dB)	2	SEL Yagi 53° (-9dB)	10	SEL Yagi 20° (-1dB)	11	SEL Yagi	9	SEL Yagi 31° (-2dB)
Branch Loss	dB	(-) 3.5		(-) 3.5		(-) 3.5		(-) 3.5		(-) 3.5		(-) 3.5		(-) 3.5		(-) 3.5	
Feeder Loss	dB	(-) 2.8	10D-2V 35+35m	(-) 2	10D-2V 15+35m	(-) 2.8	10D-2V 35+35m	(-) 2	10D-2V 15+35m	(-) 2	10D-2V 15+35m	(-) 2	10D-2V 15+35m	(-) 2.8	10D-2V 35+35m	(-) 2	10D-2V 15+35m
Free Space Loss	dB	(-)106.0	70 MHz 68.0km	(-)99.2	70 MHz 31.1km	(-)99.2	70 MHz 31.3km	(-)93.0	70 MHz 15.3km	(-)72.9	70 MHz 1.5km	(-)99.7	70 MHz 32.9km	(-)106.2	70 MHz 70.0km	(-)107.4	70 MHz 80.2km
Additional Loss	dB	(-)45.5		(-)44.5		(-)37.7		(-) 30		(-) 5.3		(-) 45		(-) 42		(-) 15	
Receiving Power	dBm	-90.3		-84.2		-82.2		-83.5		-35.7		-86.2		-89.5		-80.9	
Receiving Noise Power	dBm	-115		-115		-115		-115		-115		-115		-115		-115	
Radio Frequency S/N (C/N)	dB	24.7		30.8		32.8		31.5		79.3		28.8		25.5		34.1	
S/N Improvement Factor	dB	12		12		12		12		12		12		12		12	
Standard S/N	dB	36.7		42.8		44.8		43.5		91.3		40.8		37.5		46.1	
Fading Loss	dB	(-) 6.8	0.1dB/km	(-) 3.1	0.1dB/km	(-) 3.1	0.1dB/km	(-) 1.5	0.1dB/km	(-) 0.2	0.1dB/km	(-) 3.3	0.1dB/km	(-) 7.0	0.1dB/km	(-) 8.0	0.1dB/km
S/N at Fading	dB	29.9		39.7		41.7		42.0		91.1		37.5		30.5		53.1	
Threshold Level	dBm	-106		-106		-106		-106		-106		-106		-106		-106	
Fading Margin Relative to Threshold Level	dB	15.7		21.8		23.8		22.5		70.3		19.8		16.5		25.1	
Margin Relative to Threshold Level at Fading	dB	8.9		18.7		20.7		21.0		70.1		16.5		9.5		32.1	

Table 4.5 Circuit Design Table at Test Condition
(Kinabatangan River Basin)

Item	Span	Tongod -Mt. Balat (68.0km)		Tangkalap -Mt. Balat (31.1km)		Ulu Kuamut -Mt. Balat (31.3km)		Kuamut -Mt. Balat (15.3km)		Balat -Mt. Balat (1.5km)		Bukit Garam -Mt. Balat (32.9km)		Bilit -Mt. Balat (70.0km)		Trig Hill -Mt. Balat (80.2km)	
		Power dBm	Antenna Gain	Power dBm	Antenna Gain	Power dBm	Antenna Gain	Power dBm	Antenna Gain	Power dBm	Antenna Gain	Power dBm	Antenna Gain	Power dBm	Antenna Gain	Power dBm	Antenna Gain
Transmitting Power	dBm	38.8	7W	39	8W	38.9	7.7W	38.3	6.7W	38.8	7.5W	39	8W	39.1	8.2W	39.1	8.2W
Transmitting Antenna Gain	dB	8	3EL Yagi	8	3EL Yagi	8	3EL Yagi	8	3EL Yagi	8	3EL Yagi	8	3EL Yagi	8	3EL Yagi	8	3EL Yagi
Receiving Antenna Gain	dB	8	3EL Yagi	8	3EL Yagi	8	3EL Yagi	8	3EL Yagi	8	3EL Yagi	8	3EL Yagi	8	3EL Yagi	8	3EL Yagi
Feeder Loss	dB	(-) 3.2	5D-2V 16+16m	(-) 3.2	5D-2V 16+16m	(-) 3.2	5D-2V 16+16m	(-) 3.2	5D-2V 16+16m	(-) 3.2	5D-2V 16+16m	(-) 3.2	5D-2V 16+16m	(-) 3.2	5D-2V 16+16m	(-) 3.2	5D-2V 16+16m
Free Space Loss	dB	(-) 106	70 MHz 68.0km	(-) 99.2	70 MHz 31.1km	(-) 99.2	70 MHz 31.3km	(-) 93	70 MHz 15.3km	(-) 72.9	70 MHz 1.5km	(-) 99.7	70 MHz 32.9km	(-) 106.2	70 MHz 70.0km	(-) 107.4	70 MHz 80.2km
Additional Loss	dB	(-) 51		(-) 47.5		(-) 49.5		(-) 32.5		(-) 6.5		(-) 4.5		(-) 5.6		(-) 1.5	
Compensation Value	dB	(-) 8.6		(-) 8.1		(-) 8.5		(-) 9.1		(-) 7.7		(-) 8.1		(-) 7.2		(-) 7.5	
Receiving Power	dBm	-114		-103		-105.5		-83.5		-94		-101		-117.5		-78	

Table 4.6
Circuit Design Table
(Kinabatangan River Basin)

Item	Span		Tongod -Mt. Balat (68.0km)		Tangkulap -Mt. Balat (31.1km)		Ulu Kuamut -Mt. Balat (31.3km)		Kuamut -Mt. Balat (15.3km)		Balat -Mt. Balat (1.5km)		Bukit Garam -Mt. Balat (32.9km)		Blit -Mt. Balat (70.0km)		Tiga Hilir -Mt. Balat (80.2km)	
	dBm	dB	43	20W	43	20W	43	20W	30	1W	34.8	3W	43	20W	43	20W	30	1W
Transmitting Power																		
Transmitting Antenna Gain	dB		13.5	SEL Yagi x 2	11	SEL Yagi	11	SEL Yagi	8	3EL Yagi	11	SEL Yagi	11	SEL Yagi	11	5EL Yagi	8	3EL Yagi
Receiving Antenna Gain	dB		11	SEL Yagi	11	SEL Yagi 3° (0 dB)	2	SEL Yagi 53° (-9dB)	7	SEL Yagi 38° (-4dB)	2	SEL Yagi 53° (-9dB)	10	SEL Yagi 20° (-1dB)	11	SEL Yagi	9	SEL Yagi 31° (-2dB)
Branch Loss	dB		(-) 3.5		(-) 3.5		(-) 3.5		(-) 3.5		(-) 3.5		(-) 3.5		(-) 3.5		(-) 3.5	
Feeder Loss	dB		(-) 2.8	10D-2V 35+35m	(-) 2	10D-2V 15+35m	(-) 2.8	10D-2V 35+35m	(-) 2	10D-2V 15+35m	(-) 2	10D-2V 15+35m	(-) 2	10D-2V 15+35m	(-) 2.8	10D-2V 35+35m	(-) 2	10D-2V 15+35m
Free Space Loss	dB		(-)106.0	70 MHz 68.0km	(-)99.2	70 MHz 31.1km	(-)99.2	70 MHz 31.3km	(-)92.0	70 MHz 15.3km	(-)72.9	70 MHz 1.5km	(-)99.7	70 MHz 32.9km	(-)106.2	70 MHz 70.0km	(-)107.4	70 MHz 80.2km
Additional Loss	dB		(-)45.5		(-)44.5		(-)37.7		(-)30		(-)53		(-)45		(-)42		(-)15	
Compensation Value	dB		(-) 8.6		(-) 8.1		(-) 8.3		(-) 9.1		(-) 7.7		(-) 8.1		(-) 7.2		(-) 7.5	
Receiving Power	dBm		-98.9		-92.3		-95.5		-92.6		-91.3		-94.3		-96.7		-88.4	
Receiving Noise Power	dBm		-115		-115		-115		-115		-115		-115		-115		-115	
Radio Frequency S/N (C/N)	dB		16.1		22.7		19.5		22.4		23.7		20.7		18.3		26.6	
S/N Improvement Factor	dB		12		12		12		12		12		12		12		12	
Standard S/N	dB		28.1		34.7		31.5		34.4		35.7		32.7		30.3		38.6	
Fading Loss	dB		(-) 6.8	0.1dB/km	(-) 3.1	0.1dB/km	(-) 3.1	0.1dB/km	(-) 1.5	0.1dB/km	(-) 0.2	0.1dB/km	(-) 3.3	0.1dB/km	(-) 7.0	0.1dB/km	(-) 8.0	0.1dB/km
S/N at Fading	dB		21.3		31.6		28.4		32.9		35.5		29.4		23.3		30.6	
Threshold Level	dBm		-106		-106		-106		-106		-106		-106		-106		-106	
Fading Margin relative to Threshold Level	dB		7.1		13.7		10.5		13.4		14.7		11.7		9.3		17.6	
Fading Margin relative to Threshold Level at Path Loss	dB		0.3		10.6		7.3		11.9		14.5		8.4		2.3		9.6	

Fig. 4.4 Horizontal-Direction Characteristic 5-Element Yagi Antenna
 (Kinabatangan River Basin)
 from Balat Relay Station

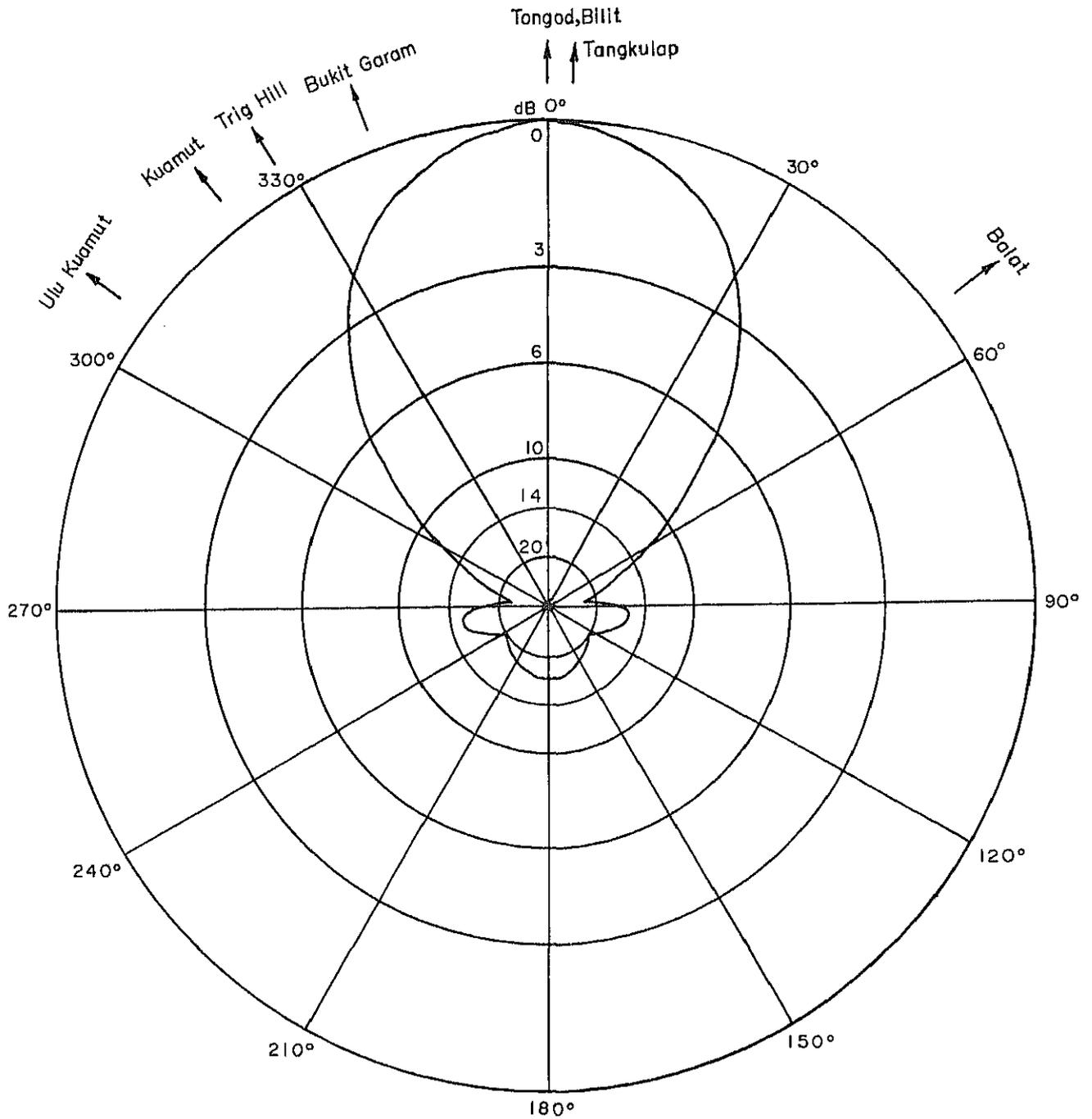
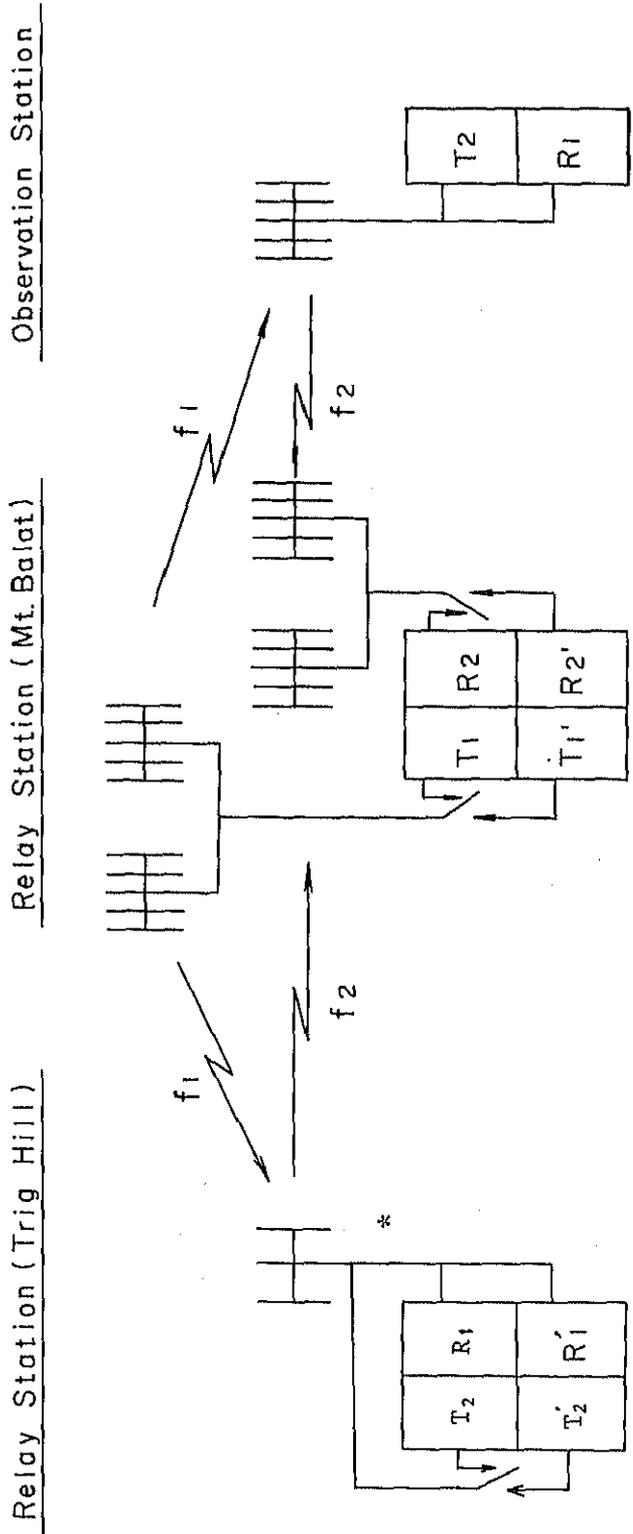


Fig. 4.5 Relay System of Telecommunication Network
(Kinabatangan River Basin)



* Parallel Receiving for
Combined gain

T : Transmitter
R : Receiver

f_1 f_2 : 70MHz Band Radio Frequency

§ - 4 各局の立地条件

1. 監視局

Inanam DID OfficeはKota Kinabaluの郊外にあり、現在 Sandakan とSSBの回線によって結ばれている。敷地は十分にあるので、監視局に必要なスペースの確保は容易と考えられる。

2. 傍受局

現在の Sandakan DID Office は合同庁舎の一室を使用しているため、傍受局に必要なスペースの確保が重要である。

3. Trig Hill 中継局

Sandakan の市街の西 2.5 km の高台に位置し、Mt. Balat 方向に対して見通しとなっている。また,Telecom. Dept. の中継所として、局舎、鉄塔、道路、電源等全て完備しており、これらを利用できる点は建設コストの点や保守面で極めて有利である。

4. Mt. Balat 中継局

Balat から材木搬出用道路を利用して車で15分位で行ける標高275mの山である。各観測局位置のほぼ中央にあり、中継所の位置としては適当である。現在、周囲は20~25m位の樹木で囲まれているが、空中線高を上げるか、樹木を伐採すれば問題はない。さらに、多少の整地が必要である。

また、アクセス道路については、現在材木搬出用の道路を利用できるが、将来にわたってこの道路を確保しておくことが必要である。

5. Tongod 雨量水位局

キナバタンガン川の最も上流の左岸に位置している。川沿いには樹木が多いので、多少の樹木の伐採、整地が必要である。

この付近ではMt. Balat方向に対して多少ひらけているが、前方には山があるので、空中線高はできるだけ高くする必要がある。

6. Tangkulap 雨量水位局

Balat の西約 30Km のところに位置している。既設局舎附近の周囲には高い樹木が多いため、ここよりやや下流の右岸にある Shop House の前のひらけた所に局舎を設置するのが望ましい。

7. Ulu Kuamut 雨量水位局

Kuamut から Kuamut 川の上流約 15 Km の右岸に位置し、既設の局舎がある。この地点は Mt. Balat 方向に開けているが、周囲は高い樹木に囲まれているため、空中線高はできるだけ高く上げることが必要である。

8. Kuamut 雨量水位局

Balat の上流 15 Km のところに位置し、現在、DID の Office があるので、保守の面で非常に便利である。敷地も十分あり、周囲もひらけている。

9. Balat 雨量水位局

Mt. Balat のすぐ下キナバタンガン川 の左岸に既設の水位計局舎があるが、周囲に樹木があるため、建設時には多少の伐採が必要となろう。

10. Bukit Garam 雨量水位局

Balat の下流約 33Km のところに位置し、周囲には住居が多く、また樹木は少ない。局舎位置は左岸の川岸にとれば、建設も容易であろう。

11. Bilit 水位局

キナバタンガン川の最も下流で、Balat から 70 Km のところに位置している。左岸は民家があり、その近くは開けており、用地の確保は容易と考えられる。しかし、Mt. Balat 方向には高い樹木がちなっているため、空中線高を上げる必要がある。

§ - 5 提案するテレメータシステム

前述のようにキナバタンガン川流域洪水予警報用テレメータシステムの通信系は、ほぼ良好な回線構成が期待できる。次に、提案するテレメータシステムの概要を述べる。

(1) 監視局

テレメータシステムの監視制御を行うもので、観測局の呼出、中継局の状態監視、各観測局の水文データのタイプライタ印字を行うものであるが、このほかに監視局の機能として、時間雨量の計算程度の演算機能をもたせ、流域全体の状況を把握するために表示装置を設置するのがよいと考える。

監視局の電気通信施設のスペースとしては20 m²程度のものが必要と考える。

(2) 傍受局

監視局で収集される水文データを傍受するものである。また、保守を容易にするため、監視局及び各観測局との通話機能も有するものである。

傍受局の電気通信施設のスペースとしては10 m²程度のものが必要と考える。

(3) 中継局

中継局は監視局とともにテレメータシステムの中枢である。このため送信機と受信機とからなる無線機を2台設置する。なお 空中線系からの雷の侵入に備えて、同軸避雷器を設ける必要がある。

電源は、Trig Hillについては、Telecom. Dept. 所管の中継所のものが利用できるが、商用電源の停電時に備えて整流器と蓄電池の組合せによる直流電源装置から中継装置に給電する必要がある。Mt. Balatについては太陽電池と蓄電池の組合せによる直流電源がよい。

Trig Hill 中継局のスペースは、W 1m×D 1m×H 2m 程度のものが必要と考える。

Mt. Balat 中継局のスペースは、5m×5m 程度のものが必要と考える。

(4) 観測局

監視局からの呼出信号を受けて水文データの読取りをし、コード化して返送する機能をもつものである。

水位観測局の場合、水位計とテレメータ装置間が長いと誘導雷による被害を受けやすいので雷害対策が重要である。また空中線系からの雷の侵入に備えて同軸避雷器を設ける必要がある。

電源は、各観測局とも太陽電池と蓄電池の組合せによる直流電源がよい。

観測局のスペースは、 $2.5\text{ m} \times 2.5\text{ m}$ 程度のものが必要と考える。

(5) 提案するテレメータシステムの構成を図に示す。

また、提案するテレメータシステムの通信系統を図に示す。

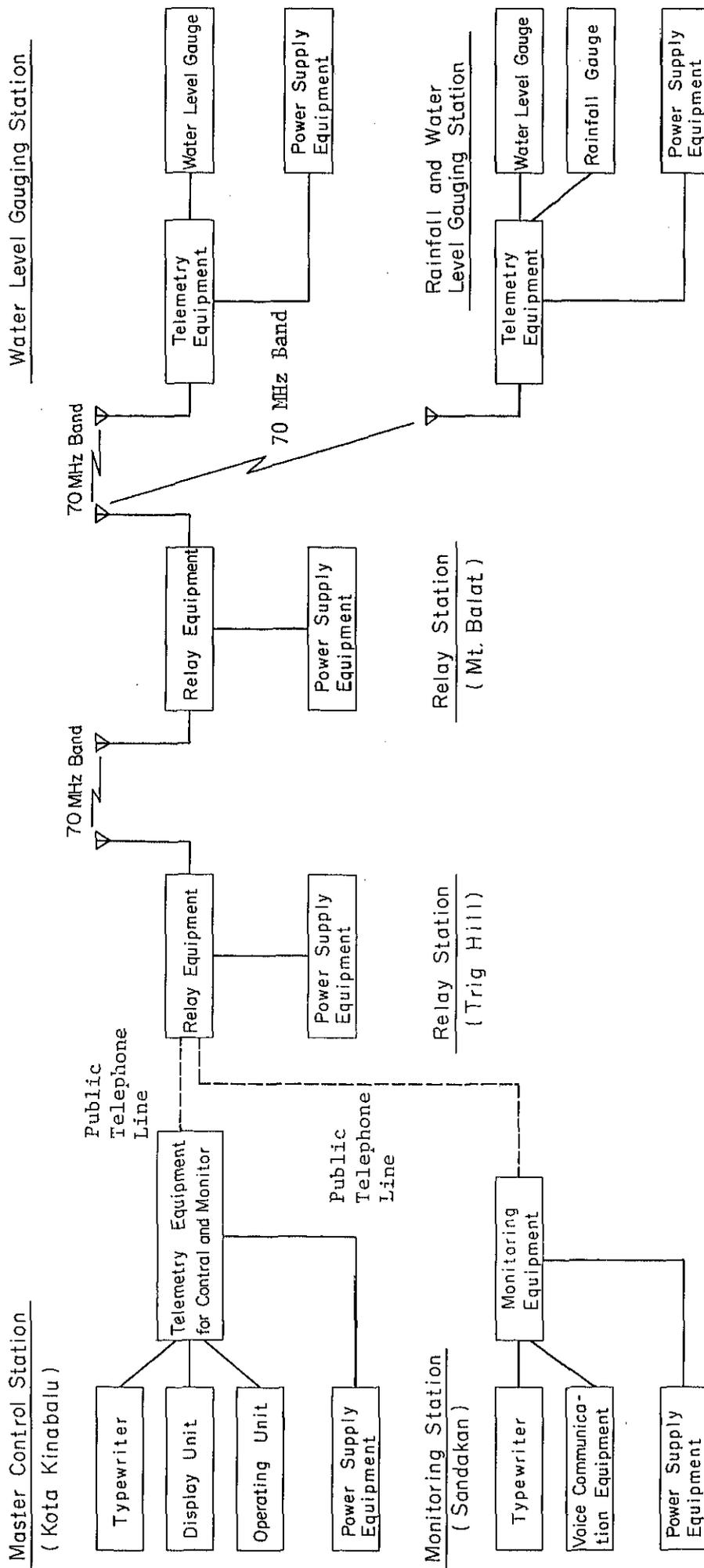
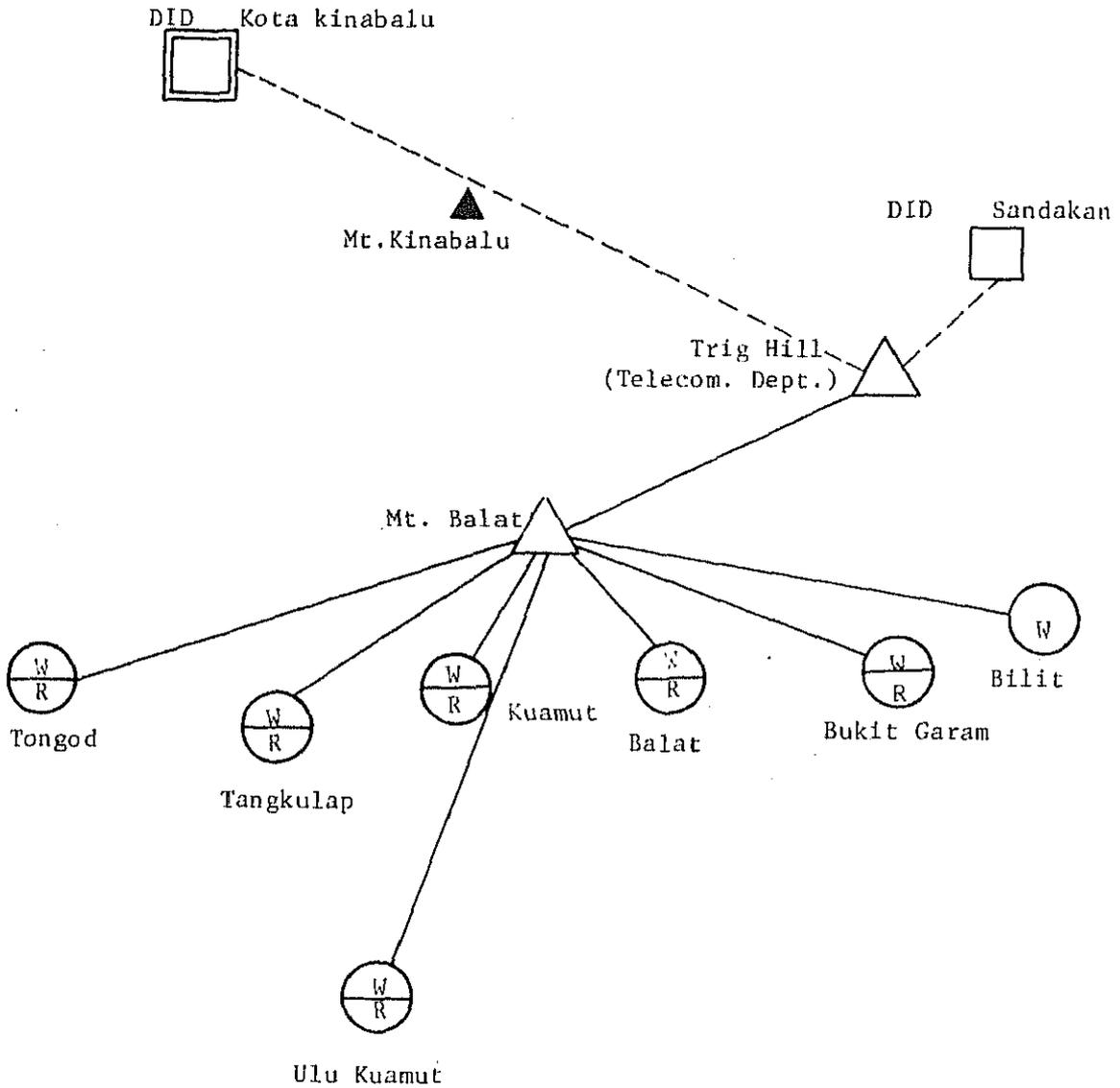


Fig. 4.6 Configuration of Proposed Telemetry System (Kinabatangan River Basin)

Fig. 4.7 Telecommunication Network of Proposed Telemetry System (Kinabatangan River)



- Observation Station
- W Water level gauging Station
- R Rainfall gauging Station
- ◻ Master Control Station (Flood Forecasting Center)
- ◻ Monitoring Station
- △ Relay Station
- Radio Circuit
- - - Telephone Line

V 施設計画

§ - 1 観測施設の設計

1. 観測機器の選定

1-1 雨量計

一般に利用されている測器は、自記雨量計で、感部の型式により転倒ます型、貯水型、重量計型があるが、テレメータ化を考慮して転倒ます型の自記雨量計を採用する。

1-2 水位計

水位測定機器には表 5-1 に示す種類があり、その選定に当っては下記の事項を考慮することが必要である。

- a. 機器の特徴；表示の方式，読みとりやすさ
- b. 環 境；波浪，河床変動等
- c. 処 理 方 式；人為操作の必要性
- d. 費 用；機器のみならず全体の装置及び設置まで含めた費用

ここでは、現地調査の結果をもとに、下記の理由にて気泡型圧力測定式水位計を提案する。

a. 観測施設の施工の容易性

対象地点は地形的に多量の建設資材の運搬が困難であり、設置付近の河川の形状からも大掛かりな施設（観測井など）を建設すること及びこの維持管理が難しい。

b. 水位観測範囲

対象地点付近の水位の変動が激しく、水位の測定範囲（低水位～最高水位の差）が大きいため、フロート式の場合には観測井の建設が困難であり、施設建設費が割高となる。

c. 河床変動

対象地点付近は河床の変動が激しいと予想され、この変動に対して容易に対応出来る施設を選定することが必要である。

d. 採用実績

キナバタンガン川の既設水位観測所では気泡型水位計が使用されており同型水位計を採用することは、操作、保守の管理の面に於いて便利である。

表-5-1 水位計の種類とその特徴

<p>a. フロート水位計</p>	<p>この型の水位計では、水面鉛直昇降と消波のために、観測井及び観測井へ水を導くための横導水管（又は横穴）を必要とする。</p> <p>この型の水位計は観測井内にフロートを浮かべ、このフロートに結んだワイヤをブーリにかけて、水位の上下、ワイヤの移動、更にブーリの回転と変換して、記録装置のペンを動かす仕組みになっている。</p>
<p>b. 圧力測定水位計</p>	<p>この水位計では、圧力の感受部は水中に据えなければならない水観測井は不安である。水圧計式、気泡式などがある。</p> <p>(i) 圧力型水位計</p> <p>圧力型水位計は水中に釣鐘型の保護缶に収まった受圧部で水圧を測定し、これを温度補償のため2本のパイプで記録部へ導いて記録するものである。記録部は40日巻で、水密性容器に入れることも出来る。</p> <p>(ii) 気泡型水位計</p> <p>気泡型水位計は、水中に開いたパイプから微量のガスを選出し、そのガス圧が水圧と平衡しているところからガス圧を測って水位を知る方法である。</p>
<p>c. 触針式水位計</p>	<p>触針型水位計はゆっくり電極（針）を降ろして行って水面に達するまでのブーリの回転を電気的に検出するか、或いは、二つの電極の一方が常に水に接し、他が常に離れているように水面を追尾するかのどちらかの方式により水位を測定するものである。</p>
<p>d. リードスイッチ式水位計</p>	<p>リードスイッチ式水位計は水中に立てたパイプ中に1cm毎にリードスイッチを封入し、フロートに付いた磁石がパイプの中を動くのに従って、リードスイッチが開閉して水位を測定するものである。この水位計で記録幅に制限はなく、最小読みは1cm、記録は印字方式又はカセットテープ方式、10分毎で3ヶ月記録が出来る。</p>

2. 観測施設の設計

2-1 局舎位置の決定

(1) 雨量観測所

雨量観測所の配置は、対象流域を均一の降雨状況を示す地域に区分し、その各地域毎に1観測所を設置することが望ましい。実際の観測所設置地点は下記の基準により決定する。

- a. 観測機器の維持管理の容易な場所であること。
- b. 風や他の要因により観測データが影響を受けない場所であり、必要なスペース(10m×10m以上)を確保出来る場所であること。
- c. 浸水する恐れのない場所であること。
- d. テレメータ化を計るため電波伝播状況の良好な場所であること。

上記基準をもとに現地調査により選定されたキナバタンガン川流域の雨量観測所設置位置を表及び巻末資料に記載する。

(2) 水位観測所

水位観測所は、洪水予測に於いて必要と考えられる重要な場所に設置するものとし、下記の基準を考慮して具体的な観測所位置を決定する。

- a. 観測機器の維持管理の容易な場所であること。
- b. 流路、河床の変動の少ない場所であること。
- c. 洪水時に於いても観測に危険のない場所であること。
- d. 濁水時に於いても観測が可能な場所であること。
- e. 波浪、流木、流物等の洪水による危険から保護される場所であること。
- f. テレメータ化のため電波伝播条件の良好な場所であること。

上記条件をもとに現地調査により選定されたキナバタンガン水位観測所の設置位置を表及び巻末資料に記載する。

尚、雨量と水位の観測所の位置決定条件を別個に記載したが、キナバタンガン川流域に計画された水文観測所のうち、Bilitは水位観測のみで、他の6観測所は雨量及び水位の観測所である。

この場合、水位局舎に雨量計を設置すれば、維持管理及び経済的に便利である。

2-2 観測局舎の設計基準

(1) 局 舎

各水文観測所には水文観測機器及び電気通信機器を格納する局舎を建設する。

局舎の規模は水位観測所及び水位・雨量併用観測所ともに格納される各種機器の配置構成から2.5m×2.5mとし、鉄筋コンクリートにより建設する。

局舎は、浸水の恐れのない場所に設置することが必要で、局舎の床高は想定される最高水位に十分な余裕高を加えた高さとする。

地形特性上、洪水に対して十分に安全な堤防が建設されている場所では堤防上に設置する。洪水に対して堤防の高さが十分に得られない場所では、局舎の基礎高さを1.0m程度の鉄塔上に建設するものとする。

各観測局舎の位置及び嵩上げ方法は下記の通りである。

観 測 局 舎	位置及び嵩上げ方法
1. Tongod	河川堤防上
2. Tangkulap	鉄塔基礎上
3. Ulu Kuamut	河川堤防上
4. Kuamut	鉄塔基礎上
5. Balat	河川堤防上
6. Bukit Garam	鉄塔基礎上
7. Bilit	鉄塔基礎上

(2) テレ・ポール及び三角鉄塔

水文観測所のうち、Tangkulap, Kuamut, Balat, Bukit Garamについてはアンテナを取付けるための1.0mの通信鉄柱が必要である。Tongod及びBilit, Ulu Kuamutは高さ3.0mの三角鉄塔が必要となる。(高さについては詳細設計ののち変更される可能性がある。)

3. 中継局舎の設計

テレメータ観測所と洪水予報センターとの距離が遠いため、電波回線上2ヶ所の中継局舎が必要となる。

1ヶ所はMt. Balatに上に新設される局舎に中継局機器を設置し、他の1ヶ所はTrig HillにあるTelecom. Departmentの既設建物内に設置する。

新設される局舎は、床面積 5 m × 5 m の規模が必要である。

4. 洪水予報センター

洪水予報センターは、サバ州の州都である Kota Kinabalu に設置する。洪水予報センターはキナバタンガン川洪水予警報システムの監視局としての役割をなし、その中心的存在である。建物は DID Inanam office 内に設置され、電気通信機器を収容するに必要な面積は 20 m² の規模とする。

§ - 2 電気通信施設の設計

本テレメータシステムの局名及び局数を局種別に分類し、一覧表にすると次のとおりである。

Table 5.2 Telemetry Station

Classification	Station	Quantity
Master Control Station	Kota Kinabalu	1
Relay Station	Trig Hill, Mt. Balat	2
Water-level Gauging Station	Bilit	1
Water-level and Rainfall Gauging Station	Tongod, Tangkulap, Kuamut, Ulu Kuamut, Balat, Bukit Garam	6
Monitoring Station	Sandakan	1

以下、局種別にテレメータ施設について述べる。

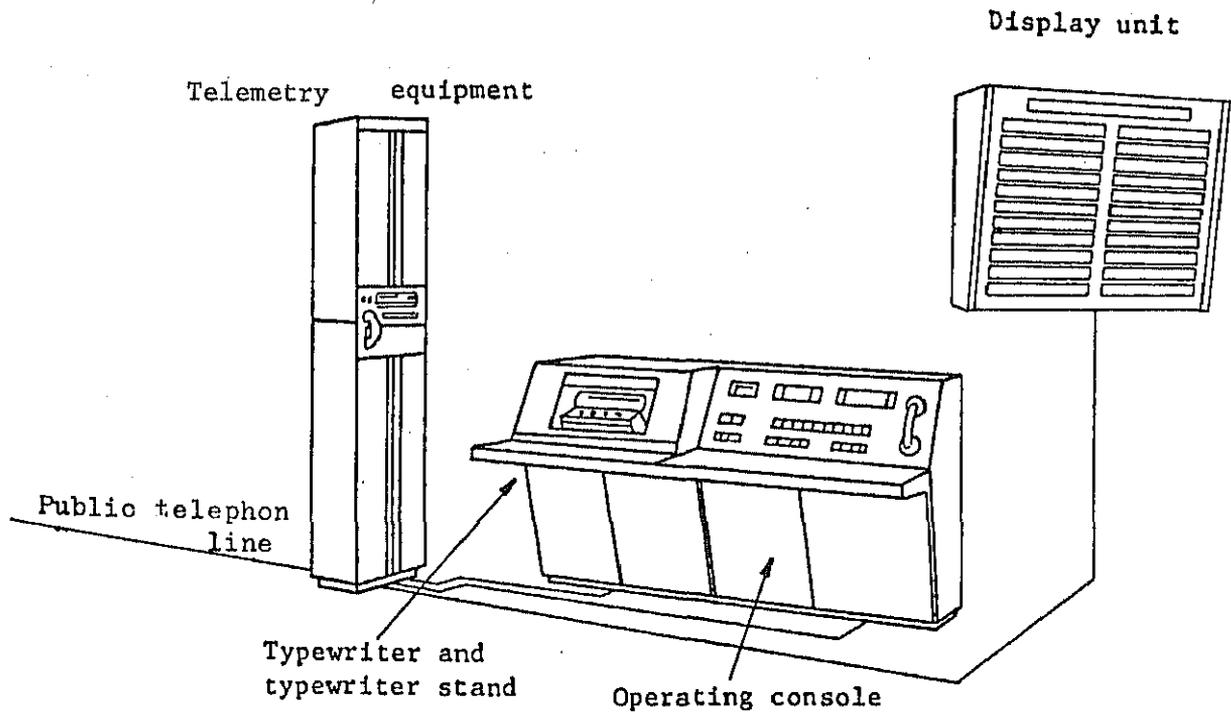
なお、テレメータ装置の仕様については、Appendix にのせてあるとおりである。

1. 監視局装置

(1) 構成

監視局装置は、次の各装置から構成される。

- ① 監視装置
- ② 操作卓
- ③ タイプライタ及びタイプライタ台
- ④ 表示装置
- ⑤ 時計装置
- ⑥ 電源装置

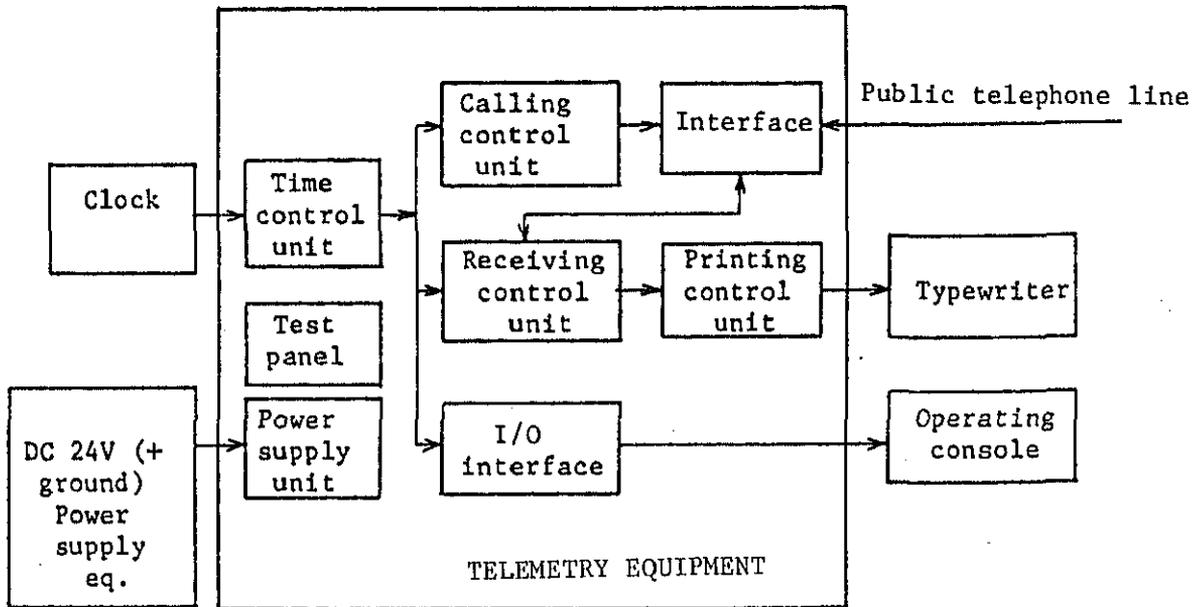


Master Control Station Equipment Composition

(2) 監視装置

監視装置の筐体寸法は約 2350 mm × 520 mm × 250 mm の鋼鉄製の架タイプのものであり、内部には呼出制御部、受信制御部、印字制御部、入出力部、時刻制御部、電源部および試験部等を収容しており、各部は電源部を除いて全てプラグイン方式とし、点検に便利な構造としている。

次に監視局装置のブロック構成図を示す。



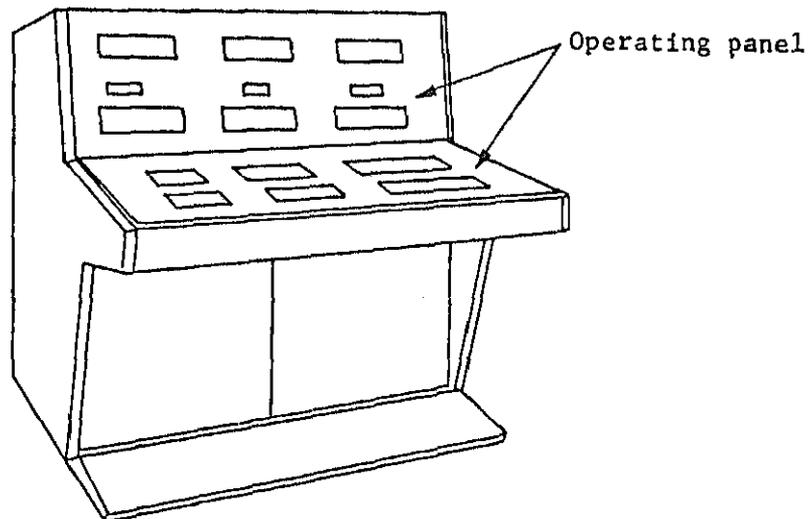
Telemetry Equipment for Master Control Station
Block Diagram

(3) 操作卓

操作卓は据置形の操作卓(コンソール)であり, 次の操作を行うことができる。

操作項目及び表示項目

- テレメータ定時観測の呼出時間々隔設定
- 手動観測による全局又は個別呼出制御
- 観測局動作の局別表示および受信障害時の一括表示
- テレメータ観測値のデジタルモニター表示
- 中継局起動, 停止及び無線機の切換制御
- 中継局状態表示
- 機器の動作および状態表示
- 故障時のアラーム吹鳴および停止
- ハンドセットおよびスピーカによる通話
- 音量調整



Exterior View of Operating Console

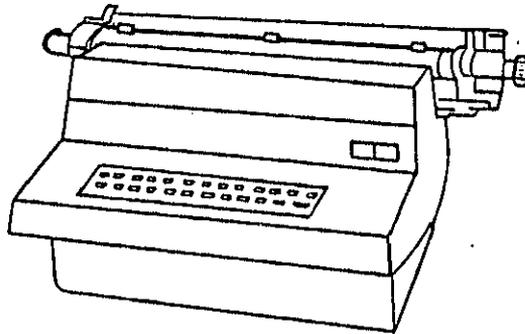
(4) タイプライタ

タイプライタは、24インチのプラテン長のタイプライタを使用する。
標準印字速度、文字の大きさは次の通りである。

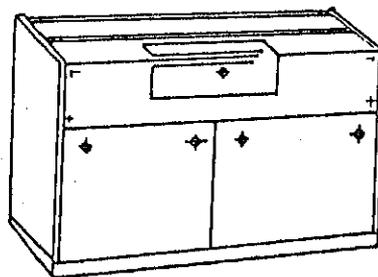
印 字 速 度 : 250 ms 以下 / 1 文字

印字文字の大きさ : 12 文字 / インチ

タイプライタは通常、防塵、防音のため、下図に示す様なタイプライタ台に收容して使用する。



(a) Exterior view of typewriter



(b) Exterior view of typewriter stand

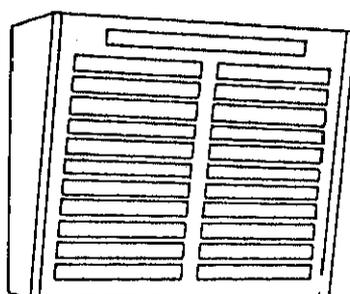
(5) 表示装置

観測結果を表示する表示装置は壁掛型の数字表示器で、収集したデータの表示、水位上昇中、下降中又は異常水位等の表示を行う。

表示装置は必ずしも必要ではないが、

- (1) 多数の人が同時にデータを把握できる。
- (2) 装置内の状況を一目で把握できる。
- (3) タイプライタ故障時のバックアップになる。

など有利な点が多い。



Wall-mount type

Exterior View of Display Unit

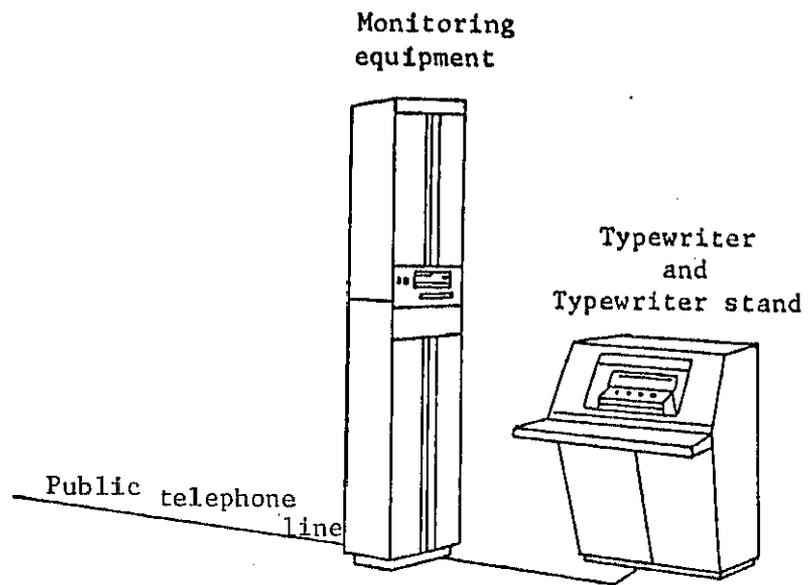
2. 傍受局装置

監視局で収集されるテレメータ・データを，傍受するために設置する。

(1) 構 成

傍受装置は次の各装置から構成される。

- ① 傍受装置
- ② タイプライタ及びタイプライタ台
- ③ 通話装置
- ④ 時計装置（傍受装置架内に收容する）
- ⑤ 電源装置



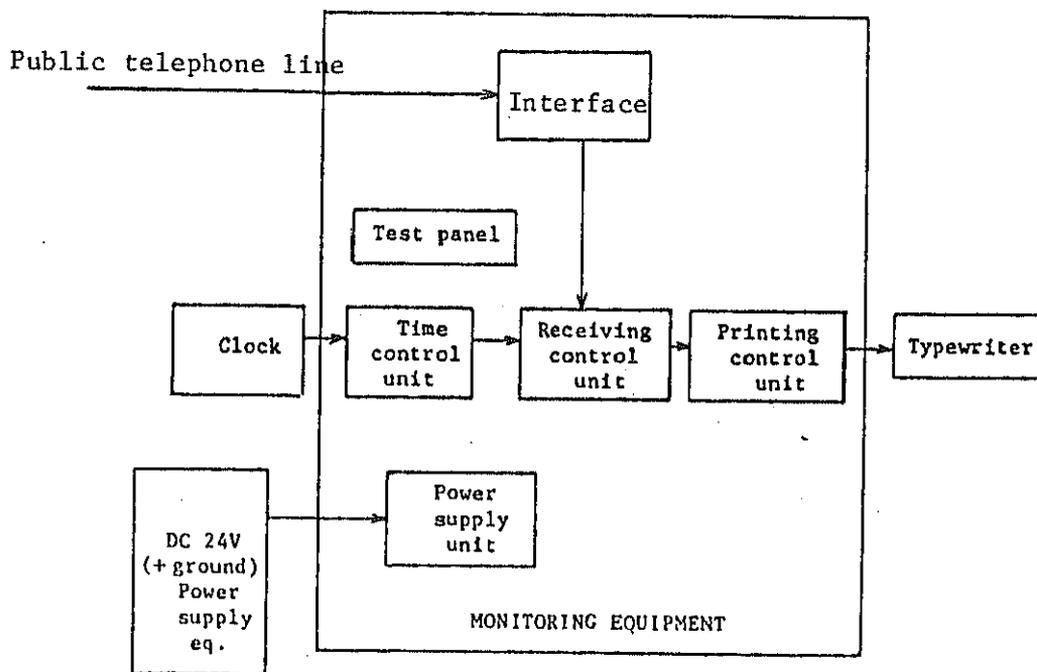
Monitoring Station Equipment Composition

(2) 傍受装置

傍受装置は、監視装置から呼出機能を削除したものであり、その他、傍受局特有の回路等が実装されている。

試験部は、データのモニタ及び各部のチェック機能をもっている。

次に傍受局装置のブロック構成図を示す。



Monitoring Equipment Block Diagram

傍受局装置ブロック構成図

3. 中継局装置

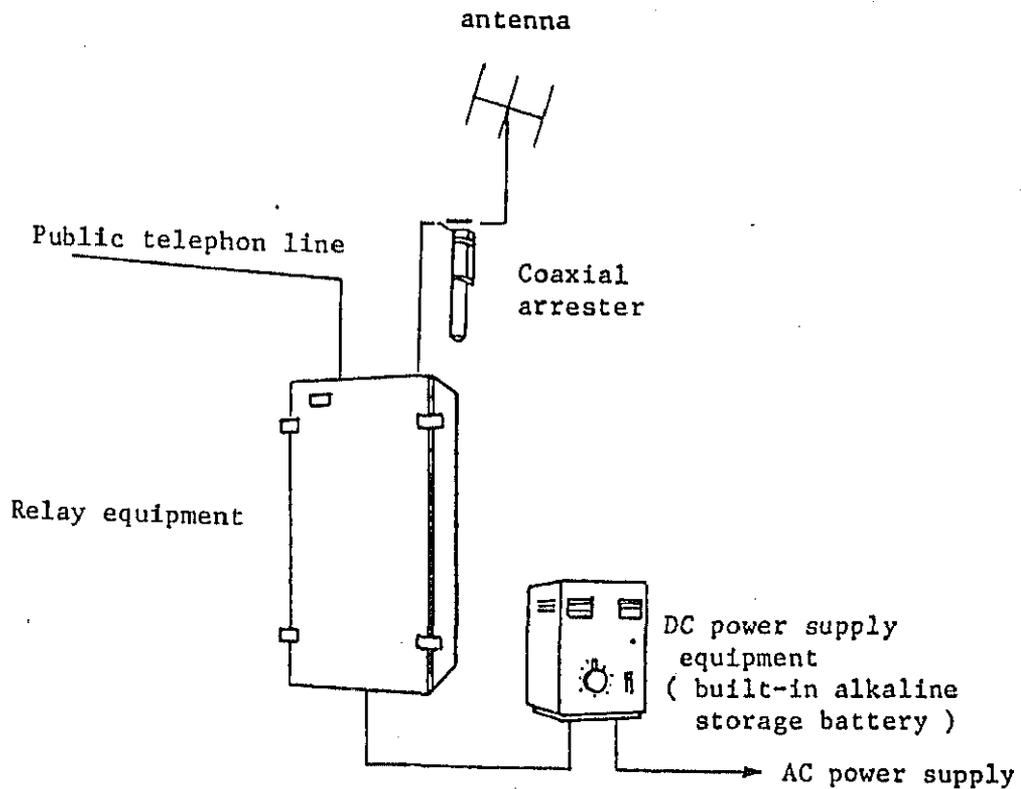
(1) Trig Hill 中継局装置

Trig Hill 中継局装置は次の主要な機能を持つ。

- 監視局と Mt. Balat 中継局との中継
- 遠隔制御と中継局の自己チェック

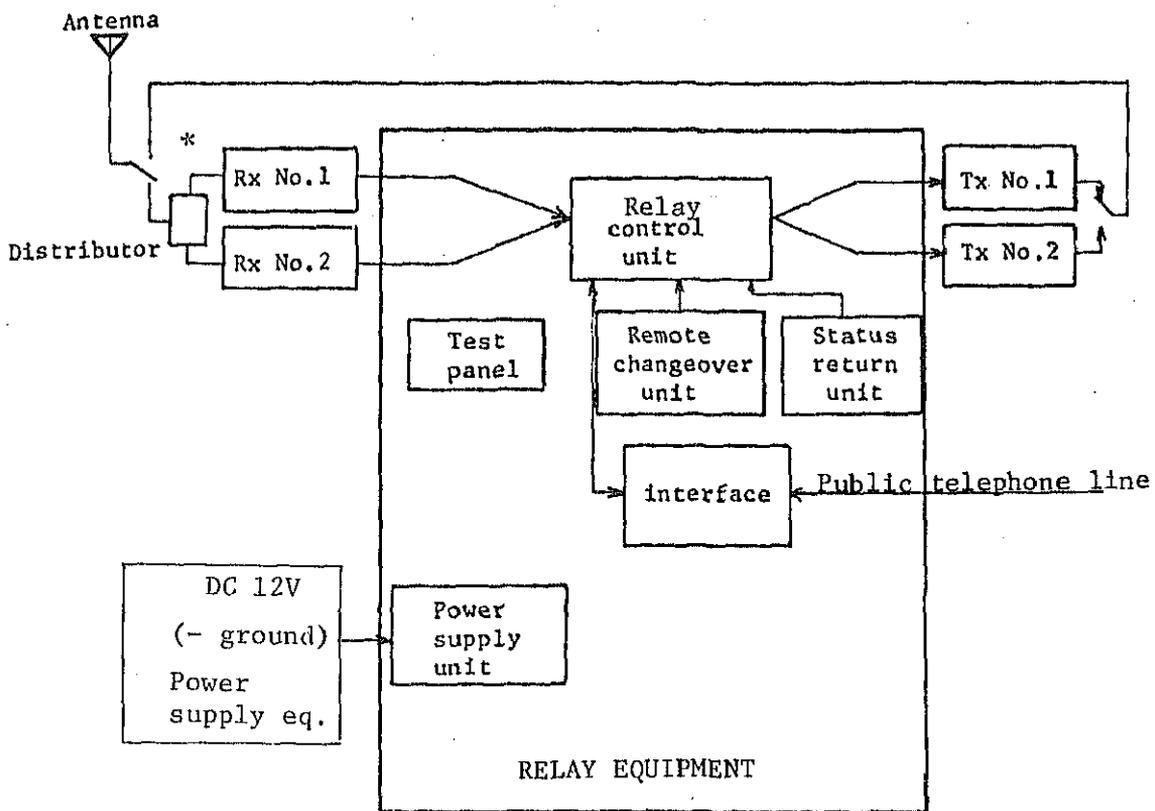
Trig Hill 中継局装置は、次の各装置から構成される。

- ① 中継装置（無線装置を含む）
- ② 空中線装置（同軸避雷器付）
- ③ 電源装置



Trig Hill Relay Station Equipment Composition

次に Trig Hill 中継局装置のブロック構成図を示す。



Trig Hill Relay Equipment Block Diagram

* Parallel receiving for combined gain

* 並列受信：受信入力を2台の受信機に分配し、それぞれの復調出力を合成する。

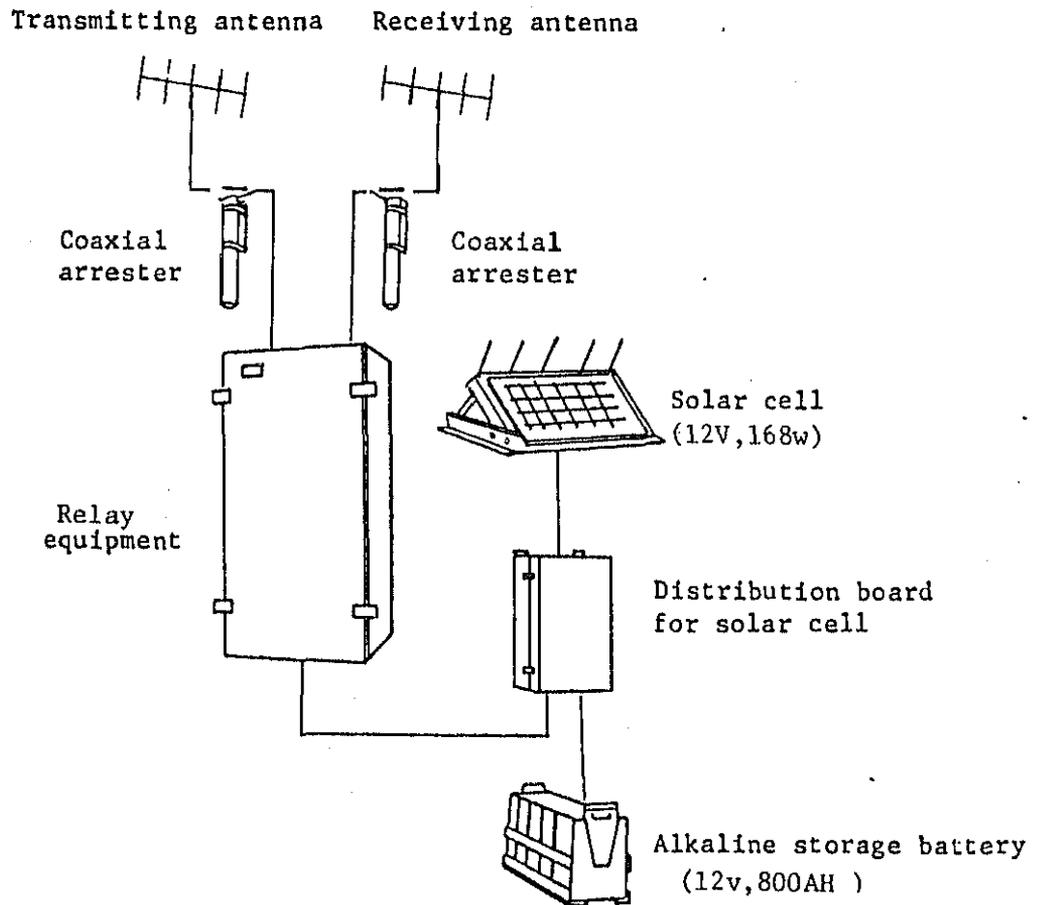
(2) Mt. Balat 中継局装置

Mt. Balat 中継局装置は次の主要な機能を持つ。

- Tring Hill 中継局と各観測局との中継
- 遠隔制御と中継局の自己チェック

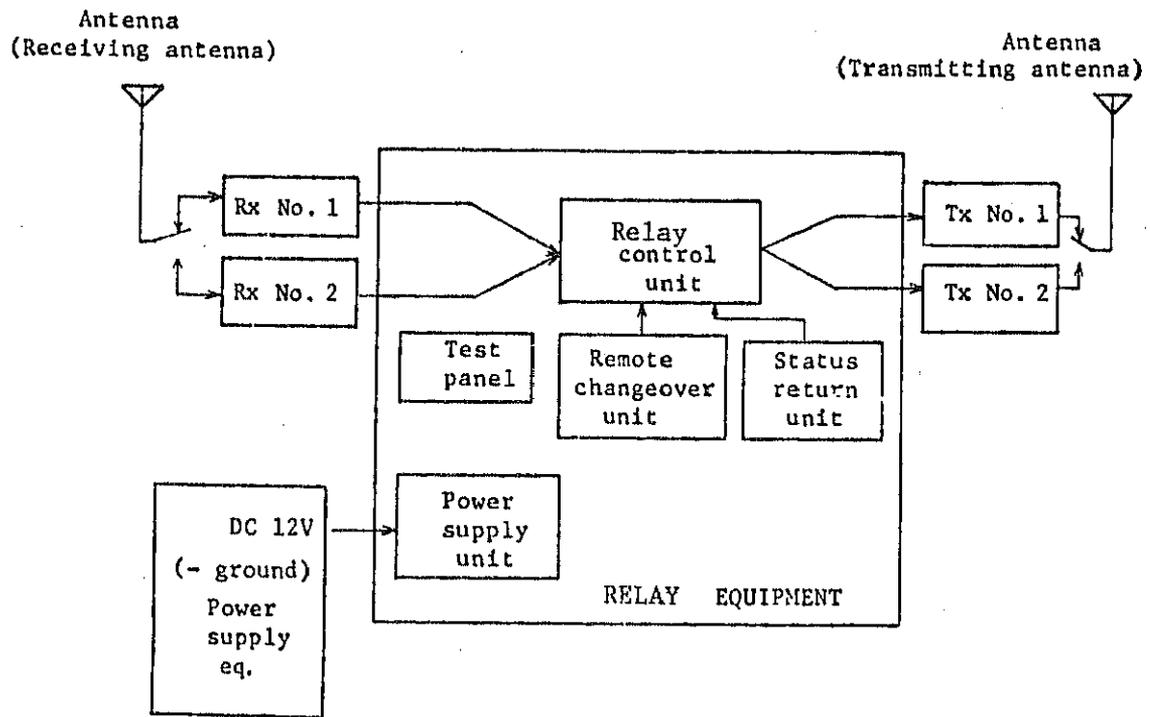
Mt. Balat 中継局装置は、次の各装置から構成される。

- ① 中継装置 (無線装置含む)
- ② 空中線装置 (送信用受信用各1, 同軸避雷器付)
- ③ 電源装置



Mt. Balat Relay Station Equipment Composition

次に, Mt. Balat 中継装置のブロック構成図を示す。



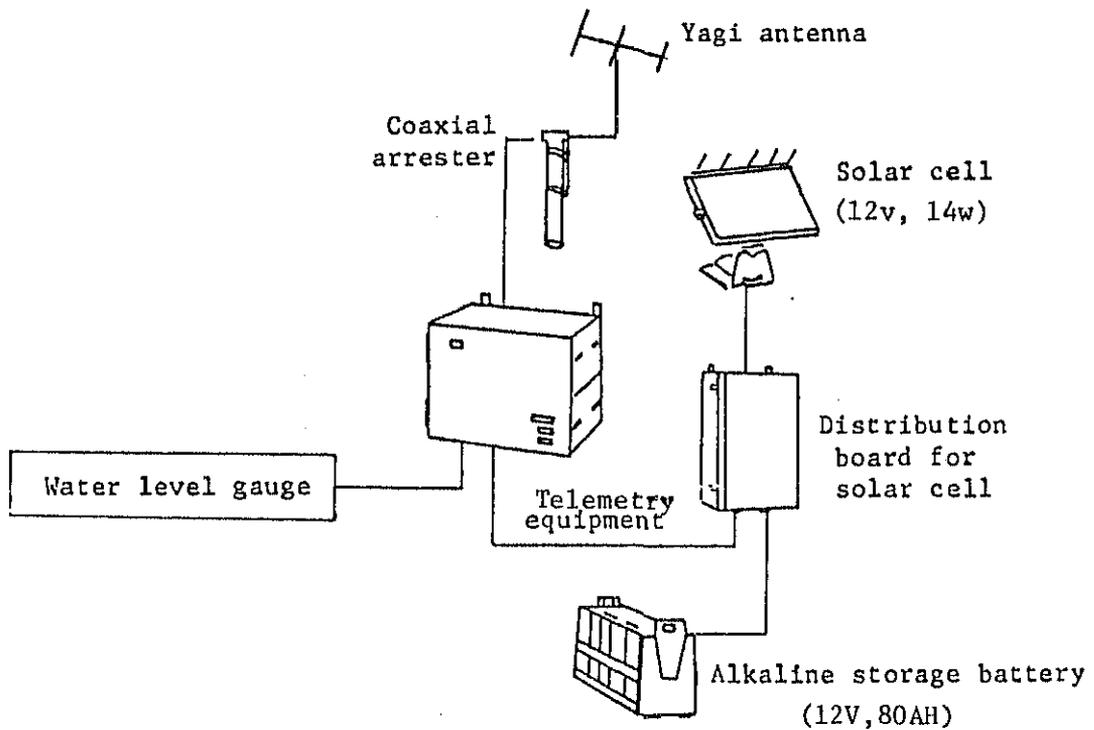
Mt. Balat Relay Equipment Block Diagram

4. 水位観測局装置

(1) 構成

水位観測局装置は、次の各装置から構成される。

- ① 観測装置（無線装置含む）
- ② 水位計測装置
- ③ 空中線装置（同軸避雷器付）
- ④ 電源装置



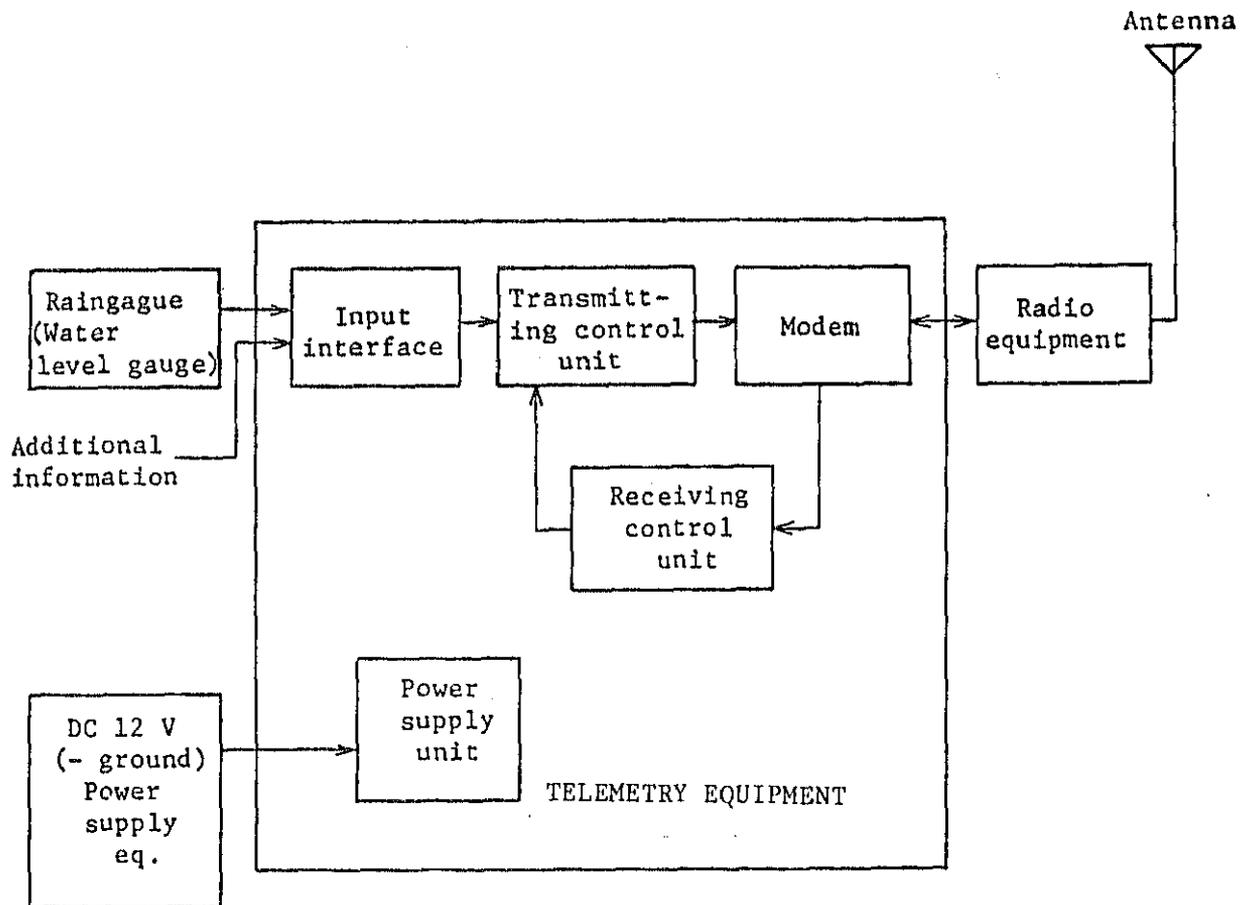
Water Level Gauging Station Equipment Composition

(2) 観測装置

観測装置は観測局装置の主要部で変復調部，送受信制御部，入力部および電源部などのほか，無線装置を実装している。

各回路はすべてプラグイン方式のプリント板に收容し，点検に便利な構造としている。設置場所は無人で，しかも湿度が高い場合が多いので，構造上防湿には十分考慮をしている。

次に観測局装置のブロック構成図を示す。

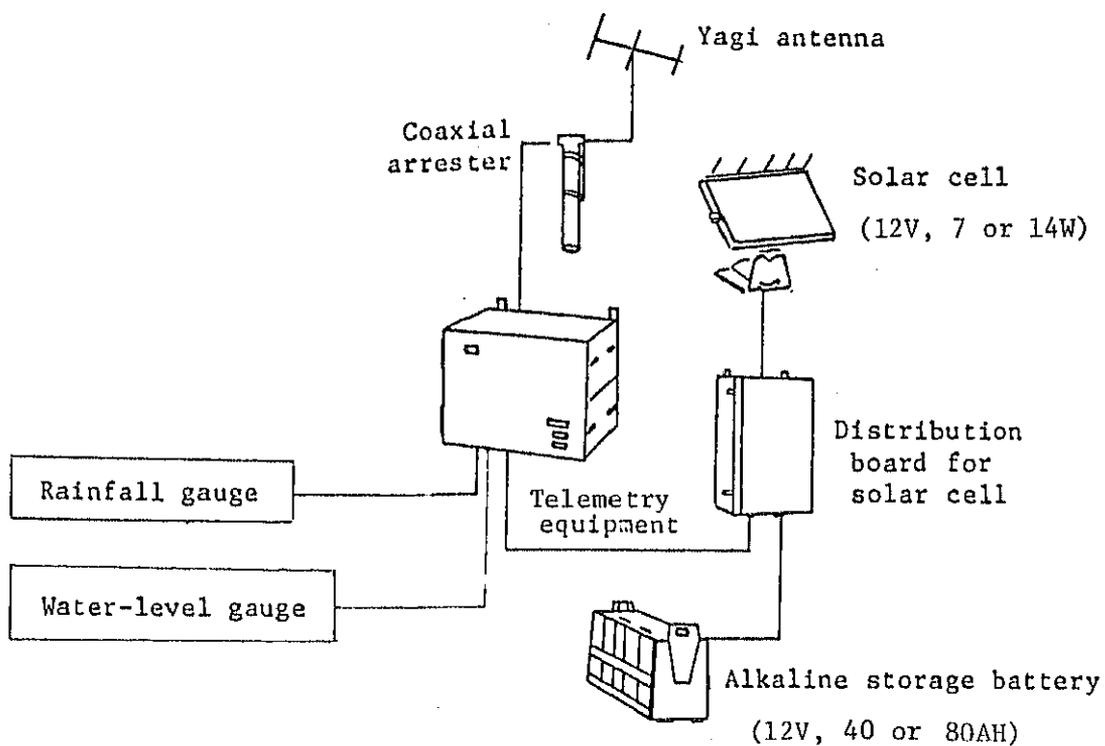


Telemetry Equipment Block Diagram

5. 雨量水位観測局装置

雨量水位観測局装置は、次の各装置から構成される。

- ① 観測装置（無線装置含む）
- ② 雨量計測装置
- ③ 水位計測装置
- ④ 空中線装置（同軸避雷器付）
- ⑤ 電源装置



Rainfall and Water Level Gauging Station
Equipment Composition

§ - 3 設備計画

1. 土木施設設備

Table 5.3 Flood Forecasting and Warning System Facilities (Kinabatangan River)

No.	Station	Housing Space	Equipment				Tower for Housing	Staff Gage	Access (3)	
			(2) Antenna	Rainfall	Water Level	Float Dropper				Current Meter
			m	set	set	set	set	m	m	set
1	FFC Kota Kinabalu	20m ²	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Monitoring Sandakan	10m ²	5	-	-	-	-	-	-	-
3	Relay St. Trig Hill	(1) 1x1 (Height 2m)	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Relay St. Mt. Balat	5x5	30	-	-	-	-	-	-	1
5	Tongod	2.5x2.5	30	1	1	-	-	-	15	1
6	Tang-kulap	2.5x2.5	10	1	1	-	-	10	10	1
7	Ulu Kuamut	2.5x2.5	30	1	1	-	-	-	15	1
8	Balat	2.5x2.5	10	1	1	-	-	-	15	1
9	Bukit Garam	2.5x2.5	10	1	1	-	-	10	10	1
10	Kuamut	2.5x2.5	10	1	1	1	1	10	10	1
11	Bilit	2.5x2.5	30	-	1	-	-	10	10	1

(1) Only equipment for telecommunication will be installed at the Trig Hill Station.

(2) Antenna Steel Tele pole H = 10.0m
Triangular tower H = 30.0m

(3) Access facilities such as roads and steps are installed for maintenance of gauging stations.

2. 電気通信設備

Table 5.4 List of Telemetry System Components (Kinabatangan River Basin)

Item	Station	Kuching (Master Control)		Sandakan (Monitoring)		Ting Hill (Relay)		Mt. Harau (Relay)		Tampar (Relay & Water Level)		Tanjong (Relay & Water Level)		Ulu Kuarant (Relay & Water Level)		Blit (Water Level)		Total Quantity						
		Quantity	Remarks	Quantity	Remarks	Quantity	Remarks	Quantity	Remarks	Quantity	Remarks	Quantity	Remarks	Quantity	Remarks	Quantity	Remarks	Quantity	Remarks	Quantity	Remarks	Quantity	Remarks	
Telemetry Equipment	for control	1																					1	
Telemetry Equipment	for Water Level Gauge with Protective Device																					1	1	
Telemetry Equipment	for Rainfall & Water Level Gauge with Magnetic Counter, Protective Device									1													6	
Mounting Equipment				1																			1	
Relay Equipment	μ -V Relay					1																	1	
Relay Equipment	V-V Relay						1																1	
Operating Unit	Console Type																						1	
Typewriter	24 inches					1																	2	
Display Unit	Wall-mount Type																						1	
Radio Equipment	70 MHz, 20W							2		1													7	
Radio Equipment	70 MHz, 5W																						1	
Radio Equipment	70 MHz, 1W						2																3	
Antenna Equipment	5 Element Yagi with Coaxial Attenuator							4		2													11	
Antenna Equipment	3 Element Yagi with Coaxial Attenuator																						2	
Branch Unit								2															2	
Solar Cell	165W, with Distribution Board							1															1	
Solar Cell	14W, with Distribution Board									1													5	
Solar Cell	7W, with Distribution Board																						2	
Battery Charger	24V, 30A																						2	
Battery Charger	12V, 30A																						1	
Alkaline Storage Battery	24V, 150AH																						2	
Alkaline Storage Battery	12V, 800AH																						1	
Alkaline Storage Battery	12V, 150AH																						1	
Alkaline Storage Battery	12V, 80AH																						5	
Alkaline Storage Battery	12V, 40AH																						2	
Automatic Voltage Regulator	10KVA, 220V																						1	
Automatic Voltage Regulator	5KVA, 220V																						1	
Automatic Voltage Regulator	1KVA, 220V																						1	
Engine Generator	300V A, 220V																						1	
Stage Absorb Transformer	10KVA, 220V																						1	
Stage Absorb Transformer	5KVA, 220V																						1	
Cable																							11	

Ⅵ 運営と管理

§ - 1 水文観測所施設

1. 水文観測機器の保守

洪水資料を精度よく観測するためには、観測機器が常に完全な状態に保守されることが必要である。

このためには各観測所毎に1人の保守要員を配置し、1週間1回の保守点検を行うことが望ましい。

定期点検を行うには、巡回点検要領を作成し、故障時の修理、消耗品類の補充などもれないよう行う。定期点検以外にも、雨期前及び洪水終了後は特に詳細な機器及び施設の点検保守が必要である。

保守要員の職務および観測機器の点検仕様項目についての概略を巻末資料に示す。

2. 流量観測の実施

水位流量関係式を作成する目的で、対象地点に於ける流量観測を行う。

観測時及び観測回数は低水位から高水位まで広範囲に必要であり、観測回数が多いほど精度は向上する。特に、高水位の観測は、観測の機会が少ないため常時観測人員体制を整えておくことが望ましい。

観測必要人員は1観測所当たり

低水観測（流速計） 2～3人／班

高水観測（浮子投下） 7～10人／班

で組織する。高水観測が長期間に及ぶ場合には2～3班必要となる。これら観測人員は観測要領に基づいた訓練を行っておくべきである。更に、流量観測地点での河川横断測量を実施する。この測量は雨期の前後など毎年2～3回定期的を実施する他、大洪水生起直後に於いても実施し、河道の変化を測定する。

観測要員の職務分担の一例を巻末資料に示す。

3. 観測資料の整理

観測された資料は十分な検討を加えて整理して、各種統計処理、水文解析の基礎資料とする。

基礎資料は長期保存されなければならない。

§ - 2 電気通信システムの保守

洪水予警報システムを安定に運用するためには、テレメータ設備を主とする全ての機器が完全に保守され、かつ目的に最もかなうようたえず最良の状態に維持されていることが不可欠の条件である。このためには保守要員の確保と技術向上のため絶えざる研修が必要であると同時に、必要な保守、運用予算が確保されることが極めて重要である。

保守要員の数は、上級技術者 1 名、技術者 1 名、電工 2 名が必要である。彼らは、監視局、傍受局に常駐して、保守計画、定期点検計画、改善計画、研修計画、部品材料の供給計画、測定器類の整備計画の作成及びその実施、障害時の修理、部品消耗品測定器類の整備等を行う。

なお、本システムに使用する機器の耐用年数は 10 年程度と考えられるので、あらかじめ更新計画を立てておくことが必要となる。

§ - 3 Mt. Balat 中継所維持管理用道路の保守

Mt. Balat 中継所は Balat より木材搬出用道路を利用して車で 15 分位 (約 2.5 km) で行ける標高 275 m の山頂である。この中継所の維持管理にこの道路を利用しおこなうことが出来ると考えられるが、将来、木材搬出完了後の道路維持管理について考慮しておかなければならない。道路の維持管理については、道路巾、構造 (舗装の種類、通行車輛の種類等) 等が明らかにしなければ、それに必要とする費用積算は困難であると思われるが、ここで仮定して算出すると、砂利道 (巾 4.0 m、砂利敷込み 0.3 m) とし年一回の維持管理とすれば

$$4.0 \text{ m} \times 0.3 \text{ m} \times 2,500 \text{ m} \times 10 \text{ US\$}/\text{m}^3 = 30,000 \text{ US\$}/\text{年}$$

程度の維持費を必要とする。従って将来、道路の維持管理が困難であるならば、他の方策、例えばヘリコプター、徒歩による機器、施設の維持管理等の方が安価であるとも考えられる。

§ - 4 洪水予警報システムの運営

1. 洪水予報センターの役割

今回提案された洪水予警報システムに於ける洪水予報センターは、下記の役割を行う。

- (1) テレメータ観測所より送られてくる雨量、水位（観測）資料を集める。
- (2) 収集した水文観測資料を用いて短時間の洪水予測を行う。
- (3) 短時間の洪水予測と気象庁の気象予測から洪水の長期に亘る概況を予測する。この概況は洪水制御センター（FCC）に送る。
- (4) 洪水の現況と予測される状況に関係機関に広報連絡する。
- (5) 予測予報を改良するための研究を行う。
- (6) 観測所の機器及び施設を維持管理する。
- (7) 要員の訓練を実施する。

2. モニタリング・ステーションの役割

キナバタンガン川流域は、洪水予報センターの設置される Kota Kinabalu から遠隔地にあるため、流域近傍の Sandakan（DID, Sandakan office 内に設置計画）にモニタリング・ステーションを設置する。今回提案したモニタリング・ステーションの役割は次のとおりである。

- (1) テレメータ観測所より送られる資料が正常に FCC に送られているかどうか監視する。
- (2) 緊急故障時における速やかな修復
- (3) 平常時における観測・電気通信機器の維持管理
- (4) 維持管理方法の訓練とマニュアルの作成

3. 人員構成

洪水予報センター及びモニタリングセンターの役割を円滑に遂行するため、下記の人員を配置する。

水文技術者	技師長	1
	上級技術者	1
	技術者	2
電気通信技術者	上級技術者	2
	技術者	2

4. 要員準備

システムの円滑な運営のために、次のような要員が必要である。

- (1) システム発足前に上記要員、水文技術者 4 名、電気通信技術者 4 名を配置する。
この分野での経験をもつ要員を配置することが望ましいことである。
- (2) 水文学・電気通信技術を習得させるための要員（少なくとも水文技術者 1 名並びに電気通信技術者 1 名）を選抜し、洪水予警報の高度な技術経験を有する機関に派遣し研修を受けさせる必要がある。
なおトレーニングの内容について概要を巻末資料に示す。
- (3) 工事完成に伴なって雨期の期間（3～4ヶ月）コンサルタントによる要員の教育訓練を実施する必要がある。
- (4) 要員の職務分担の概要を巻末資料に示す。
- (5) 要員の確保は独立したものが望ましいが、事情により他のセクションと兼任であってもやむを得ないであろう。

5. 予警報システム運営予算の確保

予警報システムに於いて使用される全ての機器を完全に保守し、且つ目的に叶うよう絶えず研究改善するには、保守要員の確保と技術向上のための研究が必要であると同時に、必要な保守、運営のための予算が確保されることが極めて重要である。

保守経費については、一般に設置されてからの経過年次によっても異なるが、年間およそ新規設置費の 5% 程度が最低限必要である。

また公衆電話回線の使用にともなって、年間 1 マイル当り M\$ 175 の借用料が必要である。

§ - 5 洪水警報システム

1. 洪水警報システムの組織

本洪水予警報システムの直接的な管理者は、サバ州において Drainage and Irrigation Department (D I D) となる。従って Flood Forecasting Center はこの組織内に組み込まれることになる。

洪水予警報に関する D I D の役割はこれまで洪水の予測業務を受け持ち、警報に関する業務すなわち避難救援活動に関する発令は、各州共に Flood Control Center (F C C) の組織によって実施されている。従って洪水予警報システムは現在実施されているか、もしくは実施されようとしているシステムに取り込んでいく必要がある。

Fig. 6.1 Conception of Flood Warning System

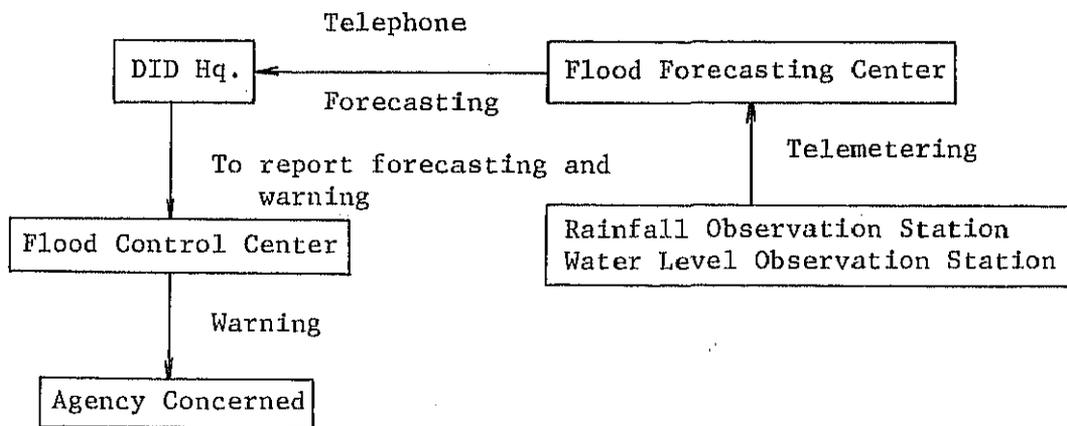
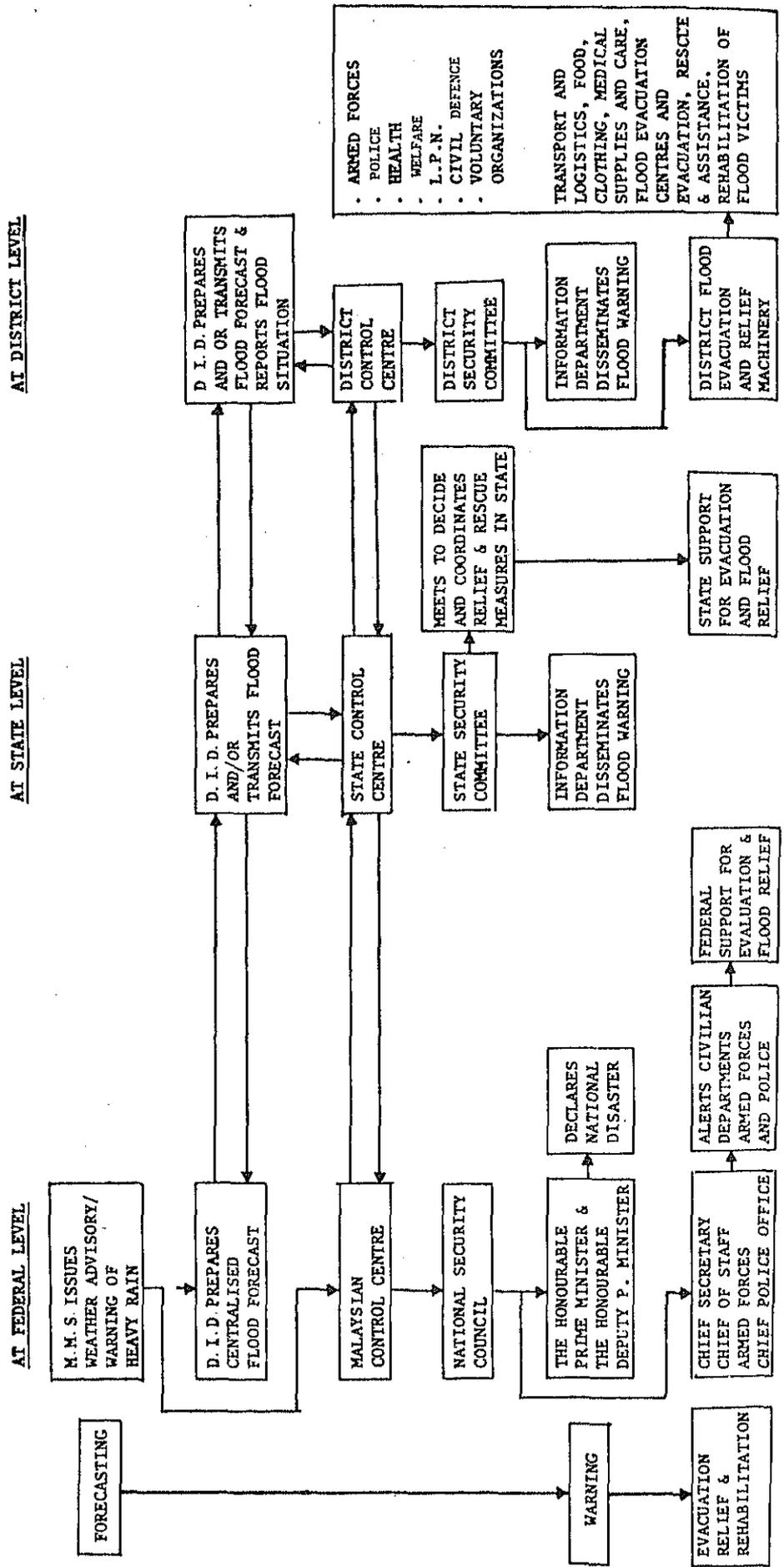


FIG.-6.2 FLOW CHART OF THE FLOOD DISASTER RELIEF CONTROL MACHINERY



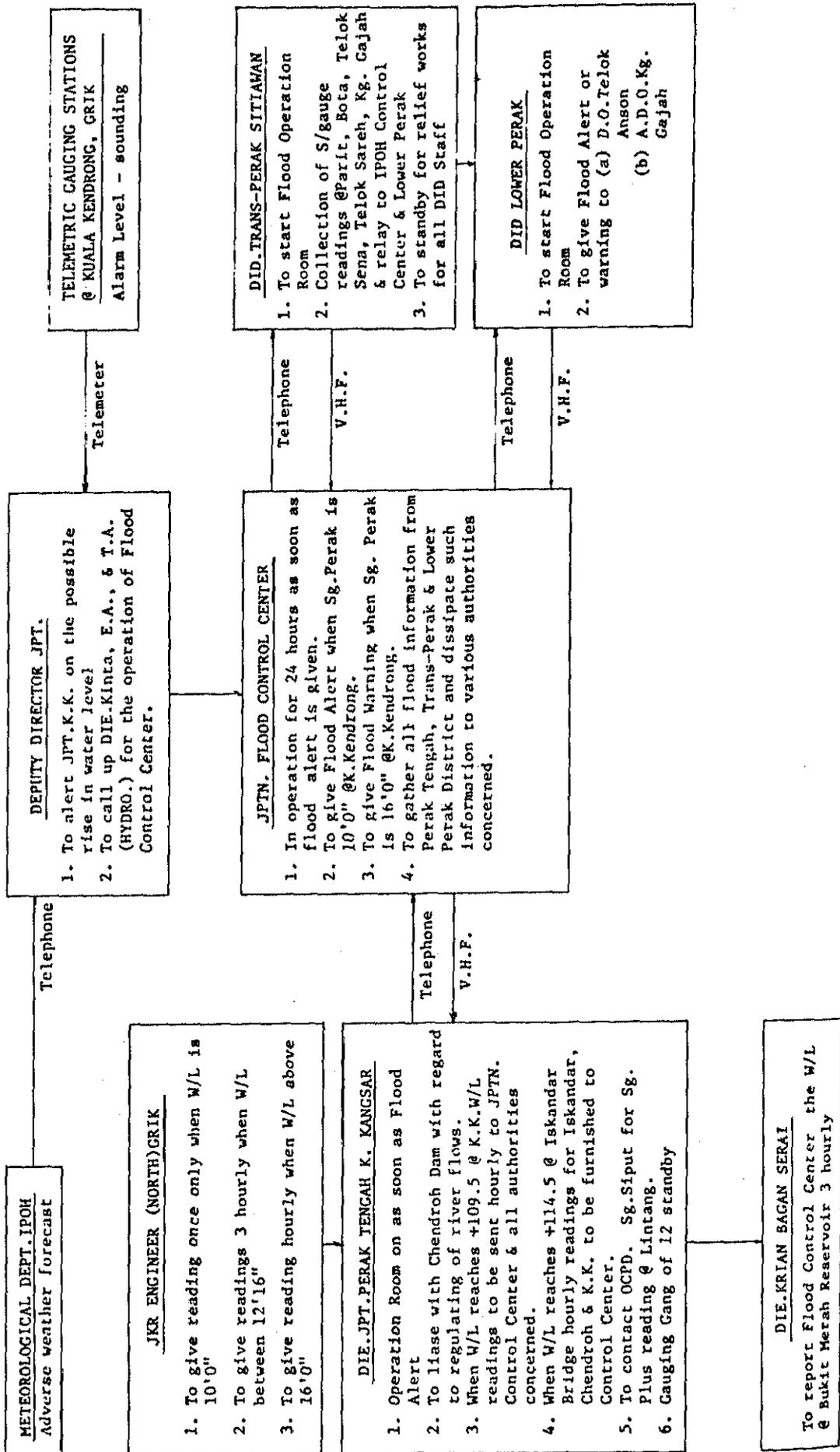


Fig.6.4 Flood Warning Procedure for Sungai Perak

現在半島側で確立されている洪水予警報システムのうち警報システムは図に示す FLOW CHART で実施されている。従って現在のシステムを参考に サバ州においてもこの体制を早急に確立することが望ましい。

2. 洪水警報システムの方法

洪水警報システムの方法は、その警報をおこなおうとする河川流域の特性、すなわち人口の分布、資産量、交通事情等とその洪水予警報システムの組織体制のあり方によって種々な方法があり、そのきちんとした方法論も確立されていない。

警報は、住民に直接知らせるには、次のような方法が考えられるが、①の方法を取り入れている例が多い。

- ① Flood Control Center より各行政関係機関に通報し、それぞれの組織によって各集落の住民に知らせる方法。
- ② Target Area 内に警報装置（サイレン、スピーカー、フラッシュライト等）を設置し、音、光により通報する。
- ③ Patrol 船、車の巡回によって Target Area 内の住民に知らせる。伝達方法は、音声、音、光等による。
- ④ 主要集落の Chief もしくは Target Area 内の行政機関の出先にラジオ受信機を配布し、無線連絡によって通報する。この場合、一般の放送局利用と専用無線 Network を設立し通報する方法がある。

上記の方法のうち②③④の直接住民に知らせる方法としての概略的な検討により、建設費を積算すると次表のとおりである。

警報システム方法	建設費（コンサルタントサービスを含む）
警報装置による通報	1,564,000 (US\$)
Patrol 船舶、車による通報	769,000
ラジオ受信機による通報	290,000

内訳については巻末資料に示す。この費用は、詳細な検討によって算出されたものではないので、今後、電波伝搬テスト、Target Area 内の人口分布等を詳細に調査検討をおこなって算定されたい。これは参考例として算出したものである。

§ - 6 組織とその位置付け

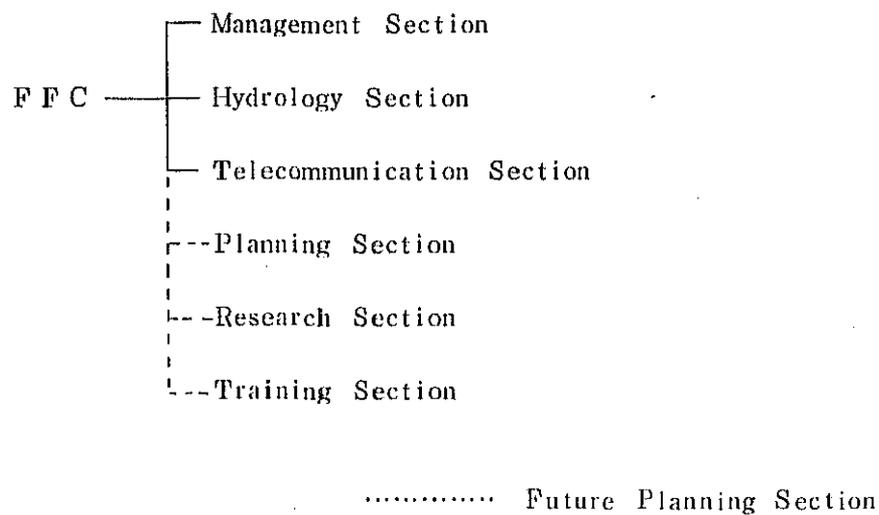
1. 組織

(1) 洪水予報センターの組織

洪水予警報システムを有効に機能させるためには、組織の運営に当るべき多数の経験を積んだ技術者を必要とし、さらに多額の費用を要することが予想される。しかも、この洪水予報センターは政府機構の一部として位置づけられ、独自の要員、予算を持つべきことが望ましい。

しかしながら、この提案は調査団としてのものであるため、その実施は行政機構上の問題として、マレーシア政府において検討されるべきと考えられる。

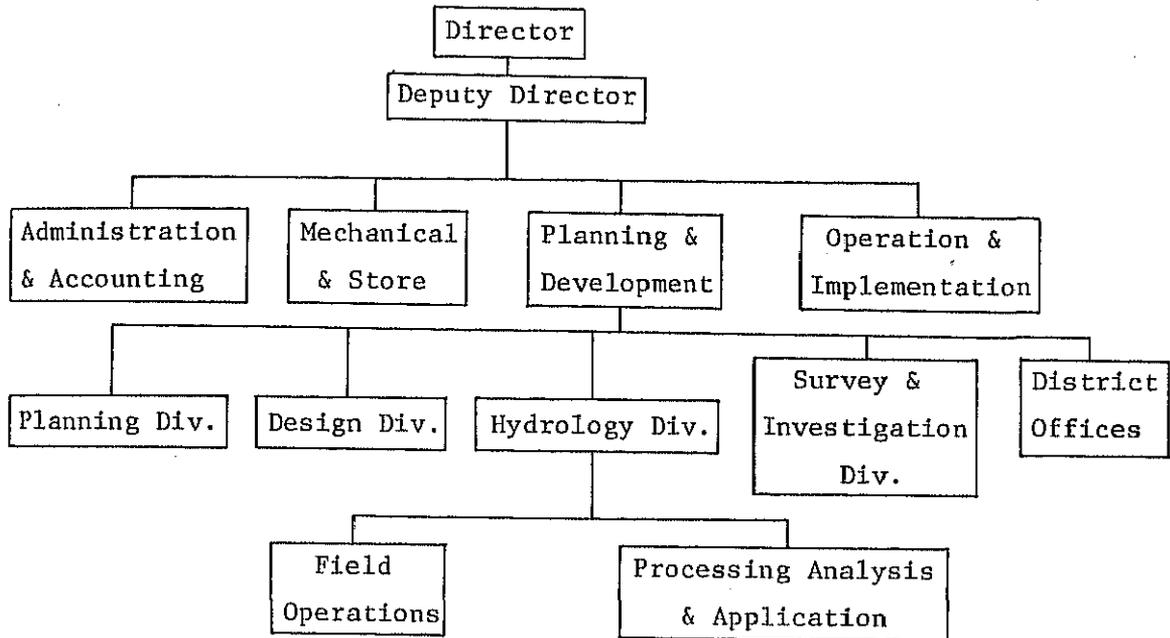
F F C の 組 織



2. 行政機構上の位置付け

サバ D I D の組織は現在、下図に示すようである。

Fig. 6.5 D.I.D. Sabah Organization Chart



上記の機構から、次のような行政機構上の位置付けが考えられる。

- ① 当面 ……システム完成後、当面は Hydrological Branch 下の Hydrological DIV. の中に設置する。これは人員の確保、予算上の問題、常業務（維持管理、データ収集等）の範囲等が確立されるまでの間は、経験のある両セクションの中に設置することが良いだろう。
- ② 近い将来 ……業務分担、システム稼働河川の増加に伴って Section としての働きをもたせ、Hydrological DIV. と同列に置き、独立の要員、予算を確保する。
- ③ 将来 ……独立させた要員、予算をもたせ、DID 中のひとつの Branch とするかもしれない。もしくは Director 直属の Task Force の性質をもたせた組織とすることが望ましいだろう。

Ⅵ 事業費

§-1 実施工程

洪水予報センターシステムネットワークの建設はすべて同時に着工する。さらに運営・管理指導は1ケ年間実施する。従ってこのシステムの完全な稼動は着手後2.5年後である。

それぞれの工程によりする期間は次のとおりである。

- | | |
|-----------------|------|
| 1) 観測所付近測量調査 | 1ヶ月 |
| 2) 土木施設詳細設計調査 | 3ヶ月 |
| 3) 電気通信施設詳細設計調査 | 2ヶ月 |
| 4) 仕様書・契約書作成準備等 | 3ヶ月 |
| 5) 電気通信機器製作 | 10ヶ月 |
| 6) " 輸送 | 3ヶ月 |
| 7) 電気通信機器据付調整 | 2ヶ月 |
| 8) 土木施設工事 | 13ヶ月 |
| 9) 観測機器据付調整 | 1ヶ月 |
| 10) 運営管理指導 | 12ヶ月 |

Fig.7.1 WORK SCHEDULE

Item	year		
	1	2	3
Detailed Survey of Station Sites	1		
Detailed Design of Civil Work	3		
Detailed Design of Telecommunication Facilities	2		
Preparation of Specifications and Bidding Documents	3		
Telecommunication Equipment Manufacture		10	
Equipment Delivery		3	
Telecommunication Equipment Installation And Adjustment		2	
Civil Work		13	
Gauging Equipment Installation and Adjustment		1	
On-the-job Training for Operation and Maintenance			12

§-2 事業費

1. 積算条件

本システム建設のための事業費は次のような条件をもとに積算されている。

- ① 積算基準年次は1980年2月とする。積算はすべてUS\$で算定する。
- ② 予備費は、土木施設費、電気通信機器費の10%を計上する。
ただしこれは、技術指導費にも使用できるものとする。
- ③ 土木施設費、観測・電気通信機器費の中には建設期間中(1ケ年)の現場維持管理費用として、その5%が見込まれている。
- ④ 電気通信機器・観測機器のための局舎は新設とし、用地交渉・準備はマレーシア政府によって実施される。
- ⑤ 雨量計、水位計、卓上計算器及び電気通信機器、その周辺機器、部品据付調整、管理用船、車輛は外国から輸入された場合の積算とした。
- ⑥ 機器の据付調整費は外国人技術者によっておこなわれるとして積算した。
- ⑦ 技術指導費はマレーシア技術者養成のためのトレーニング、詳細設計指導、設計管理指導、契約援助、運営指導からなり、建設費の約15%を計上する。その割合は技術指導費を100としたとき

トレーニング費

海外トレーニング	15
運営トレーニング	35

技術指導

詳細設計	15
契約援助	5
設計監理	30

とする。

- ⑧ FFCの建屋については、本システムに必要なスペースのみの費用とする。
すなわち他目的で建設される建屋の一部を利用するものとし、内装改造費としてUS\$ 20,000を計上している。
- ⑨ モニタリングステーションはDID Sandakan officeの一部を、Trig Hill Relay StationはTelecom Departmentの建屋の一部をスペースとして借用する。ただし、モニタリングステーションには内装改造費としてUS\$ 10,000が計上されている。

- ⑩ 用地費は積算されていない。これはほとんど国有地を利用するからで、一部私有地があったとしても費用としては非常に安価であると考えられるからである。
- ⑪ 技術指導費は外国人技術者による指導に係わる費用でマレーシア技術者の費用は見込まれていない。すなわち、施工管理、仕様書、契約書作成、詳細設計、トレーニングをうける費用等は、別途積算されるべきである。
- ⑫ 本設備機器は、システムを運営する上で必要とするものすべてを積算したが、例えば Current Meter, Float Dropper 等、マレーシア側で用意できるものがあれば設備から除かれても差しつかえない。

2. 事業費

洪水予報システム建設のための事業費は次表のとおりである。

なお、段階的施工のため事業費を巻末資料に示してある。

Table 7.1 Total Cost (Kinabatangan River Basin)

				(US\$)
Item	Observation Station	Flood Forecasting System	Total	Remarks
Equipments	176,530	612,900	789,430	
Facilities	248,000	198,000	446,000	
Sub-total	424,530	810,900	1,235,430	
Contingency	42,470	81,100	123,570	
Total	467,000	892,000	1,359,000	
Consulting Services			<u>273,000</u>	
° Training				
Training Overseas			41,000	
On-the-job Training			95,000	
° Supervising				
Detailed Design			82,000	
Contract and Procurement			14,000	
Design Modification			41,000	

(US\$ 1=¥ 220)

上記事業費は、インフレーションコストは見込まず1980年2月現在の価格で積算している。これは、機器等外国よりの輸入先を明らかにしなかったことによるためである。

3. 事業費内訳

① 単 価

Table 7.2 Unit Price of Hydrological Observation Equipment

Item	Unit	Equipment	Indirect Cost	Total	Remarks
Rainfall Gauge (new)	per unit	4,100	1,300	5,400	Including optional parts
Rainfall Gauge (modified)	"	2,000	1,000	3,000	
Water Level Gauge (bubble)	"	10,500	3,500	14,000	
Water Level Gauge (float)	"	5,000	1,500	6,500	
Water Level Gauge (float, modified)	"	7,000	1,500	8,500	
Staff Gauge	10 m	390	150	540	
	15 m	570	220	790	
Current Meter	per unit	4,600	1,000	5,600	
Float Dropper	"	32,000	4,000	36,000	

Table 7.3 Unit Price of Observation and Telemetry Station Facilities

Item	Unit	Equipment	Indirect Cost	Total	Remarks
Tele-pole	5 m	4,500	500	5,000	
	10 m	9,200	900	10,100	
Triangular Tower	per unit	18,500	5,400	23,900	H=30 m
Station Housing (2.5mx2.5m)	per site			6,000	Housing re-building: 600
Station Housing	"			20,000	内装改造費
				10,000	
Station Housing (5mx5m)				15,000	
Tower for Housing	"			15,000	
Cableway	"			16,000	
Staff Gauge Support	"			2,000	
Access Facility	"			10,000	Ladders and piers
Land Grading	"			2,000	300 sq. m

Table 7.4 Unit Price of Telemetry Equipment

US\$

Item		Unit Price
Telemetry Equipment	for Control	46,000
"	for Water Level Gauge;with Protective Device	7,000
"	for Rainfall & Water Level Gauge;with Magnetic Counter, Protective Device	7,500
Monitoring Equipment		34,000
Relay Equipment	μ - V Relay	16,400
"	V - V Relay	16,000
Operating Unit	Console Type	15,700
Typewriter	24 inches	6,500
Display Unit	Wall-mount Type	32,000
Radio Equipment	70 MHz, 20 W	5,000
"	70 MHz, 3 W	2,400
"	70 MHz, 1 W	2,100
Antenna Equipment	5 Element Yagi; with Coaxial Arrester	800
"	3 Element Yagi; with Coaxial Arrester	700
Branch Unit		600
Solar Cell	168 W, with Distribution Board	22,000
"	14 W, with Distribution Board	2,400
"	7 W, with Distribution Board	1,200
Battery Charger	24 V, 30 A	6,000
"	12 V, 30 A	4,100
Alkaline Storage Battery	24 V, 150 AH	6,400
"	12 V, 800 AH	21,000
"	12 V, 150 AH	3,300
"	12 V, 80 AH	2,000
"	12 V, 40 AH	1,000
Automatic Voltage Regulator	10 KVA, 220 V	6,700
"	5 KVA, 220 V	5,500
"	1 KVA, 220 V	2,300
Engine Generator	300 VA, 220 V	500
Surge Absorb Transformer	10 KVA, 220 V	2,000
"	5 KVA, 220 V	1,700

Table 7.5 Breakdown of Observation Station Construction Cost
(Kinabatangan River Basin)

(US \$)

Station Item	Tongod		Tangkulap		Ulu Kuamut		Kuamut		Balat		Bukit Garam		Bilit		Total	
	Q'ty	Amt.	Q'ty	Amt.	Q'ty	Amt.	Q'ty	Amt.	Q'ty	Amt.	Q'ty	Amt.	Q'ty	Amt.	Q'ty	Amt.
Raingauge	1	5,400	1	5,400	1	5,400	1	5,400	1	5,400	1	5,400			6	32,400
Waterlevel gauge (bubble)	1	14,000	1	14,000	1	14,000	1	14,000	1	14,000	1	14,000	1	14,000	2	98,000
Staff gauge	15	790	10	540	15	790	10	540	15	790	10	540	10	540	75	4,530
Current meter									1	5,600					1	5,600
Float dropper									1	36,000					1	36,000
Sub-total		20,190		19,940		20,190		19,940		61,790		19,940		14,540		176,530
Station housing	1	6,000	1	6,000	1	6,000	1	6,000	1	6,000	1	6,000	1	6,000	7	42,000
Access facility	1	10,000	1	10,000	1	10,000	1	10,000	1	10,000	1	10,000	1	10,000	7	70,000
Housing tower			1	15,000			1	15,000			1	15,000	1	15,000	4	60,000
Land grading	1	2,000	1	2,000	1	2,000	1	2,000	1	2,000	1	2,000	1	2,000	7	14,000
Staff gauge support	1	2,000	1	2,000	1	2,000	1	2,000	1	2,000	1	2,000	1	2,000	7	14,000
Float dropper cableway			1	16,000			1	16,000							3	48,000
Sub-total		20,000		51,000		36,000		35,000		36,000		35,000		35,000		248,000
Total		40,190		70,940		56,190		54,940		97,790		54,940		49,540		424,530

(US\$ 1 = ¥ 220)

2) Breakdown of Telemetry Facilities

Table 7.6 Breakdown of Telemetry Facilities (Kinabatangan River Basin)

Item	Station	USS										Total					
		Boce Kinabalu (Master Control)	Sandakan (Monitoring)	Teg Hill (Relay)	Mr. Balat (Relay)	Tongod (Rainfall & Water Level)	Tongkulan (Rainfall & Water Level)	Ulu Kiamut (Rainfall & Water Level)	Kiamut (Rainfall & Water Level)	Rabat (Rainfall & Water Level)	Bukit Garam (Rainfall & Water Level)		Bitit (Water Level)				
		QTY	Amount	QTY	Amount	QTY	Amount	QTY	Amount	QTY	Amount	QTY	Amount	QTY	Amount	QTY	Amount
Telemetry Equipment for Control		1	46,000													1	46,000
Telemetry Equipments for Water Level Gauge with Protective Device																1	7,000
Telemetry Equipment for Rainfall & Water Gauge with Magnetic Counter, Protective Device						1	7,500									6	45,000
Monitoring Equipment																1	34,000
Relay Equipment A - V Relay						1	16,400									1	16,400
Relay Equipment V-V Relay																1	16,000
Operating Unit Console Type		1	15,700													1	15,700
Typewriter 24 inches		1	6,500													2	13,000
Display Unit Wall-mount Type		1	32,000													1	32,000
Radio Equipment 70 MHz, 20W																1	5,000
Radio Equipment 70 MHz, 3W																1	2,400
Radio Equipment 70 MHz, 1W						2	4,200									3	6,300
Antenna Equipment 5 Elements Yagi with Coaxial Arrestor																1	800
Antenna Equipment 3 Elements Yagi with Coaxial Arrestor						1	700									1	700
Branch Unit																2	600
Solar Cell 168W, with Distribution Board																1	23,000
Solar Cell 14W, with Distribution Board																1	2,400
Solar Cell 7W, with Distribution Board																1	1,200
Battery Charger 24V, 30A		1	6,000														
Battery Charger 12V, 30A																	
Alkaline Storage Battery 24V, 150AH		1	6,400														
Alkaline Storage Battery 12V, 800AH																1	21,000
Alkaline Storage Battery 12V, 150AH																1	3,300
Alkaline Storage Battery 12V, 80AH																1	2,000
Alkaline Storage Battery 12V, 40AH																1	2,000
Automatic Voltage Regulator 10K VA, 220V		1	6,700														
Automatic Voltage Regulator 5K VA, 220V																1	5,500
Automatic Voltage Regulator 1K VA, 220V																1	2,300
Engine Generator 300VA, 220V																1	500
Surge Absorb Transformer 10K VA, 220V		1	2,000														
Surge Absorb Transformer 5K VA, 220V																	
Cable																	
Spares & Accessories																	
Installation and Adjustment																	
Total		164,200	81,200	49,000	101,300	35,500	32,700	32,700	32,700	27,500	29,700	32,200	32,200	32,200	32,200	612,900	

MCS: Master Control Station
 MS: Monitoring Station
 RS: Relay Station
 GS: Gauging Station

Table 7.7 Breakdown of Flood Forecasting System Facilities Cost

Station Item	Kota										Total	
	Kinabalu (MCS)	Sandakan (MS)	Trig Hill (RS)	Mt. Balat (GS)	Tongod (GS)	Tangkulap (GS)	Ulu Kuamut (GS)	Kuamut (GS)	Balat (GS)	Bukit Garam (GS)		Bilit (GS)
Tele-pole	5,000				10,100	10,100		10,100	10,100	10,100		45,400
Triangurar Tower				23,900	23,900		23,900				23,900	95,600
Station Housing	20,000	10,000		15,000								45,000
Access Facility				10,000								10,000
Land Grading				2,000								2,000
Total	25,000	10,000		50,900	23,900	10,100	23,900	10,100	10,100	10,100	23,900	198,000

4.内貨：外貨振り分け

Table 7.8 Currency Allocation of Hydrological Observation Equipment

Conversion Rate: 1US\$=2.1M\$=220Yen

Item	Unit	Total (US\$)	Foreign (US\$)	Local (M\$)	Remarks
Rainfall Gauge (new)	per unit	5,400	4,100 (78%)	2,730	Frgn: Equipment, Shipping Local: Installation, Delivery
Rainfall Gauge (modified)	"	3,000	2,000 (67%)	2,100	Frgn: Modification, Optional Parts Local: Installation, Delivery
Water Level Gauge (bubble)	"	14,000	10,950 (78%)	6,405	Frgn: Equipment, Shipping Local: Installation, Delivery
Water Level Gauge (float)	"	6,500	5,100 (78%)	2,940	"
Water Level (float, modified)	"	8,500	6,600 (78%)	3,990	Frgn: Modification, Optional Parts Local: Installation, Delivery
Staff Gauge	10m 15m	540 790	440 (80%) 640	210 315	Frgn: Material, Shipping Local: Installation, Delivery
Current Meter	per unit	5,600	4,900 (87%)	1,470	Frgn: Equipment, Shipping Local: Delivery
Float Dropper	"	36,000	31,300 (")	9,870	"

Table 7.9 Currency Allocation of Observation and Telemetry Stations Facilities

Item	Unit	Total (US\$)	Foreign (US\$)	Local (M\$)	Remarks
Tele-pole	5m 10m	5,000 10,100	1,500 (30%) 3,000	7,350 14,910	Frgn: Equipment, Shipping Local: Installation, Delivery
Triangular	per unit	23,900	15,600 (65%)	17,430	"
Station Housing (2.5mx2.5m)	per site	6,000	0 (0%)	12,600	Local: Material, Shipping Installation
Housing (5mx5m)	"	15,000	0 (0%)	31,500	"
Housing (20mx20m)	"	30,000	0 (0%)	63,000	"
Tower for Housing (H=10m)	"	15,000	10,000 (67%)	10,500	Frgn: Tower Material Local: Foundation Material
Cableway	"	16,000	0 (0%)	33,600	Local: Material, Installation
Staff Gauge Support	"	2,000	"	4,200	"
Access Facility	"	10,000	"	21,000	"
Land Grading	"	2,000	"	4,200	"

Table 7.10 Currency Allocation of Total Cost
(Kinabatangan River Basin)

Item	Foreign Currency ¹ (US\$)		Local Currency (M\$)		Remarks
	Observation Station	Flood Forecasting System	Observation Station	Flood Forecasting System	
Equipments	141,528	612,900	73,505	-	
Facilities	40,000	75,760	436,800	256,704	
Sub-total	181,528	688,660	510,305	256,704	
Contingency	18,471	69,340	50,695	25,296	
Total	200,000	758,000	561,000	282,000	
Consulting Services	273,000				
° Training					
Training Overseas	41,000				
On-the-job Training	95,000				
° Supervising					
Detailed Design	82,000				
Contract and Procurement	14,000				
Design Modification	41,000				

(US\$ 1=M\$ 2.1=¥ 220)

第III編 サドン川流域(サラワク州)

第 III 編 サドン川流域（サラワク州）

I 河川流域の概要

Sadong 川流域は、サラワク州西部地域の北緯 $1^{\circ}\sim 1^{\circ}30'$ 、東経 $110^{\circ}\sim 111^{\circ}$ に位置し、流域面積約 $3,640\text{ Km}^2$ 、幹線延長約 186 Km の比較的小規模の河川である。

流域の形状は、東西約 70 Km 、南北約 85 Km で概ね三角形である。

§ - 1 自然的特徴

サドン川は、流域南西部の山岳地帯から流れ出る Kedap 川、Kayan 川と、東部の平野部を流れる Krang River を合流させ、沖積平野を蛇行し、南シナ海に注ぐ。インドネシアと接する国境が分水嶺となっており、標高 $600\sim 1000\text{ m}$ の嶺が連っているが、流域全体は比較的平坦である。

河口から 109 Km 地点の Tanah Puteh までの区間の蛇行は特に激しく、この地点まで感潮する。

河口より 129 Km 地点にある Serian より約 10 Km 上流で、合流する Kedap 川と Kayan 川の勾配は、それぞれ $\frac{1}{3,500}$ と $\frac{1}{570}$ である。中・下流は両岸にマングローブの生い繁る原始河川であって、12月から2月の雨期には、高潮位と重なって河川が氾濫する。

この地方の気候は、高温・多雨の熱帯性気候であり、東北モンスーンによる雨期は11月から3月までで、この期間に年間降雨量の55%が降り、この時期は灌漑なしでも米を生産できる。

§ - 2 社会・経済的特徴

1. 流域内人口

人口は、Serian 市街地に 2,200 人、Serian を含む上流域に約 54,000 人、そして下流の Simunjan に 630 人、Simunjan を含む下流域に約 31,000 人であり、流域人口は合計約 85,000 人と推定されている。流域を通じた人口密度は約 23.4 人/Km² である。

2. 農 業

流域内の主要農業生産物は、パディ、ラバー、ペパー、ココナッツ等である。特にパディの生産には力を入れており、このための灌漑計画が予定されているが、それらは Sadong 中流域灌漑計画、Raya Payang 灌漑計画、Sadong-Krang 計画等である。又、丘陵地に適するペパーは、この地域でも重要な産物となっている。Serian を中心に道路網が整備されており、Sadong 中流域の土地利用は特に進んでいる。

3. 洪水被害

洪水記録によると、1976 年 1 月の洪水が観測開始以来最大のもので、最も観測データのある Serian 地点では、クチン-セマンガン道路が約 2 feet 冠水し、最高浸水深は約 6 feet あり、被害は Serian、Tebakang、Tanah Puteh で特に大きかった。

1977 年にも Serian で 4～5 feet の浸水があり、当時の穀物、家畜、財産等の被害額は M\$ 464,000 と推定されている。

Ⅱ 洪水予警報システム

§ - 1 洪水予警報対象地域

Sadong 川流域における対象流域として、流域内の人口、資産などの分布、現況及び想定される将来の土地利用状況などの社会経済的特徴をもとに、水文対象的特性、地形的特性、さらに雨水流出特性等を考慮して、下記の地域を提案する。(図-参照)

既往最大洪水(1976年1月)によって影響を受けた Sadong 川の主要氾濫原。ここには主要集落である Tebakang, Serian, Tanah Puteh, Sebamban, Gedongが含まれる。

§ - 2 洪水予測基準地点

上記洪水予警報対象地域に対して、洪水予測をおこなう基準地点として、下記の地点を選定する。(図一参照)

- Serian
- Gedong

§ - 3 主要警報地点

上記洪水予警報対象地域に対して、洪水警報を発する主要地点として、下記の地点を選定する。

- Tebakang
- Serian
- Tanah Puteh
- Sebamban
- Gedong

なお、Gedong 地点は現在の時点では、警報地点にする程、洪水による影響をうけないが、将来流域の開発（流出率増加による洪水量の増大）と河川改修状況（洪水伝搬速度の増大）により、影響が顕著になると予想されるので警報地点として含めておくことが望ましい。すなわち次図に示すようにこれまでの洪水では高潮位と整合することは頻度的に少なかったが、流量の増大と伝搬速度が早くなることからその同時生起の確率は増すものと考えられる。

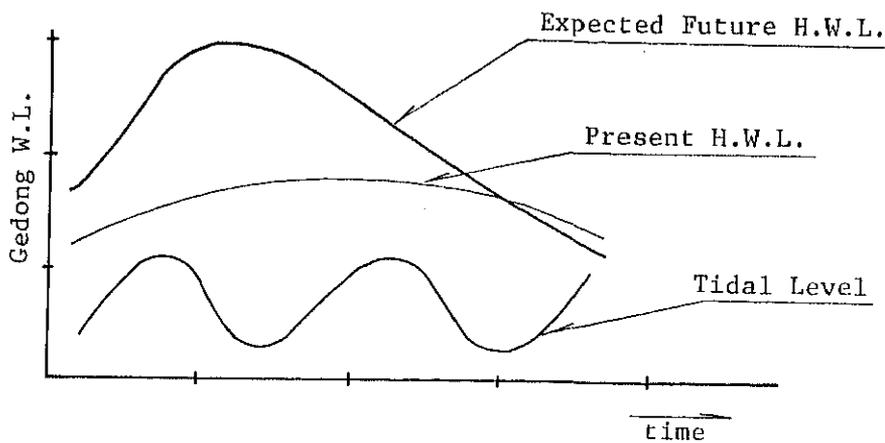
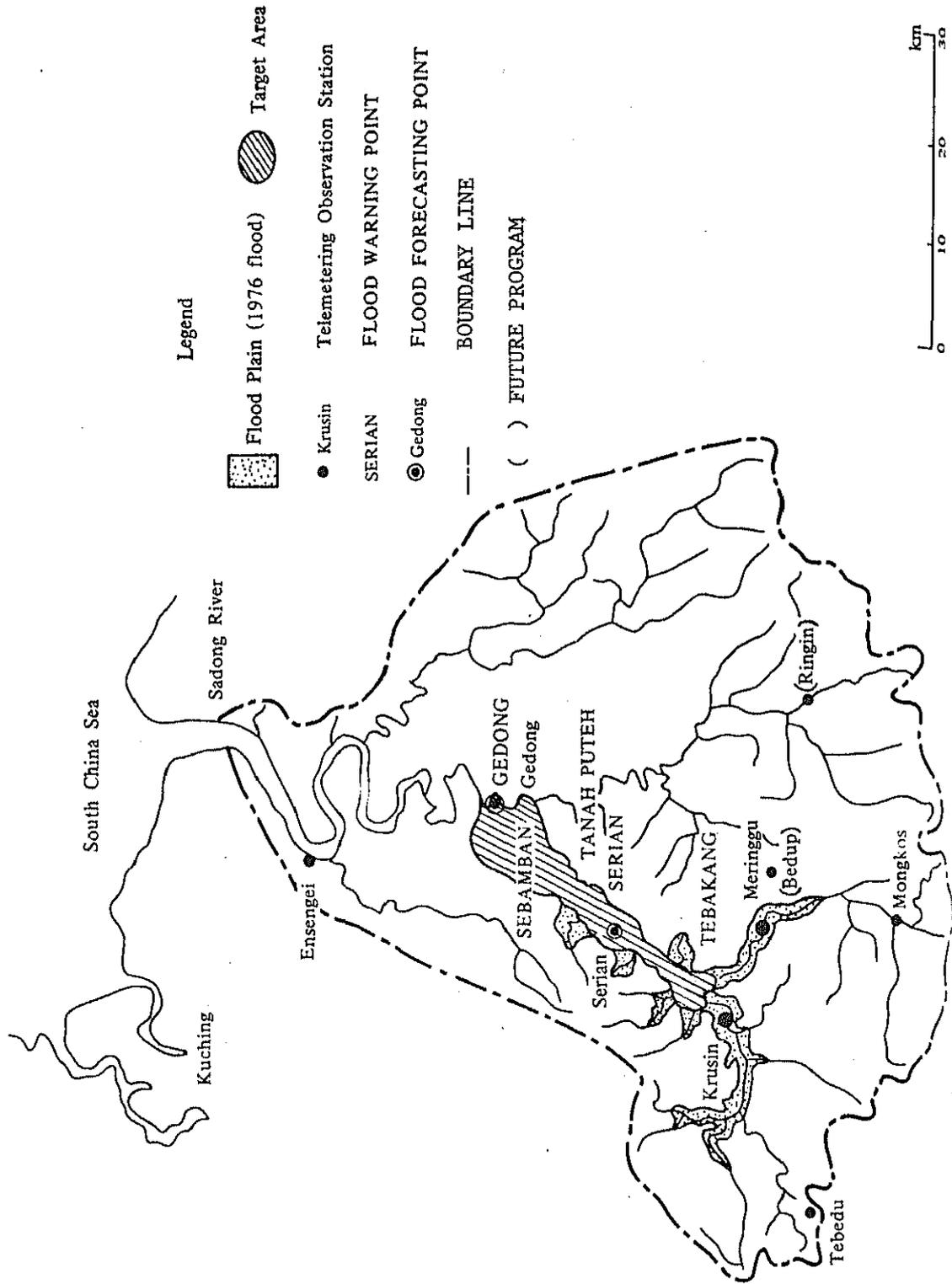


Fig. 2.1 Target Area for Flood Forecasting and Warning System in Sadong River Basin



§ - 4 テレメータ観測所の配置

Sadong 川には比較的多数の普通観測 或いは自記観測による水文観測所があり、すでにか
なりのデータが蓄積されている。したがって、維持管理の容易性 或いはこれらのデータを
有効に利用するためにも、テレメータ観測所は既存の施設をテレメータ化するか、或いは
その近傍に設置するものとする。

1. 雨量観測所

テレメータ雨量観測所は、水文学的には対象流域全体を概ね均一の降水状況を示す地域
に区分して、その各地域に 1 観測所を配置することが必要である。

雨量観測所の選定にあたっては、既存のデータを統計解析した結果（第 4 章、洪水予測
参照）及び現地調査にて維持管理の容易性及び電波通信の可能性を確認して、表 - 2 - 1
及び図 - 2 - 2 の如く配置を提案する。

2. 水位観測所

テレメータ水位観測所の選定にあたっては、設定された洪水予測地点に対して、水位の
相関性があり、高精度の予測値が得られ、かつ、予測時間に十分な余裕がある地点を選定
する必要がある。

さらに低水位時のみならず高水位時における維持管理の容易性、電波通信の可能性等を
考慮して、机上検討および現地調査結果をもとに表 - 2 - 1、および図 - 2 - 2 の如く水
位観測所の配置を提案する。

ここで Gedong の位置選定にあたって現地調査の結果、河川の状況から本川筋に設置す
ることが困難であることが判明したため、既設の Gedong 観測所（Krang 川本川合流点よ
り 300 m 上流）を代表させることとした。

なおテレメータ観測所の具体的位置については、第 5 章、施設計画及び巻末資料を参照
されたい。

3. 流量観測地点選定

将来、より長期的かつより高精度の洪水予測をおこなうには、観測された雨量より流出
量の予測をおこなうことが望ましい。

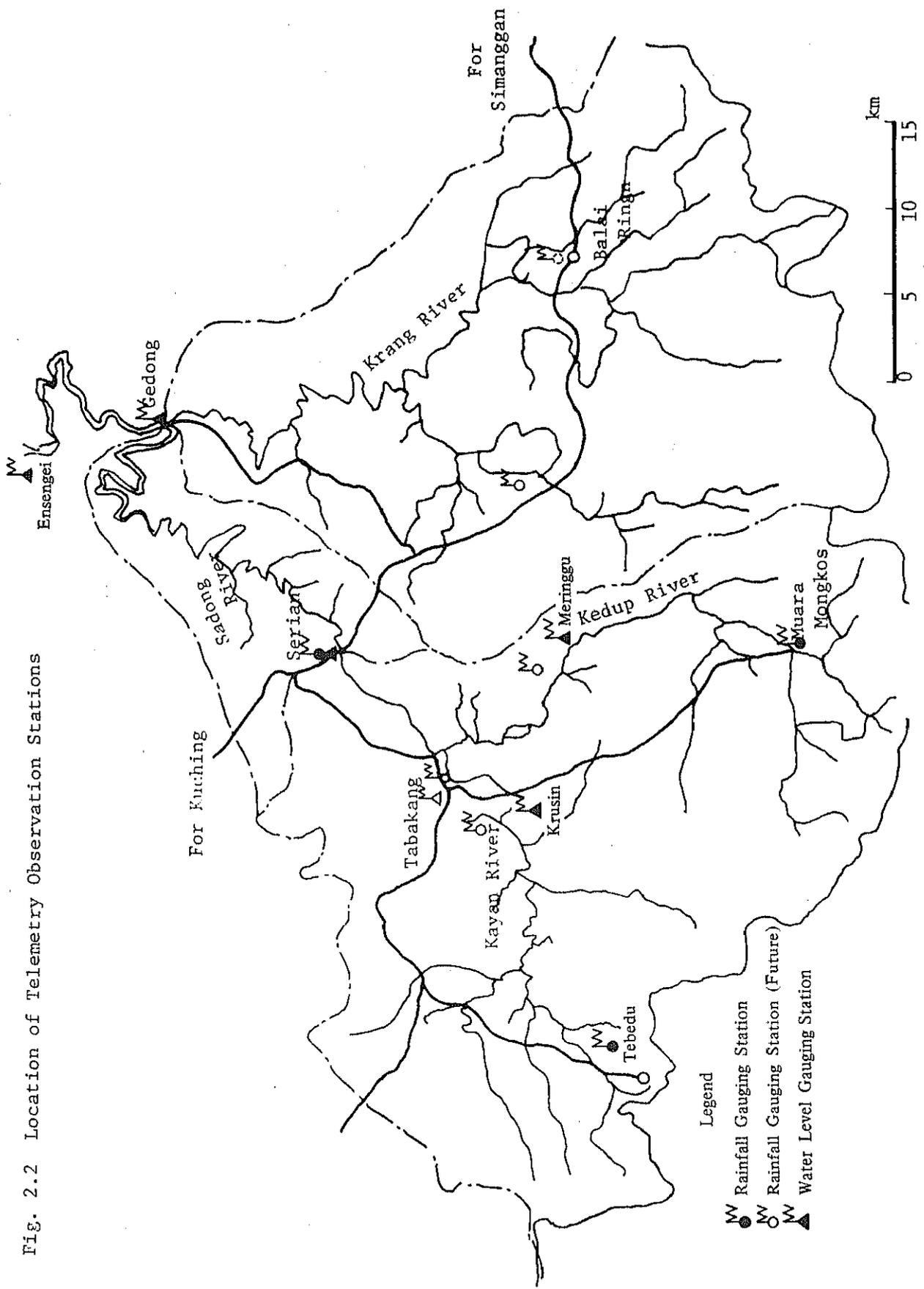
流出量予測をおこなうには、主要地点の水位流量曲線が必要であり、これを作成するた

め流量観測をおこなうことを提案する。

流量観測地点として下記の地点を選定する。

- Krusin ; Kayan 川
- Meringgu ; Kedup 川
- Serian ; Sadong 川

FIG. 2.2 Location of Telemetry Observation Stations



4. 水文観測所の将来設置計画

4-1 テレメータ観測所の将来計画

(a) 予測精度向上および予測時間の長期化のため、将来、雨量から流量を予測する方法により、洪水予測を実施することが望ましいが、流出予測をおこなう場合、流域内にテレメータ雨量観測所を増設する必要がある。

この場合、テレメータ雨量観測所設置位置は、後述する自記雨量観測所をすべてテレメータ化することが望ましい。特に今回調査で選定されたKrusin およびMeringguのテレメータ水位観測所に雨量、水位両データを伝達する通信器をあらかじめ設置しておき、将来雨量観測機器一式を設置すれば、通信機器が供用できるため、経済的かつ維持管理が容易となる。

(b) 今回、調査では予警報対象流域をSadong川本川筋に限定し、本川筋を中心とした洪水予警報システムを提案している。右支川Krang川流域は、現在比較的的道路網が整備されつつあり、近い将来、流域内がより開発され、人口、資産の集中に伴って洪水予警報システムの必要性が高まるものと予想される。

一方、Gedong水位観測所は、本川筋に設置することが好ましいが、河川の勾配、河川幅等から既設観測所水位がSadong川水位と見なされること、新設による建設コストが多くなることから、Krang川筋の既設観測所を選定した。

この水位観測所は予警報地域に対して、下流側水位（潮位）の影響を加味するための重要な地点であり、この観測地点の予測精度を向上させるためにもKrang川上流域にテレメータ観測所を設置し、本川筋との一環した洪水予警報システムを設立することが必要である。

上記理由から、ここで将来必要となるテレメータ観測所として、水文統計解析結果から、下記の雨量観測所を提案する。

- ・ Balai Ringin
- ・ Bedup

4-2 自記雨量観測所の設置

対象河川Sadong川の流域面積(本川およびKrangRiverを含む)は3,640 Km²であり、現在、雨量観測所は10～15ヶ所、水位観測所は5ヶ所のみである。今後の洪水予測精度の向上のため、さらに、河川計画立案の基礎資料とするため、新規地点に自記記録式による水文観測所を増設することが必要である。

雨量観測所の配置計画は、均一の降雨状況数区分し、その各地域毎に1ヶ所配置することにより、流域の降雨分布を的確に把握することが可能である。

一般にはその状況を明らかにすることは困難であることが多いので日本では50 km²程度に1ヶ所の配置をする基準が定められている。

(“河川・砂防技術基準”建設省)また、気象庁による全国の気象データを集中管理するAMeDAS計画(Automated Meteorological Data Acquisition System)においては平均17km(約300 km²)メッシュに1ヶ所毎の雨量観測点を配置している。

さらに水位観測所の配置計画は、河川管理、計画、施工上の重要な地点に設けるとされている(“河川砂防技術基準”建設省)例えば、重要支流川の分合流点前後、河川構造物(水門、堰等)の上下流、河川の狭さく部、貯水池、遊水池、湖沼、内水、河口等の水理状況を知るための必要な地点に設置する。これらの基準からSadong mに適用するというわけではなく、河川状況、流域の開発状況、住民の人口分布、資産量、水文資料の得る目的等から適正な観測点を検討する必要がある。

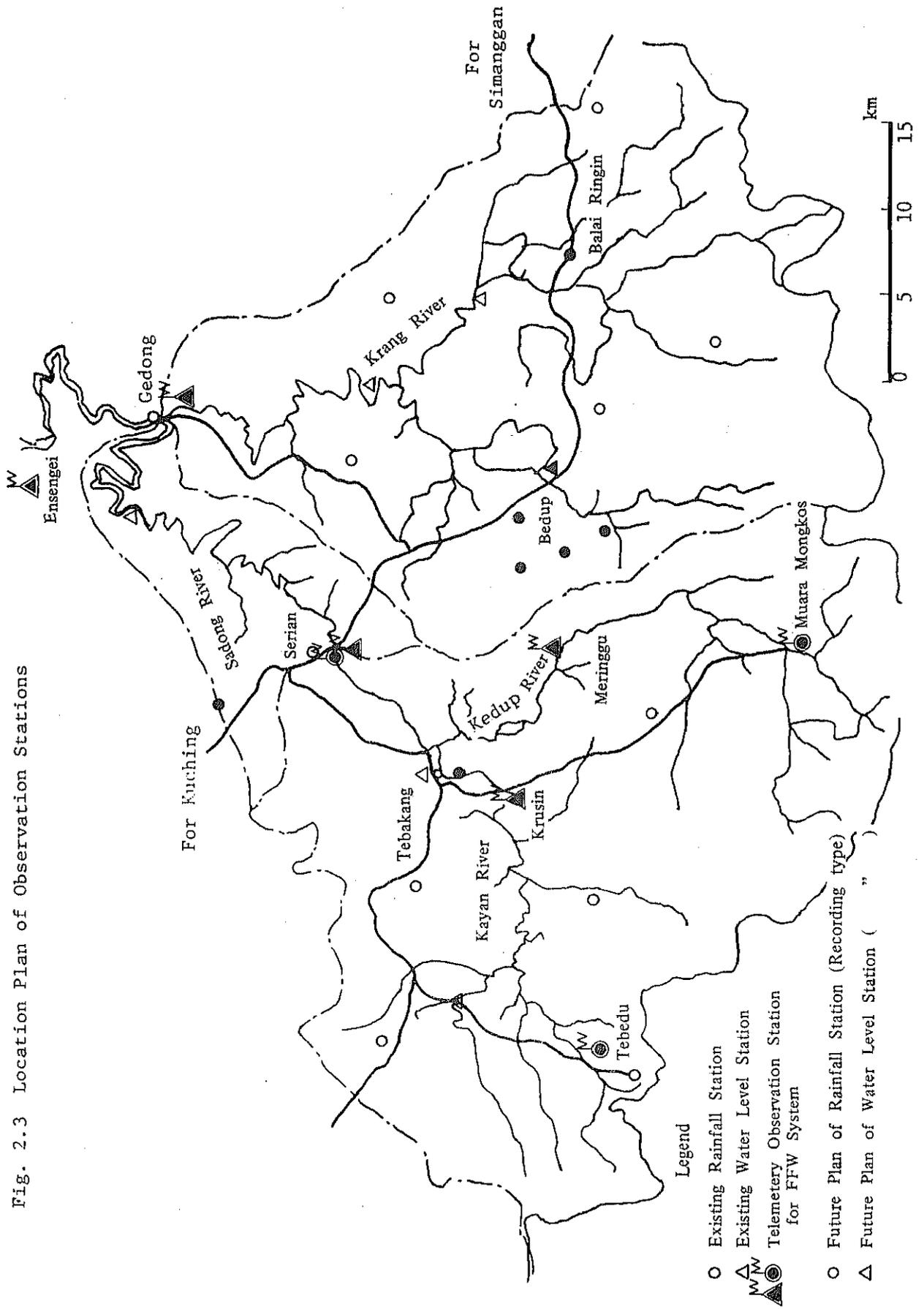
今回調査にあたって必要と考えられる設置地点を図-2-1に記載する。これらの地点は水文学的観点のみならず、観測所の建設および維持管理の困難性を考慮して選定したため、十分な個所数とはなっていない。したがって、今後、上記問題が解決され次第、より高密度に観測所を配置することが望まれる。

表 2-1 水文観測所一覧表

観測所	流域	観測の種類	摘要
1. Tebedu	Kayan 川	雨量	Kayan 川上流域の雨量観測
2. Mongkos	Kedup 川	雨量	Kedup 川上流域の雨量観測
3. Krusin	Kayan 川	水位 (雨量, 流量)	
4. Meringgu	Kedup 川	水位 (雨量, 流量)	
5. Serian	Sadong 川	雨量, 水位 (流量)	洪水予測基準点
6. Gedong	Sadong 川	水位	洪水予測基準点
7. Ensegei	Sadong 川	水位	潮位観測
(8. Balai Ringin)	Krang 川	(雨量)	Krang 川上流域降雨観測(将来計画)
(9. Bedup)	Kedup 川	(雨量)	Kedup 川中流域雨量観測(将来計画)

()内観測所は、洪水予測の精度を向上させるため、将来、予警報システムに配置されることが望まれる観測所である。

Fig. 2.3 Location Plan of Observation Stations



§ - 5 中継所と洪水予報センター

1. 中 継 所

各水文観測所からの観測データを伝達するためには、中継所が必要である。今回の調査によれば、Serapi 山頂にある、Telecom, Department の中継所を使用することが経済的であり、保守管理においても良好であると考えられる。

2. 洪水予報センター

洪水予報システムにおいて、各水文観測所から電送される観測データを整理解析し、洪水予測をおこなうセンターが必要である。

水文気象の知識の豊富な責任ある技術者を配置し、センターは Sadong 川の洪水時において、洪水の予測、警報の発布及び地元住民の避難の指示など、非常に重要な機関を果たすことになる。

したがって、洪水予報センターは、D I D の本部に設置することが最適である。

しかしながら、本部のオフィス・スペースは限られているため、新規に D I D Bintawa Depot の敷地内に建物を建設し、ここに洪水予報センターを設けることを計画する。

D I D 本部と、洪水予報センターの間の連絡は、公共電話回線を使用するか、特別回線を使用するかは、今後十分な検討が必要である。

Ⅲ 洪水予測

§ - 1 水文資料

1 雨量資料

1 - 1 観測所

Sadong 川及び Krang 川上流域に位置する雨量観測所は、図 1 - 1 に示す 9 観測所である。これらの各観測所、及び Sadong 川水系の他観測所の諸元を、表 1 - 1 に示すが、計測機器は自記雨量計を採用している例が多く、観測期間は 1960 年前後から現在まで行われている観測所が多い。

1 - 2 資料の整理

各観測所の雨量資料は、日雨量資料として「SARAWAK HYDROLOGICAL YEAR BOOK」に年表形式で整理されている。資料整理は 1963 年から 1976 年までの、各年の主要洪水の各観測所日雨量を整理する。時間雨量については資料が整理されていないので、「FLOOD INVESTIGATION REPORT BATANG SADONG & B. KRANG FEB. 1974」より資料を抜粋し、図 1 - 2 に示す。

2 水位資料

2 - 1 観測所

水位観測所は、Serian, Bedup が主要観測所として古くより観測されており、Gedong とともに自記水位計を採用している。Krusin と Meringgu は現在、ダム建設計画を考慮しているため、1977 年に設置された水位観測所で、朝夕の 6 時 30 分に定時観測を行っており、洪水時には 3 時間観測も実施している。その他の Tanah Puteh, Sebamban の観測所は、1976 年、洪水によって観測所の機能が低下した。

2 - 2 資料整理

水位資料は、雨量資料と同様に Serian, Bedup の観測データが、「SARAWAK HYDROLOGICAL YEAR BOOK」に年表形式で整理されており、その他は洪水時の観測記録が存在する。資料整理は 1963 年から 1975 年までの Serian 各年の主要洪水の水位記録を、雨量記録と対応させる。また 1974 年 2 月洪水についての Serian, Gedong, Tanah Puteh, Sebamban の水位資料を、図 3 - 2 に示す。

Fig. 3.1 Location of Existing Observation Station

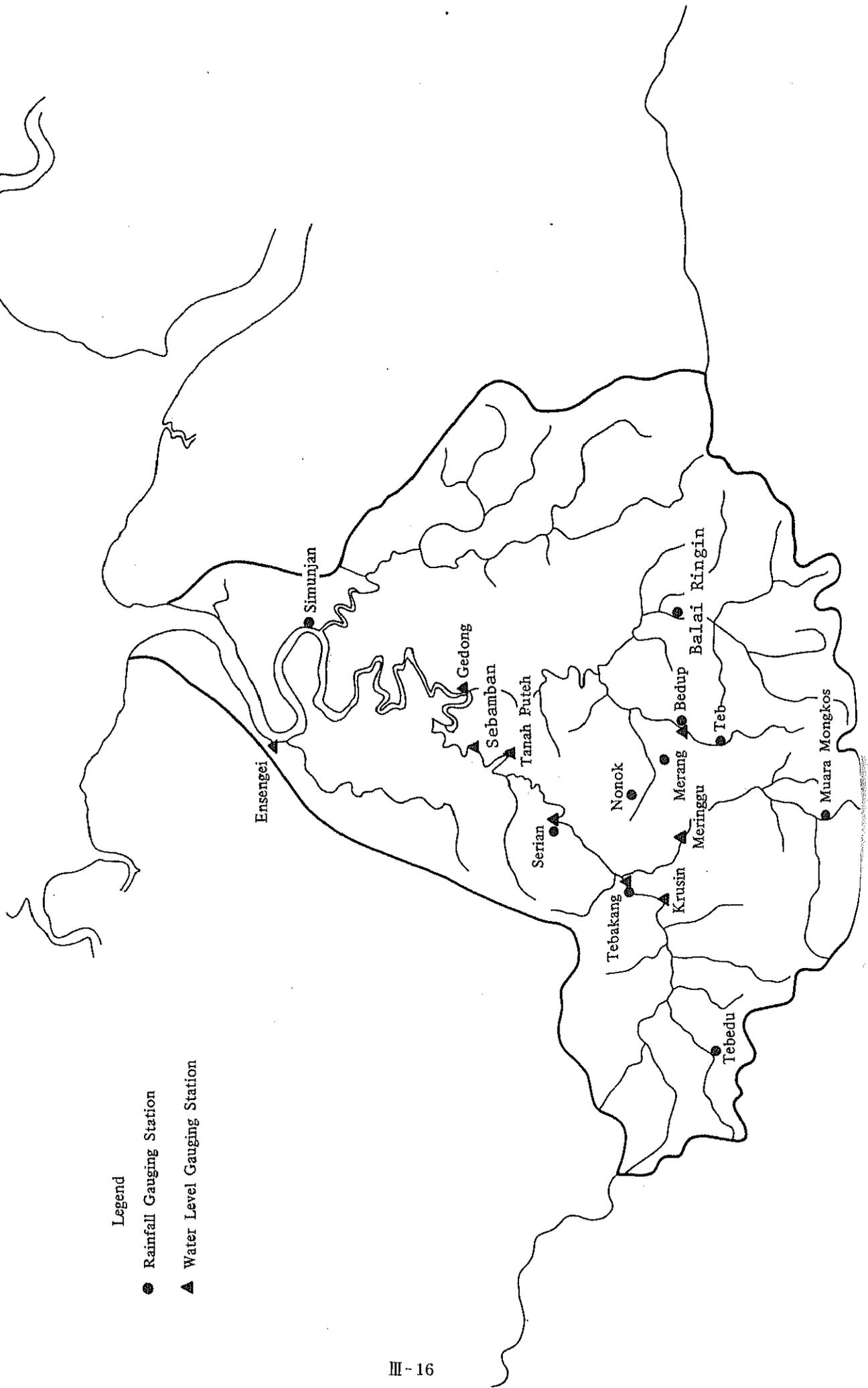
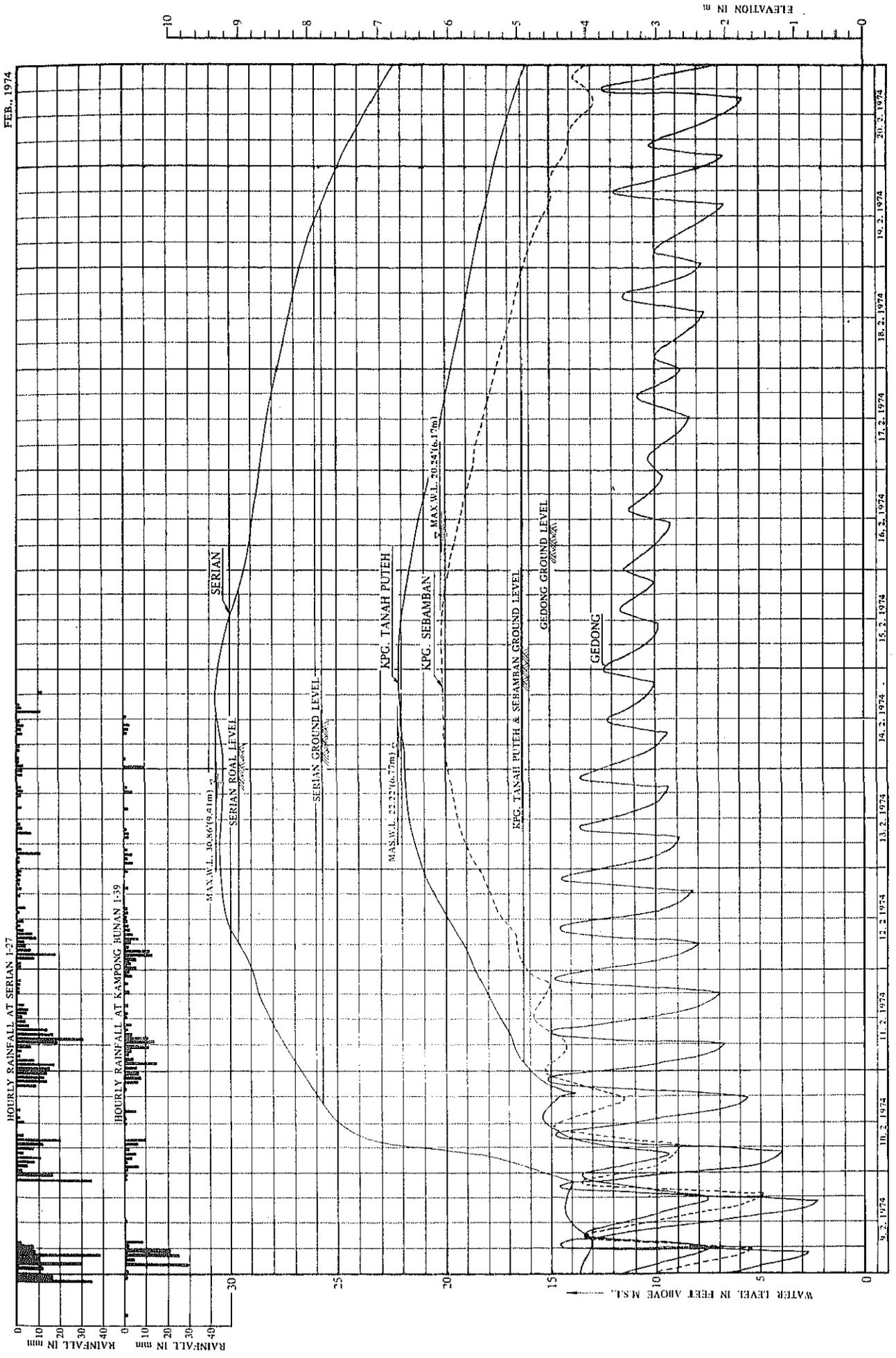


Fig. 3.2 Flood Hydrograph of Btg. Sadong at Serian, Kpg. Tanah Puteh, Kpg. Sebamban & Gedong



§ - 2 テレメータ観測所設置位置の水文学的検討

1 雨量観測所

1 - 1 選定方法

洪水予測のための雨量観測所位置を選定する場合、降雨の分布状況を、的確に把握することができるよう、水文学的な検討を加えることが必要である。ここでは既存の雨量データを解析し、テレメータ化すべき雨量観測所の位置を提案する。

1 - 2 設置地点

資料の整っている1970年以後の観測所雨量を整理し、代表的な洪水の、総雨量による等雨量線を描き、洪水時の多雨地帯、少雨地帯を、概略的に図式化し図3-3に示す。

但し資料数が少ないので、等雨量線図の精度は若干問題があるが、これらの等雨量線図から判断すると、洪水時に降雨量が多いのは、中流部のSerian、を中心とした地域で、上流部Tebedu, Muara Mongkos, Balai Ringin等の高地部の雨量は比較的少ない。

Tebakang, Merang Bedup は、両地域の間隔的な降雨量を示している。

これらのことより、等雨量線から判断したSadong川の降雨分布状況は、次のグループに分けることができる。

- ① 多雨地域 Serian, Nonok
- ② 中雨地域 Tebakang, Merang, Teb, Bedup
- ③ 少雨地域 Tebedu, Mongkos, Balai Ringin

上記の分布状況から、雨量テレメータ観測所は、降雨の中心的位置に存在する、Serianをまず選出する。その他は流域の上流部に位置する、Tebedu, Mongkos を選出する。

なお中雨地帯は、Serianの雨量及びTebedu, Mongkosの雨量の間隔的な値となるため、これらの3観測所より推定することとするが、近い将来、この地帯の降雨を測定する観測所を設置することが望ましい。

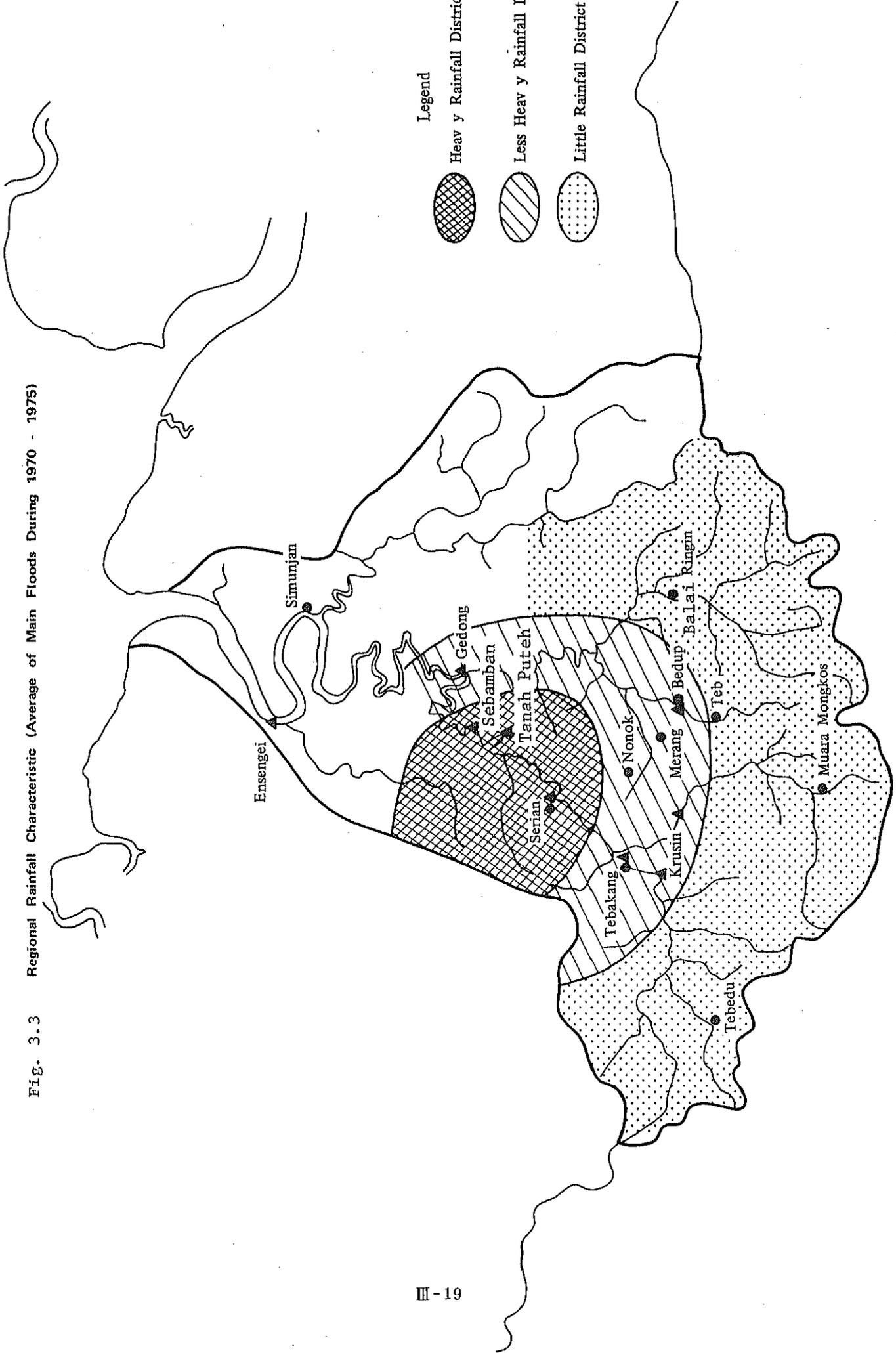
2 水位観測所

Sadong川で、現在水位観測を行っている地点は、Serian, Krusin, Meringguで、Krang川では、Gedong, Bedupである。

警報地点は、次の5地点である。

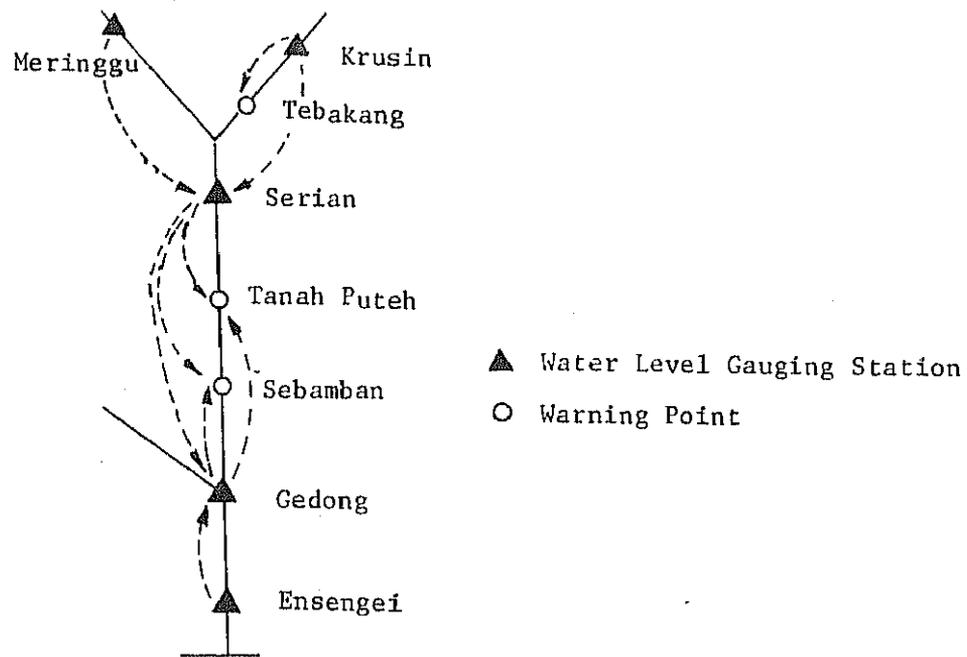
Tebakang, Serian, Tanah Puteh, Sebamban, Gedong

FIG. 3.3 Regional Rainfall Characteristic (Average of Main Floods During 1970 - 1975)



ここで、警報地点上流に設置されている、既存の水位観測所と警報地点との関係を見ると、下図の通りとなる。

水位観測所及び警報地点モデル図



まず、Tebakangについては、上流のKrusinによって水位予測を行うことが可能であり、Serianについては、Krusin及びMeringguの水位によって、予警報を行うことが可能である。Serian下流のTanah Putih、Sebampanは、Serianの流量と潮位の影響を受けるので、Serian水位、Gedong水位（潮位の影響を把握）によって、警報を行うことができる。Gedongに対しては、潮位の影響が卓越しているため、河口近くにEnsengei観測所を設け、Serian水位と対応させることにより予測を行える。

以上より、水位テレメータ設置地点として、次の5観測所を選定する。

Krusin, Meringgu, Serian, Gedong, Ensengei

選定した水位テレメータの保守点検については、Serian, Krusin, Gedongの地点へは車で行くことが可能であるため、容易である。

Meringgu, Ensengeiへは、舟を利用すれば可能である。

スケッチ写真をAppendixに示す。

§ - 3 洪水予測の手法

1. 洪水予測方法の紹介

現在、洪水予測に採用されている主な手法をあげれば、下記のようになる。

(1) 入力～出力による分類

Table 3.1 Classification of Flood Forecasting Method

Input	Output	Forecasting Process
Water level or discharge	Water level or discharge	Channel flow condition
Water level or discharge and basin rainfall	Water level or discharge	Residual basin run-off to channel flow
Basin rainfall	Discharge	Run-off from basin

(2) 計算方法による分類

A. 相関推定法（相関図表，共軸相関図，相関式）

既存の水文資料より，予測地点の出力因子（水位又は流量）と，予測のための入力因子（水位，流量又は雨量）とを，その地点間の洪水到達時間を加味して，相関解析する。

洪水時に入力因子を知ることによって，定量化された相関々係図又は関係式により，予測地点の出力因子を推算するもので，この方法には，水位（流量）～水位（流量）相関及び，雨量～水位（流量）相関により行われることがない。両地点間の主要支川の水位（流量）又は，残流域の雨量を補助パラメータとして採用することで，予測精度を向上させることができる場合が多い。

a. 水位（流量）～水位（流量）相関

大河川の幹川河道区間では上・下流基準点間の水位（流量）～水位（流量），相関および到達時間関係を基に，下流点の流況予測ができる。これは従来洪水予報に広く利用されてきているが，上流河道延長が比較的長い（集水面積が500 Km²程度以上）ダムにおいても応用ができる。なお，河道の洪水波の伝播は，上中流域では10～20 Km/hr. 中下流域では5～10 Km/hr. であり，これに見合った時間の予測が可能である。

b. 雨量～水位（流量）相関

この方法も従来から広く利用されてきているもので、相関図表や簡単な相関式によって、流出量とその生起時刻を予測するものである。この方法は、前記 a に比べ予測精度は一般に劣るが、簡便な方法であり、より先行した予想情報を生かす場合に有効である。

B. 流出計算法（流出関数法，タンクモデル法，単位図）

既存の水文資料（雨量及び流量資料）の解析を行うことによって、予測地点上流域の流出特性を、流出計算法定数として表わし、洪水時において降雨量を知ることにより、流出計算法を媒介として、予測地点の流量を予測するものである。

この方法を採用することは相関法に比較して、予測時間が飛躍的に長期化することでは、予測精度が向上することなどが期待される。また洪水流出が、洪水調節施設などで影響を受ける場合には、一連の流出計算法モデルを作成して、予測計算をおこなうことが望ましい。

一方、この方法を採用することは、地点における流量観測、主要支川に 1～2 ヶ所程度の雨量観測所の増設が必要となり、さらに流出計算法によっては計算が繁雑となり、電子計算機を導入することが必要となろう。

2. 洪水予測手法の提案

洪水予測手法として、既存水文資料、選定されたテレメータ観測所の数量及びその配置、必要とする洪水予測精度及び予測時間などを考慮して、洪水予測実施の第 1 段階として、相関推定法による洪水予測を提案する。

しかしながら、将来の対象警報地域内の人口、資産の増大により、予測精度の向上及び予測時間の長期化、さらに、対象流域内の洪水調節施設の設置などにより、流出計算法による洪水予測が必要になるとみられる。

したがって、流出計算法への交換の準備として、水文資料の整理解析、流量観測及び対象河道縦横断測量の実施、雨量観測所の増設及びテレメータ化などを、漸次行うことが望ましい。

§ - 4 洪水予測モデルの作成

1. 洪水予測モデル

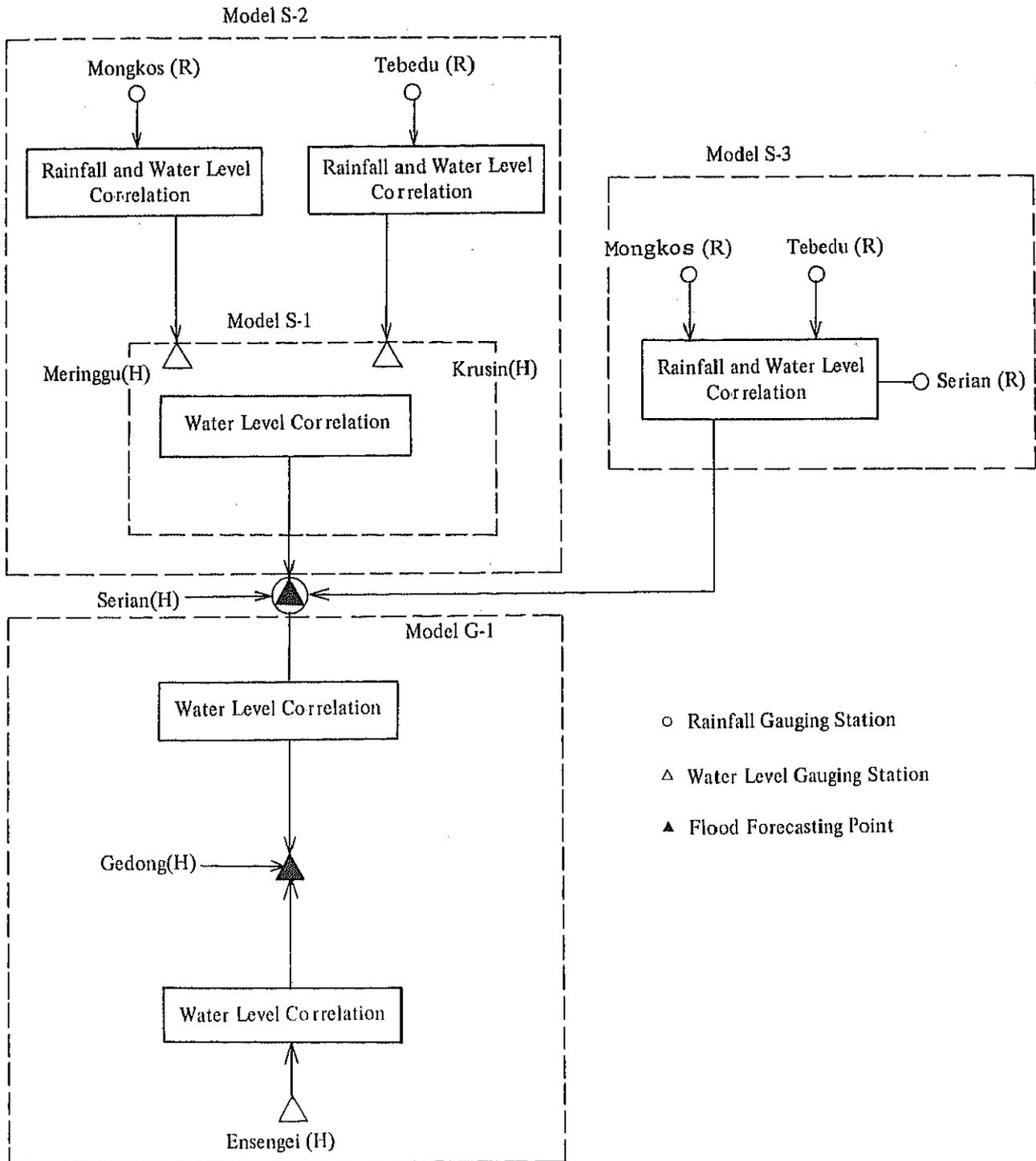
サドン川に対する洪水予測モデルとして、下表を提案する。Serian 地点予測として、3モデルを作成するが、洪水期間中の適用にあたっては、洪水状況、水文資料の伝達状況によって使い分け、あるいは併用して使うことが有利である。

なお、今後新規水文資料の蓄積に伴って、さらに適合度の良い予測モデルの改良、予測モデルにおける相関関係の適正化、補助パラメータ導入の検討、予測精度の把握など常時十分な調査解析及び検討が必要である。

Table 3.2 Flood Forecasting Model

Forecasting Model	Forecast Point	Input Factors	Application
Model S-1 (Water level - water level)	Serian	Krusin and Meringgu Water levels	Basic model for water level prediction of Serian (Short term forecasting)
Model S-2 (Rainfall - water level, water level - water level)	Serian (Krusin) (Meringgu)	Tebedu and Mongkos Rainfall	Water levels at Krusin and Meringgu are estimated using rainfall data of Tebedu and Mongkos. By Model S-1, the water level at Serian can be forecast. Long term forecasting is possible though its accuracy is not high. In the future, the accuracy can be improved by incorporating rainfall data at Krusin and Meringgu into the forecasting model. (Long term forecasting)
Model S-3 (Rainfall - water level)	Serian	Mongkos, Tebedu and Serian rainfall	Back-up model in case of lack of water level data at Krusin and Meringgu. Long term forecasting is possible in spite of poor accuracy.
Model G-1 (Water level - water level)	Gedong	Serian water level, Ensengei tidal level	Forecasting is based on the water level records. Actually, Serian water level forecast by the above model and the corresponding water levels at Ensengei will be used. Long term forecasting is possible, though the accuracy is low.

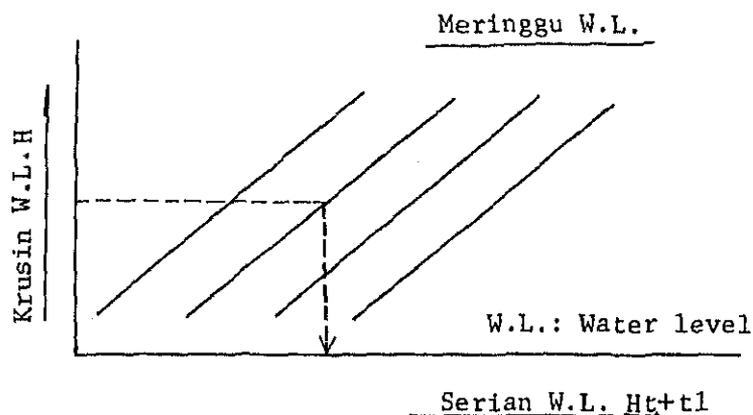
Fig. 3.4 Flood Forecasting Model
(Sadong River Basin)



2. 予測モデル作成の方法

(1) 予測モデル S-1 ($\left. \begin{array}{l} \text{Krusin 水位} \\ \text{Meringgu 水位} \end{array} \right\} \rightarrow \text{Serian 水位}$)

下図の如き相関図を作成し、Krusin 水位及び Meringgu 水位より Serian 水位を推定する。



相関図の作成方法は、下記の通りである。

- ① 流量観測結果や、水理計算による洪水の流速の推定、あるいは3地点間の水位相関関係からKrusin～Serian、Meringgu～Serian地点間の洪水到達時間 $T\theta 1$ 、 $T\theta 2$ をそれぞれ算定する。両洪水到達時間のうち、短い方が予測時間となる。
- ② 各洪水到達時間を加味して、次のように水位資料を整理し、図上にプロットする。

時刻	Krusin 水位	Meringgu 水位	Serian 水位
t	$KH_t - t\theta 1$	$MH_t - t\theta 2$	SH_t
1	$KH_1 - t\theta 1$	$MH_1 - t\theta 2$	SH_1
2	$KH_2 - t\theta 1$	$MH_2 - t\theta 2$	SH_2
3	⋮	⋮	SH_3
4	⋮	⋮	⋮
5	⋮	⋮	⋮

- ③ 内外挿により、Meringgu 水位をパラメータとした水位相関間線図を作成する。

ここで、この相関図による予測にあたって注意すべきことは、Serian までの両地

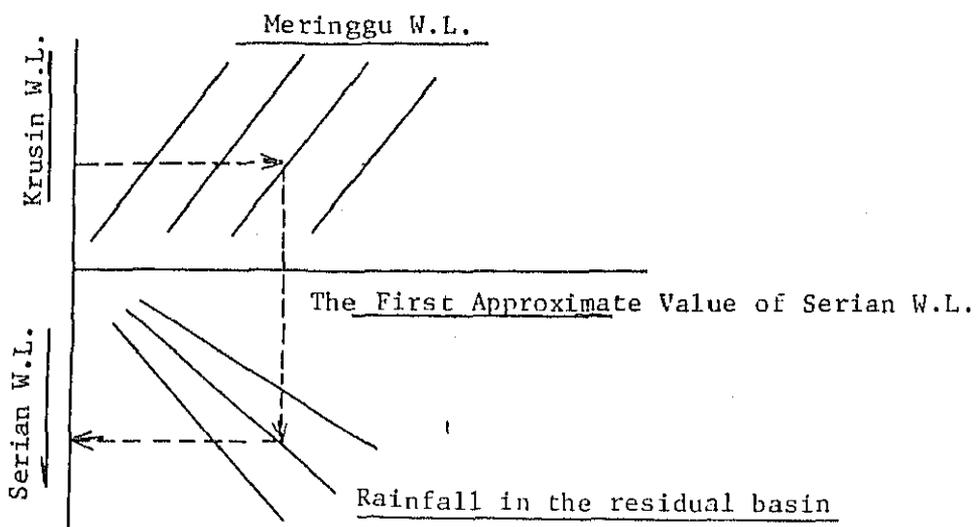
点からの到達時間に差があるとき、予測時刻 t 時において入力するデータは、例えば $t_{02} > t_{01}$ とすれば

Krusin 水位 KH_t

Meringgu 水位 $MH_t - (t_{02} - t_{01})$

である。

なお、上記相関図による予測値の誤差が大きく、この誤差の原因が3地点間の残流域の流出によると考えられる場合には、残流域における主要支川にテレメータ水位観測所を設置するか、あるいは、主要地点にテレメータ雨量観測所を設置し、このデータによる補正をおこなって誤差を減少させることが望ましい。

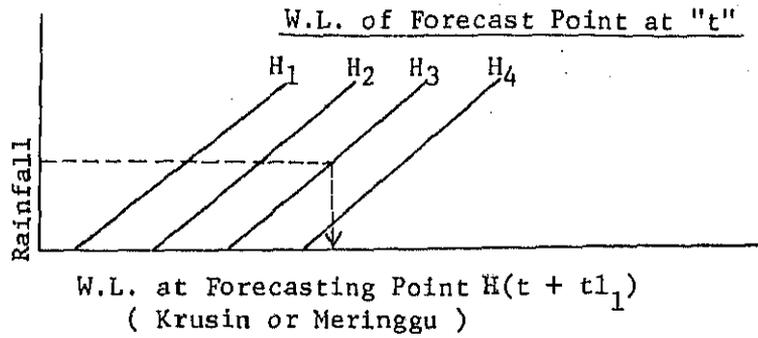


(2) 予測モデル S-2

(Tebedu 雨量 → Krusin 水位
Mongkos 雨量 → Meringgu 水位) → Serian 水位)

Tebedu 雨量 → Krusin 水位, Mongkos 雨量 → Meringgu 水位を推定し、さらに前期予測モデル S-1 により、Serian の水位を予測する。

Krusin 及び Meringgu 地点の水位を推定する。雨量～水位相関図は、次図のように対象地点水位 H_t , 洪水流出に支配的な時間内の降雨強度 \bar{r}_t を入力とする。



ここに
$$\bar{r}_t = \frac{r_{(t-n)} + r_{(t-n-1)} + \dots + r_t}{n}$$

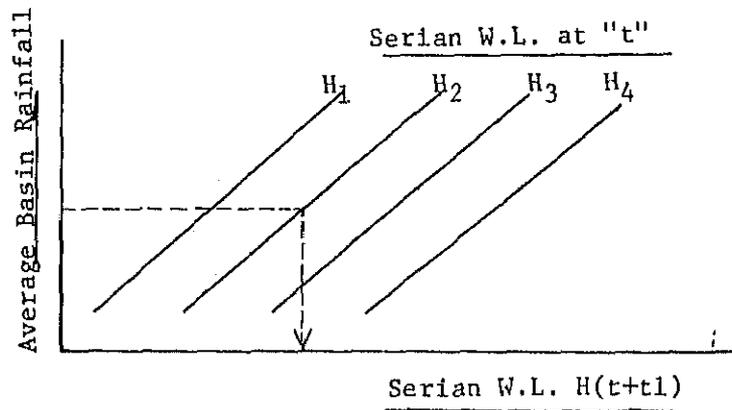
n : 洪水流出に支配的な降雨の時間帯

$T\theta$: 洪水到達時間 (=洪水予測時間)

n 及び $T\theta$ は、既存及び新規水文資料により解析し決定する。相関図の作成方法は、前記予測モデル S-1 と同様とする。

(3) 予測モデル S-3
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Tebedu 雨量} \\ \text{Mongkos 雨量} \\ \text{Serian 雨量} \end{array} \right\} \rightarrow \text{Serian 水位}$$

3 観測所の雨量から Serian 水位を予測する相関図として、次図から、流域平均降雨強度 \bar{r}_t 及び予測地点水位 H_t より、洪水到達時間 $T\theta$ 、後の $H_{t+t\theta}$ を予測する。



流域平均雨量
$$\bar{R}_t = \frac{\text{Tebedu } R_t + \text{Mongkos } R_t + \text{Serian } R_t}{3}$$

流域平均降雨強度
$$\bar{r}_t = \frac{\bar{R}_{(t-n)} + \bar{R}_{(t-n-1)} + \bar{R}_t}{n}$$

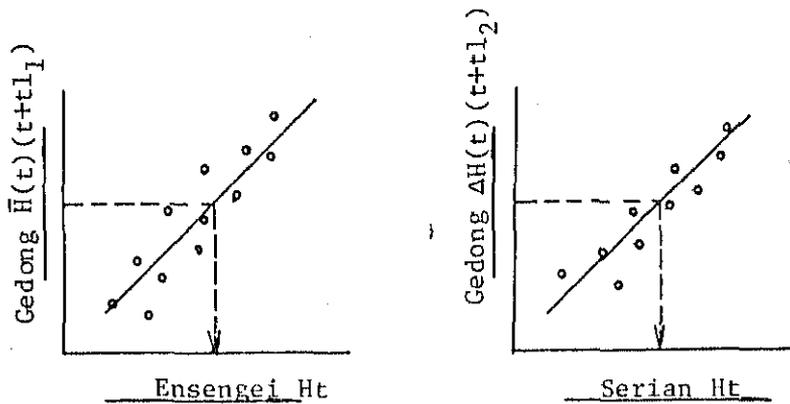
ここに、 n : 洪水流出に支配的な降雨の時間帯

$T\theta$: 洪水到達時間 (= 洪水予測時間)

n 及び $T\theta$ は、水文資料により解析し決定する。

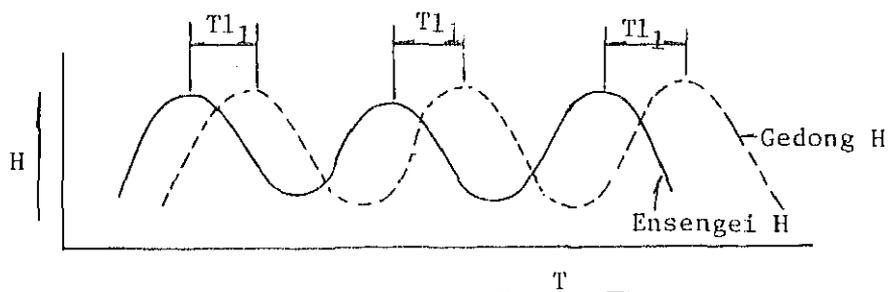
(4) 予測モデル G-1 (Serian 水位
Ensengei 水位 } \rightarrow Gedong 水位)

Gedong の予測については、下流の潮位と上流からの流量によって水位が予測されることから、Ensengei と Serian 水位より、次のように求める。



① Ensengei 水位と Gedong 水位の相関

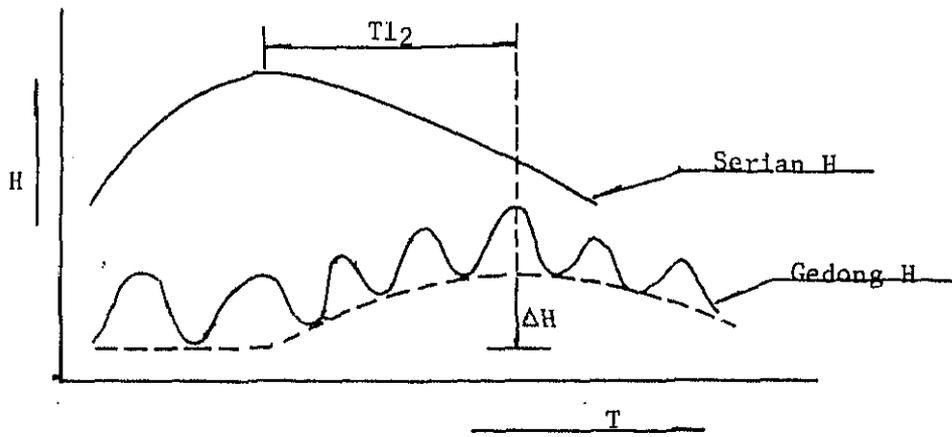
Ensengei 水位と Gedong 水位の関係は、次のように求めることができる。



上記のように平常時の資料から Ensengei 水位と Gedong 水位の相関関係を求める。

② Serian 水位と Gedong 水位の関係

平常時の Serian 水位と Gedong 水位との関係は、潮位の影響が卓越するので、相関はないと思われる。しかし、洪水時には流量の影響も大きく現われるものと考えられるので、洪水時の Gedong 水位の洪水流量による上昇分 ΔH を Serian 水位に対応して求め、Serian 水位と Gedong 水位との相関関係を作成する。



①と②から(3-1)式より、洪水時のGedong水位を求めることが可能である。