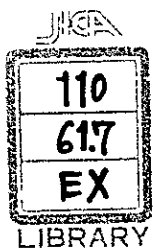


72-20

漢江洪水予警報調査第1次報告書

—1972年—



海外技術協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '84. 5. 15	110
登録No. 04485	617
	EX

漢江洪水予警報調査第1次報告書

目 次

(1) 序 章	1
(1 - 1) 調査の背景	1
(1 - 2) 調査団への付託事項	2
(1 - 3) 調査団の構成	3
(2) 洪水予報 System の現況	4
(2 - 1) 予報の方式	4
(2 - 2) 観測ならびに通信施設	8
(3) 新洪水予報 System の概要	22
(3 - 1) 洪水予報の概念	22
(3 - 2) 洪水解析	24
(3 - 3) 予報対象地域	32
(3 - 4) 予報の方式	39
(3 - 5) 洪水予報施設の設計	40
(3 - 6) 施設整備の基本方針	51
(4) 今後の検討事項	53
(4 - 1) 当面の作業計画	53
(4 - 2) 第2次現地調査の必要性	53
(4 - 3) 最終報告書の提出	53

JICA LIBRARY



1048622[3]

(1) 序 章

(1-1) 調査の背景

人口600万を擁し、政治、経済、文化の中心である首都 Seoul を貫流する漢江は韓国最大の河川である。その豊かな水は古来より沿岸住民の生活にかぎらない恵みを与えてきた。しかしながら、毎年7月から9月にかけて豪雨がもたらす洪水は沿岸住民の生命や財産を脅かし、年間平均の被害額は28億wonにもものぼり、1年間に洪水のために失われる人命は多い時には数百名にも達する。このような実情から、韓国政府は漢江の治水の重要性に対しては十分な認識をもち、水害防除のための施設の充実を図る一方、洪水予報に対してもひとかたならぬ努力を払ってきた。一般に、洪水予報は、生起する洪水の規模をより早く察知し、これを広く伝え、避難等の措置をとることによって被害を軽減するという直接的な目的のほか、住民のいたずらな不安をとり除いて軽挙を戒めるという間接的な目的をも持っている。こうした意味で広大な農耕地と膨大な人口をその沿岸にひかえる漢江において、より早く、より正確な洪水予報を発令することは治水上の重要な課題となっている。

洪水予警報の発令は風水害対策法(1967.2.28 法律第1714号)にもとづくものである。すなわち、同法第17条によると「災害が発生するか、あるいは発生するおそれがある場合には、各防災責任者が実施する災害応急対策を総括調整するとともに災害応急対策活動を実施するために、国務総理の管轄のもとに災害対策本部が設置される。」また、同法第25条第1項には、「災害が発生するか、あるいは発生するおそれがある場合には、災害を防止するか、あるいはその被害を軽減するためつぎの各号に掲げる災害応急対策がとられるものとする。」とあり、その第1号に、「警報の発令と伝達ならびに避難の勧告と指示。」が掲げられている。

一般的に云って、洪水予報 System は予報に必要な種々の入力 data (雨量, 水位, 流量など) を確保するための観測と、これらの data を必要な時に必要な

場所へ送受信するための通信と、得られた data を入力して、定められた方式にもとづいて予報対象地域に関する洪水の規模を推定するための予報技術という 3 つの要素から成り立っている。漢江の場合、観測については 1970 年現在で建設部管轄の雨量観測所は自記が 34 箇所、普通が 30 箇所あり、水位観測所は自記が 9 ヶ所、普通が 22 箇所ある。通信については、建設部を受信局とする 3 箇の SSB 局と 4 箇の VHF 局とがあるが、全流域の水文資料を迅速に把握するという洪水予報実施上の要件に照して考えると通信施設の実情は必ずしも満足なものとはいえず、その改良強化が望まれている。また、予報技術については、建設部において研究が行われ、具体的な方式が提案されている。この方式は、過去の洪水資料にもとづいて得られた相関々係を用いて、上流地点の観測水位とその生起時刻から下流地点の水位とその生起時刻を推定するものであり、大洪水の場合、Seoul 地域に関しては大体 8 時間前に予測できる。ところが、近年北漢江を中心としてつぎつぎと dam が建設され、その影響が上記の相関々係の上にも徐々に現われており、この傾向は昭陽江 dam および八堂 dam の完成によってさらに助長されることが予想される。

1968 年 12 月に開催された国際連合 ECAFE/WMO 台風委員会の第 1 回の会議において、台風による災害を軽減するために必要な気象・水文施設の改良計画が承認されたが、この計画の中で漢江流域が洪水予警報 system 改良の pilot 流域として選定された。

韓国政府および日本国政府は、漢江流域における洪水予警報施設の確立を促進するために、国際連合 ECAFE/WMO 台風委員会第 3 回会議の決議に留意しながら水文学専門家、河川工学専門家ならびに電気通信専門家から構成される調査団によって具体的な予報の方式および予報施設の計画に関する調査を行なうことに合意をみた。

(1 - 2) 調査団への付託事項

調査団への付託事項は、韓国政府から日本国政府に送付された Application of Technical Assistance (Form A.1) に記載されている事項によって示

される。

それによると

(1) Hydrological analysis so that key stations to be telemeterized could be selected.

(2) Flood analysis for improvement of existing flood forecasting and warning techniques, in Han River basin

を研究することが要求されている。

(1-3) 調査団の構成

調査団は洪水予報専門家1名，水文学専門家2名，河川工学専門家1名，電気通信専門家1名の5名の専門家と1名の顧問で構成された。専門家および顧問の氏名，現職および担当業務はTab-1に示すとおりである。

Tab-1

氏名	担当業務	現職
小坂 忠	調査団団長 洪水予報専門家	建設省河川局都市河川対策室長
竹内 俊雄	顧問 水文学専門家	防衛大学教授
矢野 洋一郎	調査団副団長 水文学専門家	建設省関東地方建設局 江戸川工事事務所副所長
藤崎 利雄	河川工学専門家	建設省関東地方建設局 利根川ダム統合管理事務所調査課長
三浦 一年	水文学専門家	建設省関東地方建設局 荒川上流工事事務所調査係長
中村 宣夫	電気通信専門家	建設省関東地方建設局 電気通信課長

(2) 洪水予報 System の現況

(2-1) 予報の方式

漢江沿岸には、首都 Seoul のほかに生産性の高い広大な耕地があって、毎年雨期になると多くの人命や資産が水害の危機にさらされるため早くから河道の改修や洪水予報の必要性が唱えられてきたが、洪水予報については、1925年に上下流の基準地点の水位の相関々係にもとづく方式が提案された。この洪水予報方式は非常に有益なものであったが、その後のあいつぐ dam の建設や流域の特性の変化によって、予報の精度が十分でなくなったため、1965年に新しい方式が確立された。2つの方式の概要はつぎのとおりである。

(2-1-1) 1925年に設定された予報方式

人道橋における水位とその生起時刻を予報するために1924年以前の10年間の資料が収集され解析されたが、この解析から南漢江については駙州、北漢江については加平が選定され、これら2地点と人道橋との間の洪水到達時間が約12時間であることが明らかにされた。Fig-1はこれら上流2地点の水位から約12時間後の人道橋の水位を予報するための diagram である。この解析の過程で上流2地点と人道橋との間の支川からの流入量の影響が研究された結果、駙州および加平の水位が観測された後の12時間における Seoul 付近の総降雨量が50mmを越える場合には Fig-1 から推定された人道橋の水位に降雨量100mm について1mを加えたものを人道橋の水位とすることが提案されている。

この方式に関する問題点はつぎのとおりである。

- ㉔ 洪水到達時間が洪水の規模に関係なく一定である。
- ㉕ 上流2地点の水位と人道橋の水位との対応が一義的であって、合流や河道貯溜効果による洪水波形の変形の影響が考慮されていない。
- ㉖ 途中の流域の降雨の予報水位に与える影響が洪水到達時間内の総降雨量との関係で表現されているだけで降雨の時間的および地域的な分布の影響が考慮されていない。

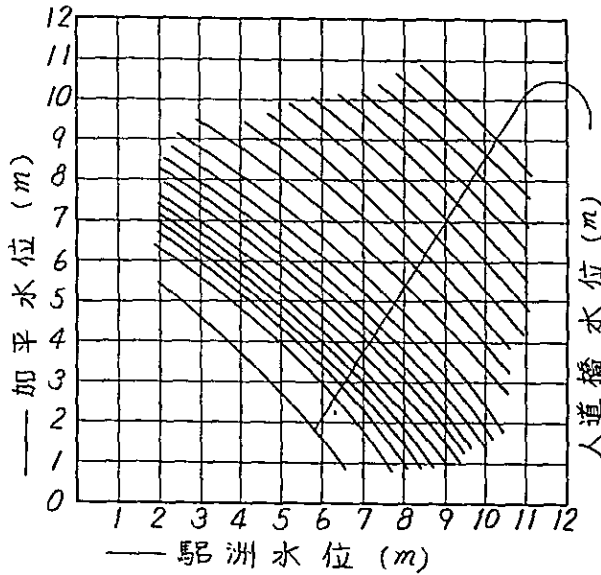


Fig-1 STAGE CORRELATION DIAGRAM
BETWEEN GA-PYEONG, YEO-JU & INDO-GYO

(2-1-2) 1965年に設定された予報方式(現方式)

1965年までに北漢江に華川, 春川, 清平の3つのdamが建設されたため, 北漢江の洪水の伝播の形態が著しく変化し, また一方では流域の山地の荒廃の進行が洪水の流出の様相を変えたために従来の予報方式の適合性が近年の洪水資料にもとづいて再検討された結果, 新しい予報方式の確立の必要性が認められた。この方式の特徴は上流基準地点として選択された北漢江の清平と南漢江の駮州の流量が北, 南漢江合流点のすぐ下流の高安を介して人道橋の水位に関係づけられる仕組みになっている点である。清平ならびに駮州から高安までの洪水到達時間および高安から人道橋までのそれは, 最近の洪水資料に関する研究の結果からTab-2のように推定されている。

この方式の概要はつぎのとおりである。

① 清平および駮州の観測水位が次式を用いて流量に換算される。

$$\text{清平} \quad Qc = 89.44(Hc - 1.45)^2$$

騶州 $H_Y \leq 7.35 \text{ m}$ に対して

$$Q_Y = 119.45 H_Y^2 - 264.26 H_Y + 146.152$$

$H_Y \geq 7.35 \text{ m}$ に対して

$$Q_Y = 241.74 (H_Y - 2.96)^2$$

⑥ 清平および騶州から高安までの洪水到達時間を考慮して Q_C と Q_Y を加え合わせることによって高安の流量 Q_G が計算されるとともにこの流量の高安における生起時刻が推定される。

⑦ 計算された高安の流量は次式を用いて水位に換算される。

$$\text{高安} \quad H_G = 0.12247(10,504.26 + Q_G)^{1/2} - 7.25$$

⑧ 高安から人道橋までの洪水到達時間と次式を用いて人道橋の水位とその生起時刻が推定される。

人道橋 $5.0 \text{ m} \leq H_C \leq 9.5 \text{ m}$ に対して

$$H_1 = \sqrt{100} - (H_C - 13.64)^2 - 0.68 \cdot C$$

$H_C \geq 9.5 \text{ m}$ に対して

$$H_1 = 0.41 \cdot H_C + 4.55 \cdot C$$

ここに、 C は降雨量と降雨の地域分布によって変動する係数で、つぎのとおりである。

$$C = 1$$

流域全体に降雨量が比較的一様な場合

$$C = 0.93 \sim 0.96$$

高安下流域よりも上流域の降雨量が比較的多い場合

$$C = 0.53 \sim 0.71$$

上流域の降雨量が比較的少ない場合

(2-1-3) 現方式の問題点

現方式は取り扱いが簡単であるという長所のほか、合流現象を論理的に処理したり洪水到達時間を洪水の規模に応じて変化させるなどいくつかの合理的な手法を取り入れているため、洪水の pattern によっては相当に精度の高い予報方式であるといえる。しかし、この方式に関して洪水予報あるいは水文学上問題が

ないわけではない。

㉑ 予知時間の延伸が困難である。

例えば太洪水の場合の人道橋に対する予知時間は7.5時間（清平から人道橋までの洪水到達時間）である。この7.5時間が予知時間として十分であるかどうかという議論は別にしても、現方式によるかぎり、予知時間をこれ以上長くすることは困難である。

㉒ 洪水の伝播過程で河道貯溜効果による洪水波形の変形が考慮されていない。地形から考えて、騶州と高安（約54 km）および高安と人道橋（約44 km）の間で、波形によってはかなりの貯溜効果が期待され、それが予報の精度に大きな影響を及ぼすことが十分に考えられる。

㉓ 途中の流域の降雨の時間的および地域的な分布の影響が考慮されていない。過去の降雨資料によると清平および騶州の下流域（約3,460km²）に強い雨の降ることが多く、この流域からの流出量が予報の精度に相当な影響を与えるはずである。現方式ではこの影響をCという係数で考慮しているが、Cの採択基準が厳密さを欠くうらみがある。

㉔ 高安のすぐ上流の八堂に有効貯水容量2.4億m³の発電用damが建設されたため洪水の伝播変形過程が影響される。

Tab-2 洪水到達時間

清平～高安

清平の水位 (m)	到達時間 (時間)
7 以下	4
7 ~ 10	3
10 以上	2.5

騶州～高安

騶州の水位 (m)	到達時間 (時間)
6 以下	9

6 ~ 7	8
7 ~ 8	7
8 以上	6

高安～人道橋

高安の水位 (m)	到達時間 (時間)
7 以下	6
7 以上	5

(2 - 2) 観測ならびに通信施設

漢江流域に設置されている雨量観測所および水位・流量観測所は Tab-3 に示すとおりであり、その配置は Fig-2 に示すとおりである。

この図からわかるように北漢江の華川 dam 上流域の大部分を占める 3,100 km² は DMZ 以北にあって、現状では方山以外の雨量資料を入手することは非常に困難である。雨量観測所は華川 dam 上流域を除く全流域に 63 箇所あるが、竜仁を中心とする流出試験流域に設置されている観測所群を 1 箇所として取り扱くと、その配置密度は 370 km² について 1 箇所の割合となる。また、自記雨量計を設置した観測所は 30 箇所あって、その配置密度は 730 km² に 1 箇所の割合となる。

水位・流量観測所の現況は自記が 9 ケ所、普通が 22 箇所である。

一方、洪水予報のための通信施設はすべて有人式で、VHF によるものが 4 局と SSB によるものが 3 局ある。その系統ならびに配置は Fig-3 および Fig-4 に示されるとおりである。

Tab. 3-1)

漢江流域雨量觀測所諸元一覽表

番号	觀測所名		種別	位置			海拔高 MSL	觀測開始 年 月 日	監督官署名	備考
				地名	東 經	北 緯				
1	金 浦	Gimpo	普通	京畿道金浦郡金浦面北辺里	126° 42' 37"	37° 37' 25"	20	1927. 6. 1	金浦郡庁	
2	南 面	Namyeon	"	" 始興郡南面堂里	126° 56' 50"	37° 21' 08"	40	1962. 7. 1	軍浦面事務所	
3	議政府	Euljeongbu	自記	" 議政府市南区	127° 03' 00"	37° 08' 00"	42	1960. 8. 1	楊州土木管区	
4	樂 生	Nagseang	普通	" 広州郡樂生面仮橋里	127° 06' 17"	37° 23' 00"	40	1962. 7. 1	樂生面事務所	
5	内 里	Nae ri	"	" 抱川郡内村面内里	127° 13' 45"	37° 44' 00"	170	1962. 7. 1	内村面事務所	
6	金 谷	Geumgog	自記	" 楊州郡美金面金谷里				1966. 9. 1	金谷国民学校	
7	高 安	Goan	普通	" 瓦阜面徳沼里	127° 12' 45"	37° 35' 05"	20	1962. 7. 1	瓦阜面国民学校	
8	南漢山	Namhansan	自記	" 広州郡中部面山城里				1966. 9. 1	中部面国民学校	
9	広 州	Gwangju	普通	" " 広州面京安里	127° 15' 20"	37° 24' 45"	20	1962. 7. 1	広州郡庁	
10	蔡 賢	Mohyeun	自記	" 竜仁郡蔡賢面				1967. 1. 1	蔡賢面事務所	
11	浦 谷	Pogog	自記	" 竜仁郡浦谷里前 里				1967. 1. 1	浦谷国民学校	
12	竜 仁	Yongin	"	" " 竜仁面金浪楊里	127° 12' 50"	37° 13' 55"	80	1962. 4. 1	竜仁郡庁	
13	雲 鶴	Wanhag	"	" " " 雲鶴里				1967. 1. 1	雲鶴国民学校	
14	陽 智	Yangji	"	" " 内四面陽智里				1967. 1. 1	竜東中学校	
15	楊 平	Yangpyeong	"	" 楊平郡楊平面楊根里	127° 29' 25"	37° 29' 22"	40	1914. 6. 1	楊平郡庁	
16	青 雲	Cheongun	普通	" " 青雲面竜頭里	127° 42' 53"	37° 33' 02"	340	1964. 7. 1	青雲面事務所	
17	楊 東	Yangdong	"	" 楊州郡楊東面雙鶴里	127° 45' 22"	37° 25' 03"	200	1962. 7. 1	楊東面事務所	
18	利 川	Icheon	"	" 利川郡利川邑倉前里	127° 26' 40"	37° 16' 45"	60	1965. 12. 13	利川邑事務所	
19	驪 州	Yeoju	自記	" 州郡 州邑上里	127° 38' 20"	37° 17' 40"	45	1962. 7. 1	驪州郡庁	
20	笙 極	Seanggeug	"	忠北陰城郡笙極面新陽里	127° 36' 30"	37° 01' 53"	100	1965. 11. 1	笙極面事務所	
21	遠 三	Weonsan	普通	" 竜仁郡遠三面高塘里	127° 18' 30"	37° 09' 38"	140	1962. 7. 1	遠三面事務所	
22	良 峴	Ganhyeon	自記	江原道原城郡地正面良 里				1966. 9. 1	地正面事務所	
23	原 州	Weonju	普通	" 原州市原州土木管区	127° 57' 00"	37° 21' 00"	130	1914. 6. 1	原州土木管区	
24	横 城	Hoengseong	自記	" 横城郡横城面邑下里	127° 59' 15"	37° 29' 25"	130	1916. 7. 1	横城郡庁	
25	晴 日	Cheongil	普通	" " 晴日面柳洞里	128° 09' 00"	37° 34' 50"	230	1962. 7. 1	晴日面事務所	

番号	観測所名		種別	位置			海拔高 MSL	観測開始 年月日	監督官署名	備考
				地名	東經	北緯				
26	富論	Buron	普通	江原道原城郡富論面法泉里	127° 45' 10"	37° 12' 20"	85	1962. 7. 1	富論面事務所	
27	牧溪	Moggya	"	忠北中原郡嚴政面牧溪里	127° 55' 05"	37° 05' 05"	80	1962. 7. 1	嚴政面事務所	
28	忠州	Chungju	自記	" 中州市駅前洞	127° 55' 30"	36° 58' 12"	90	1927. 1. 1	忠州郡庁	
29	槐山	Goesan	"	" 槐山郡槐山面西部里	127° 47' 35"	36° 48' 30"	140	1964. 8. 5	槐山郡庁	
30	上毛	Sangmo	普通	" " 上毛面温泉里	127° 59' 40"	36° 50' 45"	180	1962. 7. 1	上毛面事務所	
31	延豊	Yeonpung	普通	" " 延豊面三豊里	127° 59' 50"	36° 45' 42"	200	1962. 7. 1	延豊面事務所	
32	青川	Cheongcheon	自記	" " 青川面青川里	127° 44' 30"	36° 39' 30"	180	1960. 8. 1	青川面事務所	
33	白雲	Paegun	普通	" 堤川郡白雲面平洞里	128° 01' 30"	37° 08' 10"	220	1960. 8. 1	白雲面事務所	
34	清風	Cheongpung	"	" " 清風面邑里	128° 09' 50"	37° 00' 50"	105	1962. 7. 1	清風面事務所	
35	丹陽	Danyang	自記	" 丹陽郡丹陽面下防里	128° 19' 15"	36° 56' 07"	129	1915. 4. 1	丹陽郡庁	
36	永春	Yeongchun	普通	" " 永春面上里	128° 29' 12"	37° 04' 30"	170	1962. 7. 1	永春面事務所	
37	上東	Sangdong	自記	江原道寧越郡上東面碌田里	128° 40' 50"	37° 08' 42"	285	1960. 8. 1	碌田国民学校	
38	寧越	Yeongweol	"	" " 寧越邑永興里	128° 28' 20"	37° 11' 00"	207	1918. 7. 1	寧越郡庁	
39	水周	Suju	"	" " 水周面武陵里	128° 16' 15"	37° 17' 10"	270	1960. 8. 1	水周面事務所	
40	平昌	Pyeongchang	"	" 平昌郡平昌面中里	128° 24' 00"	37° 22' 05"	295	1915. 6. 8	平昌郡庁	
41	芳林	Bangrim	普通	" " 芳林面雲橋里	128° 18' 25"	37° 26' 57"	480	1964. 6. 1	芳林面事務所	
42	大和	Daehwa	"	" " 大和面大和里	128° 27' 32"	37° 29' 50"	400	1964. 6. 1	大和面郡庁	
43	蓬坪	Bongpyeong	自記	" " 蓬坪面蒼洞里	128° 22' 55"	37° 36' 50"	550	1962. 7. 1	蓬坪郡庁	
44	旌善	Jeungseun	"	" 旌善郡旌善面鳳陽里	128° 39' 50"	37° 22' 40"	300	1916. 7. 1	旌善郡庁	
45	珍富	Jinbu	普通	" 平昌郡珍富面下珍富里	128° 33' 45"	37° 38' 00"	574	1960. 1. 1	珍富面事務所	
46	臨溪	Imgye	自記	" 旌善郡臨溪面松溪里	128° 51' 42"	37° 29' 42"	498	1926. 6. 1	臨溪面事務所	
47	下面	Hamyeon	"	京畿道加平郡下面真里	127° 21' 00"	37° 49' 00"	117	1960. 7. 1	下面事務所	
48	西面	Seomyeon	普通	江原道洪川郡西面中方里	127° 37' 00"	37° 39' 15"	150	1963. 5. 1	西面事務所	
49	洪川	Hongcheon	自記	" " 洪川面蓮坪里				1966. 9. 1	洪川郡庁	
50	斗村	Duchon	"	" " 斗村面自隱里	128° 01' 15"	37° 52' 00"	204	1960. 8. 1	斗村面郡庁	

番号	観測所名		種別	位置			海拔高 MSL	観測開始 年 月 日	監督官署名	備考
				地名	東 經	北 緯				
51	乃 村	Naechon	普通	江原道洪川郡乃村面道寛里	128° 05' 25"	37 48 45	260	1962. 7. 1	乃村面郡庁	
52	瑞 石	Seoseog	"	" " 瑞石面豊岩里	128° 11' 15"	37 42 40	320	1960. 8. 1	瑞石面郡庁	
53	加 平	Gapyeong	"	京畿道加平郡加平邑郡庁内	127° 30' 45"	37 49 35	60	1915. 8. 1	加平郡庁	
54	春 川	Chuncheon	自記	江原道春川市牛頭洞	127° 44' 40"	37 54 15	154	1913. 6. 1	春川農事技術院	
55	富 坪	Bupyeong	普通	" 麟蹄郡南面新南里	128° 05' 15"	37 58 03	250	1962. 7. 1	新南中学校	
56	麟 蹄	Injae	自記	" " 麟蹄面東里	128° 10' 25"	38 04 00	200	1924. 6. 1	麟蹄郡庁	
57	瑞 和	Seohwa	普通	" " 瑞和面瑞和里	128° 12' 45"	38 13 00	315	1962. 7. 1	瑞和面事務所	
58	竜岱里	Yongdaeri	自記	" " 北面竜岱里	128° 19' 55"	38 11 35	100	1964. 12.	竜岱国民学校	
59	麒 麟	Girin	"	" " 麟蹄面具里	128° 19' 15"	37 57 15	300	1926. 7. 1	麒麟面事務所	
60	蒼 村	Changchon	"	" 洪川郡内面蒼村里	128° 23' 35"	37 46 15	580	1962. 9. 18	内面事務所	
61	史 内	Sanae	普通	" 華川郡史内面史倉里	127° 31' 23"	38 04 03	260	1962. 7. 1	史内面事務所	
62	華 川	Hwacheon	自記	" " 華川面史里	127° 42' 45"	38 06 08	154	1916. 1. 1	華川郡庁	
63	上 面	Sangmyeon	普通	" " 上西面多木里	127° 32' 15"	38 10 30	480	1962. 7. 1	大城中学校	
64	方 山	Bangsan	自記	" 楊口郡方山面長平里	127° 57' 02"	38 12 22	350	1962. 7. 1	方山面事務所	

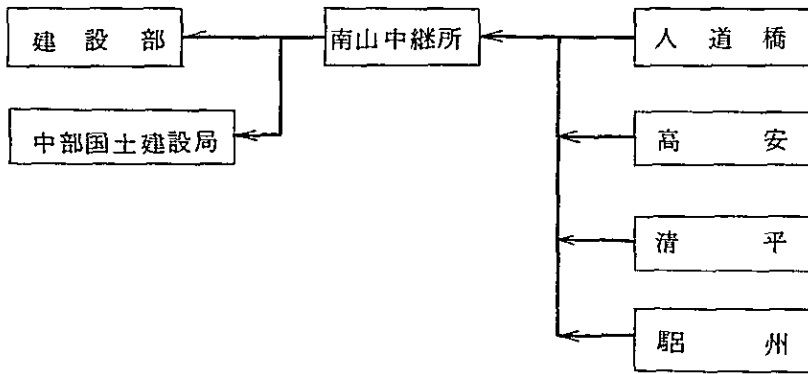
Tab. 3-2)

水位観測所一覽表

番号	観測所名		種別	位置			観測開始 年月日	感潮 有無	水位標 零位標高	監督官署名	備考
				地名	東經	北緯					
1	順流	Jonryu	自記	京畿道金浦郡霞城面順流里	126° 39' 54"	37° 41' 40"	1956. 1	有	- 1.237	霞城面事務所	
2	杏州	Haengju	"	" 高陽郡知道面杏州内里	126° 50' 00"	37° 35' 30"	1916. 8	"	- 0.068	知道面 "	
3	旧竜山	Guyongsan	"	Seoul特別市竜山区元曉路	126° 57' 00"	37° 31' 55"	1958. 3	"	1.274	建設部	
4	入道橋	Indogyo	"	" 永登浦区本洞	126° 57' 35"	37° 30' 40"	1918. 8	"	1.970	"	
5	毒島	Dugdo	普通	" 城東区聖水洞1街	127° 03' 10"	37° 31' 57"	1916. 9	無	4.205	毒島水源地	
6	広壯	Gwangjang	自記	" " 広壯洞18	127° 06' 45"	37° 32' 52"	1962. 2	"	6.193	広壯取水場	
7	八堂	Paldang	普通	京畿道楊州郡瓦阜面八堂里	127° 15' 37"	37° 32' 40"	1962. 7	"	11.010	瓦阜面事務所	
8	高安	Koan	自記	" " " 陵内里	127° 16' 55"	37° 31' 35"	1914.11	"	10.284	" 出張所	
9	楊平	Yangpyong	普通	" 楊平郡楊平面楊根里	127° 29' 40"	37° 29' 00"	1953.11	"	19.163	楊平面事務所	
10	駙州	Yoju	自記	" 駙州郡駙州邑上里	127° 39' 03"	37° 17' 35"	1913. 3	"	33.013	駙州郡庁	
11	良峴	Kanhyon	普通	江原道原城郡地政面良里	127° 60' 00"	37° 21' 45"	1962. 7	"	62.403	地政面事務所	
12	横城	Hoengson	"	" 横城郡横城邑下里	127° 59' 03"	37° 29' 32"	1962. 7	"	107.238	横城邑 "	
13	原州	Wonju	"	" 原州市鳳山洞	127° 57' 30"	37° 20' 40"	1962. 7	"	120.468	原州土木管区	
14	牧溪	Moggyo	"	忠北中原郡政政面牧溪里	127° 53' 05"	37° 04' 30"	1917. 1	"	52.732	忠州 "	
15	忠州	Chungju	"	" " 東良面竜橋里	127° 55' 10"	37° 01' 08"	1917. 6	"	62.663	"	
16	丹陽	Tanyang	"	" 丹陽郡丹陽面外中萬里	128° 18' 15"	36° 55' 55"	1917. 6	"	114.110	"	
17	寧越	Yongwol	"	江原道寧越郡寧越邑永興里	128° 28' 40"	37° 10' 45"	1917. 6	"	183.584	寧越面事務所	
18	後浦	Hupo	"	" " 西面北雙里	128° 24' 20"	37° 11' 38"	1962. 7	"	-	西面 "	
19	酒泉	Juchon	"	" " 酒泉西新日里	128° 16' 03"	37° 15' 52"	1962. 7	"	-	酒泉 "	
20	平昌	Pyongchang	"	" 平昌郡平昌面中里35	128° 24' 30"	37° 21' 56"	1958. 1	"	-	平昌郡庁	
21	大和	Daehwa	"	" " 大和面上安里	128° 24' 50"	37° 28' 20"	1962. 7	"	-	大和面事務所	
22	巨雲	Goun	"	" 寧越郡寧越邑巨雲里	128° 30' 45"	37° 13' 58"	1962. 7	"	-	寧越邑 "	
23	旌善	Chongson	"	" 旌善郡旌善面鳳凰里	128° 40' 10"	37° 22' 45"	1918. 1	"	300.697	旌善面 "	
24	臨溪	Imgye	"	" " 臨溪面松溪里	128° 51' 05"	37° 29' 30"	1942. 7	"	-	臨溪面 "	
25	清平	Chongpyong	自記	京畿道加平郡外西面大城里	127° 28' 52"	37° 42' 35"	1914. 1	"	22.708	楊州土木管区	

番号	観測所名	種別	位置			観測開始年月日	感潮有無	水標零位標高	監督官署名	備考
			地名	東經	北緯					
26	洪川	Hongchon	普通	江原道洪川郡洪川邑蓮峰里	127° 52' 55"	37° 41' 00"	1962. 7	無	—	洪川面事務所
27	加平	Gapyong	"	京畿道加平郡加平面邑内里	127° 31' 10"	37° 49' 45"	1962. 7	"	49.974	加平面事務所
28	春川	Chunchon	"	江原道春城郡西面徳斗院里	127° 40' 15"	37° 49' 25"	1914. 1	"	52.805	徳計面支署
29	書院	Bowon	"	" " 新北面竜山里	127° 41' 40"	37° 57' 15"	1962. 7	"	72.811	新北面事務所
30	昭陽江	Soyanggang	"	" " " 泉田里	127° 49' 15"	37° 56' 42"	1962. 7	"	80.568	"
31	麟蹄	Inje	"	江原道麟蹄郡南面藍田里	128° 09' 20"	38° 02' 15"	1917. 7	"	—	南面事務所

[V H F]



[S S B]

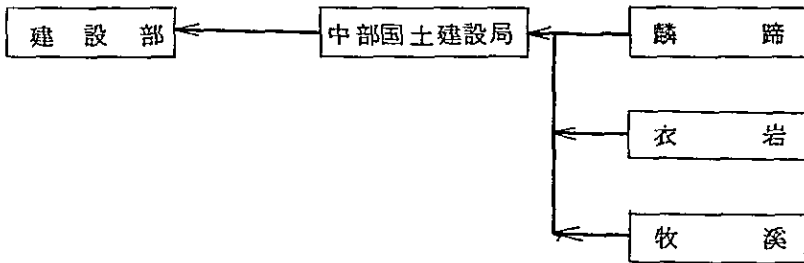


Fig - 3 通信系統圖

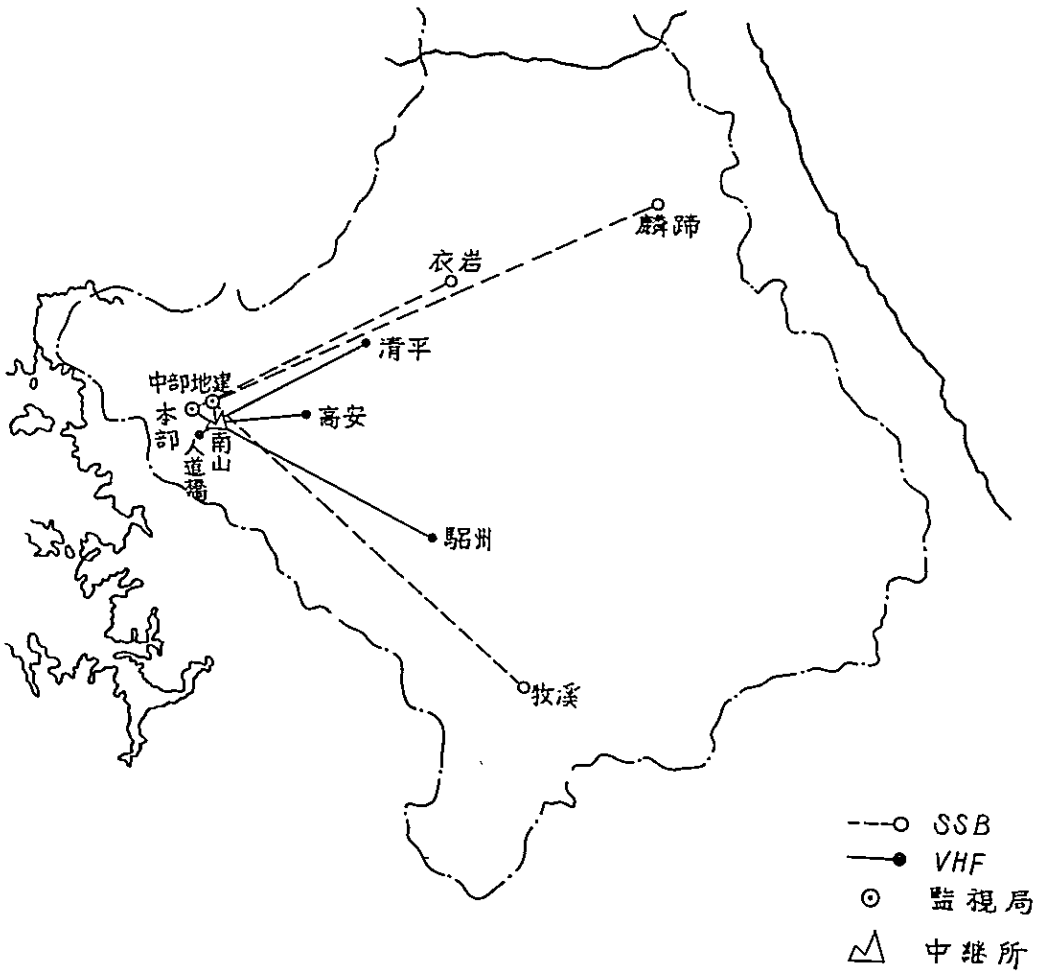


Fig - 4 洪水予報用無線局配置図

(3) 新洪水予報 System の概要

(3-1) 洪水予報の概念

洪水予報は気象，雨量，または上流地点の水位（または流量）から，対象地点における水位の時間的変化を予報するもので，基本的には水文学における洪水流出や洪水追跡の問題と一致する。洪水過程には Fig-5 に示されるように気象の変化，降雨，流出および河道流下という過程が含まれており，それぞれの過程は現象的には形態の変化をとめないながらも時間的には連続な伝播過程である。洪水予報はこの伝播の間の時間的余裕を利用して，ある状態に関する情報からひき続いて起る状態，またはいくつか先に起る状態を推定する技術の存在を前提として成立するものである。これらの伝播変形過程は，ある部分についてはその法則性がかかり明らかにされており，いくつかのすぐれた成果が実証されている。

一般的にいて，気象情報（例えば台風の位置および強さ）から予報するよりも雨量から予報する方が精度が高く，雨量から予報するよりも上流地点の水位（または流量）から予報する方がさらに精度は増す。このように予報を行なう段階に応じて洪水予報の方式はつぎのように分類される。

① 気象法

これは豪雨や融雪をもたらすような気象 pattern が現われた時点，あるいは豪雨が降り始めたり融雪が起り始めた時点で行われる予報の方式であるが，現状ではこうした気象情報と洪水との因果関係が十分に解明されておらず高い精度の予報は期待できない。しかしながら，流域の小さい河川では降雨の流出時間が短いので，適当な予知時間を確保するためにはこの方法によらざるをえない。

② 雨量法

これは流出過程の入力である降雨や融雪の状況が観測された時点で行われる予報の方式で，水文学の分野では最も研究が進んでいる領域である。気象法よりも精度は高いが流出現象そのものが地域的な特性に支配されるもので

あるためそれを Model として表現する一般的な手法の確立はきわめて困難である。したがって、対象となる流域の流出 Model を確立するために、膨大な水文資料を利用したいくたびかの試算を必要とするのが通例である。しかし、今日では電子計算機の利用によって試算のわずらわしさは取り除かれたと考えるとさしつかえない。この方式におけるもう1つの問題は降雨または融雪の地域的な分布をかぎられた観測所からの情報を利用してどの程度正確に把握できるかという点である。

③ 水位法

これは上流地点での洪水の状況が観測された時点で行われる予報の方法で、たいていの場合雨量法より精度はよいが、予知時間という点では余裕が少なくなるので、できるだけ上流の観測所の情報を利用するようにしなければならない。一般的には、相関による方法、流量を合成する方法、洪水追跡による方法などがある。第1の方法は対象とする2地点間に大きな支川の流入がなく下流の予報対象地点が、さらに下流にある支川または湖海などの背水の影響を受けないときには非常に有効な方法である。第2の方法は予報地点がいくつかの支川の合流後にあるときに各支川の流量から予報地点の水位を予報する方法であるが、河道の貯溜効果による洪水波形の変形がうまく考慮できれば十分な予報精度が期待される。

洪水予報には以上述べた予報精度のほかには予知時間についても十分な考慮が払われなければならない。予知時間は長ければ長いほどよいことはいうまでもないが、これを長くすると一般的に精度は低下する。こうした意味で予報精度と予知時間とをどのような balance のもとに選択するかが洪水予報 System 設計上の最も基本的な問題であるといえよう。

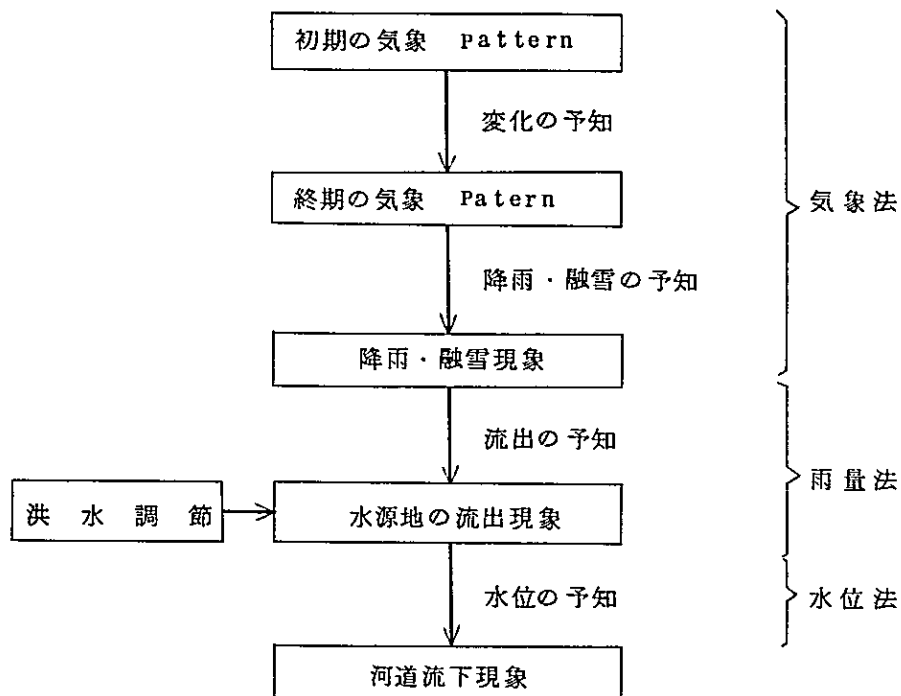


Fig - 5 洪水過程と洪水予報

(3 - 2) 洪水解析

(3 - 2 - 1) 解析の方法

洪水流出の特性を把握することは洪水予報にとって最も基本的な課題である。そのために過去の洪水に関する水文資料が種々の観点から解析されなければならないが、一般的に資料の量が限られているため解析方法の選択が重要な要素となる。今までにいくつかの解析方法が提案されているが、この研究が目的とする、降雨量を入力として下流部の洪水を予報する方式（雨量法）を確立するために必

要な解析方法の大要は、観測された降雨と流出量との間に物理的な法則性を見出し、これらの関係を特定の数式あるいは図式によって表現することである。ところが、流域の物理的条件は流域ごとに違っているため普遍的な手法はまだ確立されていない。

解析に際しての一般的な留意事項はつぎのとおりである。

- (1) 流域の流出機構を流域全体にわたって画一的に仮定する流出計算法では、それを適用できる流域の適正規模を知っておく必要がある。大きすぎると洪水流の伝播や河道の貯溜効果による影響が無視できなくなる。経験的には、それは 500 km^2 程度にとどめることが望ましく、大きくても 1000 km^2 が限度である。大流域の河川を対象とする場合にはいくつかの小流域に分割して流出計算を行えばよい。
- (2) 流域からの流出は山地流域と平地流域とではそれぞれ特性が異なる。山地流域では雨水量が山腹斜面を流下・浸透するのが流出の主成分であるため、浸透を考慮し、さらにManningなどの流れの式からModel化された計算法が適している。
- (3) 降雨強度およびその継続時間が変わると同一の流域でもその中で起っている現象の性質が変化することがある。したがって、たゞ1つの洪水を対象とせず大小いろいろの洪水について解析を実施して、洪水流出現象の実態が把握されなければならない。
- (4) 解析方法の選択に際しては、その方法が流域の特性を適確に表現できるかどうかという点だけではなく、洪水予法を実施するために有利であるかどうかについても十分検討する必要がある。

現在、降雨から流出量を推算するために提案されている代表的な方法にはつぎのようなものがある。

- (a) 単位図法
- (b) Tank - Model法
- (c) 貯溜関数法
- (d) 流出関数法

(e) 特性曲線法

これらの方法には、それぞれ特徴があつて優劣をつけにくい、漢江の洪水予報には貯溜関数法がつきのような理由で最も有利であると考えられる。

- (1) 計算に必要な定数の数が少なく、過去の洪水の降雨および流出に関する資料を使ってこれらを推算することができる。
- (2) 数値解法による計算が可能であるため、Digital 式の電子計算機を利用して膨大な情報を短時間に正確に処理することができる。
- (3) 洪水流出の非線型性を考慮することができる。
- (4) 任意の時刻の流出量は、その時刻の降雨量と1時間前の実測流量だけから逐次計算によって求めることができる。したがって予測値と実測値とに差異が生じても修正が容易である。

(3-2-2) 貯溜関数法

貯溜法による洪水流出計算は古くから研究されており、Horton(1937), Muskingham(1938), Clark(1945) などの研究があるが、1961年に日本の木村俊晃氏は洪水の非線型性を導入するとともに、水量の連続性について単純な線型性を設定した貯溜関数法を提案した。この方法は計算が比較的簡単なうえに流域、河道および貯水池のいずれに対しても適用が可能であるため、現在日本において最も広く使用されている。この方法の理論的考察および実用的計算方法については、すでに同氏の論文その他に詳しく紹介されているのでここではごく簡単にのべる。

貯溜関数法では貯溜関数の取扱いが流域と河道で多少異なる。まず、流域における降雨と流出との間の基本的な関係はつきのとおりである。直接流出の流出量を $Q(t)$ とし、仮想的な流出量を $Q_L(t)$ 、仮想的な流域貯溜量を $S_L(t)$ 、降雨強度を $r(t)$ 、流域面積を A 、流入係数を f としてつきのような関係式が仮定されている。

$$dS_L/dt = f \cdot A \cdot r - Q_L \quad (1)$$

$$S_L = F(Q_L) \quad (2)$$

$$Q(t) = Q_L(t - T_L) \quad (3)$$

ここに遅滞時間 T_L は S_L と Q_L の関係が一価関数となるように試算によって

決定される。この場合、 $F(Q_L)$ の関数形としては通常は次式が用いられる。

$$S_L = K_L \cdot Q_L^P \quad (4)$$

有効降雨量の算定については、流入係数 f を時間的に変化させる。すなわち降雨初期には $f = f_1$ (一次流出率) とし、累加雨量が飽和雨量 (R_{sa}) を越えると $f = 1$ とする。

基底流出量は初期流出量に等しい一定値と仮定して、(1)、(2)および(3)式から計算された流出量に加算される。

一方、河道の場合は(4)式に相当する河道の貯溜関数はつぎのように仮定される。

$$\varphi_S = \varphi + T_L = T_P \quad (5)$$

ここに、 φ_S : 定流の貯溜関数

φ : 洪水流の貯溜関数

T_P : 洪水Peak ($\partial H / \partial t = 0$) の到達時間

T_L : 遅滞時間

ここでいま、河道の断面その他を仮定してManningの式を変形すると

$$\varphi_S = T_P = K_S \cdot Q^{-0.4} \quad (6)$$

ここに、 $K_S = 0.185 \cdot L \cdot b^{0.4} \cdot i^{-0.3} \cdot n^{0.6}$

b : 河巾

i : 河床勾配

n : 粗度係数

(6)を(5)に代入すると

$$\varphi = K_S \cdot Q^{-0.4} - T_L \quad (7)$$

貯溜量 (S) は(7)式を積分して

$$S = \int \varphi \cdot dQ = K_S' \cdot Q^{0.6} - T_L \cdot Q \quad (8)$$

ここに、 $K_S' = 1.67 \cdot K_S$

以上が流域および河道に関する貯溜関数法の概略であるが、これらの計算には代数的な方法を用いることはできないので図解法、数値解法が用いられる。

(3-2-3) 流域の分割

洪水予報の観点から最も重要な地点であり、この解析の対象となる流域の最下

流地点である人道橋から上流の漢江の流域面積は 25,000 km² である。ところが、洪水解析を実施する際の留意事項の 1 つとしてすでに述べられているように、流出計算の対象として許される流域面積は 1,000 km² が限度であり、いままでの実例によると、貯留関数法の場合はだいたい 500 km² 以下の小流域に分割して計算を行なっている例が多い。このように考えると、人道橋上流域は少くとも 25 ~ 50 の小流域に分割されなければならない。しかしながら実際の分割にあたってはこうした経験的な配慮のほかにつきのような事項に留意する必要がある。

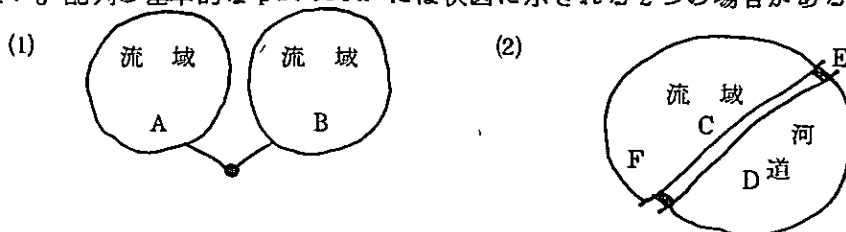
- (1) 地形的特性（流域界，流路の延長および勾配など）
- (2) 河道の構成
- (3) 降雨の分布特性
- (4) 水位，流量観測所の位置
- (5) 解析のための資料の整備状況
- (6) 既設および計画中の dam の位置
- (7) 洪水予報のための入出力地点

これらの点を考慮して、人道橋上流域は Fig-6 に示されるように 29 の小流域に分割された。

一方、河道に関しては、小流域内の河道の貯留効果の影響が大きいと考えられる場合には上流流域の流出点から当該流域の流出点までの河道を 1 つの河道区間とし、この部分に 1 つの河道貯留関数が設定される。これらの河道は全部で 22 設定され、その状況は Fig-6 に示されている。

(3-2-4) Modelの組み立て

洪水解析および洪水予報のための流出計算 Model は (3-2-3) で設定された小流域ならびに河道を配列することによって組み立てられるが、この配列が実際の流出現象にできるだけ近い形で実施されなければならないことはいうまでもない。配列の基本的な pattern には次図に示される 2 つの場合がある。



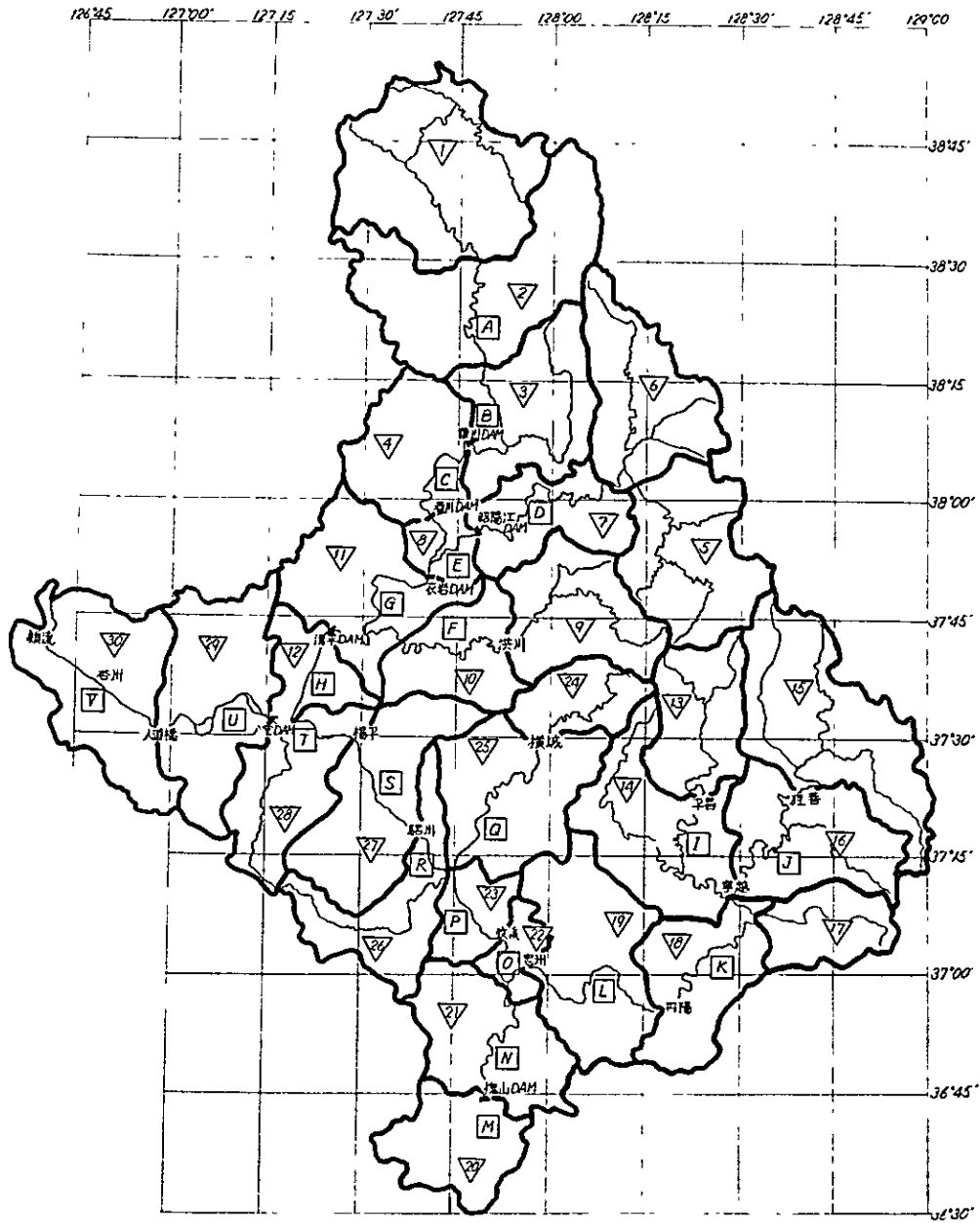
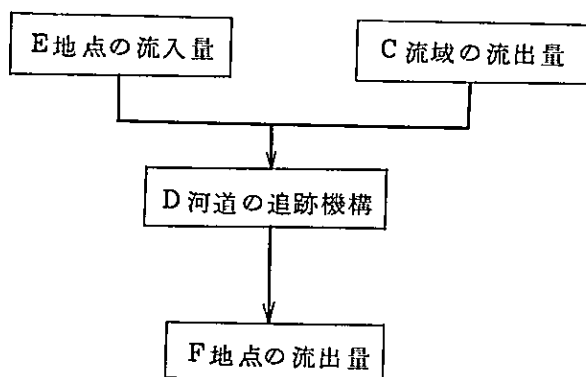


Fig - 6 流域分割图

(1)については、実際の合流関係をそのまま再現すればよく、遅滞時間をはじめとする流域固有の定数の設定を誤らなければとくに問題はない。(2)については、流域と河道の前後関係の取扱いが問題となるが次図に示されるように仮定するのが妥当であると考えられる。



これは貯留関数を用いて流出計算Modelを作成するときには一般的に設けられる仮定であって、今日までの経験では実用上とくに問題になった例はない。このほか、洪水解析における計算値の検証地点あるいは洪水予報のための入出力地点としていくつかの水位・流量観測所がModelの中に挿入された。このようにして組み立てられた人道橋上流域の流出計算Modelの模式図はFig-7のとおりである。

演算時間の短縮、演算の正確さ、将来におけるSystemの拡張性(例えば貯水池操作などを予報Systemの中にとり入れる)などを考慮すると、このModelによる洪水解析および洪水予報に必要な計算は電子計算機を用いて実施することが最も有利である。そのためのcodingの作業が11月に完了し、現在は実測の水文資料を用いた定数解析ならびに洪水予報に関するcase - studyが進められている。

流出計算Modelによる予測の一例がFig-8に示されている。これは降雨の予測が完全に行われた場合の人道橋における水位の予測値と実測値を比較したものである。Modelそのものがまだ完全なものではないためにpeakの前後では、相当の誤差があるが、この点は今後の修正によって改良されるはずである。

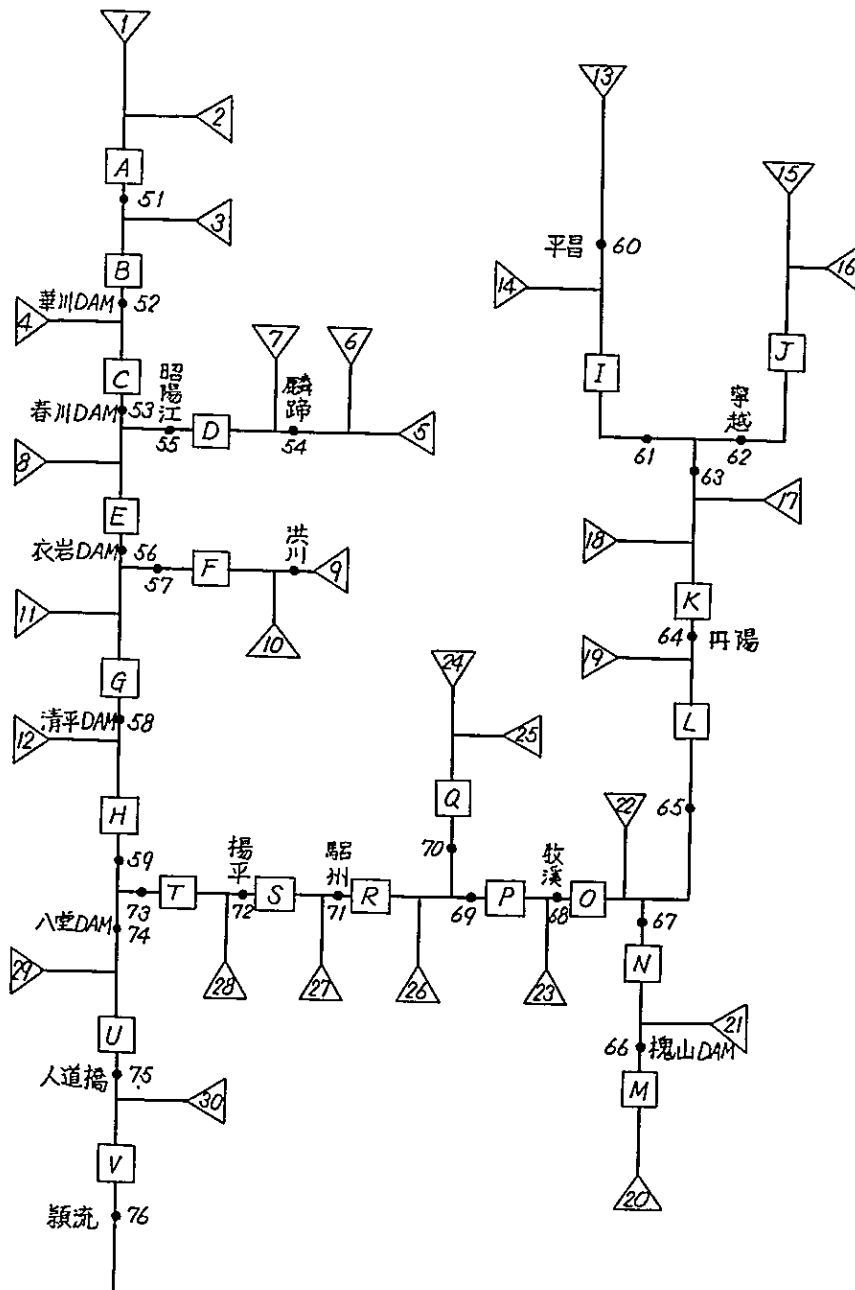


Fig - 7 流出計算Model 模式圖

(3 - 3) 予報対象地域

(3 - 3 - 1) 主要被災地域*

漢江流域では年々かなりの水害をうける。それは北漢江、南漢江それぞれの氾濫区域でも甚しいが、一層悲惨なのは八堂狭作部下流の高度に開発され、人口密度の高い氾濫区域である。主要な被災地としては漢江下流部の Seoul 特別市をはじめとして北漢江沿岸の春川、加平、洪川と南漢江沿岸の忠州、駙州、楊平の諸都市を中心とする地域である。大集約農業地域は北、南漢江合流点から下流の漢江沿岸、合流点から約 15 km 上流に展開する北漢江下流沿岸および黒川江合流点から蟾江合流点までの南漢江下流沿岸に存在する。これらの主要な氾濫区域の過去の被災の状況あるいは今後の被災の可能性の大要はつぎのとおりである。

① 北漢江

顕著な被害が生ずる最上流部の地域は春川周辺である。春川から清平までの氾濫区域の大部分は衣岩および清平貯水池の湛水区域となっている。清平 dam の下流の地域は河川に接近して土地が広く開発されており被災の可能性も大きい。北、南漢江合流点には現在八堂 dam が建設中であるが、衣岩、清平およびこの八堂 dam による湛水区域を除けば、北漢江の全氾濫面積は約 3,600 ha となる。このうち農業地域が 2,600 ha で全体の 70% 以上を占めているが、これは沿岸の多くの地域において農業地域が不足しているため毎年起りがちな洪水位より低い地域が耕地として利用されているためであろう。また河川沿いの高速道路、一般道路、橋梁、鉄道も被害をうけ、しばしば長期にわたる交通の渋滞が生じる。

② 南漢江

南漢江の氾濫区域は北、南漢江合流点から忠州にかけて展開している。氾濫面積は約 10,500 ha で、このうち全体の 68% に相当する 7,100 ha が耕

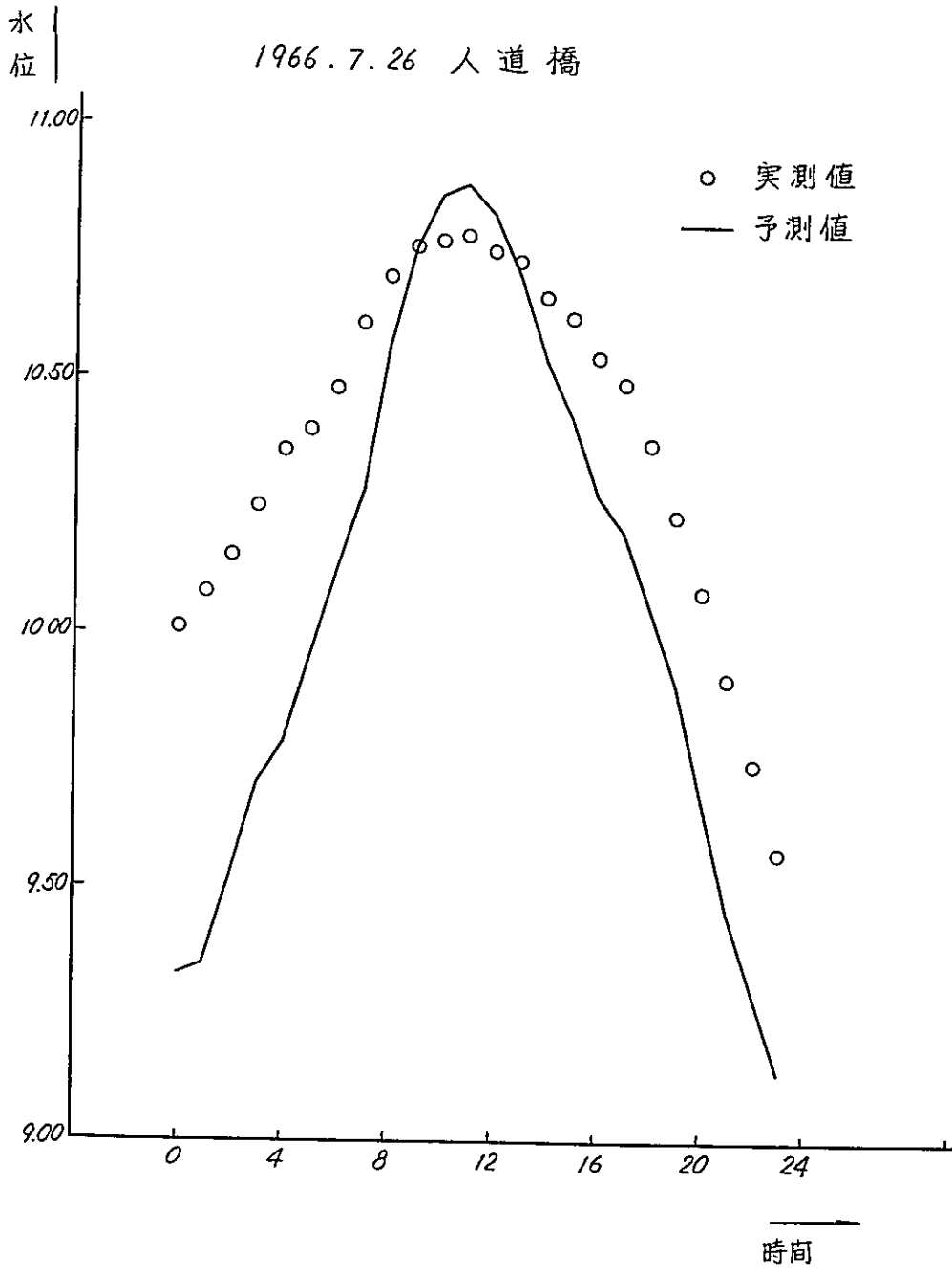


Fig - 8 予測計算例

地である。このあたり一帯の広い谷は耕地として理想的であり、古くから農業が発達し、今日でもそれはこの地域の最も重要な産業である。古来、耕地の開発は氾濫区域に集約されてきたが、それは1つには土地が米やその他の穀物の生産に適していたからであり、もう1つには周囲の高地よりも近づきやすいという理由からである。主要な農地は忠州から蟾江合流点までの沿岸地域、駙州周辺の Geumdang の水田地域および南漢江流域最大の農業集約地域である駙州から約5 km 下流の Ipo ならびに Hongchong 周辺地域である。また、合流点上流の狭搾部 Bunwon の水田地域のほかには耕地はほとんどない。氾濫区域の民家は中位の洪水位よりは高い所にあるが大洪水のときには浸水のおそれがある。兩水里、富論、牧溪などは1965年、1966年の洪水には相当の被害をうけた。忠州と駙州の市街地も同年の洪水で冠水した。Jungang 鉄道、高速道路25号線および42号線の一部も1965年程度の大洪水時には浸食、冠水などの被害をうける。

③ 漢 江

北、南漢江合流点から下流部の Misari 地域として知られる氾濫区域は7,300 ha の面積をもつ。この Misari 地域を通過して合流点の上流まで右岸を走る Jungang 鉄道と高送道路6号線は大洪水に対してはほとんど無防備に近く、1925年の洪水時には水深2 mにも及ぶ浸食流のため6号線は4 km にわたって大被害をうけた。合流点から約15 km 下流で河は2つに分れ、大きな川中島 (Misari 島) を形成する。島の総面積は630 ha で、島には240 ha の耕地と120戸の家屋がある。1925年洪水には島は完全に冠水した。Misari 島から広壮橋までの沿岸には Mangwolri, Opyongri, Am-sadong, Songpa といった農業地域がある。これらの地域は生産性の高い地域であるが、しばしば大被害をうける。広壮橋のすぐ下流で河は再び分流し、総面積820 ha の Jamsil 島を形成する。島には370 ha の耕地と400戸の家屋があるが、1925年の洪水で島は完全に冠水した。1972年現在、人口600万を擁する Seoul 特別市は漢江の兩岸を占める。兩岸は5つの高速道路橋と3つの鉄道橋によって連絡されている。市内の主要な住居およ

び商工業地域、高速道路、鉄道は堤防によって保護されるか、高地にある。両岸には堤防があるが、郊外の河岸の近くに近年開発された住居および商工業地域の多くは無防備な低地にあるため大洪水時には被害をうける可能性がある。

(3 - 3 - 2) 予報対象地域と予報水位観測所

(3 - 3 - 1) の考察にもとづいて漢江流域調査報告書 (HAN RIVER BASIN SURVEY REPORT) では、洪水予報という観点からではないが、治水の投資効果を評価する目的から漢江流域の氾濫区域が地形、水文特性、水理特性、地域の開発状況、経済特性などを考慮して Fig-9 のように7つの区域に分割されている。Tab-4 は各区域の想定被害規模を示したものである。ここに、北漢江の最上流域および南漢江の忠州から上流の地域は被害 Potential が小さいという理由で研究の対象から除外されている。

一方、日本政府調査団は1972年6月10日から6月30日までの韓国滞在期間中に過去の洪水資料に関する研究と Fig-10 に示されるような行程の5日間にわたる現地踏査を実施した結果、上記報告書における区域の設定が洪水予報という観点からも十分に妥当性のあることが確認されたほか、韓国建設部の技術者との討論を通じて、南漢江の忠州から上流の地域についても2~3の都市を洪水予報の対象地域として選定することが合意された。

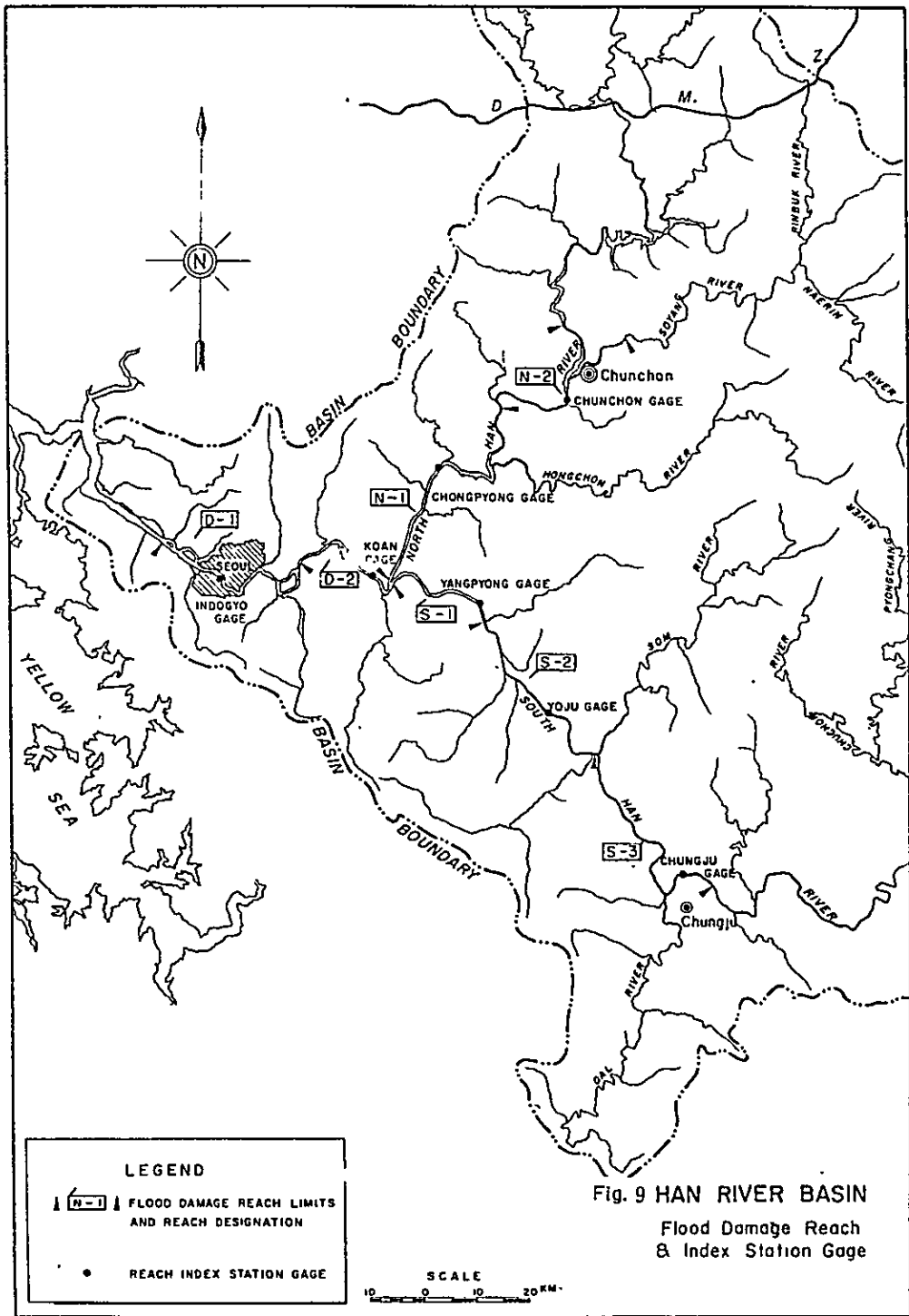
ところで、このようにして選定された予報対象地域に対して洪水の規模に関する情報を洪水予報という形で提供するためには、その地域の被害規模と河川の水位との間に十分に密接な相関々係が成立するような予報水位観測所が設定されなければならない。しかしながら、実際問題として、ある観測所の水位記録がどの範囲の地域の被害規模を正確に表現できるかを定量的に評価することは非常に困難である。何故なら、多くの場合この解析を可能にするだけの十分な資料がないからである。こうした点からいって、両者の間の関係はむしろ過去における数多くの災害の経験にもとづく定性的な評価に負うところが大きい。幸いなことに、洪水予報にとっては、この関係が定量的であるか定性的であるかが問題なのではなくて、ある水位観測所が代表することができる地域の範囲がどちらかの評価に

よって決まることが大切なのである。

以上のような考察にもとづいて、予報対象地域と各地域を代表する予報水位観測所とがTab-5のように選定された。

№	予報対象地域	予報水位観測所
1	D - 1	人道橋
2	D - 2	高 安
3	N - 1	清 平
4	N - 2	春 川
5	S - 1	楊 平
6	S - 2	駟 州
7	S - 3	忠 州
8	丹陽 寧越	丹陽・寧越

Tab- 5 予報対象地域と予報水位観測所



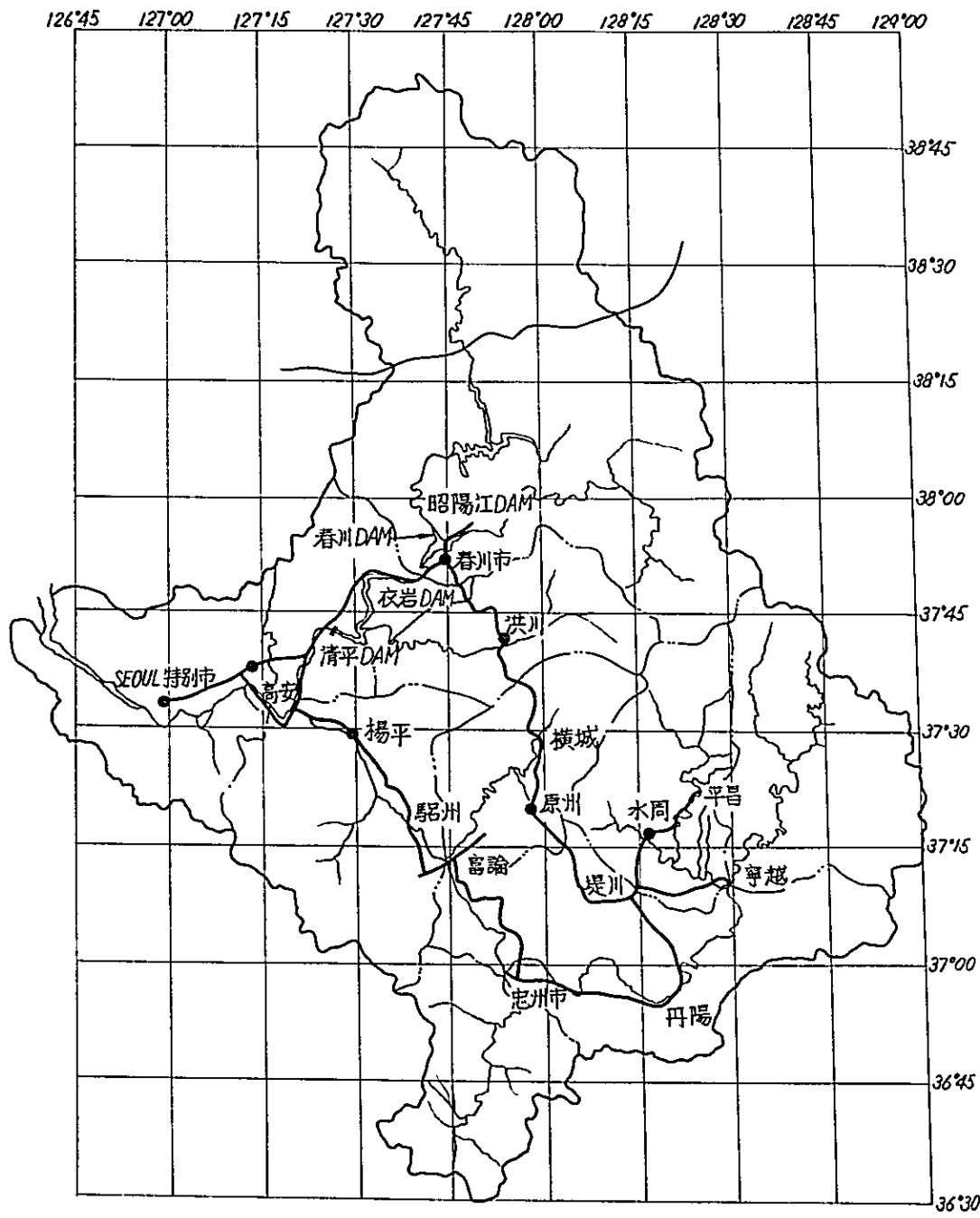


Fig -10 調查團流域踏查圖

Tab-4

想定氾濫被害規模

氾濫区域	耕地			住宅	年平均被害額
	水田	畑	合計		
	ha	ha	ha	戸	US\$
漢江					
D-1	1,372	2,635	4,007	4,020	1,394,600
D-2	935	1,390	2,335	1,590	698,200
南漢江					
S-1	1,232	451	1,683	2,410	552,200
S-2	3,030	1,224	4,254	3,510	1,103,500
S-3	319	888	1,206	1,080	241,100
北漢江					
N-1	197	392	589	730	69,100
N-2	226	1,787	2,013	880	62,800
合計	7,311	8,767	16,077	14,220	4,121,500

(3-4) 予報の方式

洪水予報技術における2つの重要な要素は予知時間と予報精度である。予報精度には、洪水の規模に関する精度と生起時間に関する精度がある。一般的な傾向としては、予知時間が短くなると予報精度は高くなり、長くなると低くなる。これに対して、洪水予報上の要求は予知時間をできるだけ長くとりながら、できるだけ高い予報精度を得ようとするものである。予警報伝達組織の整備、水防団の動員体制、住民の避難体制などの実情に応じて、地域ごとに必要な予知時間は異なるが、一般的には予報精度を著しく低くしない範囲で、できるだけ長くとることが望ましい。

いずれにせよ、これら2つの要素は洪水の流出、伝播過程をどのようなModelで表現し、そのModelにどのような入力を与えるかという洪水予報の方式の選択に

密接に関係するが、Model そのものについては、さきに詳述されているので、ここでは入力の実験の問題が研究される。

洪水予報の入力には3つの種類、すなわち気象条件、雨量および水位（あるいは流量）があって、それぞれの選択に対応する洪水予報方式が気象法、雨量法ならびに水位法と呼ばれている。しかしながら、実際の洪水予報においては、これらの入力の選択は決して画一的なものではなく、洪水の特性と予報対象地域の状況に応じていくつかの入力が混合して選択される混合法とでも呼ばれる方式がとられることが多い。また、流域面積が小さい、流域勾配が非常に急である、林相が著しく貧弱である、などの理由で洪水の流出時間が極端に短い場合を除いては、気象条件を入力として選ぶ方式は予報精度を高めることが非常に困難であるために一般的にはとられていない。したがって気象法はこの研究の対象から除外された。

一方、洪水予報において入力（雨量または水位）の選択が適確に行なわれ予知時間ならびに予報精度が適当な balance で設定されるためには、これらの関係がさらに定量的に評価されなければならない。このため、現在前節で選定されたすべての予報水位観測所について、当該予報水位観測所より上流域における入力の与え方が予知時間あるいは予報精度にどのように影響するかという問題が洪水流出計算Model を用いて検討されている。

（ 3 - 5 ） 洪水予報施設の設計

（ 3 - 5 - 1 ） 観測施設

洪水予報のための入力を提供する雨量観測所の配置に際して考慮されなければならない点はずぎのとおりである。

- ① その数および配置が流域の降雨量を正確に代表するために十分であること。
- ② Telemeter あるいは無線電話による本部との連絡が可能であること。
- ③ 施設の維持および管理が容易であること。

雨量観測所の配置については、数を多くすれば、それらが適正に配置されるかぎり流域の降雨量はより正確に測定されることになるが、観測所の設置、

観測，維持管理等に要する費用も増加する。このため，観測所の数は，原則的には観測所設置に関する費用と降雨量の測定精度（換言すれば洪水予報における予報値の精度）の向上によってもたらされる利益との比較秤量において決定されなければならないが，非常にむずかしい問題である。

雨量観測所の数と流域平均降雨量との相対的な関係については Fig- 11 に模式的に示されるような方法で検討することができる。

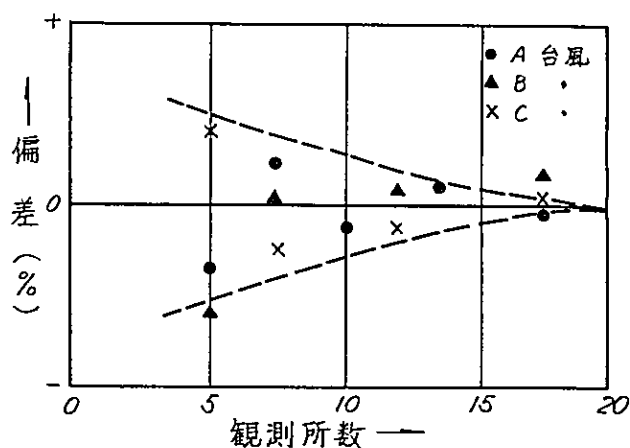


Fig - 11 雨量観測所の数と精度

この方法は，流域内の全雨量観測所の data を用いて流域平均雨量を求め，これを最確値と仮定し，順次観測所の数を減らしていった場合に生ずるこの最確値からの偏りを求めるものである。この偏りは，降雨ごとに相当に変動するばかりでなく，個々の観測所の選び方によっても結果が異なるため，多くの降雨について検討するとともに観測所の選定についても試行を行なう必要がある。現在，この方法によって漢江流域における必要雨量観測所数とその配置に関する研究が比較的資料数の多い 1965 年および 1966 年の洪水を対象として進められているが，必要観測所の数は大体 40 箇所ぐらいであると思われる。

一方，水位観測所については，さきに述べた 9 箇所の予報水位観測所のほかに入力用として数箇所が追加されるはずである。

(3 - 5 - 2) 通信施設

観測された雨量または水位をできるだけ早く洪水対策本部に伝送する方法としては、今日では無線による方法が一般的である。無線通信を運用の面から分類すると、有人式と無人式（または Robot 式）に大別され、後者は一般的には Telemeter 方式と呼称されている。Tab-6 はこれらの方式の特徴を示したものである。情報の収集整理が迅速に、正確に、組織的に行なわれなければならない洪水予報の通信は Telemeter 方式によることが最も望ましい。

現在、漢江流域について Telemeter System の根幹となる通信回線の設計が進められているが、設計に際して留意された事項はつぎのとおりである。

- (1) 無線回線は VHF 帯 (60 ~ 70 MC) とする。
- (2) 中継局はできるだけ少なくする。
- (3) 原則として、現存の観測施設を観測局に選定する。
- (4) 通信路の信号対雑音比 (S / N 比) は次式を用いて計算し、この値が 30 dB 以上でなければならない。

$$S/N \text{ 比} = P_t - (L_p + L_f) + G_{at} + G_{ar} - P_{rn} + l$$

ここに、

S/N : 通信路の信号対雑音比 (dB)

P_t : 空中線電力 (dBm)

L_p : 伝播損失 (dB)

L_f : 給電線損失 (dB)

G_{at} : 送信空中線の絶対利得 (dB)

G_{ar} : 受信空中線の絶対利得 (dB)

P_{rn} : 受信雑音電力 (dBm)

l : S/N 改善係数 (dB)

ここに l は次式により求めた値とする。

$$l = 10 \log \frac{3 f_d^2 \cdot B}{2 f_m}$$

f_d : 最大周波数偏移 (KHz)

B : 受信機の等価雑音帯域巾 (KHz)

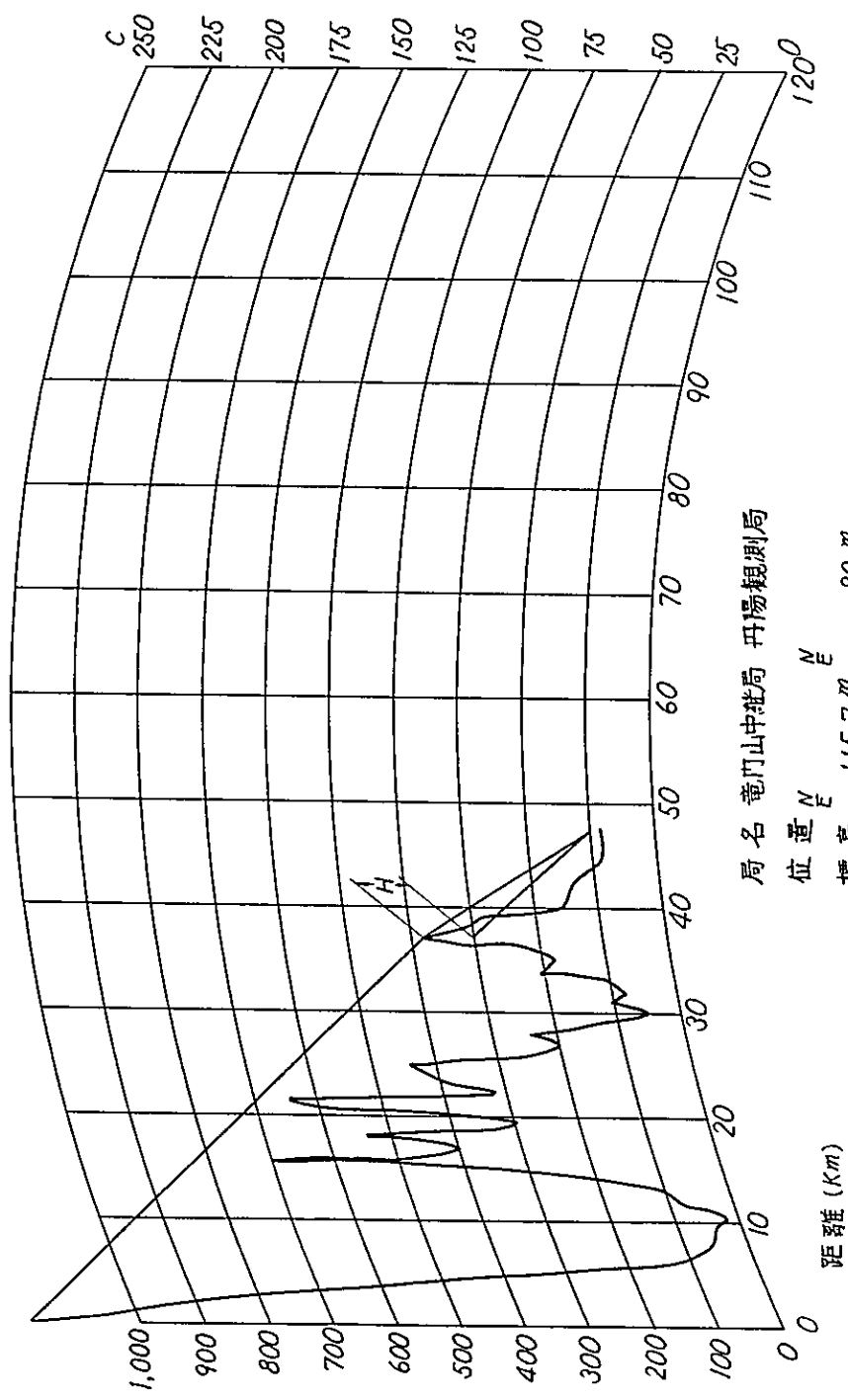
f_m : 最高変調周波数 (KHz)

- (5) fading-margin を十分考慮する。

Tab-7 はこれらの回線設計の例を示したものであるが、竜仁観測局～竜門山中継局間の回線は S/N 比が 44 dB で、fading のあるときの限界 level に対する margin (fading-margin) も 18 dB あって、安定した伝送の行える回線であることがほぼ確実である。一方、丹陽観測局～竜門山中継局間の回線は S/N 比が 27 dB で、fading-margin も負の値となっていて机上計算上ではこの回線は伝送不能となっている。この原因は、Fig-12 の profile からわかるように、山岳回折のための付加損失が多いためであると考えられる。したがって、現地で無線伝播実験を行ない、その結果にもとづいて観測局の位置を変更する等の処置が必要となる。

漢江の Telemeter System の構成はつぎのとおりである。

(1)	監視制御局	観測 data の記録・表示と各機器の監視制御を行う (Seoul の建設部に設置される)
(2)	無線中継局	監視制御局と観測局相互の通信の自動中継を行う (2 局程度が必要である)
(3)	雨量観測局	雨量の観測値を自記記録計に記録するとともに、監視制御局からの指令信号により自動的に data を伝送する
(4)	水位観測局	水位について(3)と同じ動作を行う
(5)	雨量・水位観測局	雨量と水位について(3)と同じ動作を行う



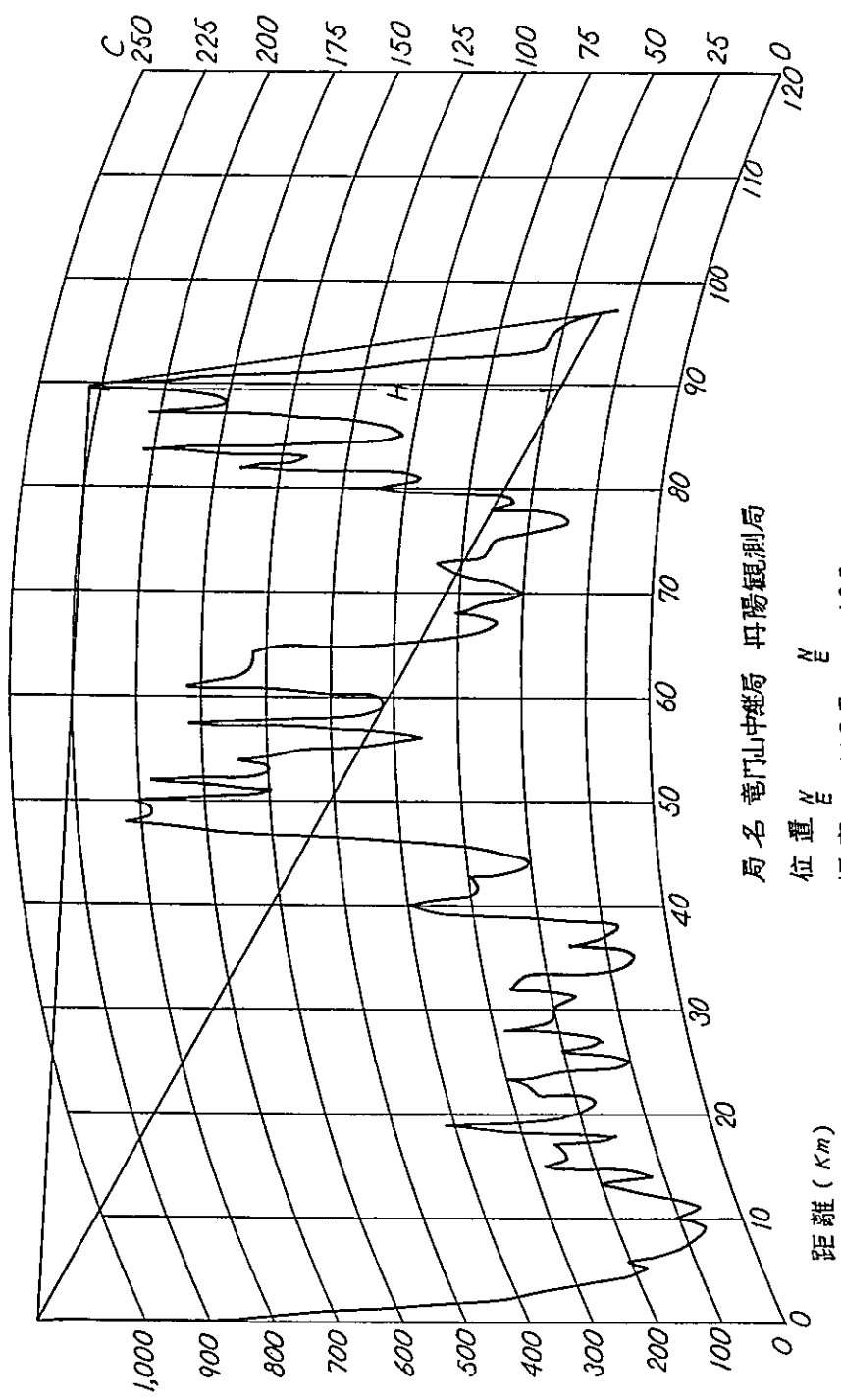
局名 竜門山中観測局 丹陽観測局

位置 $N \quad E$

標高 115.7 m 80 m

距離 47.0 Km

Fig-12(1) 見透図



局名 竜門山中継局 丹陽観測局

位置 $N E$ $N E$
 標高 115.7 m 120 m
 距離 97.0 Km

Fig-12(2) 見透図

Tab-6

無線回線による通信方式

方式	特 徴
有 人 式	<p>観測局に人が常駐し、水位あるいは雨量の情報を監視局に適宜伝送する。</p> <p>一般的に観測局の多くは山間の避地に存在するため、運用上不便な点が多い。</p>
無 人 式 (T e l e m e t e r 方 式)	<p>(1) 標準方式(個別呼出方式)</p> <p>観測は、監視局から観測局に対して局別の呼出信号を1局ごとに送出し、観測局がそのたびごとに送信起動して、監視局に情報を返送して行われる。平常時は監視局におかれた電気時計の制御によって一定時間間隔で自動的に観測が行なわれ、この間隔は任意に変更することができる。また、手動操作により随時観測局を呼び出すこともできる。</p> <p>観測値は観測時刻とともに自動的に typewriter で記録される。</p> <p>(2) 共呼方式</p> <p>観測は監視局から全観測局に対して共通の呼出信号を送出し、観測局がそれぞれの電気時計の制御によってあらかじめ定められた遅延時間をおいて順次送信起動して監視局に情報を返送して行なわれる。このため、1局ごとに独立した観測はできないが、監視局の装置を簡略化することができる。他の点については標準方式と同様である。</p> <p>(3) 連続伝送方式</p> <p>観測局から監視局に対して、情報を周期的に伝送する方式で、監視局では送られてくる情報を連続的に電光表示する。また、観測値を観測時刻とともに自動的に typewriter で記録することもできる。</p>

Tab-7

回線設計表

種 別	単 位	局 名	
		竜門山中継局←竜仁観測局 47.0 km	竜門山中継局←丹陽観測局 97.0 km
空中線電力	dBm	30 1W	35 3W
自由空間損失	dB	103	109
付加損失	"	12	30
給電線損失	"	3 10D2V 30m AFZE50-740m	3 10D2V 30m AFZE50-740m
空中線利得(送)	"	8 3E八木	10 5E八木
" (受)	"	2 sleeve	2 sleeve
送受共用損失	"		
無機電中継	"		
受信電力	dBm	- 78	- 95
受信雑音電力	"	- 110	- 110
高周波 S/N C/N	dB	32	15
S/N 改善係数	"	12	12
標準状態における S/N	"	44	27
fading 損失	"	5 0.1dB/km	10 0.1dB/km
fading があるときの 各区間 S/N	"		
総 合 S/N	"		
限界 level	dBm	- 101	- 101
限界 level に対する fading margine	dB	23	6
fading のあるときの 限界 level に対する margine	"	18	- 4
特 記 事 項			

(3 - 6) 施設整備の基本方針

漢江は流域が広大であるばかりでなく、流域内の降雨分布が非常に複雑であるため、観測施設および通信施設の規模が著しく大きくなる。このため、これらの洪水予報施設全体を一時に整備することは、とくに経済上の理由から不可能である。そこで、全体計画を完成するまでの過程をいくつかの段階に分け、各段階ごとに完全ではないけれども System としての効果を段階的に発揮させる、いわゆる段階施工の方式をとることが有利であると思われる。段階施工で問題となることは段階の区切り方、すなわち、数多くの施設をどのように区分し、それらの中にどのような評価基準にもとづく優先順位を設定するかということである。洪水予報の目的に照らして考えると、適当な評価基準としては、予報対象地域、予知時間および予報精度の3つがあげられる。

前述したように漢江には8つの予報対象地域があるが、このうち Seoul 特別市を中心とする地域（予報水位観測所は人道橋）は他の7つの地域に比較すると政治的、経済的および社会的な potential が格段に高い地域である。したがって、この地域は洪水予報上最優先されなければならないと考えられる。つぎに予知時間をいくらにとるかという問題は予報の目的が何であるかということに依存する。洪水予報の直接的な目的は一般には水防と避難とに大別されるが、水防の場合は体制の確保に要する時間、避難の場合は資産をも含めてそれが完了するまでに要する時間によって必要な予知時間が決定される。このため、条件が異なる種々の地域に共通した標準的な必要予知時間を設定することはなかなか難しいが、漢江における現存の洪水予報方式では最小予知時間（清平から人道橋までの最小洪水到達時間）は7.5時間となっている。つぎに、予報精度と入力との対応関係については、予報精度そのものが観測の精度にも影響されるため両者の因果関係を明らかにすることは一般的にはむづかしい。一方、こうした技術上の問題のほかには北漢江上流部の特殊な事情も考慮されなければならない。すなわち北漢江最上流域 DMZ より北部の地域については現在水文資料の入手が困難であるため、昭陽江流域を除く北漢江最上流域の入力は当分の間は華川 dam からの放流量が充当されるのが妥当であろう。

以上のような考察にもとづいて、現在英江流域に関する洪水予報のための観測施設ならびに通信施設の整備の全体計画が検討されつつある。

(4) 今後の検討事項

(4-1) 当面の作業計画

現在、各専門家によって進められつつあるつぎの3つの主要な作業を4月末までにおおむね完了させる。

- (A) 降雨解析ならびに雨量・水位観測所の設置計画
- (B) 洪水流出計算Modelの修正とそれを用いた洪水予報のCase study
- (C) Telemeter Systemの設計

(4-2) 第2次現地調査の必要性

- ① 第1次現地調査(1972年6月10～6月30日)の際に入手した資料にもとづいて行なわれた今までの作業の過程の中で、使用された資料そのものに対して生じたいくつかの疑問点を再検討する必要がある。
- ② 今までに実施された降雨解析または洪水解析は主として1965年と1966年の洪水の資料を対象としたものであるが、これらの資料のうちとくに降雨量に関する資料が十分ではない。このため、1972年8月の洪水の資料(資料の一部についてはすでに入手済みであるが)を用いて今回の解析の結果の妥当性を検証する必要がある。
- ③ 机上で検討された雨量ならびに水位観測所の設置予定位置が実際の観測や通信上問題がないかどうかを現地調査で確認する必要がある。
- ④ 通信回線の最終的な設計をするためにつぎのような現地試験を行なう必要がある。
 - a 無線伝播試験
 - b 都市雑音値の測定

(4-3) 最終報告書の提出

以上に述べたような調査を経て、1973年8月末日までに最終報告書が韓国政府に対して提出される。

1