

中華人民共和国

漢江中下流区間
洪水予警報計画調査

主報告書

1992年7月

国際協力事業団

社調二
CR(3)
92-063

中華人民共和國

漢江中下流區間
洪水予警報計畫調查

主報告書

JICA LIBRARY



1098538(0)

21262

1992年7月

國際協力事業團

国際協力事業団

21262

序 文

日本国政府は、中華人民共和国政府の要請に基づき、同国の漢江中下流区間洪水予警報計画にかかるフィージビリティ調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成2年8月から平成4年5月まで、日本工営（株）の吉武英一氏を団長とする調査団を現地に派遣しました。

調査団は、中国政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終りに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

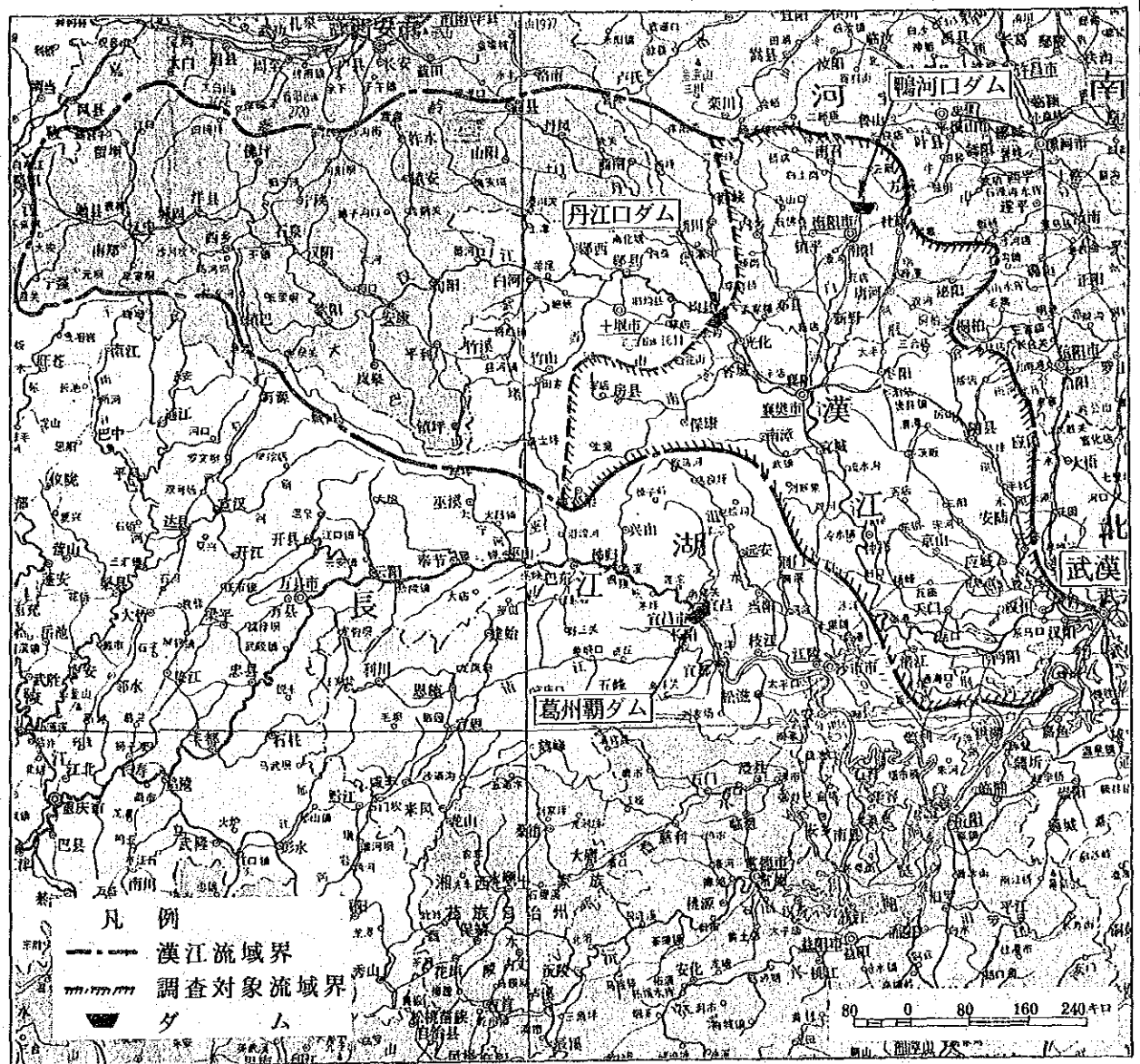
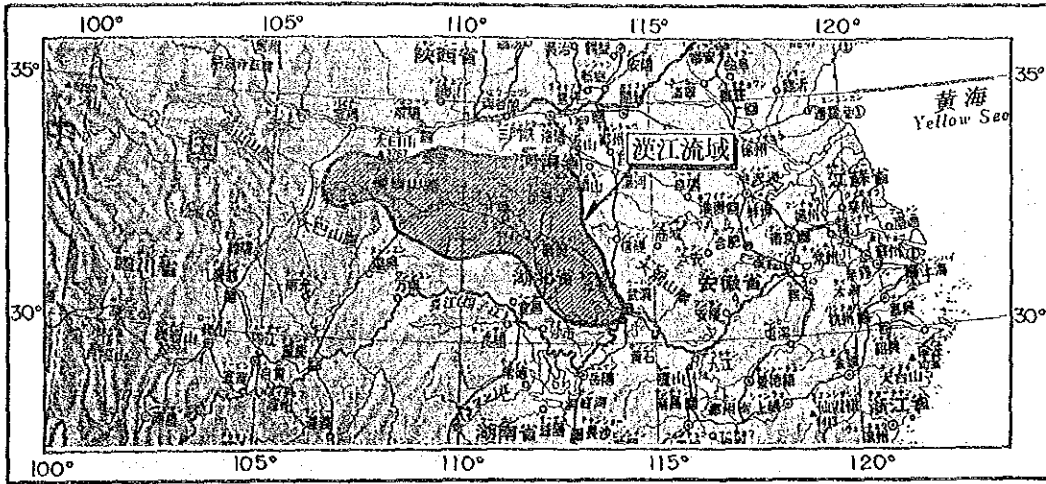
平成4年7月

国際協力事業団

総裁 柳 谷 謙 介

最終報告書の構成

1. 要約
2. 主報告書
3. 附属報告書
 - A 水文・水理
 - B 電波伝搬調査
 - C 被害・経済調査
 - D 最適システム計画
 - E 施設設計・積算
4. 資料集
 - A 水文・水理
 - B 電波伝搬調査
 - C 施設設計・積算



漢江中下流区間洪水予警報
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

漢江流域概要図

主報告書要約

I. 緒論

01. 本「最終報告書」は、日本国際協力事業団の調査団が中華人民共和国水利部および実施機関である長江水利委員会と緊密な協力の下、1990年8月1日より実施した漢江中下流区間洪水予警報計画のフィージビリティ・スタディの結果を取りまとめ報告するものである。調査・計画作業の各段階毎に調査団は下記の報告書類を提出し、その都度日中双方は密接な協議を行い「協議議事録」を作成調印し円滑な作業の進捗を期した。

- (1) 着手報告書 1990年8月7日
- (2) 現地報告書 1991年9月11日
- (3) 中間報告書 1991年12月19日
- (4) 最終報告書(案) 1992年5月19日

本「最終報告書」は、1992年5月下旬の「最終報告書(案)」に関する日中協議を踏まえて作成したものである。

II. 計画の背景

計画地域の現況：

02. 長江(揚子江)水系は北緯24°～36°に位置し、中国最大の都市上海において東シナ海に注ぐ流域面積180万km²(国土の約20%)、流路延長6,300kmの世界第3位の大河である。漢江は長江の最大支川であり、流域面積159,000km²を擁し、流路延長は1,577kmである。

03. 漢江中下流区間の主要支川は右支川南河・蛮河、左支川唐白河等皇庄地点上流で漢江本川に合流する。一方、皇庄下流には大きな支川が無く、唯一の派川東荆河が潜江地点で長江本川へ分派している(図2.1参照)。

04. 漢江中下流域の年間総雨量は長江中流域と同様に800~1,000mmであるが、降雨の発生時期が長江中流域の6月~7月に集中するのに対して8月~9月に集中する。このため、長江の洪水と漢江の洪水の合流形態は長江洪水ピーク発生後約1ヶ月~2ヶ月遅れて漢江の洪水ピークが生起するのが一般的である。この区間における河道の最も注目すべき特長は河道断面が下流へ行くほど小さいことであり、河床の幅は皇庄付近で1,000~5,000m、仙桃付近では300~1,300m、長江合流点付近では200~300mと下流ほど狭い。
05. 武漢は長江沿川に発達した上海・南京・成都・重慶と並ぶ主要商工業都市の一つであり、中国における経済発展の中心地を形成している。また、漢江中下流をほぼ包含する湖北省は肥沃な土地が広がる中国の主要穀倉地帯であり、鉱物資源にも恵まれることから、工業・農業生産額は全国の上位を占め、さらに運輸・交通面でも京広鉄道と長江とが交わる水陸の中枢地域でもあり、今後とも発展が期待されている重要地域である。
06. 漢江中下流域内は1989年末の統計によると222.9万haの農作物播種面積（湖北省全体の30.7%）があり、その中に食糧播種面積は157.6万ha（70.7%）を占め農地利用の約4分の3は食糧の生産に用いられている。また、綿・搾油等の主要換金作物面積は39.9万ha（17.9%）を占める。なお、流域が主に平原に位置するので、1.47万haと森林面積は少ない。
07. 漢江中下流域内の行政区域は襄樊、荊門、荊州、孝感、武漢の5大地域内の24市、県、区を包括する（図2.2参照）。1989年統計では、中下流氾濫区域は総世帯数が403.3万戸、総人口が1591万人で湖北省総人口の30.5%を占め、湖北省の社会経済発展の面で最も発展を見せる重要な地域である。マクロ経済では1989年度の当該流域の国内総生産(GRDP)が260.9億元（同省国内総生産額の37.2%）、農工業総生産が341.9億元（同37.1%）を占める。
08. 一般電気供給条件（商用電源）は、(a)三相交流電源（380V±10%；50Hz±10%）、(b)単相交流電源（220V±10%；50Hz±10%）、(c)低圧系送電方式（三相4線式）で

あり、回線整備による停電は通常新聞、ラジオ、テレビ等で公表される。定期的整備による停電は通常1ヶ月に1回、継続時間は12時間程度であるが、不定期な場合は把握できない。渇水期は水力発電量の減少により、また洪水期には水力発電量は増大するが農業用水用電力の大幅な増大により干ばつの年は停電がたびたび発生する。

洪水氾濫および被害：

09. 漢江の近年における主要洪水は、(a)漢江の最大洪水である1935年洪水、(b)長江の最大洪水である1954年洪水、(c)杜家台分洪区建設後の最大洪水であり下流水位が最も高い1964年洪水、および(d)杜家台分洪区、丹江口ダム建設後の最大洪水である1983年洪水である。この内最も洪水被害規模が大きかった洪水が1935年洪水であり堤防の決壊は14ヶ所、水没耕地43万ha、被害者370万人、倒壊家屋28万戸、死者6万人余りの甚大な被害であった。当洪水は丹江口ダムの計画洪水でもあり確率的には1/100に相当し、ダム地点の実績流量は54,000m³/sであった(図2.7参照)。

治水計画の概況：

10. 開放後新中国政府は、緊急な治水事業を必要とする最も重要な河川の一つとして漢江を取り上げ、新政府指導の下に開放当初から大衆を動員して、漢江下流の堤防の全面的修復に取り組んだ。その結果、730kmに及ぶ兩岸の堤防は一斉に3～4m嵩上げされ、天端幅は2mから6mに拡幅され、遙堤防においては8～10mの天端幅を持つに至った(図2.14参照)。下流の鐘祥、天門、潜江、漢陽県および荊門市も7,500万m³の土工量を完成し、開放前400年の間に行われた築堤総土量の約1.5倍に相当する築堤を成し遂げ、さらに1955年の雨季后、人民政府は下流の杜家台分洪区を完成させた。

分洪区の完成によって治水能力は大きく強化され、3年に2回は水害を被むるという深刻な状況は一変されて、漢江の治水管理にとって時間的な余裕を稼ぐだけのゆとりを持つことができるようになった。続いて1958年、毛主席自から主宰する成都会議で、漢江水資源の総合開発をめざして丹江口ダムの建設が議決された。丹江口ダムは湖北省均県に位置し、丹江が漢江に流入する合流点に建設された大ダムであり、漢江開発の基点

として、治水、発電、灌漑、舟運、水産養殖等総合機能を有する多目的ダムとして建設された。

洪水予警報の現状と将来構想：

11. 漢江中下流区間は、上流域より下流域の流下能力が徐々に小さくなる特異な河道特性を持っており、河道内で洪水流量を安全に流下させるためには、丹江口ダム（治水容量78億 m^3 ）、中流地区蓄洪区（全貯水容量25億 m^3 ）および杜家台分洪区（有効容量16億 m^3 ）を適確に操作運用する必要がある。これらの蓄洪区および分洪区内には、それぞれ71.8万人および11.6万人の住民が生活しており、洪水時には洪水予測を行う事により必要に応じてこれらの住民を避難誘導させ、蓄洪区においては堤防を爆破させ、杜家台分洪区においてはゲート操作により治水的運用を行っている。

12. 現在の情報収集系は、一部の地域にはテレメータ施設が設置されているが、ほとんどが郵電局の一般電報回線（TELEX 回線）を使用しており、情報収集に3時間程度かかっている。また情報処理についても一部電子計算機を使用しているが、オンライン化されておらず、オフラインにより入力されているのが現状である。このような漢江中下流区間の現状に鑑み長江水利委員会は、当地区を対象として、テレメータ施設とコンピュータをオンライン化した近代的システム計画について構想を検討中である（図2.17参照）。

III. 洪水予報の基本方針

13. 洪水予警報の目的は、(a)漢江の堤防安全確保、(b)丹江口ダムの洪水調節、(c)杜家台分洪区の水門操作、(d)漢江中流地区蓄洪区の洪水調節、および (e)河川附帯施設の操作等であり、これらの目的に応じた河川管理が可能なシステムを設計する必要がある（図4.1参照）。

14. 洪水予測を行う地点は6箇所（襄陽、皇庄、沙洋、仙桃、漢川、潜江）とし、洪水予警報システムで取り扱う情報は、(a)気象情報、(b)河川情報、(c)水防情報、(d)河川施設操

作情報、(e)避難情報、(f)水文観測情報とする。

15. 漢江中下流区間の洪水予警報システムにおいて対象となる河川施設は、(a)丹江口ダム、(b)中流地区蓄洪区、(c)杜家台分洪区、(d)鴨河口ダムであり、今回のシステムに対する取り扱いとしては、システムの目的に応じた運用が可能な入出力方法とする。
16. 漢江流域の洪水予測は3段階の予測時間が考えられるが、当洪水予警報システムの対象範囲が漢江中下流区間である事から第1段階のケースに相当し、最大予測時間は2～3日となる。
17. 洪水予測の方法は、水文学・水理学的につくられた洪水流出モデルを基本としてテレメータから送られてくる最新の情報を基に過去の予測誤差を評価し、現在の実測値に従って新たな条件により予測する事が可能なフィードバック手法を用いる。
18. 洪水予警報システムは、情報を収集するシステム、情報を処理するシステム及び情報を伝達するシステムにより成り立っており、システム設計を行うに当たってはこれらのシステムを有機的に結合し、さらにバック・アップ機能を考慮したシステムとする。

IV. 解析および計画検討

気象・水文観測計画：

19. 洪水予警報システムに必要な気象・水文情報はテレメータによりオンラインで収集することとし、その配置は次の通り策定した。
 - (1) 水文および水位テレメータは、(a)治水施設の管理・運用、(b)洪水予測モデルの設計、(c)洪水予測精度の向上に必要な地点を勘案して合計22の既存水文・水位観測所地点に配置する計画とした（表5.2，図5.1参照）。
 - (2) 洪水予測上、流域平均雨量は丹江口ダム～皇庄間の残流域（46,839km²）を9小流域に分割して把握する必要がある、雨量テレメータは合計47ヶ所の既存雨量観測所

に配置する計画とした。なお、代替案として残流域を分割しないで単一流域として

取り扱う場合についても検討し、17ヶ所の観測所が抽出した（図5.2参照）。

水位情報は1時間単位の伝送サイクルとするが、流量情報は流量観測を行った任意の時間間隔とする。一方、雨量情報は1時間単位の伝送サイクルとした。

洪水予測モデル：

20. 洪水予測は水文・水理学的な流出解析モデルを基本として、テレメータシステムで収集される最新の洪水情報を基にモデルをフィードバックしながら48時間先までを行う。丹江口ダム～沙洋区間では残流域からの流出および漢江本川の洪水低減等からタンクモデル法、貯留関数法、華水法（中国独自の手法）、さらに蓄洪区（遊水地）モデル等を組み合わせた水文学的流出モデルを用いる。一方、沙洋から長江合流点までは長江水位の影響、杜家台の分洪、東荆河の分流等を勘案して水理学的な不定流モデルとした（図5.6, 5.7, 5.10参照）。

21. 丹江口ダム～沙洋区間では、予測誤差の制御効果を勘案してフィードバック地点を本川の襄陽・皇庄・沙洋テレメータ観測所とし、貯留関数モデルのパラメータKを実績流量から逆算する方式により制御する事とした。また予測降雨量は、一定時間であれば同一の降雨量が続くものと仮定して、予測誤差を最小にする過去n時間の雨量の平均値とした。

22. 漢江では洪水が皇庄地点で $20,000\text{m}^3/\text{s}$ 、沙洋地点で $18,400\text{m}^3/\text{s}$ 以上になると下流側堤防の安全確保が困難になる事から、沙洋上流に分布する蓄洪区の堤防（これを“民間堤防”と呼ぶ。）を爆破して洪水を一時蓄洪区に分洪・貯留し洪水低減を図る計画である。合計14地区の蓄洪区は、全面積 800km^2 、農地面積4.7万ha、全貯水容量の25億 m^3 の規模を有しており、洪水予測にはこの蓄洪区効果も導入した（図5.15参照）。

23. 蓄洪区効果は水理現象をマクロ的に捉え、図5.16に示す(i) 河道・蓄洪区の連続方程式、(ii) 不等流計算による河道の運動方程式、および (iii) 越流公式による蓄洪区の運動方程

式で表現することとした。図5.20は近年の最大洪水である1983年10月洪水の沙洋地点予測結果を示す。

さらに、沙洋～長江合流点間における同洪水の水位予測結果を図5.21に示す。予測水位のフィードバックでは48時間前および24時間前に計算された24時間後の予測水位と実測水位の誤差の平均値を補正值として48時間後までの予測水位を修正する手法を採用した。

データ処理計画：

24. 本洪水予警報システムにおいて洪水予測計算に必要とされるデータ処理には、主に(1) 収集データの(欠損を含めた)異常値検出および補正、(2) 現時刻流量の算出、(3) 流域平均雨量の算出、(4) 洪水予測計算がある。また、本システムは丹江口ダム下流から長江合流点までの流域を対象としているため、予測計算に必要な丹江口ダムからの放流量および漢口水位は本システムの構成外で決定されるデータであり、本システムへは"ある一定時間後"の予測値として計算された上で入力される。

情報伝達計画：

25. 中国の河川管理は、水系統一管理と分割管理の組み合わせ原則によっており、漢江中下流区間における洪水時の防洪体制は、長江中下流防洪指揮部および湖北省防洪指揮部が情報伝達の要となる機関である。情報伝達計画においては、洪水時における情報内容を調査し、情報内容による情報の流れを把握する事により中国における行政の実態および情報伝達の実情に即した計画となるよう心掛けた(表2.19参照)。

漢江中下流区間における防洪機関は国が3機関、省が2機関、省級市地区が9機関、県級市・県・区が14機関、水文ステーション(水文総局含む)が17箇所計45箇所である。これらの各防洪機関の評価を行い、情報伝達の必要機関を抽出すると32箇所となる(表5.9参照)。

V. 最適システムの策定

26. 情報収集システム、情報処理システムおよび情報伝達システムについて本洪水予警報の必要要件の観点で比較検討し、主としてシステム機能面および経済的観点から最適システム計画策定のための選択を行った。
27. 情報収集システムについては自動収集する雨量観測局の設置数と、レーダ雨量計を設置するかどうかで代替案を立案し、情報処理システムおよび情報伝達システムを含めて総合的な評価を行い、雨量観測局47局、水位/流量観測局22局のデータを収集する案を採用することが妥当とした。レーダ雨量計の検討にあたっては、大陸河川である漢江の河川行政上必要な情報の優先度および施設費等を考慮し、当面は本計画に含めず将来計画とすることが妥当と判断した。
28. 情報処理システムについてはミニコンピュータによる集中処理方式と、ワークステーションとLANネットワークによる分散処理方式について比較検討し、主として現在の技術動向、設備の拡張性および保守性等を考慮し、分散処理方式を採用することとした。
29. 情報伝達系については情報伝達する範囲で代替案を立案し、主として中国の河川管理の実情および現況の情報伝達状況を考慮し、県級市および県・区までを対象範囲とする案が妥当と判断した。
30. システムコントロールセンターと丹江口ダムを結ぶ多重通信路については、現地調査結果に基づき、漢江の河川沿いのルート案と山岳中継により回線数を減らしたルート案を比較検討し、主として回線利用効率面を考慮し、河川沿いルート案を採用することとした。

VI. 最適システムの概要

31. 情報収集システムはセンター局1局，副監視局3局，傍受観測局1局，VHF無線中継局18局（多重-VHF中継局含む），観測対象箇所61箇所（既設テレメータ雨量観測所6箇所含む）から構成するものとし、ポーリング方式（自動応答式）によるテレメータ設備により、原則として1時間間隔でデータの収集を行う。収集対象となるデータ数は雨量47データ（既設テレメータデータ6データを含む。）水位22データ，流量10データ，ダム流入量1データ，ダム放流量1データおよびダムゲート情報1データである。
32. 情報収集システムにおいて、情報収集系の技術的理由および維持管理体制を考慮して襄陽副監視局，丹江口水文総局副監視局，鴨河口副監視局を設けデータの収集を行う。また、既設鴨河口ダム系のデータについては鴨河口ダムに設置された既設テレメータ設備からのデータを転送することにより丹江口副監視局を経由してデータの収集を行う。
33. 情報処理システムは、システムコントロールセンター（長江水利委員会）にファイルサーバ設備1台，ワークステーション設備2台，表示端末装置3台，および磁気ディスク，プリンタ等必要付帯設備をLANネットワーク等で接続したコンピュータ設備を設置し、水位・流量予測処理機能および統計処理を含む演算処理機能を持たせる。
34. 情報収集システムによるデータ収集および情報処理システムによる演算処理結果に基づき、画像表示情報，ファックスによる情報伝達および音声電話による情報連絡等に必要な設備を設置する。画像表示情報の伝達は湖北省防洪指揮部，丹江口水文総局および漢口水文総局に対して行う。ファックスによる情報伝達については湖北省防洪指揮部，丹江口水文総局および漢口水文総局の他、主要水文局を含む省級市・地区の主要防洪指揮部に必要な設備を設置する。音声による電話連絡についてはこれらの局のほか、他の主要水文局および主要県級市・市・区に対して多重通信回線および複信無線回線を併用することによりシステムを構成する。

35. システムコントロールセンターと湖北省および丹江口ダム管理所間および湖北省と荊州地区漢江修防所間には直通電話回線を設ける。上記にて説明した最適システムの概要を図7.1～図7.3に示す。

VII. 実施計画及び事業費

36. 本洪水予警報システムの実施には、システムの規模および工事対象箇所数を考慮すると、詳細設計から機器調達まで2年間を要する。詳細設計時においては、中国での制約条件から本計画調査では実施出来なかった南河流域を含む電波伝搬補足調査が必要である。また、鉄塔等の土木建設の設計および工事は中国政府が実施するものとして計画する（図8.1参照）。

37. 事業費の積算にあたり、(1)価格は1992年1月の市場価格を使用、(2)外貨交換率は1992年1月1日時点の"1中国元=23.53日本円"を使用、(3)事業費（財務費用）は直接工事費、政府管理費、技術経費、教育訓練費、物理的予備費で構成される。

38. 策定された最適システム設計に対し上記の条件の下に積算した事業費を下記に示す。また、建設工程計画に基づいた事業費の年度別所要資金を求めると第1年度で2,806万元、第2年度で7,154万元が必要となる（表8.1および表8.3参照）。

単位：1,000中国元

項目	外貨	内貨	合計
直接工事費	78,500	6,600	85,100
政府管理費	0	850	850
技術経費	8,080	0	8,080
教育訓練費	840	10	850
物理的予備費	3,910	810	4,720
総事業費	91,330	8,270	99,600

VIII. 事業評価

39. 本プロジェクトの事業評価は、当該流域に既存の洪水予警報システムがある為、新システムの導入により発生する付加的な価値を、経済的および技術・社会的影響に鑑み、総合的な観点から評価することで実施される。経済的な便益としては情報収集・処理・伝達時間の短縮化および信頼度向上による (1)水防費用の節減、(2)氾濫地区および遊水地区における移動可能資産の増大（被害軽減額の増大）が挙げられる。また、技術的・社会的効果としては (1)人命救助への貢献、(2)民生の安定、(3)最新の通信技術および新たな洪水予測技術の導入が挙げられる。

40. 経済的評価は内部収益率（EIRR）の算定により実施する。建設工程を2年、便益発生期間（プロジェクト・ライフ）を15年とし、費用と便益の収支フローによりEIRRを求めると13.9%となった（表9.14参照）。また感度分析の結果、全てのケースにおいてEIRRは資本の機会費用（8%）よりも高くなり、本プロジェクトの経済的妥当性が認められた。また、本洪水予警報システムが実現すれば所期の機能が発揮され、流域の降雨状況、河道の水文諸元、洪水予測値が即座に提示され一般大衆の耳目となり、直接的経済効果の外、人命救助、人心安定、洪水予報技術の向上、自然環境及び社会環境の保全にも寄与する等、金銭では評価し得ない社会的貢献をもたらすものとして高く評価される。

IX. 勧告

組織・制度：

41. 特異な河状を有する漢江においては、治水機能を有する施設は特に重要であり、将来丹江口ダムが嵩上げされれば事情は若干異なってくると思われる。しかし、現状においては、丹江口ダム、杜家台分洪区、中流地区蓄洪区は重要構造物・重要施設と言わざるを得ない。多くの地元住民が関与する為、中国の重層型河川管理も理解出来るが、少なくとも杜家台分洪区操作、丹江口ダムの操作規則の見直し等による河川の一元管理によっ

て従来以上の実効が得られないであろうかと考えられる。

洪水予警報の実務：

42. 杜家台分洪区の運用，本川下流の疎通能力の確保，中流地区蓄洪区の運用等の水系一環の洪水管理が必須であり、その為には将来、洪水予測モデルのグレードアップを図りつつ、種々の条件によりシミュレーションを行ない、運用方針のマニュアル化を急ぐ必要がある。
43. 新システムの導入によって、水理学的な考察に重みをつけた総合判断が可能になると思われる。なお、情報伝達についても貴重なデータ，情報が得られるので一般大衆の耳目の役目を果すべく、周知の徹底を期すべきだと考える。また、新システムの他の災害の連絡等の他目的使用については外国でも例があり、大いに活用の道を開くべく研究する必要がある。

維持管理体制：

44. 日常の地道な整備点検こそが、新システムの有効な運用の命運を握るものである。その為には管理体制，要員の確保，必要経費の予算措置，維持管理対応手順の確立等が必要となる。特に事前の対応措置については意を用いる必要があり、ノウハウを身につけた要員の育成も促進すべきである。

防災会議等：

45. 水防に関する関係者の問題意識を更に向上せしめ、広く定着せしめる為に猶一層の努力が望まれる。情報収集，洪水予測，情報伝達のネットワークがスムーズに機能して、一般大衆を洪水の恐怖から守る事がこのシステムの最終の目的である。

中華人民共和国
漢江中下流区間洪水予警報計画調査
主報告書

目次

	頁
第1章 緒論	1 - 1
1.1 根拠	1 - 1
1.2 調査作業実施経過	1 - 1
1.3 技術移転	1 - 2
第2章 計画の背景	2 - 1
2.1 計画地域の現況	2 - 1
2.1.1 位置および地形	2 - 1
2.1.2 気象および水文	2 - 2
2.1.3 土地利用	2 - 3
2.1.4 社会経済	2 - 4
2.1.5 電気通信	2 - 6
2.2 洪水氾濫および被害	2 - 8
2.2.1 近代以前の洪水被害	2 - 8
2.2.2 近代の洪水被害	2 - 9
2.3 治水計画の概要	2 - 10
2.3.1 漢江中下流区間の治水	2 - 10
2.3.2 丹江口ダム計画	2 - 11
2.3.3 杜家台分洪区	2 - 12
2.3.4 漢江中流地区蓄洪区	2 - 13
2.3.5 漢江流域の堤防状況	2 - 13

	頁
2.4 洪水予警報の現況と将来構想	2 - 14
2.4.1 洪水予測	2 - 14
2.4.2 中国側構想	2 - 15
第3章 電波伝搬調査	3 - 1
3.1 調査の目的	3 - 1
3.2 調査の範囲および調査方針	3 - 1
3.3 調査箇所および調査区間等	3 - 1
3.3.1 多重通信路	3 - 1
3.3.2 VHF単信無線回線	3 - 1
3.4 電波伝搬調査の概要および調査結果	3 - 2
3.4.1 多重通信回線	3 - 2
3.4.2 テレメータ用単信無線回線	3 - 2
3.5 調査結果に対する評価検討	3 - 3
3.5.1 多重通信回線	3 - 3
3.5.2 テレメータ用単信無線回線	3 - 3
第4章 洪水予警報の基本方針	4 - 1
4.1 洪水予警報の目的	4 - 1
4.2 洪水予測地点の予測内容	4 - 2
4.3 対象となる河川施設の取扱い	4 - 3
4.4 洪水予測の段階と予測時間	4 - 4
4.5 降雨予測の取り扱い	4 - 5
4.6 洪水予測の方法	4 - 6
4.7 洪水予警報システムの設計	4 - 7

	頁
第 5 章 解析および計画検討	5 - 1
5.1 気象・水文観測計画	5 - 1
5.1.1 水文・水位テレメータの配置計画	5 - 1
5.1.2 雨量テレメータの配置計画	5 - 3
5.1.3 レーダ雨量計の配置計画	5 - 5
5.2 流出解析および洪水予測モデル	5 - 8
5.2.1 流出解析	5 - 8
5.2.2 洪水予測モデル	5 - 14
5.3 データ処理計画	5 - 20
5.4 情報伝達計画	5 - 23
5.4.1 情報伝達の現況	5 - 23
5.4.2 情報伝達計画	5 - 26
第 6 章 代替システムの比較検討	6 - 1
6.1 代替システムの検討	6 - 1
6.1.1 情報収集システムの基本検討	6 - 1
6.1.2 情報処理システムの基本検討	6 - 5
6.1.3 情報伝達システムの基本検討	6 - 8
6.2 代替システムの比較検討	6 - 12
6.2.1 代替案設定方針	6 - 12
6.2.2 情報収集システム	6 - 14
6.2.3 情報処理システム	6 - 16
6.2.4 情報伝達システム	6 - 17
6.3 最適システムの選定	6 - 19
6.3.1 機能面の比較検討	6 - 19
6.3.2 施設構成面での比較	6 - 20
6.3.3 維持管理面での比較	6 - 20

	頁
6.3.4 概算コスト比較	6 - 20
6.3.5 推奨システムの選定	6 - 20
6.4 その他の比較検討	6 - 21
6.4.1 多重通信回線の検討	6 - 21
第7章 最適システムの概略設計	7 - 1
7.1 システム構成	7 - 1
7.1.1 システムの全体構成	7 - 1
7.1.2 回線の構成	7 - 1
7.1.3 設備の局構成	7 - 1
7.2 システムの方式と機能概要	7 - 2
7.2.1 情報収集システム	7 - 2
7.2.2 情報処理システム	7 - 4
7.2.3 情報伝達システム	7 - 5
7.3 多重無線設備の概略設計	7 - 8
7.3.1 多重無線設備のチャンネルプラン	7 - 8
7.4 電源設備の概略設計	7 - 9
第8章 実施計画および費用積算	8 - 1
8.1 実施計画	8 - 1
8.2 事業費積算	8 - 2
8.2.1 積算の基本条件	8 - 2
8.2.2 積算	8 - 2
8.2.3 年度別所要資金	8 - 4
8.3 維持管理費	8 - 4
8.3.1 積算条件	8 - 4
8.3.2 維持管理費	8 - 5

	頁
第9章 事業評価	9 - 1
9.1 事業評価の基本方針	9 - 1
9.1.1 基本的な考え	9 - 1
9.1.2 経済評価のプロセス	9 - 3
9.1.3 便益の考え方	9 - 3
9.2 経済評価	9 - 7
9.2.1 経済費用の算定条件	9 - 7
9.2.2 経済費用の算出	9 - 8
9.2.3 資産および被害調査の方法	9 - 9
9.2.4 資産額および被害額の算定	9 - 10
9.2.5 水防便益の算定	9 - 11
9.2.6 移動資産便益の算定	9 - 11
9.2.7 経済内部収益率	9 - 14
9.2.8 感度分析	9 - 15
9.3 技術的・社会的評価	9 - 15
9.3.1 技術的評価	9 - 15
9.3.2 社会的評価	9 - 16
9.4 総合評価	9 - 16
第10章 勧告	10 - 1
10.1 組織・制度	10 - 1
10.2 洪水予警報の実務	10 - 1
10.2.1 仙桃～長江合流地点間の流下能力	10 - 1
10.2.2 杜家台分洪区の運用	10 - 2
10.2.3 漢江中流地区蓄洪区の運用	10 - 2
10.2.4 情報伝達方法の徹底	10 - 3
10.2.5 洪水予測モデルのグレードアップ	10 - 3

	頁
10.3 維持管理体制	10 - 4
10.3.1 維持管理要員体制	10 - 4
10.3.2 要員の教育訓練	10 - 4
10.3.3 維持管理対応手順の確立	10 - 5
10.4 防災会議・水防訓練及び技術研究発表会	10 - 5

附 表

<u>表番号</u>	<u>タイトル</u>
1.1	調査作業担当者名簿
2.1	漢江中下流区間の土地利用
2.2	漢江中下流区間主要作物の生産量
2.3	湖北省、長江中下流及び中国全般における漢江中下流土地利用の位置付け
2.4	漢江中下流区間行政区域と面積
2.5	漢江中下流区間の人口現況
2.6	漢江中下流区間の経済発展状況
2.7	漢江中下流区間の工業発展状況
2.8	漢江中下流区間農業生産の基本データ
2.9	現況の収集情報の種類
2.10	清代漢江中下流 6 県水害回数 (270年間)
2.11	漢江中下流区間1935年洪水被害状況
2.12	漢江中下流区間1954年洪水被害状況
2.13	1964年洪水堤防破壊状況表
2.14	漢江中下流域1983年洪水被害一覧表
2.15	丹江口ダム第一期工事諸元表
2.16	杜家台分洪区の地区分割
2.17	漢江中流地区蓄洪区諸元表
2.18	漢江水文ステーション諸元表
2.19	防洪情報内容一覧 (現況)
3.1	多重無線回線現地調査結果の概要
3.2	テレメータ用単信無線回線電波伝搬調査結果集計表
3.3	テレメータ用単信無線回線電波伝搬調査問題区間
5.1	水位・流量観測所の抽出
5.2	テレメータ観測所一覧表 (水文・水位観測所)
5.3	代表雨量観測所 (雨量テレメータ観測所)
5.4	時間雨量の推定誤差
5.5	レーダ雨量計配置候補地点の比較検討

表番号

タイトル

5.6	流出モデル検討対象洪水（丹江口ダム～沙洋間残流域）
5.7	各分割流域における代表観測所の代表係数
5.8	漢江幹線堤防モデル地段水防組織及び人員設置計画
5.9	情報伝達を行うべき防洪機関の評価
5.10	洪水予警報システムに使用される情報伝達媒体一覧表
5.11	各情報伝達と推奨伝達手段（メディア）
5.12	長江水利委員会と各局との伝達手段（メディア）
5.13	湖北省防洪指揮部と各局との伝達手段（メディア）
6.1	対象観測所一覧表
6.2	漢江中下流区間洪水予警報情報伝達対象局一覧表
6.3	テレメータ観測所の代替案
6.4	情報収集系比較表
6.5	システム構成方式の比較
6.6	情報伝達防洪機関の代替案
6.7	情報伝達系比較検討表
6.8	多重無線設備使用周波数帯比較検討
8.1	事業費積算表
8.2	局別費用構成表
8.3	年度別事業費
9.1	洪水予警報システムによる便益評価
9.2	経済費用の算出
9.3	経済的事業費
9.4	蓄洪区個人住宅建設の状況
9.5	蓄洪区個人家庭財産状況
9.6	蓄洪区個人の家庭農業収入
9.7	蓄洪区集団財産総勢の推定
9.8	蓄洪区1983年洪水国有資産被害統計
9.9	1983年洪水個人資産被害実態のアンケート調査
9.10	1983年洪水荊州地区水防費用推定

表番号

タイトル

9.11	水防情報有効率の推定
9.12	水防便益の算出（1968年～1991年）
9.13	想定年平均被害軽減期待額の算定
9.14	経済費用と便益収支表

附 図

<u>図番号</u>	<u>タイトル</u>
2.1	漢江中下流流域図
2.2	漢江中下流区間の行政区域
2.3	現況情報総合系統図
2.4	現況電気通信施設回線系統図
2.5	現況電気通信施設機能系統図
2.6	実績流量配分図
2.7	氾濫実績調査図 (1935年洪水)
2.8	氾濫実績調査図 (1954年洪水)
2.9	氾濫実績調査図 (1964年洪水)
2.10	氾濫実績調査図 (1983年洪水)
2.11	丹江口ダムH-V曲線図
2.12	杜家台分洪区の地区分割図
2.13	漢江中流地区蓄洪区位置図
2.14	武漢市市区堤防現状平面図
2.15	皇庄下流域洪水予測法
2.16	現況における情報収集時間サイクル
2.17	漢江中下流区間洪水予警報システム回線系統図 (中国側将来構想)
3.1	無線通信回線計画系統図
4.1	漢江洪水予想地点と洪水到達時間
4.2	漢江洪水予測概念図
4.3	漢江流域洪水波形図 (1974年10月洪水)
4.4	漢江流域洪水波形図 (1975年10月洪水)
4.5	漢江流域洪水波形図 (1983年10月洪水)
5.1	漢江中下流区間水位・流量観測所位置図
5.2	雨量テレメータ観測所の配置計画
5.3	雨量観測所数～流域雨量推定精度
5.4	レーダ雨量計配置計画
5.5	レーダ雨量計システム構成図例

図番号

タイトル

- 5.6 丹江口ダム～沙洋間流域図
- 5.7 丹江口ダム～沙洋間流域洪水流出モデル系統図
- 5.8 タンクモデルの同定
- 5.9 流出モデルの検証
- 5.10 沙洋～長江合流点間の不定流計算モデル図
- 5.11 1983年洪水水位の検証結果
- 5.12 1984年洪水水位の検証結果
- 5.13 仙桃流量の検証結果
- 5.14 洪水予測：モデルー3
- 5.15 漢江中下流区間蓄洪区模式図
- 5.16 蓄洪区基本モデル
- 5.17 皇庄～沙洋間蓄洪区モデル（1983年10月洪水）
- 5.18 蓄洪区堤防爆破地点状況（1983年10月洪水）
- 5.19 蓄洪区モデルの検証
- 5.20 洪水予測：モデルー3＋蓄洪区モデル（1983年10月）
- 5.21 1983年10月洪水予測結果
- 5.22 1984年9月洪水予測結果
- 5.23 流量測定時間間隔（皇庄，1983年）
- 5.24 実測流量と計算流量の比較（皇庄，1983年）
- 5.25 洪水予測計算のフローチャート
- 5.26 洪水時防洪体制組織図
- 5.27 漢江水防区域図
- 5.28 水防情報に関する情報伝達系統（現況）
- 5.29 丹江口ダム操作に関する情報伝達系統（現況）
- 5.30 杜家台ゲート操作に関する情報伝達系統（現況）
- 5.31 漢江中流地区蓄洪区運用に関する情報伝達系統（現況）
- 5.32 漢江中下流区間洪水予警報システム情報伝達基本計画系統図

- 6.1 多重無線通信回線ルート案A
- 6.2 多重無線通信回線ルート案B

図番号

タイトル

- | | |
|-----|------------------|
| 7.1 | 情報収集・伝達機能系統図 |
| 7.2 | データフロー系統図 |
| 7.3 | 無線回線系統図 |
| 7.4 | 情報処理システム構成図 |
| 7.5 | 情報伝達システム回線機能系統図 |
| 7.6 | 情報伝達システム回線系統図 |
| 7.7 | 多重通信回線チャンネルプラン |
| | |
| 8.1 | 漢江中下流区間洪水予警報実施計画 |
| 8.2 | 維持管理体制推奨案 |
| | |
| 9.1 | 経済評価の手順 |
| 9.2 | 経済便益選定の手順 |
| 9.3 | 礮盤山流量と被災世帯数の関係 |

第 1 章 緒論

第1章 緒論

1.1 根拠

日本国政府は、中華人民共和国政府の要請に基づき、同国漢江中下流区間洪水予警報計画調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこれを実施することとなった。国際協力事業団は、1990年3月7日より同年3月16日までの10日間にわたり事前調査団を同国に派遣し、要請内容の確認、関連資料の収集、現地踏査を行い、あわせて本格調査実施のために日本および中国政府の取るべき措置と本格調査の枠組みを規定した「実施細則」について協議を行った。

その結果、国際協力事業団と中華人民共和国水利部は「実施細則」及びその「協議議事録」に合意し、1990年3月15日調印した。その諸作業実施の主要目的は下記の2点である。

- (1) 日本側は、漢江中下流域の洪水被害の防止、軽減のため同地域における洪水予警報システム整備に係わるフェージビリティ調査を実施する。
- (2) 日本側は、本調査の期間中、調査に参加する中国側専門家に対し現地調査業務を通じ、技術移転を行う。

この合意事項に基づき国際協力事業団は、9名の専門家よりなる調査団を編成し、1990年8月1日より逐次調査団員を現地に派遣し本件の調査を開始した。また事業団は3名の作業監理委員を委嘱し、調査作業の監理を実施した。

1.2 調査作業実施経過

調査団及び水利部長江水利委員会は上記「実施細則」の合意事項を遵守し、相互の密接な協力の下、1990年8月1日より現地作業を開始した。

調査団は同年8月「着手報告書」を提出すると共に、中国側実施機関の長江水利委員会

との密接な共同作業を開始したが、その直後、同年9月下旬不慮の交通事故が発生し、調査業務を継続し得ない局面に遭遇し双方合意の上、調査業務を一時中断した。その後、諸般の事情の復元を待って、1991年5月初旬調査再開の運びとなり、同年9月14日まで現地調査を行い「現地報告書」を提出した。

調査団は更に、これら現地調査の結果を踏まえ、且つ双方の協議に基づいて国内作業を実施し、洪水予警報システムの代替案の比較検討、最適システムの選択について検討し、その結果を「中間報告書」として、1991年12月19日に提出した。その後の現地調査、国内作業によって、最適システムの構築、事業費の算定、経済評価、総合評価の検討を行い、1992年5月19日「最終報告書（案）」を提出し協議を行った。

本「最終報告書」は上記の経緯を経て、その検討結果を記したものである。なお上記各段階の報告書提出時に、調査団は中国側とその都度密接な協議を行ない、双方の同意事項を夫々「協議議事録」に記載し、双方の代表が調印した。

1.3 技術移転

調査団と中国側専門家、関係ある部署の担当者との間には、密接な友好関係が生まれ、文字通り一心同体で調査業務が展開された。不幸にも調査途中で発生した交通事故の局面では、生死を越えた両国民の相互の助け合い、その後の救援活動等が今も語り継がれ、真の友好の意義が伝えられている。

調査再開後の業務推進においても、両者の提携は密であり、洪水予警報の有する使命、流域の民生安定を確保する理念は広く浸透し、真剣な日中共同作業が展開された。調査の組み立て方、調査の方法、調査結果の解析方法についても協議を重ね、調査過程で必要となる資料、その収集方法についても中国側専門家と打ち合わせて対処した。

電波伝搬調査を始め諸調査については、現場における技術移転が図られ、カウンターパートの意欲的な共同作業によって多くの調査結果が得られた。一方、各担当部門において

は日本の河川管理の紹介を始め、洪水予測手法、電気通信技術、経済評価の国際手法等について説明し、技術移転を実施する一方、ヒヤリングを通じて中国の実情についても協議を重ねた。

なお、中国側専門家陳金榮氏（水利部長江水利委員会、水文局副局長）の1991年9月16日～10月11日（26日間）に亘る日本の研修期間には建設省始め気象庁、河川情報センター等による洪水予警報、その他日本の河川行政をテーマにしたハード、ソフト両面からの技術交流が実施され、キー・パーソンに対する技術移転も実りある効果となった。

表 1.1 調査作業担当者名簿

氏名	職位	担当分野
(1) 国際協力事業団 川上隆 斉藤源 赤木伸弘	作業監理委員会 委員長 委員 委員	総括 洪水予測 通信システム
(2) 国際協力事業団 地曳隆紀 斉藤寛志 伊藤富章 館林史子	社会開発協力部 開発調査第二課課長 開発調査第二課課長 開発調査第二課 開発調査第二課	調査管理 (1990年8月～1991年6月) 調査管理 (1991年7月～1992年7月) 調査管理 (1990年8月～1991年7月) 調査管理 (1991年7月～1992年7月)
(3) 調査団 吉武英一 弦間孝信 川村浩二 小須田信夫 田仲敏一 陳広乾 市原仁志 坪井洋一 大原美穂	団長 団員 団員 団員 団員 団員 団員 団員 団員	総括 洪水予警報 水文・水理 電波伝搬調査 電波伝搬調査 被害・経済調査 システム設計・積算 通信施設設計・積算 通訳
(4) 専門家 陳金榮 曹家声 王欽梁 牛德啓 李建華 韓友平 任昌固 傅運林 徐安雄	水文局・副局長・高級工程師 水文気象予報所・所長・高級工程師 水文局・副総工程師 水文気象予報所・高級工程師 水文測報自動化研究中心・助理工程師 水文測報自動化研究中心・室主任・工程師 水文測驗研究所・副所長・高級工程師 水文計算中心室・工程師 水文測驗研究所・所長・工程師	総括 洪水予警報 水文・水理 (1990年9月死亡) (1990年8月～1990年9月) 水文・水理 (1991年5月以降) 電波伝搬調査 (単信無線回線) 電波伝搬調査 (多重無線回線) 被害・経済調査 システム設計・積算 通信施設設計・積算
(5) 長委会科教外事局 管 晶 袁少軍	国際合作処 国際合作処	項目協調員 通訳
(6) 作業員 許 笠 張国学 何登耀	水文測報自動化研究中心 水文測報自動化研究中心 漢口水文総站	助理工程師 助理工程師 工程師

第2章 計画の背景

第2章 計画の背景

2.1 計画地域の現況

2.1.1 位置および地形

長江（揚子江）水系は北緯24'～36'に位置していて、青海西蔵高原に源を發し東西方向に向かって流れ、中国最大の都市上海において東シナ海に注ぐ流域面積180万km²（国土の約20%）、流路延長6,300kmの世界第3位の大河である。

漢江は長江水系最大の支川であり、流域面積159,000km²を擁し、流路延長は1,577kmである。陝西省秦嶺山脈の南面に水源を發し、延々東に流れ、秦嶺と米倉・大巴山の間を貫流し、湖北省西北部の山間を流れて丹江口（均県）に至り、ここで支流の丹江を左岸に合流する。ここまでが漢江上流区間（面積95,217km²）である。以下次第に東南に流路を変えながら中流部の丘陵地帯を流れ、老河口・襄陽を経て南北に流路を取り、皇庄で下流平原に流れ出す。丹江口から皇庄までが漢江中流区間（面積46,839km²）である。その後、潜江下流で東に流路を変え、仙桃・漢川・漢陽を経て武漢市で長江に合流する。皇庄から長江合流点までが漢江下流区間である。

図2.1に示すように、漢江中下流区間の主な支川は右支川南河が襄陽上流60km地点で、左支川唐白河が襄陽直下流部で、さらに右支川蛮河が皇庄上流40km地点で漢江本川に合流している。一方、皇庄より下流では大きな支川は無く、唯一の派川である東荊河が潜江地点で分派し本川長江へ注いでいる。

武漢は長江沿川に發達した上海・南京・成都・重慶と並ぶ主要商工業都市の一つであり、中国における経済発展の中心地を形成している。また、漢江中下流をほぼ包含する湖北省は肥沃な土地が広がる中国の主要穀倉地帯であり、鉱物資源にも恵まれることから、工業・農業生産額は全国の上位を占め、さらに運輸・交通面でも京広鉄道と長江とが交わる水陸の中枢地域でもあり、今後とも発展が期待されている重要地域である。

2.1.2 気象および水文

中国は夏期、冬期の合間に、梅雨もあれば台風もくる。このような四季の変化はどこよりも日本に似ている。しかし、国土が広大であることから厳しい寒さと暑さの両方を持つ地域もあれば常春の高原もあり、また年間降水量が100mmにも達しない乾燥しきった砂漠もある。

長江流域は上流部の青藏高原地域を除くとその大部分が亜熱帯季節風気候区に属している。このため中下流域の気候は冬と夏の季節風がはっきり交代し四季の変化は明瞭である。また、長江中下流域では高い山地がないことから冬は猛烈な寒波が来襲し各地の最低気温はいずれも氷点下となる。一方、夏は気温が高く、特に長江中流部および四川中部は地形の関係によって7月の平均気温が30℃前後となり、重慶・武漢および南京は長江沿岸の三大暖炉とまで呼ばれている。世界の同緯度地域と比べると夏冬の気温変化が大きく、これは中国のモンスーン気候の亜熱帯的特徴である。漢江流域の気温は年間平均で15℃～17℃であるが最高値43.4℃が記録されたこともある。

長江流域では降雨の多くは南西季節風および台風によりもたらされ、6月～9月の4ヶ月に年間降水量の大半をみる。夏の南西季節風が南から北西に進むので季節風による雨期は地域によってずれを生じ降雨量が集中する期間が、上流域では7月～8月、中流域では6月～7月、下流域では5月～6月となり雨域が下流から上流にむけて移動していることがわかる。降水量は比較的多く年間降水量は約1,100mmであるが、地域的な偏りが大きく、上流域が400～800mm、中流域が800～1,000mm、下流域が1,000～1,500mmと下流部ほど降雨量が多い。また、夏の季節風到来の遅速および梅雨前線の継続時間の違いによって中下流域の年間降水量は大きく変動する。

漢江中下流区間における河道の最も注目すべき特徴は、河道断面が下流へ行くほど小さいことである。すなわち、皇庄付近で河床の幅は1,000～5,000m、仙桃付近では300～1,300m、長江合流点付近では200～300mとなっており下流ほど河床の幅は狭い。このような特異な河道断面に至った事情と密接な関係を持つと思われる条件は、長江洪水

(出水)の影響、すなわち長江の洪水あるいは出水が逆流することである。相互に深く関わり合うこの二つの特徴によって、漢江の洪水疎通能力は著しく阻害され、しばしば破堤氾濫を起し深刻な水害をもたらしている。

漢江中下流域の年間総雨量は長江中流域と同様に800~1,000mmであるが、降雨の発生時期が長江中流域の6月~7月に集中するのに対して8月~9月に集中する。このため、長江の洪水と漢江の洪水の合流形態は長江洪水ピーク発生後約1ヶ月~2ヶ月遅れて漢江の洪水ピークが生起するのが一般的である(ただし、1935年の大洪水の場合は漢江中流域に大規模な降雨があり長江と漢江の洪水ピークが同時に生起し合流した)。漢江中下流域における日最大雨量は南漳:203mm(1956年8月11日), 随県:215mm(1962年7月5日), 宜城:225mm(1965年7月1日), 京山:229mm(1970年5月28日), 漢陽:225mm(1961年6月8日)が記録されている。

下表には漢江中下流区間最上流地点に位置する丹江口ダムの操作に使用されている確率別の洪水流量および皇庄地点における推定流量を示す。

単位: m³/s

確率	夏期洪水		秋期洪水	
	ダム流入量	皇庄	ダム流入量	皇庄
1/5	25,300	30,300	22,200	25,600
1/10	31,200	37,600	28,400	33,000
1/20	37,100	45,100	34,300	40,100
1/50	52,500		42,000	
1/100	54,000	71,800	47,600	55,900

注: 皇庄=ダム流入量+ダム~皇庄残流量

2.1.3 土地利用

中国の主要穀倉地帯である長江流域の一部を占める漢江中下流区間は肥沃な土地が広大に広がる。1989年末の統計によると、当該区域内に222.9万haの農作物播種面積(省全体の30.7%)があり、その中に食糧播種面積は157.6万haで全体の70.7%、主要換金

作物の面積39.9万haで全体の17.9%を占める。換金作物の中に、綿作物の面積は19.5万haで総播種面積の8.8%、搾油作物17.2万haで全体の7.7%をそれぞれ占める。これらの数字を見ると、農地利用の約4分の3は食糧の生産に用いられている。当該地域の換金作物の中で一番大きい比率は綿作物である。作物総播種面積に対する5.8%の省の平均綿面積に対して当該地区の比重は8.8%と、かなり高い。ただ漢江中下流区間は主に平原に位置するので、森林面積は少なく1.47万haであり、全省の9.2%に過ぎず、省4.7%の平均比に比べて当該地区は1.4%に達していない（表2.1）。

主要農作物の生産量を分析すると、漢江中下流区間の食糧生産効率性は省平均水準より高いが、綿を主とする換金作物の生産効率は省平均よりやや低い。1989年の総食糧生産量は約821万tonを収穫し、全省30.4%の食糧播種面積に対して34.6%の生産量に達した。但し、全省綿面積の46.7%を持っているこの地域は、総綿生産量の44.3%を占める（表2.2）。

農業生産及び農村における郷鎮工業に関する土地利用全般を見ると、当該地域は湖北省で重要な位置付けを示す。襄陽、荊門、鍾祥、潜江、天門、仙桃、漢川、孝感、武漢から構成される地域は漢江中下流区間人口全体の70%、土地の65%を占めている主な地域である。表2.3の(7)の如く、省内で農村社会総生産、綿面積、綿生産量及び灌漑面積の1と2番、搾油作物面積の1番、耕作地面積、作付け延面積、食糧面積、食糧生産量の2番等農業重点県（県級市）はほとんどこの地域に集中している。

湖北省の中に重要性があるのみではなく、表2.3に表すように、漢江中下流区間の7県市は、長江中下流543の県市全般及び全国2371県市の中にも重要な位置付けにあると考えられる。各土地利用項目についてこの7県市の全国における位置付けの取り纏めを表2.3の(4)に示した。

2.1.4 社会経済

漢江中下流は、襄樊、荊門、荊州、孝感、武漢の5大地域を貫流し、漢江中下流域内

の行政区域はこの5大地域内の24の市、県、区を包括する（図2.2）。想定氾濫区域の行政区域内総面積は約3.94万km²で省全体の21.2%を占める。（表2.4）

1989年の統計によると、漢江中下流氾濫区域の総世帯数は403.3万戸、総人口は1591万人で、湖北省総人口の30.5%を占め、その中、都市人口は445.5万人で省全体の都市人口の37.6%、農業人口は1145.5万人で省全体農業人口の28%を占める。即ち、当該地区の都市化は顕著に進展しつつあり、省の平均より高い数字（省平均水準の123.6%）を示している（表2.5）。

約1600万住民が生活を営んでいるこの地域は、湖北省の社会経済発展の面で最も発展を見せる枢要な地域と考えられる。マクロ経済を見ると、1989年度の漢江中下流区間の国内総生産(GRDP)は260.9億元で同省国内総生産額の37.2%、工農業総生産は341.9億元で全体の37.1%をそれぞれ占める。又、一人当たりの実質国民収入は、省平均の772元に対して924元を示し、平均値と比べて約20%高い値となっている（表2.6）。

工業生産については、表2.7に示すように、1989年度の当該地区の工業生産総額は当年度ベースで278.9億元、その中、重工業は128.5億元、軽工業は150.4億元で省全体の37.5%、34.1%、40.8%をそれぞれ占め、人口の割合と比べると工業生産の比重は非常に高い。湖北省の工業都市は黄石、沙市、十堰、宜昌等が地域の中心核を形成しているが、この外、ほぼ漢江中下流全域に関連都市が広く分布している。

農業経済の面から見ても、この区域の重要性は大きい。耕作地は111.6万haあり、全体に占める割合は32%で（表2.8）、1989年度の食糧生産量は819万tonで省全体2370万tonの34.6%であった。当年、一人農業人口当たりの食糧生産量は、省平均の587kgに対して、漢江中下流区間では713kgが生産され、平均比の121.5%であり、江漢平原は昔から湖北地区の穀倉と言われる所以でもある。

21%の土地と30%の人口を占める漢江中下流区間は、全省37.2%の国民総生産、37.5

%の工業総生産及び33.9%農業総生産を創造していることを考慮すると、当該地域に於ける洪水災害の軽減，住民の福祉向上，民生の安定を図る洪水予警報の構築は地域社会上重要な意義を有すると判断される。

2.1.5 電気通信

(1) 現況の情報全体システムについて

現況の漢江中下流区間洪水予警報システムにおける情報伝達系について大きく分類すると情報収集系および情報伝達系に分類されるが、その現況の概要の調査結果をまとめると図2.3に示す通りである。

(2) 現況の洪水情報の種類と収集方法

漢江中下流流域において長江水利委員会で収集している現況の洪水情報の種類を大きく分類すると、気象情報，水文情報，ダム情報，および洪水情報に分類できる。各情報毎の内容，発信場所，収集の時期とその頻度，収集方式および使用している電気通信施設を調査の結果に基づいて概略まとめると表2.9に示す通りである。水文情報については一部鴨河口ダムおよび温峡口ダムなど地域的に自動観測テレメータ施設が設置されているものもあるが、データの自動収集化もそれぞれダムサイトまでであり、長江水利委員会まで水文情報の収集系についてはそのほとんどが郵電局の一般電報回線（TELEX回線）を経由して収集しているのが現状である。

(3) 現況の電気通信回線系統

現況の漢江中下流区間洪水予警報システムに使用されている電気通信回線系統について調査結果をまとめると図2.4にその全体回線系統を、図2.5に情報項目毎の伝達機能系統および使用電気通信施設を示す。

(4) 現況の情報処理施設

現況の漢江中下流区間に設置されている情報処理施設の主要なものは長江水利委員会と丹江口ダム管理所の2ヶ所に電子計算機システムが設置されている。丹江口ダムに設

置されている情報処理施設は主として丹江口上流域およびダム管理用のデータ処理に使用されており今回の検討対象外である。その他、長江水利委員会（水文局）には長江荆門江河段テレメータ設備，雨量レーダ受信システム，郵電局TELEX受信設備等種々の設備が設置されている。

(5) 漢江中下流区間における一般電気供給条件

調査結果によると漢江中下流区間における一般電気供給条件は次の通りである。

商用電源

- | | |
|-----------|----------|
| ・ 三相交流電源 | 380V±10% |
| | 50Hz±10% |
| ・ 单相交流電源 | 220V±10% |
| | 50Hz±10% |
| ・ 低圧系送電方式 | 三相4線式 |

(6) 中国国内商業専用電源の状況

中国側からの状況説明によると中国国内商業用電源（商用電源）現況の状況は下記の通りである。

- 交流三相4線は動力専用電源に使用され交流单相2線は照明および一般的用途に使用されている。
- 電圧は交流单相は220Vであり、交流3相は380Vとなっている。変動範囲は供給基準では±10%となっているが、一部の回線またはある時間帯に対して±20%以上に達している場合もある。
- 周波数は50Hzであり、変動範囲は供給基準では±10%であるが、一部の回線およびある時間帯においてはこれを越えることがある。
- 商用電源の停電状況
 - 定期的あるいは不定期な回線整備のための停電は通常新聞，ラジオ，およびテレ

ど等で公表される。定期的整備による停電は通常1ヶ月に1回、継続時間は12時間程度である。ただし、不定期的な修繕のための停電は把握できない。

- ・ 渇水期になると水力発電による発電量が急激に減少するため停電が時々発生する。
- ・ 洪水期には水力発電による発電量が大幅に増大するが、農業用水用電力も大幅に増大するため、干ばつの年等においては自然停電がたびたび発生する。

2.2 洪水氾濫および被害

2.2.1 近代以前の洪水被害

洪水氾濫の常習地域として漢江中下流域は、歴史的にみても数々の洪水被害を被った経緯がある。洪水の氾濫に対して、兩岸の住民は宋明の時代から耕作地の周囲を輪中堤で囲み、漢江兩岸の本堤決壊に備えていた。明代には、後背低湿地のかんがい開発が着手され、このかんがい水田を洪水から守るために兩岸には既に堤防が建設されていたと考えられる。しかし、こうした灌漑開発は、一度大洪水が発生すると農作物に対して多大なる洪水被害を招くことになった。清代（1644-1911）の約270年間に発生した既往洪水は、表2.10に示すように中小規模の洪水が183回で大規模洪水が114回であった。

漢江の下流は中流区間に較べ河道が狭くなっており、漢江兩岸の築堤時に左岸の牛蹄口、右岸の大沢口と小沢口の3ヶ所から、通順、東荊河付近を流れる支川へ洪水を分流し、下流域における洪水被害を軽減する措置がとられていた。洪水を分流する他の事例としては、1569年に建設した漢江左岸の竹筒河が挙げられる。1876年潜江大沢口の派川が埋没したため、上流の呉家場が決壊し、水害範囲は渦陽、江陵にまで及んでいる。

特に近代初頭の1931年の長江と漢江の両水害では、江漢平原の農地は約5万km²が水没し、被災者は316万人、うち溺死者は1,200人という甚大な被害であった。一方、武漢では、漢口の水位が28.28mに達し、特に漢口では張公堤が決壊したため、78万人の市民が被災し、飢餓と病気により約32,600人の死者を出したといわれる。

2.2.2 近代の洪水被害

漢江の近年における主要洪水は、(i) 漢江の最大洪水である1935年洪水、(ii) 長江の最大洪水である1954年、(iii) 杜家台分洪区建設後の最大洪水であり下流水位が最も高い1964年洪水および、(iv) 杜家台分洪区、丹江口ダム建設後の最大洪水である1983年洪水である。従って調査対象洪水は以上の4洪水とし、実績流量配分図および氾濫実績調査図を図2.6～図2.10に示す。なお調査対象洪水の氾濫状況は次の通りである。

(1) 1935年洪水

1935年洪水は、漢江流域の近年における最大洪水であり、襄陽における洪水痕跡による推定流量としては $52,400\text{m}^3/\text{s}$ の記録がある。当洪水は新中国解放前の洪水であり、堤防は未整備であり、しかも丹江口ダム、杜家台分洪区等の竣工以前であった事から、漢江の堤防は14ヶ所で決壊し、水没耕地43万ha、被災者370万人、倒壊家屋28万戸、死者6万人余りの大きな被害を生じた。特に遥堤からの破堤による氾濫被害が甚大であり、後に遥堤の堤防強化の教訓となった重要な洪水である。また当洪水は丹江口ダム建設における計画対象洪水であり、ダム計画における確率規模は1/100年相当である。なお当洪水による被害状況は表2.11に示す通りである。

(2) 1954年洪水

1954年洪水は長江本川の近年における最大洪水であり、武漢における流量は $76,100\text{m}^3/\text{s}$ の記録があるが、支川漢江ではさほど規模の大きい出水ではなく、襄陽地点で $22,400\text{m}^3/\text{s}$ 程度であった。しかしながら長江本川の水位が高い事から武漢市の被害を最小限とするために漢江下流部の堤防を2ヶ所爆破して分洪した事から、水没耕地54万ha、被災者342万人、倒壊家屋144万戸、死者1.5万人余りの甚大な被害を被った。被害状況の内訳は表2.12に示す通りであるが、死者の内88%に相当する1.3万人が仙桃市の被災であるのが特徴的である。なお当洪水は、新中国解放後であったが、堤防はまだ不十分であったことから非常な打撃を受け長江の治水事業に力をいれるきっかけともなった洪水である。

(3) 1964年洪水

1964年洪水は、杜家台分洪区建設後の最大洪水であり、丹江口ダムが未完成であった事から碾盤山（皇庄）流量が $29,100\text{m}^3/\text{s}$ に達し皇庄の流下能力を上回って中流地区蓄洪区一帯は、表2.13に示すような被害を被った。破堤分洪の状況は、碾盤山流量が $24,000\text{m}^3/\text{s}$ を越える時点から聯合、大集、賀路付近の堤防の決壊が始まり、更に流量が増加したので石碑、響家湖、小江湖を分洪し流量の低減を図った。

また杜家台分洪区では最大分洪量 $5,600\text{m}^3/\text{s}$ を分洪した事から遊水地区一帯は全面的に浸水し、洪水収束後においても湛水位の低下が遅く遊水地右岸の長江堤防を爆破して直接長江への排水を行った。

(4) 1983年洪水

1983年洪水は、杜家台分洪区、丹江口ダム建設後の最大洪水であり、丹江口ダム最大流入量は $34,300\text{m}^3/\text{s}$ であり、洪水ピーク発生日時が10月7日であった事から貯水位を常時満水位に引き上げる時期であり、洪水調節容量を有効に使用することが出来ず皇庄地点の流量は $26,100\text{m}^3/\text{s}$ となり皇庄の流下能力を上回った事から、中流地区蓄洪区の響家湖、小江湖を分洪し流量の低減を図った。また杜家台分洪区では、最大分洪量 $5,100\text{m}^3/\text{s}$ を分洪したが、湛水位の上昇を押さえさらに浸水範囲を制御する為に分洪区内の農民堤を3ヶ所爆破し、洪北地区に洪水を引き込んだ。さらに分洪道下流においては貯留した洪水を速やかに排水するために右岸堤を1ヶ所爆破した。洪水被害状況を表2.14に示す。

2.3 治水計画の概要

2.3.1 漢江中下流区間の治水

解放後新中国政府は、緊急な治水事業を必要とする最も重要な河川の一つとして漢江を取り上げ、新政府指導の下に、解放当初から大衆を動員して、漢江下流の堤防の全面的修復に取り組んだ。その結果、730kmに及ぶ両岸の堤防は一斉に3～4 m嵩上げされ、

天端幅は2 mから6 mに拡幅され、遙堤防においては8～10mの天端幅を持つに至った。下流の鍾祥，天門，潜江，漢陽県および荆門市も7,500万 m^3 の土工を完成し、解放前400年の間に行われた築堤総土量の約1.5倍に相当する土工量を成し遂げ、さらに1955年の雨季後、人民政府は下流の杜家台分洪区を完成させた。この分洪区の完成によって、治水能力は大きく強化され、3年に2回は水害を被むるといふ深刻な状況は一変されて、漢江の治水管理にとって、時間的な余裕を稼ぐだけのゆとりを持つことができるようになった。

続いて1958年、毛主席自ら主宰する成都会議で、漢江水資源の総合開発をめざして、丹江口ダムの建設が議決された。丹江口ダムは湖北省均県に位置し、丹江が漢江に流入する合流点に建設された大ダムであり、漢江開発の基点とし、治水，発電，灌漑，舟運，水産養殖等総合機能を有する多目的ダムとして建設された。

また漢江堤防は本堤と支堤に分けられ、南岸の本堤は荆門市沙洋鎮を起点として漢陽に至り、北岸は鍾祥県上羅漢寺から漢口に至り、この兩岸の堤防の長さは約730kmで、鍾祥，天門，潜江，漢川，漢陽県等、兩岸の1,168万畝の良田と678万の住民の生命財産を保護する役割を負っている。これら堤防の修築は漢代に遡ると言われるが、五代時代（紀元907～960年）には、荆門緑麻山～潜江間130里の堤防が築造され、高代堤と名づけられている。その後、明・清時代になって漸次、今日の河川堤防が系統化されるに至ったと言われている。

2.3.2 丹江口ダム計画

丹江口ダムは、漢江本流に初めて建設された中国第三位の規模を誇る大規模ダムであり、当ダムの建設に当たっては、全体を二期に分け段階施工を行っており最終的には、常時満水位170m、総貯水量330億 m^3 を目標に、天端標高175mのダムを建設することになっている。当面第一期工事として13m低い、常時満水位157m、総貯水量209億 m^3 、天端標高162mのダムが完成している。第一期工事は、1958年に着工したが1962年から1965年まで一時中断し、1967年に湛水し1968年発電を開始し、1970年には灌漑用水の

通水を開始し1973年に竣工した。第一期工事の諸元は表2.15に示す通りであり、将来計画として、二期工事によりダムを嵩上げし、南水北調中線ルート調整池として利用する計画である。また、現時点における丹江口ダムH-V曲線および貯水池運用曲線を図2.11に示す。

a) 治水

洪水調節容量78億 m^3 （二期工事完成後は最大190億 m^3 ）をもって、洪水調節を行う。これにより、下流の分洪工事とあいまって、1935年規模の洪水（確率1/100程度）を下流河道の疎通能力以内に納めることができる。

b) 発電

設備容量15万kW×6台=90万kW、保証出力259MWの発電を行い、武漢、湖北、河南の3地域に送電している。送電電圧は220kV及び110kVである。

c) 灌漑

陶岔と清泉溝で、それぞれ500 m^3/s および100 m^3/s を取水し、一部淮河流域を含む753千haの農地に灌漑している。

d) 舟運

下流河道の渇水時流量を、自然状態の約2倍の200 m^3/s 以上に安定させるべく放流を行って、航路の維持を図ると同時に、貯水池区間（漢江沿いには鄖陽、丹江沿いには淅川まで）が、航路として開発された。

e) 水産養殖

低水位時400 km^2 、常時満水時700 km^2 の湛水面が出現することにより、優れた漁業環境を創出する。

2.3.3 杜家台分洪区

杜家台分洪区は湖北省仙桃鎮下流6kmの漢江右岸にある。漢江下流の東荆河分流後の漢江本川は、13,400 m^3/s の流下能力を持っているが、杜家台から長江合流点の間は、長江洪水の影響が大きく長江水位により流下能力は異なるが5,000~9,000 m^3/s である。この流量の矛盾を解決すべく杜家台分洪区が計画されるに至った。分洪区の計画は、詳細

な調査を行い、最終的に杜家台分洪を採用することに決定し分洪道を経て東荆河流末の氾濫区に洪水を引き入れる方法を採用した。この方法の採用によって堤防計画の経費は節約でき、占用地は比較的小さく住民も少なくできる事となった。

また沢口の水位は基本的には低下しないから東荆河の洪水疎通能力を有効に維持することができ、あわせて漢江下流の堤防危険地区の最も弱い箇所を分洪することにより守ることができ、高い総合的な効果を期待できるようになった。杜家台分洪区の分割図および諸元は図2.12, 表2.16に示す通りである。

2.3.4 漢江中流地区蓄洪区

漢江の治水上の重要な区間は、鍾祥から下流部であり、これより上流部は、山地、丘陵、台地を貫いて流れるため下流部に比べて問題は少ない。特に鍾祥から下流部の左岸堤は遥堤と呼ばれる堤防であり、これが決潰すると漢江の洪水は、天門市、漢川県および武漢市に及んで下流一帯の被害は、甚大なものがある。特に沙洋から下流部においては、流下能力が小さいことから沙洋から上流において洪水量を低減させて下流流下能力以下とする必要がある。鍾祥一帯は古来自然の氾濫地区であったが、氾濫地区を農地として利用する事を考えて、周辺の農民が自力で堤防を築いた。これが沙洋から上流の民間堤防と呼ばれる堤防であり、氾濫地区は蓄洪区と呼ばれ、下流の流下能力以上の洪水が来襲した場合は、堤防の一部を爆破して遊水地区として利用を図るものである。これらの遊水地区は、図2.13, 表2.17に示すように合計14ヶ所あり全面積1,110km², 農地面積6万ha, 全貯水容量35億m³である。

近年における堤防爆破実例としては、1954年8月6日, 1960年9月10日, 1964年10月8日, 1983年10月7日がある。

2.3.5 漢江流域の堤防状況

漢江の現況河道における著しい特徴は、河道断面が下流ほど小さいことである。このような特異な河道形態に至った主な事情は、長江の洪水が漢江に影響するため、下流部

は古来常習氾濫地帯となり、洪水流量が自然遊水地および破堤氾濫により下流部において著しく減少するために、河道のもつ掃流力が減少し河道断面の拡大につながらなかったと思われる。

漢江堤防計画は、長江合流点にある漢口観測所の1931年洪水水位28.28mを基準とし、下流部水位が最大である1964年洪水の水面勾配を尊重して設定されており、主要地点の保証水位、堤防高は表2.18に示す通りである。なお武漢市の堤防計画は、長江における近年の最大洪水である、1954年洪水痕跡値29.73mを基本として計画されている（図2.14）。なお現況における治水計画は、中流地区蓄洪区の民間遊水地による非常に不安定な、遊水効果を期待した計画である事から、将来丹江口ダムを嵩上げる事により民間遊水地の代替を図りたいとの構想がある。

2.4 洪水予警報の現況と将来構想

2.4.1 洪水予測

(1) 現況洪水予測の概要

漢江の丹江口ダム下流部の洪水予測を行う主要な水文観測所までの洪水到達時間は、丹江口ダム～皇庄間で27～33時間、皇庄～長江合流点間で24～36時間であるから丹江口ダムから長江合流点まで2日～3日あることになる。漢江下流部の流量予測上重要な地点は、南河、唐白河、蛮河等の主要な支川が合流した後の皇庄地点であり洪水予測上は、これらの支川流量を予測することが重要である。皇庄地点の流量予測手法としては、流域流出量の予測には単位図法を用いて、河道低減量の予測には、マスキンガム法を用いている。また皇庄から下流部においては、主要な支川はなく流量予測上は東荊河および杜家台分洪区の分流および分洪を考慮すれば良いが、下流部は長江の洪水水位の影響が非常に大きい事から水位相関法等の統計手法により洪水予測を行っている。

(2) 丹江口ダム～皇庄残流域洪水予測法

丹江口ダム～皇庄残流域の洪水予測法は、基本的には、丹江口ダム放流量と丹江口～