

技術移転手法事例研究

地	ア	シ	ア	分	公共・公益事業
域	大韓民国	0220	野	河川・砂防	203020

洪水予警報業務に関する専門家活動報告
(大韓民国)

個別派遣専門家活動報告シリーズ — 38 —

昭和60年3月

国際協力事業団
国際協力総合研修所

総 研
J R
85 — 12

技術移転手法事例研究

地	ア	ジ	ア	分	公共・公益事業
域	大韓民国	0220	野	河川・砂防	203020

洪水予警報業務に関する専門家活動報告 (大韓民国)

個別派遣専門家活動報告シリーズ — 38 —

専門家氏名：オオツキ サダオ 大月 定雄
担当分野：洪水予警報業務
派遣期間：昭和57年4月20日～昭和58年5月31日
派遣国：大韓民国
派遣機関：建設部漢江洪水統制所
本邦所属先：建設省関東地方建設局企画部

本シリーズは、国際協力総合研修所の調査研究活動の一環として実施している技術移転手法事例研究のうち個別派遣専門家の現地活動について、要請の背景、業務の範囲と内容、業務の達成と具体的成果及び技術移転手法の実際例をとりまとめたものである。

なお、作成に当たっては、専門家本人による執筆原稿を統一的な記入要領に基づき多少加筆修正した。

JICA LIBRARY



1048632121

国際協力事業団	
受入 月日 '85. 9. 13	110
登録No. 11914	617
	IIC

目 次

序 文

- (1) 略 歴
- (2) 派遣にあたって準備した学習等

1. 要請の内容と背景	1
1-1 技術協力の背景と経緯	1
1-1-1 背景と経緯	1
1-1-2 調査団の調査経過	2
1-1-3 長期専門家の技術協力	4
1-2 要請書の内容	5
2. 要請業務と実施業務の概要	7
2-1 要請業務と実施業務の差異	7
2-2 要請に対する専門家派遣対応	8
2-3 業務・技術環境条件	9
2-3-1 自然条件	9
2-3-2 社会的条件	9
2-3-3 行政的条件	10
2-3-4 韓国の河川	14
2-4 配属機関の受入体制	20
3. 業務の達成と具体的成果	22
3-1 専門家活動の成果	22
3-1-1 計画の妥当性	22
3-1-2 計画の達成度	23
3-1-3 受入側の制約条件	24
3-2 洪水予警報技術の内容と指標	24
3-2-1 洪水予警報の必要性	24

3-2-2	洪水予警報システムの現状	25
3-2-3	洪水予警報技術の指標	27
4.	技術移転の実際例	30
	＜漢江洪水予警報SYSTEM定数検討＞	30
4-1	漢江洪水流出計算モデル	30
4-2	流出計算モデルの諸定数検討方針	34
4-3	既往洪水の分析	43
4-4	現行モデルの妥当性	45
4-5	定数解析	50
4-6	検証計算	54
4-7	考察及び課題	58
5.	提 言	59
5-1	総括及び反省	59
5-2	技術協力の将来展望	59

序 文

私は、大韓民国建設部漢江洪水統制所に J I C A の洪水予警報専門家として派遣された。派遣期間は、1982年4月20日から翌年4月19日までの1年間の予定であったが、任国の要請により42日間延長され5月31日までの任期であった。任国における業務は、漢江の洪水予警報業務を通して、漢江洪水予警報システム・モデルの総合的な問題点及び改善方策の検討並びに将来の施設拡充整備を含めた総合計画樹立案の検討等であった。

建設部漢江洪水統制所は、国際連合 E C A F E / W M O 台風委員会の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に基づく洪水予警報システム改良のパイロット流域として選定され設けられたものである。

日本国政府及び韓国政府は、漢江流域における洪水予警報システムの確立を促進するため国際連合 E C A F E / W M O 台風委員会第3回会議の決議に留意し、具体的な予報方式及び予報施設の計画に関する調査を行うことに合意をみた。

この方針に基づき、1972年から1977年までに計5回にわたり、日本国政府の漢江洪水予警報調査団により調査が行われ、漢江洪水予警報システムの確立と所管の漢江洪水統制所が設置されたものである。

これらのシステム・モデルは、1974年に概成し、その後実用段階で若干の修正が試みられてきたが、実際の運用において予測計算値と実際現象との整合性は必ずしも満足すべきものではなく、システム・モデルの総合的かつ抜本的な再検討が望まれるに至った。

このような実情に鑑み、1980年に韓国政府から技術協力の要請を受けた我が国政府は、1981年2月から洪水予警報専門家を常駐派遣し、要請に応じているものである。

(1) 略 歴

① 生年月日 1941年1月12日

② 学歴及び職歴

1959年 3月 長野県立南安曇農業高等学校

農業土木科卒業

1972年 3月 日本大学理工学部
土木工学科卒業
1960年 4月 建設省関東地方建設局に採用される

③ 業務歴

1960年 4月 砂防設計積算・施工監督担当
1964年 7月 河川計画調査担当
1969年 8月 河川管理（水利権審査）担当
1973年10月 河川計画調査担当
1977年 6月 河川管理（洪水予警報）担当
1980年 4月 河川計画調査・設計積算担当
1982年 4月 大韓民国建設部に派遣される

(2) 派遣にあたって準備した学習等

1972年から'77年の計5回にわたった日本国政府の漢江洪水予警報調査団による総合的な報告書「漢江洪水予警報調査報告書（第5次）

1977.10 国際協力事業団」と、「漢江洪水予警報調査報告書（PROGRAM説明書）1977.10 国際協力事業団」並びに前任専門家の1981年の洪水対策業務を通しての漢江洪水予警報システムの問題点摘出と対応策の提言レポート「漢江洪水予警報SYSTEM報告書 1982.3 建設部漢江洪水統制所」を通統して任国の業務内容を予想した。その他、韓国に係わる書物により任国事情を理解することに努めた。

一方、諸準備としては、前任専門家から業務の内容、執務態勢、携行品及び機材、自然・社会・行政等の任国事情を聴取し、心構えと携行品及び携行機材（参考資料及び消耗品等）の調達を行った。

1. 要請の内容と背景

1-1 技術協力の背景と経緯

1-1-1 背景と経緯

漢江は、人口約840万人(1980年)を擁し、政治、経済、文化の中枢である首都Seoulを貫流する韓国最大の河川である。その豊かな流水は、古来から沿岸住民の生活等に限りない恩恵を与えてきた。しかしながら、毎年6月下旬から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す等の重大な社会的損失を与えてきた。

韓国政府は、このような実情に鑑み、漢江の治水対策が重要施策であるとの認識の下に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一方ならぬ努力を傾注してきた。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、水防活動、住民の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、住民の心理的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擁す漢江においては、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である。

一般的に、洪水予報システムは、予報に必要な種々の水文情報(雨量、水位、流量など)を確保するための観測施設と、これらのデータを必要な時に必要な場所へ送受信するための通信施設と、これらのデータから定められた方式に基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の3つの要素から成り立っている。漢江の場合、本調査が行われる以前の1970年当時、観測施設は建設部管轄の雨量観測所が自記34箇所、普通30箇所あり、水位観測所は自記9箇所、普通22箇所であった。通信施設は、建設部を受信局とする3箇のSSB局と4箇のVHF局とがあったが、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施設の実情は必ずしも満足なものとはいえず、その改良が望まれていた。一方、予報技術は、具体的な方式が提案されていた。この方式は、過去の洪水データに基づいて得られた相関関係を用いて、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、洪水のパターンによっては相当に精度の高い予測方式であった。ところが、近年、北漢江を中心として次々とダムが建設され、その影響が前述の相関関係のうえにも徐々に現われるに及び、さらにこの傾向は昭陽江ダム及び八堂ダムの完成によって、一層助長されることが予想されるに至った。

1962年12月に開催された国際連合ECAF E/WMO 台風委員会の第1回会議において、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、この計画の中で洪水予警報システム改良のパイロット流域として漢江が選定された。

日本国政府及び韓国政府は、漢江流域における洪水予警報システムの確立を促進するために国際連合ECAF E/WMO 台風委員会の第3回会議の決議に留意しながら水文学専門家、河川工学専門家並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方式及び予報施設の計画に関する調査を行うことに合意をみた。

この方針に基づき、1972年、1973年、1974年、1976年、1977年の計5回にわたり漢江洪水予警報調査団により調査が行われ、総合的な報告書として「漢江洪水予警報調査報告書(第5次) 1977. 10 国際協力事業団」と、「漢江洪水予警報調査報告書(PROGRAM 説明書) 1977. 10 国際協力事業団」にまとめられた。

1-1-2 調査団の調査経過

(1) 第1次調査 1972年6月10日～6月30日(21日間)

① 現地調査と資料収集

調査団は、漢江、北漢江及び南漢江のほとんどの流域について調査を行い、流域の地形・地質の特性、河道の特性、洪水常襲地域、河川改修事業、ダム建設事業、雨量・水位観測の現状、通信施設の候補地点などを視察した。また、調査団は、各種の気象・水文・水理資料、想定氾濫地域の人文資料及び災害資料、河川改修及び水資源開発に関する資料など、この研究に必要な資料の収集を行った。

② 予報対象地域の予備的な選定

漢江流域の洪水に関して、災害発生上、特に考慮しなければならない地域は、Seoul特別市を中心とする漢江下流部、驪州周辺の南漢江下流部、忠州周辺及び北漢江、南漢江上流部の主要都市（春川、丹陽、寧越など）の周辺であることが確認された。

(2) 第2次調査 1973年5月10日～6月9日(31日間)

- ① ダムによる洪水調節を考慮した洪水予報方式の確立
- ② 1972年8月洪水に関する水文資料の収集と、それに基づく第1次調査結果の修正
- ③ テレメータ化されるべき観測所(雨量、水位)に関する現地踏査とその選定
- ④ 洪水予報のためのネットワーク設定のための電波伝播実験
- ⑤ 洪水予報に関する業務

(3) 第3次調査 1974年4月23日～8月31日(131日間)

- ① 漢江洪水予警報システム工事竣工立会
- ② 漢江洪水統制所開所式出席
- ③ 漢江洪水予警報システム及びプログラム改善、維持、運営の指導

(4) 第4次調査 1976年3月5日～4月4日(31日間)

- ① 洪水予報精度向上のためのプログラム改善
- ② ダムに関する諸量のテレメータ化、収集方法の自動化について調査
- ③ 中継局及び観測局における雷対策のための調査指導

(5) 第5次調査 1977年6月5日～9月30日(118日間)

第5次調査は、第4次調査における現地調査並びに帰国後の検討成果を現地システムに反映させるべく、また実際の洪水期間中における技術指導並びに調査を依頼されたもので、漢江の洪水期全期間を通じて調査団が派遣された。なお、第5次調査団に対して韓国政府から付託された事項は、次のとおりである。

- ① 1975、'76両年度の洪水に対する予警報システムの運営結果

- の分析及び予警報精度の向上のための改善作業。
- ② 1977年度の洪水に対する予警報の技術指導。
- ③ 1977年度の予警報の結果に対する分析及び改善。
- ④ 施設に対する落雷対策。
- ⑤ 一部観測局に対する中継局の変更及び電波通信局の信号受信状態の検討。

1-1-3 長期専門家の技術協力

現在の漢江洪水予警報システムは、漢江の流域面積約26,200 Km²を対象として、雨量観測所38箇所、水位観測所17箇所、警報局5箇所、中継局3箇所から成るテレメータ・システム及び通信システムと、これらの情報を一元的に管理する集中局（建設部漢江洪水統制所）に汎用電子計算機を備え、データの管理及び予測計算を行う方式となっている。

洪水予測の流出計算モデルは、貯留関数法（木村俊晃博士によって1961年に提案された手法）を用い、30流域、23河道の計算モデルから成っているものである。これらのシステム・モデルは、1974年に概成し、その後実用段階で若干の修正が試みられてきた。しかしながら、以後7年間、データは安定した収集・確保がなされてきたが、実際の運用において予測計算値と実際現象との整合性は必ずしも満足すべきものではなく、システム・モデルの総合的かつ抜本的な再検討が望まれるに至った。

このような実情に鑑み、1980年に韓国政府から技術協力の要請を受けた我が国政府は、1981年2月から洪水予警報専門家を常駐派遣

表1-1 専門家派遣状況

派遣者名	専 門	派 遣 期 間	備 考
石 塚 一 成	洪水予警報	1981. 2. 5~1982. 3. 31	
飯 田 善 朗	水 文 学	1981. 11. 2~1982. 11. 1	
大 月 定 雄	洪水予警報	1982. 4. 20~1983. 5. 31	
藤 井 隆 一	”	1983. 8. 1~	

し要請に応じている（表1-1 専門家派遣状況参照）。

韓国政府の要請事項の概要は、洪水予警報業務の実務を通して、漢江洪水予警報システム・モデルの総合的な問題点及び改善方策の検討、予測計算モデルの具体的な改善方策の検討、予測計算モデルの具体的な改善検討、将来の施設拡充整備のための韓江洪水予警報システム全体計画樹立の検討、忠州ダム完成に伴うダム最適操作方法の検討及び洪水予測計算モデルの修正並びに漢江の低水管理方針の検討等である。

実施された業務の概略は、先ず1981年の洪水対策業務を通して、'81年洪水の分析を実施し、それらを踏まえて漢江洪水予警報システムの総合診断を行い、問題点の摘出と対応策が提言され、レポートとして「漢江洪水予警報SYSTEM報告書、1982.3 建設部漢江洪水統制所」にまとめられたものである。

1-2 要請書の内容

(1) 要 請

「大韓民国建設部は、国際連合E C A F E / W M O 台風委員会の援助によって、1974年6月にテレメータ・ネットワークとオンライン・コンピュータ・システムによる洪水予警報システムを整備しました。以来、全ての設備を維持・運営し、毎年予警報システムの精度向上を試みました。現在、我々は、予報技術と予警報システムの改善を図るための分析と再検討を望んでおります。1981年に、洪水予警報分野における2人の専門家が洪水予報精度向上の調査チームとして派遣されてきました。1981年2月に韓国に来ました専門家の任期が満了しましたので、1982年4月からこの分野における他の専門家の派遣を希望します。

課題は、洪水流の分析、ダム群の最適操作、将来の洪水予警報システム全体計画の樹立等があります。

(2) 専門家の職名；洪水予警報専門家

(3) 専門家の任務

① 忠州多目的ダム最適操作方法の検討に関する技術指導

② 将来の洪水予警報システム全体計画策定に関する技術指導

- (4) 専門家の所属；建設部漢江洪水統制所
- (5) カウンターパート；建設部漢江洪水統制所の職員
- (6) 任期；1年間

2. 要請業務と実施業務の概要

2-1 要請業務と実施業務の差異

要請書による専門家の任務は、①忠州多目的ダム最適操作方法の検討に関する技術指導の2課題であった。着任時の建設部の要請業務は、5課題あり、重要度、緊急性等を考慮して表2-1のとおり業務計画を立てた。

表2-1 要請業務と実施業務

要請業務項目	変更項目	実 施														
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	
漢江洪水予警報 ① System・Model の 検討																
② '82年洪水の対策 業務																
③ 忠州多目的ダム最 適操作方法の検討																
漢江洪水予警報 ④ System 全体計画 策定	(中止)															
⑤ 低水管理方針の策 定	(中止)															
⑥ 報告書作成																
	⑦ 第6回日・韓河川 及び水資開発技術 協力会議関係															

漢江洪水予警報 System・Model の検討は、前任専門家が、'81年洪水の予警報業務の実務を通して、漢江洪水予警報システムの総合的な問題点と改善方策を検討した結果、種々の改善策の提案がなされたうちのひとつである。現行のシステム・モデルを最大限に活用することが当面の課題であるとの認識から、先ずこの問題に傾注した。

一方、忠州多目的ダムの完成に伴うダム最適操作方法の検討及び漢江洪水予測計算モデルの修正業務は、大学教授陣を中心とした韓国水文学会に業務を委託して検討するものであり、委託の業務内容及び検討手法

等の業務計画の検討並びに委託のための「指示書」を作成するものである。

82年洪水の対策業務は、洪水の出水時に行われる洪水予警報業務に職員と共に携わって、適宜アドバイスを与えるものであり、小洪水が1回あったのみである。

なお、漢江洪水予警報システム全体計画の策定及び次に述べる業務遂行方法との関わりからも割愛せざるを得なかった。

我々が行ってきたところの業務遂行方法は、全て自分達の手で作業を実施してきた。この方法は、技術協力の本質、さらには長期専門家の本質をも損うもので、技術協力のあり方に本質的な相違があった。当建設部は、過去において日本から「漢江洪水予警報調査団」を招請し、システム・モデルを完成させた経験がある。プロジェクト調査団は、課題を付託すれば調査・検討のうえレポートとして報告してくれる。長期専門家もプロジェクト調査団の類と解していた。したがって、専門家は、プロジェクト調査団と同じように課題を付託されれば調査・検討のうえレポートを提出する義務を有するという考え方であった。ある機会に、この観念と態勢の是正を図るため、技術の本質、長期専門家の本質等から技術協力のあり方等を論議し理解を得ることができた。勿論のことながら、その後の業務実施態勢は、積極的であったことは言うまでもないが、前記2課題は期間的に無理であった。

2-2 要請に対する専門家派遣対応

洪水予警報の精度向上は、一朝一夕に成し遂げられるものではなく、各種の洪水を経験し、実績データの蓄積により図られるものである。その技術は、蓄積データと理論の応用によって問題が解決されつつ向上が図られる。したがって、この種の課題の決手は、タイムリーな情報入手と、基礎的なデータの収集で、これらの情報・データが入手されなければ問題の解決は一步も前進しない。

この情報・データの入手には、計測機器あるいは受送信機器等が必要であるが、これらの整備状況、蓄積データは、必ずしも満足すべきもの

ではない。したがって、技術協力の成果も中途半端にならざるを得ない。この種の機器整備は、一次的効果がないため財政事情から割愛されざるを得ないようである。そこで、技術協力の評価を高めるためにも携行機材等の効率的な運用が望まれる。

2-3 業務・技術環境条件

2-3-1 自然条件

大韓民国は、国土面積が約 99,000 Km²、人口が約 38,000 万人(1980年)の国で、いずれも我が国の約 1/4 である。首都は、Seoul におかれている。

地形は、約 70% が山岳地で占められている。山地は、大体が北方及び東方が高く、西方及び南方が低くて、背梁山脈が東方に片寄っているため、東海方は急斜面になっており、西海方は緩斜面になっている。このため主要河川は、西海岸及び南海岸に向かって流れている。ちなみに、西海岸に流れる漢江及び南海岸に流れる洛東江の二河川の合計流域面積は国土面積のほぼ 1/2 を占めている。

気候は、地理的位置上、大陸の影響を受けた寒冷乾燥な冬期と、太平洋の高温多湿の影響を受けた夏期の温帯季節風気候が支配的である。年平均気温は、南部地方が 12~15℃、北部地方が 10~12℃、最も暖かな済州島が 14.7℃ である。年降水量は、約 1,270 mm で、北部に行くほどに少なくて、地域的分布が平均していない。また、季節的分布を見れば、夏の 3ヶ月の間に年降水量の約 2/3 が集中し、米作に良い条件を示している。

2-3-2 社会的条件

韓民族は、5000年から8000年以前に韓半島(朝鮮半島)にやってきて定住したツングース族に始まったといわれている。この半島に国を成した韓民族は、その地政学的位置ゆえに、古来から絶えず外部勢力の侵功に曝され、過酷な歴史をたどってきた。しかし、平和な時期には韓半島は、中国大陸の文化を日本に伝える「シルクロード」であった。

韓国では、宗教の自由が憲法で保障され、国教は認められず、宗教と政治は分離されている。韓国の宗教は、仏教、儒教、キリスト教が三大宗教で、この他の宗教を含め国民の約80%が何らかの宗教を信仰している。このうち二大宗教の仏教とキリスト教の釈迦及びキリストの誕生日は、それぞれ祝祭日の一つになっている。

韓国は、教育水準の最も高い国の1つに教えられている。教育制度は、初等教育、中学教育、高校教育、高等教育の4段階となっている。初等教育は、就学前の児童のための幼稚園教育と国民学校教育で、6年制の国民学校は義務教育である。中学校及び高等学校への進学率は、中学校が1981年で97%、高等学校が1979年で81%と大幅に伸びており、政府も職業教育と技術教育に努力を傾注している。高等教育機関には、4年制大学、大学院、教育大学、2年制初級大学及び専門大学等がある。教育水準は、総体的に我が国と同じ位であろうと推察される。

国民性は、勤勉、親切、楽しみ上手という感じを強く受け、かつ儒教の思想が強く生き、目上を宗拝する慣習は絶対的なものである。

2-3-3 行政的条件

韓国の政治体制は、立法、行政、司法の三権分立に立脚した大統領中心制である。韓国の憲法は、1948年に制定され、現行の憲法は1980年10月22日に制定されたものである。

大統領は、憲法によると、国家元首であり、行政府の長を兼ね、任期は7年、重任を禁じ、5,000人以上で構成される選挙団によって間接選挙される。国務会議は、政府の権限に属する重要な政策・案件を審議する。会議は、大統領を長とし、国務総理と15人以上30人以下の国務員で構成される。国務総理は、国会の同意を得て大統領が任命する。また、大統領の諮問に應ずるため、国政諮問会議、国家安全保障会議、平和統一政策諮問会議などがある。

憲法は、国会の立法権を規定し、一院制で国会議員は直接選挙され、その定数は200人以上、任期は4年としている。現在の政界は、2党対決時代から止揚し、広範囲な民意を反映する多党化時代に入り、第

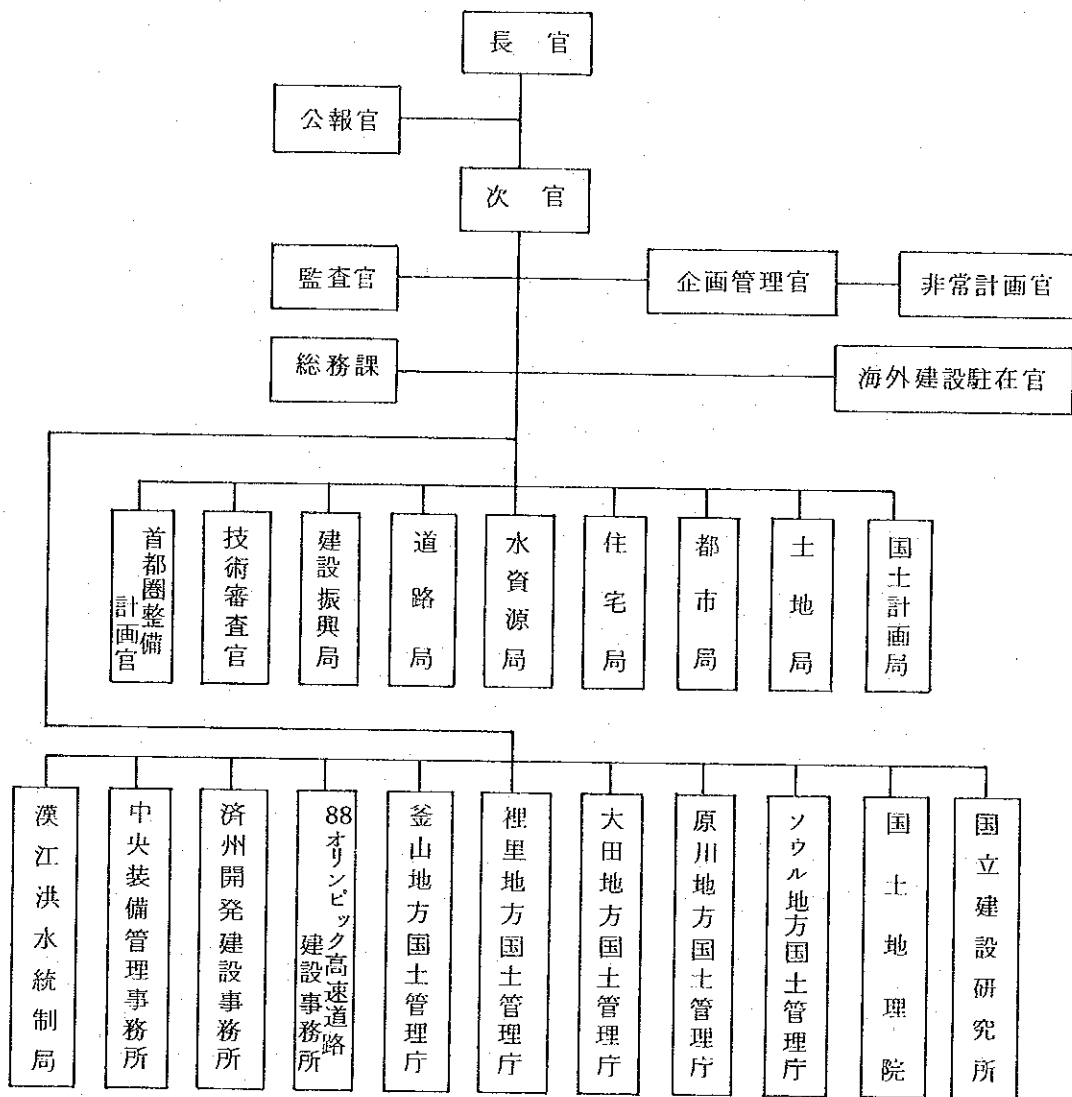


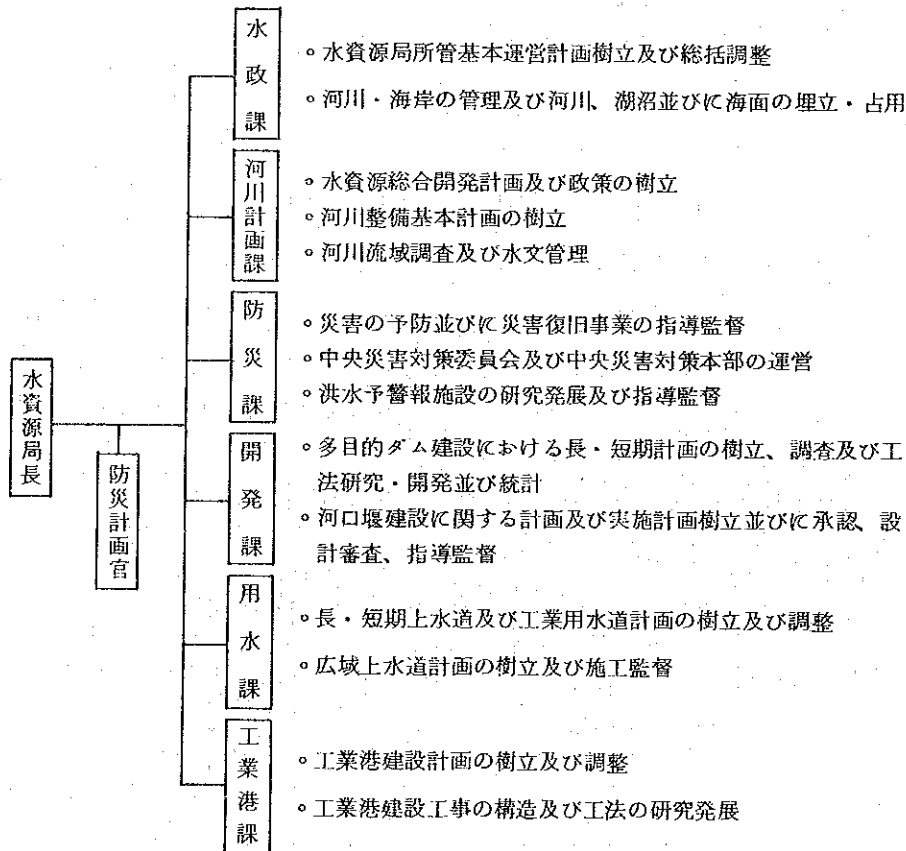
図 2 - 2 建設部組織機構

五共和国の国政は民主正義党、民主韓国党などの8政党により運営されている。

韓国の財政政策は、経済政策の方向と関連し、国防力の強化と外交活動の促進、経済開発と経済自立基盤の強固化、社会開発と伝統文化の啓発、財政運営の合理化などに重点がおかれている。国家予算は、1980年で5兆8,000億ウォン(約1兆9,300億円)で、その特徴は歳入面では租税収入の占める比重が高いこと、歳出面では防衛費と社会開発費・経済開発費の比重が高いことである。

行政府の機構は、図2-1のとおりで、そのうち建設部の組織構成は図2-2に示すとおりである。建設部長官は、国土総合開発計画の樹立・調整、国土及び水資源の保全・利用・開発及び改造、都市・道路・住宅の建設並びに河川・湖沼・海面干拓に関する事務を処理する。

図2-3 水資源局の組織構成及び任務



このうち、水資源局の組織構成及び所掌事務は、図2-3に示すとおりである。

2-3-4 韓国の河川

(1) 河川の現況

① 河川法の経費

韓国の河川は、河川法及びその特例である特定多目的ダム法を根拠にして、改修、建設、管理が行われている。

河川法は、1961年12月30日に制定され、表2-2に示すごとく数次の改正が行われ、現在に至っている。

表2-2 河川法の経緯

年月日	内 容	備 考
1961. 12. 30	法律第 892 号制定	
1963. 12. 5	法律第 1475 号改正	
1971. 1. 19	法律第 2292 号改正	
1981. 3. 31	法律第 3406 号改正	

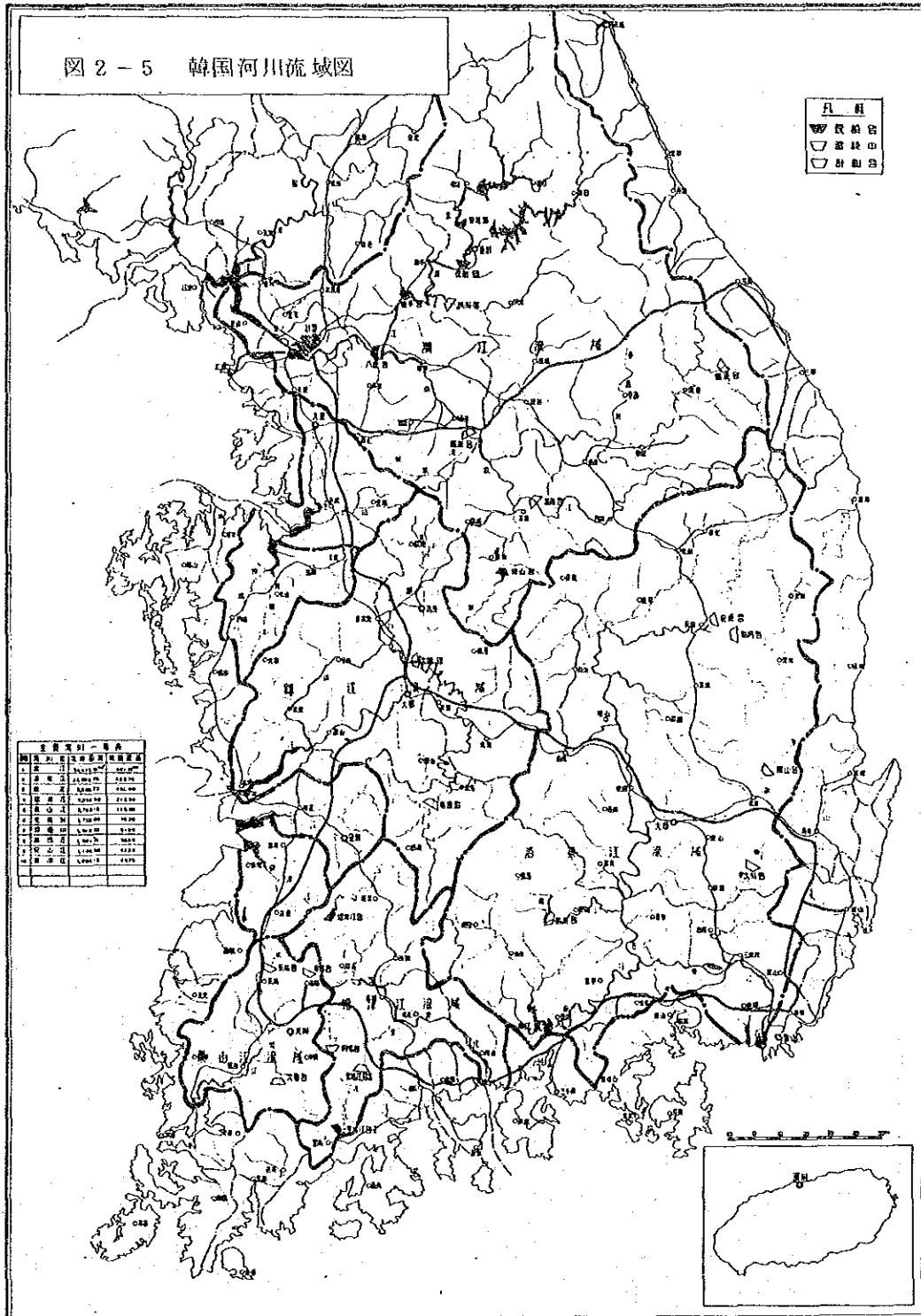
② 河川の法的分類と河川管理者

河川の法的分類は、表2-3に示すごとく、指定河川と準用河川がある。指定河川とは、河川法を適用する河川であり、大統領令でその管理区間が定められ、その管理主体により国（建設部長官）が管理する直轄河川と、地方自治体（市長、道知事）が管理する地方河川に分かれている。準用河川とは、河川法を準用する

表2-3 河川の分類と河川管理者（1981年）

分 類	河川管理者	河川数	管理延長	
指定河川	直轄河川	建設部長官	37 箇所	2, 043. 3 Km
	地方河川	各市・道知事	79	2, 119. 8
準用河川	〃	5, 283	28, 559. 4	
合 計		5, 399	32, 722. 5	

图 2-5 韩国河川流域图



主要河川一覽表

河川名称	流域面积 (km²)	平均流量 (m³/s)
1. 汉江	148,910	1,130
2. 洛东江	148,910	1,130
3. 锦江	148,910	1,130
4. 清川江	148,910	1,130
5. 临津江	148,910	1,130
6. 海尾江	148,910	1,130
7. 西海江	148,910	1,130
8. 东海江	148,910	1,130
9. 南浦江	148,910	1,130
10. 北浦江	148,910	1,130

河川で、地方自治体告示で区間が定められる河川である。

③ 主要な河川

韓国の河川は、総じて長く、川幅も広く、流れはゆるやかである。ただ、東海岸沿いに太白山脈がそびえているために、東を流れる川は短かく、小さい。大河川は、西方または南方に流れている。

良く知られている河川は、川幅が430~2,260mもある漢江をはじめ、洛東江、錦江、津江、榮山江があり、これらの五大水系で国土面積約99,000 Km²に対して約70%を占めている。

中でも、漢江は、人口約840万人を擁す政治、経済、文化の中核である首都 Seoul を貫流する最大の河川で、その流域面積約23,100 Km²は国土面積のほぼ1/4を占めている。

洛東江は、漢江と小白山脈を分水嶺として南方に流れる第二の大河川で、その流域面積約23,900 Km²は国土面積の約1/4を占め、韓国第二の都市、空と海の玄関口である釜山直轄市（人口約350万人）と金海郡の境を流れて大韓（朝鮮）海峡に注ぐ。

この二つの大河川が占める流域面積は、韓国の国土面積の約半分に達している（表2-4、水系別河川現況・図2-5、韓国河川流域図参照）。

表2-4 水系別河川現況

水系別	流域面積 Km ²	幹線 流路延長 Km	河川延長 Km								備考
			計		直轄河川		地方河川		準用河川		
			箇所数	延長	箇所数	延長	箇所数	延長	箇所数	延長	
漢江	26,218.90	469.70	728	7,430.50	8	591.3	20	770.8	700	6,068.40	
洛東江	23,859.30	525.70	842	7,561.51	7	581.8	13	440.0	822	6,539.71	
錦江	9,885.80	401.40	779	4,124.07	5	316.2	22	425.5	752	3,382.37	
榮山江	2,798.20	122.00	159	1,306.43	3	123.1	5	97.0	151	1,086.33	
津江	4,896.50	225.30	694	2,689.78	2	121.8	3	115.9	689	2,452.08	
安城川	1,722.00	76.20	107	592.38	2	70.6	2	32.4	103	489.38	
万頃江	1,601.70	98.50	340	1,032.30	3	99.8	2	24.5	335	908.00	
挿臨川	1,619.20	61.00	100	632.80	3	75.1	2	35.0	95	522.70	
東津江	1,034.10	44.70	347	841.30	3	51.2	2	37.1	342	753.00	
兄山江	1,166.80	62.20	28	267.25	1	12.4	1	28.2	26	226.65	
その他	24,055.50		1,275	6,244.19	-	-	7	113.4	1,266	6,130.79	
計	98,858.50		5,399	32,722.51	37	2,043.3	79	2,119.8	5,283	28,559.41	

※ 漢江水系 河川延長は休戦線まで

(資料：河川 1979)

(1) 河川の改修計画

① 改修の経緯

韓国における河川改修の経緯は、表2-5に示すとおり、近代的な改修の始まりは1925年(大正14年)頃からで、1945年(昭和20年)の復興までに要改修延長の約10%が達成され、河川法が制定された1961年には約16.5%が達成されていた。

表2-5 河川改修の経緯

計画名	期間	改修延長	改修率	備考
第1次5ヶ年計画	1925~1945年	2,092.7 Km	10.2%	1961年河川法制定
	1946~1953	213.9	11.2	
	1954~1961	1,090.8	16.5	
	1962~1966	1,052.2	21.6	
	第2次 "	1967~1971	876.0	
第3次 "	1972~1976	549.6	28.5	
第4次 "	1977~1981	535.1	31.1	
第5次 "	1982~1986	(810.0)	35.0	

河川法の制定に伴い、1962年から本格的な治水事業として第1次5ヶ年計画がスタートし、1981年には要改修延長の約31%が達成されている。

1982年から新たに第5次5ヶ年計画がスタートし、1986年には約35%が達成される見込みである。

改修現況を河川分類別に見たものが表2-6のとおり、直轄河

表2-6 河川分類別改修状況

(1981年)

分類	要改修延長	既改修	
		改修延長	改修率
計	20,600 Km	6,412.3 Km	31.1%
指定河川	直轄河川	2,161.9	72.7
	地方河川	2,038.5	65.4
準用河川	16,399.6	3,507.5	21.4

川の改修率は約73%と高く、次いで地方河川が65%となっており、準用河川は大分落ちて約21%となっている。

② 河川改修の整備方針

河川改修の整備方針は、要改修延長20,600Kmのうち、2001年(第8次5ヶ年計画終了)までに8,008Kmを改修して現在31%の改修率を70%に高め、2011年(第10次5ヶ年計画終了)までに完全改修を図る。

① 直轄河川は、残余延長591Kmの改修を1991年(第6次5ヶ年計画終了)までに完了させる。

② 地方河川は、残余延長704.6Kmの改修を1996年(第7次5ヶ年計画終了)までに完了させる。

③ 準用河川は、16,399.6Kmのうち、2001年(第8次5ヶ年計画終了)までに6,712.4Kmを改修して62%の改修率に高め、残余延長は2011年(第10次5ヶ年計画終了)までに完全改修を図る。

河川改修は、このような方針に基づき各河川毎に整備計画が定められ進められている。治水の安全度は、主要区間で概ね1/100～1/150で計画され、首都Seoulを想定氾濫流域にもつ漢江下流部は1/500の安全度で計画されている。

③ 第5次5ヶ年計画

第5次5ヶ年計画は、1982年から'86年までである。整備目標は、表2-7に示すとおり、全体の改修率を現況の31%から35%に高め、特に大河川(直轄河川)の改修を重点として94%を目標としている。

また、事業別の改修計画は、表2-8に示すとおり、支援・借款による改修量が全体の約40%を占めている。

表 2 - 7 分類別河川改修計画

(単位: km, %)

分類	要改修延長	既改修('81年迄)		第5次5ヶ年計画		将来		
		改修量	改修率	改修量	改修率	改修量	改修率	
指定河川	計	20,600	6,412.3	31.1	810.0	3.9	13,377.7	65.0
	直轄河川	2,161.9	1,570.9	72.7	457.7	21.2	133.3	6.1
	地方河川	2,038.5	1,333.9	65.4	225.6	11.3	479.0	23.3
準用河川	16,399.6	3,507.5	21.4	126.7	0.8	12,765.4	77.8	

表 2 - 8 事業別の河川改修計画

(単位: km, %)

分類	要改修延長	既改修('81年迄)		第5次5ヶ年計画		将来	
		改修量	改修率	改修量	改修率	改修量	改修率
計	20,600.0	6,412.3	31.1	810.0	3.9	13,377.7	65.0
一般河川改修	17,866.7	5,575.3	31.2	457.7	2.6	11,833.8	66.2
WFP支援治水	789.2	623.1	79.0	166.1	21.0	—	—
借款治水	751.0	152.8	44.3	164.3	47.6	433.9	8.1
特殊地域河川改修	83.1	61.1	76.5	22.0	23.5	—	—
沿岸開発事業	1,110.0	—	—	—	—	1,110.0	100.0

(3) ダム事業

特定ダムとは、建設部長官が建設するダムで、貯留水が発電・水道・工業・農業用水、洪水調節、その他の用途中2以上の特定用途に共用されるダムと定義されている。

現在までに建設されたダム及び建設中のダムは、表2-9となっている。その他、大型プロジェクトとして、洛東江の河口堰を建設している。

表 2 - 9 既設ダム及び建設中のダム

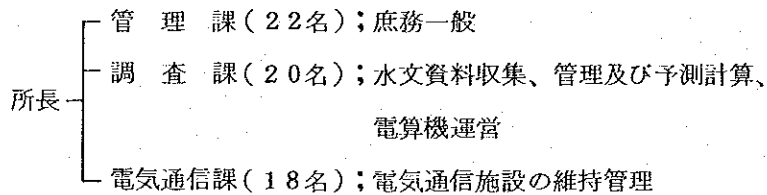
水系	区分	ダム名	ダ ム			総貯水量 百万 m^3	有効貯 水量 百万 m^3	治水容量 百万 m^3
			高さ cm	堤長 m	型 式			
漢 江	既 設	昭陽江	123	530	砂 礫	2,900	1,900	500
	"	華 川	78	435	コンクリート重力	1,018	658	215
	建設中	忠 州	98	450	"	3,750	1,789	600
洛東江	既 設	南 江	21	975	砂 礫	136	108	43
	"	安 東	83	612	"	1,230	1,000	110
	建設中	川	93	482	石 礫	774	543	72
津江	既 設	津江	64	344	コンクリート重力	466	370	27
錦 江	既 設	大 清	72	495	コンクリート重力 石 礫	1,470	1,040	250

2 - 4 配属機関の受入体制

(1) 配属機関の概要

- ① 勤務機関；図 2 - 2 の漢江洪水統制所
- ② 所在地；Seoul 特別市江南区盤浦本洞 751
TEL (Seoul) 599-4025
- ③ 組織の沿革；1974年6月に国際連合 E C A F E / W M O 台委員会の洪水予警報システム改良計画のパイロット流域として、漢江洪水予警報の所管事務所として設置される。
- ④ 組織及び人員；図 2 - 4 に示すとおりである。

図 2 - 4 組織及び人員



- ④ 予算；82年度で約9億ウォン（約3億円）。
- ⑤ 権限；洪水予警報の発令は、風水害対策法（1967. 2. 28 法律第1714号）に基づくものである。すなわち、同法第17条によると、「災害が発生するか、あるいは発生する恐れがある場合には、

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、国務総理の管轄の下に災害対策本
部が設置される。」、また、同法第21条第1項には、「災害が発
生するか、あるいは発生する恐れがある場合には、災害を防止する
か、あるいはその被害を軽減するために、次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
発令と伝達並びに避難の勧告と指示」が掲げられている。

この災害対策本部は、建設部の所掌事務として、長官を本部長と
する「中央災害対策本部」が設置される。漢江洪水統制所は、漢江
の洪水予警報業務の一翼を担うもので、本部が行う「警報の発令と
伝達並びに避難の勧告と指示」に必要な「水文資料の収集、管理及
び予測計算等」を行うものである。

(2) 勤務形態

- ① 勤務時間 平日 9:00~18:00
土曜日 9:00~13:00

- ② 休日・年次休暇；休日は、日曜日の他祝日が14日、年次休暇は
20日、特別休暇は1月2~4日。

(3) カウンターパート

専門家

調査課長 — 洪水予報係長
 — 水文係長

(4) 業務の形態

業務は、管理職が取り仕切り、上からの命令によって進められるた
め一般的に仕事は与えられるものという認識が支配的で、勤勉ではあ
るが積極性に欠ける。従って、仕事を能率よく進めるためには、内容
を十分に理解させて、タイムリミットを設けると効果的である。

3. 業務項目別目標設定と具体的成果

3-1 専門家活動の成果

3-1-1 計画の妥当性

業務計画は、表2-1に示したとおりである。要請書の任務は、5課題のうち、③忠州多目的ダム最適操作方法の検討、④漢江洪水予警報System全体計画策定の2課題であった。

しかし、今度の一連の技術協力の主目的は、洪水予警報業務を通して、システム・モデルの総合的かつ抜本的な再検討を行い、予測計算の精度向上を図ることである。従って、②'82年洪水の対策業務は当然のことながら必要かつ不可欠の任務であり、また、現在のシステム・モデルを最大限に活用することが当面の課題であるという認識からすれば、①漢江洪水予警報System・Modelの検討も最重要課題である。

一方、忠州多目的ダムは、1986年6月完成予定である。このダムの完成に伴い、ダム最適操作方法の検討と、漢江洪水予測計算モデルの修正業務が当然不可欠である。この業務は、産業基地開発公社（日本の水資源開発公団と住宅・都市整備公団等を合わせたもの）からの受託業務で、業務の実施は韓国水文学会に委託して検討し、'85年末までにシステムの運用を図るものである。従って、筆者の仕事は、委託の業務内容、検討方法等の業務計画の策定と技術指導である。

また、④漢江洪水予警報System全体計画策定業務は、前任専門家の成果及び前述の業務成果を踏まえて、ソフト面、ハード面からとりまとめられるべき性格のもので、現段階においては中間的な成果にならざるを得ない。さらに、⑤低水管理方針策定の業務も、漢江洪水予警報システム面、ハード面の付加を行うことによって達成されるもので、現時点においては概略の検討は可能であっても、将来のシステム全体計画が不明確な状態では不十分な検討に止まざるを得ない。

以上のことから、業務計画は重要度、緊急性等を考慮して策定したものである。

3-1-2 計画の達成度

(1) 漢江洪水予警報 System・Model の検討

前任専門家は、'81年洪水の予警報業務の実務を通して、漢江洪水予警報システムの総合的な問題点と改善方策を検討し、「漢江洪水予警報 SYSTEM報告書」(1982.3建設部漢江洪水統制所)にまとめられた。筆者は、このレポートを検討分析の結果、現行のシステム・モデルを最大限に活用することが当面の課題であるとの認識に基づき、流出計算モデル(貯留関数法)の妥当性の検討と、既存の資料を用いて諸定数の再検討を試みた。

解析は、1975年以降の中小の12洪水を用いて、現行の流出計算モデルの妥当性の検討を行った結果、適合性は悪く、計算手法の一部改良と諸定数の再検討が必要であった。定数の検討は、基底流量、飽和雨量及び流出率、前期降雨量と飽和雨量の関係を主体とし、時間的な面から短絡して、河道定数K値の考察を試みた。主体的に検討した定数は、概ね満足すべき数値が得られ予測精度は大幅に向上した。しかし、その他の定数の再検討、計算手法の一部改良などの課題も提起された。

これらの結果は、「漢江洪水予警報 SYSTEM定数検討報告書」(1983.5建設部漢江洪水統制所)にとりまとめ、印刷された。

(2) 忠州多目的ダム最適操作方法の検討

本業務は、前述のように産業基地開発公社からの受託業務で、韓国水文学会へ委託をして実施するものである。従って、本業務は、業務委託のための業務計画の策定と技術指導である。

受託業務は、当初、'82年度(韓国は暦年)からの予定であったが、予算執行等から一年繰り延べし'83年度からとなった。業務計画の策定は、水文学会のメンバーである大学教授を含めて、数回の議論と打合せの結果まとめられた。それを受けて、業務委託のための「指示書」が策定されて、委託契約が締結されて本格的な作業が開始されるに至った。

(3) '82年洪水の対策業務

筆者の滞在中は、幸いにも8月14日～17日にわたる小洪水に1回のみ遭遇した。洪水は、下流部の洪水予報地点の人道橋（Seoul市内）で指定水位を若干上廻る4.99mを記録し、約5,000 m³/sの洪水量であった。

洪水分析及び予測計算結果から幾つかの問題点が抽出量の関係、流域状況と定数の関係及びダム操作の実態分析等であった。

3-1-3 受入側の制約条件

要請業務と実施業務の差異の項で述べた理由以外は、特に記述すべきことはない。敢て述べると、筆者の場合、前任専門家との打ち合わせの結果、ほぼ一年間に使用しうる文具類は全て携行した。特に、コピー用箋（5mm方眼）、各種方眼紙、対数方眼紙、確率紙等の用紙類は、余裕をもって持参したため、大変に重宝であった。

3-2 洪水予警報技術の内容と指標

3-2-1 洪水予警報の必要性

韓国の総人口は、1980年現在38,124千人に達している。人口密度は、385人/Km²で、平地面積の人口密度は1,145人/Km²に達し、世界で最も高い高密度国家の一つである。過去20年間の急激な経済成長と工業化の進展に伴い、都市指向的な人口移動が顕著である。都市人口率（人口2万人以上の市・町人口を基準）は、1960年の35.8%に対して、1970年は49.6%、1980年には66.7%と加速化して全国民の2/3が都市に居住しており、この傾向はさらに進み21世紀には驚異的な予測がなされている。特に、Seoul、釜山の両都市は、加速的に成長して、1960年に全国人口の14.4%にすぎなく、1980年現在30.8%と増加して、全国土の1.0%の空間に全国人口の1/3が集中している。大都市は、漢江、洛東江、錦江、梁山江、津江などの大河川の氾濫区域に集積している。

一方、韓国は、世界でも比較的多雨地帯の季節風地帯に属し、年平均降雨量は1,267.6mmと多く、また、台風の常習的な来襲と集中豪雨等により、年平均降雨量のほぼ2/3が6～9月に集中し、洪水の氾濫

が反復されている。また、国土のほとんど大部分が急峻な山地で平野部が少ないため、河川への流出が速く激しい。

このように災害を受けやすい国土の自然的条件から毎年来襲する台風等による洪水の年平均被害額は、国民総生産額（GNP）の0.76%を占めており、1975～79年の最近5ヶ年間の平均被害額は約431億ウォンで79年の政府予算の治水事業費（ダム建設費を除く）164億ウォンの約2.6倍に達する。

韓国の河川改修は、主要区間の治水安全度を概ね1/100～1/150で計画されているが、首都Seoulを貫流する漢江下流部は1/500以上である。改修状況は、直轄河川は1991年、地方河川は2001年、準用河川は2011年を、それぞれ目標として改修が進められている。そのため、整備目標に比べ不十分な現状では、その規模を上廻る災害が発生する可能性が大きく、たとえ、当面の整備目標が達成されても、その対象とする洪水を上廻る災害が発生する可能性は否定できない。

このような実情に鑑み韓国政府は、治水対策が重要施策であるとの認識の基に水害防御のための施設の充実を図る一方、洪水予警報に対しても一方ならぬ努力を払ってきた。洪水予警報の発令は、風水害対策法に基づくもので、生起する洪水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目的のほか、住民の心理的不安を取り除いて軽挙を戒めるという間接的な目的を持っている。こうした意味で、より早く、より正確な洪水予警報を発令することは治水上の重要な課題となっている。

3-2-2 洪水予警報システムの現状

河川行政上必要不可欠な洪水予警報をシステム的に考えたとき、予報に必要な種々の水文情報を収集するための「自然現象のキャッチ」、これらのデータを必要なとき必要な場所に送受信するための「情報通信」、これらのデータから定められた方式に基づいて予報対象地域に関わる洪水の規模を推定するための「予測計算」の3つの柱から成っている。

'70年当時の漢江は、雨量観測所が自記・普通合わせて64個所、水位観測所が自記・普通合わせて31個所、通信施設はSSB局・VHF局合わせて7個であった。このように、全流域の水文資料を迅速収集するという洪水予警報実施上の要件に照して考えると通信施設の実情は満足すべきものとは言えず、その改良が望まれていた。また、予測技術は、雨量-水位相関、水位-水位相関方式により下流地点の水位と生起時刻を推定するもので、洪水のパターンによっては相当に精度の高いものであった。ところが、近年、北漢江を中心に次々とダムが完成し、従来のような固定的な予測方式では精度の高い予測が期待できなかった。このような実情と、一方では国際連合ECAF/E/WMO 台風委員会の洪水予警報システム改良計画のパイロット流域に選定されたことにより現行のシステムが1974年6月に完成した。

しかし、漢江以外の洛東江、錦江、津江、榮山江などの大水系の洪水予警報システムは、未だ'70年当時の漢江と類似したものである。なお、洛東江水系については、'83年度から安東・南江ダムに次いで3番目の川ダムの建設が始まり、これを契機に'86年6月完成を目途として近代的な洪水予警報システムが検討されている。

漢江における現行の洪水予警報システムは、流域面積約26,200 Km²を対象として、雨量観測所38個所、水位観測所17個所、警報局5個所、中継局3個所から成るテレメータ・システム及び通信システムと、これらの情報を一元的に管理する集中局（漢江洪水統制所）にNon-stop・System（河川情報システム）と汎用電子計算機を備え、データの管理及び予測計算を行う方式となっている。洪水予測の流出計算モデルは、貯留関数法を用い、30流域、23河道の計算モデルから成っている。

我が国の洪水予警報システムとの違いは、図3-1に示すとおり、気象・水文・水理情報源である気象ファックス、レーダ雨量、河川施設諸量テレメータは整備されていない。また、気象テレメータは数個であり、ダム諸量テレメータも貯水位のみである。

一方、システムを構成する機器は、大半が外国製である。なお、予

測計算モデルのうち内水計算、調節池計算は、実態として必要はないであろう。

現行の漢江洪水予警報システム・モデルの基本的な考え方は、我が国の利根川における洪水予警報システム・モデルを参考として整備されたもので、漢江のように広大かつ地勢の異なる流域に適合し得るシステム・モデルとして完成させるまでには、洪水現象のメカニズムを十分に把握し、流域個有の条件を解明しなければならず、多くの問題点を抱えていることは当然のことと思われる。

我が国においても、一般的に、電子計算機を用いた洪水予警報システム・モデルが完成した後においても、水文観測、降雨予測、面積雨量計算、流出計算等の過程において種々の誤差が含まれるのが通常であって、洪水予測の精度に複雑に寄与している各種要因毎の検討が行われているのが現状である。

漢江洪水予警報システム・モデルの適合性の向上は、多くの各種洪水を経験し、実績データの蓄積から必要に応じてシステム・モデルの検討を行うものであって、精度向上を図るために今後も調査・研究は継続して行う必要がある。

3-2-3 洪水予警報技術の指標

我が国の洪水予警報システムの問題点を整理してみると、ソフト面では①予測精度の向上、②適切な水防・警戒避難体制の整備、③地域住民の自主的な防災上の措置の奨励などで、ハード面においては①予警報システムの整備、②情報伝達システムの整備などがある。我国においてでもさえ、この分野は発展の途上であり、増して他の国を云々することははばかれる。

韓国においても確かに、ハード面の整備は、治水施設整備と相まって促進すべきである。特に、災害に関する各種情報、すなわち気象・水文・水理情報等の迅速・確実な収集・処理のためのNon-stop・System、雨量レーダ情報システム等の整備を促進するほか、土石流発生監視施設の設置を図るとともに、必要に応じてこれらの情報を地方自治体、住民に的確に伝達するシステムの整備を積極的に進める必

要がある。

一方、それにも増して漢江洪水予警報システム・モデルの精度向上が必要で、特に、ダム水文資料及び河川施設諸量の収集、基準地点のII-Q曲線の精度向上を図るとともに、流出機構の特性把握、降雨予測手法の検討、フィード・バック・システムの開発等が急がれる。

洪水予警報システム・モデルの精度向上は、自然現象のメカニズムの解明とモデル化の適合性の向上であって、この課題の調査・研究は恒久的なものであろう。

*太枠は、漢江洪水予警報システムではない。

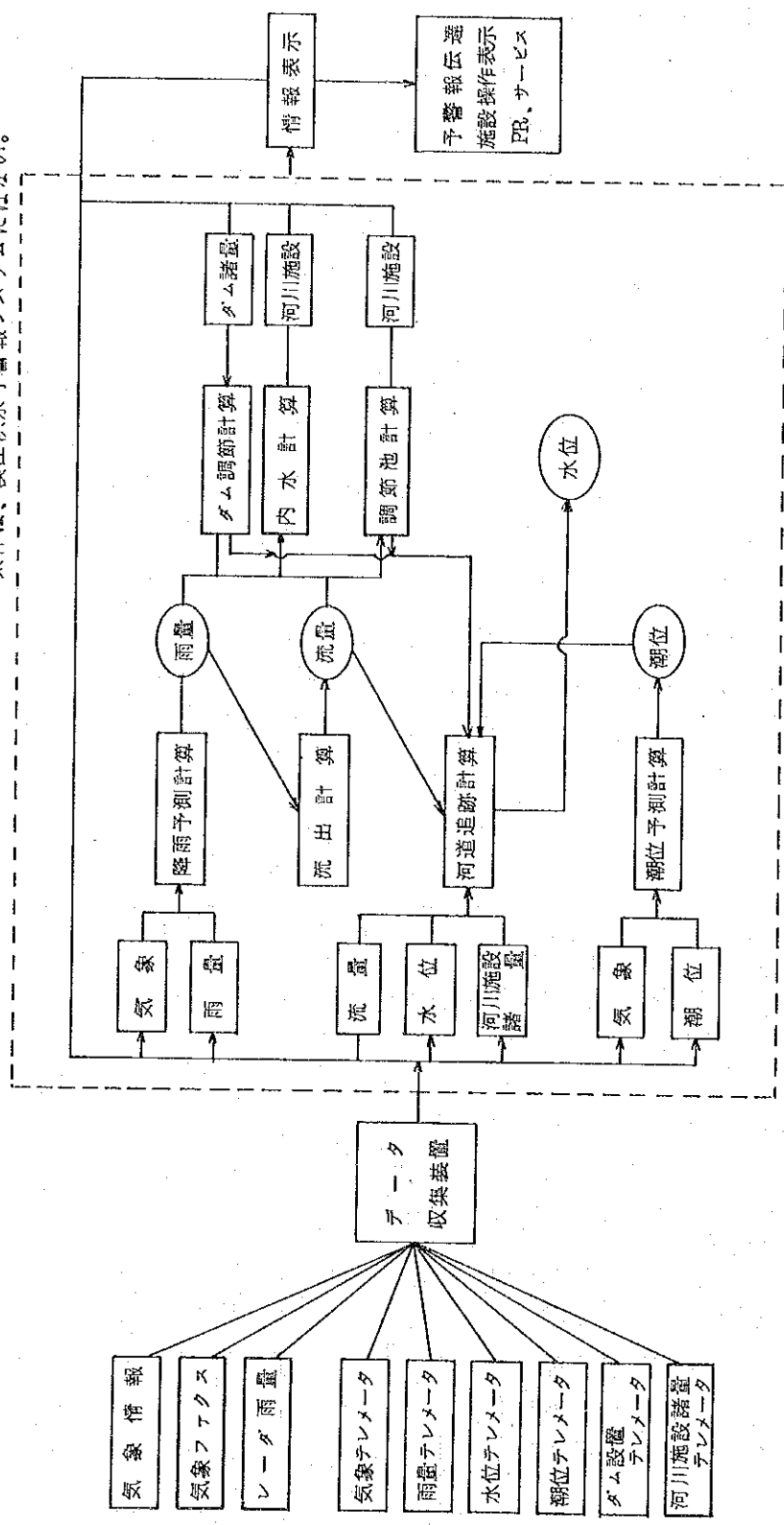


図 3-1 我国の洪水予警報システム

4. 技術移転の実際例

< 漢江洪水予警報SYSTEM定数検討 >

4-1 漢江洪水流出計算モデル

現行の漢江洪水流出計算モデルは、河口部で合流する臨津江を除く、流域面積約26,200Km²を対象としている。この流域面積約26,200Km²のうち、休戦ライン(DMZ)の北側、すなわち北朝鮮側に属する部分が約3,100Km²あり、韓国側の流域面積は約23,100Km²である。

テレメータ観測所は、図4-1に示すとおり、雨量観測所が38箇所、水位観測所が17箇所である。雨量観測所の配置密度は、全流域に対して約690Km²/箇所、我が国と比較して非常に疎である。

流出計算モデルの流域分割は、図4-2に示すとおり、基準地点入道橋から上流を5大分割流域に分け、それぞれの大分割流域をさらに細分割流域に分け、全部で30個の細分割流域を設けている。大分割流域における雨量観測所の配置は、表4-1に示すとおりである。

漢江洪水流出計算モデルは、図4-3に示すとおり、30流域、23河道から成っているものである。

表4-1 大流域分割と雨量観測所

I	II	III	IV	V
華川 Dam (瑞和)	清平 加平 西面 乃村 洪川 瑞和 元通 懸里 蒼村 麟蹄 楸陽 春川	白雲 清風 上東 水周 寧越 旌善 平昌 珍富 蓮坪 丹陽 臨溪	良峴 富論 驪州 楊平 筌極 利川 竜仁 横城 晴日 忠州 槐山	高安 議政府 樂生

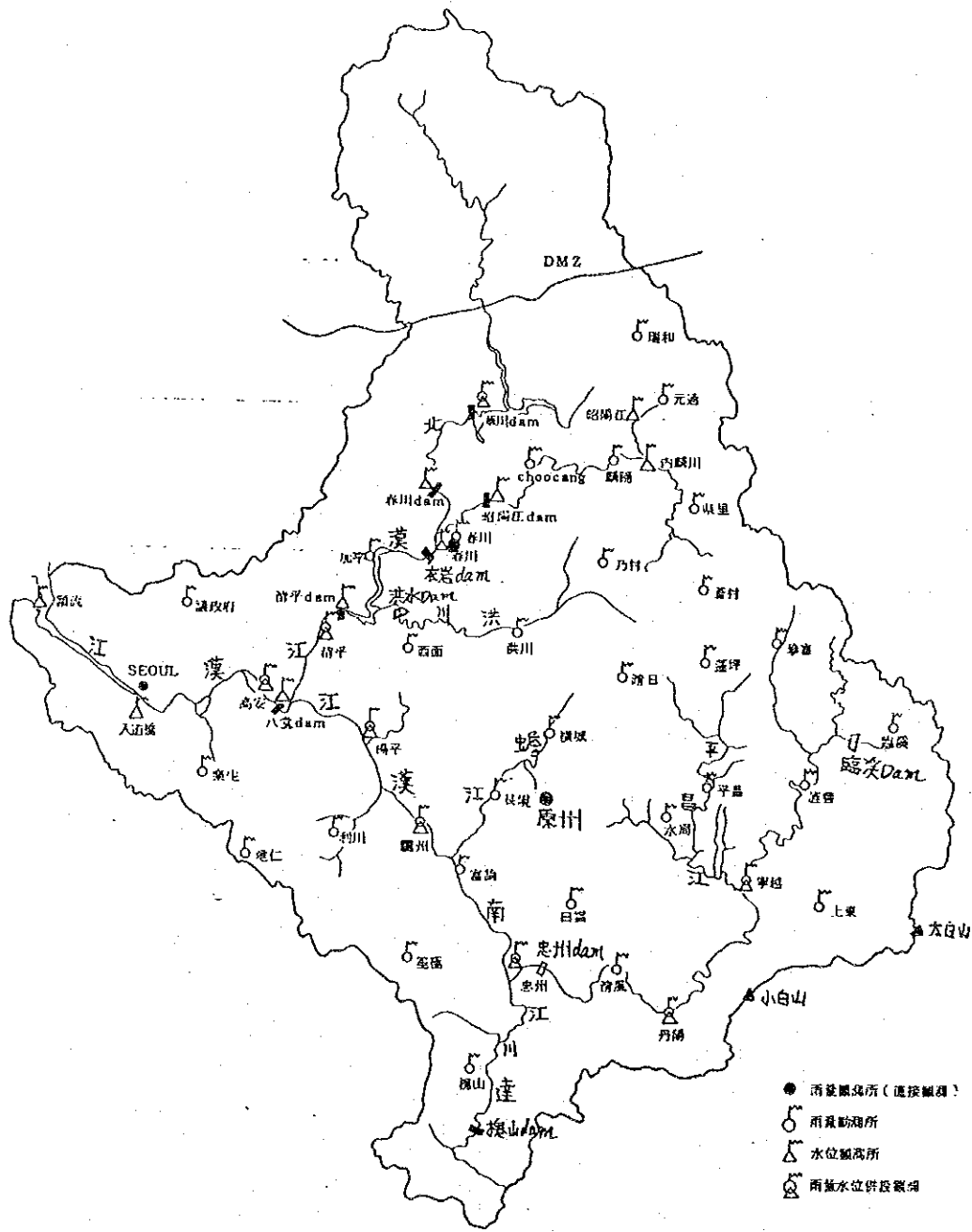


図 4 - 1 漢江流域のテレメータ観測所

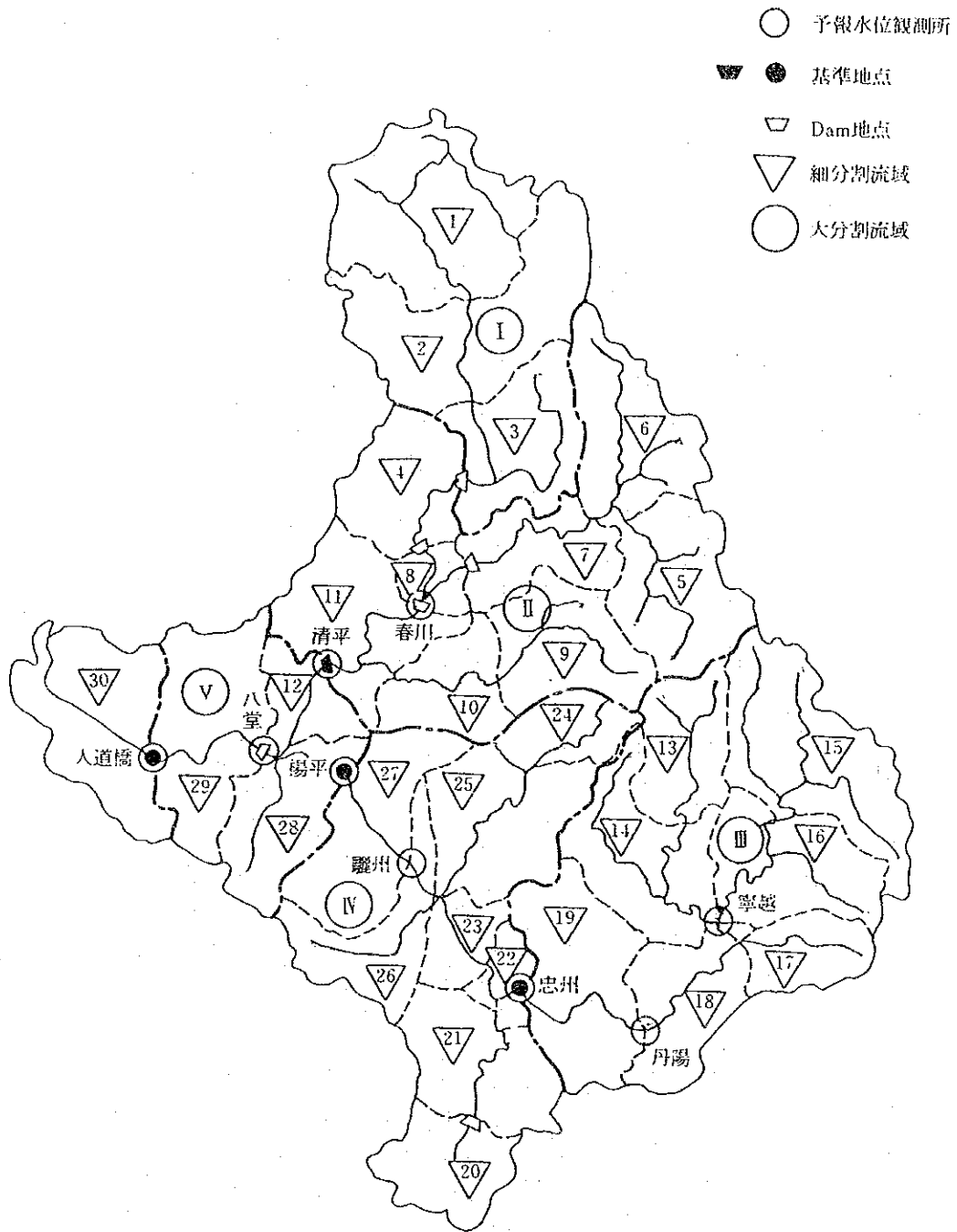


图 4 - 2 漢江流域分割图

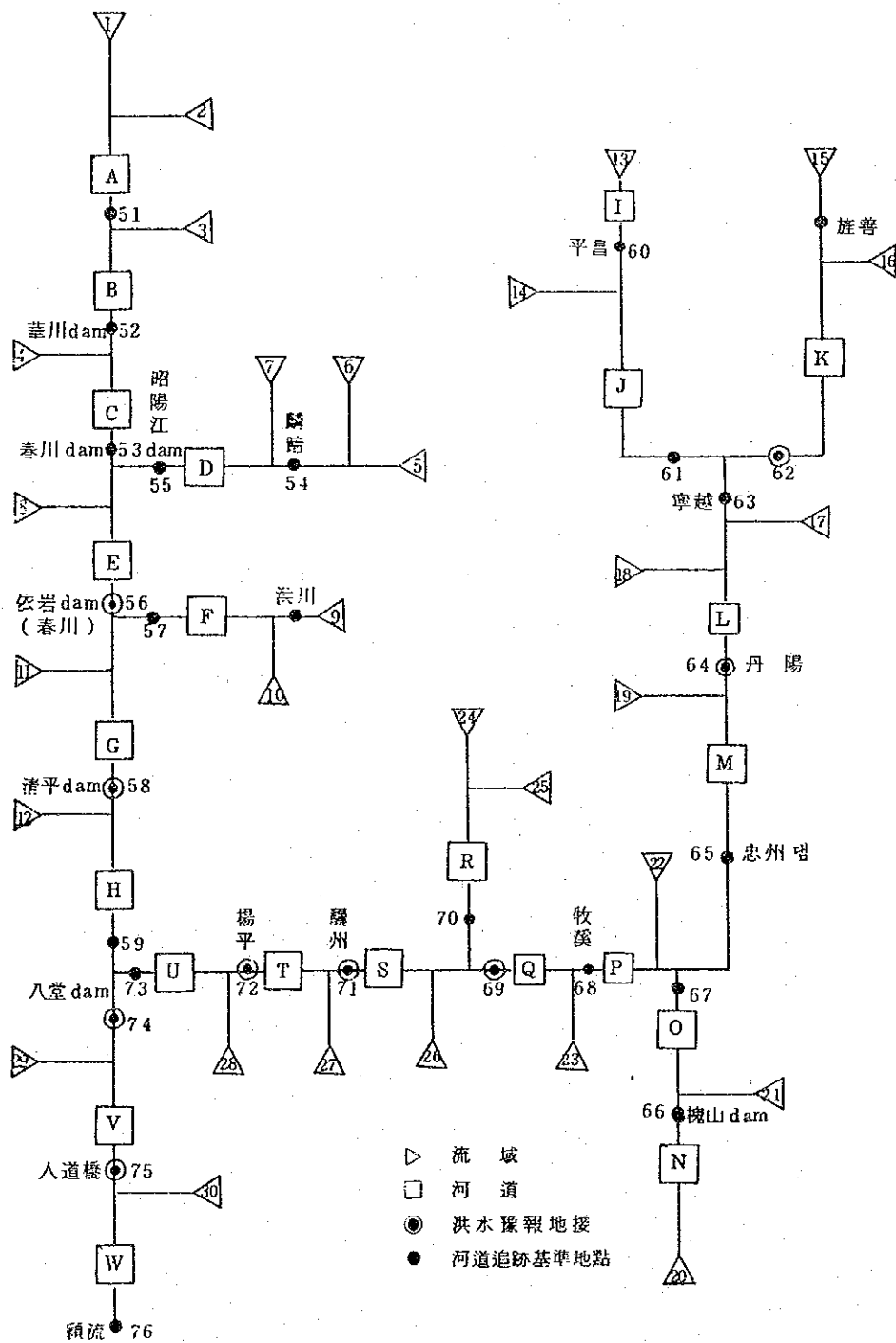


图 4 - 3 漢江流出 Model 图

4-2 流出計算モデルの諸定数検討方針

検討業務の実施に先立ち、以下に示す業務計画書を策定し、カウンターパートに提示する。

(1) 概要

前任専門家によって、'81年度に洪水予警報業務の実務を通して、漢江洪水予警報システムの総合的な問題点及び改善方策が検討され、「漢江洪水予警報SYSTEM報告書」(1982.3建設部漢江洪水統制所)がまとめられた。本業務は、この報告書の「2.漢江洪水予警報System 総合診断最終報告」における2.(3)、②を受けて、漢江洪水予警報システムの流出計算モデルの精度向上を図るため、既存の資料を用いて諸定数の検討を行うものである。

解析の方針は、次のとおりとする。

- ① 解析に用いる洪水は、1975年以降の人道橋水位3.5m以上の16洪水から選択する。
- ② 洪水時の実績降雨、水位、流量、ダム放流量のデータは、漢江洪水予警報Data・Bookから整理する。
- ③ 流出計算は、貯留関数法とし、流域及び河道の定数は、既往解析結果及び経験式を基にして算出し、追跡計算を行い、各検証地点の実績データと比較検討を行ったうえで決定する。

なお、基底流量は、既往解析結果を使用し、追跡計算時間は $4T = 1.0 \text{ hr}$ とする。

また、検証地点は、H-Q曲線のある清平、丹陽、忠州、驪州、高安、人道橋の6地点と華川ダム流入量とする。

- ④ 流出計算モデルは、既存のものをそのまま使用する。

(2) 基礎資料

① 降雨資料

降雨資料は、洪水予警報システム・モデルで使用する現観測所について収集整理する。

流出計算に使用する流域平均雨量は、各洪水ごとにThissen-Polygonは作らず、現モデルのTissen-Polygonに固定し、

観測所がない時、欠測の時は、現システムに基づいて補完する。

また、テレメータ雨量と日雨量を比較して、特に異なる観測所は日雨量に合わせて補正する。

② 水位・流量資料

水位・流量資料は、検証地点（清平、丹陽、驪州、高安、人道橋）と各ダムについて収集整理する。

水位から流量への変換は、各洪水で使用していたH-Q曲線に基づくものとする。なお、実測流量のある場合は、H-Q変換流量と共に併記して利用するものとする。

③ 流域特性資料

分割流域面積(A)、分割流域の支川延長(D)及び流域勾配(I)は、既存のデータを用いる。

なお、飽和雨量(R_{sa})及び一次流出率(f_1)をチェックするために地質図・植生図の収集整理を行う。

④ 河道特性資料

河道は、改修工事、砂利採取等によって、その特性が変わる。従って、最新の縦横断測量成果を収集整理して、河道幅(B)、河床勾配($1/L$)、粗度係数(n)のチェックを行う。

(3) 流出解析

前項の基礎資料を基に、貯留関数法を介在した漢江の流出モデルにしたがって追跡計算を行い、試行を繰返して、各流域及び河道の定数を決定する。

解析の方法は、次のとおりとする。

① 流出計算モデルは、現行の予測計算に用いているものとする。

② 貯留関数の諸定数は、現行の予測計算に用いているものを基礎とし、修正する場合は既往解析結果及び流域又は河道特性から経験式により求めた定数を各地点の実績流量との整合により調整を行い決定する。

③ 飽和雨量及び流出率は、浸透域を考慮して設定する。

1) 基礎方程式

貯留関数による洪水流出計算方法は、流出計算式に含まれる諸定数を過去の降雨流出資料から容易に求められること、また、この計算式が流域の洪水流出現象と対象して比較的理解し易いこと、などから漢江洪水予警報システム・モデルでも予測値の計算に用いている。

貯留関数法は、流出現象の非線線型特性を表わすために降雨から流出の変換過程に「流域貯留」の過程を導入し、これを媒介関数として、貯留量と流出量の関係に関数式で表わし、貯留量の水収支を計算して、これから流出ハイドログラフを求めるという計算式で行う。

基礎方程式を次に示す。

A. 流域流出量の推算式

$$R_{ave} - q_{\ell} = dS_o/dt \text{ (連続の式)} \dots\dots\dots ①$$

$$S_o = K \cdot q_{\ell}^p \text{ (運動の式)} \dots\dots\dots ②$$

$$q(t) = q_{\ell} (t - T_{\ell}) \dots\dots\dots ③$$

$$Q = 0.278 \{ f_1 \cdot q + (f_{sa} - f_1) q_{sa} \} \cdot A + Q_b \dots\dots ④$$

ここに、

R_{ave} ; 流域平均時間雨量 (mm/hr)

q_{ℓ} ; T_{ℓ} を考慮した単位流出高 (mm/hr)

S_o ; 単位貯留高 (mm)

t ; 時刻

K, p ; 定数

q ; 単位流出高 (mm/hr)

T_{ℓ} ; 流域の遅滞時間 (hr)

Q ; 流出量 (m^3/sec)

f_1 ; 一次流出率

f_{sa} ; 飽和流出率

q_{sa} ; R_{sa} を考慮した単位流出高 (mm/hr)

R_{sa} ; 飽和雨量 (mm)

A ; 流域面積 (Km²)

Q_b ; 基底流量 (m³/sec)

B. 河道流量の推算式

$$\sum_j f_j \cdot I_j - Q_\ell = dS_\ell/dt \text{ (連続の式)} \dots\dots\dots ⑤$$

$$S_\ell = S_s(Q_\ell) - T_L \cdot Q_\ell \text{ (運動の式)} \dots\dots\dots ⑥$$

$$Q(t) = Q_\ell(t - T_L) \dots\dots\dots ⑦$$

ここに、

f_j ; 流入係数

I_j ; 河道上流端及び残流域からの流入量 (m³/sec)

Q_ℓ ; T_Lを考慮したF流端流量 (m³/sec)

S_ℓ ; 河道のみかけの貯留量 (m³/sec·hr)

t ; 時刻

S_s ; 定流の貯留量 (m³/sec·hr)、不等流計算などにより求め S_s = KQ^p

T_L ; 河道の遅滞時間

Q ; 流出量 (m³/sec)

j ; 流入量番号

K, p ; 定数

ロ) 一次流出率、飽和流出率及び飽和雨量の推定

貯留関数の提案者(木村)は、流域の貯留関数の流入係数(降雨初期には $f = f_1$ (一次流出率という))の時間的変化を日本全国を調査して、

- ・降雨当初から $f = 1$ の流域
- ・降雨が相当多くなっても $f < 1$ の流域
- ・降雨当初は $f < 1$ で、後に $f = 1$ に変化する地域

に分類した。しかも、これらの差は、第4紀火山岩流域との別によって生ずることを見だし、両者について表4-2のような一次流出率、飽和流出率、飽和雨量を提案している。

解析対象洪水の f_1 、 f_{sa} 、 R_{sa} を求める方法として、

① f_1 を仮定して R_{sa} を計算する方法

表 4-2 全国河川資料による一次流出率及び飽和雨量

地質区分	定数 一次流出率 f_1	飽和流出率 f_{sa}	飽和雨量 R_{sa} (mm)
非第4紀火山岩流域	0.86~1.0	1.0	100 (0~200)
第4紀火山岩流域	0.65 (0.57~0.73)	1.0	300 (280~480)

② 累加曲線による方法

③ 過去の洪水の総降雨量～総流出量図から推定する方法

がある。

現流出計算モデルのこれら定数は、累加曲線による方法で検討が試みられたが、データの不足から、推定値として全細分割流域に一律に $f_1 = 0.5$ 、 $R_{sa} = 20 \text{ mm}$ としている。この場合、全流域一定値ということは、流域特性を表わしていないことになる。従って、幾分かでも流域特性に近似すべきであると考え。手法としては、②式による実績値が洪川及び蟾江にあるが、全細分割流域に適用するためのデータがないことから、ここではこれら実績値と地質等から他流域を類推するものとする。

ハ) 流域貯留定数の推定

K 、 p の推定にあたっては、次式による方法がある。

① 利根川で得られた経験式

$$K = 118.84 \cdot I^{-0.3} \dots\dots\dots \textcircled{8}$$

$$p = 0.175 \cdot I^{-0.235} \dots\dots\dots \textcircled{9}$$

ここに、 I ；流域内の主流路の平均河床勾配

この経験式は、利根川の流出解析から総合化されたもので

22の支流域のデータに基づいている。

② 貯留定数を含んだ経験式

$$K = 43.4 \cdot C \cdot L^{-1/3} \cdot I^{-1/3} \dots\dots\dots \textcircled{10}$$

$$P = 1/3 \dots\dots\dots \textcircled{11}$$

ここに、

I ; 流域内の主流路の平均河床勾配

L ; 流域内の主流路延長 (Km)

C ; 定数 = 0.120 (自然流出成分) *

= 0.012 (人口流出成分) **

* 利根川上流部の数個の流域の解析結果から逆算して求めたもので、一般の自然流域に適用する。

** 東京都の神田川の解析結果から推定したもので、都市化した流域に適用する。

③ 角屋代

丘陵、山林流域を対象に次式を求めている。

$$K = 43 \cdot Bc^{-0.54} \dots\dots\dots ⑫$$

ここに、Bc ; 代表集中斜面長 (m)

現モデルの定数は、上記①の方法により求められているが、試行にあたっては流域特性の変化をチェックして見直すものとする。

=) 河道貯留定数の推定

A. P値の推定

① 断面仮定方式

Pの値は、河道に指数型の平均流速公式が適用できるものとして表4-3のようになる。

表4-3 等流水路のPの値

断面形	Manning	Chegy
長方形断面	$\frac{3}{5} = 0.600$	$\frac{2}{3} = 0.667$
放物線断面	$\frac{9}{13} = 0.692$	$\frac{3}{4} = 0.750$
三角形断面	$\frac{3}{4} = 0.750$	$\frac{4}{5} = 0.800$

② 実断面計算方式

これは、実際の河道の断面、勾配、粗度係数から、適当に水深を数種仮定して、流水断面積W、及び流量Qを計算し、

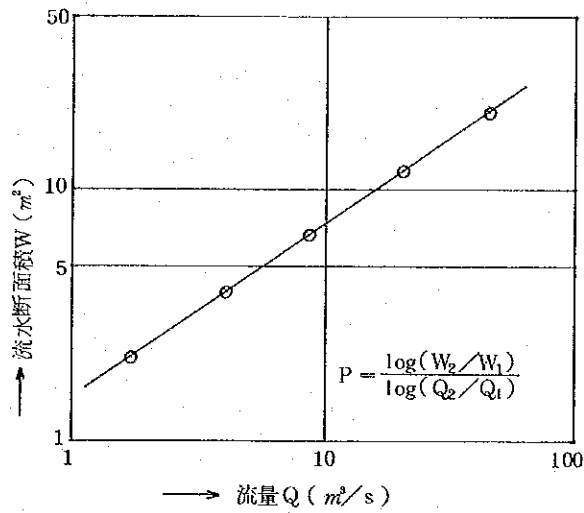


図 4 - 4 河道定数 P の推定

図 4 - 4 のように log - log 紙にプロットして、これに直線を挿入して勾配から P の値を求める。

現モデルの定数は、①の方式から $P = 0.600$ と一律に設定されているが、上流部の河道断面、下流部の河道断面が一律に扱われている。従って、データの有る区間は、河道特性を反映させるため計算から求め、データの無い区間は類推するものとする。

B. K 値の推定

① 漢江方式

河道の貯留関数は、その河道特性を表わすもので、流域貯留関数と同様に定数を求めることができる。

すなわち、前述の基本式と次式から

$$\varphi_s = \varphi + T_L = T_p \quad \text{..... ⑬}$$

ここに、 φ_s ; 定流の貯留関数

φ ; 洪水流の貯留関数

T_p ; 洪水ピーク ($\partial H / \partial t = Q$) の到達時間

河道断面を長方形と仮定して Manning の式を変形した次

式を用いる。

$$\varphi(s) = T_p = K_s \cdot Q^{-0.4}$$

$$\text{ここに、} K_s = 0.185 \cdot L \cdot b^{0.4} \cdot i^{-0.3} \cdot n^{0.6} \dots\dots\dots (14)$$

b ; 河幅、 i ; 河床勾配、 n ; 粗度係数

⑭を⑬に代入して

$$\varphi = K_s \cdot Q^{-0.4} - T_L \dots\dots\dots (15)$$

貯留量 S は、⑮式を積分して次式を得る。

$$S = \varphi dQ = 1.67 \cdot K_s \cdot Q^{0.6} - T_L \cdot Q \dots\dots\dots (16)$$

従って、定数 P = 0.600、K は次式から求まる。

$$K = 1.67 \cdot K_s \dots\dots\dots (17)$$

$$K_s = 0.185 \cdot L \cdot b^{0.4} \cdot i^{-0.3} \cdot n^{0.6}$$

② ピーク流量の到達時間による K 値の推定

Kleitiz, Seddon の法則により

$$T_p \doteq (dS_s/dQ) \quad (\text{ただし、} Q = Q_p) \dots\dots\dots (18)$$

$$\text{したがって、} S_s = K \cdot Q^P \dots\dots\dots (19)$$

$$\text{と近似すれば、} T_p = K \cdot P \cdot Q_p^{P-1} \dots\dots\dots (20)$$

よって、P を仮定すれば、

$$K = T_p / P \cdot Q_p^{P-1} \dots\dots\dots (21)$$

ここに、 T_p ; ハイドログラフのピークの到達時間 (hr)

S_s ; 定流の貯留量 ($m^3/sec \cdot hr$)

Q ; 流量 (m^3/sec)

Q_p ; 下流端のピーク流量 (m^3/sec)

③ 経験式

日本の主要河川の定数解析から求められた K 値と河道特性から、次式が求められている。

$$K = 0.1658 \cdot L \cdot I^{-0.5} \dots\dots\dots (22)$$

ここに、L ; 河道区間の延長 (Km)

I ; 河道の平均勾配

現モデルは、⑰式から推定されているが、その後の改修工事、砂利採取等による河道特性の変化をチェックして、⑰式

から推定して第一次近似値として、試行により⑳式、又はデータのある区間は㉑式を考慮する。

なお、K、Pは、 $T_L = \text{Const}$ として求めているが、実際はK、Pは $T_L = f(Q)$ の条件の下に定まる定数であるから、検討の結果によってはある一定流量を境に段階方式を採用する。

ホ) 遅滞時間の推定

遅滞時間の推定には、次の経験式がある。

A. 流域の遅滞時間

① 木村方式

$$T_{\ell} = 0 \quad (L \leq 11.9 \text{ Km}) \quad \dots\dots\dots \text{㉒}$$

$$T_{\ell} = 0.047 \cdot L^{-0.56} \quad (L > 11.9 \text{ Km}) \quad \dots\dots\dots \text{㉓}$$

ここに、 T_{ℓ} ; 流域の遅滞時間 (hr)

L ; 流域の延長 (Km)

② 利根川方式

$$T_{\ell} = 0.0506 \cdot L^{-0.31} \quad \dots\dots\dots \text{㉔}$$

現モデルは、㉔式を用いて推定されているが、流域特性は変化がないと思われるが、他の定数を変えても整合しない時にチェックする。

B 河道の遅滞時間

① 木村方式

$$T_L = 7.36 \cdot 10^{-4} \cdot L \cdot I^{-0.5} \quad \dots\dots\dots \text{㉕}$$

ここに、L ; 河道区間延長 (Km)

I ; 河道平均勾配

② 利根川方式

$$T_L = 0.00165 \cdot L \cdot I^{-0.5} \quad \dots\dots\dots \text{㉖}$$

現モデルは、㉖式によって推定されているが、その後の改修工事、砂利採取等による河道特性の変化をチェックして、㉖式から推定して第一次近似値とし、試行により㉕式を考慮する。

(4) 定数の推定

現行のモデルについて流出計算を行い、各検証地点で対象洪水のハイドログラフを求め、実測値との整合により、流域又は河道の定数を修正しながら試行を繰返して、妥当と思われる定数を決定する。

A 一次推定

定数推定の第一段階として、現行の定数を使用して、流出計算モデルの妥当性をチェックする。

B 二次推定

一次推定で計算した結果を検討し、一次流出率、飽和流出率、飽和雨量を前述の方法で見直し、著しく異なる地点上流の流域・河道定数について、前述の方法で推定して二次推定値とする。

C 三次推定

二次推定値で計算した結果を検討して、 f_1 、 f_{sa} 、 R_{sa} を固定して流域・河道定数のみ三次推定を行う。

以下、繰返して試行し、判定基準を設けて妥当になるまで行う。

4-3 既往洪水の分析

表 4-4 既往洪水規模表

No	期 間	平均総雨量 mm	人道橋Peak流量 m^3/s
1	1975. 7. 10 ~ 7. 18	153	6, 307
2	7. 21 ~ 7. 31	220	12, 210
3	7. 31 ~ 8. 8	78	3, 328
4	9. 14 ~ 9. 21	154	9, 365
5	1976. 8. 12 ~ 8. 20	254	15, 922
6	1978. 7. 9 ~ 7. 21	148	6, 819
7	1979. 6. 19 ~ 7. 3	264	13, 125
8	7. 10 ~ 7. 17	87	3, 437
9	7. 30 ~ 8. 9	195	14, 193
10	1980. 4. 5 ~ 4. 8	82	2, 925
11	7. 13 ~ 7. 19	122	3, 675
12	7. 19 ~ 7. 24	146	13, 200
13	8. 22 ~ 8. 29	70	4, 494
14	1981. 7. 1 ~ 7. 7	265	10, 127
15	7. 11 ~ 7. 15	95	9, 365
16	8. 29 ~ 9. 4	216	14, 744

表 4 - 5 既往洪水の状況

降雨期間 (洪水名)	流域諸元		Peak 流量		流域平均 総雨量	暴 雨 期 間	前期流域 平均総雨量	出水の特 徴
	河川 分類	面積 Km ²	発生時刻	流量 m ³ /s				
1980. 4. 5 } 4. 8	北溪江	I	4,061	(清平)	81	4	3	※降雨量は、全体的に均一で少なく、人道橋では指定水位に達しなかった。
		II	6,272		80	4	1	
	南溪江	III	6,700	(驪州)	77	4	6	
		IV	5,580		92	4	5	
		V	2,367		74	4	1	
全流域	24,980	(人道橋) 7日8~10時	3,617	82	4	3		
1980. 7. 13 } 7. 19	北溪江	I	4,061	(清平)	120	1	4	※降雨量は、全体的に均一で少なく、人道橋では指定水位に達しなかった。 ※高安の Peak 値が驪州より早いのか?
		II	6,272		112	1	2	
	南溪江	III	6,700	(驪州)	131	1	0	
		IV	5,580		121	1	2	
		V	2,367		125	1	2	
全流域	24,980	(人道橋) 15日12時 16日1時	3,675	122	1	1		
1980. 7. 19 } 7. 24	北溪江	I	4,061	(清平)	95	0	120	※降雨量は、南溪江及び北溪江の下流域が特に多い。 ※1978. 7. 9 洪水と比べ、全流域平均総雨量は同じであるが、流出量が増倍も異なるのは、前期降雨量と南溪江の降雨量が多いためであろう。 ※高安の Peak 流量は、驪州より小さく生起時刻も不自然であり、水位計の trouble であろう。Peak 値は、23日5時頃で15,000 m ³ /s 前後であろうと推測される。
		II	6,272		2,198	158	0	
	南溪江	III	6,700	(驪州)	185	0	130	
		IV	5,580		165	0	121	
		V	2,367		117	0	125	
全流域	24,980	(人道橋) 23日9~10時	13,200	146	0	122		

解析に用いた1975年以降の人道橋水位3.5m以上の16洪水の諸元を表4-4に示す。これら16洪水について分析した結果の一部を表4-5に示す。

既往洪水の分析の結果、概ね次のことが判明した。

- ① 人道橋で指定水位を越える可能性は、前期降雨がない場合、流域平均総雨量が約130mmに達したとき、あるいは南漢江に降雨量が多い場合には流域平均総雨量が約110mmに達したときである。また、前期降雨が相当あり、かつ南漢江に降雨量が多い場合には、流域平均総雨量が80~90mmで指定水位前後になる。
- ② 南漢江の降雨量が少ないと洪水量は小さい(例:1975年7月10日洪水、1978年7月9日洪水、1981年7月1日洪水)。
- ③ 南漢江の降雨量が多いと洪水量が大きくなる(例:1975年9月14日洪水、1979年6月19日洪水、1980年7月19日洪水など)。
- ④ 高安地点のピーク値が上流の清平・驪州あるいは清平、又は驪州より早く、かつ上流からの合流量より大きく出ている洪水が、16洪水のうち7洪水ある。
- ⑤ 前期降雨の有無により流出量が異なる。
- ⑥ 飽和雨量が過小と思われる(例:1975年9月14日洪水)。

4-4 現行モデルの妥当性

現モデルの妥当性の検討は、既往洪水の分析結果を踏まえて、人道橋地点において指定水位を越える12洪水について分析した。現行の諸定数を用いた検証の結果を地点毎に示したものの一部を図4-5及び表4-6に示す。

なお、流出モデルの適合性を評価する方法は、客観的な判断基準として誤差率を用いた。この誤差率は、通常0.03以下にするよう提案されている。それは、洪水時のH-Q曲線の誤差が10~20%あることに基づくものである。

$$E = 1/n \sum_{i=1}^n (Q_{\alpha(i)} - Q_{c(i)} / Q_{op})^2$$

表 4 - 6 現 Model の検証結果

地点名： 國州

洪水名	Peak 値			誤差率		適合性
	実測値	予測値	Time Lag	E	Ep	
1976. 8. 12~	m/s 10, 731	m/s 13, 410	hr 0	0. 0286	0. 1228	・ Ep の適合性が非常に悪い。 ・ 予測値が他の多くの Case に比べ大きく てあり E = 0. 0623 で他に原因有。
1981. 8. 29~	4, 643	3, 196 (2, 817)	8	0. 0358	0. 0409	・ E, Ep 共に適合性が若干悪い。 ・ Time Lag を修正しても Peak 値の E = 0. 0971 で他に原因有。
1979. 7. 30~	10, 016	8, 286 (7, 027)	3	0. 0169	0. 0298	・ Ep の適合性がもう少し。 ・ Time Lag を修正しても Peak 値の E = 0. 0837 で他に原因有。
1980. 7. 19~	12, 337	8, 393 (6, 266)	6	0. 0207	0. 0716	・ Ep の適合性が悪い。 ・ Time Lag を修正しても Peak 値の E = 0. 1022 で他に原因有。
1979. 6. 19~	10, 661	7, 292 (6, 901)	8	0. 0184	0. 0863	・ Ep の適合性が悪い。 ・ Time Lag を修正しても Peak 値の E = 0. 0999 で他に原因有。
1975. 7. 21~	4, 485	3, 913 (3, 765)	6	0. 0068	0. 0055	・ 誤差率的には良い。 ・ Peak 値の E = 0. 0163 で Time Lag の 修正で更に向上。
1981. 7. 1~	5, 679	5, 658 (5, 053)	※ 3 9	0. 0224	※ 0. 0404 0. 0598	・ Ep の適合性が若干悪い。 ・ Time Lag を修正しても Peak 値の E = 0. 0196 と 0. 1713 で他に原因有。
1975. 9. 14~	7, 665	10, 352 (10, 307)	1	0. 0287	0. 0852	・ Ep の適合性が悪い。 ・ 予測値が他の多くの Case に比べ大きく てあり E = 0. 1229 で他に原因有
1981. 7. 11~	2, 540	2, 103 (1, 981)	11	0. 0315	0. 0171	・ E の適合性が若干悪い。 ・ Time Lag を修正しても Peak 値の E = 0. 0296 で他にも原因有
1978. 7. 9~	2, 845	3, 033	6 ※ 0	0. 0453	0. 0144 ※ 0. 0254	・ E の適合性が若干悪い。 ・ Time Lag を修正しても Peak 値の E = 0. 0482 と 0. 0044 で他にも原因有。
1975. 7. 10~	1, 469 2, 831	997 (888) 3, 275 (2, 533)	14 ※ 7	0. 0940	0. 0811 ※ 0. 0776	・ E, Ep 共に適合性が悪い。 ・ Time Lay を修正しても Peak 値の E = 0. 1032 と 0. 0246 で他にも原因有。
1980. 8. 22~	4, 198	3, 278 (2, 699)	7	0. 0413	0. 0890	・ E, Ep の適合性が悪い。 ・ Time Lag を修正しても Peak 値の E = 0. 0480 で他に原因有。
	注 1. 予測値の () 書は、実測 Peak 時に対応する予測値 である。 2. E は、指定水位以上の期間の誤差率 3. Ep は、Peak 付近の誤差率 4. Ep の 2 段書は、Peak が二山あり、※印は Peak 値 の大きい方である。					※全体的に Time Lag (平均 6 h) の修 正が必要 ※比較的小洪水の適合性が悪く、大洪水も Peak 付近が悪い。 ※12 Case 中 4 Case を除き、予測値が 小さい。

表 4-7 流出計算 Model の妥当性

降雨期間 (洪水名)	観測 地点	流量諸元			Modelの 適合性	総雨量 Vol	総流出量	流出率	I 流域の 雨量考察	考 察
		実測値 m ³ /s	計算値 m ³ /s	誤差 %						
1980.7.19 }	華川	1,579	1,792	13.5	0.0614	0.386 × 10 ⁹	0.213 × 10 ⁹	0.552	<ul style="list-style-type: none"> 前日までの前期降雨量が120mmもありながら流出率が小さい。総雨量Volが過大である。 Modelの適合性は、全体的に悪い。 I流域の降雨量は正確か。 Hydrographの華川、丹陽、驪州から判断して基底流量が大きすぎる。 飽和流出率0.7を1.0位にする。 	
	溇平	2,198	2,144	2.5	0.0632					
	丹陽	5,211	5,012	3.8	0.0311					
	忠州	8,528	5,577	34.6	0.1126	1.240 × 10 ⁹	1.288 × 10 ⁹	1.039		
	驪州	12,337	8,393	32.0	0.0716					
	高安	6,447	11,105	72.3	0.2324					
	人道橋	13,200	11,329	14.2	0.0395	3.647 × 10 ⁹	2.530 × 10 ⁹	※ 0.693		
	華川	1,248	2,185	75.1	0.0794	1.019 × 10 ⁹	0.433 × 10 ⁹	0.425		
	溇平	3,325	3,298	0.8	0.0222					
	丹陽	6,050	5,030	16.9	0.0491					
1979.6.19 }	忠州	6,385	5,494	14.0	0.0640	1.601 × 10 ⁹	1.221 × 10 ⁹	0.763	<ul style="list-style-type: none"> 流出率が小さい。総雨量Volが過大である。 HydrographとHyetographが不整合 Modelの適合性は、全体的に悪い。 I流域の降雨量が正確。 飽和流出率0.7を1.0倍にする。 	
	驪州	10,661	7,292	31.6	0.0863					
	高安	14,890	11,423	23.3	0.0536					
	人道橋	13,125	11,876	9.5	0.0418	6.595 × 10 ⁹	4.094 × 10 ⁹	0.621		
	華川	3,207	2,966	7.5	0.0636	0.918 × 10 ⁹	0.905 × 10 ⁹	0.986		
	溇平	5,387	4,118	23.6	0.0870					
	丹陽	2,533	2,449	3.3	0.0079					
	忠州	2,811	2,719	3.3	0.0047	1.199 × 10 ⁹	1.023 × 10 ⁹	0.853		
	驪州	4,485	3,913	12.8	0.0055					
	高安	12,993	8,557	34.1	0.2475					
1975.7.21 }	人道橋	12,210	9,224	24.5	0.2404	5.496 × 10 ⁹	4.124 × 10 ⁹	0.750	<ul style="list-style-type: none"> 4日前に前期降雨量が約160mm多かったが流出率が大きすぎる。 HydrographとHyetographが不整合。 Modelの適合性は、南漢江は良い(前期降雨量が若干飽和雨量に影響すると思わされる)。 I流域の降雨量が正確。 人道橋のHydrographを見る限り飽和流出0.7を1.0位にするか。 	

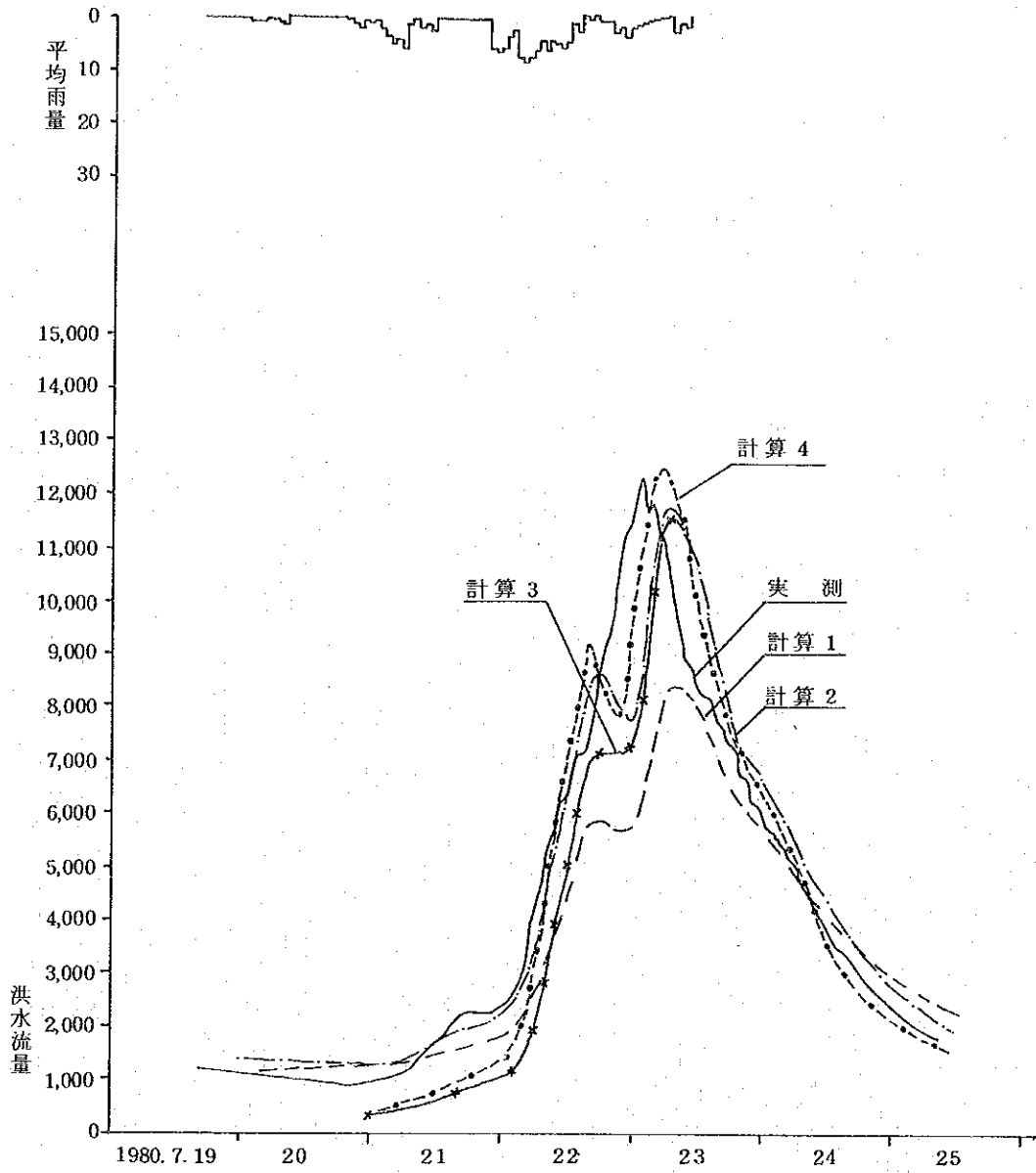


图 4 - 5 驪州地点検証結果

ここに、 E ; 誤差

$Q_o(i)$; i 時の実測流出量

$Q_c(i)$; i 時の計算流出量

Q_{op} ; 実測の最大流出量

n ; 計算時間数

流出計算モデルの妥当性は、前述の誤差率、流出率、I流域の降雨量、飽和雨量等によって行い、その結果の一部を表4-7に示すとおりで、概ね次のことが判明した。

先ず、I流域の降雨量を検討した結果は、次のとおりである。

- ① 総雨量 V_{oi} が過大と思われるケースが、12洪水の中に7洪水ある
(例：1975年9月14日洪水、1976年8月12日洪水など)。
- ② 総雨量 V_{oi} が過小と思われるケースが、12洪水の中に2洪水ある
(例：1975年7月21日洪水、1978年7月9日洪水)。
- ③ ハイドログラフとハイトグラフが不整合と見られるケースが、12洪水の中に9洪水ある(例：1978年7月9日洪水、1975年7月10日洪水など)。

次に、モデルの妥当性を検討した結果は、次のとおりである。

- ① モデルの適合性は、非常に悪い(0.1以上)ケースが4洪水(例：1976年8月12日洪水、1975年7月10日洪水など)、悪い(0.06~0.1)ケースが6洪水(例：1981年8月9日洪水、1980年7月19日洪水など)、若干悪い(0.03~0.06)ケースが1洪水(1981年7月1日洪水)、良い(0.03以上)ケースが1洪水(1975年9月14日洪水)で、全体的に悪く使用に耐えない。
- ② 基底流量が大きすぎると思われるケースとして4洪水見られる
(例：1980年7月19日洪水、1981年7月11日洪水など)。
- ③ 飽和流出率を現行の0.7から1.0に近づけた方が良いと思われるケースが8洪水ある(例：1981年8月29日洪水、1970年7月31日洪水など)。

- ④ 飽和雨量を大きくした方がよい(例: 1981年8月29日洪水、1975年9月14日洪水など)。
- ⑤ 飽和雨量に前期降雨量を考慮した方がよい(例: 1975年7月10日洪水、1980年8月22日洪水)。

4-5 定数解析

(1) 二次推定

定数推定の第一段階としては、現行の定数を使用して流出計算モデルの妥当性を検討した結果は、前項で述べたとおりである。ここでは、新たな定数を設定して二次推定を行う。

① 流域定数の推定

二次推定に用いる諸定数は、以下の方法で求めた。

A 流域特性

流域特性を表わす指標としての流域面積(A)、支川延長(DIS)、流域勾配(1/I)は、1978年12月に精査されており、その後新たに精度を高める資料がないことから、現行の数値のままとする。

B 基底流量の推定

現モデルにおける基底流量は、予測計算スタート時のハイドログラフを合わせるために、計算スタート時の驪州地点流量から比流量を求め各流域にスライドさせる手法が採用されている。この手法は、前の洪水流あるいは前期降雨の影響を大きく受け、ハイドログラフのピーク値及び低減部あるいは流出Volに大きく影響する。このことは、現行モデルの妥当性の検討でも明らかにされた。

基底流量については、1978年12月に解析されており、ここでは漢江における唯一のデータとして、これを用いる。

C 貯留定数と遅滞時間の推定

現行のK、P、 T_d は、1978年12月精査の結果である。その後、1981年11月に解析が試みられているが、内容を吟味すると理論的に曖昧な面もある。従って、ここではK、P、

T_L は現行のままとする。

D 一次流出率、飽和流出率及び飽和雨量の推定

現行モデルの妥当性の検討で飽和流出率及び飽和雨量の見直しが判明した。一次流出率(f_1)、飽和流出率(f_{sa})及び飽和雨量(R_{sa})については、1981年11月調査の実績値(24.9流域のみ)が最も妥当であると思料した。これらのデータのみでは不足であるため、忠州地点(13~19流域)の総雨量と総流出量を調べ、図化して求めた飽和雨量は、図4-6に示すとおり $R_{sa} = 115 \text{ mm}$ であった。試みに、華川地点でも検討したが、データが拡散して求めることは出来なかった。

これらの実績値と地質区分によって各小分割流域毎に求めた飽和雨量は表4-8に示すとおりである。また、 f_1 及び f_{sa} は、実績値から推定した。

これら、新たに推定した諸定数を表4-9に示す。

② 河道定数の推定

現行の河道特性、貯留定数(K 、 P)及び遅滞時間(T_L)については、1978年12月精査に基づくものである。その後、1981年11月に一部区間の検討が試みられているが決手に欠ける。従って、 K 、 P 、 T_L は現行のままとする。

(2) 三次推定

ここでは、前期降雨量と飽和雨量の関係を検討したものである。その結果、4日前までに150mm以上の前期降雨量があっても飽和雨量値には影響はないものと思料され、また、予測計算スタート時までの前期降雨量分だけ飽和雨量を小さくした方が精度が良くなることが判明した。

(3) 四次推定

三次推定までのハイドログラフを見ると、ほとんどが、計算ピーク時刻が遅く、かつ計算ピーク値が小さく表われている。このことは、流域及び河道貯留量が小さいことを意味している。

そこで、ここでは短絡的に河道定数の K 値のみの修正を試みた。

表4-8 飽和雨量 (Rsa) 推定一覽表

大分割 流域	小分割 流域	流域 面積	地質区分面積				地質別飽和雨量				Rsa 流域平均
			花崗岩	片麻岩	石灰岩	片岩	花崗岩	片麻岩	石灰岩	片岩	
I Km ² (4,061)	1	1,569	(628)	(941)			60	130			102
	2	1,537	(615)	(922)			60	130			102
	3	955	(475)	(480)			60	130			95
II Km ² (6,272)	4	785	(226)	(559)			60	130			110
	5	1,015	334	681			60	130			107
	6	1,022	(551)	(471)			60	130			92
	7	644	130	514			60	130			116
	8	275	165	78		32	60	130		130	88
	9	871	360	511			60	130			101
	10	609	125	305		179	60	130		130	116
	11	1,051	208	822		21	60	130		130	116
III Km ² (6,700)	13	674	290	230	154		60	130	130		100
	14	1,107	159	440	508		60	130	130		120
	15	1,478	537	46	895		60	130	130		105
	16	994			994				130		130
	17	502		395	104			130	130		130
	18	828	114	174	540		60	130	130		120
	19	1,117	361	510	246		60	130	130		107
IV Km ² (5,580)	20	676	293	383			60	130			100
	21	951	381	500	70		60	130	130		102
	22	234	188	46			60	130			74
	23	348	228	120			60	130			84
	24	450	450				60				60
	25	1,044	908	136			60	130			69
	26	774	658	116			60	130			70
	27	1,103	676	359		68	60	130		130	87
V Km ² (2,367)	12	356		356				130			130
	28	821		821				130			130
	29	1,190	535	655			60	130			99
(1,219)	30	1,219	85	1,134			60	130			125
流域面積計		26,199	※花崗岩 Rsa = 60 mm 24 流域の実測 Rsa = 58.9mm ※片麻岩 Rsa = 130 mm 9 流域の実測 Rsa = 102 mm 全流域 871Km ² × 102mm = 88,842 花崗岩 360 × 60 = 21,600 片麻岩 511 × [132] = 67,242 ※片岩 (片麻岩と同じ) Rsa = 130 mm				※石灰岩 Rsa = 130 mm 13~19 流域実測 Rsa = 115 mm 全流域 6,700Km ² × 115mm = 770,500 片麻岩 1,795 × 130 = 233,350 花崗岩 1,461 × 60 = 87,660 石灰岩 3,444 × [131] = 449,490 ※注 地質区分面積の () 書は推定				

表4-9 流域定数 (F₁、F_{sa}、R_{sa}) 一覧表

大分割 流域	細分割 流域	1981年11月調査			1983年4月調整		
		F ₁	F _{sa}	R _{sa}	F ₁	F _{sa}	R _{sa}
I	1				0.50	1.00	102
	2				0.50	1.00	102
	3				0.50	1.00	95
II	4				0.50	1.00	110
	5				0.50	1.00	107
	6				0.50	1.00	92
	7				0.50	1.00	116
	8				0.50	1.00	88
	9	(0.42)	(1.00)	(102.00)	0.50	1.00	101
	10				0.50	1.00	116
	11				0.50	1.00	116
III	13	0.56	1.00	49.09	0.50	1.00	100
	14	0.58	1.00	47.61	0.50	1.00	120
	15	0.59	1.00	47.12	0.50	1.00	105
	16	0.56	1.00	49.27	0.50	1.00	130
	17	0.56	1.00	49.13	0.50	1.00	130
	18	0.67	1.00	41.23	0.50	1.00	120
	19	0.57	1.00	48.46	0.50	1.00	107
IV	20	0.64	1.00	43.46	0.50	1.00	100
	21	0.58	1.00	47.61	0.50	1.00	102
	22	0.55	1.00	49.98	0.50	1.00	74
	23	0.55	1.00	49.45	0.50	1.00	84
	24	(0.50)	(0.95)	(58.90)	0.50	1.00	60
	25	0.56	1.00	49.00	0.50	1.00	69
	26	0.55	1.00	49.71	0.50	1.00	69
	27	0.63	1.00	44.17	0.50	1.00	70
V	12				0.50	1.00	130
	28	0.62	1.00	44.58	0.50	1.00	130
	29				0.50	1.00	99
	30				0.50	1.00	125
算出根拠		※ () は実績値 ※ $F_1 = 6.3 \times 10^{-4} (S^{-1}) + 0.531$ ※ $R_{sa} = -0.0447 (S^{-1}) + 51.055$			※ F ₁ ; 実績から推定 9 流域 0.42 13~19 流域 0.53 24 流域 0.50 ※ F _{sa} ; 実績から推定 9 流域 1.00 13~19 流域 1.00 24 流域 0.95 ※ R _{sa} ; 表4-8のとおり		

その結果概ね、北漢江は現行のままが良く、南漢江は0.6～0.7掛、本川は0.7掛位が精度が良くなることが判明した。この結果、河道定数K値は、取り敢えず表4-10とした。

4-6 検証計算

定数解析の検証計算に用いた洪水は、既往洪水の分析結果に基づき、大・中・小洪水、北漢江又は南漢江にそれぞれ降雨量が多い場合、前期降雨量の有無等から5洪水を選定した。

① 1975年7月21日洪水(人道橋; $Q_I = 12,210 \text{ m}^3/\text{s}$)

- ・降雨量は、北漢江が比較的多い。
- ・前期降雨が4日前までに流域平均150mm以上あった。

② 1976年8月12日洪水($Q_I = 15,922 \text{ m}^3/\text{s}$)

- ・1975年以降の最大洪水である。
- ・降雨量は、北漢江が多い。
- ・前期降雨なし。

③ 1979年6月19日洪水($Q_I = 13,125 \text{ m}^3/\text{s}$)

- ・降雨量は、北漢江下流部と本川が多い。

④ 1980年7月19日洪水($Q_I = 13,200 \text{ m}^3/\text{s}$)

- ・降雨量は、南漢江が多い。
- ・前期降雨なし。

⑤ 1980年8月22日洪水($Q_I = 4,494 \text{ m}^3/\text{s}$)

- ・人道橋で指定水位を若干越えた。
- ・降雨量は、南漢江が多い。
- ・前期降雨が前日までに流域平均約90mmあった。

検証地点は、北漢江の華川ダム流入量と清平、南漢江の丹陽、忠州驪州、本川の高安、人道橋の7地点で行った。それぞれの地点の流域面積を表4-11に示す。検証計算結果の一部を、図4-5、6及び表4-12に示す。

検証計算の結果は、概ね次のことがいえる。

① 精度は、華川、清平を除き改善された。特に、南漢江は、大幅に精度が向上した。

表 4 - 10 河道定数 (四次推定値) 一覧表

No	記号	河道特性				定数			備考
		DIS km	B m	I/I	n	K	P	Te	
1	A	41.00	300.00	586.00	0.04549	131.414	0.600	1.638	
2	B	36.25	350.00	560.00	0.04559	122.068	0.600	1.415	
3	C	33.50	500.00	1,042.00	0.04375	152.917	0.600	1.784	
4	D	60.00	666.00	578.00	0.04552	263.594	0.600	2.380	
5	E	18.60	400.00	989.00	0.04395	76.659	0.600	0.965	
6	F	56.50	180.00	817.00	0.04461	161.198	0.600	2.665	
7	G	44.00	400.00	1,422.00	0.04230	197.612	0.600	2.738	
8	H	26.25	650.00	2,442.00	0.03840	158.888	0.600	2.140	
9	I	27.00	200.00	260.00	0.04674	35.164	0.600	0.718	
10	J	72.75	300.00	719.00	0.04498	147.763	0.600	3.219	
11	K	75.75	150.00	616.00	0.04538	111.899	0.600	3.102	
12	L	57.55	250.00	960.00	0.04406	126.806	0.600	2.942	
13	M	56.55	322.00	1,174.00	0.04324	155.961	0.600	3.197	
14	N	28.50	150.00	551.00	0.04562	47.657	0.600	1.104	
15	O	45.00	200.00	997.00	0.04392	98.586	0.600	2.344	
16	P	16.40	690.00	1,489.00	0.04204	64.779	0.600	1.044	
17	Q	21.40	598.00	2,001.00	0.04008	84.768	0.600	1.580	
18	R	52.50	300.00	884.00	0.04450	129.700	0.600	2.517	
19	S	18.65	580.00	2,251.00	0.03913	74.514	0.600	1.460	
20	T	27.53	650.00	2,924.00	0.03656	119.544	0.600	2.456	
21	U	26.02	730.00	3,225.00	0.03541	119.571	0.600	2.438	
22	V	40.46	1,185.00	3,374.00	0.03484	226.549	0.600	3.878	
23	W	34.20	1,810.00	4,793.00	0.02941	227.718	0.600	3.907	
		※現行値同じ							

表 4 - 11 検証地点と流域面積

単位：Km²

入道橋	高安	驪川	忠陽	丹陽	清平	華川
24,980	23,790	11,177	6,700	5,583	10,333	4,061

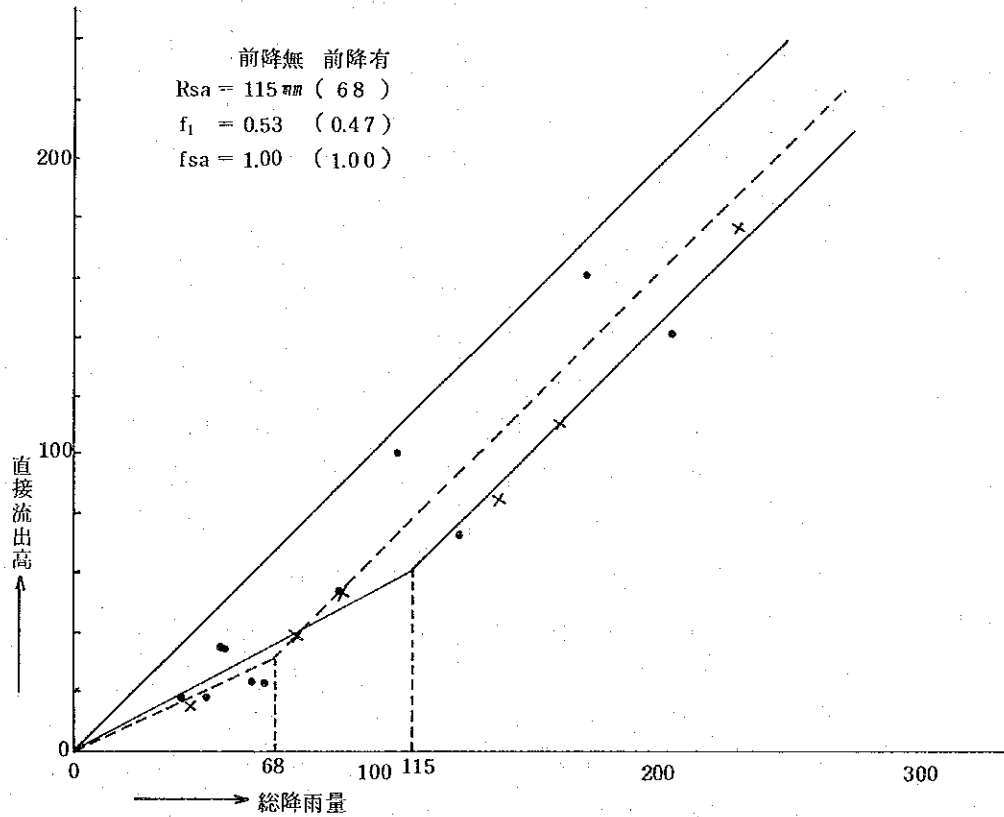


図 4 - 6 忠州地点 直接流出高—総降雨量図

- ② 北漢江の精度が向上が、高安及び入道橋の精度向上に大きく寄与するものと思料する。
- ③ 南漢江の各地点のハイドログラフと誤差率を見ると、大きな洪水が予測値のピークが大きいか、又はピーク時刻が遅いなどにより精度が悪い。中には、河道定数Kを小さくしたことにより精度を悪くした特殊なケースもあるが、K値を小さくしたことは妥当と思料す

表 4 - 12 計算 Case と誤差率評価

地点名： 驒州

降雨期間 (洪水名)	実測流量 m ³ /s	誤差 区分	計 算 Case							評 価
			第1回	第2回	第3回	第4回	第5回	第6回	第7回	
1975. 7. 21 }	4, 485	E	0.0068	0.0160	/	0.0185				※精度的に使用できる。
		Ep	0.0055	0.0143	/	0.0159				
		pE	0.0163	0.0021	/	0.0044				
1976. 8. 12 }	10, 731	E	0.0286	0.0494	/	0.0301				※精度の向上が必要で, Te を小さくするか。
		Ep	0.1228	0.1755	/	0.1067				
		pE	0.0623	0.0838	/	0.1009				
1979. 6. 19 }	10, 661	E	0.0184	0.0109	/	0.0038				※精度的に使用できる。
		Ep	0.0863	0.0404	/	0.0170				
		pE	0.0999	0.0156	/	0.0000				
1980. 7. 13 }	12, 337	E	0.0207	0.0086	0.0134	0.0072				※精度的に使用できる。
		Ep	0.0716	0.0266	0.0353	0.0191				
		pE	0.1022	0.0022	0.9300	0.0002				
1980. 8. 22 }	4, 198	E	0.0413	0.0999	0.6920	0.0009				※精度的に使用できる。
		Ep	0.0890	0.2475	0.3160	0.0007				
		pE	0.0480	0.2187	0.0270	0.0004				
計算 Case の概要			現行の定数	Q _B F _{sa} を変更 R _{sa}	R _{sa} の修正	K 値の修正				E ; 指定水位以上の誤差率 Ep ; Peak 付近の誤差率 pE ; Peak 値の誤差率

る。

4-7 考察及び課題

検討の結果、次のような結論と今後の課題が明らかとなった。

- ① 一連の降雨継続において、初期の弱い降雨を切り離して予測計算を実施する場合、その量だけ飽和雨量を減少させて計算する方法が精度は向上する。
- ② 華川ダム上流域の降雨量は、現行システムでは正確に把握することは困難で、レーダ雨量計の活用等の抜本的な改善が必要である。従って、現行システムの予測計算においては、下流部への洪水到達時間を考慮すれば貯留関数法による計算よりも華川ダム放流量を用いる方法が良いと思料する。
- ③ 河道定数K値は、ほぼ全河道にわたり小さくした方が精度が向上する。このことは、流域全体の貯留量が小さいことをも意味しており、流出率のチェックを行うと共に流域定数K値を含めバランスのとれた定数を設定する必要がある。
- ④ 上流ダム群については、洪水調節の実態を把握して、予測計算上の洪水調節計算方式とのチェックが必要である。
- ⑤ 本川は、北漢江の精度向上後にK、 T_L のチェックが必要である。
- ⑥ 高安地点のピーク値が、八堂ダムの操作に伴い人為的に作り出された形跡が数ケースうかがえる。上流からの流入量より大きくして洪水流を放出することは絶対にあってはならないことである。このことは、今後、詳細な検討と改善が望まれる。

5. 提 言

5-1 総括及び反省

本検討の結果は、精度的には向上したものの満足すべきものではない。その第1点は、基礎資料が十分でないこと。第2点は、時間的制約から筋道に沿っての検討が不十分なこと、である。第1点に関しては、①各検証地点のH-Q曲線が毎年チェックされていないこと。②河道特性把握のための最新の縦横断測量成果が収集できなかったこと。③一次流出率、飽和流出率及び飽和雨量に関するモデル流域のデータが少ないこと。である。第2点に関しては、①一次流出率、飽和流出率、飽和雨量及び基底流量に関しては、データが少ないながらも、ほぼ満足すべき成果であろうと思われるが、流出率によるチェックが必要であろう。②流域定数のK、P、 T_L のチェックが必要である。③各ダムの実態と予測計算上の洪水調節計算のチェックが必要である。④前各項の検討後に河道定数K、P、 T_L の検討を行う。の手順が必要である。何れにせよ、この類の問題は、一朝一夕に十分満足すべき成果が得られるものではない。この検討成果が、今後の調査検討の基礎になれば幸いであろう。

漢江洪水予警報システム・モデルにおける問題点の種類・性格は、我が国のそれと若干の相違があるとしても本質的には大差ない。システム・モデルの精度向上は、自然現象のメカニズムの解明と、モデル化の適合性の向上であって、この種の課題の調査・研究は恒久的に継続される必要がある。

5-2 技術協力の将来展望

韓国の河川は、その自然的条件及び災害の実態並びに水需要の増大に鑑み、河川改修の促進及び水資源開発の足進等が国策の重要課題として掲げられている。これらの重要課題の早期解決が推進される一方、水文情報管理の強化、低水管理体制の強化及び河川管理体制の強化が必要不可欠な課題である。

韓国における河川技術力は、我が国と比べ毛頭劣るものではない。しかし、予算的措置が弱点となって技術力の酷使に至らないがために運用

面で若干の貧弱さが感じられるが、それを克服するための韓国建設部技術者の努力は高く評価されるべきであろう。我が国が抱える河川行政の課題は、韓国の実情と類似する面も多くあり、これら相互の実情に鑑み、今後の技術協力のあり方は、互相の精神を基本とし、総合的な交流が必要であろう。例えば、「日・韓河川及び水資源開発技術協力会議」の下における河川技術の情報交換、コーディネーター及びアドバイザーとしての河川技術者の長期派遣、又はプロジェクト調査団による短期派遣、あるいは韓国の河川技術者の日本国内での研修等を総合的に運用・推進することが望ましいと思考する。

JICA