

国際洪水セミナー

International Seminar on Floods

報告書

Final Report

1994年12月

(財) 国土開発技術研究センター

Japan Institute of Construction Engineering

国際洪水セミナー

International Seminar on Floods

報告書

Final Report

1994年12月

(財) 国土開発技術研究センター

Japan Institute of Construction Engineering

はじめに

1993年は我が国の鹿児島の水害をはじめとして、アメリカのミシシッピ川上流部での大氾濫、ドイツのライン川における氾濫、フランス南部のローヌ川における氾濫等洪水による被害が多い年であった。

これらの洪水による被害現象は、各国の自然特性や社会特性を反映して特徴的なものがあることから、1993年に大きな被害を受けた国々の河川技術や河川行政に係る人々を日本に招き、1994年7月14日に東邦生命ホールに於て「国際洪水セミナー」を開催した。セミナーでは、各講演者に自国の水害と水害後の治水対策について講演していただき、さらに各々の国で実施されている治水対策について、パネルディスカッションと会場からの質問等により活発な意見交換がなされた。

本報告書は、当日の各講演者の講演概要、発表内容、パネルディスカッションの内容を取り纏めたものであり、今後の我が国の長期的な治水対策の方向性を探る上で参考にして頂ければ幸いである。

目 次

はじめに

プログラム 1

講演者及びパネリストの略歴 2

講演論文

1. "Review of 1993 Kagoshima Floods and Flood Control Plan for the Kotsuki River" 7

「1993年鹿児島水害と甲突川の治水計画について」

Akira Okuda, *Director of Public Works Department, Kagoshima Prefecture*

奥田 朗 鹿児島県土木部長

2. "Review of 1993 Midwestern Flood and Flood Control Plans - Mississippi River" 33

「1993年ミシシッピ川中西部洪水と治水計画について」

Mr. James R. Tuttle

*Assistant Director, Planning and Engineering Directorate, Mississippi River Commission/
Lower Mississippi Valley Division*

ジェームス・R・タトゥル

ミシシッピ川委員会／米国陸軍工兵隊ミシシッピ下流管区計画技術部次長

3. "December Floods of 1993 in the Rhein River Basin" 55

「1993年12月のライン川流域の洪水について」

Dr. Karl-Heinz Rother

Head of Department for River Planning and Flood Protection, Ministry of Environment, Rheinland-Pfalz

カール・ハインツ・ローター

ドイツ、ラインラント・プファルツ州環境省河川計画・治水部長

4. "Recent Floods and New Floods Control Plans in France" 77

「フランスにおける最近の洪水と新しい治水計画について」

Prof. Pierre-Alain Roche

Director of Aube District Board, French Ministry of Public Works, Transportaion, Housing and Tourism

ピエール・アラン・ロッシュ

フランス公共事業・運輸・住宅・観光省オーブ県部長

講演風景 113

講演 1. 奥田 朗 119

2. ジェームス・R・タトゥル 163

3. カール・ハインツ・ローター 201

4. ピエール・アラン・ロッシュ 229

パネルディスカッション 253

コーディネータ：見城美枝子

パネラー：Mr. James R. Hanchey 米国陸軍工兵隊ミシシッピ川下流管区計画技術部長

Mr. James R. Tuttle 米国陸軍工兵隊ミシシッピ川下流管区計画技術部次長

Dr. Karl-Heinz Rother ラインラント・プファルツ州環境省河川計画・治水部長

Mr. Pierre-Alain Roche フランス公共事業・運輸・住宅・観光省オーブ県部長

脇 雅史 建設省河川局河川計画課長

奥田 朗 鹿児島県土木部長

プログラム

10:00 開 会

10:00～10:05 理事長挨拶
廣瀬 利雄 財団法人国土開発技術研究センター理事長

10:05～10:10 河川局長挨拶
豊田 高司 建設省河川局長

10:10～11:20 "Review of 1993 Kagoshima Floods and Flood Control Plan for the Kotsuki River"
「1993年鹿児島水害と甲突川の治水計画について」
奥田 朗 鹿児島県土木部長

11:20～12:30 "Review of 1993 Midwestern Flood and Flood Control Plans - Mississippi River"
「ミシシッピ川における1993年中西部洪水との治水計画について」
Mr. James R. Tuttle
ミシシッピ川委員会／米国陸軍工兵隊ミシシッピ川下流管区計画技術部次長

12:30～13:55 昼食休憩

13:55～15:05 "December Floods of 1993 in the Rhein River Basin"
「1993年12月ライン川流域の洪水について」
Dr. Karl-Heinz Rother ラインラント・プファルツ州環境省河川計画・治水部長

15:05～16:15 "Recent Floods and New Floods Control Plan in France"
「フランスにおける最近の洪水と新しい治水計画について」
Prof. Pierre-Alain Roche フランス公共事業・運輸・住宅・観光省オーブ県部長

16:15～16:30 休 憩

16:30～18:30 パネルディスカッション

コーディネータ：見城美枝子

パネラー：Mr. James R. Hanchey 米国陸軍工兵隊ミシシッピ川下流管区計画技術部長
Mr. James R. Tuttle 米国陸軍工兵隊ミシシッピ川下流管区計画技術部次長
Dr. Karl-Heinz Rother ラインラント・プファルツ州環境省河川計画・治水部長
Mr. Pierre-Alain Roche フランス公共事業・運輸・住宅・観光省オーブ県部長
脇 雅史 建設省河川局河川計画課長
奥田 朗 鹿児島県土木部長

講演者およびパネリスト紹介 Introduction of the Speakers and Panelists



見城美枝子
Ms. Miekō KENJO

TVキャスター・エッセイスト

プロフィール

群馬県生まれ。
昭和43年 早稲田大学教育学部卒業。
東京放送にアナウンサーとして入社。
のちにフリーとなり、JNN系テレビ海外取材番組を担当、現在までに50か国を訪問。
'93年4月より早稲田大学大学院理工学部修士課程に入学、建築学を専攻。現在修士2年在学中。
テレビ出演の他、著作活動、対談、講演などの多岐にわたる活動を行う。
三男一女の母。

委員会

第14期中央教育審議会審議委員（文部省）
福祉機器技術政策小委員会（通産省・工業技術院）
保育問題検討委員会（厚生省）

現在

河川審議会委員（建設省）
国土審議会特別委員・半島振興対策委員（国土庁）
「子供の未来21プラン研究会」（厚生省）
快適な暮らしのスタイル開発推進事業検討委員会（厚生省）
瀬戸内海環境保全審議会委員（環境庁）
北海道地域農政推進方策検討委員会（農水省）

Broadcaster and essayist

PERSONAL HISTORY

Born in Gunma Prefecture
Graduated from Waseda University in 1968 (B.Ed.)
Entered Tokyo Broadcasting System Inc. as an announcer
Worked as a free-lancer on overseas programmes for the Japan News Network, visiting 50 countries in the process
Entered the post-graduate school at Waseda University (Faculty of Science and Engineering) to study architecture in April 1993, and now in the second year of the M.Sc. course
Engaged in a wide range of activities as a TV personality, author and speaker
Mother of three sons and a daughter

COMMITTEES

(past committee work)

Member of the 14th Central Council for Education (Ministry of Education)
Subcommittee for Technical Policies on Welfare Instruments (Agency of Industrial Science and Technology, Ministry of International Trade and Industry)
Investigative Committee on Childcare (Ministry of Health and Welfare)

(present committee work)

Member of River Council (Ministry of Construction)
Special member of National Land Development Council, member of Peninsula Areas Development Measures Committee (National Land Agency)
"Study Group for Future of Children in the 21st Century" (Ministry of Health and Welfare)
Member of Seto Inland Sea Environmental Conservation Council (Environment Agency)
New Investigative Committee on Measures for Promotion of Agricultural Policies in Hokkaido (Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries)
Investigative Committee for Symposium on Future of Housing and Housing Industry (Ministry of International Trade and Industry)



ジェイムス・ランディ・ハンシー
Mr. James Randy Hanchey

所属： ミシシッピ川委員会/米国陸軍工兵隊ミシシッピ川下流管区計画技術部長
学歴： 1961 (昭和36) 年 サウスウェスタン・ルイジアナ大学土木工学科卒業
1968 (昭和43) 年 テュレーン大学土木工学修士号取得
1969 (昭和44) 年 スタンフォード大学プランニング・フェロー (2年間)
経歴： 1961 (昭和36) 年 米国陸軍工兵隊ニューオーリンズ地区技術部設計課
1971 (昭和46) 年 米国陸軍工兵隊水資源研究所所長
1979 (昭和54) 年 米国陸軍工兵隊水資源研究所所長
1987 (昭和62) 年 米国陸軍工兵隊水資源支援センター所長
1989 (平成元) 年 ミシシッピ川委員会/米国陸軍工兵隊ミシシッピ川下流管区計画部長
1993 (平成5) 年 ミシシッピ川委員会/米国陸軍工兵隊ミシシッピ川下流管区計画技術部長

CURRENT POSITION:

Director, Planning and Engineering, Mississippi River Commission/Lower Mississippi Valley Division (MRC/LMVD), U. S. Army Corps of Engineers

EDUCATION:

1961: B. Sc., Civil Engineering, University of Southwestern Louisiana
1968: M. Sc., Civil Engineering, Tulane University
1969: Planning Fellow, Stanford University (2 years)

PROFESSIONAL EXPERIENCE:

1961: Design Branch, Engineering Division, New Orleans District, U. S. Army Corps of Engineers
1971: Deputy Director, Institute for Water Resources, U. S. Army Corps of Engineers
1979: Director, Institute for Water Resources, U. S. Army Corps of Engineers
1987: Director, Water Resources Support Center, U. S. Army Corps of Engineers
1989: Director, Planning, MRC/LMVD, U. S. Army Corps of Engineers
1993: Director, Planning and Engineering, MRC/LMVD, U. S. Army Corps of Engineers



ジェイムス・ロバート・タトゥル
Mr. James Robert Tuttle

所属： ミシシッピ川委員会/ミシシッピ川下流管区計画技術部次長
学歴： 1962 (昭和37) 年 ミシシッピ大学土木工学卒業
1967 (昭和42) 年 ジョージア工科大学工学修士取得 (土木工学専攻)
経歴： 1962 (昭和37) 年 米国陸軍工兵隊メンフィス地区事務所技術部水理・水文課
1967 (昭和42) 年 米国陸軍工兵隊メンフィス地区事務所技術部水理・水文課水理・洪水調節班班長
1968 (昭和43) 年 ミシシッピ川委員会/米国陸軍工兵隊ミシシッピ川下流管区技術部水理課
1974 (昭和49) 年 ミシシッピ川委員会/米国陸軍工兵隊ミシシッピ川下流管区技術部河川課長
1985 (昭和60) 年 ミシシッピ川委員会/米国陸軍工兵隊ミシシッピ川下流管区技術部河川技術課長
1988 (昭和63) 年 ミシシッピ川委員会/米国陸軍工兵隊ミシシッピ川下流管区水管理課長
1993 (平成5) 年 ミシシッピ川委員会/米国陸軍工兵隊ミシシッピ川下流管区計画技術部次長

CURRENT POSITION:

Assistant Director, Planning and Engineering Directorate, Mississippi River Commission/Lower Mississippi Valley Division (MRC/LMVD), U. S. Army Corps of Engineers

EDUCATION:

1962: B.S., Civil Engineering, University of Mississippi
1967: M.S., Civil Engineering, Georgia Institute of Technology

PROFESSIONAL EXPERIENCE:

1962: Hydraulics and Hydrology Branch, Engineering Division, Memphis District, U. S. Army Corps of Engineers
1967: Chief, Hydraulics and Reservoir Regulation Section, Hydraulics and Hydrology Branch, Engineering Division, Memphis District, U. S. Army Corps of Engineers
1968: Hydraulics Branch, Engineering Division, MRC/LMVD, U. S. Army Corps of Engineers
1974: Chief, Potamology Branch, Engineering Division, MRC/LMVD, U. S. Army Corps of Engineers
1985: Chief, River Engineering Branch, Engineering Division, MRC/LMVD, U. S. Army Corps of Engineers
1988: Chief, Water Control Division, MRC/LMVD, U. S. Army Corps of Engineers
1993: Assistant Director, Planning and Engineering Directorate, MRC/LMVD, U. S. Army Corps of Engineers



カール・ハインツ・ローター
Dr. Karl-Heinz Rother

所属：ラインラント・プファルツ州環境省河川計画・治水部長
学歴：1969（昭和44）年 ブラウンシュバイク工科大学土木工学科卒業
1974（昭和49）年 工学博士取得（土木工学専攻）
経歴：1969（昭和44）年 ブラウンシュバイク大学ライヒトヴァイス水理学研究所
1975（昭和50）年 ラインラント・プファルツ州水文調査所
1984（昭和59）年 ラインラント・プファルツ州トリーア市役所下水管理部長
1986（昭和61）年 ラインラント・プファルツ州環境省河川計画・治水部長

CURRENT POSITION:

Chief Engineer, Flood Protection Works; Head of Department, River Planning and Flood Protection, Ministry of Environment Rheinland-Pfalz, Mainz

EDUCATION:

1969: Diplom-Engineer, Civil Engineering, Technical University of Braunschweig
1974: Dr.-Ingenieur, Civil Engineering

PROFESSIONAL EXPERIENCE:

1969: Leichtweiß-Institute for Hydraulic Research, Braunschweig University
1975: Landesamt for Hydrology, Rheinland-Pfalz, Mainz
1984: Head of Department for Sewage Water Management, Regional Government of Trier, Rhineland-Pfalz
1986: Head of Department for River Planning and Flood Protection; Chief Engineer, Flood Protection Works, Ministry of Environment, Rheinland-Pfalz, Mainz



ピエール・アラン・ロッシュ
Prof. Pierre-Alain Roche

所属：公共事業・運輸・住宅・観光省オーブ県部長、国立高等土木学校水文学教授
学歴：1978（昭和53）年 国立高等理工科学校卒
1980（昭和55）年 国立高等土木学校卒
経歴：1980（昭和55）年 地質調査委員会
1984（昭和59）年 環境省河川管理課洪水警報係長
1987（昭和62）年 環境省河川管理課長
1990（平成2）年 公共事業・運輸・住宅・観光省ジロンド県次長
1993（平成5）年 公共事業・運輸・住宅・観光省オーブ県部長
1985（昭和60）年 国立高等土木学校水文学教授

CURRENT POSITION:

Director of Aube District Board, Ministry of Public Works, Transportation, Housing and Tourism; Professor, Hydrology, French National Highschool for Civil Engineering(ENPC)

EDUCATION:

1978: Polytechnic School
1980: National Highschool for Civil Engineering

PROFESSIONAL EXPERIENCE:

1980: Engineer, Geological Research Board(B.R.G.M)
1984: Director, Flood Warning Division, River Management Bureau, Ministry of Environment
1987: Director, River Management Bureau, Ministry of Environment
1990: Deputy Director, Gironde District Board, Ministry of Public Works, Transportation, Housing and Tourism
1993: Director, Aube District Board, Ministry of Public Works, Transportation, Housing and Tourism
1985: Professor, Hydrology, E.N.P.C.



脇雅史
Mr. Masashi WAKI

所属：建設省河川局河川計画課長

学歴：1967（昭和42）年 東京大学工学部土木工学科卒業
経歴：1967（昭和42）年 建設省入省
1971（昭和46）年 科学技術庁研究調整局海洋開発官付推進係長
1974（昭和49）年 建設省中国地方建設局太田川工事事務所調査設計課長
1977（昭和52）年 建設省中国地方建設局河川部河川管理課長
1979（昭和54）年 建設省中国地方建設局企画部企画課長
1981（昭和56）年 建設省河川局開発課長補佐
1983（昭和58）年 建設省中部地方建設局三重工事事務所長
1985（昭和60）年 建設省河川局海岸課海洋開発官
1988（昭和63）年 （財）国土開発技術研究センター調査第一部長
1990（平成2）年 建設省河川局都市河川室長
1992（平成4）年 建設省関東地方建設局河川部長
1993（平成5）年 建設省道路局国道第二課長
1994（平成6）年 建設省河川局河川計画課長

CURRENT POSITION : Director of River Planning Division, River Bureau, Ministry of Construction

EDUCATION : B.Eng. (Civil Engineering), University of Tokyo (1967)

PROFESSIONAL EXPERIENCE

1967: Entered Ministry of Construction (MOC)
1971: Section Chief for Promotion under Senior Officer for Ocean Development, Research Coordination Bureau, Science and Technology Agency
1974: Head of Investigations and Design Division, Ota River Work Office, Chugoku Regional Construction Bureau, MOC
1977: Head of River Management Division, River Department, Chugoku Regional Construction Bureau, MOC
1979: Head of Planning Division, Planning Department, Chugoku Regional Construction Bureau, MOC
1981: Assistant Director, Development Division, River Bureau, MOC
1983: Director of Mie Work Office, Chubu Regional Construction Bureau, MOC
1985: Senior Officer for Ocean Development, Seacoast Division, River Bureau, MOC
1988: Director of River Planning Division, Japan Institute of Construction Engineering
1990: Director of Urban River Division, River Bureau, MOC
1992: Director of River Department, Kanto Regional Construction Bureau, MOC
1993: Director of National Highway Second Division, Road Bureau, MOC
1994: Director of River Planning Division, River Bureau, MOC

所属：鹿児島県土木部長（工業用水道部長）

学歴：1968（昭和43）年 京都大学大学院工学研究科卒業
経歴：1968（昭和43）年 建設省近畿地建淀川工事事務所
1971（昭和46）年 建設省計画局地域計画課係長
1974（昭和49）年 建設省中部地建庄内川工事事務所調査課長
1978（昭和53）年 環境庁水質保全局企画課長補佐
1980（昭和55）年 建設省河川局防災課長補佐
1982（昭和57）年 建設省東北地建湯沢工事事務所長
1984（昭和59）年 国土庁大阪事務所調査官
1986（昭和61）年 建設省中部地建企画部企画調査官
1988（昭和63）年 建設省近畿地建淀川工事事務所長
1989（平成1）年 住宅都市整備公団関連施設交通部長
1991（平成3）年 建設省四国地建河川部長
1992（平成4）年 鹿児島県土木部長（工業用水道部長）

CURRENT POSITION : Director of Public Works Department (and Director of Industrial Waterworks Department), Kagoshima Prefecture

EDUCATION : M.Eng., Kyoto University (March 1968)

PROFESSIONAL EXPERIENCE

1968: Yodo River Work Office, Kinki Regional Construction Bureau, Ministry of Construction (MOC)
1971: Section Chief, Regional Planning Division, Planning Bureau, MOC
1974: Head of Investigations Division, Shonai River Work Office, Chubu Regional Construction Bureau, MOC
1978: Assistant Director, Planning Division, Water Quality Bureau, Environment Agency
1980: Assistant Director, Disaster Prevention and Restoration Division, River Bureau, MOC
1982: Director of Yuzawa Work Office, Tohoku Regional Construction Bureau, MOC
1984: Senior Officer, Osaka Office, National Land Agency
1986: Senior Officer for Planning, Planning Department, Chubu Regional Construction Bureau, MOC
1988: Director of Yodo River Work Office, Kinki Regional Construction Bureau, MOC
1989: Director of Related Facilities and Traffic Department, Housing and Urban Development Corporation
1991: Director of River Department, Shikoku Regional Construction Bureau, MOC
1992: Director of Public Works Department (and Director of Industrial Waterworks Department), Kagoshima Prefecture



奥田朗
Mr. Akira OKUDA

"Review of 1993 Kagoshima Floods and
Flood Control Plan for the Kotsuki River"

Akira Okuda

Director of Public Works Department, Kagoshima Prefecture

「1993年鹿児島水害と甲突川の治水計画について」

奥田 朗

鹿児島県土木部長

THE 1993 KAGOSHIMA FLOOD AND FLOOD CONTROL ON THE KOTSUKI RIVER

AKIRA OKUDA

Director of Public Works Department, Kagoshima Prefecture

1. INTRODUCTION

Last year, 1993, was a year of abnormal weather conditions in Kagoshima. The annual rainfall of 4,022 mm (158 in) was by far the highest recorded since observations began at the Kagoshima Local Meteorological Observatory in 1883 and well in excess of the previous 1905 record of 3,550 mm (139 in). The flooding of the Kotsuki River which occurred under these conditions was accompanied by slope failure and other sediment disasters, and brought about urban disasters of an unprecedented scale. The presentation below will deal with the concentrated rain of 6th August, which was the main cause of this flood, and the flood-control measures that are being undertaken in the wake of the flood on the Kotsuki River.

2. KAGOSHIMA PREFECTURE

Kagoshima Prefecture has a population of approximately 1.8 million, and is located in the southwestern part of Japan, at the southern end of the Kyushu Region. It consists of the two large peninsulas of Satsuma and Osumi on the mainland of Kyushu and a large number of islands including the Koshiki Islands, Tanegashima, Yakushima and the chains of islands known as the Tokara and Amami Islands. The prefecture stretches over a distance 170 km (105 miles) from east to west and 600 km (372 miles) from north to south, with the insular portion accounting for 27% of the total land area of 9,166 km² (3,538 square miles).

In topographical terms, relatively low mountains with peaks ranging from 600 to 800 m (1,968 to 2,624 ft) provide the skeletal structure of the mainland portion of prefecture, where the two peninsulas of Satsuma and Osumi are found facing each other across Kagoshima Bay, which makes a deep incision into the southern part of Kyushu. In terms of geology, over 50% of the prefecture is covered by pyroclastic deposits originating from Quaternary volcanos, such as the Aira Caldera to the north of Kagoshima Bay and the Ata Caldera near the mouth of the bay. Unwelded pyroclastic deposits known as shirasu, have formed extensive plateau and hill areas, where layers of deposits reach down to depths of 50 to 100 m (164 to 328 ft).

The principal rivers in the prefecture include the Sendai, Kimotsuki, Amori, Hishida and Mannose Rivers. There 461 rivers in all, adding up to a total length of approximately 2,600 km (1,612 miles). They are all short rivers with trunk channel lengths of less than 50 km (31 miles), with the exception of the Sendai River, which has a channel length of 137 km (85 miles). As a result, there are no major alluvial plains and, with the exception of two or three small plains found at mouths of rivers, flat areas are to be found scattered in narrow strips along rivers.

The weather is generally warm and wet, with annual average temperatures of 15 to 18°C (59 to 64.4°F) in the mainland portion and 20 to 22°C (68 to 71.6°F) in the Amami Islands and with high average annual rainfalls of 2,000 to 3,000 mm (79 to 118 in) in the mainland portion and 3,900 mm (154 in) on Yaku Island. Most of this rainfall occurs during the May-July rainy season and the summer typhoon season.

1993年鹿児島水害と甲突川の治水計画について

奥田 朗

(おくだ あきら 鹿児島県土木部長)

1. はじめに

1993年は、鹿児島地方気象台において年間降水量が4,022mmを記録し、1883年の観測開始以来これまでの最高であった1905年の3,550mmを大幅に更新するなど、まさに異常気象の年だった。そんななかで起こった鹿児島市の市街地を流れる甲突川の氾濫は、土砂崩壊等も加わって、かつて経験のない都市災害となった。以下、その原因となった8月6日豪雨の状況と甲突川の治水対策を中心に紹介する。

2. 鹿児島県の概況

鹿児島県は、日本の南西部、九州の南端に位置する人口約180万人の県で、九州本土に属する薩摩、大隅の二大半島と甌島、種子島、屋久島、トカラ列島、奄美群島などの島々からなり、東西約170km、南北約600kmの広がりの中で総面積は9,166km²であり、その27%を島々が占めている。

県本土の地形は、標高600mから800mの小山系が骨格をなし、薩摩、大隅半島が相対して、深く湾入した鹿児島湾を抱いている。また、湾北部の始良カルデラと湾口部の阿多カルデラ等の第四紀火山からの火砕流堆積物が県土の50%以上を覆い、その非溶結部に相当する地質であるシラスは、厚さが50～100m程度に及び、台地や丘陵地として広く発達している。

河川は、川内川をはじめ、肝属川、天降川、菱田川、万之瀬川等461河川、延長で約2,600kmあるが、流路延長137kmの川内川を除くといずれも幹川延長が50km未満の短い河川ばかりであり、したがって、平地も2、3の河川の河口付近にややまとまっているほかは、河川に沿って数珠状にかつ狭長に分散分布している。

一方、気候は、一般に温暖、湿潤で、年平均気温が本土部で15～18℃、奄美諸島で20～22℃、年間降水量は、本土部で2,000mm～3,000mm、屋久島で3,900mmと多く、これらの降雨の大半が梅雨期と台風期に集中している。

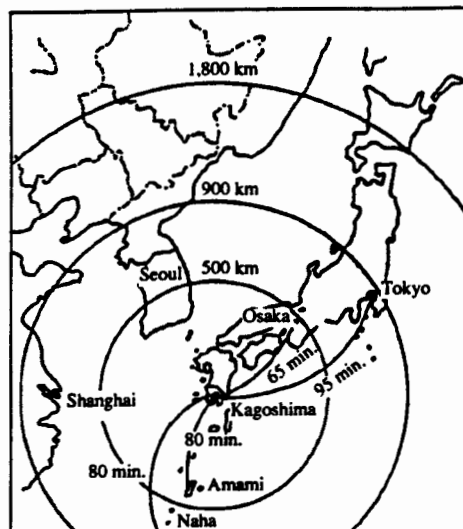


Figure 1 Location of Kagoshima Prefecture

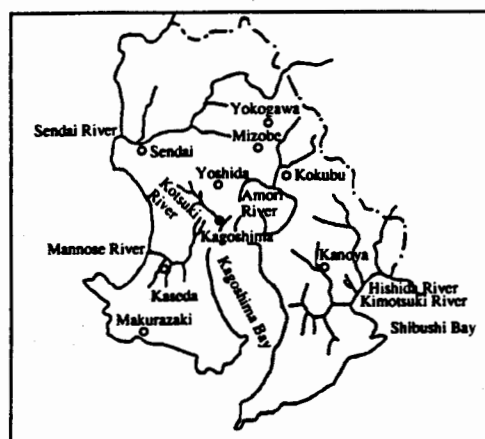


Figure 3 Mainland Kagoshima

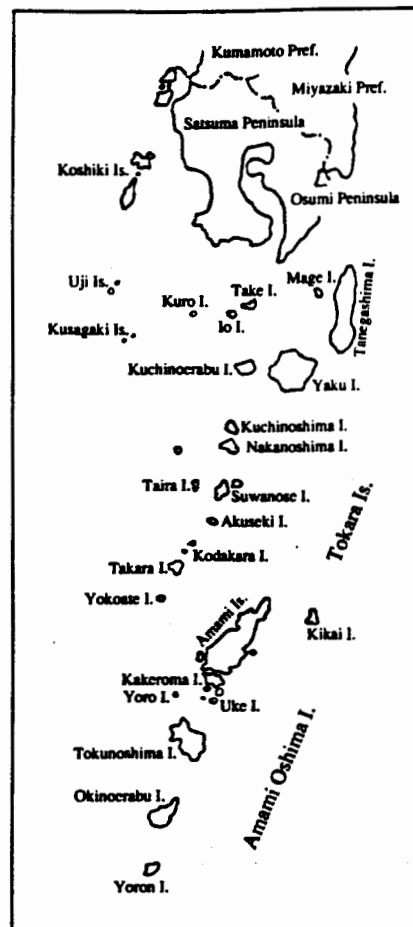


Figure 2 Kagoshima Prefecture

Table 1 Progress of Improvement Work (1st April, 1993)

Class	Administered by	Number of Rivers	Total Length	Sections Requiring Improvement	Improved Sections	Improvement Rate
Class A	National Government	Sendai River System 11	114 km	96 km	56 km	58 %
	National Government	Kimotsuki River System 5	48	48	34	71 %
Rivers Administered by National Government : Total		16	162	144	90	63 %
Class A	Prefectural Government	148	712	565	139	25 %
Class A	Prefectural Government	310	1,760	1,315	325	25 %
Rivers Administered by Prefectural Government : Total		458	2,472	1,880	464	25 %
Total		461	2,634	2,024	554	27 %

Note

- 1) Thirteen of the rivers include both sections administered by the national government and sections administered by the prefectural government.
- 2) "Improved sections" are those sections where the construction of facilities providing a discharge capacity corresponding to an hourly rainfall of 60 mm (2.4 in) has been completed.
- 3) In the figures for the Sendai River, the Tsuruda Dam Section (18 km: 11 miles) is considered not to require "improvement."

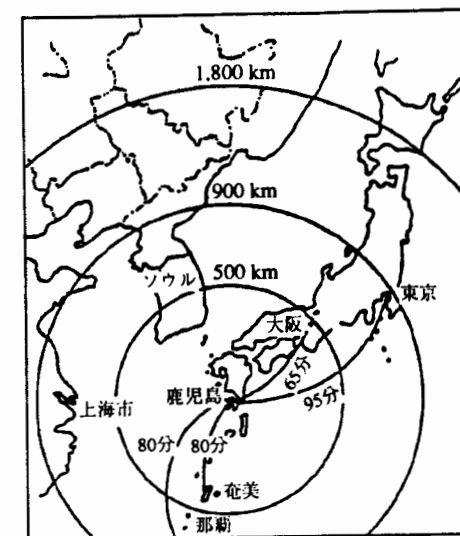


図-1 鹿児島県の位置

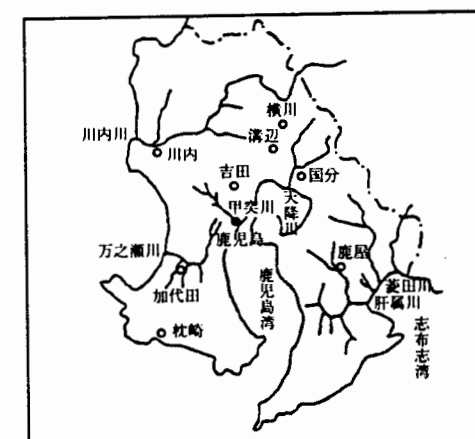


図-3 県本土の概況



図-2 鹿児島県の県域

表-1 河川の整備状況 (平成5年4月1日現在)

種別	管理者	河川数	延長	要改修延長	改修済延長	改修率
一級河川	国	川内川水系 11	114 km	96 km	56 km	58 %
	国	肝属川水系 5	48	48	34	71 %
国管理河川 計		16	162	144	90	63 %
一級河川	県	148	712	565	139	25 %
一級河川	県	310	1,760	1,315	325	25 %
県管理河川 計		458	2,472	1,880	464	25 %
合計		461	2,634	2,024	554	27 %

注) 1. 国管理と県管理の重複河川13河川

2. 改修済とは、時間雨量60mmに対応できる能力を有し、設備の完備しているものである。

3. 川内川延長のうち鶴田ダム区間18 kmは改修不要区間とする。

3. CONCENTRATED RAINS AND FLOODS OF 1993

(1) Rainfall and Flood Conditions

According to the Meteorological Agency records, the rainy season began on 21st May in the southern part of Kyushu. Although the Meteorological Agency announced the end of the rainy season on 9th July, rainfall continued for long periods after this date, so that the record had to be corrected and a statement issued on 31st August to the effect that the end of rainy season for 1993 could not be specified. The monthly rainfall for July was three to four times the average for this month at most observation stations, and the three-month rainfall for June to August alone was in excess of the average annual rainfall. Unprecedentedly heavy rain was observed in the central part of the prefecture between 31st July and 2nd August, and in Kagoshima City and surrounding areas between 5th and 6th August. These were followed by the passage of Typhoon No. 7 on 9th August and of Typhoon No. 13, one of the severest since the war, on 3rd September.

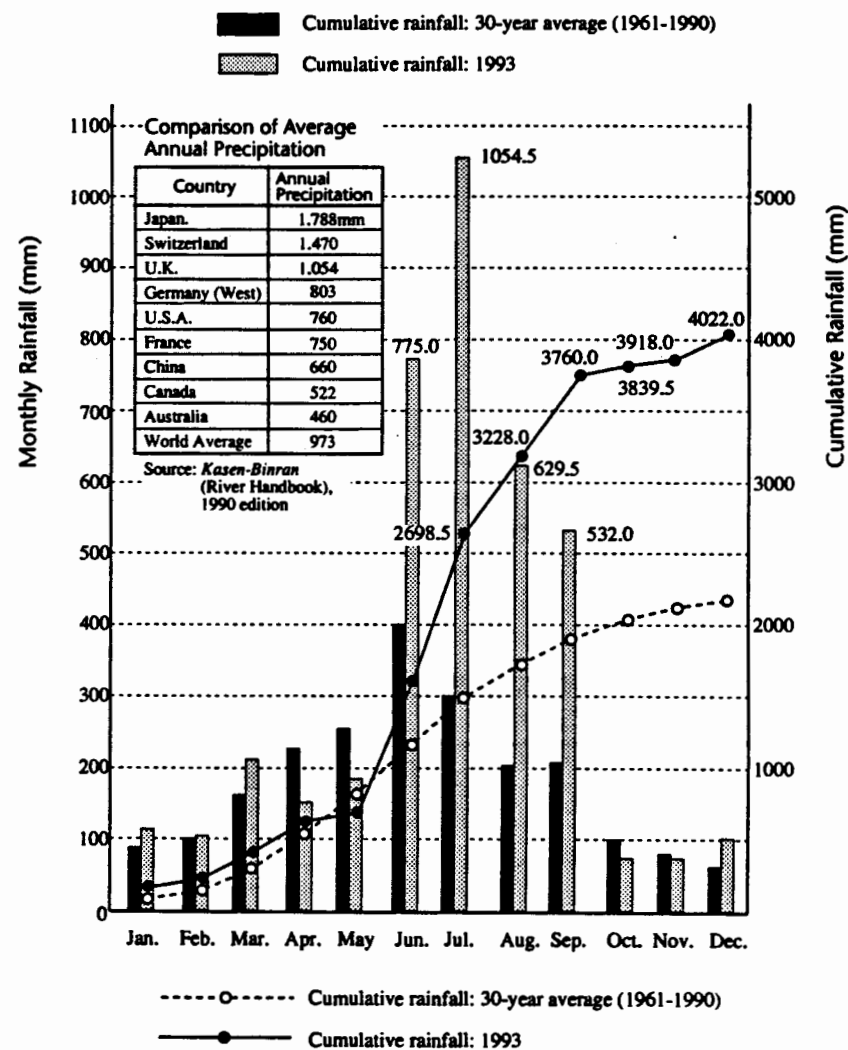


Table 2 Monthly Rainfall: Kagoshima Local Meteorological Observatory

3. 1993年の豪雨と災害

(1) 一連の豪雨と洪水の経過

九州南部地方は5月21日に梅雨入りし、気象台の当初の発表では7月9日に明けたとされたが、8月31日には「今年の梅雨明けは、はっきりしない」と修正されたほど、長期間にわたって降雨が続き、7月の降水量は、ほとんどの観測所で平年の3~4倍程度となり、6~8月の3ヵ月間で年間平均降水量を超える状況であった。特に、7月31日から8月2日にかけては県中部を中心に、また、5日から6日にかけては鹿児島市及びその周辺を中心に、未曾有の集中豪雨が襲い、さらに追い討ちをかけるように、9日には台風7号が、9月3日には戦後最大級と言われた台風13号が来襲し、各地に大雨をもたらした。

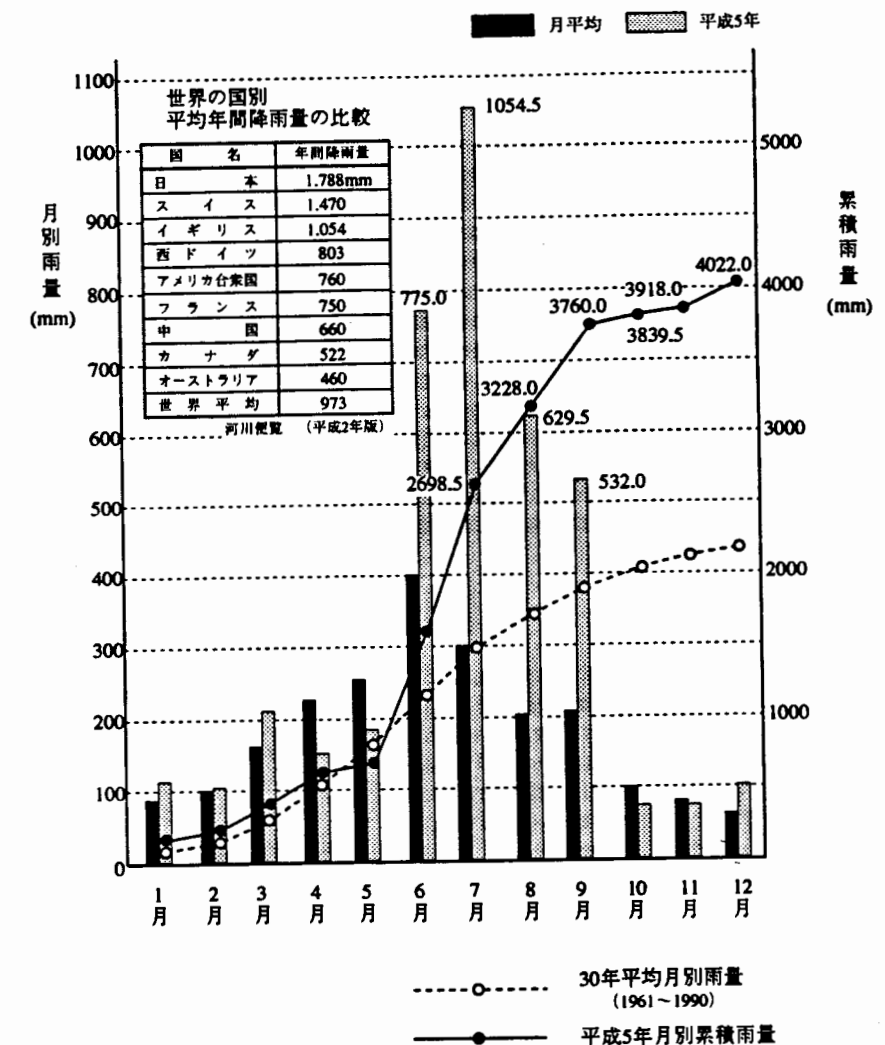


表-2 鹿児島気象台における月別雨量グラフ

a) Rain of 1st August

Heavy rain occurred between 31st July and 2nd August, producing a cumulative rainfall of 636 mm (25 in) and a maximum hourly rainfall of 104 mm (4 in) in Mizobe Town in Aira District. This rain caused slope failure and debris flow at numerous sites, mainly in the central part of the prefecture. Over 5,000 houses were inundated to either above or below the floor level by flood water from rivers and by water trapped in low-lying areas and failing to reach the rivers in a number of municipalities including Yokogawa Town and Kokubu City. Sediment disasters, including burial and washout of farm land, were observed around Yoshida Town in Kagoshima District.

b) Rain of 6th August

The heavy rainfall that occurred around Kagoshima City on 5th and 6th August resulted in floods on the Kotsuki, Inari and Shin Rivers, which flow through the city, inundating 12,000 houses over an area of 500 ha (1,200 acres), as well as disrupting transportation on trunk roads and railways. A major subsidence occurred on National Highway Route 3, which runs along the Kotsuki River, in Koyamada-cho, Kagoshima City. In the section of Route 10 between Iso in Kagoshima City and Aira Town in Aira District, where the road runs along Kagoshima Bay parallel to Japan Railway's Nippo Line, slope failure occurred at over 30 sites, including the debris flow at Ryugamizu, with huge rocks blocking the roads and stranding nearly 800 cars. As a result of the disruption of the road and railway networks, the prefectural capital of Kagoshima was cut off from the rest of the prefecture.

c) Typhoon No. 13

Typhoon No. 13, which crossed the mainland portion of the prefecture on 9th September, was accompanied by violent storms with instantaneous wind speeds in excess of 50 m/s (164ft/s) and caused much wind-related damage, including interruption of power supply to 380,000 households within the prefecture. It also produced heavy rainfall, causing an hourly rainfall of 92 mm (3.6 in) in Makurazaki City and 86 mm (3.4 in) in Kokubu City, and causing the Meteorological Observatory to issue information on record short-period rainfalls. This rainfall led to the recurrence of flooding on the Kotsuki and other rivers flowing through Kagoshima City, as well as inland water inundation along the Kaseda River in Kaseda City.

(2) Conditions of Damage

The succession of concentrated rainfalls caused serious damage in various parts of the prefecture. The damage may be classified into sediment disasters in the form of slope failure, debris flows and landslides, especially on the shirasu plateaux whose light soil is easily eroded, and flood disasters in the form of inundation and scouring. The number of dead and missing persons totalled 121, including

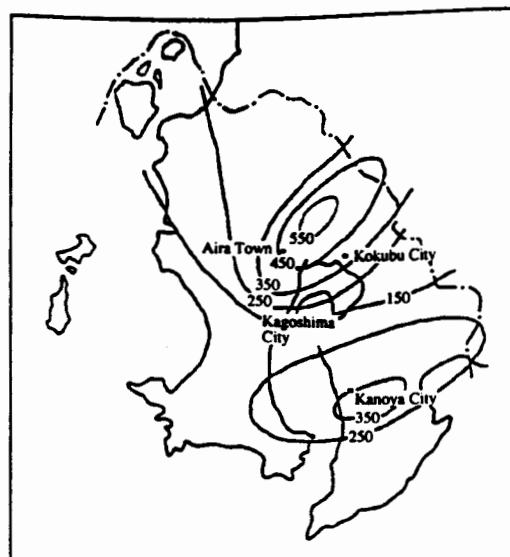


Figure 4 Rainfall Contours
1st August (Aug. 1, 0:00 hrs. - Aug. 2, 0:00 hrs.)

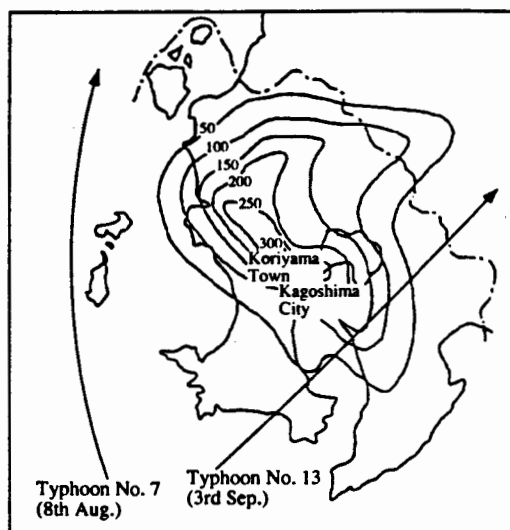


Figure 5 Rainfall Contours
(24-hour rainfall)
(Aug. 6, 9:00 hrs. - Aug. 7, 9:00 hrs.)

a) 8.1豪雨

7月31日から8月2日にかけての豪雨は、始良郡溝辺町で連続雨量636mm、時間最大雨量104mmを記録し、県中部の地域を中心に崖崩れや土石流が多発した。また、始良郡横川町、国分市などで、河川の氾濫や内水により5,000戸以上が床上・床下浸水したほか、鹿児島郡吉田町を中心に、農地が土砂に埋まったり流失する被害が広がった。

b) 8.6豪雨

続く8月5日から6日にかけて鹿児島市を中心に襲った豪雨は、市内を流れる甲突川、稲荷川、新川などを氾濫させ、市街地の500ha、12,000戸余りが浸水したほか、幹線交通網についても、国道3号が甲突川沿いを走る鹿児島市小山田町で大きく陥没し、鹿児島湾沿いをJR日豊線と並走する国道10号では、鹿児島市磯から始良郡始良町までの間で、竜ヶ水の土石流をはじめ30カ所以上の土砂崩れが発生し、巨岩が道路を覆い、路上に800台近い車が立ち往生するなど、鉄道、道路が寸断され、県都鹿児島市が孤立状態となった。

c) 台風13号

さらに、9月3日、本県を縦断した台風13号は、最大瞬間風速50mを超す暴風雨が吹き荒れ、県下38万世帯が停電するなど風による被害も大きかったが、1時間雨量が枕崎市で92mm、国分市で86mmと、気象台から記録的短時間大雨情報が出されるほどの豪雨を伴い、再び甲突川など鹿児島市内の河川が氾濫したほか、加世田市の加世田川では、内水による浸水被害が起こった。

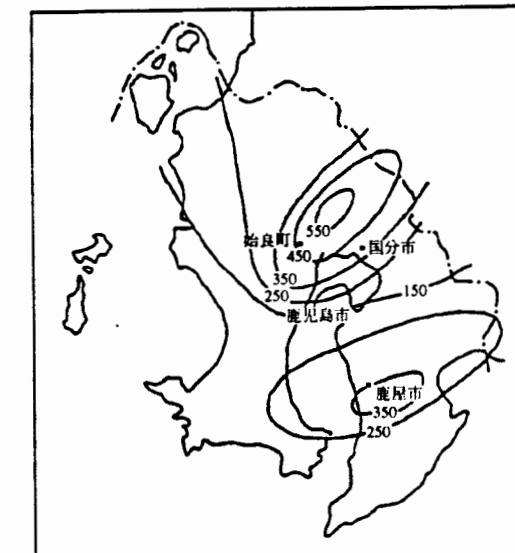


図-4 県内等雨量図
8月1日日雨量(8/1 0:00~8/2 0:00)

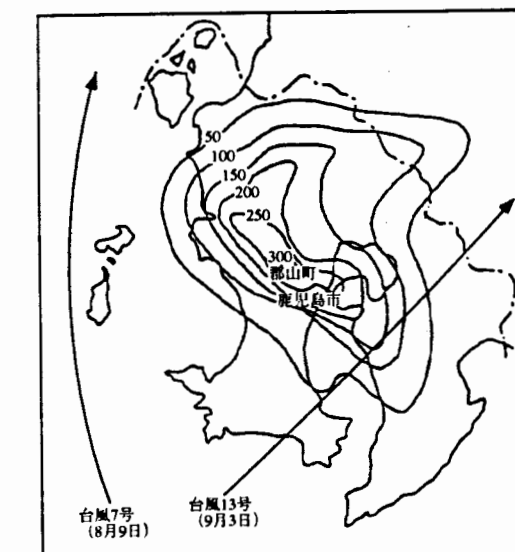


図-5 等雨量(日雨量)図
(8/6 9:00~8/7 9:00)
台風7号と13号の進路位置図

(2) 被害の状況

このように、たて続けに県土を襲った豪雨は、比重が軽く侵食されやすいシラス台地を中心とした急傾斜地崩壊・土石流・地すべり等の土砂による災害と、洪水による冠水や洗掘等の水害の形態により、各地で甚大な災害が発生させた。死者・行方不明者は、土砂災害による犠牲者105名など合わせて121名と多数の尊い人命が犠牲になり、戦後では、死者209名を出した1951年のルース台風にくぐ災害となった。住家等被害は住家の損壊35,647棟、住家の浸水24,600棟などであり、さらに、一般被害を除く被害総額は約3,002億円となり、当該年度(1993年度)県当初予算の約38%に相当する額に及び、公共土木施設関係が13,285件、約1,239億円と過去10ヶ年平均に比べると6倍以上で、内、河川が4,795件、約417億円と報告されている。

105 victims of sediment disasters, making this the second worst natural disaster since the war after that caused by Typhoon Ruth in 1951, when 209 lives were lost. The number of houses partially or totally destroyed was 35,647, while the number of houses inundated added up to 24,600. The cost of the damage, excluding general damage, has been estimated at ¥ 300,200 million, which corresponds to approximately 38% of the original prefectural budget for 1993 (financial). The cost of the 13,285 cases of damage to public works facilities is estimated at ¥ 123,900 million, which is six times the annual average for the past ten years. Of this total, the cost of the 4,795 cases of damage to river-related facilities is estimated at ¥ 41,700 million.

Table 3 Condition of Damage

(Source: Kagoshima Pref. Disaster Measures Headquarters)

- As given in the final report, published on 7th Feb, 1994
- The figures for 20th Sep. landslide in Hiyoshi Town are included in the figures for Typhoon No. 13.

Human Damage

(unit: persons)

	6/12~7/8	7/31~8/2	8/5~8/6	Typhoon No. 7	Typhoon No. 13	Total
Dead	9	23	48	5	35	120
Missing			1			1
Serious Injury	4	9	12	4	18	47
Light Injury	10	69	52	10	160	301
Total	23	101	113	19	213	469

Housing etc.

(unit: houses)

	6/12~7/8	7/31~8/2	8/5~8/6	Typhoon No. 7	Typhoon No. 13	Total
Housing						
Totally Destroyed	29	148	299	26	228	730
Partially Destroyed	33	108	193	47	706	1,087
Partial Damage	153	222	588	988	31,879	33,830
Above-Floor Inundation	100	1,168	9,378	24	1,382	12,052
Below-Floor Inundation	819	4,763	2,754	329	3,883	12,548
Total	1,134	6,409	13,212	1,414	38,078	60,247
Non-Housing						
Public Facilities		1	11	8	51	71
Others	40	181	306	204	3,077	3,808
Total	40	182	317	212	3,128	3,879

* Figures given only for cases of total and partial destruction for "non-housing."

Costs of Damage

(unit: ¥ 1,000)

6/12~7/8	7/31~8/2	8/5~8/6	Typhoon No. 7	Typhoon No. 13	Total
41,605,451	63,950,378	80,176,931	20,244,371	94,208,180	300,185,311

表一 3 鹿児島県災害対策本部調べ被害状況

(1994年2月7日確定；9月20日の日吉町の地すべり被害は台風13号に含む。)

人的被害

(単位；名)

	6/12~7/8	7/31~8/2	8/5~8/6	台風7号	台風13号	計
死亡	9	23	48	5	35	120
行方不明			1			1
重傷	4	9	12	4	18	47
軽傷	10	69	52	10	160	301
計	23	101	113	19	213	469

住家等被害

(単位；棟)

	6/12~7/8	7/31~8/2	8/5~8/6	台風7号	台風13号	計
住家						
全壊	29	148	299	26	228	730
半壊	33	108	193	47	706	1,087
一部破損	153	222	588	988	31,879	33,830
床上浸水	100	1,168	9,378	24	1,382	12,052
床下浸水	819	4,763	2,754	329	3,883	12,548
計	1,134	6,409	13,212	1,414	38,078	60,247
非住家						
公共建物		1	11	8	51	71
その他	40	181	306	204	3,077	3,808
計	40	182	317	212	3,128	3,879

※非住家は全壊、半壊のみを計上

各災害別被害額

(単位；千円)

6/12~7/8	7/31~8/2	8/5~8/6	台風7号	台風13号	計
41,605,451	63,950,378	80,176,931	20,244,371	94,208,180	300,185,311

Table 4 Sediment Disasters

(Source: Sediment-Control Section, Public Works Department, Kagoshima Prefecture)

		6/12~7/8	7/31~8/2	8/5~8/6	Typhoon No. 7	Typhoon No. 13	Total
Disaster Sites	Failure	72 sites	61 sites	181 sites	13 sites	27 sites	354 sites
	Débris Flow	3	20	15	1	6	45
Human Damage	Failure	9	19	21	3	4	56
	Débris Flow		2	2	1	1	6
Structural Damage	Failure	46	58	146	9	20	279
	Débris Flow	2	15	13	1	6	37

4. THE KOTSUKI RIVER FLOOD OF 6TH AUGUST AND FLOOD CONTROL MEASURES

(1) Kotsuki River and History of Flood Control

Approximately 530,000 people, or around 30% of the total population of the prefecture, live in Kagoshima City, the area within whose municipal boundaries accounts for 3% of the total area of the prefecture. It has been a place of importance since the local feudal lords, the Shimazu family, took up residence here in 1341, and was made the prefectural capital when the old feudal fiefs were abolished and modern prefectures were established soon after the Meiji Restoration of 1868.

The Kotsuki River, which flows through the built-up areas of Kagoshima City, rises on the slopes of Mt. Yae (676 m: 2,217 ft) in Koriyama Town, Hioki District, and is an "urban" river with a catchment area of 107.9 km² (42 square miles) and a channel length of 25 km. (16 miles).

The river used, in the old days, to take a more northerly course within the urban area than it does today, but has gradually moved south with the repeated occurrence of floods, to which it was made prone by its large peak flood discharge, attributable in turn to topographical and meteorological factors.

Improvement work on the river began around 1840, when Iwanaga Sangoro, a stonemason from the neighbouring province of Higo (today's Kumamoto Prefecture), was invited to take charge of a series of large-scale engineering projects including standardisation of the width of the river, construction of revetments and dredging of the riverbed. The basic policy for these projects was to keep the revetments on the right bank lower than on the left, so as to divert the flood water to the farm land on the right bank and protect the samurai residences on the left bank.

Although he took part in a large number of projects, as an expert in the construction of stone weirs and bridges, Sangoro is responsible in particular for the construction of five stone bridges, built between 1845 and 1849. These bridges, each with four or more arches, were all in use until last year. Of the five, Nishida Bridge, which is situated at the entrance to the old township area, has been designated a prefectural cultural asset, and the others too are of great cultural value, as well as being the pride of the citizens of Kagoshima. Special features of these bridges include the following. 1) Shinkan Bridge, the second of the five from the upstream end, has been provided with a trapezoidal structure, with sloping masonry on its sides, to ensure its stability against floods. The lower parts of this bridge function as a submerged weir to divert water to the retarding basin on the right bank. 2) All the bridges have been provided with creasings to facilitate passage of river water, with special considerations over their shapes on each bridge. 3) Stones have been laid on the riverbed around the bridges to prevent scouring of their foundations and to act as groundfills. 4) The foundations are extremely simple and consist of ashlar placed on ladder-shaped cribs. The penetration depth at Tamae Bridge is only 1.2 m: 3.9 ft. 5) The arches are flexible and are capable of bearing the weight of modern vehicular traffic. 6) For strategic reasons, the five bridges scattered over a 4 km (2.5 miles) section are positioned out of sight of each other.

表-4 土砂災害被害の概況

(鹿児島県土木部砂防課調べ)

		6/12~7/8	7/31~8/2	8/5~8/6	台風7号	台風13号	計
発生箇所数	崩壊	72箇所	61箇所	181箇所	13箇所	27箇所	354箇所
	土石流	3	20	15	1	6	45
人的被害	崩壊	9	19	21	3	4	56
	土石流		2	2	1	1	6
建物被害	崩壊	46	58	146	9	20	279
	土石流	2	15	13	1	6	37

4. 甲突川の8.6洪水と治水対策

(1) 甲突川と治水の歴史

県都鹿児島市は、現在、県土の3%の面積に県人口の約30%にあたる53万人が住んでいるが、歴史的には、1341年、豪族・島津氏が居城としてからその城下町として栄え、明治の廃藩置県とともに県庁所在地となっている。その市街地を貫流する甲突川は、源を日置郡郡山町の八重山（標高676m）に発し、鹿児島湾に注ぐ流域面積107.9km²、流路延長26kmの都市河川である。

藩政時代まで、甲突川は、かつて市街地のもっと北側を流れていたが、地形的にも、気象的にも洪水のピーク流量が大きく、洪水を繰り返しながら徐々に南側に流路を変えてきた。

河川改修は1840年頃始まったが、肥後（現在の熊本県）から石工・岩永三五郎が一連の土木事業の主任技術者として招聘され、川幅の統一、護岸の整備、河床の浚渫を目的とした改修工事が大規模に行なわれた。改修にあたっては、右岸の護岸を低くして、田畑が広がる右岸側に氾濫させ、左岸側にある武家屋敷等を守る治水方式が採られている。

また、三五郎は土木技術者としての専門が石造堰堤、石橋架設であったので、その関与した仕事は大変多いが、この甲突川改修工事においても、1845年から1849年までの5年間で5つの石造アーチ橋を架けている。これらの石橋はいずれも4連以上の規模を誇り、県文化財に指定されている城下町の表玄関としての西田橋をはじめ、それぞれが現役として残っており、県民の愛着が深く、文化財としての価値も高い。石橋の主な特徴は、①上流から2番目に架かる新上橋は、側面の石積に傾斜をつけ、洪水に安定した台形構造であり、橋に潜堤の機能を持たせ、この地点より右岸側を遊水地としていること。②流水の疎通への配慮から水切りを設けているが、その形状は各橋それぞれで工夫がなされていること。③橋梁部の河床は石張りとし、基礎の洗掘防止と床止工の役目を持たせていること。④基礎工は極めて簡易な工法で、梯子胴木の上に切り石を並べ、玉江橋などは根入れが僅か1.2mであること。⑤アーチ全体が可撓性を保ち、現代の自動車荷重にも耐えていること。⑥戦略上の配慮からか、4km区間の5つの石橋は互いに見通しがきかなくなっていること等である。

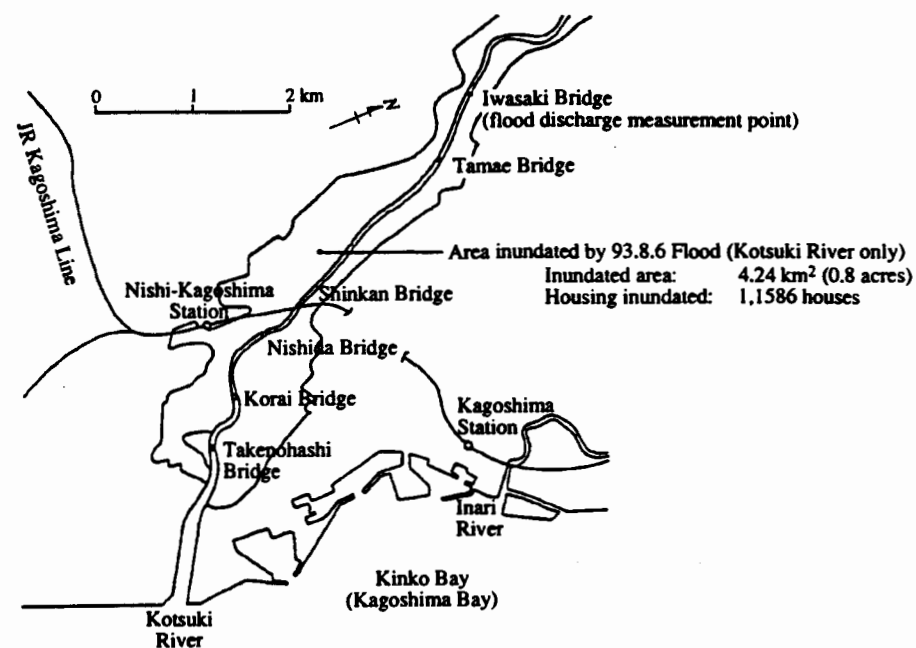


Figure 6 Kotsuki River: Positions of the Historic Stone Bridges and Area Inundated by the August 6th Flood

Table 5 Historic Stone Bridges on Kotsuki River

Distance from River Mouth	Name of Bridge	Length (m)	Width (m)	Arches	Year of Erection	Road Classification
1/350	Takenohashi Bridge	71.0	5.54	Five	1848	Municipal
2/000	Korai Bridge	55.0	5.45	Four	1847	Municipal
2/800	Nishida Bridge	49.6	6.3	Four	1846	Prefectural
3/300	Shinkan Bridge	46.8	5.0	Four	1845	Municipal
5/350	Tamae Bridge	51.0	4.7	Four	1849	Municipal

While floods occurred on the Kotsuki River on several occasions subsequently, no radical measures were taken for channel improvement until the 1960's, which saw a rapid expansion of the urban area. It was the flood of 1969 which prompted the implementation of serious improvement work, with work commencing on the tributaries in 1971 and on the main channel in 1981.

Under the flood control plan for the Kotsuki River adopted in 1971, the project flood discharge used for planning purposes was set at 1,000 m³/s (35,300 ft³/s), which corresponds to the 100-year flood discharge. At present, however, the river has a discharge capacity of only 300 m³/s (10,590 ft³/s). Since it was virtually impossible to widen the channel along the urbanised sections of the river, the basic policy adopted was to lower the riverbed as much as possible by dredging to raise the discharge capacity to 700 m³/s (24,710 ft³/s), while retaining the remaining 300 m³/s (10,590 ft³/s) in the upstream dams and retarding basins.

The dredging of the riverbed, however, would necessitate the transfer of the five stone bridges. Although a proposal was made for transferring and preserving the bridges at new sites, no agreement could be reached between those calling for the preservation of the bridges at the original sites and those supporting their transfer in the ensuing debate, where considerations had also to be made over

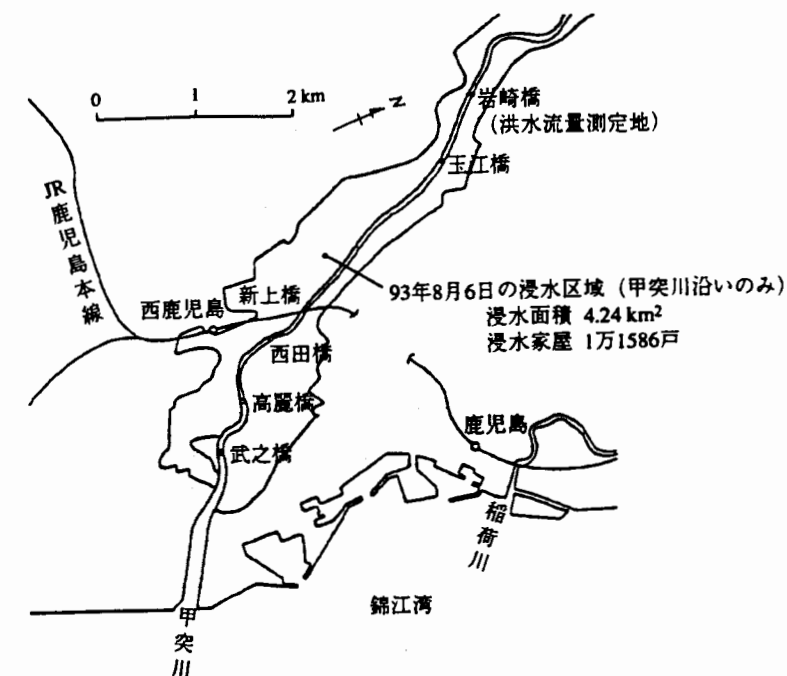


図-6 甲突川五石橋と8.6洪水の浸水区域

表-5 甲突五橋の諸元

測点	橋名	橋長 (m)	幅員 (m)	アーチ	架設年	道路区分
1/350	武之橋	71.0	5.54	五連	1848年	市道
2/000	高麗橋	55.0	5.45	四連	1847年	市道
2/800	西田橋	49.6	6.3	四連	1846年	県道
3/300	新上橋	46.8	5.0	四連	1845年	市道
5/350	玉江橋	51.0	4.7	四連	1849年	市道

甲突川の氾濫はその後度々起こったようだが、抜本的な河川工事は実施されていなかった。1960年代になって急激に市街化が進む中、ようやく、1969年の氾濫を契機として、1971年から支川の改修に、そして、1981年からは本川の改修に着手している。

1971年策定の甲突川の治水計画は、年超過確率1/100の洪水流量にあたる1,000m³/sを基本高水流量としているが、現況河道の流下能力が300m³/sしかなく、また、沿線の市街化が進んだ状況では全面的な拡幅が困難であることから、河床をできるだけ掘り下げて流下能力を高めることとし、700m³/sを河道における計画流量、残り300m³/sは上流ダムや遊水池等で調節することとしている。

urban traffic measures. This situation led to the adoption of a provisional plan, under which work was to begin aiming at raising the discharge capacity to 400 m³/s (14,120 ft³/s), and investigations were to be conducted at the same time in search of a way of raising the level of safety against floods while leaving the bridges in position.

It was under such circumstances that the flood of 1993 occurred with its serious consequences.

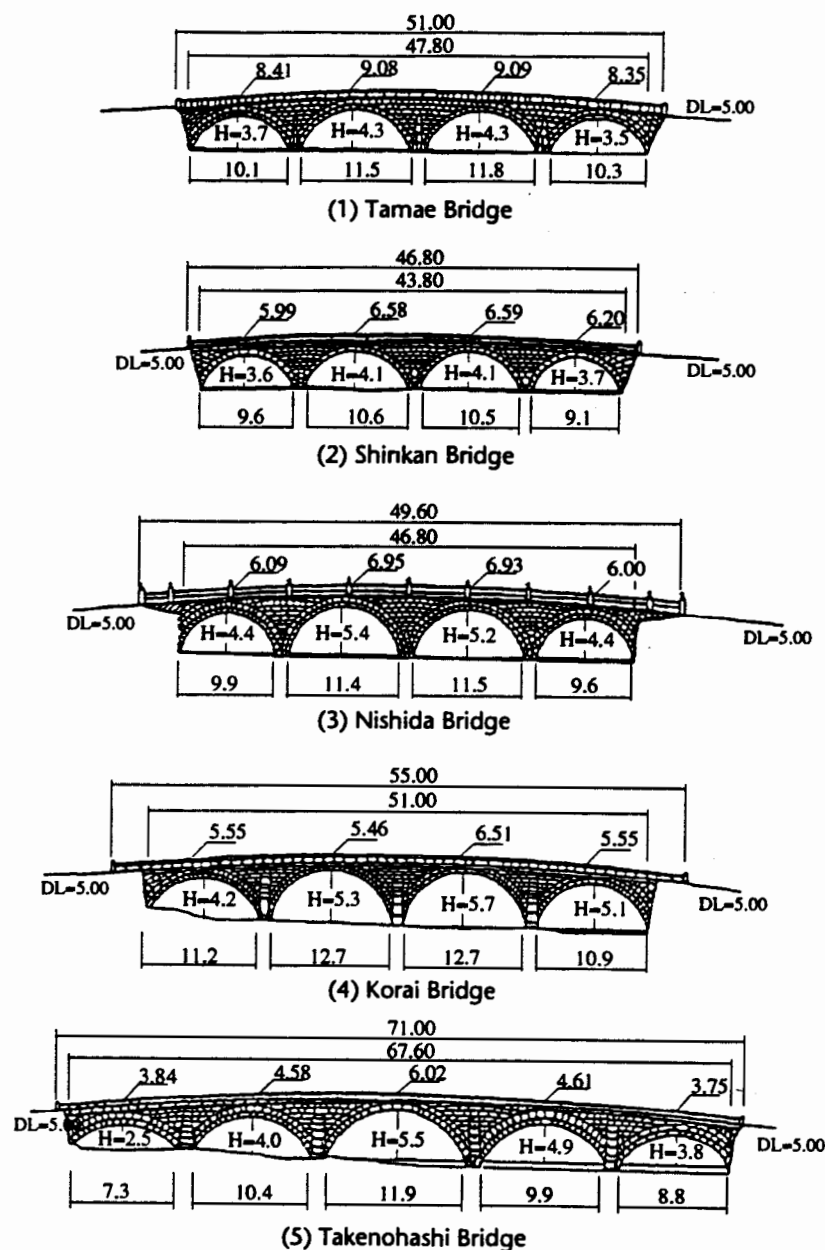


Figure 7 Historic Stone Bridges on Kotsuki River

しかし、河床を掘り下げるとなると、5石橋の移設を避けることができないため、これまで、県民に対して移設保存する方法を提案してきたが、その取り扱いについて、都市交通対策の観点を含め、現地保存、移設保存の両論があったことから、当面、400m³/s河道を確保する暫定改修を進めながら、議論の推移を見守るとともに、石橋を残したままで治水安全度を上げる方法はないか、あらゆる角度から検討を行ってきた。

そんな中で、今回の洪水は発生し、大災害を被ることになった。

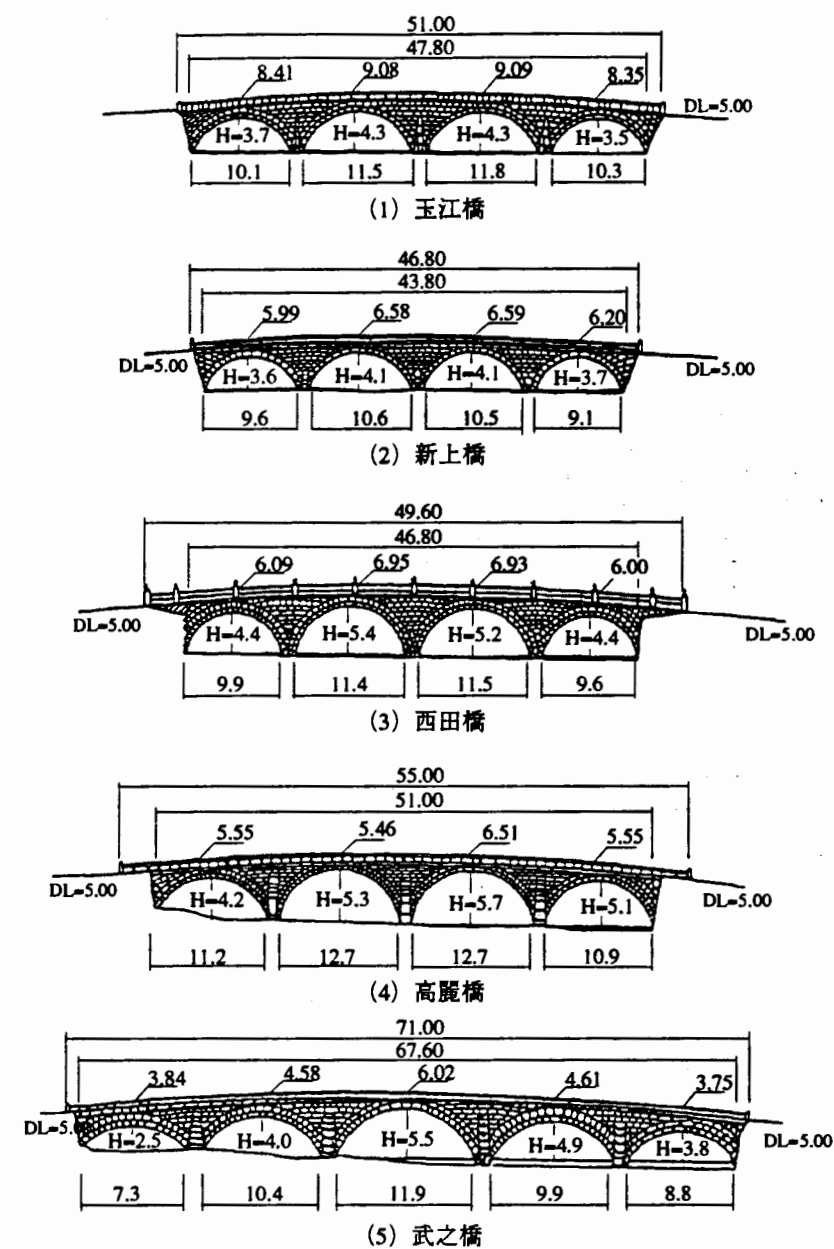


図-7 五石橋の構造

(2) Causes of Flood

Especially heavy rain was observed in the area between the northern part of Kagoshima City and Koriyama Town to the northwest during the spell of concentrated rainfall, which came to be named the "1993.8.6 Rain," causing a one-day rainfall of 384 mm (15 in) at the municipal office in Koriyama Town and 251 mm (10 in) at the Kagoshima Local Meteorological Observatory. Besides the exceptional scale of the overall rainfall, one should also note the brevity of the time within which it was concentrated, as testified by the maximum hourly rainfall of 99.5 mm (3.7 in) recorded at the municipal office in Koriyama Town between 18:00 and 19:00 hours. This unprecedentedly heavy rainfall concentrated within a short period of time led to a rapid rise in the water level on the Kotsuki River, resulting in turn in serious inundation damage in the urban area along a 12 km (7.5 miles) section in the downstream area. Above-floor inundation of housing, together with damage to waterworks and washout of bridges, resulted in the disruption of transportation, power, communication, water and other lifeline facilities, and brought about disasters on a scale never experienced before and a major disturbance of citizen life. The flood water also washed away Shinkan and Takenohashi Bridges, among the historic stone bridges mentioned earlier.

In the surveys and analyses of the rainfall, inundation water levels and inundated areas conducted by the prefectural government, the flood discharge on the Kotsuki River has been estimated at 700 m³/s (24,710 ft³/s), which is well in excess of the discharge capacity of the river. This was compounded by the large quantities of sediments and other floating objects generated by slope failures in upstream areas, which were caught in the bridges, especially the stone bridges with their short spans, and further raised the water level. The result of all this was the major flood disaster, with an inundated area of 424 ha (1,017 acres) and 11,586 inundated houses.

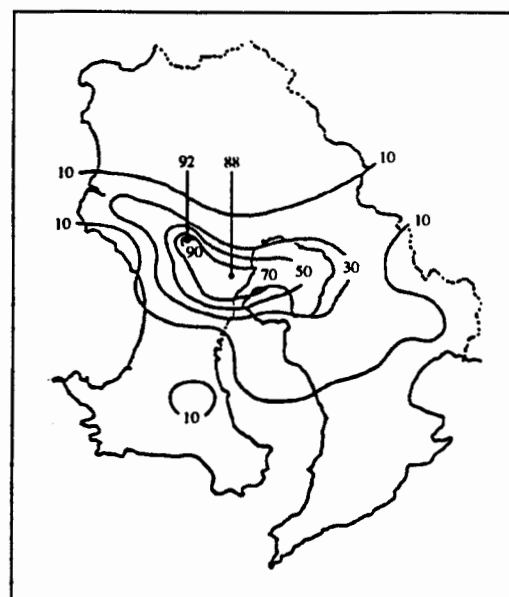


Figure 8 Hourly Rainfall Contours (Aug. 6, 18:00)

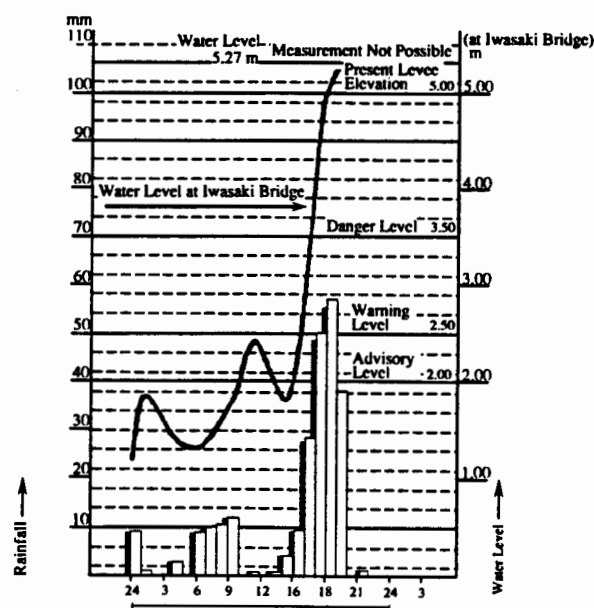


Figure 9 Rainfall on 6th August (Kagoshima City)

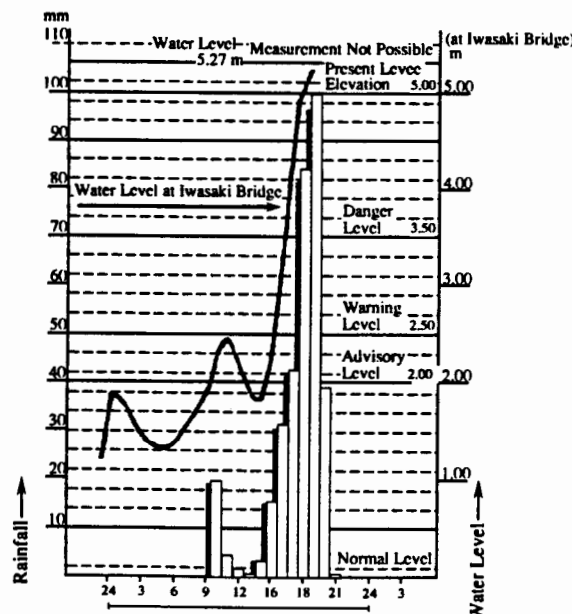


Figure 10 Rainfall on 6th August (Koriyama Town)

(2) 河川氾濫の原因等

「平成5年8月6日豪雨」と命名されたこの集中豪雨は、鹿児島市北部からその北西部の郡山町にかけて特に強かったもので、甲突川上流の郡山町役場において日雨量が384mm、鹿児島地方気象台で251mmであり、しかも、時間最大雨量が郡山町役場で99.5mm（18時～19時）と短時間に極めて強い雨が集中した未曾有の豪雨であったため、急激に河川の水位が上昇して、下流の市街地から12kmにわたり激甚な浸水被害を受け、家屋の床上浸水や水道施設の被災、橋の流失などにより交通、電気、通信、水道等ライフラインが途絶するなど、未だかつて経験のしたことのない災害となり、市民生活に大きな混乱を与えた。また、この豪雨で前述の5石橋のうち新上橋と武之橋とが流失した。

今回の甲突川の氾濫は、県が実施した雨量、被災水位、浸水区域等についての調査・解析では約700m³/sと推定され、河川の流下能力を大きく越える洪水であったこと、さらに、上流部の山腹崩壊等により発生した多量の流下物が間隔の狭い石橋等の橋梁にひっかかり、これが水位を堰上げたことが要因となり、浸水面積424ha、浸水家屋数11,586戸などと大きな災害となったものと推定される。

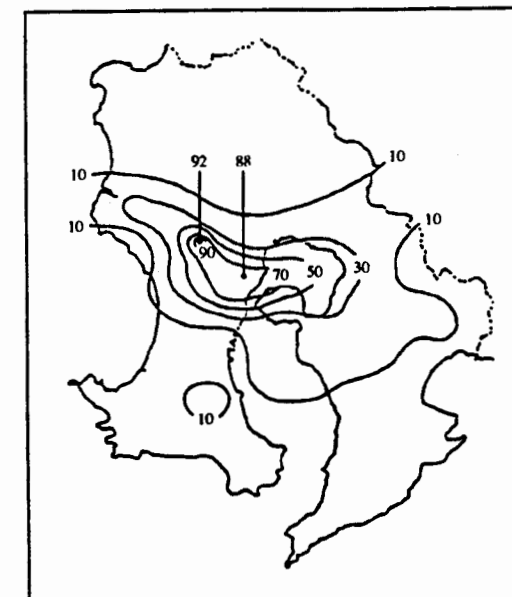


図-8 1時間等雨量線図(8/6 18:00)

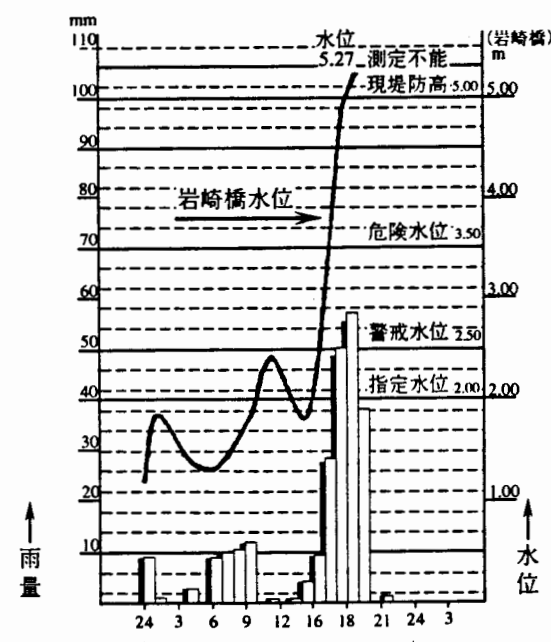


図-9 8.6豪雨雨量 (鹿児島)

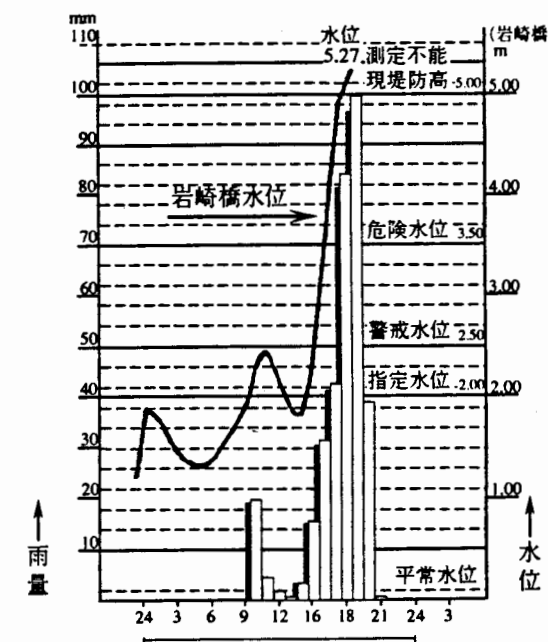


図-10 8.6豪雨雨量 (郡山)

(3) Future Flood Control Measures

As has been mentioned above, work had been under way on the Kotsuki River, aiming at the provisional target of raising the discharge capacity to 400 m³/s (14,124 ft³/s). In the wake of the major flood disaster of 1993, however, it was decided that a radical improvement of river channel should be implemented over a period of five years. The improvement work on the downstream section of the river, for 9.4 km (6 miles) from the mouth of the river, is to be implemented as a "special emergency project for measures against serious river disasters," subsidised by the national government, while the work on the section upstream of this (5.0 km: 3 miles) is to be implemented as a combination of "subsidised disaster rehabilitation projects" and projects sponsored by the prefectural government alone. A total budget of ¥ 30 billion has been allocated for the purpose.

The work envisaged under the "special emergency project" include lowering of the riverbed level by 2 m (6.6 ft), construction and improvement of revetments and replacement of 16 bridges, including the five stone bridges, as well as widening of the channel in certain sections. This plan has been adopted as the most effective and efficient means of raising the level of safety and so preventing the recurrence of disasters on the basis of investigations conducted over a long period of time. While all possible approaches were considered for the preservation of the historic bridges in their original sites, it has been decided that they would have to be transferred to different sites, in view of the fact that they were partially responsible for the disasters on this occasion and in view of the risks of the remaining bridges being washed away in the event of flood in future, as well for the reasons discussed below.

Among the alternative plans considered was the plan to retain a greater portion of the flood discharge in upstream dams and retarding basins. The lack of suitable sites, however, due to topographical factors and conditions of land use, together with the problems encountered in constructing dams and reservoirs on the porous shirasu soil, meant that one could only reduce the flood discharge by around 100 m³/s (3,531 ft³/s) by such means. There was also a plan for the construction of a floodway. The construction, however, of an open channel through the built-up area would be

(3) 今後の治水対策

甲突川は、前述したように、400m³/s河道を確保する暫定改修を進めていたが、今回の大災害の後、緊急の抜本的災害復旧を行なうために、本川下流部の9.4kmについては、国庫補助の「河川激甚災害対策特別緊急事業（激特事業）」を、さらに上流へ向けての中流部5kmは、「河川災害復旧助成事業」と県単独事業を組合わせた改良復旧を、それぞれ導入し、合わせて約300億円の事業費により、5年間で抜本的な河道改修を実施することとなった。

激特事業の内容は、河道を2m掘り下げ、護岸の整備、5石橋を含む16橋の架替え、一部川幅の拡幅等を行なうものである。この計画は、再度災害の防止を図るため、短期間で確実に効果の上がる方法として、これまで長年にわたる各種検討を踏まえたものであるが、特に石橋については、今回このように甚大な被害のあったこと、今後の豪雨で残った石橋が流失する恐れもあること、さらに、次ぎに述べるように、なんとか石橋を残したまま改修できないかという観点から可能な限りの代替案を検討した結果、やむなく、石橋は別の場所に移設して保存することにしたものである。

代替案のうち、ダム、遊水池による方法は、地形や土地利用の状況から適地が少なく、脆弱なシラス土壌の宿命から技術的な対応が難しいなど、合わせても100m³/s程度の洪水カットしか見込めないこと。放水路による方法は、市街地を通すことは物理的に不可能であり中流部から約7kmのルートとなるが、今の甲突川の流下能力と同じ300m³/sのトンネルを造るには、約570億円という莫大な費用を必要とすること。さらに、これらダム、遊水池、放水路の建設は、調査設計や用地の確保、工事に長期間を要することなど、緊急的、抜本的な対策としては問題がある。

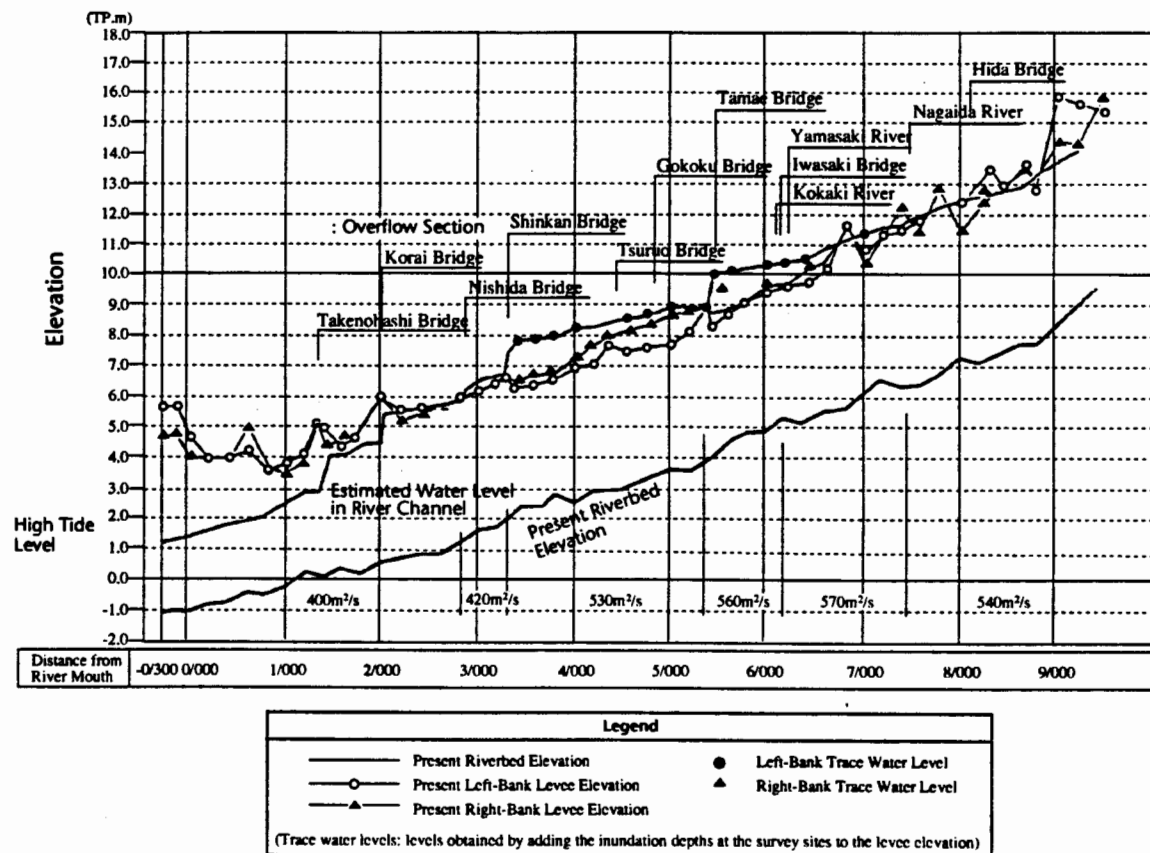


Figure 11 Estimated Flood Water Levels

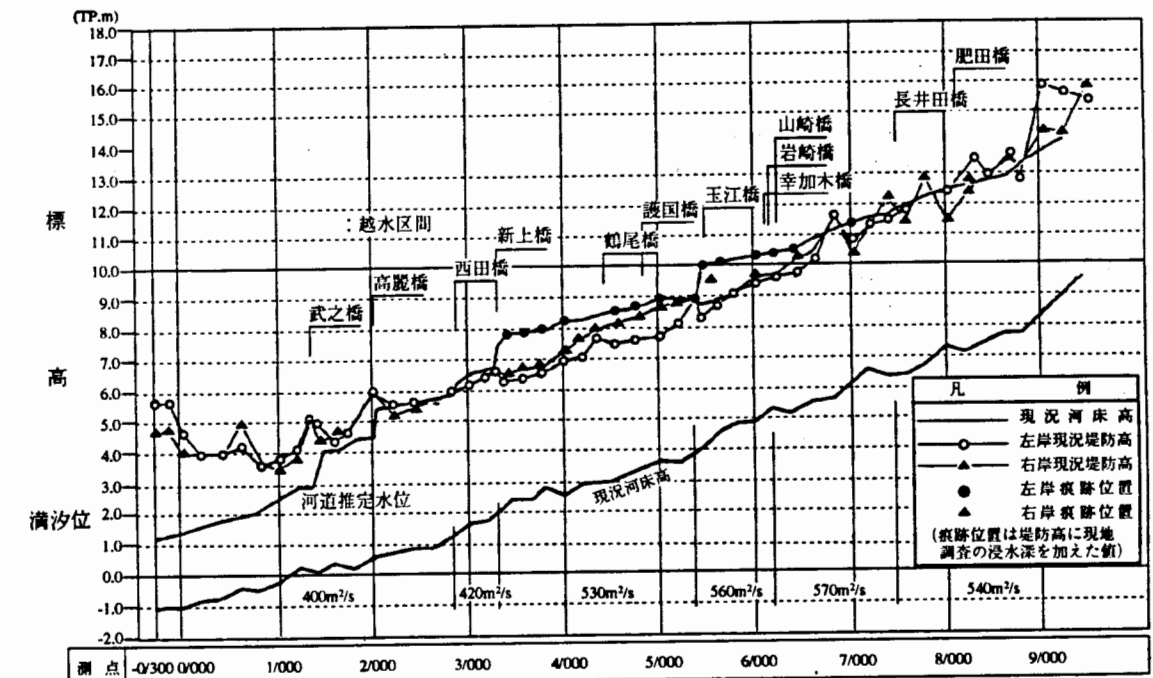


図-11 洪水河道流下推定図

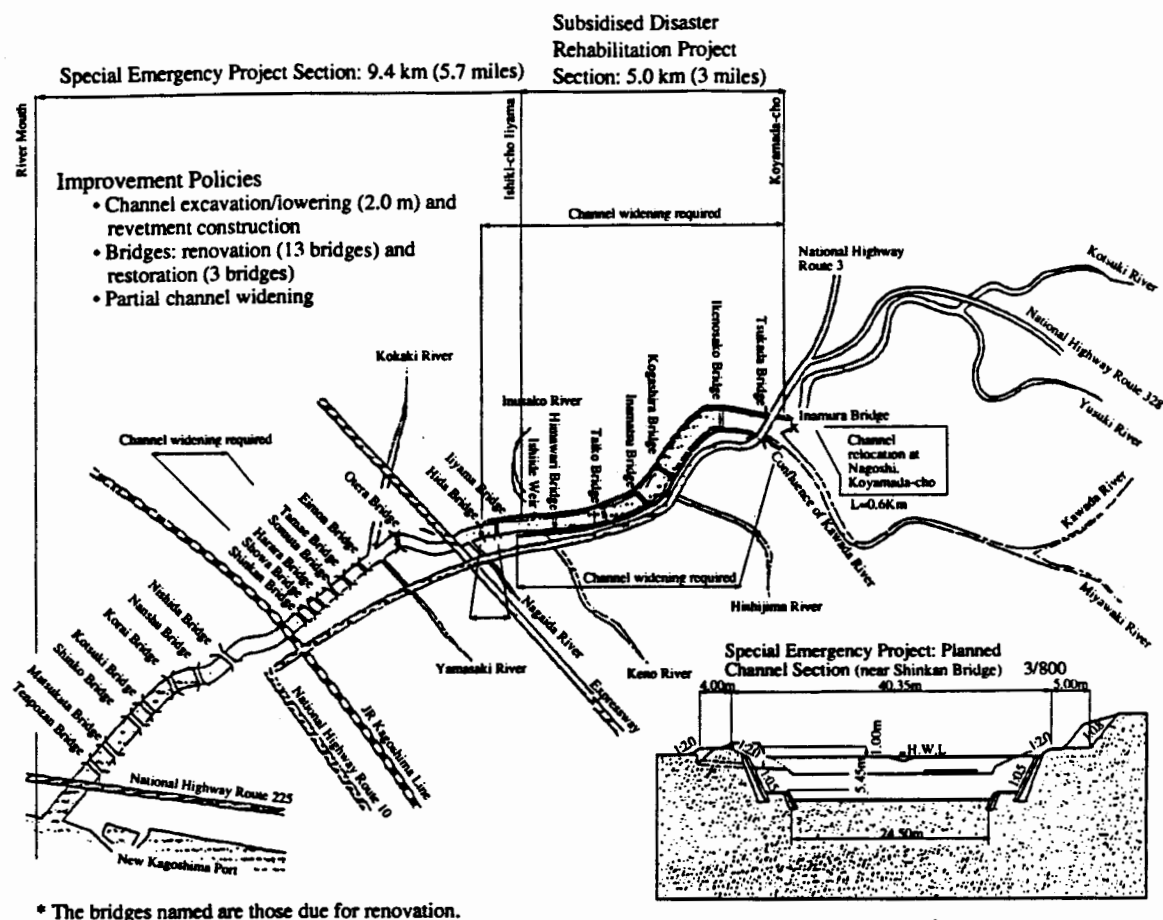


Figure 12 Kotsuki River Improvement Plan
Special Emergency Project Section: 9.4 km (6 miles)
Subsidised Disaster Rehabilitation Project Section: 5.0 km (3 miles)

impossible, and a huge budget of approximately ¥ 57 billion would be required for the construction of a tunnel with a discharge capacity of 300 m³/s (10,593 ft³/s), equal to the present discharge capacity of the Kotsuki River, over the proposed 7 km (4 miles) route starting in a mid-stream section. A further consideration was the fact that the construction of dams and retarding basins or a floodway would require a long period of time for surveys and design, as well as land acquisition and actual implementation, making these alternatives unsuitable as emergency measures for radical improvement.

Among the plans considered for raising the level of safety while keeping the stone bridges in position was the plan to add to the length of the bridge piers as the excavation of the riverbed progressed. Even if this were technically possible, however, the small spans between the bridge piers meant that one could not prevent the presence of the bridges resulting in a rise in the water level and that one could not ensure the safety of the bridges themselves. A further plan was to construct underground diversion channels under the park areas on either side of the bridges. The hydraulic model tests conducted over a period of three years starting in 1981 indicated that complex flow patterns would result around the diversion channels and that there would be serious problems over sedimentation during floods and over scouring of the riverbed.

Other plans, such as facilities for rain water storage and diversion channels and floodways other than those mentioned above, were all found to be problematic in terms of their quantitative impact and the time and financial resources required.

It was on the basis of such considerations as those just outlined that the prefectural government came to the conclusion that the excavation and lowering of the riverbed was the only viable approach as an emergency restoration plan that would ensure a radical improvement of the situation. In implementing this plan, measures will be taken for the protection and enhancement of the natural

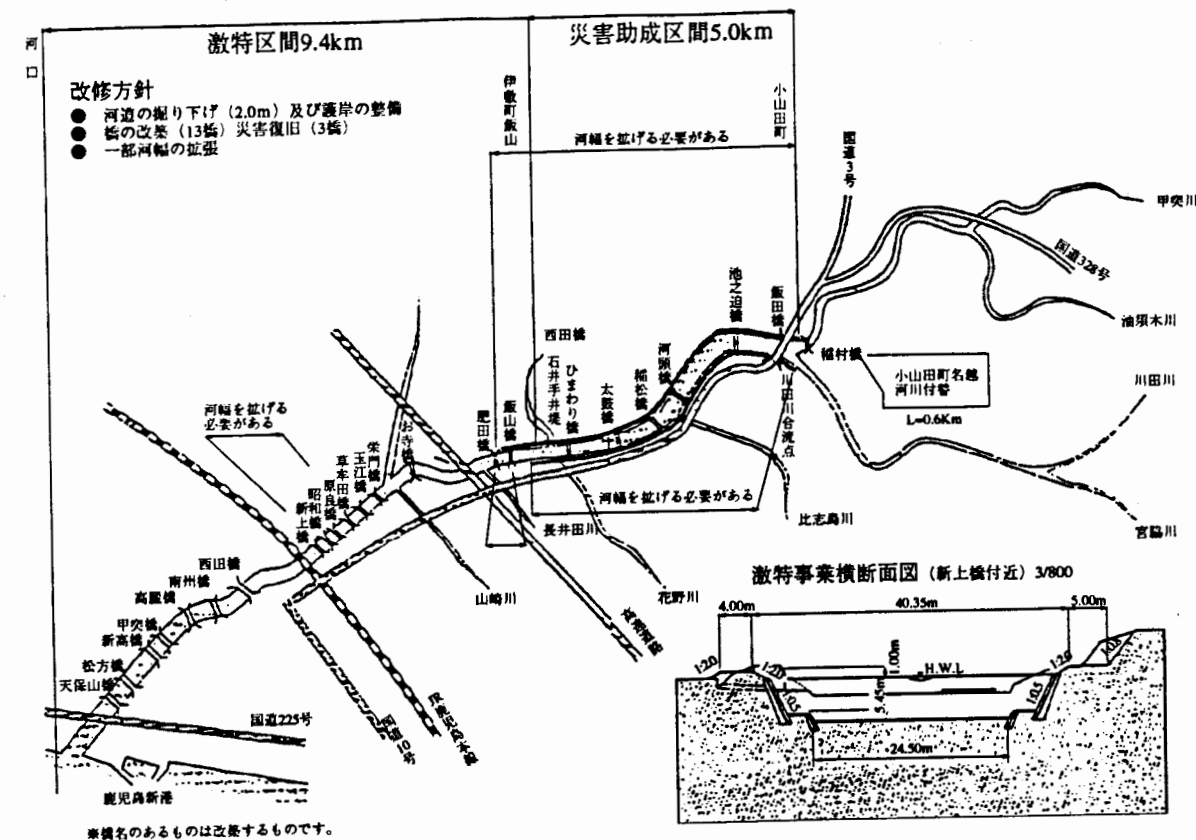


図-12 今回の豪雨による災害に対する甲突川改修計画
(激特區間9.4km, 災害助成区間5.0km)

また、石橋を残したままで治水安全度を上げる方法として、河床の掘削に伴い石橋の橋脚を継ぎ足してはどうかという案は、たとえ技術的に可能としても、橋脚の間隔が依然狭いため、洪水時の水位の堰上げや石橋自体の安全性等に問題がある。

石橋の両岸側の緑地公園等を利用して、地下に分水路を設置できないかという案は、1981年から3年間をかけて実施した水理模型実験の結果では、分水路付近で複雑な流れが生じ、洪水時の土砂の堆積や河床の洗掘等問題点が多い。

その他、雨水貯留や上記以外の分・放水路なども量的、時間的、予算上等々の問題点がある。

このように、県として、いろいろな対策案を検討した結果、現実的で緊急の抜本的な災害復旧としては、河床掘削以外に方法はないと判断したのが現計画であり、整備にあたっては、これまで実施してきた景観整備と合わせて河川に生息する動植物にも配慮した多自然型工法を用い、安全で潤いのある川づくりを進めていくこととしている。

environment, with considerations for the animals and plants inhabiting the river, which together with the landscaping work already under way will ensure the creation of a peaceful and pleasant, as well as safe, river environment.

In the long-run, one will also have to draw up plans for the achievement of a discharge/retention capacity corresponding to the basic flood discharge of 1,000 m³/s (35,314 ft³/s). This will involve investigations on the construction of dams, retarding basins and floodways. It will also involve investigations on measures for reducing the runoff through the construction, for example, of rain water storage facilities in accordance with the concept of "integrated flood control," which considers the hydrological system of the whole river basin as an integrated unit. A part of this approach already in effect is the mandatory construction of regulating reservoirs when carrying out large-scale development work. We hope in future to see a further promotion of "integrated flood control" with the prefectural and municipal governments, as well as other public and private bodies playing their parts and working in cooperation with each other.

5. CONCLUSION

The concentrated rains and typhoons of 1993 caused large-scale river-related disasters over a wide area of Kagoshima Prefecture. In response to these disasters, we at the prefectural government have adopted a comprehensive approach to the implementation of flood control measures. This involves, firstly, the promotion of the emergency restoration measures at the disaster sites, as well as the more permanent measures aimed at a radical improvement of the situation, which are implemented with the support and under the guidance of those concerned in the national government and other relevant organisations. It also involves measures relating to what might be called the "software," such as the creation of computerised systems for the collection and transmission of river-related information.

The geological conditions in Kagoshima Prefecture with its loose shirasu soil make it an area especially prone to sediment disasters, while the majority of the rivers administered by the prefectural government are short, steep rivers, liable to rapid rises in the water level in the event of heavy rain. While much effort has been devoted for these reasons to measures for disaster prevention by the prefectural government, the disasters of 1993 have led to a renewal of the awareness on the part of the residents concerning the importance of flood control and much interest is being shown today in flood control by those in various sectors.

We hope in future to continue with our work of further improving the conditions of our rivers with the aim of ensuring the safety of the people and properties in Kagoshima.

さらに、将来的には基本高水流量の1,000m³/sに対応させる必要があるため、ダムや遊水池、放水路の検討を進めるとともに、雨水貯留施設等による流出抑制対策についても検討し、これまでの大規模開発に対する調整池の設置指導に加え、県、市等がそれぞれ分担協力し合って、流域全体を考えた総合治水対策を推進していきたいと考えている。

5. おわりに

1993年の豪雨、台風による河川災害は、県土の広範囲にわたり大規模なものとなった。このため、県では、国等関係各位の御支援、御指導を受けながら、被災箇所の早期復旧と将来を見据えた抜本的な恒久対策に努めるとともに、ソフト面でも、河川情報の収集・伝達に関する新たなシステムの整備について検討するなど、今回の災害を教訓として、総合的な治水対策に取り組むこととしている。

本県は、地質的に脆弱なシラス特殊土壌を抱えるとともに、県管理河川は流路の短い急流の河川が多く、強い雨で急激に水位が上昇しやすいため、防災対策には特に力を入れてきたところである。しかしながら、今回の災害で、県民は改めて防災としての治水の重要性を認識することになり、各方面から多くの関心が寄せられている。

今後とも、安全な県土の形成を図るため、より一層河川の整備に努めてまいりたい。

"Review of 1993 Midwestern Flood and Flood Control Plans
- Mississippi River"

Mr. James R. Tuttle
*Assistant Director, Planning and Engineering Directorate,
Mississippi River Commission /
Lower Mississippi Valley Division*

「1993年ミシシッピ川中西部洪水と治水計画について」

ジェームス・R．・タトゥル

ミシシッピ川委員会／米国陸軍工兵隊ミシシッピ下流管区計画技術部次長

REVIEW OF 1993 MIDWESTERN FLOOD AND DISCUSSION OF FLOOD CONTROL PLANS - MISSISSIPPI RIVER

JAMES R. TUTTLE

U.S. Army Corps of Engineers

Mississippi River Commission / Lower Mississippi Valley Division

INTRODUCTION

Floods are not uncommon yet there are on rare occasions, very uncommon floods. The Midwestern Flood of 1993 will certainly be remembered as a very uncommon event. It was a catastrophic flood that caused widespread property damage and human suffering. Six midwestern states (Minnesota, Iowa, Illinois, Kansas, Nebraska, and Missouri) experienced severe problems from the extreme rainfall and resulting flooding. The states of Missouri, Iowa, and Illinois suffered the greatest from the floodwaters. Numerous locations along the Mississippi, Missouri, and Illinois Rivers and other lesser rivers and streams experienced water levels much above any levels recorded in past history. At St. Louis, Missouri, the water level of the Mississippi River exceeded the previous record level experienced in 1973 by almost two meters (6.3 feet). This level at St. Louis was almost 6 meters (20 feet) above the previous highest river level on record for the month of August, normally a month that experiences low water levels. At this same location river levels equaled or exceeded the official flood level of 9.1 meters (30 feet) for 146 days, almost one-third of the calendar year. The rampaging flood waters overtopped levees, (private, non-Federal and Federal), damaged transportation arteries, halted navigation, disrupted water supplies, inundated millions of acres of croplands, flooded entire towns, and caused a number of fatalities. It was one of the greatest floods in recorded history in the middle area of the United States and an event that will be remembered for decades to come.

DESCRIPTION OF THE MISSISSIPPI RIVER BASIN

The drainage basin of the Mississippi River is the third largest in the world, exceed in size only by the basins of the Amazon and Congo Rivers. It collects runoff from 41 percent of the 48 contiguous states of the United State. The basin is more than 3 million square kilometers (1,245,000 square miles) and includes all or parts of thirty-one (31) states and two Canadian provinces. It is shaped similar to a funnel with the wide part of the funnel extending as far east as New York and as far west as Montana. The smaller, spout part of the funnel passes through the state of Louisiana to the Gulf of Mexico.

The Mississippi River begins from Lake Itasca in northern Minnesota and flows in a generally southerly direction for about 3,890 kilometers (2,430 miles) into the Gulf of Mexico. The Missouri River a major tributary to the Mississippi, enters just north of St. Louis, Missouri. About 288 kilometers (180 miles) south of St. Louis, the Ohio River enters the Mississippi River. A small but historic town, Cairo, Illinois, is located where the Ohio joins the Mississippi. This tributary is significant because it is generally the largest contributor of flow to the Mississippi River. Further

ミシシッピ川における1993年中西部洪水と治水対策について

ジェイムス・ロバート・タトゥル

米国陸軍工兵隊

ミシシッピ川委員会/ミシシッピ川下流管区

はじめに

洪水は珍しいものではないが、まれに大洪水が起ることがある。1993年中西部洪水は、極めてまれな大洪水と記憶されるに違いない。この洪水は広範囲にわたって人的・物的損害を引き起こした大洪水であった。中西部の6州（ミネソタ、アイオワ、イリノイ、カンザス、ネブラスカ、およびミズーリ州）は、豪雨とそれに伴う洪水による大きな被害に苦しんだ。この洪水で最も大きな被害があったのは、ミズーリ州、アイオワ州、およびイリノイ州の3州であった。ミシシッピ川、ミズーリ川、イリノイ川を始め、他の中小河川のいたるところで、過去に記録された水位を大幅に上回った。ミズーリ州セントルイスにおけるミシシッピ川の水位は、1973年の既往最高水位を約2メートル（6.3フィート）上回った。ここでの1973年の既往最高水位は、例年、最低水位の月であるはずの8月に、既往最高水位より約6メートル（20フィート）高かった。そのセントルイスで、1年のほぼ3分の1に相当する146日間にわたって、河川水位は9.1メートル（30フィート）の洪水水位^{注1)}を上回っていた。猛威をふるう洪水は、堤防（民間、非連邦、および連邦）を越流し、幹線道路に損害を与え、航路を閉鎖させ、水道を破壊し、何百万エーカーの農耕地や住宅地を浸水させた上に、多くの死者を出した。この洪水は米国の中部地域における有史以来最大の洪水の一つであり、向こう数十年にわたり、人々の記憶に残るであろう洪水であった。

ミシシッピ川流域の概要

ミシシッピ川の流域面積は、アマゾン川、コンゴ川に次いで世界第3位である。アラスカとハワイを除く48州の面積の41パーセントにあたる地域からの流出を集めている。流域面積は300万平方キロメートル（124万5,000平方マイル）を超え、31州およびカナダの2州の全部または一部を含んでいる。流域の形状は漏斗状で、漏斗の広い口の部分は東はニューヨーク州から、西はモンタナ州にまでおよんでいる。漏斗の細い管の部分はルイジアナ州を通り、メキシコ湾に至る。

ミシシッピ川はミネソタ州北部のイタスカ湖に源を発して、約3,890キロメートル（2,430マイル）を概ね南流し、メキシコ湾に注ぐ。主要な支流であるミズーリ川は、ミズーリ州セントルイスのすぐ北で合流する。セントルイスの南約288キロメートル（180マイル）でオハイオ川が合流する。小さいが古い町であるイリノイ州ケイロは、オハイオ川がミシシッピ川に合流する地点に位置する。この支流が重要なのは、ミシシッピ川に最も多くの流量を供給するためである。さらに南で、最後

訳者注1) ここでいう洪水水位とは、水位がそれを上回ると何らかの被害が生じる水位をいう。P.6でいう被害が発生し始める水位（被害発生水位）と同義。

south, the Arkansas and White Rivers, the last major tributary basins, join the Mississippi. The point at which these tributaries join is located about 208 kilometers (130 miles) south of Memphis, Tennessee, or about 960 kilometers (600 miles) upstream from the Gulf of Mexico. At a point about 480 kilometers (300 miles) upstream from the Gulf of Mexico a part of the Mississippi River flow leaves the Mississippi and enters the Atchafalaya River and thence to the Gulf of Mexico.

HYDROLOGY OF THE MISSISSIPPI RIVER BASIN

A major portion of the Mississippi River Basin lies in a sub-humid region. However, two major tributaries, the Missouri and the Arkansas Rivers extend into a semi-arid region. The normal monthly precipitation for the entire basins varies from 4.25 centimeters (1.7 inches) in February to 9.5 centimeters (3.8 inches) in June. The normal annual rainfall over the basin is 77 centimeters (30.8 inches) and varies according to location from 54.5 centimeters (21.8 inches) over the Missouri Basin to 121.25 centimeters (48.5 inches) over the Lower Mississippi.

The average annual runoff volume from the entire basin is 58 million hectares-meter (volume equivalent to 58 million hectares covered to a depth of 1 meter) and expressed in average depth uniformly over the entire drainage basin is 17.8 centimeters (7.1 inches). The minimum, average, and maximum monthly and annual runoff from the basin is as follows.

Month	Runoff in Centimeters			Runoff in Cubic Meters/Second		
	Minimum	Average	Maximum	Minimum	Average	Maximum
January	.35	1.5	3.0	4,457	18,657	37,171
February	.45	1.7	4.0	6,371	23,714	54,943
March	.97	2.2	3.9	12,343	27,600	49,086
April	1.2	2.4	4.5	15,943	31,571	58,886
May	1.0	2.4	5.1	12,657	30,343	63,514
June	.65	1.9	4.0	8,486	24,314	51,943
July	.45	1.5	3.0	5,543	18,886	37,629
August	.25	.92	2.0	3,114	11,429	24,914
September	.25	.67	1.9	3,200	8,829	25,229
October	.27	.67	1.8	3,343	8,457	22,657
November	.22	.70	1.9	3,000	9,143	24,657
December	.30	1.0	2.4	3,567	12,886	29,600
Annual	9.25	17.75	29.75	9,743	18,771	31,600

The maximum annual flow of record for the Lower Mississippi River occurred in 1927, the minimum annual flow occurred in 1934. Average monthly runoff data from the table above shows that the highest runoff months are normally April and May and the lowest runoff months are September and October.

The contribution of the mean monthly flows to the Mississippi River from the three major tributaries, another important parameter, are shown in the following table and are expressed in percent of the total flow at key stations on the Mississippi River.

の主要支流であるアーカンソー川とホワイト川が合流する。これらの支流が合流する地点はテネシー州メンフィスの南約208キロメートル（130マイル）で、メキシコ湾から約960キロメートル（600マイル）上流に位置する。メキシコ湾から約480キロメートル（300マイル）上流の地点で、ミシシッピ川の流れの一部は分離してアチャファラヤ川へ流れ、メキシコ湾に注いでいる。

ミシシッピ川流域の水文状況

ミシシッピ川流域の大部分は半湿潤地域に位置する。しかしながら、ミズーリ川とアーカンソー川の二つの主要な支流は、半乾燥地域に源を発する。流域全体における平年の月降水量は、2月の4.25センチメートル（1.7インチ）から6月の9.5センチメートル（3.8インチ）まで変化する。平年の年雨量は77センチメートル（30.8インチ）で、地域によって異なり、ミズーリ川流域の54.5センチメートル（21.8インチ）からミシシッピ川下流域の121.25センチメートル（48.5インチ）まで変化する。

流域全体の年平均流出量は、5800万ヘクタール・メートル（水深1メートルとして5800万ヘクタールを覆う量に相当）で、流域面積で割った平均水深で表せば、17.8センチメートル（7.1インチ）となる。流域の最小、平均、最大、月、および年の流出量は以下の通りである。

月	流出量（センチメートル）			流出量（立方メートル/秒）		
	最小	平均	最大	最小	平均	最大
1月	.35	1.5	3.0	4,457	18,657	37,171
2月	.45	1.7	4.0	6,371	23,714	54,943
3月	.97	2.2	3.9	12,343	27,600	49,086
4月	1.2	2.4	4.5	15,943	31,571	58,886
5月	1.0	2.4	5.1	12,657	30,343	63,514
6月	.65	1.9	4.0	8,486	24,314	51,943
7月	.45	1.5	3.0	5,543	18,886	37,629
8月	.25	.92	2.0	3,114	11,429	24,914
9月	.25	.67	1.9	3,200	8,829	25,229
10月	.27	.67	1.8	3,343	8,457	22,657
11月	.22	.70	1.9	3,000	9,143	24,657
12月	.30	1.0	2.4	3,567	12,886	29,600
年間	9.25	17.75	29.75	9,743	18,771	31,600

ミシシッピ川下流の既往最大年流出量は、1927年に起り、最小年流出量は1934年に起った。上記の表の月平均流出データから、最大流出量が起る月は通常、4月および5月で、最低流出量の起る月は9月および10月である。

次の表は、もう一つの重要なパラメータである三つの主要支流からミシシッピ川に供給される月平均流出量を、ミシシッピ川の主要観測所における総流出量に対する割合（パーセント）で示している。

Month	Contributions in Percent of Mean Flow to Mississippi River		
	Missouri at St. Louis	Ohio at Cairo	Arkansas and White at Arkansas City
	(1)	(2)	(3)
January	35	76	13
February	37	73	12
March	39	66	12
April	40	57	14
May	40	48	16
June	51	37	17
July	52	34	11
August	47	38	11
September	48	36	12
October	40	36	17
November	39	47	15
December	36	65	13
Annual	44	54	14

- (1) This column shows percent of the total Mississippi River flow at St. Louis, Missouri, that is contributed by the Missouri River.
- (2) This column shows percent of the total Mississippi River flow at Cairo, Illinois, that is contributed by the Ohio River.
- (3) This column shows percent of the total Mississippi River flow at Arkansas City, Arkansas, that is contributed by the Arkansas and White River.

Based on long term annual data, the Ohio River, which enters the Mississippi River at Cairo, Illinois, is the major contributor of flow to the Mississippi River. This is particularly true for the winter and early spring months. In late spring and summer the Missouri River is the major contributor at St. Louis, Missouri. Snowmelt from the upper midwest and the front range of the Rocky Mountains is the primary reason for maximum percent contribution (52 percent) in July. Later discussions will highlight the fact that the Ohio River tributary was a very small contributor during the Midwestern Flood of 1993.

MISSISSIPPI RIVER BASIN METEOROLOGY

Storms that produce floods on the lower Mississippi River occur chiefly during January, February, March, and April, and to a lesser extent, in May and June and in general cover large areas. These storms are normally associated with the southward invasion of cold air masses from Canada colliding with warm moist air masses moving north from the Gulf of Mexico. Major floods are usually the result of series of storms over a relative short period of two or three weeks or possibly a month or more. Major flooding from a single storm system is not normal. Also, because of the size of the Mississippi River Basin, floods can occur in parts of the basin but not cause a major flood on all of the Mississippi. On occasions, major snowmelt in association with a major rainfall event can cause rapid development of a major flood, particularly along the upper Mississippi and the Missouri Rivers.

月	ミシシッピ川に供給される平均流出量の割合 (パーセント)		
	ミズーリ川 セントルイス地点	オハイオ川 ケイロ地点	アーカンソー川とホワイト川の アーカンソー・シティー地点
	(1)	(2)	(3)
1月	35	76	13
2月	37	73	12
3月	39	66	12
4月	40	57	14
5月	40	48	16
6月	51	37	17
7月	52	34	11
8月	47	38	11
9月	48	36	12
10月	40	36	17
11月	39	47	15
12月	36	65	13
年間	44	54	14

- (1) の列は、ミズーリ州セントルイスにおけるミシシッピ川の総流出量に対するミズーリ川から供給される流出量の割合を示す。
- (2) の列は、イリノイ州ケイロにおけるミシシッピ川の総流出量に対するオハイオ川から供給される流出量の割合を示す。
- (3) の列は、アーカンソー州アーカンソー・シティーにおけるミシシッピ川の総流出量に対するアーカンソー川およびホワイト川から供給される流出量の割合を示す。

長期的な年間データから判断すると、イリノイ州ケイロでミシシッピ川に合流するオハイオ川がミシシッピ川に流量を供給する主要な支流である。このことは冬期および早春に特にあてはまることである。晩春および夏期は、ミズーリ州セントルイスで合流するミズーリ川が流量を供給する主要な支流となる。7月の供給量の最大部分（52パーセント）は主に、中西部の上流域およびロッキー山脈の前面部の融雪によるものである。1993年の中西部洪水においてオハイオ川から供給された流量が非常に少なかった点については、後述する。

ミシシッピ川流域の気象

ミシシッピ川下流に洪水を起す豪雨は、1月、2月、3月、および4月に多く発生し、5月、6月は少なくなる。この豪雨は、一般に広い地域に雨を降らせる。この種の豪雨は一般に、カナダから寒気団が南下し、メキシコ湾から北上する温暖湿潤な気団と衝突して起る。主要洪水は通常、2～3週間の比較的短期間か、あるいは1か月以上の間に起る一連の豪雨の結果である。通常、単独の豪雨では大洪水には至らない。また、ミシシッピ川の流域は、規模が大きいため、洪水は一部の地域で起り、流域全体で大規模洪水が起ることはない。大雨にともなう大量の融雪によって、ミシシッピ川上流とミズーリ川に突発的な大規模洪水を引き起こす場合がある。セントルイスにおけるミシシッピ川の6月の水位は、通常高いが、これは主として融雪のためである。1993年に起ったような8月、9月の

High Mississippi River water levels in June at St. Louis, Missouri, are common and primarily the result of snowmelt. Flooding in August and September, such as occurred in 1993 is very, very uncommon. The normal concern in these two months is very low river levels which impact the navigation industry and occasionally water supplies.

PHYSICAL FEATURES OF THE MISSISSIPPI RIVER

As indicated previously the length of the Mississippi River is 3,890 kilometers. Water surface slopes along the river range from 0.4 meters per kilometer (2.0 feet per mile) in the upper reaches to 0.04 meters per kilometer (0.2 feet per mile) on the lower reaches around New Orleans, Louisiana. The average width of the river on the Upper Mississippi is 1 to 2 kilometers. Average widths on the Lower Mississippi River vary from 2 to 6 kilometers. Average depths with water at bankfull range from 13 meters along the Upper Mississippi near St. Louis, Missouri, to 20 plus meters along the Lower Mississippi near Vicksburg, Mississippi.

GEOGRAPHICAL AREA OF FLOODING, FLOOD OF 1993

First it is necessary to describe the geographical boundaries of the great flood because only a part of the Mississippi River Basin experienced severe flooding and damage. The area of the flood as previously indicated impacted six states in the midwest. These states were Minnesota, Iowa, Illinois, Kansas, Nebraska, and Missouri. Along the Mississippi River the flooding extended from Minneapolis/St. Paul, Minnesota, in the upstream to Cairo, Illinois in the downstream. From Cairo, Illinois to the Gulf of Mexico, a distance of 1,590 kilometers the Mississippi River did not experience severe flooding because the river channel is much larger and could convey the flow without flooding. For example, the size of the river channel at Vicksburg, Mississippi (728 kilometers upstream from the Gulf of Mexico) is 3 times greater than the size of the river channel at St. Louis, Missouri. In addition to the Mississippi River, severe flooding was experienced along the Missouri River from the point it enters the Mississippi near St. Louis, upstream beyond Kansas City, Missouri. Flooding also extended over 80 kilometers (50 miles) from the Mississippi River upstream along the Illinois River.

ANTECEDENT CONDITIONS

The Flood of 1993 was produced by extraordinary rains in June and July, however antecedent conditions were important in causing ground moisture levels to be abnormally high at the beginning of this excessive rainfall period. This abnormally high ground moisture levels set up conditions where runoff from the June-July storms was practically 100 percent. Almost all rainfall that occurred became flow in the numerous streams and rivers feeding into the major tributaries that ultimately feed the Mississippi River. A very unusual condition.

Antecedent conditions began with a wetter than normal November in 1992 and continued through May supplemented by snowfall events throughout the winter. While none of the months from November to May were unusually heavy relative to rainfall or snow, events occurred frequently enough to keep ground moisture levels high and flow in streams and river at or slightly above normal. For example, at St. Louis, Missouri, average monthly flows in the Mississippi River were above the long term average monthly flow in every month from January, 1992 to May, an indication of above average rainfall and or snow.

出水はまったく珍しいケースである。通常この時期は、舟運業や時には水供給にも影響を与える低水位を心配する時期である。

ミシシッピ川の物理的特徴

前述の通り、ミシシッピ川の延長は約3,890キロメートルである。水面勾配は上流区間で1キロメートルあたり0.4メートル（1マイルあたり2.0フィート）^{注2)} から、ルイジアナ州ニューオリンズ付近の下流区間で1キロメートルあたり0.04メートル（1マイルあたり0.2フィート）^{注3)} まで変化する。ミシシッピ川上流の平均川幅は1~2キロメートルである。ミシシッピ川下流の平均川幅は、2~6キロメートルである。河岸満水時の平均水深はミシシッピ川上流のミズーリ州セントルイス付近で13メートル、ミシシッピ川下流のミシシッピ州ヴィクスバーク付近で20メートル強である。

1993年洪水における氾濫地域の地形

今回の洪水では、ミシシッピ川流域の一部しか大規模な洪水被害にあわなかったことからまず1993年の大洪水の地理的境界を説明する必要がある。前述の通り、洪水の被災地は、中西部のミネソタ州、アイオワ州、イリノイ州、カンザス州、ネブラスカ州、ミズーリ州の6州である。洪水は上流のミネソタ州ミネアポリス／セントポールから下流のイリノイ州ケイロに達した。ケイロからメキシコ湾に至る1,590キロメートルのミシシッピ川では目立った洪水は発生しなかった。理由は、河道がかなり広く、氾濫せずに流れを流下させることができたためである。たとえば、ミシシッピ州ヴィクスバーク（メキシコ湾の河口から上流728キロメートル地点）における河道幅は、ミズーリ州セントルイスでの河道幅の3倍である。大洪水となったのがミシシッピ川だけでなく、ミズーリ川がミシシッピ川に合流するセントルイス付近からミズーリ州カンザス・シティの上流まで大洪水に見舞われた。イリノイ川でも、ミシシッピ川合流点より上流約80キロメートル（50マイル）以上に見舞われて氾濫した。

洪水発生前の状況

1993年洪水は、6月から7月にかけての異常な豪雨によってもたらされたが、この豪雨が始まった時点ですでに土壌の含水量が非常に高くなっていたという事前の状況も無視できない。この異常に高い含水量は、6~7月の豪雨からの流出が事実上100パーセントとなる状況をつくり出した。降雨の大部分が無数の流れとなって主要な支流に注ぎ込み、最終的にミシシッピ川に流れ込んだ。これは極めて異常な状況である。

このような洪水発生前の状況は、1992年11月の平年より湿潤な気象状況から始まり、冬の降雪によつてさらに促進され、この状態が翌年5月まで継続した。11月から5月までのいずれの月も異常な豪雨や豪雪はなかったが、雨や雪の日が多く、含水量が高水準で推移した。河川流量は平年並か、あるいは平年よりわずかに高いレベルを保っていた。たとえば、ミズーリ州セントルイスにおけるミシシッピ川の月平均流量は、1992年1月から（1993年）5月までの各月とも、長期の月平均流量を上回っていた。これは、降雨量と降雪量の両方あるいはいずれか一方が平均を上回っていたことを示すものである。

訳者注 2) 1/2,500に相当。

3) 1/25,000に相当。

In June the massive deluge of rainfall began and continued through the month of July and into August. With ground conditions totally saturated, an extremely high rate of runoff occurred. The most dramatic rainfall amounts occurred in central Iowa where some rain gauges recorded as much as 96 centimeters (38.4 inches) from June through August. Accumulated amounts of 45 to 60 centimeters (18 to 24 inches) covered most of the states of Kansas, Missouri, and Iowa, as well as parts of Minnesota, Illinois, Nebraska, and Michigan during this period. The accumulation of such dramatic numbers resulted from the continuous passage of intense storms separated by periods of 3 to 5 days of no rain to light to moderate rain. At some rainfall measuring stations, totals for the three months were between 300 and 400 percent of normal. Rainfall records dating back to 1895 show that 1993 was the wettest year in Iowa and Illinois, the seventh-wettest in Minnesota and the fourth-wettest in Missouri.

RUNOFF CONDITIONS

Stream flows in the region affected by the great flood were at or above long term average flows for almost all of 1993 prior to the beginning of the flood in July, indicating the very wet antecedent conditions. The following table illustrates the above average monthly flows at St. Louis, Missouri:

Location: St. Louis, Missouri

	1993 Monthly Flows (Cubic Meters/Second)	Long- Term Monthly Flows (Cubic Meters/Second)	Percent Above Long-Term Average
January	7,657	3,400	225
February	5,743	4,143	139
March	10,200	6,828	149
April	15,743	9,200	171
May	15,886	8,314	191
June	12,971	7,457	174
July	24,057	6,543	368
August	20,200	4,343	465
September	16,200	4,228	383
October	11,428	4,200	272
November	7,828	4,257	184
December	5,800	3,714	156

Historical river level records were exceeded at numerous locations along the Mississippi River, Missouri River, and numerous minor rivers and streams that are tributaries to the Mississippi or Missouri Rivers. Within the geographical area most affected by the flood almost all previous record high river levels were exceeded and at many locations exceed by as much as a meter or greater. Locations along the Mississippi River downstream from the great flood did not experience significant flooding. The following table provides river level data at key locations:

6月になると豪雨が始まり、8月初旬まで続いた。土壌は完全に飽和し、洪水流出率が極めて高くなった。最も顕著な降雨量はアイオワ州中部で起り、そこでは6月から8月にかけて96センチメートル(38.4インチ)もの雨量を記録したところもある。この期間、カンザス、ミズーリ、アイオワの各州の大部分と、ミネソタ、イリノイ、ネブラスカ、およびミシガン州の一部で45～60センチメートル(18～24インチ)の累加雨量に達した。このような顕著な累加雨量が観測されたのは、雨が降らないか、または小雨から中位の雨脚の日が3～5日続くと大規模な豪雨が通過するというパターンが繰り返された結果である。一部の雨量観測所では、3か月間の総雨量が平年の300～400パーセントに達した。1895年以降の降雨記録から、1993年はアイオワ州とイリノイ州は1番の湿潤年、ミネソタ州は7番目、ミズーリ州は4番目の多雨年であったことがわかる。

流出状況

7月に洪水となる前のこの年の洪水被災地域における河川の流量は、ほとんどの期間において長期の平均流量と同等かそれを上回る状況であり、非常に水量の多い状況であった。下表はミズーリ州セントルイスにおける月平均流量を示す。

位置: ミズーリ州セントルイス

	1993年の月流量 (立方メートル/秒)	長期の平均月流量 (立方メートル/秒)	長期の平均月流量に 対する割合 (%)
1月	7,657	3,400	225
2月	5,743	4,143	139
3月	10,200	6,828	149
4月	15,743	9,200	171
5月	15,886	8,314	191
6月	12,971	7,457	174
7月	24,057	6,543	368
8月	20,200	4,343	465
9月	16,200	4,228	383
10月	11,428	4,200	272
11月	7,828	4,257	184
12月	5,800	3,714	156

ミシシッピ川、ミズーリ川、およびそれらの支流の多くの場所で既往最高水位を上回った。洪水被災地域内の既往最高水位はほとんどすべて書き換えられ、1メートル以上上回った場所も少なくない。大洪水のおきた中流域より下流のミシシッピ川沿川では大洪水には至らなかった。次の表は主要地域における河川水位データである。

River	Station Name	1993 River Level (in meters)	Greatest Previous River Level (in meters)
Missouri	Kansas City, MO	14.8	14.0 (1951)
	Herman, MO	11.2	10.8 (1986)
Mississippi	St. Louis, MO	15.0	13.1 (1973)
	Cairo, IL	13.9	18.0 (1937)
	Vicksburg, MS	11.8	16.1 (1937)
	New Orleans, LA	3.8	6.5 (1922)

NOTE: River level is expressed as stage in meters. Stage readings are not referenced to river bottom. A reading of 15 meters does not mean the river is 15 meters. Stage is a reference number and must be applied to the elevation established for the zero point on the gage in order to establish the elevation of the water level.

DURATION AND TIME OF YEAR

Flooding was unusual not only in magnitude but also in duration and time of year in which the flood crest occurred. Along the Mississippi, the duration of river level at or above the elevation at which damage begins ranged from 146 days to 187 days, or about 25 percent of the calendar year. At St. Louis the water level was 5.9 meters (19.6 feet) above the begin damage level when the river crested on 1 August. At a level 3.0 meters (10 feet) above the begin damage level the duration was 38 continuous days. In the previous 130 years, the river had reached and/or exceeded this level for only 12 days total over that period.

As for the time of year, July and August, it was disastrous for the agricultural communities in that crops were nearing maturity and the majority within the floodplains of the Mississippi and Missouri Rivers were totally destroyed with no opportunity to prepare another crop in 1993 due to lateness of season.

PEAK FLOWS

It is estimated that more than 200 stream gaging stations in the geographic area equaled or exceeded a 10 percent flood (a 10 percent flood is a flood that has a ten percent probability of occurring in any given year). At many gaging stations the maximum flow measured was greater than the known maximum flow. At more than 50 gaging stations the maximum flow equaled or exceeded the 1 percent flood (a flood having a one percent chance of occurring in any given year, or another terminology is a flood having a 100-year recurrence interval). At St. Louis the maximum discharge was equivalent to a flood having a 0.6 percent chance of happening in any given year (a flood having a recurrence interval of 175 years). The frequency of the maximum flow experienced at some stations upstream of St. Louis was reported to be near a 0.2 percent probability of occurrence in any given year (500-year recurrence interval). Downstream of the flooded area at Vicksburg, Mississippi, the highest level of the Mississippi in August was 1 meter below the level at which flood damage begins and therefore not considered a flood at all.

河川名	観測所名	1993年の河川水位 (メートル)	既往最高水位 (メートル)
ミズーリ川	ミズーリ州カンザスシティ	14.8	14.0 (1951)
	ミズーリ州ハーマン	11.2	10.8 (1986)
ミシシッピ川	ミズーリ州セントルイス	15.0	13.1 (1973)
	イリノイ州ケイロ	13.9	18.0 (1937)
	ミシシッピ州ヴィクスバーグ	11.8	16.1 (1937)
	ルイジアナ州ニューオリンズ	3.8	6.5 (1922)

注：河川水位はメートル単位で表示した。水位の基準（ゼロ点）は河床ではない。たとえば、水位15メートルとはその川の水深が15メートルということではない。水位は対比値であり、水位の標高を求めるためには、量水標のゼロ点の標高を加算しなければならない。

洪水継続時間と洪水発生時期

氾濫はその規模が異常だっただけでなく、継続時間および最高水位が発生した時期についても異常であった。ミシシッピ川全体で、被害が発生し始める水位（被害発生水位）以上の水位の継続期間は、146日～187日、つまり1年の約25パーセントに相当した。セントルイスにおいて、8月1日に達した最高水位は、被害発生水位を5.9メートル（19.6フィート）上回った。被害発生水位より3.0メートル（10フィート）高い水位の継続期間は連続38日間であった。1993年洪水より以前の過去130年間で、この水位（被害発生水位+3.0メートル）に達したか、あるいは超えたのは、合計でわずか12日間にすぎない。

時期の点で、7月および8月は、農家にとって大損害となる時期であった。作物は成熟間近であり、ミシシッピ川とミズーリ川の大半の氾濫原は壊滅状態となり、時期が遅かったため、別の作物を植えることもできなかった。

最大流量

同地域の200か所以上の水位観測所においては、10パーセント洪水（10パーセント洪水とは10年確率洪水のこと）に等しいかそれ以上であったと推定される。多くの水位観測所で測定された最大流量は既往最大流量を上回った。50か所以上の水位観測所で、最大流量は1パーセント洪水（生起確率が1パーセントの洪水、つまり100年確率洪水）に等しいかそれ以上であった。セントルイスにおける最大流量は生起確率が0.6パーセントの洪水（175年確率洪水）に相当した。セントルイスの上流に位置する一部の観測所で観測された最大流量の発生頻度は、ほぼ0.2パーセントの生起確率（500年確率）と報告された。洪水被災地域の下流、ミシシッピ州ヴィクスバーグにおける8月の最高水位は、被害発生水位より1メートル低く、洪水の心配は全くなかった。

FLOOD CONTROL RESERVOIRS

Flood control reservoirs upstream of St. Louis stored enough flood runoff to reduce water levels in the Mississippi by 1 to 1.5 meters. The most significant reservoirs in this event were Coralville, Red Rock, and Salyorville located in Iowa, Mark Twain Lake and Harry S. Truman located in Missouri, Tuttle Creek Lake located in Kansas, and several large reservoirs working as a system in the upper Missouri River watershed.

FLOOD DAMAGE

Damages from the flood were staggering. It should be noted that activities are still ongoing to categorize and verify the extent of damages in all areas affected. However, the estimates being used at this date should be viable.

AGRICULTURE

As to agricultural damages, it is estimated that 4 million hectares of farmland with crops were flooded in nine midwestern states. This equates to an area larger than the size of some of our east coast states such as New Hampshire, Vermont, New Jersey, etc. About half of the total crop damages was in Iowa and Missouri and is estimated nearly \$5 billion. The flood occurred in July and August, therefore many of the crops were as much as 50 percent mature, particularly corn. Also, due to the lateness in the growing season there was little potential for recouping losses by planting a late crop. It is also noted that farm homes, utility buildings and equipment were destroyed or heavily damaged and lands located adjacent to rivers and streams, particularly the Mississippi and Missouri Rivers in many instances experienced significant deposition of sand, driftwood, trees and other debris. Deposition of sand on agricultural lands is very damaging and depending on depth of deposition can render the land useless for crops.

HOMES AND BUSINESSES

The great Midwest Flood of 1993 will be remembered and used as a reference for many years to come. During the course of this great flood, 47 people died, as many as 55,000 homes were damaged or destroyed and 75,000 or more people were forced to evacuate their homes. Many homes were virtually destroyed in minutes by strong currents as flood waters overtopped and crevassed levees. Other homes, after weeks of inundation, had to be completely torn down and rebuilt or abandoned. Large metropolitan areas such as Kansas City, Missouri, and St. Louis, Missouri, were protected by flood walls designed to withstand floods even greater than the 1993 Flood, therefore sparing these highly populated areas. Had either of these metropolitan areas lost its protection and been subjected to flooding, the magnitude of the statistics would have soared. Also, there were many heroic efforts of sandbag levees built by locals and volunteers that ultimately provided protection to thousands of homes and businesses. Many small communities and towns located along the riverbanks without levee or floodwall protection were partially or almost totally inundated and the inundation lasted for weeks. The numbers for businesses is estimated at between 5,000 and 6,000 partially damaged or completely destroyed.

洪水調節用貯水池⁴⁾

セントルイスより上流にある洪水調節用貯水池は、ミシシッピ川の水位を1～1.5メートル下げるだけの洪水流出量を貯留した。この洪水で最も大きな役割を果たした貯水池は、アイオワ州にあるコーラルヴィル、レッドロック、サリョルヴィル、ミズーリ州にあるマーク・トウェイン湖とハリー・S・トルーマン、カンザス州にあるタトゥル・クリーク湖、ならびにミズーリ川上流域で統合管理されている複数の大規模貯水池である。

洪水の被害

洪水による被害は甚大であった。被災地域全体の被害を分類し、正確な被害状況を確認する作業が現在も行われていることからその規模の大きさが窺える。しかしながら、現時点で用いている被害推定値は、ほぼ正しいものと思われる。

農業

農業の被害については、中西部の9州で400万ヘクタールの農地と作物が浸水したと推定される。この面積は、ニューハンプシャー州、バーモント州、ニュージャージー州などの東海岸諸州のいくつかの州の面積より広い。作物被害総額の約半分は、アイオワ州とミズーリ州が占め、約50億ドルと推定される。洪水が7月と8月に起ったため、多くの農作物、特にトウモロコシの成熟度は50パーセントほどであった。また、生育時期にずれ込み、遅播き作物を植え付けて損害を多少なりとも補うこともできなかった。また、農家や作業用建物、機械設備が破壊または大きな損害を受け、河川、特にミシシッピ川およびミズーリ川に隣接する土地では多量の土砂や流木、その他の堆積物が堆積したところが多かった。農地への砂の堆積は非常に有害で、堆積物の厚さによっては耕作不能な土地となる可能性もある。

住宅および事業所

1993年中西部大洪水は、人々の記憶に刻まれ、向こう何年間も参考記録として引用されるだろう。この大洪水によって47人が死亡し、55,000棟もの家屋が全半壊し、75,000人以上の人々が避難させられた。堤防が越水し決壊すると、多くの家屋は、激流によって数分のうちに破壊された。このほか、何週間も浸水した家屋は、取り壊して建て直すか、放棄しなければならなかった。ミズーリ州カンザス・シティやミズーリ州セントルイスなどの大都市圏地域は、1993年洪水より大規模な洪水に耐えるよう設計された洪水防御壁で防御されていたため、難を免れた。これらの大都市圏地域のどこかで氾濫していたら、被害額は天文学的数字となっていたであろう。また、地元住民やボランティアによって行われた土のう積みなどの英雄的努力が傾注された。その結果、何千もの住宅や事業所が守られた。しかし、堤防や洪水防御壁に守られていない河岸沿いの多くの小規模な自治体は、部分的またはほぼ完全に何週間にもわたって浸水した。部分的な損傷を受けたか、あるいは全壊した事業所の数は5,000～6,000棟と推定される。

訳者注 4) 日本語では通常「ダム」という

TRANSPORTATION

Transportation both domestic and commercial was disrupted along and near the Mississippi and Missouri Rivers. Highway utilization was interrupted due to inundation as well as loss of bridges. Rail transportation was affected in a similar manner. Navigation on the Mississippi River was halted from six to eight weeks from early July through early August. Navigation losses due to suspended traffic movements were estimated to be in excess of \$100 million.

TOTAL ESTIMATED DAMAGES

The total damages resulting from the flood were estimated to be between \$12 billion and \$16 billion. This doesn't account for the value of the 47 lives lost nor the human suffering, mentally and physically, that came from losing much of what people had worked all their adult lives to attain. A small town located on the floodplain of the Mississippi in one of the areas protected by an earthen levee which was ultimately overtopped was completely inundated for a long period of time. Residents of that small town and town officials made a decision to abandon the site and rebuilt the town on higher ground less vulnerable to future flooding.

CONCEPTS FOR FUTURE FLOOD CONTROL PLANS

First it is necessary to contrast the significant difference between existing flood control plans and features between the two regions, Lower Mississippi and Upper Mississippi. The Lower Mississippi is characterized by a larger channel capacity and a very wide, fertile, floodplain varying in width from 42 to 135 kilometers. This floodplain is heavily agricultural and there are a number of small to large size towns and cities. The metropolitan area of New Orleans, LA being the largest of the cities with more than a million inhabitants. Large investments in industry are also present in southeast Louisiana from Baton Rouge, LA to the Gulf of Mexico. This Lower Mississippi region is protected by a comprehensive systematic Mississippi River and Tributaries project. The project commonly referred to as the MR&T Flood Control Project is composed of levees, floodwalls, floodways, channel stabilization, and tributary improvements. It is designed to protect against a hypothetical flood defined as follows, "the maximum flood that has a reasonable probability of occurrence." The project design flood is 20-25 percent greater than any flood that has occurred along the lower river and was developed by the Hydrological Analysis Branch of the National Weather Service in the middle 1950's. This hypothetical flood has been reviewed for appropriateness at least twice since it was developed. In each instance it was judged to be valid without modifications. The Great Flood of 1927 which devastated the Lower Mississippi River with more than 200 fatalities was the event that raised Federal concern and the MR&T project was designed to "prevent a disaster of that magnitude from ever happening again."

By contrast, development of flood control features along the Upper Mississippi has been much less systematic. There is not a single project design flood to which all flood control features are designed to protect against. Existing levees and floodwalls have been designed and constructed somewhat independently. Three types of levees are present: Federally constructed; non-Federal units constructed and maintained by Levee and Drainage Districts; and privately constructed units. Federal levees normally provide protection against floods having a 2 to 5 percent probability of occurrence (20 to 50-year recurrence interval) and are agricultural related. Non-Federal and private levees are lower in height and therefore provide protection for smaller floods. Levees and floodwalls protecting major towns or cities are Federally constructed and protect against major floods that have a 1.0 to 0.2 percent probability of occurrence (100 to 500-year recurrence interval).

交通機関

ミシシッピ川およびミズーリ川沿川およびその周辺における個人および商業輸送機関は壊滅的な打撃を受けた。道路は冠水と橋梁の流失によって寸断された。鉄道も同様な影響を受けた。ミシシッピ川の船舶による航行は7月初めから8月初めまで6~8週間にわたり閉鎖された。航行の停止による損害額は1億ドルを超えると推定されている。

推定総被害額

1993年洪水で被った総被害額は、120億ドルから160億ドルと推定される。これには、47名の死者と、人生をかけて築いてきたものの大半が失われたことから来る精神的、物理的な人的被害は含まれない。ミシシッピ川の氾濫原に位置する、土堤で防護されていた一つの小さな町は、堤防から越水すると町全体が長期間浸水した。町民と役場の職員たちは、その土地を放棄し、将来の洪水に備え危険性の少ない高台に町を再建する決断を下した。

今後の治水計画の考え方

まず、ミシシッピ川下流とミシシッピ川上流の両地域間の従前の治水計画と今後の治水計画の間の顕著な相違点を対比させる必要がある。ミシシッピ川下流部の特徴は、流下能力が大きく、42~135キロメートルの幅の広い、肥沃な氾濫原を有するという点である。この氾濫原は農業が盛んで、大小さまざまな都市がある。ルイジアナ州ニューオーリンズの都市圏地域は其中で最大で、人口は100万人を超える。バトン・ルージュからメキシコ湾に至るルイジアナ州南東部では大規模な工業投資が行われている。このミシシッピ川下流地域は、総合的かつ体系的なミシシッピ川本支川計画(Mississippi River and Tributaries project)によって防護されている。MR&T治水事業と呼ばれるこの事業は、堤防、洪水防御壁、放水路、河道維持、および支川改修からなる。「最大可能洪水」といわれる仮想の洪水を防御するよう設計されている。この事業計画洪水は、ミシシッピ川下流のすべての既往洪水や、1950年代半ばに国家気象サービス水文分析局が算出した洪水よりも20~25パーセント以上大きいものである。この仮想洪水の妥当性は、少なくとも2回にわたって照査された。いずれの照査でも有効で修正を要しないと判断された。ミシシッピ川下流を壊滅状態にし、死者200名以上を出した1927年の大洪水が、連邦政府の関心を引き、この洪水を契機に、「このような大災害を二度と起さぬよう」MR&T事業が計画された。

それとは対照的に、ミシシッピ川上流の治水設備の整備はあまり体系的でなかった。すべての治水施設の計画の基準となる単一の対象洪水が設定されていない。既存の堤防および洪水防御壁は、それぞれ別個に計画され、建設されてきた。これらの堤防には連邦政府によって建設される堤防、堤防・排水区によって建設・維持管理される非連邦堤防、および民間により建設される堤防の3種類がある。連邦の堤防は通常、生起確率が2~5パーセントの洪水(20~50年確率)を防御し、農業関連施設に含まれるものである。非連邦および民間の堤防は高さが低く、連邦堤防より小規模の洪水を防御する。主要都市を防護する堤防および洪水防御壁は連邦政府が建設し、生起確率1.0~0.2パーセントの洪水(100~500年確率)を防御する。

Why is there such a contrast between the Lower Mississippi and the Upper Mississippi in regard to approach? First, there are no readily identifiable hard and clear factors that dictate one region should be different from the other region other than geography and population densities in respect to floodplains. As stated previously, the Lower Mississippi over centuries of meandering activity developed a rich, fertile floodplain varying in width from 42 to 135 kilometers in width. Within this floodplain lies a major network of state and interstate arteries for transportation, numerous towns and cities, and large complexes of industries. By contrast, the floodplains of the Upper Mississippi are much narrower ranging from 2 kilometers up to a few locations of close to 15 kilometers. The average width is about 5 kilometers. Development of these floodplains for agricultural activities has been slower compared to the early growth of agricultural activities in the Lower Mississippi Valley. While major floods have occurred along the Upper Mississippi, historically the attention paid to these past events was relatively small compared to the attention received in 1993. In contrast, the devastating Flood of 1927 in the Lower Mississippi Valley raised significant national attention and fostered national interest in flood control. That appears to have been a significant factor in the formulation and passage of the 1928 Flood Control Act which authorized the MR&T Flood Control Project. It remains to be seen whether the significant attention to the Upper Mississippi River in 1993 will foster future legislative movements to develop a systematic comprehensive flood plan or plans for the Upper Mississippi River region.

PERFORMANCE OF FLOOD CONTROL WORKS IN 1993

Flood control features within the area of flooding, Upper Mississippi and Lower Missouri Rivers are primarily earthen levees, floodwalls and reservoirs. All private and non-Federal levees were overtopped early in the flood. Federal levees performed well although many were overcome by the sheer magnitude of the flood. In all cases the Federal levees (levees designed and constructed at Federal expense) withstood the flood to and above the level for which they were designed. The normal criteria at the time these levees were constructed was to design for a design flood elevation and add 2 to 3 feet additional height for freeboard. For many of the levees flood fighting activities increased the height of levees by adding sandbags, stone, etc. as temporary protection. Some of the levees that were overcome by the flood held until the flood waters reached levels equivalent to the elevation of temporary works.

FUTURE FLOOD CONTROL PLANS

The major emphasis following the 1 August crest of the flood was the development of recovery plans. It was recognized that river levels would not recede below the top bank of the river until September or later which did not allow a very long reconstruction period before winter would arrive and construction activities likely shut down. Without some degree of repair to damaged levees before winter, many people and millions of hectares would be subject to repeat flooding in the spring of 1994. Therefore, initial plans were to make temporary repairs to major levees as soon as possible and hopefully prior to winter. Fortunately, the 1993-94 winter was not overly severe and in fact did not greatly interfere with construction. This good fortune allowed temporary repairs, capable of providing protection for a flood having a 10 percent probability of occurrence, to almost all Federal and some non-Federal levees.

From a planning point of view, several efforts are ongoing. The most significant effort underway is a comprehensive floodplain management study which is being prepared for Congress. This effort will review the history of floodplain development, examine present policies and guidance relative to existing flood control features and discuss approaches that should be taken in the future to better accommodate future major floods.

ミシシッピ川下流とミシシッピ川上流とで手法にこうした相違があるのは以下の理由によるものである。第一に、二つの地域の相違を明確にする要因は、氾濫原の地形と人口密度以外にない。前述の通り、何世紀にもわたり蛇行して流れたミシシッピ川下流は、幅42～135キロメートルの肥沃な氾濫原を発達させた。この氾濫原内に、州内および州間の主要幹線交通網や多数の都市、大規模工業コンビナートが存在する。これに比べ、ミシシッピ川上流の氾濫原はずっと狭く、幅は2キロメートルから2～3の地点で約15キロメートルまで変化し、平均幅は約5キロメートルである。ミシシッピ川下流域で早くから農業が発達したのに比べ、上流域の氾濫原での農業の発展は遅れた。ミシシッピ川上流で過去にも大洪水が起っていたが、この地域の洪水にこれまで払われた関心は1993年洪水におけるそれと比べて大きくはなかった。これとは対照的に、ミシシッピ川下流域における壊滅的な1927年洪水は、全国的に注意を喚起し、治水に対する国の関心を高めた。それが1928年の洪水防衛法の立案と可決に際しての重要な要因であったと思われる。この法律によってMR&T治水事業が承認された。1993年のミシシッピ川上流に向けられた大きな関心が、体系的かつ総合的な治水計画を策定するための今後の法制化の動きを活発にするかどうかは未だ明確にされていない。

1993年洪水における治水施設の機能

ミシシッピ川上流およびミシシッピ川下流の氾濫地域内の治水施設は、主として土堤、洪水防壁、および貯水池である。民間および非連邦政府のすべての堤防は洪水初期に越水した。多くの堤防は、洪水の規模に屈したが、連邦の堤防はよく機能した。連邦の堤防（連邦の費用負担により設計・施工された堤防）は設計洪水位以上の洪水に耐えた。連邦の堤防が建設された当時の一般的基準は、設計洪水位に余裕高として2～3フィートを加えたものであった。多くの堤防の場合、水防活動によって、土のうや石などを積んで堤防の一時的な嵩上げが行われた。洪水で決壊した堤防の中には、洪水位が土のう等の仮設物の高さに達するまで持ちこたえたものもあった。

今後の治水計画

8月1日に最高水位を過ぎると復旧計画の立案に重点が置かれた。河川水位は、9月以降にならなければ河岸高以下に下がらず、冬になり工事が中断されるまでの復旧期間があまり長くとれないことがわかっていった。冬までに損傷を受けた堤防をある程度補修しなければ、大勢の住民および何百万ヘクタールもの土地が1994年春に再び洪水にあう可能性があった。したがって、当初の計画はできるだけ早く、できれば冬までに主要堤防に一時的な補修をすることであった。幸いにも、1993-94年の冬はあまり厳しくなく、実際、工事にあまり支障がなかった。このため、一時的な補修をおこなうことができ、大半の連邦の堤防および一部の非連邦の堤防は10年確率洪水に対して防御できるようになった。

計画立案の観点から、いくつかの作業が進行している。実施中の最も重要な作業は、議会に提出するために作成されている総合的な氾濫原管理調査である。これは氾濫原が開発されてきた歴史を調査し、既存の治水施設に関するこれまでの政策および指針を検証し、将来の大洪水によりよく適応するために今後とるべき施策を検討する作業である。

During the course of the flood, significant debate occurred on the issue of the magnitude of impact from existing levees on flood levels. The concern being that levees constrict the floodplain thereby causing floods to be higher than they would be if no levees existed. This in fact is true but the magnitude of effect is debateable. There were advocates for adoption of a plan to purchase lands in the floodplain from willing sellers and convert these lands back to its natural state. Some monies were appropriated for this purpose and some transactions were made, however this is not considered a major Federal program or Federal policy, at least not at this time.

It should be noted that the Upper Mississippi River is an extensive and high profile environment resource, with highly active public interest groups. This factor has to be considered in any future flood control plans. At the time of inception of the MR&T Flood Control Project in 1928, environmental consideration was not a significant factor. Today environmental considerations are very important particularly in the Upper Mississippi. Future planning relative to modified or revised flood control features will include consideration of environmental resources.

MOVEMENTS FOR REVISION OF FLOOD CONTROL PLANS

As implied earlier, currently there is not a systematic, coordinated plan or plans for flood control or integrated floodplain management along the Upper Mississippi River. The existing flood control features are characterized as a hodgepodge, with segmented systems. Considering this, what are the opportunities and possibilities of future movements for modification, revision, or additions of flood control plans?

First, geography of the land and narrow widths of the floodplains do not offer a large number of alternatives to consider relative to a systematic coordinated flood control plan. However, this great Midwestern Flood of 1993 has focused attention on the region and the human suffering caused. Potential improvements, modifications will surely be discussed and studied for some time to come. Some items that have a potential for future discussion include: optimum level of protection for agricultural lands, more emphasis on potential floodplain zoning regulations; potential for additional buyouts from willing sellers of floodplain farmlands; and potential for development of more coordinated comprehensive water resource management policies involving Federal, state, and local agencies and organizations.

1993年洪水の間、堤防の設置が洪水位に与える影響について議論がまき起った。堤防によって氾濫原が狭められるため、堤防がない場合より洪水位が高くなるという問題である。実際、それは事実であるが、影響の度合いに議論の余地がある。土地の売却を望む者から氾濫原の土地を購入し、取得した土地を自然の状態に戻そうという施策を擁護する者がいる。一部においてこのための資金が割り当てられ、土地取引が行われたが、少なくとも現時点では、主要な連邦制度や連邦政策とはみなされていない。

ミシシッピ川上流は注目される広大な環境資源であり、市民利益団体の活動が非常に活発だという点に言及すべきである。今後の治水計画においては、この点を考慮しなければならない。1928年にMR&T治水事業が開始された頃、環境要件は重要要因ではなかった。今日、環境要件は特にミシシッピ川上流では非常に重要である。今後、治水計画を改定するにあたっては、環境資源を考慮しなければならない。

治水計画の改定の動き

前述の通り、現在のところミシシッピ川上流には体系的、統一的な治水計画も総合的な氾濫原管理もない。既存の治水施設は、システムがいくつかのセグメントに分れ、統一性がないことが特徴である。この点を踏まえ、今後の治水計画の改定または追加の動向について注目する必要がある。

第一に、地形および氾濫原の狭さのため、体系的かつ統一的な治水計画については検討しうる代替案が少ない。しかしながら、1993年中西部大洪水によって、この地域が注目され、人的被害に関心が集まった。将来のために考えう改善策について着実に検討する必要がある。今後の議論になるであろう事項としては、以下のことが考えられる。

- 農地に対する洪水防御のための適正な水準
- 氾濫原のゾーニングによる規制の強化
- 氾濫原内の農地の売却希望者からの買取り
- 連邦、州、および地方自治体によるより統一的かつ総合的な治水対策の立案

"December Floods of 1993 in the Rhein River Basin"

Dr. Karl-Heinz Rother

Head of Department for River Planning and Flood Protection,

Ministry of Environment, Rheinland-Pfalz

「1993年12月のライン川流域の洪水について」

カール・ハインツ・ローター

ドイツ、ラインラント・プファルツ州環境省河川計画・治水部長

THE DECEMBER FLOOD OF 1993 IN THE RIVER RHINE BASIN

DR.-Ing. Karl-Heinz Rother
Ministry of Environment Rhineland-Palatinate, Mainz

1 INTRODUCTION

River Rhine springs from the high mountain region of the Alps in Switzerland. Also Austria, France, Germany, Luxemburg, Belgium, and the Netherlands have their shares in its catchment area of 190,000 km², before the Rhine flows after 1,300 km into the North Sea near Rotterdam. Its major tributaries are River Aare (with a basin of 17,000 km²), River Neckar (14,000 km²), River Main (27,000 km²), and River Moselle (28,000 km²).

Over a distance of 900 km River Rhine crosses the Federal Republic of Germany with a general direction from South to North. The extreme flood event, that occurred in December 1993, hit mainly the Land of Rhineland-Palatinate in the German South-West, with most severe consequences on Rivers Nahe, Saar, Moselle, and on the Middle Rhine between the towns of Mainz and Cologne. Rhineland-Palatinate covers an area of 20,000 km² and has some 3.6 million inhabitants. The whole Federal Republic of Germany has 360,000 km² and 80 million inhabitants.

Being a federation of states, called Länder, Germany has shared responsibilities in its administrative structure. In the case of water resources management, including flood protection, responsibility is vested with the Länder. In the Land Rhineland-Palatinate, River Rhine stretches over 300 km and River Moselle 250 km. Because of the hilly character of the country, the river valleys are the preferred axes of settlement and communication.

Besides the wide Upper Rhine Graben with 300 km in length and 30 km to 40 km in width, narrow river valleys prevail in the south-west of Germany. Especially the Middle Rhine and the Moselle have cut themselves deeply into the rocks, at some places down to 200 m. The world-famous Loreley rock stands 150 m high above the River Rhine which flows in a bend around its base. The steep slopes of the Rhine and Moselle valleys have been vineyards since the times of the Romans 2000 years ago. When the Christian calendar began, the South-West of Germany had already been part of the Roman Empire for more than 300 years. Today Rhineland-Palatinate still remains the largest vine-growing region in Germany. The towns of Mainz, Koblenz, and Cologne had been founded by the Romans and can look back on a history of 2000 years.

2 THE ORIGIN OF THE FLOOD

2.1 Seasonal causes

Climate in Germany has a marked seasonal pattern. Most precipitation falls in summer (Fig. 1). Nevertheless, on the major rivers the winter floods are the dominating events, because then the precipitation falls over wider areas and surface runoff is stronger since soils are either saturated or frozen. In the case of smaller streams, convective summer rains produce the major floods.

1993年12月のライン川流域の洪水について

カール・ハインツ・ローター
ラインラント・プファルツ州環境省 (マインツ市)

1 はじめに

ライン川はスイス、アルプス山中の高山地帯に源を発する。面積190,000km²のその流域はオーストリア、フランス、ドイツ、ルクセンブルグ、ベルギー、オランダにもおよび、1,300kmの距離を流下した後ライン川はロッテルダム付近で北海に注ぐ。ライン川の主な支川はアーレ川 (流域面積17,000km²)、ネッカー川 (14,000km²)、マイン川 (27,000km²)、モーゼル川 (28,000km²) である。

ライン川は900kmの距離をほぼ南から北へと流れてドイツ連邦共和国を貫流する。1993年12月の既往最大洪水はドイツ南西部のラインラント・プファルツ州を中心に発生し、ナーエ、ザール、モーゼルの各河川およびライン川中流のマインツ〜ケルン間で最も大きな被害をもたらした。ラインラント・プファルツ州の面積は20,000km²、人口は約360万人である。ドイツ連邦共和国の国土総面積は360,000km²、総人口は8,000万人である。

レンダー (Länder) と呼ばれる州で構成される連邦国家であるドイツでは、行政機構における責任が分担されている。治水を含む水資源管理の場合、責任は州にある。ラインラント・プファルツ州におけるライン川の流路延長は300km、モーゼル川の流路延長は250kmである。丘陵地帯が多いという国土の性格上、居住地と交通路は溪谷を中心に発達している。

ドイツ南西部には、長さ300km、幅30〜40kmのアップパー・ライン・グラベン (ライン上流地溝) の他にも狭い谷が多い。特に、ライン川中流部およびモーゼル川は深く岩盤を侵食しており、場所によっては深さ200mにも達する。世界的に有名なローレイの岩はライン川の水面から150mの高さにそびえており、ラインの流れはこの岩の基部に沿う形でカーブしている。ラインおよびモーゼルの溪谷は、2,000年前のローマ時代以来ぶどうの栽培地として利用されている。キリスト教暦ができた頃にはすでにドイツ南西部はローマ帝国の一部となって300年以上が経過していた。今日でもラインラント・プファルツ州はドイツ最大のぶどうの産地である。マインツ、コブレンツ、ケルンの各都市は古代ローマ人によって築かれたもので、2,000年の歴史を有する。

2 洪水の原因

2.1 季節的要因

ドイツの気候には明確な季節変化がある。降水の大部分は夏の間に発生する (図1)。それでもなお、主要河川において最も大きな影響をおよぼすのは冬季の洪水である。これは、冬の降水が他の季節より広い地域で生じる上、地面が飽和もしくは凍結状態であるため表面流出の勢いが増すためである。中小河川の場合には、夏の対流性降雨が大洪水の原因となる。

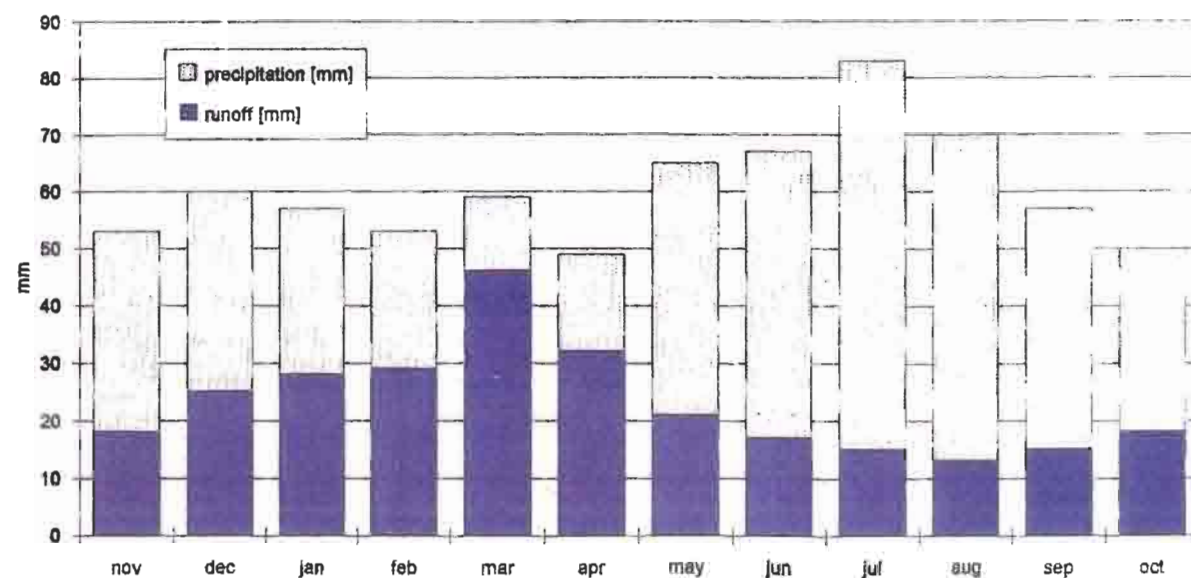


Fig. 1 Annual Distribution of Rainfall and Runoff in Germany

2.2 Precipitation in December 1993

After three rather dry winters, which caused a marked decrease in groundwater levels in wide parts of Germany, the year 1993 brought a wet autumn and early winter. Precipitation in September and October was by 50% to 100%, in December even 300 % above the long-term average (Fig. 2). 1993 December precipitation in Rhineland-Palatinate was the most abundant December precipitation ever recorded in this century.

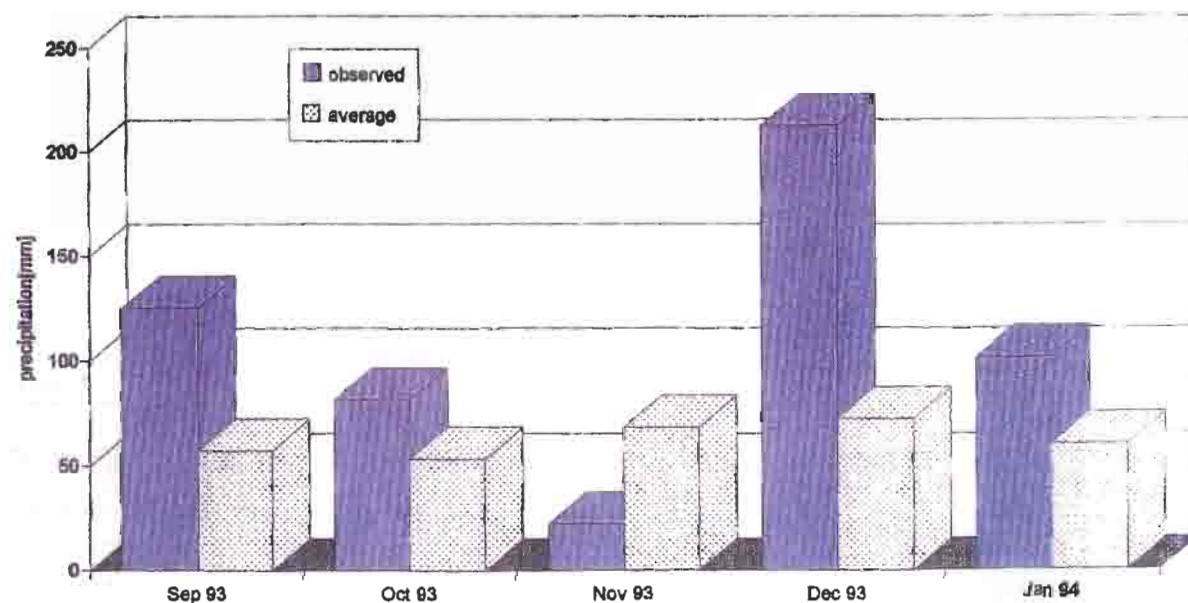


Fig. 2 Monthly Rainfall from September 1993 to January 1994 in Rhineland-Palatinate

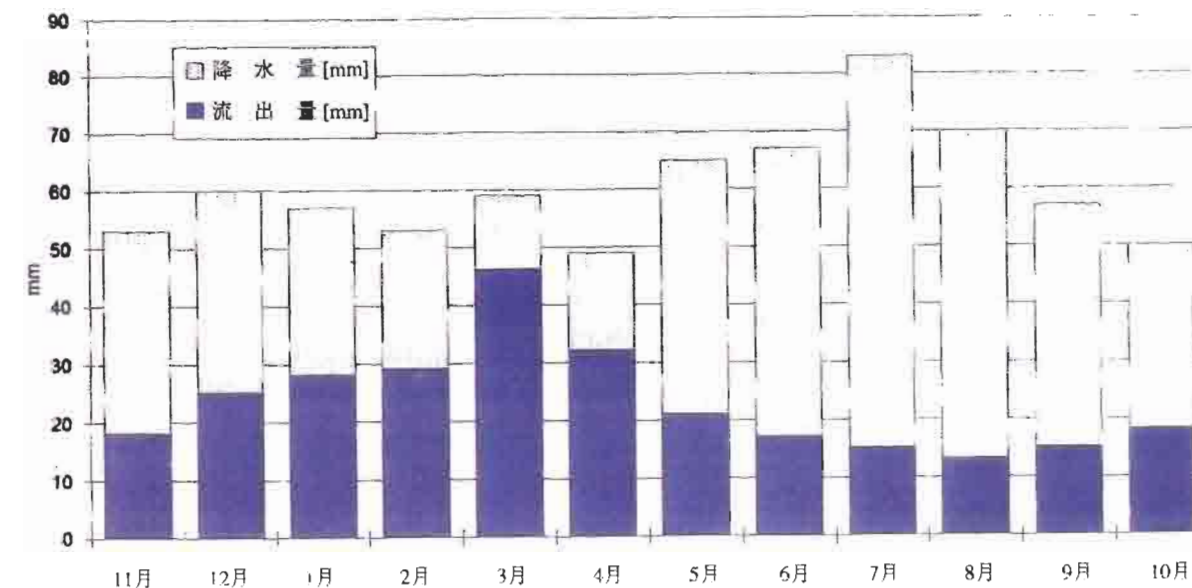


図1 ドイツの雨量・流出年間分布

2.2 1993年12月の降水量

比較的降水量の少ない年が3年続きドイツ国内でも広い範囲で地下水位の大幅な低下が生じていた1993年の秋の降水量は多く、冬の到来も例年よりは早かった。9月と10月の降水量は長期平均（図2）に対し50～100%増となり、12月の降水量は300%に達した。ラインラント・プファルツ州の1993年12月の降水量は今世紀最高値を記録した。

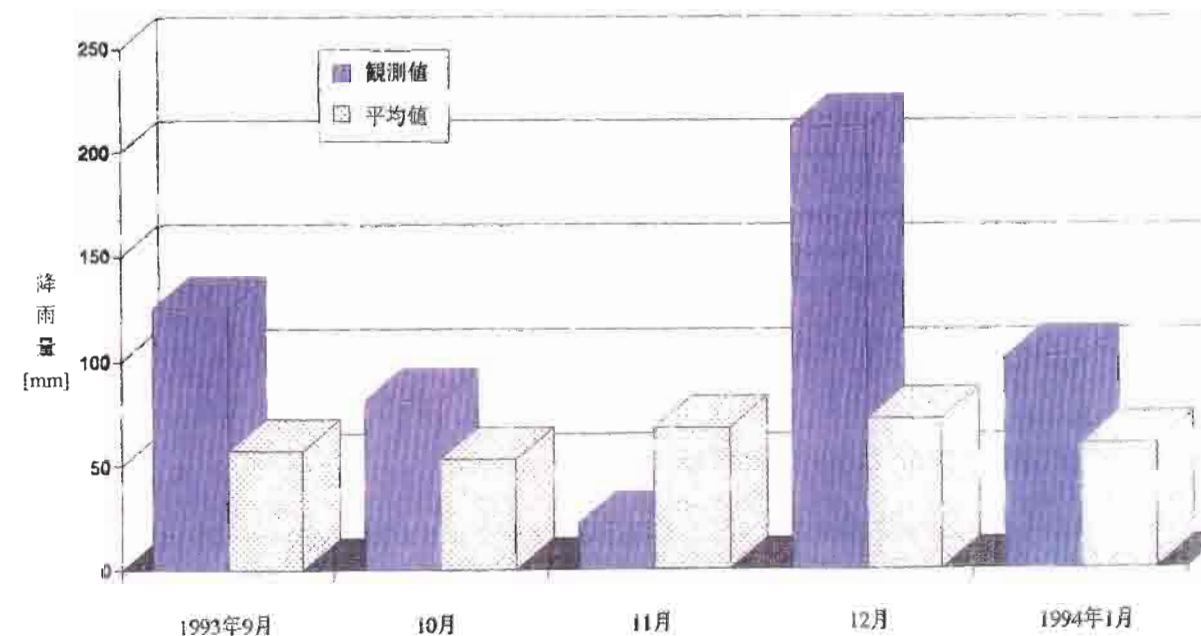


図2 1993年9月～1994年1月のラインラント・プファルツ州の月降水量

In the first two weeks of December, 5 to 10 mm of daily precipitation fell, on the higher elevations of the uplands in form of snow. The third week of the month brought a distinct warming and more rain, with thawing setting in even in the highest regions of the uplands. On 18 and 19 of December, heavy rain began again and practically continued without interruption until the 21st. The catchments of Rivers Rhine and Moselle received during the 48 hours before the morning of 21 December 1993 between 60 and 100 mm of rain. This rain was part of a 200-300-km-wide band of precipitation, stretching from the middle course of River Danube, over the South-West of Germany, into Belgium and Northern France.

In terms of time, the flood-inducing heavy precipitation extended over 48 hours, with more than two thirds of precipitation falling within 24 hours, and with intensity peaks of 7 to 9 mm/h over two hours. Further rainfalls had mainly intensities between 2 and 3 mm/h (Fig. 3). The recurrence interval of such a precipitation event in Central Europe is far beyond the mark of 100 years.

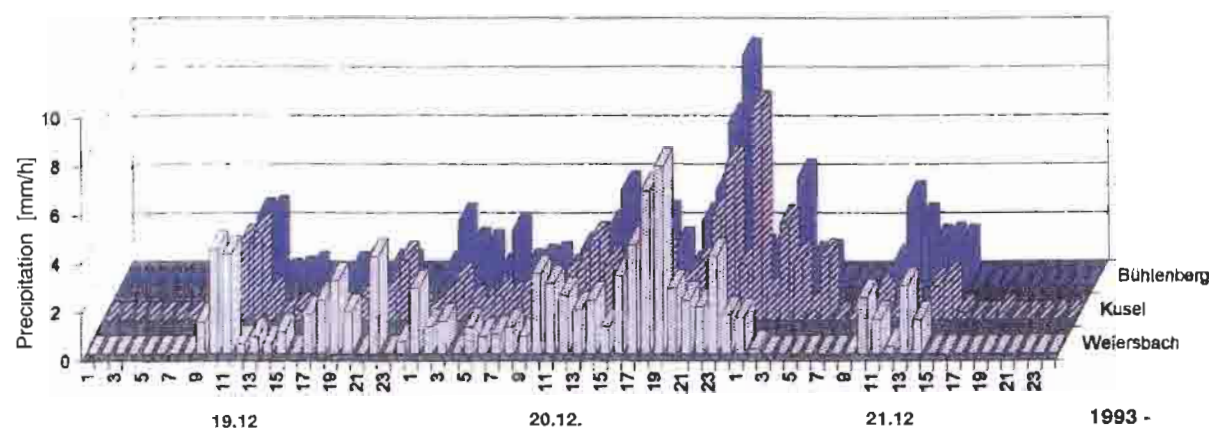


Fig. 3 The Flood-inducing Precipitation Event from 19 to 21 December 1993 (Three Typical Rain Gauge Stations)

2.3 Soil conditions

The South-West of Germany is predominated by hilly landscapes with elevations between 200 and 1,500 m above sea level. Rhineland-Palatinate is covered by 40% with forests.

The heavy and lasting antecedent precipitation throughout the month of December had filled the storage capacity of soil completely. Also surface retention had become ineffective through previous flood waves, so that the flood-inducing precipitation of 20 and 21 December went by 60% to 80% into direct runoff. The effective precipitation was over wide areas around 50 mm, with local peaks even higher. The runoff contributed from the catchment area was estimated between 50,000 and 70,000 m³/km².

3 FLOOD DISCHARGE AND WATER STAGES

The precipitation falling from 19 to 21 December 1993 generated - especially in the Rhine tributaries Neckar, Nahe, and Moselle - the highest discharges ever recorded during this century. In river Rhine itself, downstream of the inflow of the Moselle, between Koblenz and Cologne, the hitherto measured maximum of this century, i.e. the flood event at the turn of the years 1925/26, was exceeded by 20 cm.

12月に入ると高地部の比較的標高の高い地域で降雪があり、降水量5~10mmの日が2週間続いた。第3週に入ると急に気温が上昇し雨が降り続いた。こうして高地部の最も高い地域の雪までもが解け始めた。12月18~19日には再び雨足が激しくなり、21日までほとんど途切れることなく降り続いた。1993年12月21日朝までの48時間の間にライン川およびモーゼル川流域の降雨量は60~100mmに達した。この雨は、ドイツ南西部のドナウ川中流部からベルギーおよび北フランスにまでおよんだ幅200~300kmの降水帯の一部であった。

時間的に見ると、洪水をもたらした豪雨は48時間以上降り続いている。そしてその3分の2以上が24時間以内に生じ、降雨強度のピーク7~9mm/hが2時間続いている。その後の降雨強度は主に2~3mm/h (図3) であった。中央ヨーロッパにおけるこのクラスの降雨の再現期間は100年を優に越える。

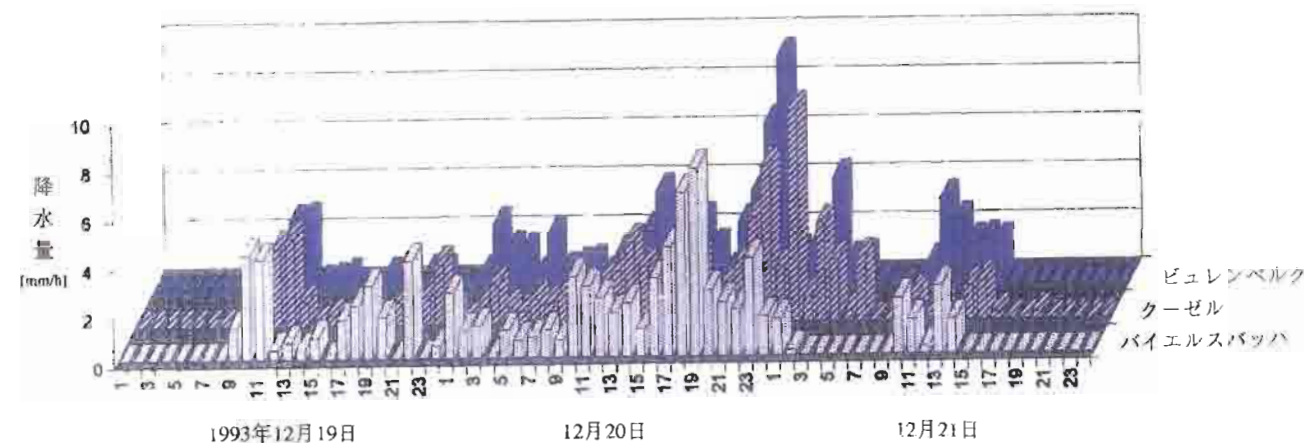


図3 洪水の誘因となった1993年12月19~21日の降水 (代表的観測所3か所)

2.3 土壌条件

ドイツ南西部では圧倒的に丘陵地帯が多く、その標高は200~1,500mである。ラインラント・プファルツ州の40%は森林地帯である。

12月の間中続いた大量の降水により、土中水分は飽和状態に達していた。表面流出抑制機能はそれまでの降雨で機能を果たさなくなっていたため、洪水の誘因となった12月20~21日の降水の60~80%が直接流出することになった。降水地域は広く、有効降水量は約50mm、局所的なピークはさらに高い数値となった。流域からの流出量は50,000~70,000m³/km²と推定される。

3 洪水流量および水位

1993年12月19~21日の降水により、特にラインの支川ネッカー、ナーエ、モーゼルでは、今世紀最高の流量が観測された。ライン川本川でもモーゼル川からの流入地点より下流のコブレンツ〜ケルン間では今世紀最高の流量が観測され、1925年の終わりと26年始めにかけて発生した洪水を20cm上回った。

The peak discharges of the flood were: In River Neckar at Heidelberg 2,800 m³/s, in River Nahe, with its catchment of 4,000 km², 1,300 m³/s, and in River Moselle 4,300 m³/s. In River Rhine near Cologne, the maximum discharge came on 23 December 1993 to 10,800 m³/s. (Fig. 4)

The Upper Rhine, upstream of the Neckar inflow, with a catchment of about 50,000 km², and River Main with 27,000 km², contributed little to the flood formation in River Rhine, so that the flood in the Rhine became an extreme event only downstream of the junction with the Moselle at Koblenz (Fig. 5).

In the flood source region, even smaller catchments reached extreme runoff values of up to 1,000 l/s/km². Such values of runoff per unit area have for catchments of several 100 km² in size a mean recurrence interval of more than 100 years. On River Moselle the flood was rated a 80-year event and on River Rhine between Koblenz and Cologne a 50-year event.

The flood-rise periods in catchments of less than 1,000 km² were four to five hours, on River Nahe with its catchment of 4,000 km² around 24 hours, and on River Moselle, which drains an area of nearly 30,000 km², it took about 48 hours. The flood wave in River Rhine had an approach time of four days.

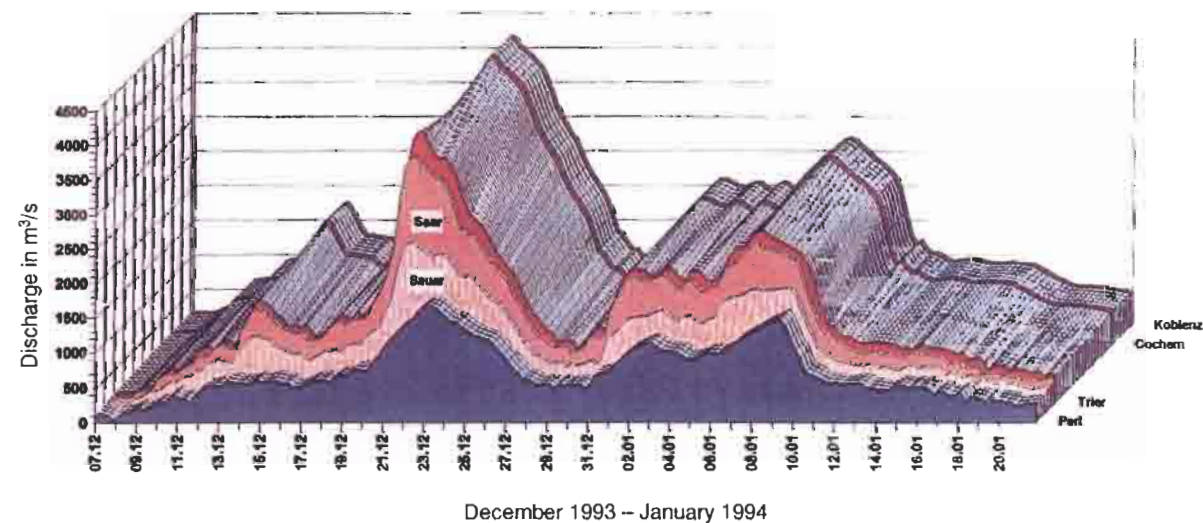


Fig. 4 Flood Hydrographs on River Moselle from 7 December 1993 to 20 January 1994

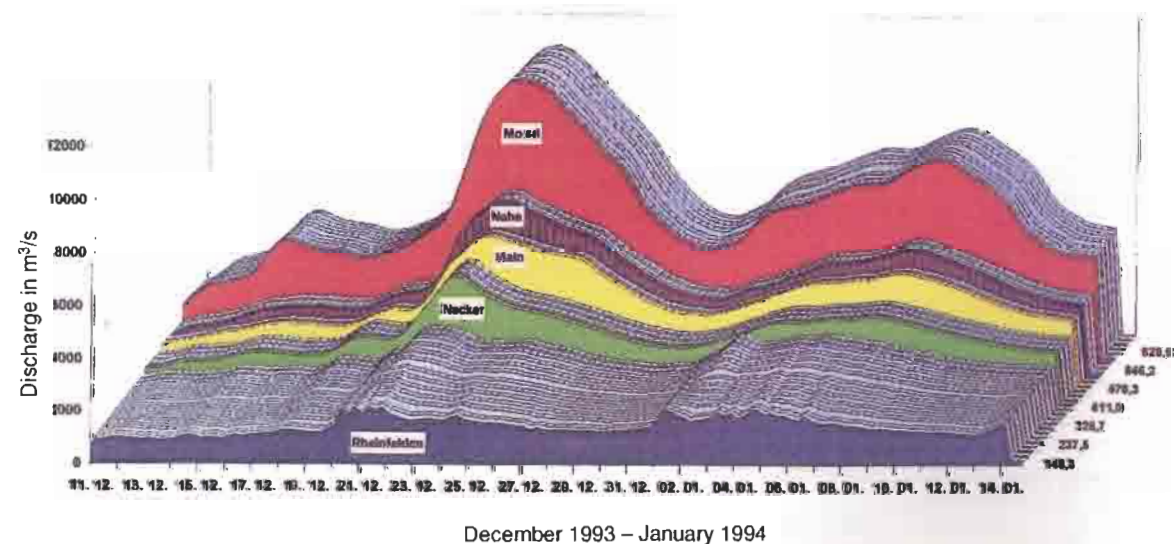


Fig. 5 Flood Hydrograph on River Rhine from 11 December 1993 to 12 January 1994

THE DECEMBER FLOOD OF 1993 IN THE RIVER RHINE BASIN

今回の洪水のピーク流量は、ネッカー川ハイデルベルクで2,800m³/s、流域面積4,000km²のナーエ川で1,300m³/s、モーゼル川で4,300m³/sであった。ライン川ではケルン付近で1993年12月23日の最大流量が10,800m³/sに達した。(図4)

ライン川のネッカー川流入地点の上流部（流域面積約50,000km²）およびマイン川（27,000km²）は今回のライン川洪水の発生には無関係であった。したがって、ライン川洪水が既往最大洪水となったのはコブレンツのモーゼル川合流点より下流の区間においてである（図5）。

洪水の流出域となった地方では、比較的小さな流域でさえ最高1 m³/s/km²という既往最高値が観測された。数百平方キロメートルの流域面積に対してこれだけの単位面積流出量があるということは、再現期間が100年を超える規模のものであることを意味する。モーゼル川の洪水は80年確率、ライン川のコブレンツ～ケルン間での洪水は50年確率規模のものであった。

面積1,000km²未満の流域における洪水上昇期間は4～5時間であった。流域面積4,000km²のナーエ川では約24時間であった。流域面積約30,000km²のモーゼル川では約48時間であった。ライン川での洪水波の到達時間は4日であった。

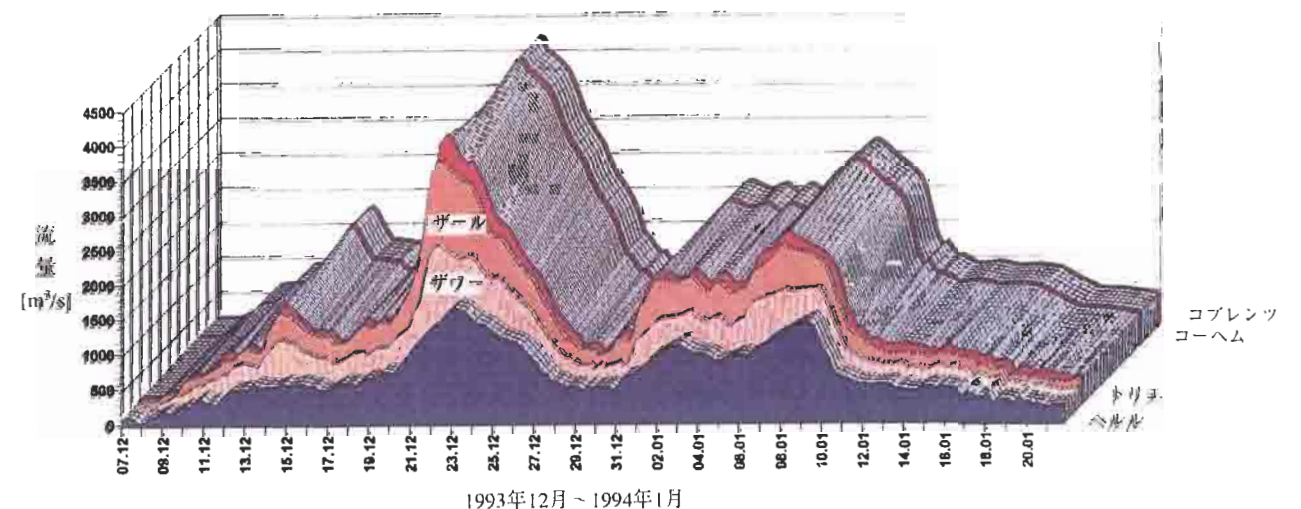


図4 1993年12月7日～1994年1月20日のモーゼル川の洪水ハイドログラフ

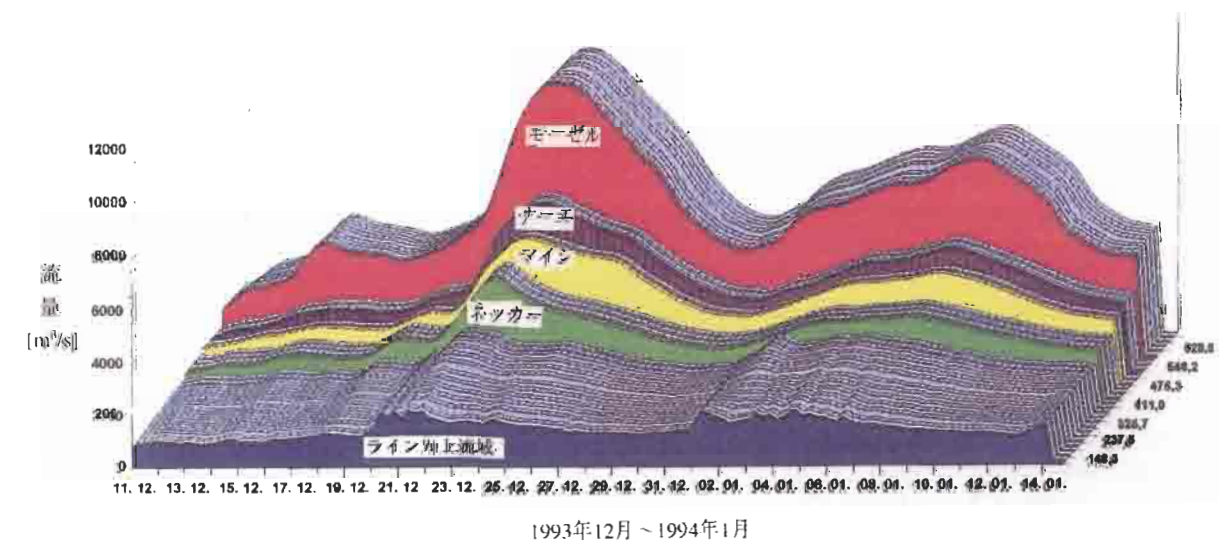


図5 1993年12月11日～1994年1月12日のライン川の洪水ハイドログラフ

1993年12月のライン川流域の洪水について

During the Christmas flood event in 1993, 1,500 to 2,000 million m³ of water flowed in River Moselle. Above the discharge mark of 2,000 m³/s, when flood damage has to be expected on River Moselle, the flow volume was still 600 million m³. In River Rhine near Cologne 5,000 to 6,000 million m³ were discharged, of these above the damage-limit of 10.00-m-water stage at the Gauge Cologne, still 150 million m³.

The difference between mean water stages and the extreme flood levels in River Rhine and Moselle was about 8 m; The distance from the peak stages in December 1993 to the mean high water stages was 3 to 4 m.

Historic chronicles noted in the year 1784 a flood event in the spring season on the Middle Rhine and River Moselle in conjunction with an ice jam that reached the highest stages ever recorded there, which were even another 1 to 1.5 m higher than those in December 1993.

4 INUNDATED LAND AND FLOOD DAMAGES

4.1 Volume of damages

Except the dike-protected river flats on the Rhine, potential flood inundation areas in Rhineland-Palatinate are confined to the valleys of the hilly country. However, it is just there where the development of settlements, industries, and communication has concentrated, so that in December 1993, for Rhineland-Palatinate alone damages between DM 500 million and 700 million were counted, although the strip of land that was covered by water was only some 10 m to a few 100 m wide.

More than 100,000 inhabitants in 500 settlement were directly affected by the flood. The average financial damage suffered per person ranged thus between DM 5,000 and 7,000. This average includes the damages in industries, trades and public infrastructure. In single cases, the damage sums vary considerably, reaching from some DM 1,000 in many cases to several millions in cases of industrial or commercial damage. The most frequent damage sum per case is between DM 10,000 and DM 20,000.

The flood caused one fatal accident in Rhineland-Palatinate, when a motor cyclist was electrocuted when driving through a water pond that was exposed to high-voltage.

4.2 Who pays for the flood damages?

In Germany, flood damages are considered as private risk. At first it is up to the individual to make provisions for the risks to property. Until 1990 there was no possibility in Germany to take an insurance against flood damage, except in the Land of Baden-Wurtemberg where a special regulation has existed.

In Baden-Wurtemberg, the flood-damage risk has been generally integrated in the compulsory building insurance. Because of legal regulations of the European Union, this monopoly compulsory insurance will have to be ended in Baden-Wurtemberg after 01 July 1994. In the future, the insurance will be offered on a private enterprise basis.

Since 1990 the German insurance companies have offered on a national scale also an insurance against damages due to forces of nature, including the flood risk. However, the conditions offered are still very diverse so that in practice this insurance did not play a role yet in December 1993.

The Land Rhineland-Palatinate offers financial assistance to those who have come into serious personal or business difficulties through the flood. This assistance is related to certain percent rates and presupposes the disclosure of the financial situation of the applicant. Experience shows that only for about 10% of the damages applications are filed for financial assistance according to the regulation in cases of Acts of God. By the end of May 1994, Rhineland-Palatinate has paid out DM 5 million in financial assistance, of these DM 1.1 million to private households and DM 3.5 million for businesses. The assistance is mostly granted in form of low-interest loans.

1993年のクリスマス洪水では、モーゼル川の流出量は15億～20億m³に達した。流量が2,000m³/sを越え、モーゼル川での洪水被害が予想されるようになった時点での流出量はまだ6億m³であった。ライン川ではケルン付近での流出量は50億～60億m³であったが、この内、ケルン基準点における危険水位上限である10.00mを越える流出量が1.5億m³もあった。

ライン川およびモーゼル川の平均水位と最大洪水水位の差は約8mであった。1993年12月のピーク水位から平均高水位までは3～4mであった。

記録によれば、ライン中流部およびモーゼル川で1784年の春に発生した氷混じりの洪水は観測史上最高の水位を記録したが、この時の水位は1993年12月洪水の水位よりもさらに1～1.5m高いものであった。

4 氾濫地域および洪水被害

4.1 被害の規模

堤防で守られたライン川の氾濫原は例外として、ラインラント・プファルツ州内の氾濫危険地域は丘陵地帯の溪谷に限られている。しかし、それは居住地、産業、交通が集中的に発達してきた地域である。このため、冠水したのはわずか幅10mから200～300m程度の地域であるにもかかわらず、1993年12月の被害額はラインラント・プファルツ州だけでも5億～7億マルクにのぼる。

1993年12月洪水では500地区の100,000人を越える住民が直接被害を被った。1人当たりの平均被害額は5,000～7,000マルクである。この被害額には工業、商業、公共施設が含まれる。個々の被害額は大小様々であり、多くの場合1,000マルク程度であるが、商工業関係の被害の場合には数百万マルクに達したケースもある。1件当たりの被害額は10,000～20,000マルク程度が最も多い。

今回の洪水はラインラント・プファルツ州では死亡事故を引き起こしている。オートバイに乗った人が高圧電流の流れる水溜りの中を通過中に感電死するという事故であった。

4.2 洪水被害額を誰が負担するのか？

ドイツでは、洪水災害は個人の危険であるという認識がある。まず第一に、財産に対する危険に備えるのは個人の問題である。特別な規則が存在していたバーデン・ビュルテンベルク州を除き、ドイツでは洪水災害に対する保険をかけることは1990年までは不可能であった。

バーデン・ビュルテンベルク州では、洪水災害は、強制加入制の火災保険に含まれるのが普通であった。欧州連合の規則のため、この独占的な強制保険制度は1994年7月1日を以て廃止される予定である。今後は、保険は個人企業ベースで提供されることになる。

1990年以来、ドイツ国内の保険会社は洪水危険を含む自然災害に対する保険を全国的規模で提供してきた。しかし、依然として条件にばらつきがあるため1993年12月時点ではこの保険は事実上機能しなかった。

ラインラント・プファルツ州では、今回の洪水によって個人的にもしくは事業上深刻な事態に陥った人に対する資金的援助を行っている。この援助は一定の比率(%)で行われるもので、申請者の財務状況の公開を前提としている。実績では、自然災害の場合、規定に従って申請者に与えられる資金的援助は被害額の10%程度にすぎない。1994年5月末までにラインラント・プファルツ州が支払った援助額は500万マルクであり、その内110万マルクは一般家庭に、350万マルクは企業に対する援助であった。この援助はほとんどの場合低利融資の形で行われる。

5 FLOOD PROTECTION PLANS

Germany does not know an individual right on protection against floods. Of course there are legal responsibilities for the maintenance of watercourses, the construction of flood retention capacities, flood protection walls and dikes. However, the yardstick for the construction of flood protection facilities is not the interest of the individual but public benefit. Thus, the essential criterion for spending public funds for flood protection is the benefit derived for the public.

5.1 Closed dike systems on the Upper Rhine

In the Upper Rhine Graben, inundation plains are the areas potentially accessible for flood water. This area, called Upper Rhine floodplain, covers about 2,000 km², of which most is protected against flooding by a closed system of dikes. If this dike system breaks, alone in Rhineland-Palatinate 300 km² of land with 300,000 inhabitants would be threatened by an inundation of 3 to 4 m depth. The last time the upper Rhine floodplain was inundated was the great flood at the turn of the years 1882/1883.

The safety of the dike system is dimensioned for a 200-year event. In fact, at present safety is given only for a 100-year event, since - as consequence of the river training on the Upper Rhine with impoundments, that were built between 1950 and 1977 - the water stages of comparable flood events have risen by 40 to 80 cm. The underlying reason is the fact that with the construction of the impoundments 130 km² of the natural inundation area were lost as natural flood storage.

According to the international agreement from 1982, Germany and France will alleviate the aggravated flood peril resulting from the development of the Upper Rhine by building a system of flood retention basins with a total volume of 226 million m³. Rhineland-Palatinate engaged itself to build a retention capacity of 44 million m³. The total cost of this retention system will be DM 1,500 million. Today, 80 million m³ of the agreed capacity have been completed, the completion of the whole system cannot be expected before the year 2005.

Parallel to the construction of flood retention basins, the stability of dikes is examined and improved. The objective is to heighten the dikes on both banks of the Rhine to the level of a 200-year event plus a freeboard margin of 80 cm. The dikes are connected by a so-called dike defence path, which allows to transport equipments and ensures access in case of emergency to reinforce the dikes. The construction cost for the dikes in Rhineland-Palatinate sum up to another DM 300 million over the coming 10 years.

5.2 Local flood protection

Many of the old settlements on the Middle Rhine and the Lower Moselle River are already inundated by floods of five to ten years recurrence. As these settlements date back to the choice of place of people 1,000 to 2,000 years ago, there is some evidence that changes in land-use and the reduction of the natural inundation plains on Rhine and Moselle over the centuries have led to a rise in flood water stages.

Today's demands for land use in settlements and business areas make high claims on local flood protection in form of flood protection walls and dikes. Because of the narrow valleys and the resulting long-stretched settlements there is an extremely unfavourable ratio between the costs of such flood protection structures and the area that is protected by them. Moreover, the appearance of these structural measures must take consideration of the interest of national and international tourism in the scenic beauty of landscape, villages and towns. The application of mobile flood protection elements meets technical and organizational limits, especially in dependence on the pre-warning time.

The city of Cologne has a mobile flood-protection system of a total length of 1.5 km, which, however, guarantees protection only against a 15- to 20-year flood event. The reliable pre-warning times for Cologne are more than 24 hours.

The extent of local flood protection measures has to be decided on a case-by-case basis, with technical reasons, the acceptance by the population, and the costs being the essential criteria.

5 洪水防御計画

ドイツは洪水防御に対する個人の権利が存在しない。もちろん、流路の維持管理および洪水調節池、洪水防御壁、堤防の建設に対する法的責任はあるが、洪水防御施設建設の判断基準は個人の利益ではなく公共の利益である。したがって、洪水防御を目的とする公共支出を行うための必須条件は公共の利益である。

5.1 ライン川上流の締切堤システム

アッパー・ライン・グラーベン内の氾濫原は洪水が浸入する可能性のある地域である。この地域はライン上流氾濫原と呼ばれ、その面積は2,000km²、そのほとんどは締切堤で洪水の危険から守られている。この堤防システムが決壊した場合、ラインラント・プファルツ州内だけでも300km²の土地と300,000人の住民が3~4mの洪水の危険にさらされる。前回ライン上流氾濫原で洪水が発生したのは1882年の終わりと1883年の始めにかけての大洪水の時であった。

この堤防システムの安全性は200年洪水を対象として計画されている。しかし、実際には100年洪水に対する安全性しか実現されていない。これは(1950~1977年の貯水池建設を含むライン川上流部での河川工事の結果として)同規模の洪水時の水位が40~80cm上昇したためである。その背景としては、貯水池の建設によって自然の洪水貯留施設としての機能を果たしていた自然の氾濫地域130km²が失われたためである。

1982年からの国際協定に基づき、ドイツおよびフランスは、ライン川上流部の開発によって上昇した洪水危険度を低下させるため、総容量2億2600万立方メートルの洪水調節池群を建設することになっている。ラインラント・プファルツ州は容量4400万立方メートルの洪水調節池を建設することを決定した。この洪水調節池群の費用総額は15億マルクの見込みである。予定される容量の内、現在8000万立方メートルが完成しているが、システム全体の完成は2005年以降の予定である。

洪水調節池建設と並行し、堤防の安定性の検討と改善のための取り組みが続けられている。その目的はライン川兩岸の堤防を200年洪水位+余裕高80cmまでかさ上げすることである。堤防はいわゆる洪水防御道路(dike defence path)によって連結されているため、非常時に堤防補強のための器材の運搬やアクセスが可能である。ラインラント・プファルツ州内の堤防の建設には向こう10年間でさらに3億マルクが必要である。

5.2 地方における洪水防御

ライン川中流部およびモーゼル下流部の古くからの居住地域では再現期間5~10年の洪水で浸水するケースが多くなっている。これらの地域は1000~2000年前に人々が居住地として選んだ土地であることから、その後の土地利用の変化およびライン川、モーゼル川の自然の氾濫原の減少により洪水位が上昇してきたことを裏付ける証拠もある。

今日の居住地域および商業地域における土地利用の需要は高く、洪水防御壁および堤防による洪水防御の努力が必要とされる。渓谷が狭く居住地域が細長く広がっているため、こうした洪水防御構造物に費用がかさむ割にはそれによって守られる地域の面積はさきめて小さい。さらに、これらの構造物対策については、自然、村落、町並み等の景観面で国内および国際的観光産業に与える影響も考慮に入れる必要がある。可動式の洪水防御構造物の利用には、特に警報前時間に依存しなければならない点で、技術的・組織的に限界がある。

ケルン市には、全長約1.5kmの可動式洪水防御システムがある。しかし、このシステムが効果を発揮するのは15~20年洪水までにすぎない。ケルンの場合、信頼性の高い警報前時間は24時間を越える。

地方における洪水防御対策の範囲はその都度決定しなければならない。その際、技術的判断、住民の意見そして費用が欠かすことのできない判断基準となる。

5.3 Regional flood protection by flood retention

As mentioned earlier, flood retention systems are being constructed on the Upper Rhine to compensate the increased flood risk due to the development of the Upper Rhine River.

On smaller watercourses in Germany, one can often find flood retention basins for local flood protection. Large reservoirs with several 10 million m³ flood retention capacity exist in some regions, but their main functions are as a rule others, namely low water regulation, drinking water supply, or hydropower generation. The flood protecting effect of these dams is limited to medium sized watercourses immediately downstream.

Presently, the International Commission for Flood Protection on Rivers Moselle and Saar looks into the possibility to influence flood formation on River Moselle. This work is not yet completed, but one can already see that these possibilities are judged rather sceptical.

5.4 Flood warning

Flood warning is given increasing priority. Since 1986 a cooperation has existed between the authorities responsible for flood protection in the Land Rhineland-Palatinate and the Federal authorities dealing with navigation on Rivers Rhine and Moselle for a jointly operated flood warning service. For River Rhine it is possible to give water level forecasts of plus/minus 10 cm accuracy 24 hours in advance, and for River Moselle between 6 to 12 hours before the event. The forecasting for River Rhine uses a statistics-based water level forecasting model. The development and the operation of forecasting on River Rhine is vested with the Federal Institute of Hydrology - BfG, at Koblenz. A similar forecasting system for River Moselle is being developed.

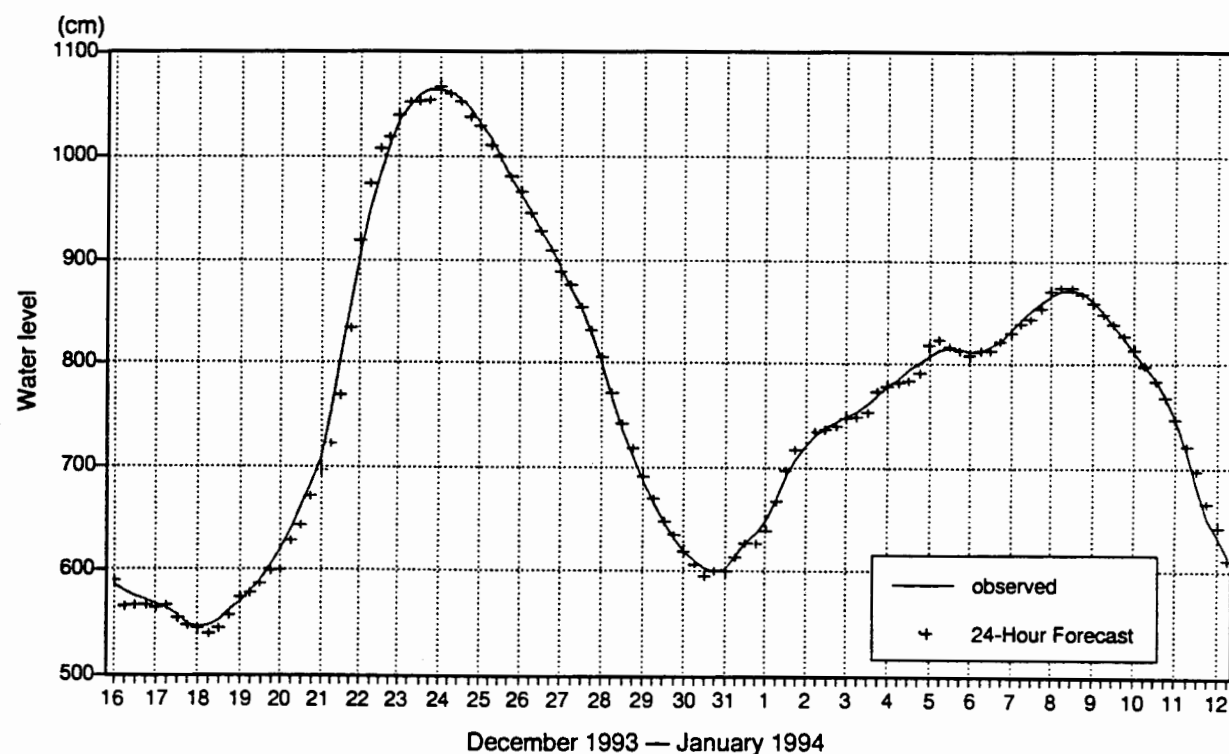


Fig. 6 24-Hour Forecast of Water level at the Gauge Cologne

5.3 洪水流出抑制による広域洪水防御

前述のように、ライン川上流部では開発による洪水危険度の上昇に対する対策として洪水調節池群の建設が進んでいる。

ドイツでは、中小規模の流路が洪水調節池を備えている場合が多い。容量数千万立方メートルの大型貯水池を有する地域も存在するが、このような大型貯水池の主な目的は流出抑制以外のもの、すなわち低水管理、上水道、水力発電等であるのが普通である。このような大型ダム洪水防御効果は直下流の中規模流路に限られる。

現在、モーゼル川・ザール川洪水防御国際委員会 (International Commission for Flood Protection on Rivers Moselle and Saar) がモーゼル川におけるダム等の貯留施設設置の可能性について検討中である。この作業はまだ途上ではあるが、すでに実現性に関する悲観的な見方が強まっている。

5.4 洪水警報

洪水警報の重要性が高まりつつある。ラインラント・プファルツ州の洪水防御管轄当局とライン川、モーゼル川の舟運を管轄する連邦当局との間で、1986年以来、共同洪水警報サービス実現のための共同作業が続けられてきた。ライン川については洪水発生24時間前に、モーゼル川については6～12時間前に±10cmの精度で水位を予測することが可能である。ライン川の水位予測には統計水位予測モデルが用いられている。ライン川の水位予測の開発と運用はコブレンツの連邦水文研究所が担当している。モーゼル川用の同様の予測システムも現在開発中である。

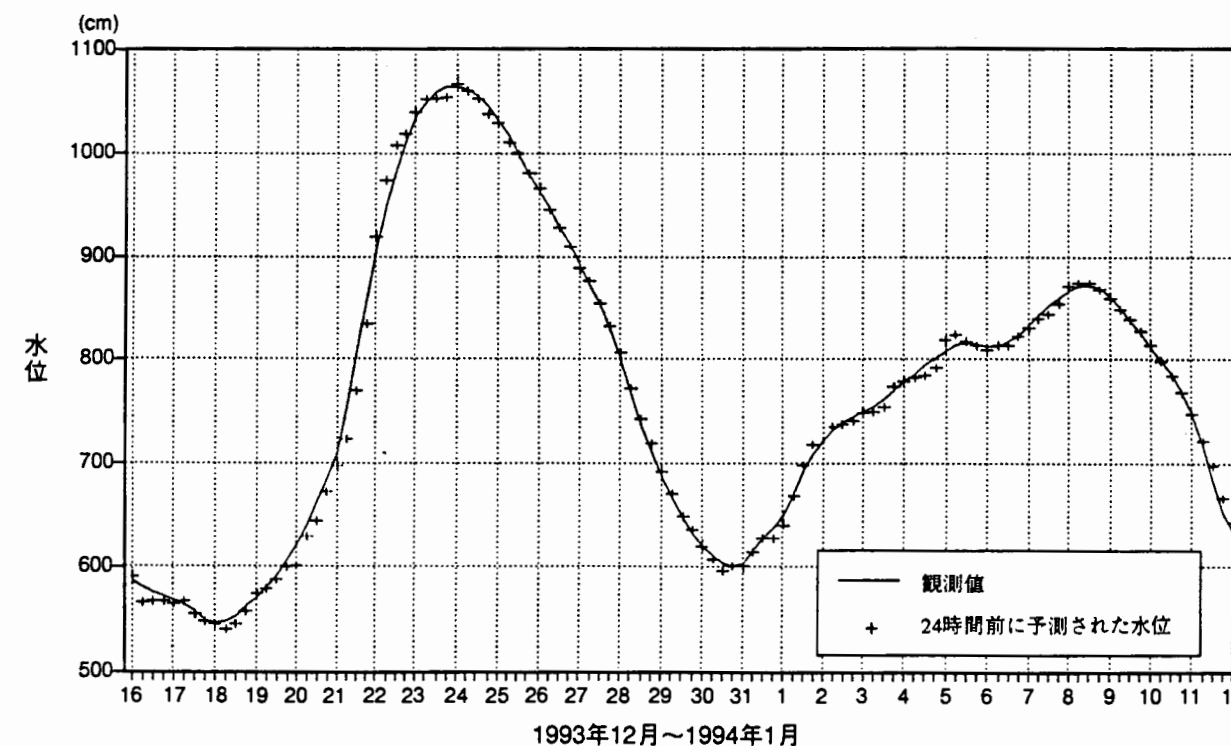


図6 ケルン基準点における24時間後の水位の予測

Moreover, physical-deterministic forecasting models for discharge are under development. In the vast catchment basins of Rivers Rhine and Moselle, however, they do not reach the forecasting abilities of statistics-based water level models. Nevertheless, they are useful in order to predict the effect of retention capacities and to control them. Consequently, a deterministic forecasting model for the southern Upper Rhine, where flood retention capacities are already operational, has been taken into test operation at the Land Baden-Württemberg Institute for the Environment at Karlsruhe in 1992.

For the catchment basin of River Nahe with a size of 4,000 km², a physical-deterministic forecasting model is run at the Flood Warning Centre Koblenz as a precipitation-runoff model. For its operational use it is still necessary to make the handling of the model easier and safer.

Information media for the dissemination of the forecasts are telephone information service, Videotext, Bildschirmtext Btx, and radio. Radio, in fact, had a kind of renaissance during the December 1993 flood, when on long stretches of River Moselle, electricity and telephone had broken down.

6 EXPERIENCES AND CONSEQUENCES OF THE 1993 DECEMBER FLOOD

6.1 Anthropogenic impacts

The flood in December 1993 was formed by wide-areal runoff contributions from the whole catchment area, nearly independent of the prevailing land use. The overall runoff coefficients of 60 to 80% of the flood-inducing precipitation indicate that the influence of impervious surfaces of settlement, industries, and traffic had secondary importance.

The loss of retention space in the streams has direct influence on the discharge behaviour of the respective watercourses, but it is without major relevance for the superior watercourses.

The generally proven increase of discharge in the Upper Rhine, as a consequence of the impoundments, was without significance for the 1993 December flood, since the southern Upper Rhine did hardly contribute to the flood formation.

6.1.2 Water stages

In many smaller watercourses one finds a tendency of deepening-in of river beds due to anthropogenic impacts. The deepening-in of the river bed is accompanied by local lowering of the water table, what brings, on the one hand, some local relief regarding floods but, on the other hand, worsens the flood situation for riparian dwellers downstream because of the loss of retention areas.

On River Rhine, there are, besides stretches where the river bed is deepening in, also aggradation reaches, which must be especially considered in the dimensioning of flood protection facilities by extrapolating the future rise of the bed-surface.

6.1.3 Precipitation

Annual precipitation shows a slightly rising tendency for the past 30 years. Besides, there is a shift in the seasonal distribution pattern of precipitation. Summer precipitation is falling more frequently in early summer. However, a reliable long-term trend cannot be discerned yet. Climate cycles over several decades are known to have occurred in Central European history repeatedly.

In the long observation series of floods on Rivers Rhine and Moselle, longer periods without major floods alternate with intervals of ten to fifteen years, when heavy floods were frequent. Against this background, the homogeneity of the climate data related with extreme flood events has to be questioned anyhow.

さらに、物理—決定論的流量予測モデルも開発中である。ライン川とモーゼル川の広大な流域では、流量予測モデルは統計水位予測モデルに匹敵する予測精度を達成することはできない。しかし、それでも流量予測モデルは貯留容量の効果の予測とその管理に有効である。このため、洪水調節池がすでに運用段階に入っているライン川上流南部を対象とする決定論的予測モデルのテストがカールスルーエのバーデン・ビュルテンベルク州環境研究所で1992年以来続けられている。

面積4,000km²のナーエ川流域用としては、コブレンツ洪水警報センターで物理—決定論的予測モデルが降水流出モデルとして運用されている。この予測モデルを実際に運用するためには、モデルの取り扱いをより簡単かつ安全にすることが必要である。

予報の伝達媒体は電話情報サービス、Videotext、Bildschirmtext Btx、ラジオである。モーゼル川の長い区間で電気および電話が不通となった1993年12月洪水の際にはラジオの価値が大きく見直されることになった。

6 1993年12月洪水の経験と影響

6.1 人為的影響

1993年12月洪水は流域全体からの広域流出が原因となっており、土地利用とはほとんど無関係であった。洪水の誘因となった降水の総合的な流出係数が60～80%であることから、居住地域の地表面の不透水性、産業、交通の影響は二次的なものであったことがわかる。

河川内における貯留スペースの喪失は個々の流路の流量に直接的な影響を与えた。しかし、比較的大きな流路に対する影響は大きくなかった。

貯水池建設の結果としてライン川上流部で流量が増大したことはすでに証明済みであるが、これは1993年12月洪水にはあまり影響を与えなかった。これはライン川上流南部が今回の洪水の発生にほとんど寄与しなかったからである。

6.1.2 水位

中小規模の流路では人為的影響による河床低下の傾向が見られる場合が多い。河床の低下は一部で地下水位の低下を伴う。この地下水位の低下は一方では場所により洪水を軽減する効果もあるが、他方では貯留スペースの喪失のため下流の沿岸住民にとっては洪水の状況を悪化させることにもなる。

ライン川では河床低下が進行中の区間の他、河床上昇が進行中の区間もある。洪水防御施設の規模決定に際してはこの問題を特に考慮し、河床の今後の上昇を現在の上昇速度から予測する必要がある。

6.1.3 降水量

過去30年間の年降水量はわずかに増加の傾向を示している。また、降水量の季節的分布のパターンにも変化が見られる。夏季の降水は初夏に比較的多い。しかし、はっきりとした長期的な傾向はまだ認められていない。数十年単位の気候の周期的変動が中央ヨーロッパの歴史の中で繰り返されてきたことはすでに知られている。

ライン川およびモーゼル川の過去の長期洪水観測データによると、大洪水の発生しない長い期間と大洪水が頻発する10～15年の期間が交互に訪れている。このことを踏まえた上で、最大洪水に関連する気候データの均一性につき何等かの形で問い直してみる必要がある。

6.1.4 Damage potential

The damages caused by floods generally become ever higher. This trend can be seen in the data of all insurance companies. Because hydrological data do not allow to derive this trend, the true reason for these higher damages is the increased potential for damages in the flood-prone areas.

One of the reasons for the growth in damage potential is the growing wealth in the industrial societies. Some decades ago, automobiles, electronic appliances, and central heating systems were not as common possessions as they are today and could consequently not be damaged by floods then. Another cause of the increased damage potential is the wide-spread abandoning of traditional experiences. Inundation areas that had been kept free for centuries have been developed in the last few decades for settlements, industries, and traffic systems. The warnings of the experts have been widely ignored.

The increased damage potential in the flood areas is the true anthropogenic cause for the higher flood damages in Germany today.

6.2 Deficits in flood protection

The local responsables for flood defence and the riparian dwellers themselves had been surprised at the rapid increase of the flood and the water stages it reached in December 1993, although such a flood event was in the known range of probability. At Koblenz, for instance, the inundation areas defined by law at the beginning of this century are exactly those areas that were hit by the flood in December 1993.

Experience of major flood events goes beyond the temporal limit of the individual memory. The gap between the subjective expectancy of floods to occur and the objective risk of flooding widens - the more the extremer the event is, unless the knowledge of the experts about the objective probability of floods can be brought to the awareness of the riparian dwellers.

This gap between subjective expectancy and objective flood risk results in lacking precautions against floods, which includes

- intensified use of potential inundation areas for settlements and industries;
- construction methods that are not sufficiently flood-safe; and
- insufficient use of the pre-warning time for damage minimization.

6.3 Future activities

The improvement of the infrastructure by building flood retention capacities on the Upper Rhine and local flood-protection walls and dikes is continued. Simultaneously, all possibilities for increased water retention in the area of the catchment are harnessed. Water running from impervious surfaces should not be allowed to enter the nearest watercourse directly but should infiltrate. The renaturation of watercourses aims to reactivate the natural retention in the river plains. However, it should be kept in mind that all these measures loose in their effect on flood discharges the more extreme the flood event is.

The second approach aims to limit the damage potential along the watercourses and, if possible, to reduce it. New construction in flood-prone areas should possibly be avoided. If nonetheless developments are planned for potentially flooded areas, rules for flood-safe construction designs should be set. Together with an increased acceptance of flood warnings among the public, these measures offer the greatest capacities for reducing the damage potential during floods.

6.1.4 被害ポテンシャル

洪水被害は一般的に拡大する傾向がある。この傾向はすべての保険会社のデータに表われている。水文データからはこの傾向を導き出すことができないことから、水害のスケール拡大の本当の理由は洪水危険地域における被害ポテンシャルの上昇であると考えられる。

被害ポテンシャルの上昇の原因の一つが工業社会における財産の増大である。数十年前には、自動車、電子機器、セントラルヒーティングシステムは今日ほど普及していなかったため、洪水による被害を受けることもなかったわけである。被害ポテンシャルが上昇したもうひとつの原因は過去の経験を無視する傾向の拡大である。何世紀にも渡って被害を受けなかった洪水危険地域では過去2～3世紀の間に住宅、工業、交通システムの開発が進み、専門家の警告が一般に無視されるようになってきている。

氾濫地域における被害ポテンシャルの上昇が、今日のドイツの水害増加の人為的原因である。

6.2 洪水防御対策の問題点

1993年12月洪水の際、その程度の洪水は確率的に予想されていたにもかかわらず、洪水防御担当者および河川沿いの住民は洪水増大と水位上昇の速さに驚いた。例えば、コブレンツでは、今世紀始めに法律で定義されていた氾濫地域がそのまま今回の1993年12月洪水の被災地域となった。

大洪水は人間が記憶できる期間よりも長い周期で発生する。客観的な洪水の確率に関する専門家の知識を河川沿いの住民に伝えない限り、主観的な洪水の見込みと客観的な洪水の危険度とのギャップが拡大してしまう。そして洪水の規模が大きければ大きいほどそのギャップは大きくなる。

この主観的な見込みと客観的な洪水危険度との間のギャップのため、洪水対策が疎かになる。例えば、

- 宅地開発および工業開発における氾濫危険地域の利用の高度化
- 洪水に対する安全度が不十分な工法
- 被害を最小限に止めるための警報前時間の利用が不十分

6.3 今後の取り組み

ライン川上流部での洪水調節池の建設と各地における洪水防御壁および堤防の建設を通じ、治水施設改善のための努力が続けられている。これと並行し、流域内の洪水調節機能を高めるためのあらゆる可能性の追求が行われている。不透水性の地表面からの流出水を最も近くの流路に直接流れ込ませるのではなく地中に浸透させるようにすべきである。自然の流路の復元の目的はその流域が本来有する洪水調節機能を再活性化することである。しかし、洪水の規模が大きくなればなるほどこれらの対策の洪水流量に対する効果は薄れることを忘れてはならない。

もうひとつの取り組みの目的は、流路沿いの地域の被害ポテンシャルの上昇を食い止め、可能であれば低下させることである。洪水危険地域における新たな建物の建設は避けるべきである。それでもなお洪水危険地域での開発を実施する場合には、洪水に対して安全性の高い構造設計の基準を設定すべきである。洪水警報が住民に受け入れられるようにするための対策とこれらの対策を併用することにより、洪水時の被害を低下させる機能を最大限に高めることが可能である。

7 OUTLOOK

Flood protection is a multi-factorial problem that cannot be solved by a single patent remedy. Only a whole bundle of actions, which are oriented at the respective technical, economic, and social conditions, can achieve a lasting relief for flood risks.

Besides efforts to influence the floods, which are feasible to a certain extent, it must be understood that floods are part of the forces of nature to which man has to adjust by taking the necessary precautions. Flood damages result always from the gap between subjective expectancy and objective flood risk. To narrow this gap is in fact the actual task of flood protection.

8 REFERENCES

- Engel, A.: The Flood of December 1993 on River Rhine, Wasserwirtschaft, Heft 2/94, S. 94, Paul Parey Verlag, Hamburg
- Worreschk, B., H. Meuser: The Flood of December 1993/January 1994, Report Nr. 208/94, Landesamt für Wasserwirtschaft, Mainz, 1994
- Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: Report of the Flood in December 1993, Jan. 1994, Karlsruhe
- Rother, K.-H.: Flood Protection on River Rhine, Kassel
- Wasserwirtschaftliches Symposium, Universität Kassel, March 1994, Herkules Verlag, Kassel
- Wilke K., F. Barth: Operational River Flood Forecasting by Wiener and Kalman Filtering, Vienna Symposium, Aug. 1991
- IAHS Publ. Nr. 201, 1991
- International Flood Study Group on River Rhine: Final Report, 1978, Ministry of Traffic, Bonn, 1980

7 今後の展望

洪水防御は複数の原因から生ずる問題であるため、ひとつの特効薬的方法で解決することはできない。洪水の危険に対する恒久的な解決策は、技術的、経済的、社会的条件を踏まえた総合的な対策をおいて他にない。

洪水を制御することはある程度までしかできないのであるから、このための努力に加え、洪水が天災であることを念頭においた上でしかるべき措置を講じて適応していく努力も必要である。水害の原因はいつも主観的な見込みと客観的な洪水危険度のギャップにある。このギャップを狭めることが事実上の洪水防御対策なのである。

8 参考文献

- A. エンゲル: 1993年12月ライン川洪水, Wasserwirtschaft, Heft 2/94, S. 94, Paul Parey Verlag, ハンブルグ
- B. ウォレシュク, H. モイスル: 1993年12月/1994年1月洪水, Report Nr. 208/94, 水利経済局
- バーデン・ビュルテンベルク州環境研究所: 1993年12月洪水報告書, 1994年1月, カールスルーエ
- K. H. ロター: ライン川の洪水防御, カッセル水利経済シンポジウム, カッセル大学, 1994年3月
- K. ウィルケ, F. バルト: ウィーナーおよびカルマン・フィルターによる実用河川洪水予測手法, ウィーン・シンポジウム, 1991年8月
- ライン川国際洪水研究グループ: 最終報告書, 1978, 交通省, ボン, 1980

"Recent Floods and New Floods Control Plans in France"

Prof. Pierre-Alain Roche

Director of Aube District Board,

*French Ministry of Public Works, Transportation, Housing and
Tourism*

「フランスにおける最近の洪水と新しい治水計画について」

ピエール・アラン・ロッシュ

フランス公共事業・運輸・住宅・観光省オーブ県部長

RECENT FLOODS AND NEW FLOOD CONTROL PLANS IN FRANCE

Prof. Pierre-Alain ROCHE

Director of the Aube District Board

French Ministry of Public Works, Transportation, Housing and Tourism

Professor in hydrology

French National High School for Civil Engineering

In this resume, we present a short review of the following topics:

1. Floods in France
2. Institutional organization and main principles of the flood management of risk in France
3. Specific circumstances of the Rhône river basin, where some of the recent disastrous flood occurred
4. Recent 1992-1994 floods
5. New flood damage prevention strategy

1. FLOODS IN FRANCE

Metropolitan France has a generally mild and temperate climate, with drainage basins of highly diverse morphologies and dimensions. This can lead to floods slowly submerging wide alluvial plains, or, on the contrary, to flash floods rapidly filling up small valleys (see Figs. 1, 2, 3). Widespread floodings occur mainly in winter or spring in the large basins of the Seine, Loire, Rhône and Garonne rivers. These floodings can last from several days to several weeks. Flash floods are caused by intense rainfall in spring, summer or autumn particularly near the Mediterranean, in small mountainous catchments.

In any case for a very long time now, human societies have colonized these plains and valleys for a variety of reasons: water supply, communication links, soil fertility, etc., and human settlements are partly concentrated close to or within flood-prone areas. In France, flood plains occupy approximately 4% of the total surface, i.e. 22,000 sq. km (15,000 km of river). Out of 36,600 communities (towns and villages) 7,500 risk, at least, being partially flooded (see Fig. 4). Among these there are 300 great urban centers including Paris, Lyon, Bordeaux, Tours, Montauban, Nancy, Metz, Mâcon, Béziers, Strasbourg and Saintes. Two million riverside residents are affected by the risk of flooding.

The average annual damage is estimated at approximately 2 billion francs (about 36 billion ¥). This estimation takes into account direct damage (damage to buildings, infrastructures and equipment repair costs) and indirect damage (lost working days, higher transport costs).

フランスにおける最近の洪水と新しい治水計画について

ピエール・アラン・ロッシェ

フランス公共事業・運輸・住宅・観光省

オーブ県部長

フランス国立高等土木学校

水文学教授

このレジメでは、以下の項目について簡単な考察を行う。

1. フランスにおける洪水
2. フランスにおける治水政策と組織・制度
3. ローヌ川流域における近年の大洪水
4. 近年の洪水 (1992年-1994年)
5. 新たな水害防止対策

1. フランスの洪水

フランス本土の気候は、一般に温暖で、地形や大きさがさまざまな流域からなっている。このため、洪水によって広大な沖積平野がゆっくり冠水する場合がある一方、急激な洪水により小さな谷が一気に氾濫する場合がある (図1、2、3参照)。広範囲の洪水氾濫は、セーヌ川、ロワール川、ローヌ川およびガロンヌ川の大流域で、主として冬または春に発生し、数日から数週間続く場合がある。急激な氾濫は、山間部の小流域、特に地中海付近で春、夏または秋の豪雨によって生じる。

いずれの場合においても、非常に長い間、人間社会は、水供給、交通事情、土壌の肥沃さなどのさまざまな理由によりこれらの平野や谷を開拓したため、集落の一部が氾濫原内またはその周辺に集中している。フランスでは、国土の総面積の4%にあたる22,000km²を氾濫原が占めている。36,600の市町村のうち7,500は、少なくとも一部が冠水する危険がある (図4参照)。これらの市町村には、パリ、リヨン、ボルドー、トゥール、モンターバン、ナンシー、メッス、マコン、ベジエ、ストラスブール、およびサントをはじめとする300の人口密集地があり、200万人の沿川住民が氾濫の危険の脅威を受けている。

年平均被害額は、約20億フラン (約360億円) と推定される。この推定額は、直接被害 (建物、公共施設の被害) と間接被害 (労働日数の損失、輸送費の増加) の合計である。

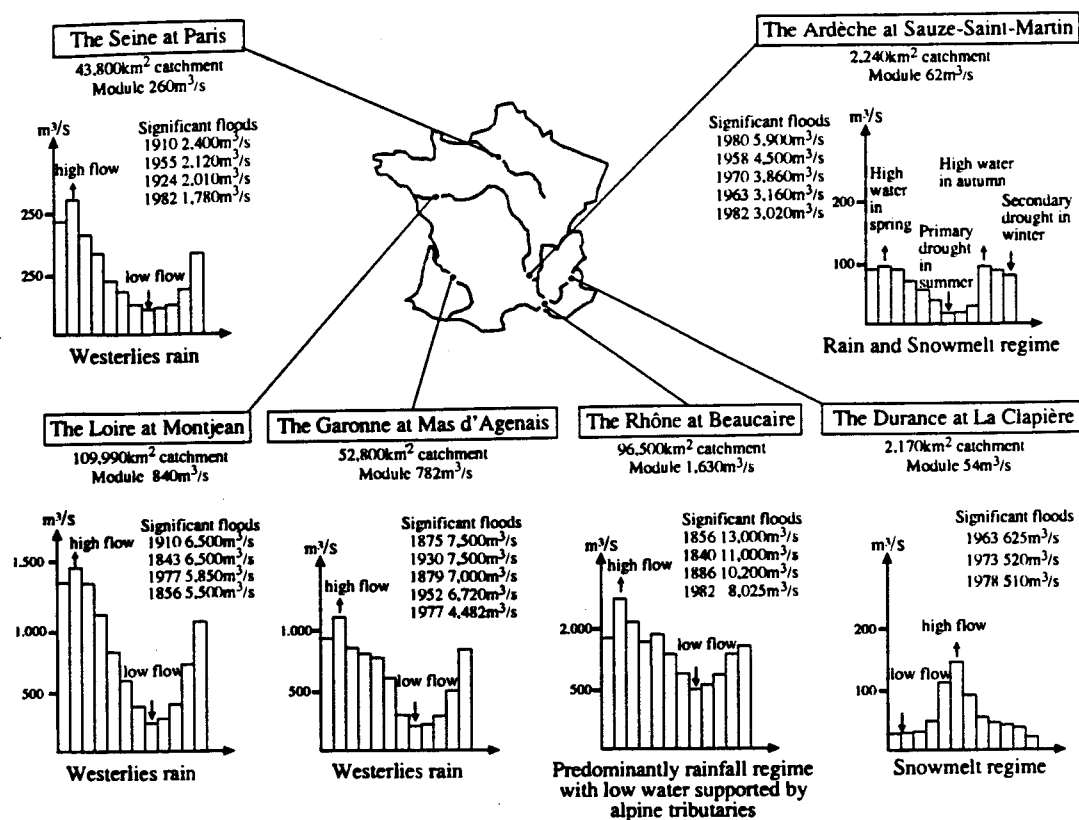


Fig 1 The main hydrological characteristics

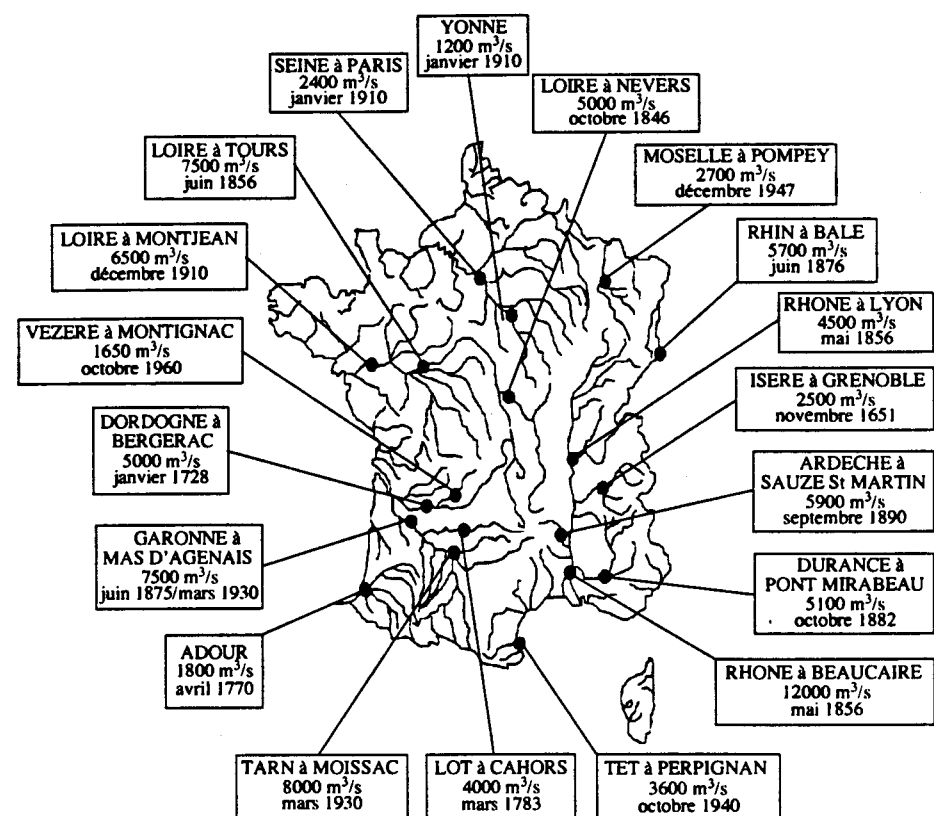


Fig 2 The major historical known floods

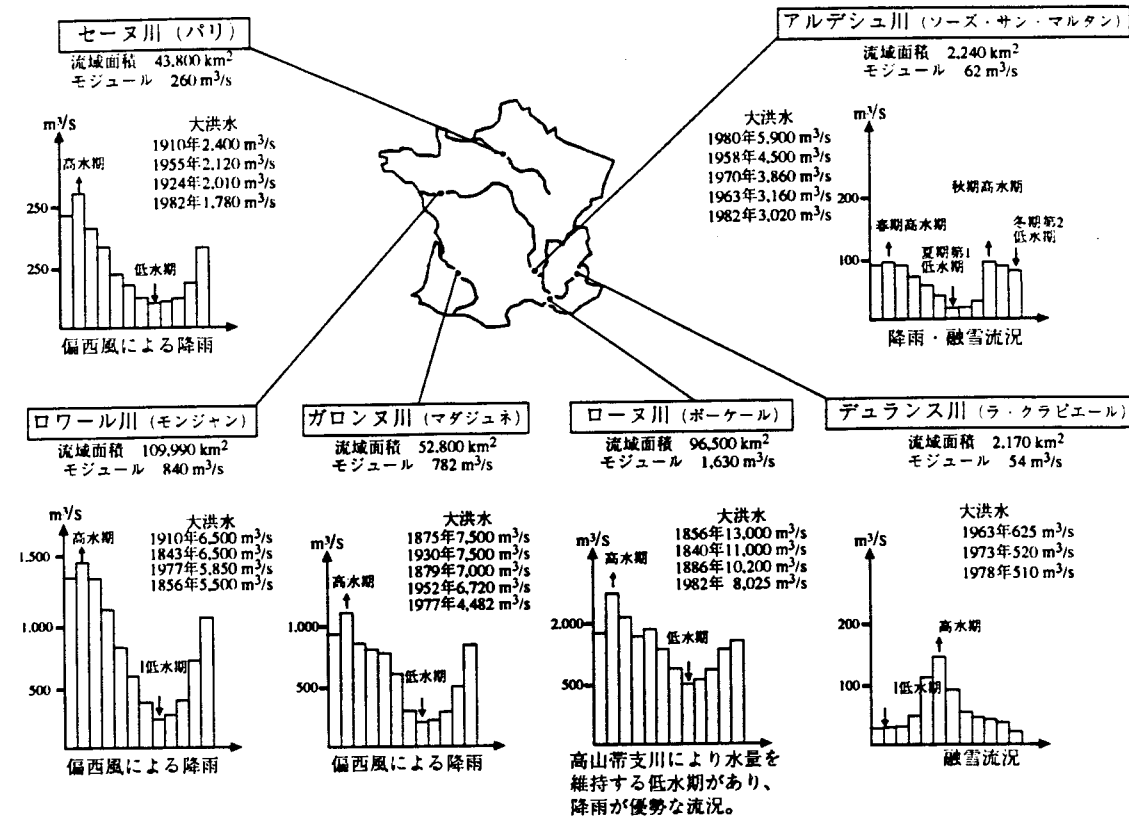


図1 主な水文学的特性

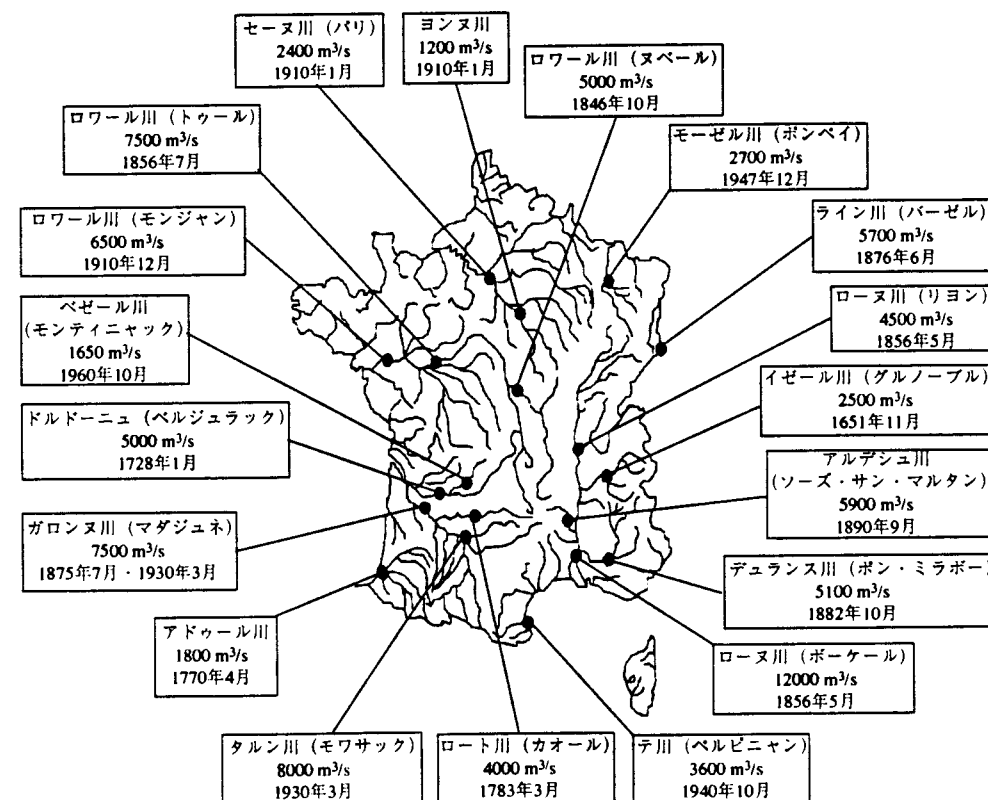
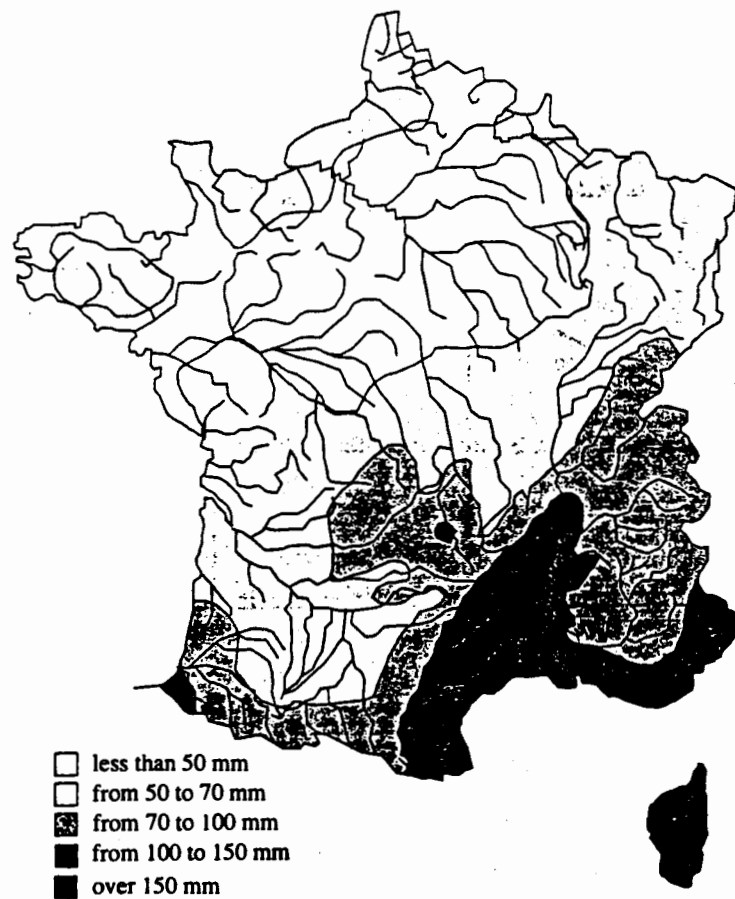


図2 主な既往洪水



According to «Les précipitations de fréquence rare» P. Boiret, J. C. Scherer. Ministère des Transports, Direction de la Météorologie, Bureau de l'Eau, Ministère de l'Agriculture, Direction de l'Aménagement, SMVHDR, 1986

This map has been produced from the national pluviometric network. 3723 stations have been used. Copyright IGN and B.E.

Fig 3 Map of ten year return period daily rainfall

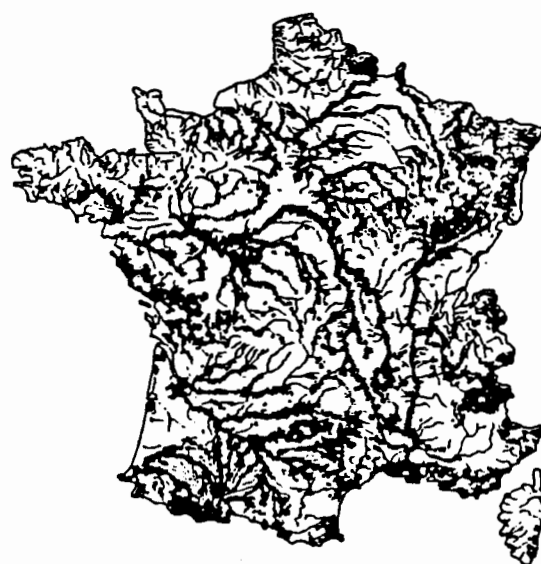
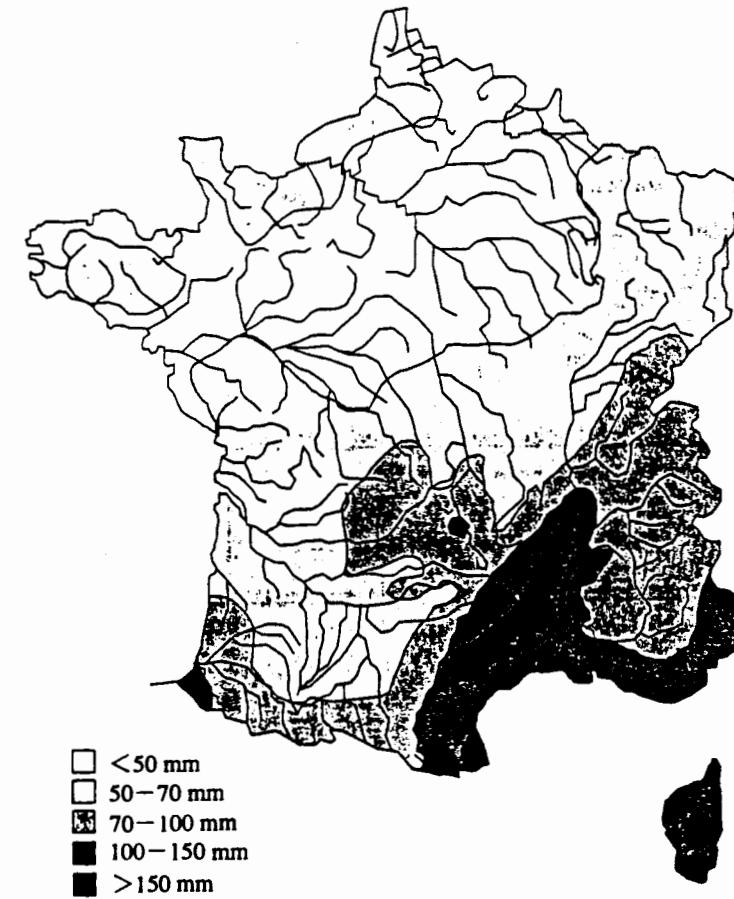


Fig 4 The communes concerned by flooding



この地図は、全国雨量測定網によって作成し、3723か所の観測所を利用した。
「低頻度降水」 P. Boiret, J. C. Scherer, 運輸省気象局水管理室、農務省整備局SMVHDR、1986年

図3 再現期間10年の日雨量の地図

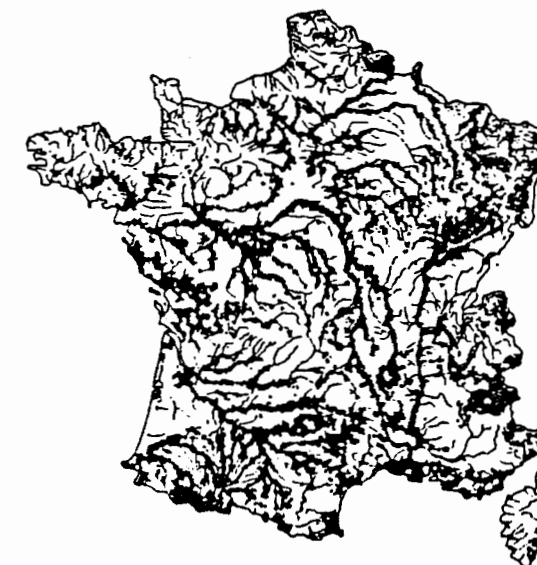


図4 浸水危険区

2. MANAGEMENT OF FLOOD RISK IN FRANCE

The French State is under no obligation to fulfill either protection against or prevention of floods but it has two essential responsibilities as concerns floods:

- already known information about natural risks should be made available to the public;
- laws and regulations should be enforced and their enforcement controlled.

2.1. Structural measures

Since 1807, riparian residents have been in charge of flood protection works. They may group into associations to undertake and maintain the works, and must be allowed by administrative bodies.

Maintenance of non-State rivers is on the same riparian owners responsibility. Many flood protection works have been undertaken by a large variety of local institutions specially authorized by law (towns, districts, regions, and their groups).

Maintenance of State waterways is the state's responsibility, and is organized through specific agencies:

- Ministry of Environment for non-navigable waterways
- National Company of the Rhône (created in 1993) in charge of the Rhône development
- Navigable Waterways of France (created in 1992) for the navigable waterways

For non-navigable State waterways, a discussion is in course to decide if they have to be transferred to local authorities (region, district) or not. New facilities will probably be opened by law for such transfers, when the local authorities are voluntary, but it will be no obligation.

2.2. Non-structural measures

Non-structural measures are intended to assess flood risks, to control land use in flood-prone areas, and to give responsibility to the people subjected to the risks, this being to encourage them to reduce the vulnerability of their property and goods, and to organize individual and collective responses when floods threaten. These measures are essentially based on statutory action engaged in by the State and the local authorities; the evolution of this action shows how awareness of flood risks has increased, especially from the economic and social points of view.

Three types of non-structural measures will be alluded to :

- flood warning
- organization of rescue operations
- land use regulation and compensation of damage of natural disasters.

2.2.1. Flood warning

Better information on rising water levels will help to protect lives and property, and will enable the public to take effective safety measures. This is why the State, although under no legal obligation to do so, organizes flood warning and the dissemination of information along 16,000 km of rivers.

The warning system has been reformed in 1984. The operating conditions for flood warnings are given in the district regulations drawn up by the district Prefect, who is responsible for issuing warnings to the mayors. As soon as they have received the warning, the mayors are kept informed by means of a telephone answering machine with a confidential number (transmitter-relay); the messages are regularly updated by the services of the Prefecture. The public is given

2. フランスにおける治水対策

フランスでは、国が洪水防御を実施する義務を負っていないが、洪水に関して次のような二つの主要な任務がある。

- 自然災害に関する既知の情報を公表する
- 法規を施行し、その施行を管理する

2.1 構造物対策

1807年以降、河岸住民が洪水防御の責任を有している。彼らは、工事を実施し、管理を行うための組合を組織することができる。

非国有河川の維持管理についても、同じく河岸所有者が責任を負う。多くの治水工事は、法律によって個別に承認を受けたさまざまな地方機関（町、県、地域圏およびそれらからなる団体）によって実施されてきている。

国有河川の水路の維持管理は国の管轄とされ、次のような特定の機関によって管理されている。

- 非航行水路については環境省
- ローヌ川の開発についてはローヌ川開発公社（1933年設立）
- 可航水路についてはフランス水路公社（1992年設立）

非航行の国有水路については、地方自治体（地域圏、県）に管理を移管すべきかどうか検討中である。このような移管のための法律によって新たな機関が開設されると思われるが、地方自治体による管理は自発的なものであり、義務とはならない。

2.2. 非構造物対策

非構造物対策は、水害危険度を評価すること、氾濫原における土地利用規制を行うこと、氾濫原の住民の責任により自らの資産の被害軽減策を講じさせること、洪水に対する災害対応を組織化することを目的としている。これらの対策は、本来、国と地方自治体による法令の規定に基づいており、この規定をみれば、経済的、社会的観点から、水害危険度に対する認識がどの程度のものであるかがわかる。

非構造物対策として、次の3種類があげられる。

- 洪水警報
- 救助活動の組織化
- 土地利用規制と被災者の救済

2.2.1. 洪水警報

適切な洪水情報は、生命と財産を守るのに有効であり、住民自身が効果的な安全策を講じることが可能となる。このため、法的な義務はないが、国が延べ16,000kmの河川に対して洪水警報および情報の提供を実施している。

warnings by the local authorities (Mayors), who are responsible for warning and rescue operations in each commune.

2.2.2. Organization of rescue operations

Depending on the size of the phenomenon, responsibility for setting up and coordinating rescue work during flooding, rests either with the Mayors or with the district Prefect. By virtue of his general policing authority, the Mayor is in charge of taking all necessary measures to prevent consequences from flood and other natural disasters consequences by organizing the required rescue work. In case of inefficiency, or on especially dangerous situation, the supervision of rescue work becomes the responsibility of the Prefect, who can make use of all existing means, whether public or private, by bringing into play a predetermined district emergency plan specially designed for floods.

2.2.3. Land use regulations and compensation of damage from natural disasters

The knowledge of the probable location of natural disasters has to influence the choices made in the course of land use planning operations. Two kinds of documents used for planning and for preventive measures can be distinguished:

- documents specifically aimed at "risks";
 - P.S.S. - Plan for Flood-Prone Areas (Plan de Surfaces Submersibles),
 - R111-3 - Risk perimeter determined in compliance with Article R111-3 of the Land Use Code.
 - P.E.R. - Risk Exposure Plan (Plan d'Exposition aux Risques).

All these documents are elaborated by the district State boards.

The establishment of the P.E.R. has been provided by the State law n°82-600 of July 13 1982 relating to compensation of victims of natural disasters. This law establishes the right to be insured against the effects of natural disasters for which no insurance existed before 1982. The Risk-Exposure Plans objective is to reduce vulnerability and to inform the public about the natural hazards to which they are prone. Through limitation of certain uses of land and through obligation of individual prevention techniques, it aims at reducing potential damage. Respect of the regulations can condition the right to compensation. This law combines national solidarity with individual responsibility.

Today, only 550 P.E.R. have been approved, after 10 years of efforts. The initial ambition, with 2000 commune priority plans has not been achieved. The PER was technically too difficult to elaborate for a rapid progress. The opportunity of this close link between insurance and land use regulation has been a subject for discussion. As a matter of fact, it is only a first attempt against individual and collective local irresponsibility, and the necessity appears for a stronger assertion of the State willingness to restrict urbanization in flood-prone areas appears. The main obstacle lies in the complexity of its procedure (see Fig. 5). For example, in Gironde district, we needed, after all the detailed studies, a 3 years discussion was needed to obtain a local acceptance for 30 PER along the Garonne river, before the Prefect was actually in a position to ratify these documents. In many districts, the discussion has been blocked by local authorities, and the documents have not been ratified.

- general documents used for town planning purposes:
 - S.D. - Master Plan (Schéma Directeur)
 - P.O.S. - Land Use Plans (Plans d'Occupation des Sols)

警報システムは、1984年に改良された。洪水警報の実施は、県知事が策定した県規則に規定されている。県知事は市長に対して警報を発令することとされている。市長は、警報を受信すると、番号が非公開の電話自動応答装置によって継続的に情報を得ることができる。情報は、県によって定期的に更新される。市民には、各地域の警報および救助活動を管轄する地元の自治体（市長）から警報が発令される。

2.2.2. 救助活動の組織

水害に対する救助作業の発動と調整は、災害の規模に応じて市長または県知事のいずれかの管轄となる。市長は、必要な救助活動を実施することによって洪水やその他の自然災害による被害を防止するために必要なあらゆる対策を講じる責任がある。これらの対策の効果が無い場合、または特に危険な状況の場合、救助作業は知事の監督下とされる。知事は特に洪水のために事前に策定された県緊急計画を発動することによって、官民の区別なくあらゆる手段を講ずることができる。

2.2.3. 土地利用規制と被災者の救済

土地利用計画検討の際に、自然災害発生の可能性について考慮される必要がある。計画立案および対策の実施のために次のような文書がある。

- 特に「危険度」に対する文書
 - P.S.S. : 洪水危険地図 (Plan de Surfaces Submersibles)
 - R111-3 : 土地利用基準R111-3条に準拠して決定された危険境界線
 - P.E.R. : 災害危険地図 (Plan d'Exposition aux Risques)

これらの文書は全て、県にある国の部局が作成する。

自然災害の犠牲者の救済に関する1982年7月13日付法律第82-600号によって、P.E.R.の設置が規定されている。この法律は、1982年以前は保険の対象とされていなかった自然災害による被害に対して保険が適用される権利を確立した。災害危険地図の目的は、自然災害について市民に情報を与えることによって、危険度を低減させることである。この地図は、土地利用の規制および住民による被害軽減策を通じて被害の程度を低減させようとしている。P.E.R.で示された対策を実施することが、保険による救済を受ける条件となる場合がある。この法律によって、個人の責任が国家と結びつけられている。

10年間の努力の結果にもかかわらず、現在わずか550のP.E.R.が承認を受けているにすぎない。2000の市町村で優先的に地図を作成するという当初の目標は達成されていない。急速なP.E.R.の作成を求めるには、P.E.R.は技術的に作成が難しすぎる。保険と土地利用規制の関係は、ずっと議論の種となっている。事実、これは住民および団体に地方としての責任を負わせようとする初の試みにすぎず、洪水危険区域において都市化を規制する国の意志をさらに強く主張する必要性が現れている。また、その手順の複雑さが大きな障害となっている（図5参照）。例えば、ジロンド県では、詳細な調査の後、ガロンヌ川沿いの30のP.E.R.を地元を受け入れてもらうために3年間の議論を必要とし、ようやく知事が実際にこれらの文書を承認することができた。多くの県で、地方自治体がP.E.R.に反対を唱え、文書が承認されなかった。

- 都市計画目的のために用いる一般文書
 - S.D. : 基本計画 (Schéma Directeur)
 - P.O.S. : 土地占有計画 (Plans d'Occupation des Sols)

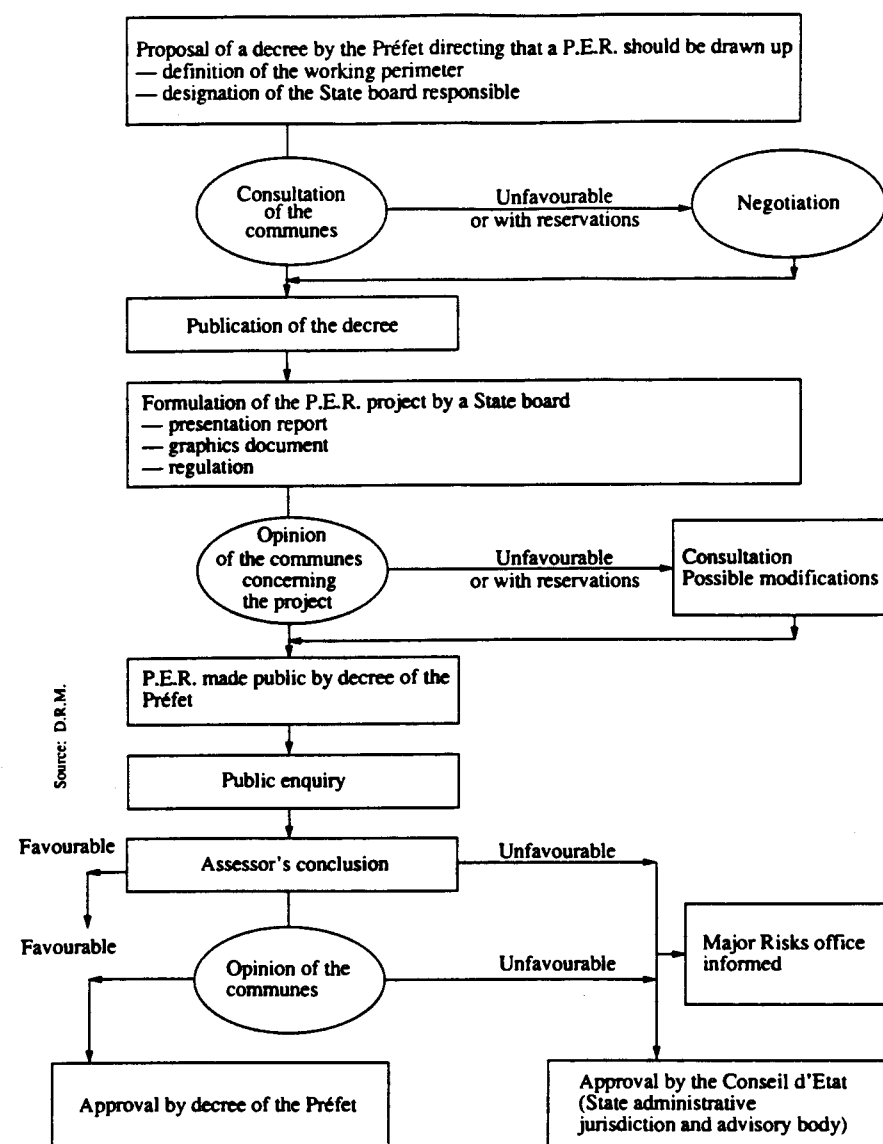


Fig 5 Elaboration process of a P.E.R.

These plans are elaborated under local authorities responsibility. The local State boards bring officially identified risk information to their knowledge, and have to control that the approved documents do take these informations into consideration. Local authorities are under obligation, within the planning and decision-making framework concerning land use, to ensure public health and security (Article L 110, as stipulated in Law n° 87-565 of July 22, 1987). These provisions, specific to hazards, are inoculated in the general town planning documents, which are to incorporate hazards, even in the absence of specific documents. If there are no planning documents, applications for land use can be dealt with individually.

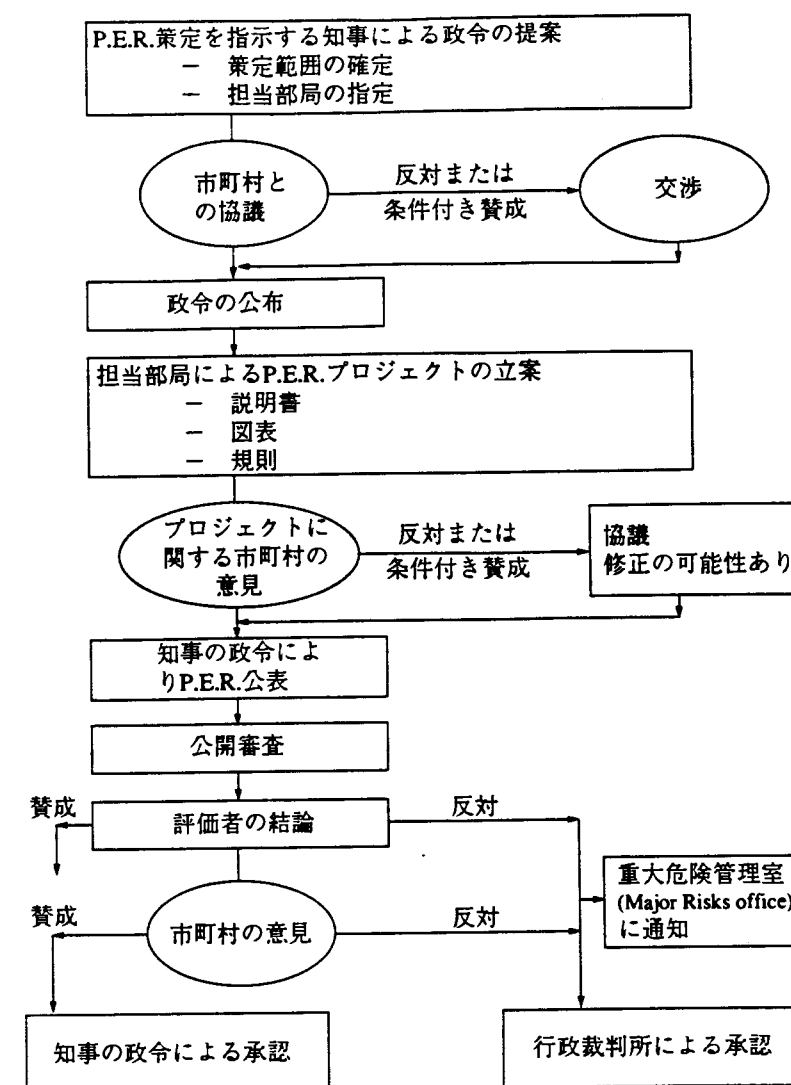


図5 P.E.R.作成過程

地方自治体の管轄下でこれらの計画が立案される。地方にある国の部局は、危険度に関する情報を熟知し、文書がこれらの情報を考慮していることを確認しなければならない。地方自治体は、土地利用に関する計画策定および意志決定の枠組みの中で、公衆衛生および安全を確保する義務がある（1987年7月22日付法律87-565号L110条の規定）。特に災害に関するこれらの規定は、一般的な都市計画文書に組み込まれており、特に災害に関する文書がない場合にも危険を考慮するものである。計画文書がない場合、土地利用の申請は個別に処理することができる。

3. THE RHÔNE BASIN

As some of the most significant recent events have been concentrated in the Rhône basin, we first introduce a few characteristics of this basin.

The Rhône is the large and most voluminous of French rivers. Its drainage basin covers 97,800 sq. km, and it travels 812 km from his source (at the Furka glacier in Switzerland alt: 1735 m) to the Mediterranean sea (See Fig. 6 and Fig. 7).

3.1. Climate

The climate of the Rhône basin is the result of four distinct climatic tendencies:

- a glacial tendency and a nival tendency, with nival precipitations of varying intensity being stored during the winter, which results in niveo-glacial hydrological regimes and estival high water;
- a pluvial tendency, with dominant estival precipitations of between 719 and 883 mm/year.
- a Mediterranean tendency, with rainstorms which can lead to sudden flooding of waterways. Precipitation varies between 600 and 800 mm/year, and is concentrated into a small number of days (50 to 60 per year).

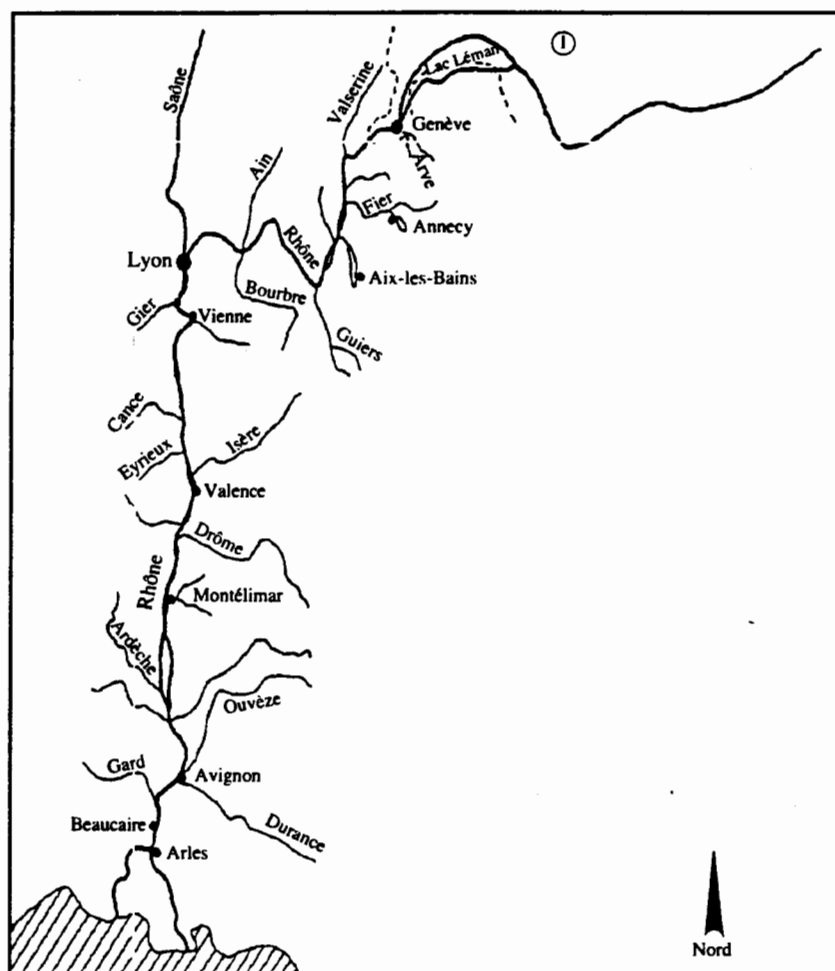


Fig 6 The Rhône and its tributaries

3. ローヌ川流域

近年最も重大な洪水がローヌ川流域に集中しているため、まずこの流域の特徴をいくつか紹介する。

ローヌ川は、最も水量の豊富なフランスの大河である。流域面積は97,800km²で、水源（スイスのフルカ氷河、標高1735m）から地中海まで812kmを流下する（図6および図7参照）。

3.1 気候

ローヌ川流域の気候は、次の四つの異なる気候傾向の結果生じたものである。

- 氷河傾向と融雪傾向：冬には激しさの異なる降雪により積雪し、融氷と融雪による水文状況および夏期に洪水となる。
- 降雨の傾向：夏期降雨が支配的で、降雨量は719～883 mm/年。
- 地中海的傾向：突然の氾濫が生じるような暴風雨がある。降水量は、600～800 mm/年の間で変動し、少ない日数（年に50から60日）に集中している。

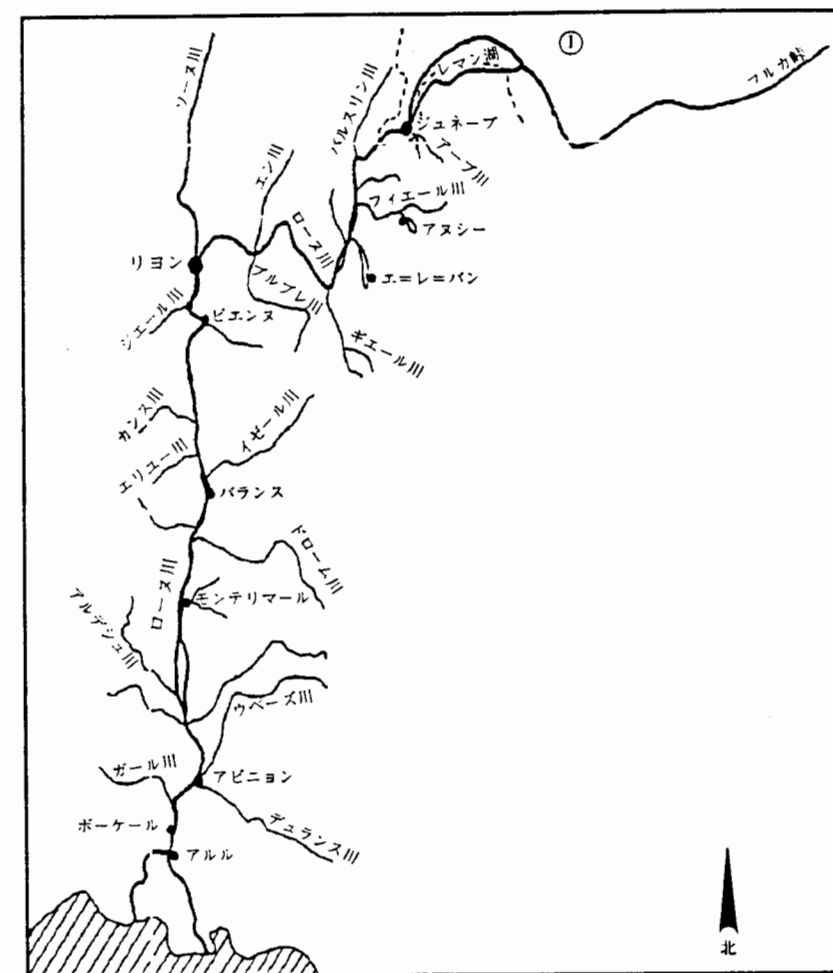


図6 ローヌ川と支川

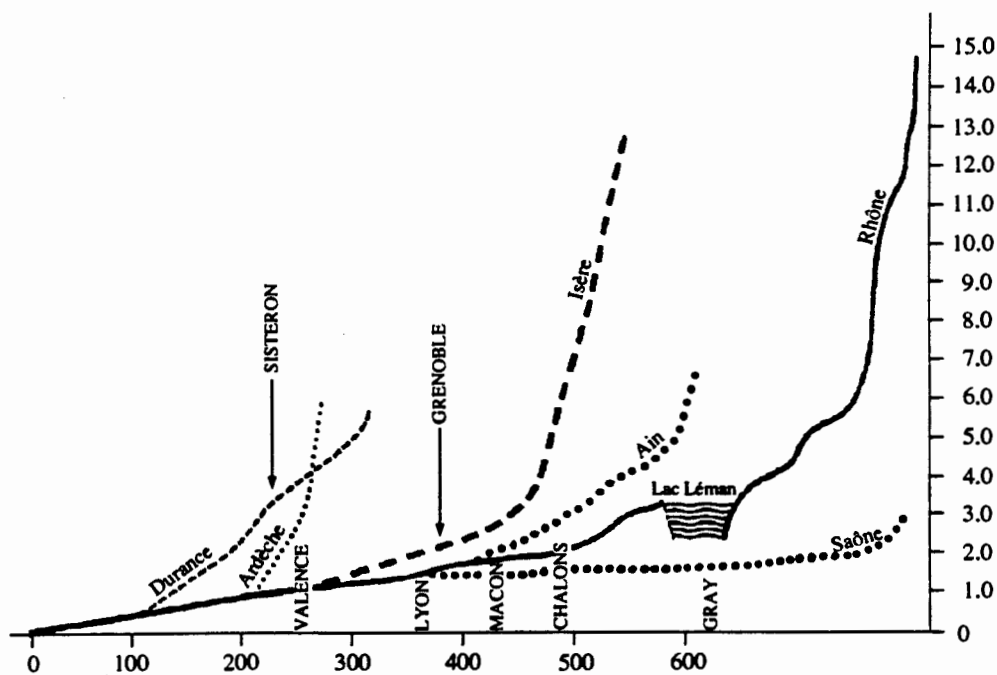


Fig 7 Longitudinal profile of the Rhône and its main tributaries

3.2. Geology

No other river basin in France is as mountainous as that of the Rhône. Overall, only one quarter or its total surface area is at altitudes lower than 500 m. The Rhône has hollowed out its bed in a subsidence situated between two mountainous massifs:

- the Alps, which are mainly limestone
- the Massif Central, which mainly crystalline

The Rhône Basin can be divided into various sections according to hydrological and hydrographical characteristics (see Fig. 8).

For our purpose, we will limit the description to the lower reach of the river, downstream from Lyon.

3.3. The Rhône valley and its lower tributaries

The Rhône occupies the main Rhône valley, called "sillon rhodanien". It passes through a series of defiles and alluvial valleys. It then crosses the Vaucluse plain, between the Pre-Alps in the east, and the Cevennes and the garrigue of Languedoc in the west. There, it is joined by a series of tributaries which modify its regime and raise the average discharge rate to 1,703 m³/s at Arles. These tributaries are:

- the Isère,
- the tributaries coming from the Cevennes massif,
- the tributaries coming from the Pre-Alps,
- the Durance.

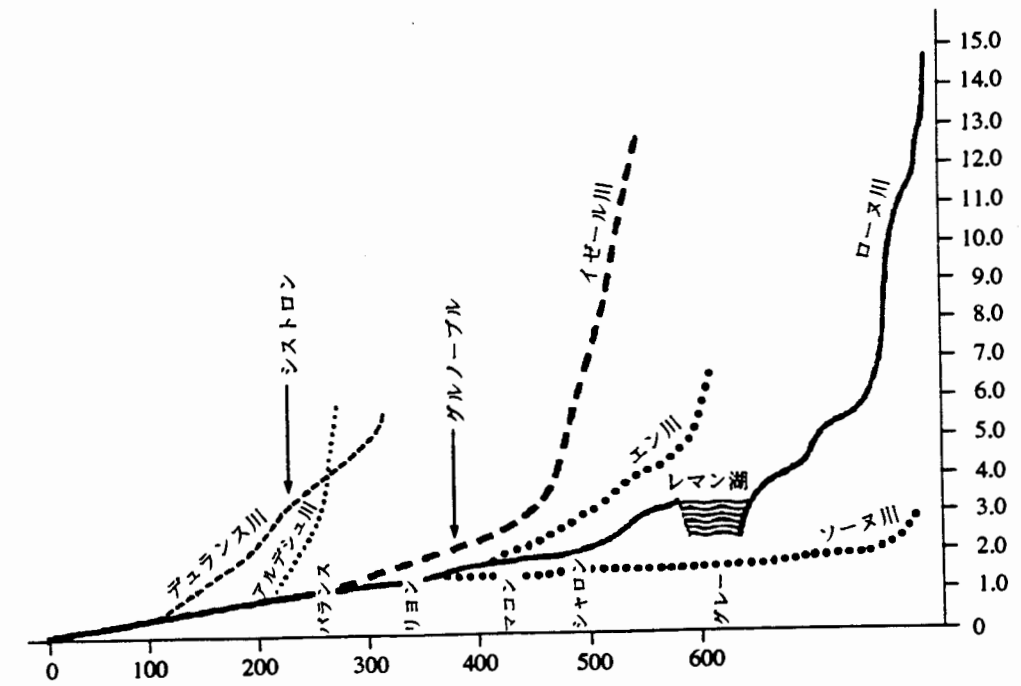


図7 ローヌ川と主な支川の縦断面図

3.2 地質学的特徴

フランスでローヌ川流域ほど山がちな河川の流域はほかにない。全体として、この流域の総面積のわずか四分の一が標高500m未満であるにすぎない。ローヌ川の河床は、以下の二つの大山塊の間にある沈降地帯に位置する。

- アルプス山脈（主として石灰質）
- マシフ・サントラル（主として結晶質）

ローヌ川流域は、水文特性によりさまざまな小流域に分割できる（図8参照）。

ここでは、ローヌ川の下流区間（リヨンから下流）に記述を限定する。

3.3 ローヌ川流域とその下流の支川

ローヌ川は、「ローヌ地溝」と呼ばれるローヌ川流域の主要部を占め、一連の峡谷および沖積地を通過する。その後、東のプレアルプス山脈、西のセベンヌ山脈とラングドック地方の間でポークリユーズ平野を横切る。ここで、一連の支川が合流してローヌ川の流況を変え、アルルでは平均流量が1,703 m³/sまで上がる。これらの支川とは次の通りである。

- イゼール川
- セベンヌ山脈から流入する支川
- プレアルプス山脈から流入する支川
- デュランス川

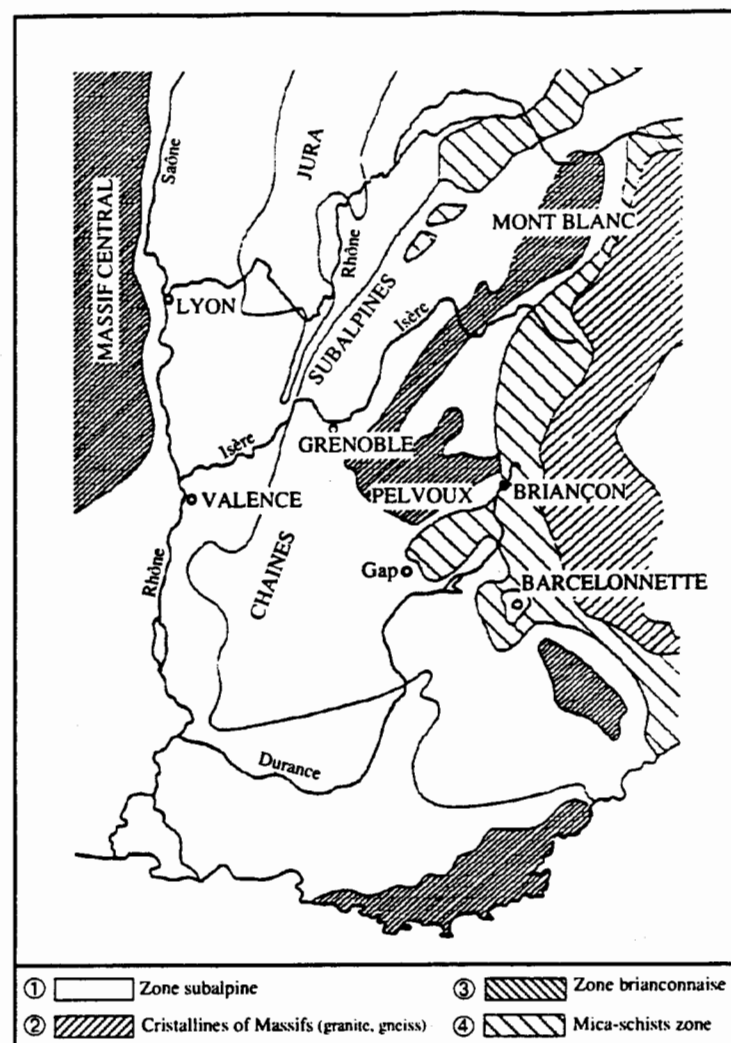


Fig 8 The Rhône catchment: geological map

The Isère and the Durance are Alpine rivers with a high discharge rate and a "nivo-pluvial" regime, and are strongly influenced by precipitations (70%) and by melt-water. After its confluence with the Isère, the average discharge rate of the Rhône is 1,400 m³/s; it has become the largest river in France.

There are four tributaries coming from the Cevennes massif: the Eyrieux, the Ardeche, the Ceze and the Gard. Taken together, their average discharge rate is 150 m³/s. Their regime is very irregular: They are almost completely dry in summer, whereas the copious winter rains cause their levels to rise dramatically. The discharge rate increases even more in the spring with melt-water, and the heavy autumn showers can produce dangerous flash floods (crues cevenoles). Floods are caused by the juxtaposition of various factors: high relief, steep slopes, impermeable soil, and fast and heavy rain showers. Thus, the Ardeche can rise by 17 metres in 12 hours, and its discharge rate can go from 2 m³/s to 7,500 m³/s.

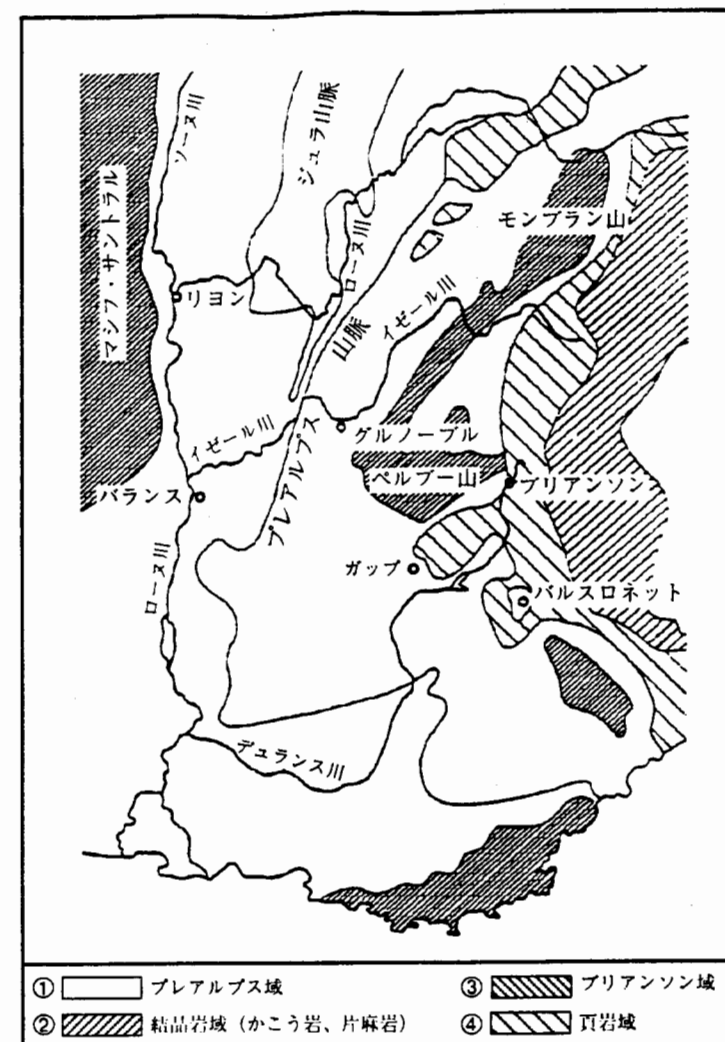


図8 ローヌ川流域：地質図

イゼール川とデュランス川は、流量が多く、「融雪・降雨」による流況を有するアルプス山脈の河川であり、降水量（70%）および融雪水によって大きな影響を受ける。イゼール川と合流したのち、ローヌ川の平均流量は1,400 m³/sとなり、フランス最大級の川となる。

セベンヌ山脈から流入する支川には、エリュエ川、アルデシュ川、セズ川、およびガール川の4本がある。これらの合計の平均流量は150 m³/sで、流況が大きく変動する。すなわち、夏はほぼ完全に干上がるが、冬期の大量の降雨によって水位は急激に上昇する。春には、融雪水により流量がさらに増大し、秋の豪雨によって短期間に急激な出水をする危険な洪水（セベンヌ地方の洪水）が発生する。洪水は、激しい起伏、急斜面、不透水土壤および短期間の豪雨など、さまざまな要因が重なって生じる。したがって、アルデシュ川では、12時間のうちに水位が17メートル上昇し、流量は2 m³/sから7,500 m³/sまで上昇する場合がある。

There are three Pre-Alpine tributaries: the Drôme, the Aygues, and the Ouvèze. They are similar to the rivers coming from the Cevennes. The Mediterranean mountains where they originate confer on them the following regime:

- the regime of their Alpine upper basin is linked to melt-water (nivo-glacial type);
- the regime of their middle basin is linked to spring rain and melt-water (nivo-pluvial type);
- the regime of their lower basin is influenced by the Mediterranean mountains, its main characteristics being low water in the summer and heavy floods in the spring and in autumn.

The Rhône river is largely equipped by low head of water streamline plants and navigable channels built during the 50 last years by the Compagnie Nationale du Rhône (National Compagny for the Rhône). See Fig. 9.

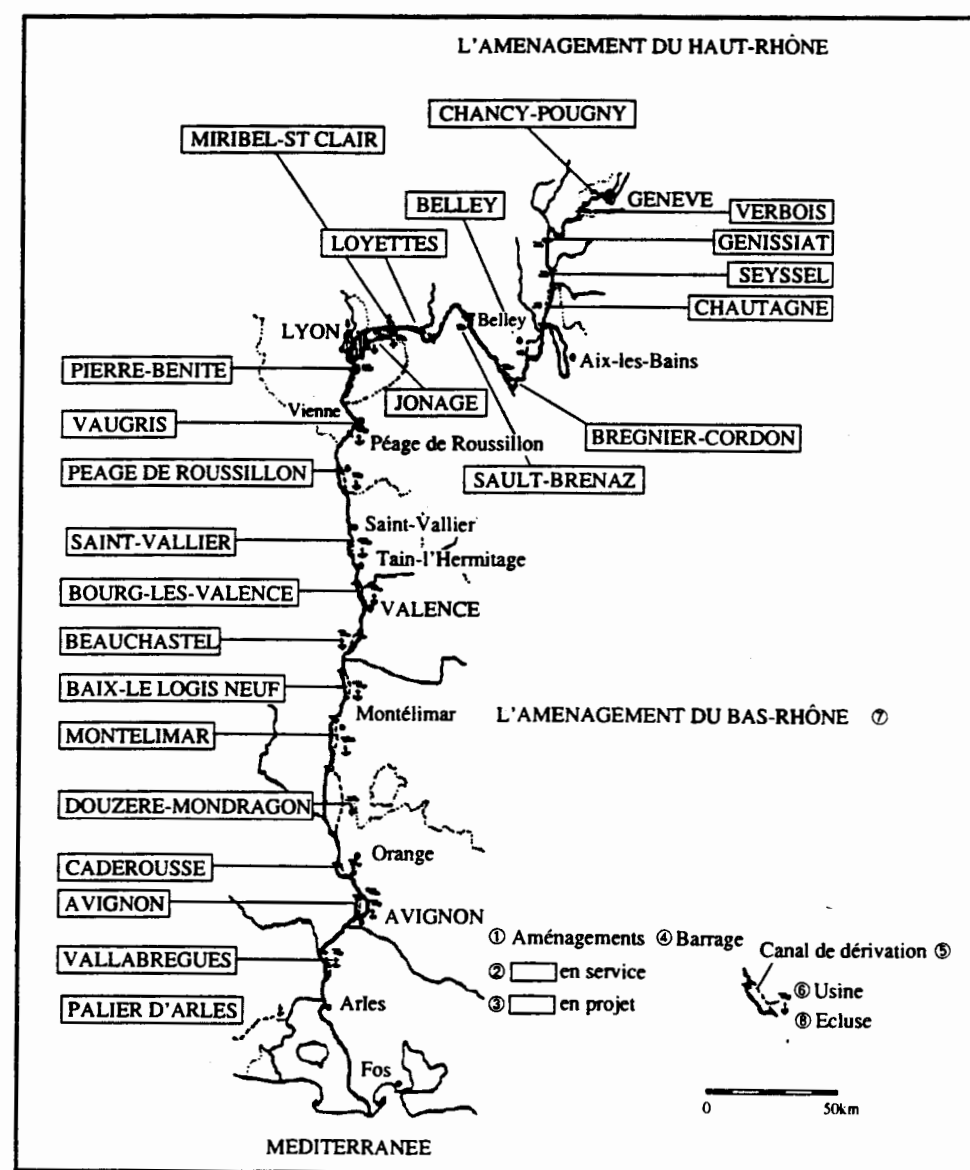


Fig 9 The Rhône plants

ブレアルプス山脈の支川としては、ドローム川、エーグ川、ウベズ川の3本があり、セベンヌ山脈からの流入河川と類似している。水源のある地中海地方の山脈によって、以下のような流況を示している。

- アルプス山脈の上流域の流況は、融雪水と結びついている（融雪・氷河型）。
- 中流域の流況は、春の雨と融雪水と結びついている（融雪・降雨型）
- 下流域の流況は地中海地方の山脈の影響を受け、その主な特徴は夏の低水、および春と秋の大洪水である。

ローヌ川では、この50年間にローヌ川開発公社（Compagnie Nationale du Rhône）によって低落差の水力発電所と可航水路が広い範囲にわたって建設されている（図9参照）。

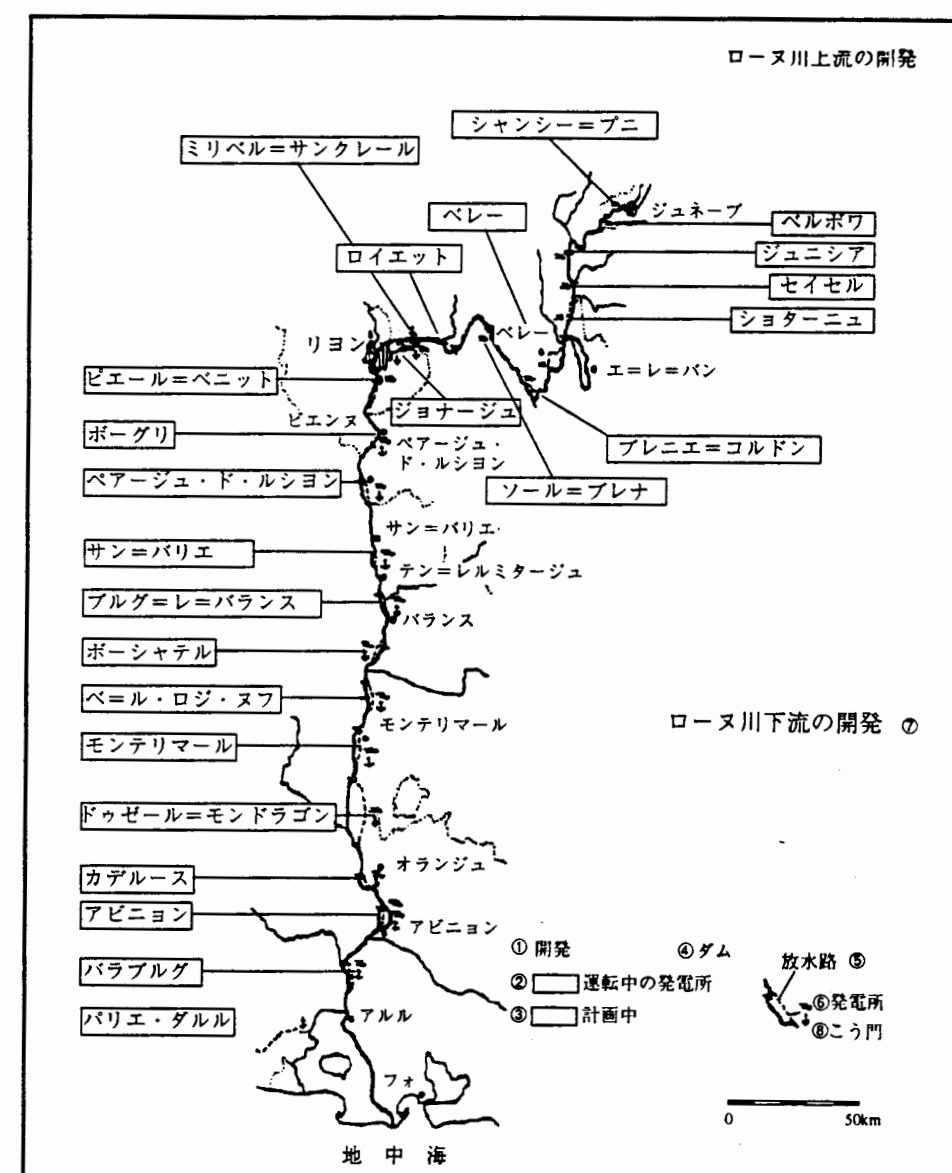


図9 ローヌ川の発電所

3.4. The Camargue delta

Downstream from Arles the mean slope is reduced to 0.03 m/km and the river divides into two arms:

- the Greater Rhône,
- the Lesser Rhône.

These two arms encompass a particular, sensitive environment: the Camargue delta.

The Rhône delta is a system in constant evolution (see Fig. 10, Fig. 11, and Fig. 12). It results from a balance between, on the one hand, the sedimentary matter transported by the Rhône and, on the other hand, the littoral drift. Geologically, it was created by the encroachment of the sea which took place 7,000 years ago. The marine regression which followed led to the trapping of sediments, with a downstream progression of alluvial folds around lagoons and ponds.

The current aspect of the Camargue is in large part the result of human activities, such as the dykes built along the Lesser and Greater Rhône, and the recent upstream development of the bed of the Rhône. The Romans had started building dykes to restrain flooding and protect houses and agricultural land, but most work of this kind was undertaken between the fifteenth and the nineteenth centuries.

- by local authorities,
- by landowners grouped together in associations,
- religious communities,

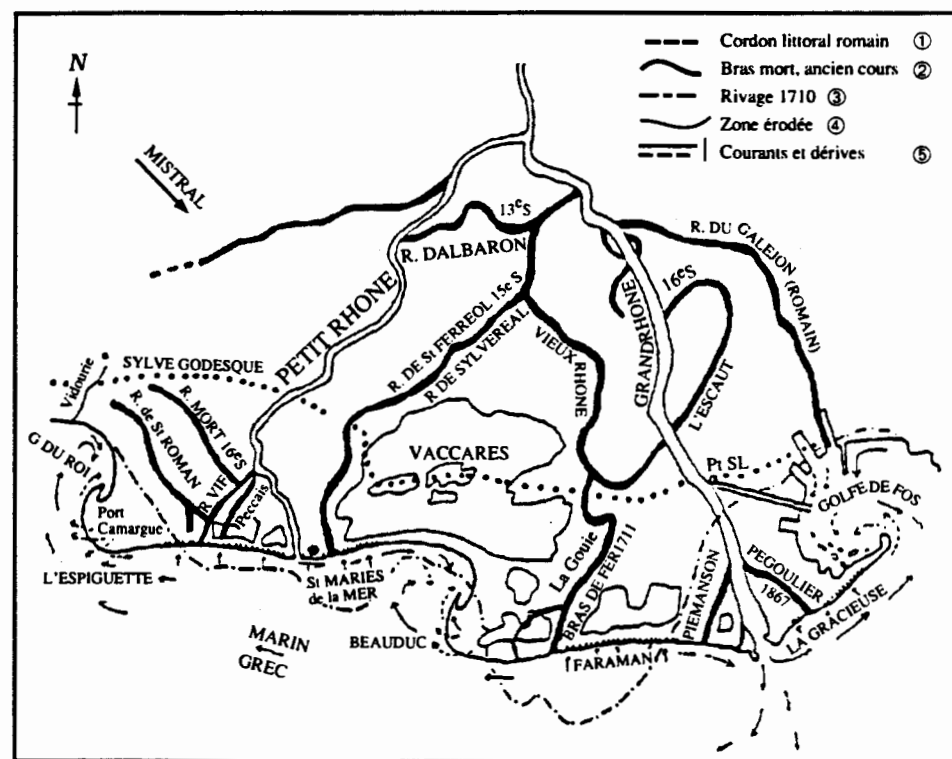


Fig 10 The Camargue

3.4 カマルグデルタ

アルルの下流の平均河床勾配は0.03 m/kmに減少し、ローヌ川は以下の2本の河川に分かれる。

- 大ローヌ川
- 小ローヌ川

これらの2本の支流は、特殊かつ不安定な環境、カマルグデルタを取り囲んでいる。

ローヌ川のデルタは、絶えず一定に変化する地形である（図10、図11および図12参照）。これはローヌ川によって運ばれた堆積物と沿岸漂砂の間の均衡によって生じる。地質学的には、7,000年前に発生した海岸侵食によって生じたものである。その後の海退が、堆積物の沈降を誘発させたため、潟湖や池の周辺で沖積層が下流側に広がった。

カマルグの現状の大部分は、小ローヌ川および大ローヌ川に沿って建設された堤防やローヌ川の上流開発など、人為的な活動の結果生じたものである。ローマ人が氾濫を防止し、家屋を守るために堤防の建設を開始したが、この種の工事の大半は、15世紀から19世紀にかけて次の組織によって行われた。

- 地方自治体
- 連合組織を形成した土地所有者
- 宗教共同体

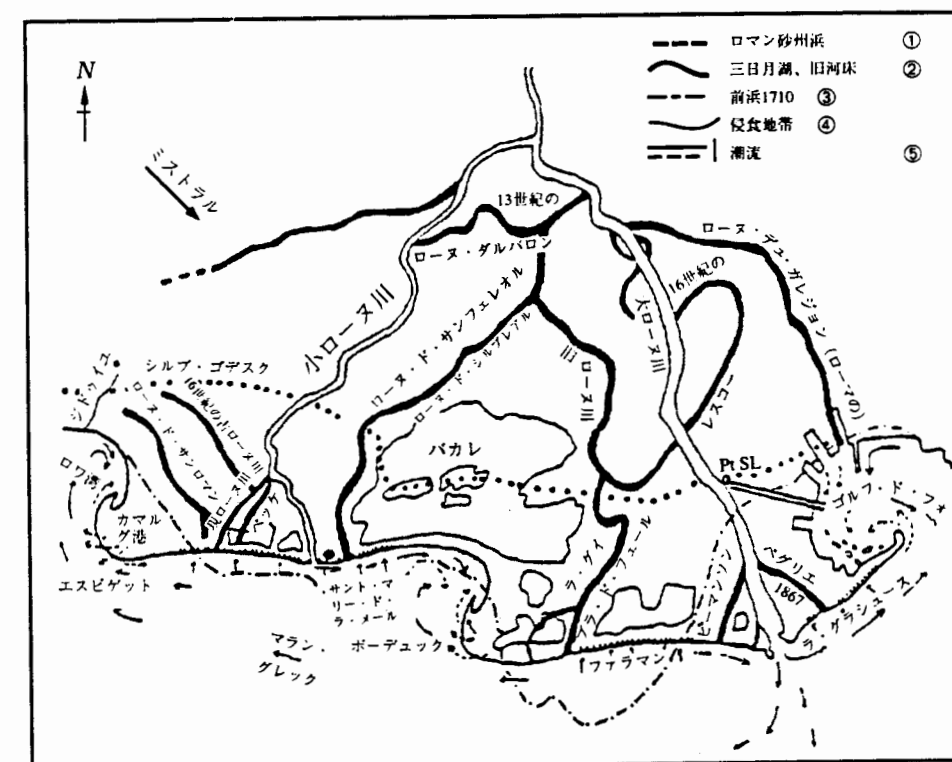
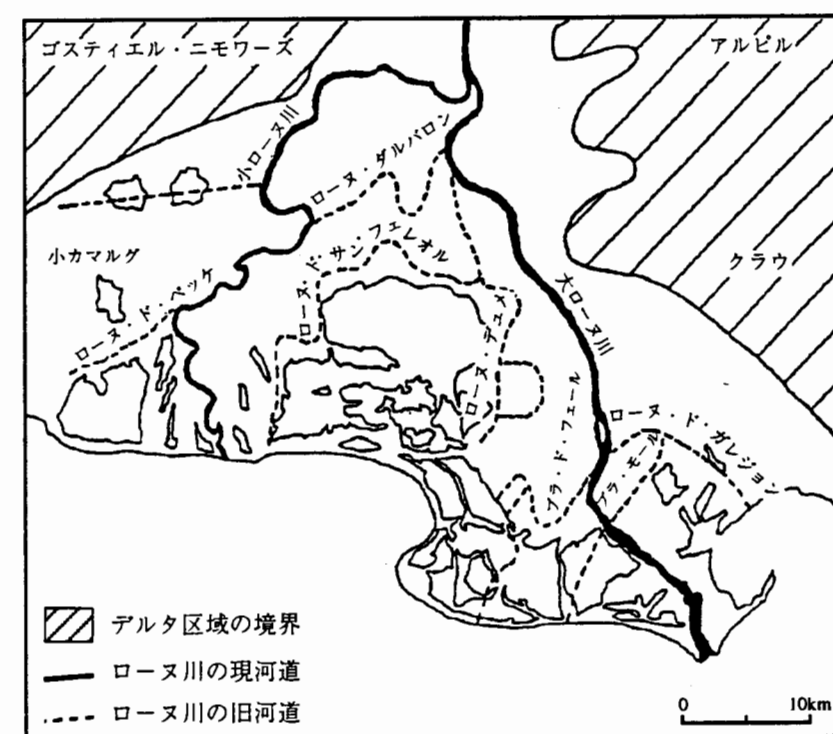
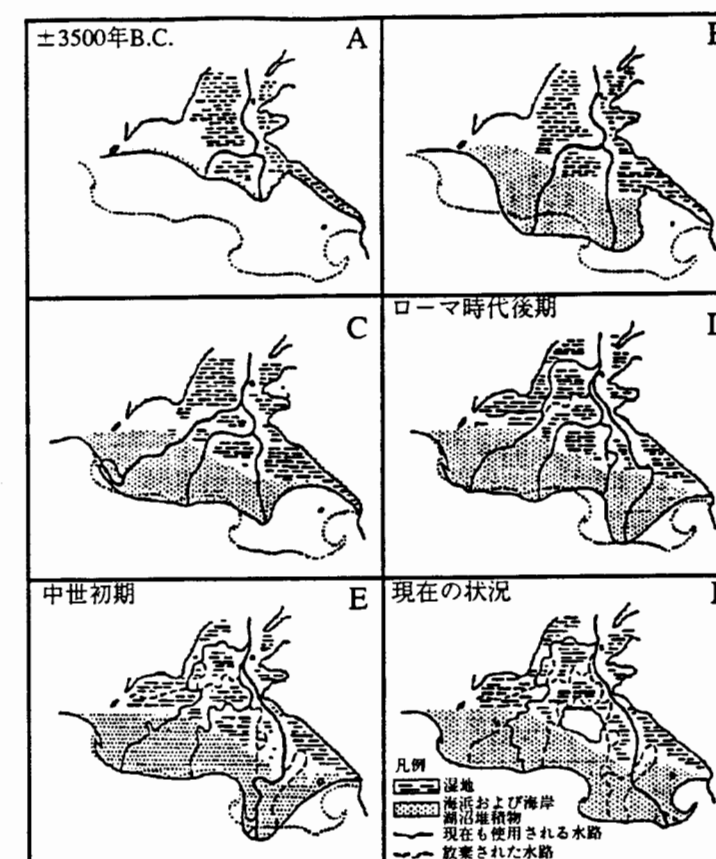
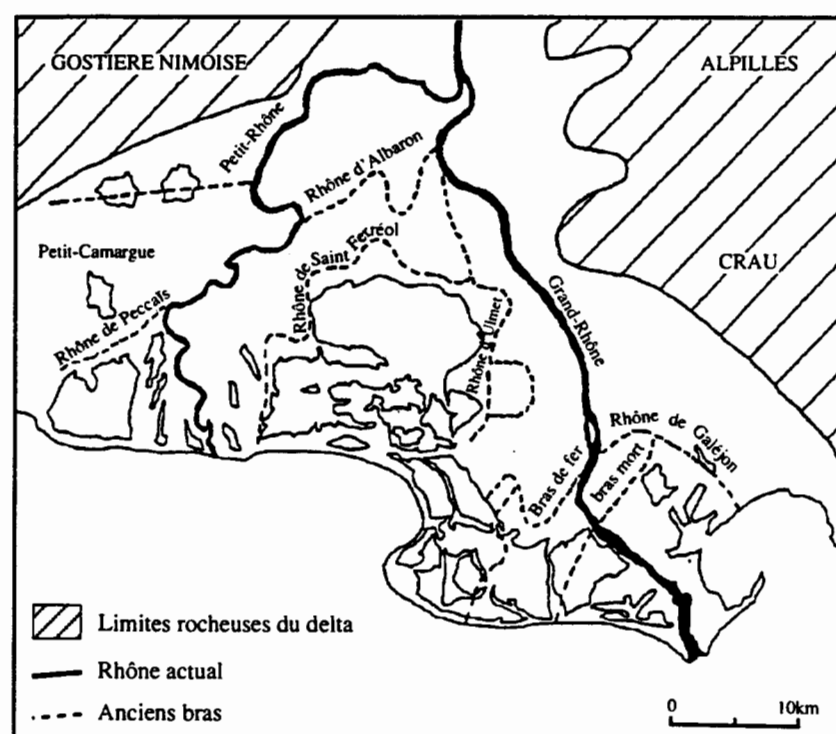
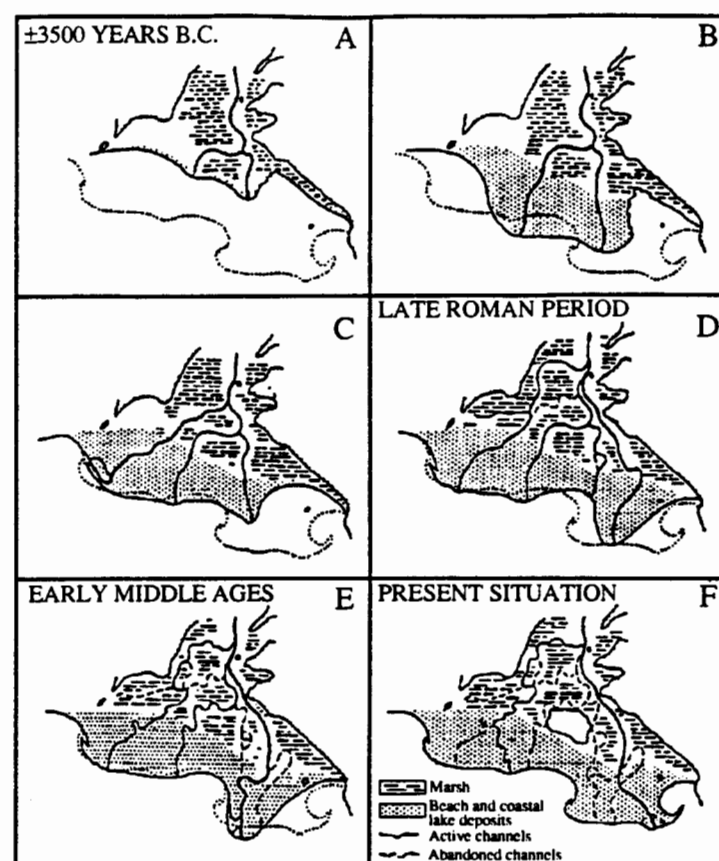


図10 カマルグ



This is how the dyke network was set up:

- 40 km of dykes on the left bank of the Rhône, between Arles and the sea;
- 56 km of dykes on the right bank, between Beaucaire and the sea, protecting 45,000 hectares of land.

Dykes were also built by the local inhabitants to cut off secondary arms of the Rhône, thus protecting and reclaiming land.

The maintenance and management of these developments is the responsibility of the "associations syndicales de propriétaires". These associations of landowners were formed to undertake projects of collective interest (dykes, drainage system, irrigation system) for which purposes they were granted prerogatives by the public authorities.

There are 28 landowners' associations in the Camargue, under which 2 associations are in charge of sea and Rhône dyke management. These associations group together over a thousand landowners, who pay hydraulic fees for services rendered. The territory covered by each association is often overlapped by others. As a matter of fact, these dykes have not been regularly maintained by the associations, and many of them are not built with sufficient cohesive materials.

4. THE RECENT 1992-1994 DISASTROUS FLOODS

Within about 18 months (from September 1992 to February 1994) metropolitan France suffered about 10 billion francs (about 180 billion ¥) of damages and 68 victims due to a succession of disastrous floods in metropolitan France. 3 sets of events have to be distinguished:

- September 21, 1992 to October 5, 1992
- June, 1993 to November, 1993
- December 20, 1993 to January 10, 1994.

4.1. September 21, 1992 to October 5, 1992

Very intense rainfalls occurred in the south-east of Massif Central and the east of the Pyrenees Mountains. Historical rainfall records were beaten: 400 mm in 24 hours at the Caylar in Cevennes.

The Ouvèze river (right side tributary of the Rhône), in Vaucluse district, had a very rapid and catastrophic flood, with about 46 victims in a small town named Vaison-la-Romaine. The cost of damages has been estimated to 3.5 billion francs (about 63 billion ¥). The notable mediatic impact of this event, with a great national solidarity movement, through special TV shows, was similar to the Nîmes town October 4, 1988 disaster: 22 victims, 350 mm rainfall in 6 h, 4 billion francs damages (about 72 billion ¥). In Vaison-la-Romaine, no flood warning was organized.

The Aude (Mediterranean river) and Ardèche (right side tributary of the Rhône) were also concerned with record flash floods, but the good organization of the flood warning avoided human victims in these areas.

こうして、次のような堤防網が設置された。

- ローヌ川左岸の堤防40 km (アルルから海まで)
- ローヌ川右岸の堤防56 km (アルルから海まで)、45,000ヘクタールの土地を守る。

ローヌ川の二次分流を断ち、土地を守り、干拓するために地元住民によっても堤防が建設された。

これらの施設の維持管理は、「土地所有者組合連合」が担当している。このような土地所有者の連合は、集団的利益のあるプロジェクト(堤防、排水システム、かんがいシステム)を実施するために形成され、これらの目的のために公共団体によって特権が与えられた。

カマルグには28の土地所有者連合があり、そのうちの二つの連合が海岸堤防およびローヌ川堤防の管理にあっている。これらの連合は1,000人以上の土地所有者を一つにまとめ、土地所有者は水の使用量(水利権量)に応じて水料金を支払う。各連合が担当する区域は、他の連合と重複していることが多い。実際、これらの堤防は連合によって定期的に管理されてはならず、それらの多くは十分に粘着性のある堤体材料を用いて建設されていない。

4. 近年(1992-1994)の大洪水

約1年半(1992年9月から1994年2月)の間に、フランス本土では、一連の大洪水によって約100億フラン(約1,800億円)の被害と68人の犠牲者が生じた。この一連の大洪水は以下の3期間に分けることができる。

- 1992年9月21日から1992年10月5日
- 1993年6月から1993年11月
- 1993年12月20日から1994年1月10日

4.1 1992年9月21日から1992年10月5日

マシフ・サントラルの南東とピレネー山脈の東で非常に激しい豪雨が発生した。セベンヌ山脈のセラルールで24時間に400 mmを記録し、過去の降雨記録を更新した。

ボークリューズ県のウベーズ川(ローヌ川の右支川^{註1)})では、急激な大洪水が発生し、ベゾン＝ラ＝ロメヌという小さな町で約46人の犠牲者を出した。この水害の被害額は35億フラン(約630億円)と推定されている。テレビの特別番組を通じて全国的に大規模な援助運動を巻き起こしたこの洪水の報道のインパクトは、1988年10月4日のニーム災害(犠牲者22人、6時間に350 mmの雨量、被害額40億フラン(約720億円))に匹敵するものであった。ベゾン＝ラ＝ロメヌでは、洪水警報が行われなかった。

オード川(地中海に注ぐ河川)およびアルデシュ川(ローヌ川右支川)でも、短期間の記録的な氾濫が発生したが、十分な洪水警報体制が敷かれており、ここでは犠牲者を出さずに済んだ。

訳者注1) 右支川とは下流から上流に向かって右の支川を称している(日本とは逆)。

4.2. June 1993 to November 1993

During 4, 5 month, numerous thunderstorms caused localized flash floods in many districts in the South of France. The rainfall intensity was typically 100 mm in 24 hours, but 800 mm in 24 hours were reached in the Corsica mountainous Mediterranean island, with hourly 70 mm intensity in October 31 and November 1, causing 6 victims and 1 billion francs (about 18 billion ¥) damages (see Fig. 13). For about 100 sq. km catchments, specific flows were $10 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$. The many hydropower plants of the Corsica island have not been damaged.

In the Alps, in the upper valley of the Arc river, the road and railway traffic were suspended during a few days.

In the lower Rhône, land-owner old dikes of the Camargue were broken and a large part of the Camargue was under the water during many weeks. The October 1993 flood of the Rhône was equivalent ($7,715 \text{ m}^3/\text{s}$) to the 1910 flood in Montelimar, and reached $9,800 \text{ m}^3/\text{s}$ in Beaucaire (historical record: $11,640 \text{ m}^3/\text{s}$ in 1856). In Beaucaire, this event is estimated return period 50-year. The Durance river had also an historical flood, but it has been possible to reduce the damages with the help of the hydropower reservoir and with the direct derivation of the Durance river into the Berre laguna (Mediterranean Sea).

In the whole, 22 victims and 3.5 billion francs (about 63 billion ¥) damages, essentially 1.9 billion francs (34 billion ¥) for public work, have been recorded.

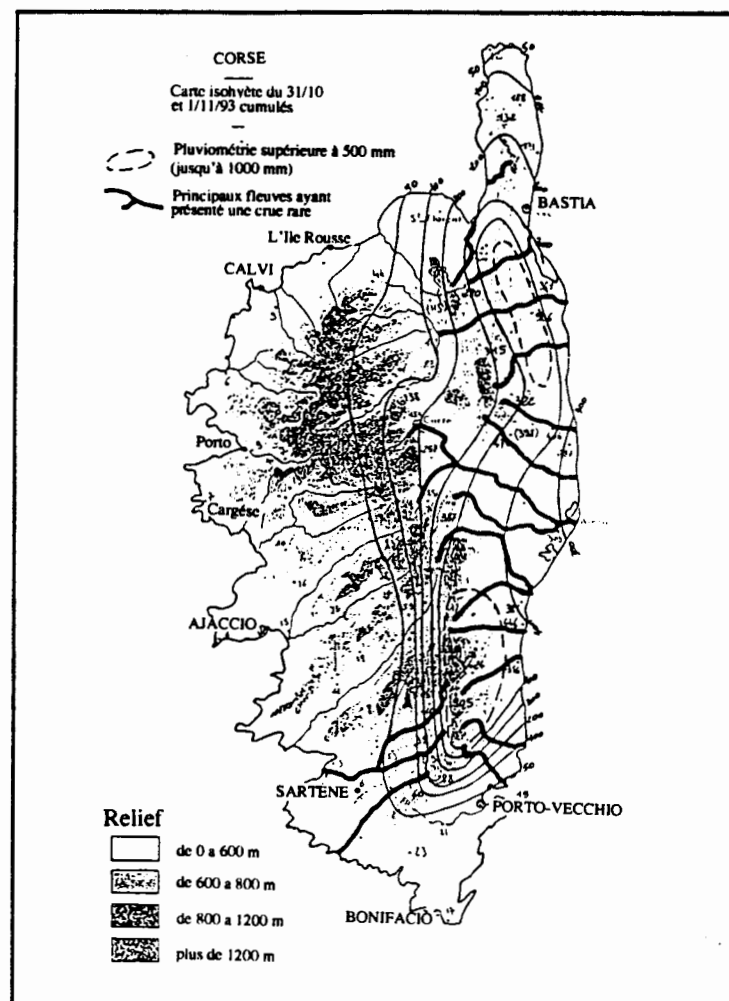


Fig 13 The October 30 and November 1, 1993 rainfall in Corsica

4.2 1993年6月から1993年11月

この4か月半にわたり、フランス南部の各地で多くの雷雨によって急激な氾濫が発生した。降雨強度は24時間に100 mmであったが、特に地中海にあって山の多いコルシカ島では24時間に800 mmに達し、10月31日および11月1日には1時間あたり70 mmの強度となり、犠牲者1人、被害額10億フラン（約180億円）となった（図13参照）。約100 km²の流域に対する比流量は $10 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ であった。コルシカ島の水力発電所の多くは被害を受けていない。

アルプス山脈のアーク川上流域では、数日間、道路および鉄道が不通となった。

ローヌ川下流では、カマルグの土地所有者の旧式堤防が決壊し、何週間もカマルグの大部分が冠水していた。ローヌ川の1993年10月の洪水は、モンテリマルの1910年の洪水に匹敵し（ $7,715 \text{ m}^3/\text{s}$ ）、ボーケールで $9,800 \text{ m}^3/\text{s}$ に達した（過去の記録：1856年11,640 m^3/s ）。ボーケールでは、この洪水の再現期間は50年と推定されている。デュランス川にも、歴史に残る洪水があったが、水力発電用貯水池の効果とデュランス川からバール湖（地中海）への直接導水により、被害を低減することが可能である。

全体として、犠牲者22人と被害35億フラン（約630億円）、特に公共事業について19億フラン（約340億円）が記録された。

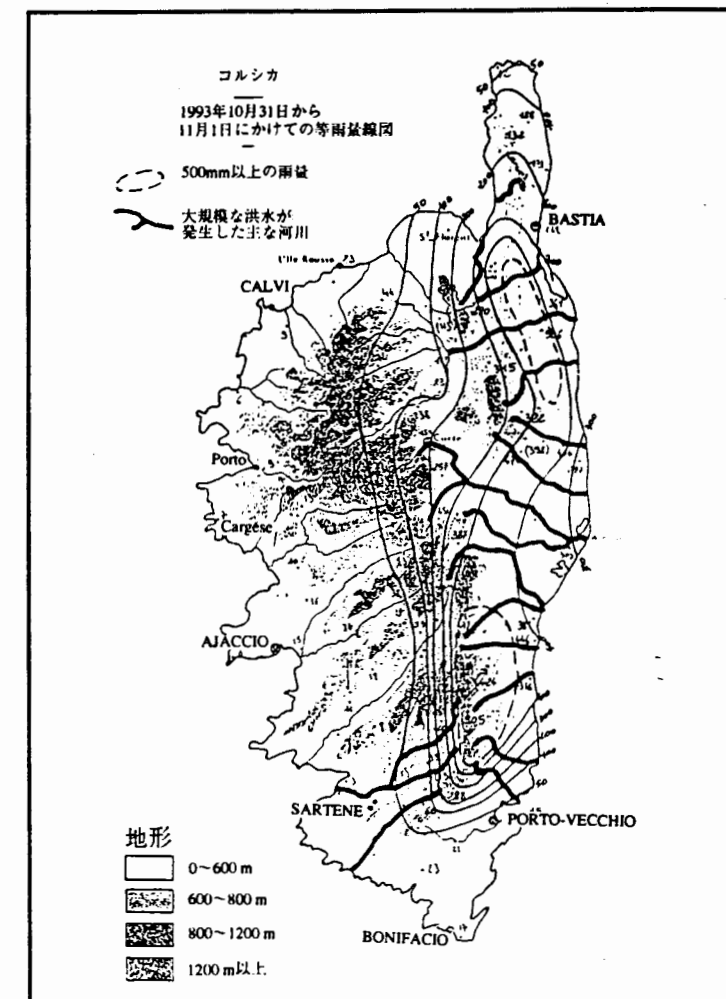


図13 1993年10月30日および11月1日のコルシカ島の雨量

4.3. December 20, 1993 to January, 10, 1994

The rainfall has been greater than the double of the average during December and January over more than the half of the territory (see Fig. 14 and Fig. 15).

In the North-East (Meuse and Oise rivers) and in the South-West (Charente river) the rainfall exceeded historical record. All great rivers had significant floods, often with a slow rise rate and with long flooding-duration.

The Rhône river flood of January, 1994, exceeded the October, 1993, and reached a 100-year return period in his lower reach (11,500 m³/s in Beaucaire): many lower reach tributaries had a high flood simultaneously with the arrival of the upper Rhône river flood propagated to the South. The Camargue dikes built by land-owners built dikes broke again. About 3 billion francs damages (54 billion ¥) were deplored. 170 sq. km (60 sq. km for the only Camargue) were flooded, 6,700 persons were evacuated, and 3,000 houses were severely damaged.



Fig 14 Cumulated rainfall
from Sept. 1, 1993 to Jan. 31, 1994.
Ratio to the average values.

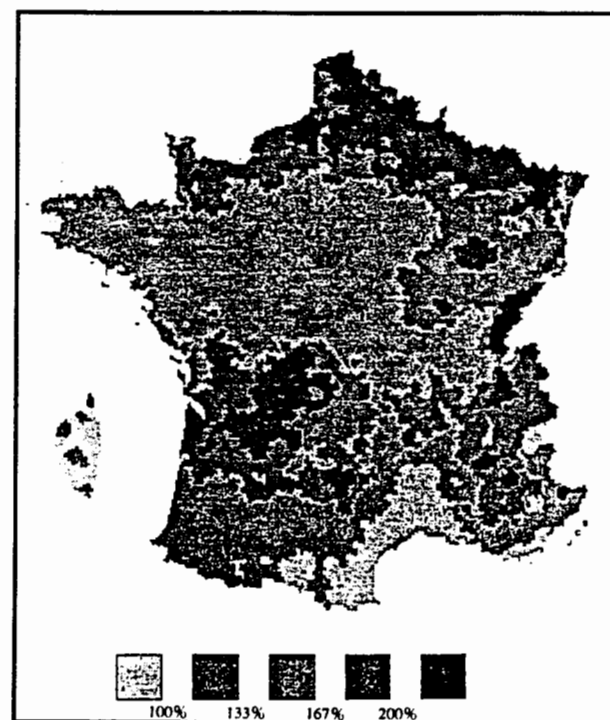


Fig 15 Cumulated rainfall
from Dec 1, 1993 to Jan 31, 1994.
Ratio to the average values.

4.3 1993年12月20日から1994年1月10日

この地域の半分以上で、12月と1月の平均の2倍以上の雨量となっている (図14および図15参照)。

北東部 (ムーズ川およびオーズ川) と南西部 (シャラント川) の雨量は、過去の記録を超えた。全ての大河川で大洪水が発生しており、水位の上昇率は緩慢で、氾濫期間が長いことが多い。

1994年1月のローヌ川洪水は、1993年10月の洪水を超え、その下流域で再現期間100年の水準に達した (ボーケールで11,500 m³/s)。すなわち、洪水がローヌ川上流から南部に到達すると同時に、下流域の多くの支川で洪水が発生した。カマルグで土地所有者が建設した堤防が、再び決壊した。約30億フラン (540億円) の被害を受け、170 km² (カマルグのみで60 km²) が冠水し、6,700人が避難し、3,000軒の家屋が深刻な被害を受けた。

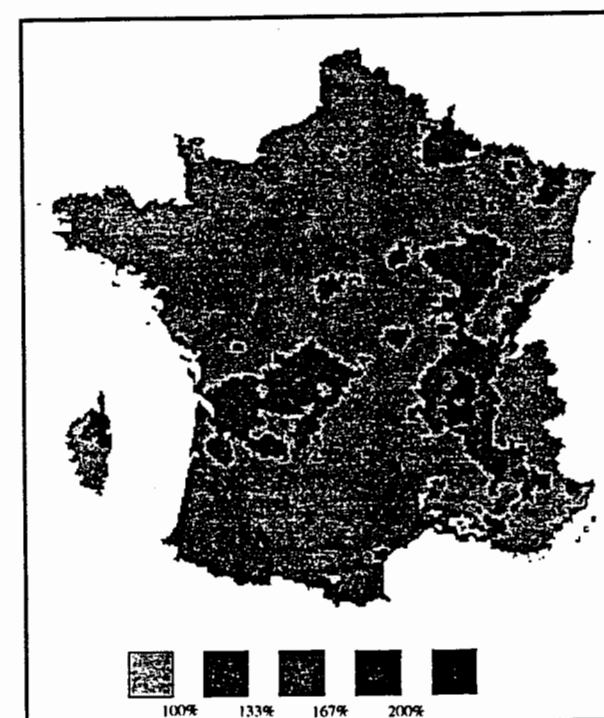


図14 1993年9月1日から1994年1月31日
までの累計雨量の平年値に対する比

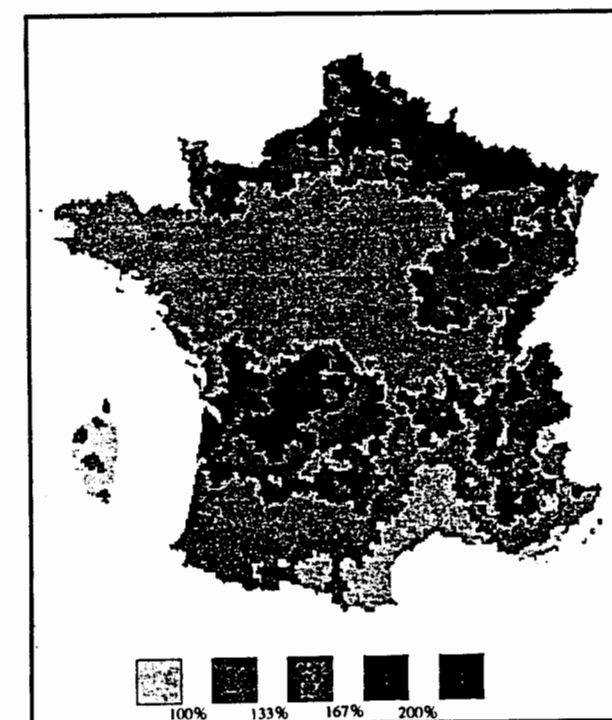


図15 1993年12月1日から1994年1月31日
までの累計雨量の平年値に対する比

5. A NEW FLOOD DAMAGES PREVENTION STRATEGY

After the 1992-1994 disastrous floods, public authorities have been called upon by public opinion to account for their action, and the French government decided on January 24, 1994 to clarify the natural risk prevention in France and to give a resolute impulse to this new public policy. A circular on flood prevention and floodplain management was issued the same day.

The objectives can be resumed as follows:

1. To save human lives.
2. To limit the development of new properties in exposed areas and for the preservation of water storage capacity of floodplains.
3. To restrict protection works to the strict necessities, for ecosystem stability conservation.

The following measures have been decided:

- The prime Minister immediately ordered the district Prefet to prohibit any new construction in particularly flood-prone areas, by all legal available means, to restrict any urbanization in the flood valleys, when then may be useful as natural expansion sites for floods and consecutively contribute to downstream protection, and to limit the protection works when they may have a worsening effect in downstream or upstream areas.
- Simplify and unify all land use regulation for risk prevention. The future "Plan de Prévention des Risques"(PPR) (risk prevention plan) will include former P.S.S., R111.3, PER. The discussion will be simplified, and the state will be able with this new P.P.R. to prescribe rapidly a first set of land use restrictions on the base of a rough study and to precise in a second time further prescriptions. This P.P.R. new simplified procedure will be established by a bill, which could be examined by the parliament before the end of 1994. A quantitative objective of 2000 P.P.R. before the 2000 year is fixed.
 - In order to achieve this target, the State budget for flood mapping studies has been increased to 40 million Francs per year (720 million ¥). A specific rapid pre-diagnosis program in 24 districts of the South of France has been started for the small mountainous valleys, for which very short information about vulnerability is available. All historical information will be recollected in 1/25,000 maps and in a 1/100,000 district synthetic map. The flood discharges are estimated by a simplified regional formula:

$$Q = KS^{0.8}(P/80)^2$$

Where: K is regional coefficient, with 3 values for about 10-year, 50-year and 100-year return period

S is the catchment area (sq. km)

P is the 10-year return period daily rainfall (mm)

Q is the peak discharge (m³/s)

The urban center (more than 50,000 inhabitants) must be specifically studied. All communities with over 500 inhabitants (including the holidays population, particularly the risk prone camping places) sites are to be studied. This general survey will allow an immediate priority action for the most flood prone area, even if relatively small human concentration is concerned.

- Develop the flood warning program. Much progress has been obtained in the 10 last years. This new effort will be centered on the radar coverage of the South-France territory, and the development of the rainfall now casting for flash flood human rescue. A 380 million francs (6.8 billion ¥) 10 year program is decided. The State will support 60% of this amount.

5. 新たな水害防止対策

1992年から1994年にかけての大洪水を契機として、市民の意見により公的機関の対応について説明が求められ、1994年1月24日、フランス政府は自然災害防止対策について明らかにすることを決定し、固い決意のもとにこの新たな公共政策を推進することを決めた。同日、洪水防御および氾濫原管理に関する通達が発行された。

目標は、以下のようにまとめることができる。

1. 人命をまもる
2. 危険区域における新規の開発を制限し、氾濫原の遊水機能を保全する
3. 生態系保全のために真に必要な治水施設の建設に限定する

以下のような対策が決定されている。

首相は県知事に対して、洪水が発生する可能性の高い区域における建物の新築をあらゆる法的手段を用いて禁止すること、洪水の遊水区域として有効であり、継続的に下流の保全に貢献する区域、地区については洪水の発生する流域の都市化を制限すること、下流域または上流域で悪影響を及ぼす可能性がある場合は防護工事を制限することを直ちに求めた。

- 危険防止のために全ての土地利用規則を簡略化および統一する。今後の「危険防止計画」(Plan de Prévention des Risques, P.P.R.)には、従来のP.S.S., R111-3, P.E.R.が含まれる。審査が簡略化され、この新たなP.P.R.によって、国は概略調査を基礎として最初の土地利用規則を早急に規定し、次にその後の規定を要約することができるようになる。この簡略化された新たなP.P.R.手順が法案により設定される予定であるが、この法案については1994年末まで議会が審議する。2000年までに2,000件のP.P.R.を実施する目標が設定されている。
- この目標を達成するために、洪水危険地図作成調査に対する国の予算を年間4,000万フラン(7億2,000万円)まで増加させている。フランス南部の24県では、山間部の小流域に対して迅速に現在の危険度評価を実施したため、その危険性に関して非常に簡潔な情報の入手が可能となっている。過去の情報が全て1/25,000の地図と1/100,000の地域圏地図に再録されている。以下のような単純化された地域毎の公式によって洪水流量が推定される。

$$Q = KS^{0.8}(P/80)^2$$

ここで、K : 地域係数 (約10年、50年、100年の再現期間に対する三つの値がある)

S : 流域面積 (km²)

P : 再現期間10年の日雨量 (mm)

Q : ピーク流量 (m³/s)

都心部 (人口50,000人以上) について細かい調査を実施しなければならない。人口500人以上の地域 (休日人口を含む、特に危険なキャンプ場) は全て調査される予定である。この一般調査によって、比較的小さな人口集中地区であっても、大半の洪水危険区域に対して即座に優先措置をとることが可能になる。

- 洪水警報プログラムを作成する。この10年間で多くの進歩が得られた。この新たな作業は、南フランス地区のレーダー受信範囲を中心とする予定であり、急激な氾濫に関する雨量予測方法の開発によって人命を守ることができる。総額3億8,000万フラン (68億円) の10年計画が決定されている。この費用の60%は国が補助する予定である。

- Simplify the protection works management by the local groups, by the development of new "water management plans".
- Incorporate the flood management as a part of the SAGE(schéma d'aménagement et de gestion des eaux - Master plan for water management). The establishment of the SAGE has been provided by the State law n°92-3 of January 3, 1992, and will ensure a coordination of all actions dealing with the hydrological ecosystem in all the basin where water management difficulties are registered or may be foreseen.
- Restore and maintain the river beds, with a real concern for ecosystem conservancy.

A 10-year program is started: it is estimated to 10.2 billion francs (183 billion ¥) divided in:

- 5.45 billion francs (97 billion ¥) for river restoration.
- 3.9 billion francs (70 billion ¥) for protection of densely inhabited flood-prone areas.
- 0.9 billion francs (16 billion ¥) for ecological stability of river ecosystems.

This last part of the program will be paid out by the State (40%), the Basin Water Agencies, the riparian owners and the local institutions.

The Basin Water Agencies do aid here and now for river restoration. Their intervention in flood protection is depending of a large discussion about the possibility of raising corresponding funds, for instance by finding out a new tax on exposed urban activities, as they make a profit of the works. One discussed way is for example that urban centers pay for upstream rural floodplain maintenance by ecological agriculture, through the Basin Water Agencies tax and aids mechanisms.

All these measures are imbued of the spirit of durable development public policy, which is in way to influence strongly the thought for future master plan elaboration in any fields in France. The preservation of the natural flood expansion valleys is one of the strongest orientation of this new flood prevention plan.

REFERENCES

- Operational hydrology in France, Ministry of Environment, 1986
- Les risques: les crues et les inondations, Ministry of Environment, 1989
- Suivi et prévision des précipitations extrêmes, P.A. Roche and col., 1990, Ministry of Environment
- Les crues et les laves torrentielles - Prévention et Gestion, P.A. Roche and Coll., Société hydrotechnique de France, 1992
- General Survey of the development and management of the River Rhône, CERGRENE, GRAIE and PROLOG report for JICE, 1991
- Study of Flood Management measures and the reduction of damage in France, CERGRENE, SEPIA Conseils report for JICE, 1992
- Les inondations en France Métropolitaine, N. Godard in, la Houille Branche, n°3, 1994
- Les crues dans le Sud-Est de la France, in Barrages, n°7-1994
- Crues et inondations, Société Hydrotechnique de France, 1994, to be published in November

- 新たな「水管理計画」を作成して、地方団体による治水施設管理を簡略化する。
- 洪水管理を総合的な水管理に関するマスタープラン (SAGE) の中に位置付ける。総合的な水管理に関するマスタープラン (SAGE) の策定は、1993年1月3日付のNo.92-3の法律に規定されており、この計画の策定によって、水管理上の問題が発生しているか、または予測される流域全体の水文学的生態系を扱う全ての措置の統合をはかる予定である。
- 生態系保全に真剣に取り組み、河床を回復させ、維持する。

10年計画が開始された。102億フラン (1,830億円) の内訳は以下の通りである。

- 河川改修に54億5,000万フラン (970億円)
- 人口密度の高い氾濫原の洪水防御に39億フラン (700億円)
- 河川生態系の生態学的安定に9億フラン (160億円)

このプログラムの最後の部分の費用は、国 (40%)、流域財務庁、河岸所有者、および地元機関が負担する予定である。

流域財務庁は、現在河川改修の援助を行っている。洪水防御への介入は、構造物を利用するため、危険にさらされる都市活動に新たな課税を行うことなど、資金を調達する可能性に関する大規模な検討に左右されている。例えば、流域財務庁の税および援助の仕組みを通じて、都心部が生態系を破壊しない農業による上流の農村氾濫原管理費を負担することなどが検討された方法である。

これらの全対策には持続可能な開発のための公共政策の精神が導入されており、国内のいかなる分野でも今後の基本計画立案の検討に強い影響を与える方向にある。自然遊水区域の保全は、この新たな洪水防御計画のうち最も強力な方向づけの一つである。

参考文献

- 「フランスにおける応用水文学」：環境省、1986年
- 「危険：洪水と氾濫」：環境省、1989年
- 「豪雨の調査と予測」：P.A. ロシュら、1990年、環境省
- 「洪水と土石流：防御と管理」：P.A. ロシュら、フランス水理工学協会、1992年
- 「ローヌ川の開発と管理の一般調査」：JICE委託によるCERGRENE、GRAIEおよびPROLOG Ingénierieによる報告書、1992年
- 「洪水管理対策とフランスの被害低減の調査」：JICE委託によるCERGRENE、SEPIA Conseilsによる報告書、1992年
- 「フランス本土における氾濫」：N.ゴダール、『水力発電』第3号、1994年
- 「フランス南東部における洪水」：『ダム』第7号、1994年
- 「洪水と氾濫」：フランス水理工学協会、1994年11月に発表される予定

講 演 風 景

見城女史
(司会&コーディネーター)



開会挨拶
(財)国土開発技術研究センター
廣瀬理事長

挨拶
(建設省河川局)
豊田局長



会場風景



奥田部長



Mr. James R. Tuttle



Dr. Karl-Heinz Rother



Prof. Pierre-Alain Roche



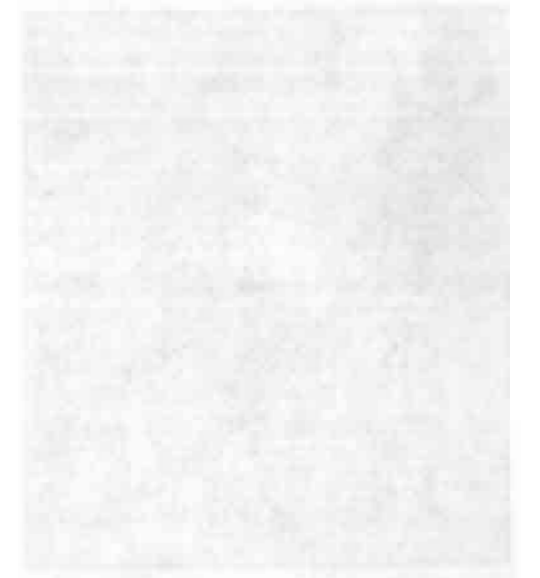
パネルディスカッション風景
(遠景)





パネルディスカッション風景
(近景)

「1993年鹿児島水害と甲突川の治水計画について」
奥田 朗
鹿児島県土木部長



本日は、このセミナーにおきまして、日本の洪水の事例といたしまして、昨年、鹿児島で起きた水害につきまして発表する機会をいただき、深く感謝申し上げる次第でございます。また、昨年は県内各地で激甚な風水害が発生いたしました。被災直後から賜りました全国の皆様方からの温かい励ましやお見舞いに対しまして、心からお礼申し上げます。

お蔭様で災害復旧もようやく軌道に乗りつつありますが、今後とも全力を尽くして復旧に努め、再度災害の防止を図りたいと考えておるところでございます。

さて、ここ二、三年、太平洋の海水温度の上昇に起因いたしますエルニーニョ現象による世界的な異常気象が言われておりますが、1993年は鹿児島県にとりまして、例えば鹿児島地方気象台における年間降水量が4,022mmを記録いたしまして、1883年の観測開始以来、これまでの最高でありました1905年の3,550mmを大幅に更新するなど、まさに異常気象の年でございました。そんな中で起こった鹿児島市の市街地を流れる甲突川の氾濫は、土砂崩壊等も加わりまして、かつて経験のない都市災害となったわけでございます。

そこで、その原因となりました8月6日豪雨と今後の治水対策の方向を中心にいたしまして「1993年鹿児島水害と甲突川の治水計画について」と題しまして、昨年発生いたしました一連の災害の状況等を含め、スライドを使用いたしまして、できるだけビジュアルにわかりやすく紹介させていただきたいと思っております。

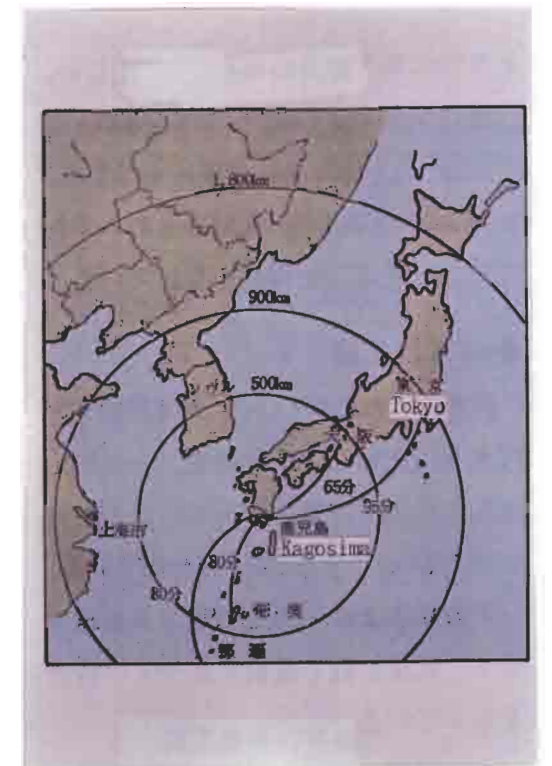
しかしながら、特に外国の方々には、私が報告いたします甲突川といいますのは余りにも小規模でありますので、特に数値には注意していただきまして、勘違いをなさらないように、ひとつお願いしておきたいと思っております。

また、お手元には、甲突川に関するパンフレットも配付しておりますので、参考にござんいただきたいと思います。

最初に、少し長くなりますが、1993年の鹿児島風水害の全般的な紹介を行いまして、続いて甲突川の治水対策につきまして紹介したいと思います。

まず、鹿児島県の概況でございます。

鹿児島県の位置は、この図の円の中心でございます。日本の南西部、九州の南端に位置しておりまして、東京からは直線距離で900km、ジェット飛行機で行きますと95分という時間距離にございます。



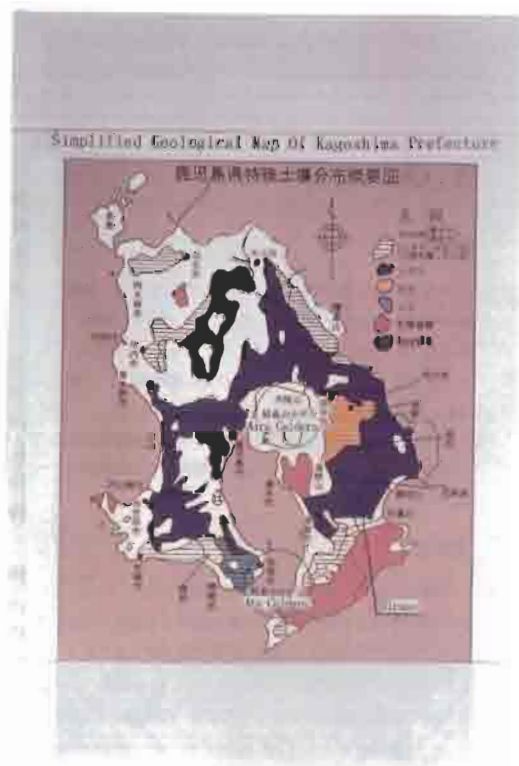
ス ラ イ ド 1

これは鹿児島県全体の地図であります、九州本土に属します薩摩半島、大隅半島の二大半島と甕島、種子島、昨年、世界文化遺産条約で世界遺産に指定されました屋久島、トカラ列島、奄美群島等々の島々から成りまして、東西約170km、南北では約600kmという行政区域でございます、約180万人の人が住んでおります。総面積は9,166km²でございます、国土面積の2.4%となっております、また総面積の27%を島々が占めております。



ス ラ イ ド 2

これは県本土の地質図でございます、標高600～800mの小山系が骨格をなしております、薩摩、大隅半島が相対して深く湾入した鹿児島湾を抱いて特徴のあるものとなり、また湾北部の始良カルデラと湾口部の阿多カルデラ等の第四紀火山からの火砕流堆積物が県土の50%以上を覆っております、その非溶結部に相当いたします地質でございますシラスは、厚さが約50～100m程度にも及び、シラス台地や丘陵地として広く発達しております。シラスは、この図で青色で着色された部分でございます。



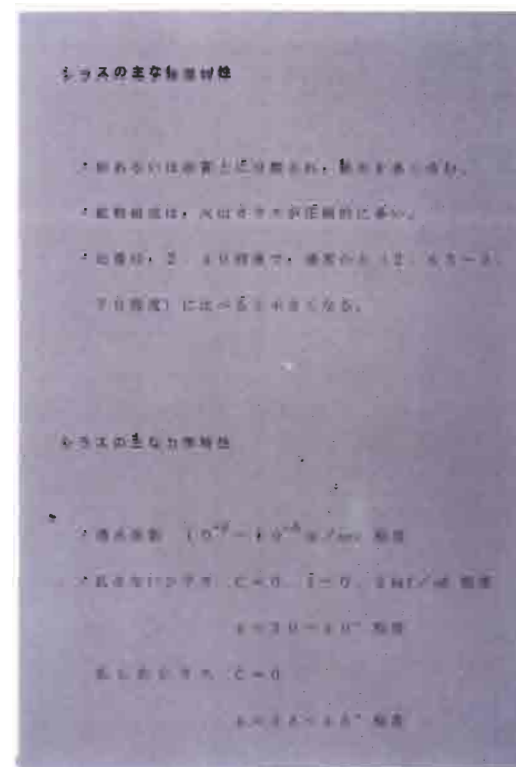
ス ラ イ ド 3

文章でございますが、このシラスといいます土壌は、要約いたしますと、砂、あるいは砂質土に分類されますが、火山ガラスの集合体で軽石を多く含んでおり、比重が2.4前後と、2.7程度の比重を持つ通常の土に比べますと小さくなっております。また、力学的特性といたしましては、透水係数は 10^{-2} から 10^{-4} のオーダーでございます、剪断抵抗角は乱さないで30～40度程度でございますが、水の浸透によりまして、力学特性が大きく変化するという特徴がございます。

シラスの切り土斜面は、昔から経験的に降雨に対して斜面の露出面積を少なくするため、鉛直に近い急勾配が採用されておりましたが、これはシラスの粒子が小さくて軽いということから、水に脆く、浸食されやすいためでございます、謂わば「角砂糖」に喩えられる性質を持っております。

なお、現在では、地震等に対する力学的な安定の問題もございまして、シラスの地山の固さに応じて3分～8分という切り取り勾配を使い分けまして、浸食対策は別に考えるというのが一般的となっております。

また、霧島火山帯がほぼ中央を南北に縦断していることもありまして、霧島、指宿を初め各地に温泉郷が点在し、鹿児島湾の中央には桜島がそびえております。



ス ラ イ ド 4

鹿児島市のシンボルでございます、この桜島は、現在も活発な火山活動を続けておまして、鹿児島市から4kmしか離れていないこともありまして、降灰の際は県民の生活に少なからず影響を与えておりますが、一方、すそ野には広大な溶岩原を有しまして、代表的な観光地となっております。



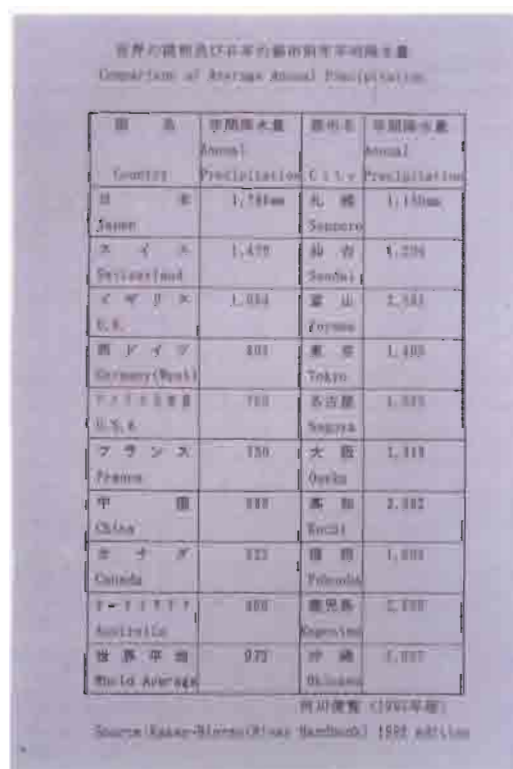
ス ラ イ ド 5

一方、気候でございますが、一般に温暖、湿潤でございます。年平均気温も本土部で摂氏15～18度、奄美諸島で20～22度というようになっております。

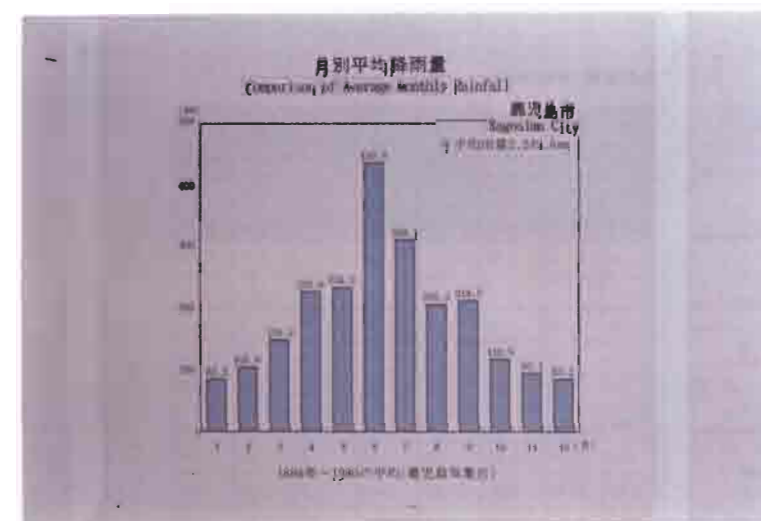


ス ラ イ ド 6

また、年間降水量でございますが、本土部で2,000～3,000mmでございます。先ほどの南の島の屋久島でいきますと、3,900mmということでございまして、この表にもございますが、世界平均の約1,000mmと比べますとかなり多く、日本の中でも降雨の多い方となっております。

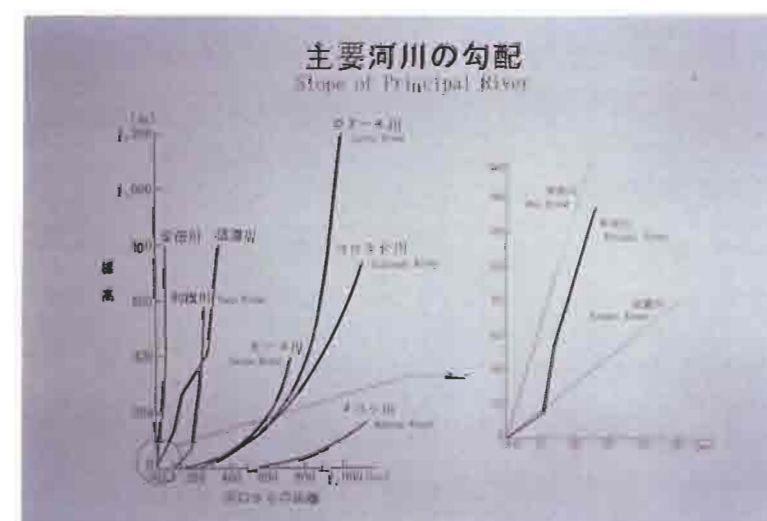


スライド 7



ス ラ イ ド 8

このように、降雨量が大きいことに加えて、この国のように地形的な要因から、日本の河川は一般的にそうであるわけですが、流域が小さく、急勾配で流路が短いということで、水の出方が早く、洪水のピーク流量を大きくする要素となっておりまして、この中突川の河川勾配は、右側の今の拡大図で日本の代表的な河川であります安房川と信濃川のちょうど中間ぐらいの勾配となっております。右側が拡大図でした。



ス ラ イ ド 9

このような状況の中で、河川の整備には年間140億円強の県予算を投入しておりますが、整備水準は、この表に示されておりますように、時間雨量で60mmに対応できる能力を有する整備を改修済みとするという仮定をいたしますと、改修率は県平均で約27%と全くまだ低い状況でございます。

河川の整備状況
Progress of Improvement Work (at April, 1993)

1993年4月1日 現在

河川	管区	河川番号	延長 (km)	改修延長 (km)	改修率 (%)
一級河川	国	川内川水系 11	1,146	506	55%
	国	市川川水系 1	48	34	71%
国管区河川 計		16	1,194	540	63%
一級河川	県	168	112	130	28%
二級河川	県	310	1,700	323	25%
県管区河川 計		478	2,472	453	23%
合計 (743河川)		461	2,634	534	27%

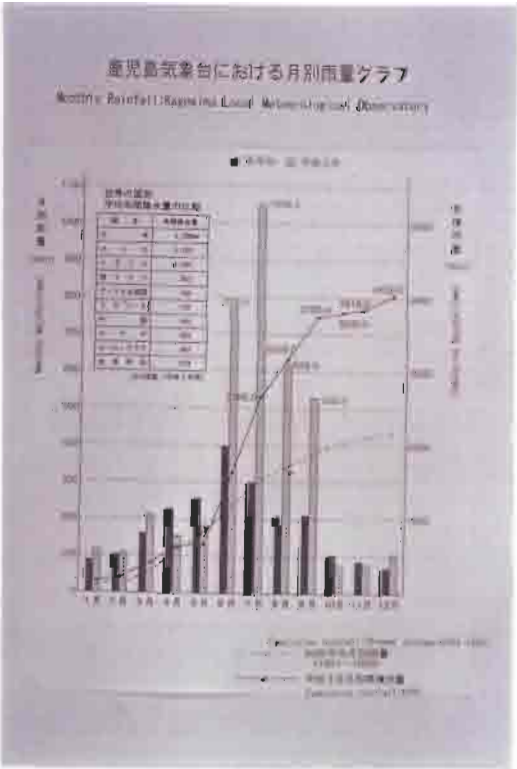
注1 ①国管区と県管区に重複する河川は同一
②改修率は、時間雨量60mmに対応できる能力を有し、設備の完備しているものである。
③川内川水系のうち鶴田ダム区間18kmは改修不費区間とする。

ス ラ イ ド 1 0

それでは、1993年の一連の豪雨と災害の状況を紹介させていただきます。

九州南部地方が去年は5月21日に梅雨入りいたしまして、気象台の当初の発表では7月9日に梅雨明けしたとされたわけですが、8月31日には、ことしの梅雨明けははっきりしないと修正されたほど、長期間にわたりまして降雨が続き、7月の降水量はほとんどの観測所で平均の3倍～4倍ということになりました。

この図は、鹿児島地方気象台の観測値でございます。黒の棒グラフが平年です。そして、灰色が昨年です。それぞれの月別の雨量ですが、6月～8月の3箇月間で2,459mmの降水量を記録いたしまして、年間平均降水量の2,230mmを既に超える状況でございます。年間降雨量は、全体で年間の降雨量が4,022mmということで、冒頭でお話ししましたとおり、過去の記録を大きく更新いたしまして、観測史上第1位の記録となったわけでございます。



ス ラ イ ド 1 1

この表は時間雨量の記録でございますが、県内各地で1時間に100mm以上と極めて強い降雨が記録されております。

平成5年気象記録
Weather Records, 1993

時間雨量 An Hour Rainfall Intensity

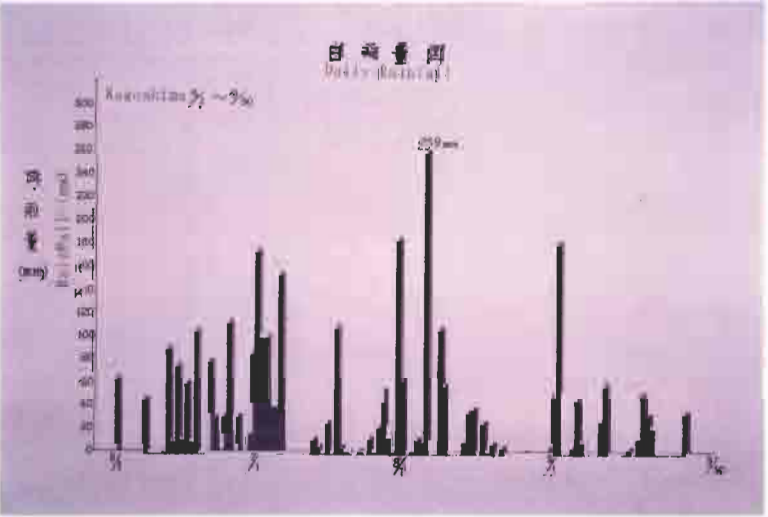
観測地	雨量 (mm)	備考
鹿児島地方気象台	56	8/6日, 18:00~19:00, 7/73
(鹿児島市紫原)	63.5	8/6日, 18:30~19:30, 地上観測
郡山町役場	99.5	8/6日, 18:00~19:00, 地上観測
八重山	92.0	8/6日, 17:00~18:00, テレビ塔
鹿児島国道事務所	111.0	8/6日, 17:00~18:00, 地上観測
知覧町 (3野球場)	116.0	8/3日, 16:00~17:00, テレビ塔
川辺町役場	98.0	8/3日, 16:00~17:00, 地上観測
115気象台観測地点	91	8/3日, 16:00~17:00, テレビ塔

大雨洪水警報発令回数

	5月	6月	7月	8月	9月
平成4年	3	8	8	9	3
平成5年	2	12	15	14	6

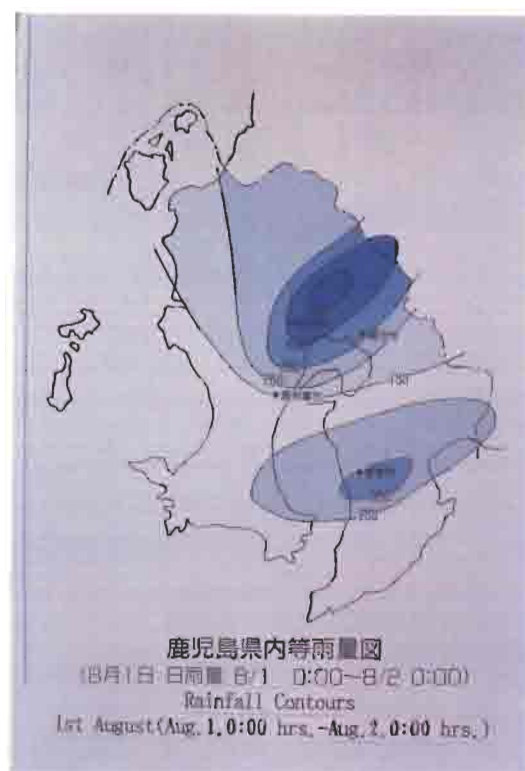
ス ラ イ ド 1 2

これは鹿児島地方気象台における6月～9月までの日雨量図でございます。本当に昨年の夏は太陽を余り見たことがないというような状況でございました。特に7月31日～8月2日にかけては、県中部を中心にいたしまして、また5日～6日にかけては、鹿児島市及びその周辺を中心に未曾有の集中豪雨が襲い、さらに追い討ちをかけますように、9日には台風7号、そして9月3日には戦後最大級と言われた台風13号が来襲いたしまして、各地に大雨をもたらしたわけでございます。



ス ラ イ ド 1 3

7月31日～8月2日にかけての豪雨は、県中部の姶良郡溝辺町で連続雨量が636mm、1時間最大が104mmを記録するなど、この等雨量線図を見ていただきましてもおわかりのとおり、県中部の地域を中心に被害が広がったわけでございます。



ス ラ イ ド 1 4

崖崩れや土石流が多発した中で、これは県中部の国分市の名波というところの被災状況でございます。激しい雨の中で斜面崩壊で2名が生き埋めになって死亡されました。家屋の全壊は1戸となっております。これらの土砂災害は、大体1日の夕方から翌未明にかけまして発生しておりまして、県全体で合わせて21名の犠牲者を出しております。



ス ラ イ ド 1 5

これは鹿児島市のベッドタウンの姶良町の団地開発されました住宅地の状況でございます。長時間の降雨により、長さで1.1km、高さで40mにわたる大規模なシラス崩壊が発生いたしましたもので、下流では耕地16haに被害がでました。



ス ラ イ ド 1 6

これは国道幹線道路でございます九州縦貫自動車道のサービスエリアの裏山に土砂崩壊が発生した状況でございます。奇跡的に人々は避難して無事でございます。その他、沿線上の何箇所かで土砂崩壊がございまして、この高速道路は全面交通止めということになりました。さらに、各地で道路が崩土、路肩決壊等によりまして寸断され、空の玄関であります鹿児島空港が孤立化するということが起こりました。



ス ラ イ ド 1 7

さらに、河川の氾濫や内水による浸水被害があちこちで発生いたしました。この写真は鹿児島湾奥に流れ込みます二級河川の天降川の中流にございます横川町という町の中心部が氾濫した状況でございます。



ス ラ イ ド 18

これは、その下流であります隼人町で濁流によって橋が落橋した状況でございます。



ス ラ イ ド 19

これは鹿児島湾沿いに南に下がったところの始良町の二級河川の思川ですが、橋が災害を受けました。災害の特徴といたしまして、流木等が多くて、橋梁の災害が36件も発生いたしております。



ス ラ イ ド 20

これが今の思川の上流に当たる吉田町というところの被災状況でございます。山腹が崩壊して地肌を出し、至るところで堤防の決壊や田畑の流出が発生して、耕地の被害が17haに広がっております。



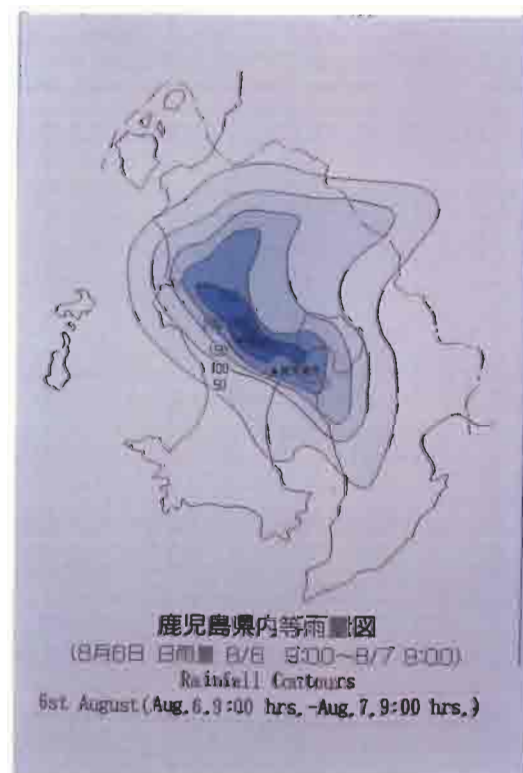
ス ラ イ ド 21

これも同じ吉田町の別の河川ですけれども、上流の支川の被災状況でございます。シラス崖の崩壊による土石流によりまして、県道、田畑等が埋没し、右上、ちょっと見にくいかもしれませんが、人家が屋根だけを残して埋まっているのが見られると思います。あれは屋根だけが残っている状況です。家屋の全半壊5戸ということになっております。



ス ラ イ ド 2 2

次が8月5日～6日にかけての雨であります、この等雨量線図を見ていただきましたらわかりますように、鹿児島市を中心に襲ったわけございまして、記録的な集中豪雨となりまして、市内を流れ出ます甲突川、稲荷川、新川といった川が氾濫しまして、市街地の500haで12,000戸余りが浸水したものでございます。



ス ラ イ ド 2 3

これは今申し上げました甲突川の北3kmにあります稲荷川で、河岸がえぐられ、家屋が倒壊した状況であります、約800戸が浸水被害を受けたものであります。



ス ラ イ ド 2 4

これは新川でございまして、甲突川の南3kmぐらいのところにあるんですが、やはり浸水被害を受けたわけでありまして、まさにこれは護岸から溢水が始まったところでございます。



ス ラ イ ド 2 5

これは幹線交通網である国道3号線の小山田のところでございます。鉄道と道路が寸断されまして、県都鹿児島市が孤立状態になったわけでありましたが、この写真の国道3号、もう見る影もありませんが、甲突川沿いを走っております鹿児島市小山田町におきまして、高さで約20mが大きく陥没したわけでございます。



ス ラ イ ド 26

これをちょっと拡大したところでございますが、甲突川が全体で50,000m³の河床が流出いたしました、滝があったんですが、滝の位置が上流の方へ移動してしまったという状況でございました。当時、地元では、ミニグランドキャニオンが出現したというようなことが言われて、多数の見学者がここを訪れたということもございました。



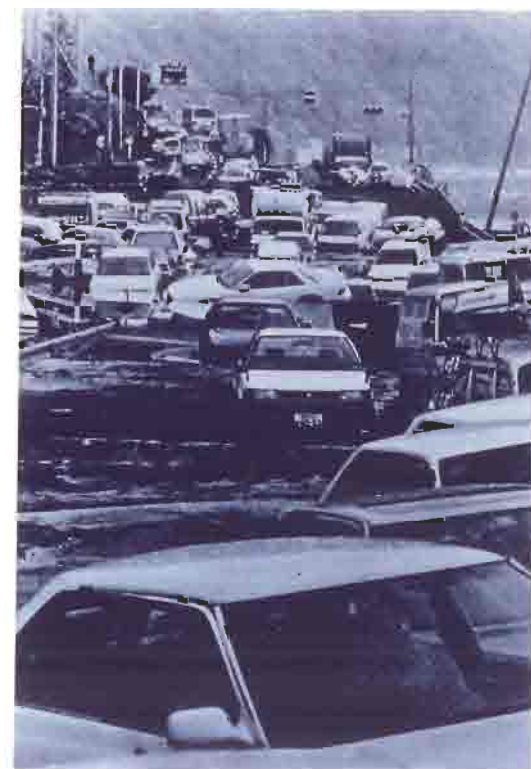
ス ラ イ ド 27

これは国道10号でございまして、鹿児島市街地を抜けますと、急な斜面の山すそを鹿児島湾沿いに鉄道と並行に走っておるわけでありまして、その約7kmの区間で30箇所以上の崖崩れとか、土石流が発生しております。これは土石流が病院の1階を襲いまして、避難中の25人が生き埋めとなりまして、うち16人が死亡した花倉という地区でございまして、手前の10号も完全に埋塞しております。



ス ラ イ ド 28

8月6日の土砂災害は、大体夕方以降に発生して、時間的に夕方6時ごろからでございまして、通勤、通学のラッシュにもかかったということで、このように路上で800台近い車が立ち往生することになったわけでございます。



ス ラ イ ド 29

これは同じ国道10号の竜ヶ水という地区で、大規模な土石流があちこちで発生いたしまして、停車しておりました鉄道の車両を直撃し、国道10号も埋めたという状況でございまして、死者が4名、家屋の全半壊が8戸というふうになっております。これら鉄道の状況とか、車やバスの乗客は約2,500人いたわけですが、暗闇の中を逃げ惑い、ようやく海上から漁船だとか、フェリーとかを動員して救出されたものでございました。



ス ラ イ ド 30

次に、9月3日、本県を縦断いたしました台風13号は、上陸時の中心気圧が930ヘクトパスカルということで、最大瞬間風速が50mを超す暴風雨が吹き荒れ、県下で38万世帯が停電するなど、風による被害も大きかったわけですが、1時間雨量も枕崎市で92mm、国分市で86mmというようなことで、気象台から記録的短時間大雨情報という情報が出されるほどの豪雨を伴いまして、あちこちで浸水被害が起りましたほか、がけ崩れや土石流が多発し、土砂災害の犠牲者は32名にも上りました。



ス ラ イ ド 31

これは薩摩半島南部の金峰町の扇山地区でありまして、土石流により20名が犠牲となったところでございます。



ス ラ イ ド 32

同じく川辺町の小野地区でございまして、土石流で9名が犠牲になり、家屋の全半壊が32戸出たところでございます。



ス ラ イ ド 33

このように、たて続けに豪雨が県土を襲ったわけですが、先ほど申し上げましたように、比重が軽くて浸食されやすいシラス台地を中心とした土砂災害、そして洪水による冠水や洗掘等により各地で甚大な災害を発生させました。

これは昨年、県下で発生した土砂災害の事業件数の地区別の分布図でございますが、県内各地に広がっているのがよくおわかりと思いますが、全体では土石流が27箇所、地滑りが2箇所、崖崩れが194箇所となっております。



ス ラ イ ド 3 4

また、これまでシラス斜面上部で開発が行われた箇所につきまして、特に地下水による斜面崩壊の危険性が言われてきたわけですが、今回の災害発生箇所には、ちょうどこの写真にありますように、尾根状の部分からの崩壊が多く、記録的な長雨と集中豪雨による影響が大きかったと考えられています。



ス ラ イ ド 3 5

これはレジユメの16ページにも掲載しておりますので、見にくい方はそっちを見ていただければいいんですが、人的被害の数を表わしております。死者、行方不明が121名と多数の尊い人命が犠牲になりましたが、シラス地帯を中心とした土砂災害による犠牲者が105名となっております。

	6/11-6/8	7/31-8/2	8/5-8/6	8/7-8/8	計	計
死 亡	9	21	48	5	39	120
行方不明			1		1	1
重 傷	4	9	12	4	18	47
軽 傷	10	69	52	10	100	201
計	23	101	113	19	213	465

ス ラ イ ド 3 6

この図は市町村別の死亡者数でございますが、県内各地の広範囲にわたりまして被害が出ていることがおわかりいただけると思います。

なお、鹿児島県におきましては、戦後では死者209名を出しました1951年(昭和26年)のルース台風にくらべて被害となっております。



ス ラ イ ド 3 7

これは住家等の被害の表ですが、住家の損壊は合わせて約36,000棟、住家の浸水が合わせて24,600棟となっております。

住家等被害 Housing etc		(単位: 棟)				
	5/12-7/3	7/31-8/2	8/5-8/6	合 計 7 号	合 計 13 号	計
全 壊	29	148	299	26	228	730
住 半 壊	33	108	193	47	700	1,087
一部被害	183	222	588	988	31,879	33,830
浸 水	100	1,168	9,378	24	1,382	12,052
浸 水 半 壊	819	4,763	2,754	329	3,882	12,548
計	1,134	6,409	12,112	1,414	38,018	50,247
非 住 家 等		1	11	11	51	71
住 家 等	40	181	106	204	3,077	3,808
計	40	182	317	212	3,128	3,879

※非住家は全壊、半壊のみを計上

ス ラ イ ド 3 8

この表は、各災害別の被害額を示しておりますが、一般被害を除く被害総額が約3,002億円となっております。1993年度の県の当初予算の約38%に相当する額に及びまして、そのうち公共土木施設関係は13,285件となっております。約1,239億円と過去10箇年の平均に比べますと、6倍以上の額が報告されております。

各災害別被害額 Costs of Damage					(単位: 千円)	
6/12~7/8	7/31~8/2	8/5~8/6	合 計 7 号	合 計 13 号	計	
41,605,451	63,950,378	80,176,931	20,244,371	94,208,180	300,185,311	

ス ラ イ ド 3 9

若干前置きが長くなったわけですが、それでは、甲突川の洪水と治水対策に移らせていただきます。

鹿児島市は、現在、県土の3%の面積のところに県全体の人口の約30%に当たります53万人が住んでおることになっておるわけですが、歴史的には1341年、豪族の島津氏が居城といたしまして、その城下町として栄えた町でありまして、明治の廃藩置県とともに、県庁所在地となっております。この写真で斜めに蛇行しながら流れておるのが甲突川でございます。



ス ラ イ ド 4 0

ちょっと見にくいと思いますが、この市街地を貫流いたします甲突川は、源を郡山町の標高676mの八重山に発し、鹿児島湾に注ぐ、流域面積で107.9km²、流路延長で26kmの都市河川でございます。藩政時代まで甲突川は、かつて市街地のもっと北側を流れておったわけですが、洪水を繰り返しながら徐々に南側に流路を変えていったと思われます。



ス ラ イ ド 4 1

河川改修は1840年頃始まったわけではありますが、現在の熊本県に当たります肥後から岩永三五郎という人が一連の土木事業の主任技術者として招聘されまして、川幅の統一だとか、護岸の整備、河床の浚渫を目的とした改修工事が大規模に行われております。この図は、その当時の鹿児島市の中心の図でございます。これは甲突川でございます。甲突川は、右上から流れておるわけですが、その左岸が武家屋敷、そして商人町、右岸が大部分が農地ということになっておりまして、改修に当たりましては左岸の護岸を高く強固にし、右岸側を低くして洪水を田畑に広がるように、右岸側に氾濫させるというような治水方式がとられたようであります。



ス ラ イ ド 4 2

また、この岩永三五郎は、土木技術者としての専門が石造の堰堤、あるいは石橋の架設ということでございましたので、その関与した仕事は大変多いわけですが、この甲突川の改修工事におきましても、1845～1849年までの5年間で五つの大きな石造アーチ橋をかけております。後でまた詳しく述べたいと思いますが、今回の甲突川の災害復旧におきまして、その取り扱いが一番の課題となったわけでありまして、議論的でもございました。後ほど、この五石橋につきまして、少し紹介させてもらいたいと思います。

Historic Stone Bridges on Katsuki River
甲突川橋の諸元

橋名	長さ(m)	幅員(m)	アーチ	築造年	道路区分
1. 武之橋	71.0	5.54	五連	1848年	市道
2. 西田橋	55.0	5.45	四連	1847年	"
3. 河田橋	40.5	6.2	"	1846年	市道
4. 藤上橋	40.8	5.9	"	1845年	市道
5. 石江橋	31.0	4.7	"	1849年	"

ス ラ イ ド 4 3

これは上流の方から見て3番目でございます西田橋でございます。橋の長さが49.6mで、当時の城下町の表玄関として使用された橋梁でございます。幅員は一番広くて6.3mが確保されておりました。高欄も青銅を使ってぜいを凝らすなど、5つの中でこの橋だけが県の文化財に指定されております。



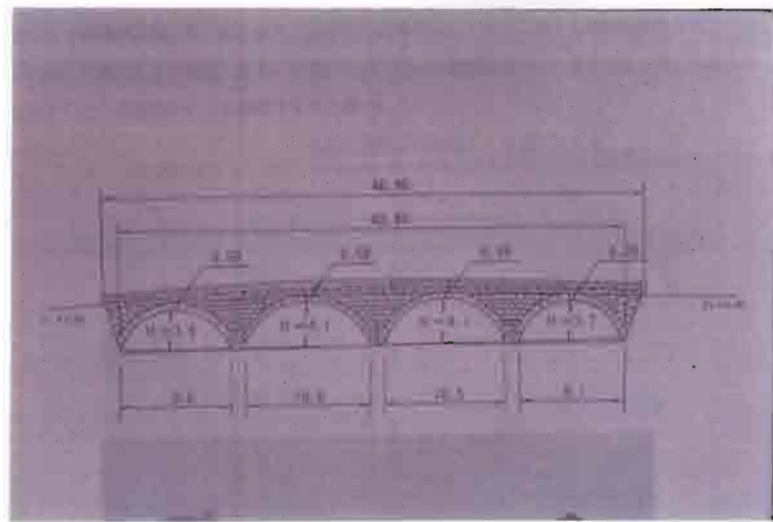
ス ラ イ ド 4 4

これは最下流の武之橋でございます。橋の長さが71mで、当時の石橋といたしましては国内最長の5連アーチとなっております。しかし、昨年の災害で、この橋は流れております。流失いたしました。



ス ラ イ ド 4 5

この図は、この石橋の特徴でございますが、まず第1に言えますのは、上流から2番目にかかっております新上橋の図なんです、最初に架設された橋でありまして、橋に潜堤の機能を持たせまして、この地点より護岸側が遊水地となっておりますところでございます。橋の上流付近は川幅が狭くなっております。この橋も去年流失したものでございます。



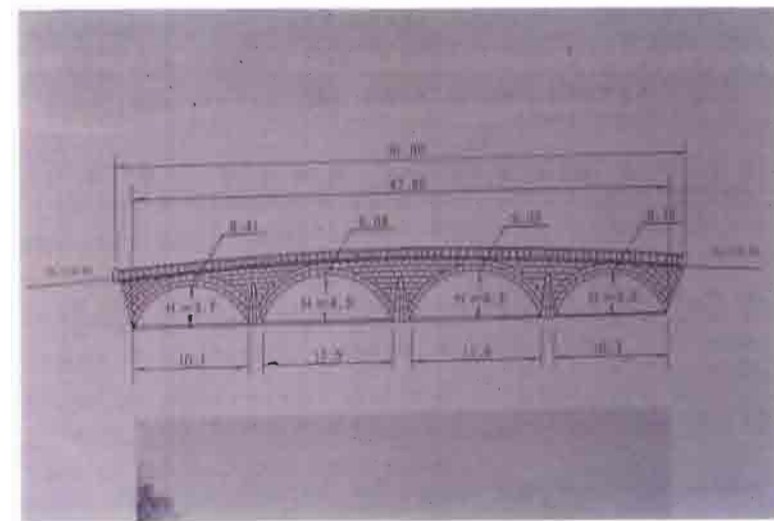
ス ラ イ ド 4 6

その次に特徴と言えますのが、流水の疎通への配慮から水切りを設けておるわけでありまして。この写真のように、形状が橋ごとにそれぞれの工夫がされております。



ス ラ イ ド 4 7

第3として言えますのは、橋梁部の河床が石張りでございます、基礎の洗掘防止と床どめ工の役目を持たせております。基礎工は極めて簡易な工法でありまして、はしご胴木の上に切り石を並べまして、この図の玉江橋などは、根入れがわずか1.2mとなっております。玉江橋につきましては、本年、このアーチ部を解体したばかりでございます。



ス ラ イ ド 4 8

このアーチ全体が可撓性を保って、現在の自動車荷重にも耐えておるという特徴があるわけですが、この写真は高麗橋でございます、市の幹線道路上に位置しておる橋でございます。



ス ラ イ ド 4 9

この図からもおわかりいただけると思うんですが、戦国時代の戦略上の配慮から、4kmの区間の5つの石橋が互いに見通しがきかないように配置されておるという特徴もございます。



スライド 50

さて、この甲突川の氾濫は、改修の後もたびたび起こっておるわけではありますが、抜本的な河川工事はなかなか実施されておりませんでした。

しかし、1960年代以降、日本経済の高度成長に伴いまして、鹿児島市も急激に市街化が進みます中で、甲突川流域では、この図のように、1945年までの市街化の伸び率が年間2%弱であったものが、その後の1965年までは6%近くの伸び率になるというようなことで、市街地面積も今では20%を超えるようになっております。あの黒くなっておるのが市街地でございます。このような状況もございまして、ようやく1969年の氾濫を契機として、1971年から支川の改修に取りかかりまして、1981年から本川の改修に着手したというのが実態でございます。



スライド 51

1971年に策定いたしました甲突川の治水計画は、100年確率の洪水流量に当たります毎秒1,000m³/sを基本高水流量としてとったわけですが、現況河道の流下能力が毎秒300m³/sしかないということございまして、また沿線の市街化が進んだ状況では、全面的な拡幅をすることが困難であるということから、河床をできるだけ掘り下げて流下能力を高めるということにしまして、毎秒700m³/sを河道の改修、そして残りの300m³/sは上流のダムとか、遊水地等で調節するという計画になっておりました。

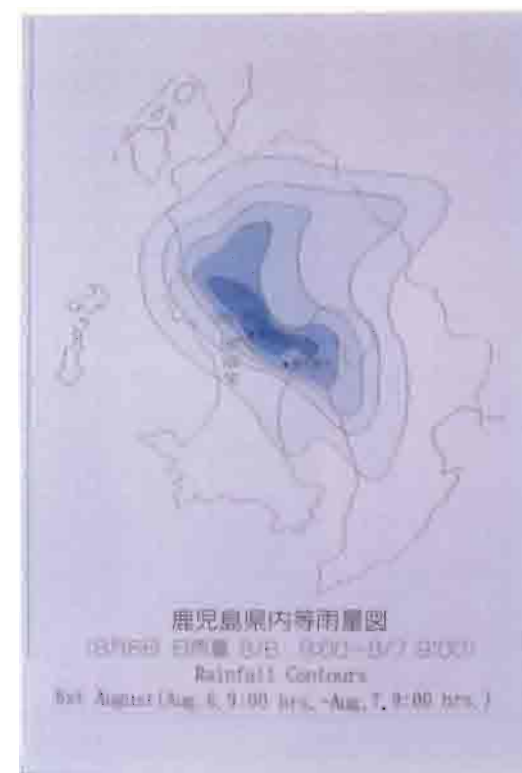
しかし、河床を掘り下げるということになりますと、この5つの橋の移設を避けることができないということで、これまで県民に対して移設して保存する方法を提案してきたわけですが、その取り扱いにつきましては、都市交通対策の観点を含めまして、現地保存すべきだ、あるいは移設保存すべきだ、この両論がございまして、当面、毎秒400m³/s河道を確保する暫定の改修を進めながら議論の推移を見守るということで、石橋を残したままで何とか治水安全度を上げる方法はないものかどうかというようなことも含めまして、20年間にわたりまして、あらゆる角度から検討を行ってきた、ちょうどそういう時期にこの災害が起こったということでございます。

この図はパンフレットの一部分ですが、甲突川における各地の治水対策とその問題点につきまして示したものでございます。



スライド 52

平成5年の8月6日豪雨と命名されました集中豪雨は、等雨量線図を見てもおわかりのとおり、鹿児島市北部から、その北西部の郡山町にかけて特に強かったものでございまして、日雨量が甲突川の上流の郡山町の役場におきましては384mm、鹿児島地方気象台では251mmを記録いたしました。



スライド 53

これは気象台のレーダーの画像でありまして、地名が書いておりませんので、ちょっとわかりにくいかわかりませんが、これは12時のちょうど県西北部の川内市の位置でございまして、川内市を中心に強い雨雲がございまして、それが15時になりまして、強い雨雲の領域が拡大して南下していきます。17時に強い雨雲の領域が、鹿児島市からその北西部にかけて移動してまいります。そして、停滞したわけでありまして、また、時間が経つにつれて雨雲が扇状構造がはっきりしてまいりまして、東西に連なっておるのがおわかりだと思います。



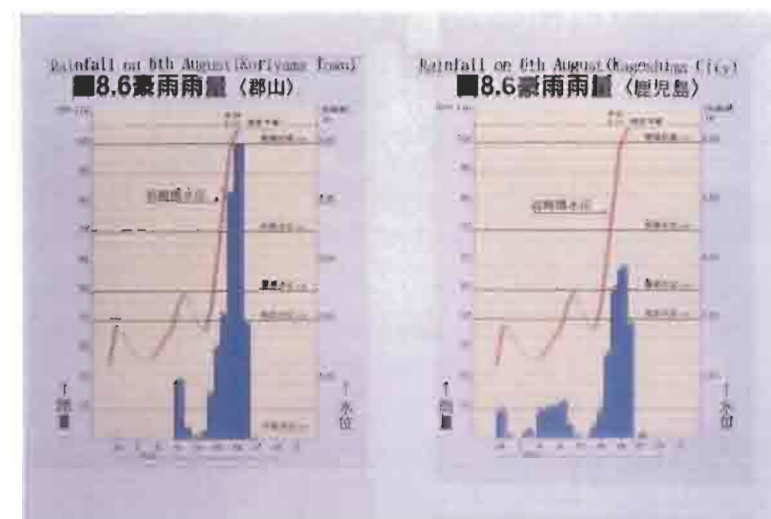
ス ラ イ ド 5 4

甲突川の水害の防御のために、河川の水位、流域の雨量等の情報を得るということで観測局を設けておるわけですが、甲突川では、この図のように配置しております。



ス ラ イ ド 5 5

これは鹿児島地方気象台と郡山町役場における時間雨量と甲突川の岩崎橋におきます水位の関係をあらわした図でございます。郡山町役場におきましては、19時までの1時間に99.5mmを記録するなど、短時間に極めて強い雨が集中した未曾有の豪雨であったわけでありまして。



ス ラ イ ド 5 6

このため、急激に河川の水位が上昇いたしまして、下流の市街地から12kmにわたり激甚な浸水被害を受けまして、家屋の床上浸水や水道施設の被災、橋の流失などにより交通、通信、水道等のライフラインが途絶するなど、いまだかつて経験したことのない災害となりまして、市民生活に大きな混乱を与えたわけでありまして。これは浸水区域図が真ん中にありまして、浸水面積が424ha、浸水家屋数11,586戸となっております。



ス ラ イ ド 5 7

これは被災2日後の8月8日に撮影した航空写真でありまして、茶色に見える部分が浸水した跡でございます。下流部の流失した武之橋付近の写真でございます。



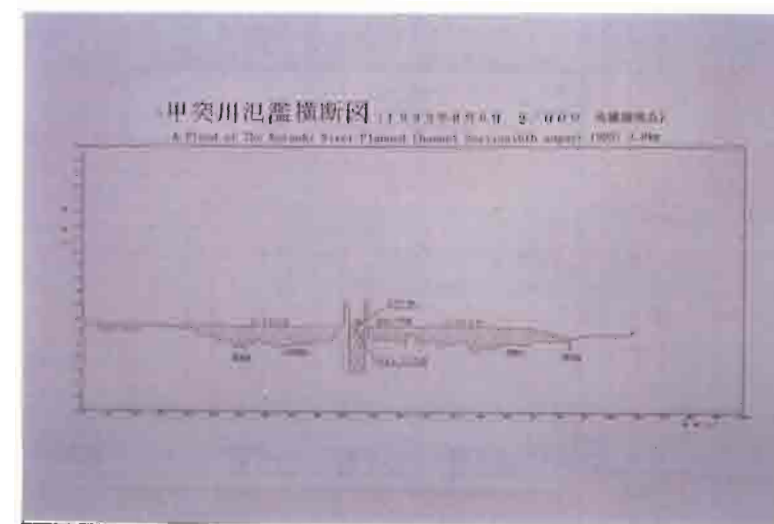
スライド 58

その上流でございます高麗橋の付近の写真です。



スライド 59

これは高麗橋地点の氾濫の横断面図でありまして、この付近は上流であふれた水がまた流れてきたところでございます。なお、甲突川は、基本的には日本では珍しく、堤防のない掘り込み河川となっております。



スライド 60

その上流の流失した新上橋付近でございます。



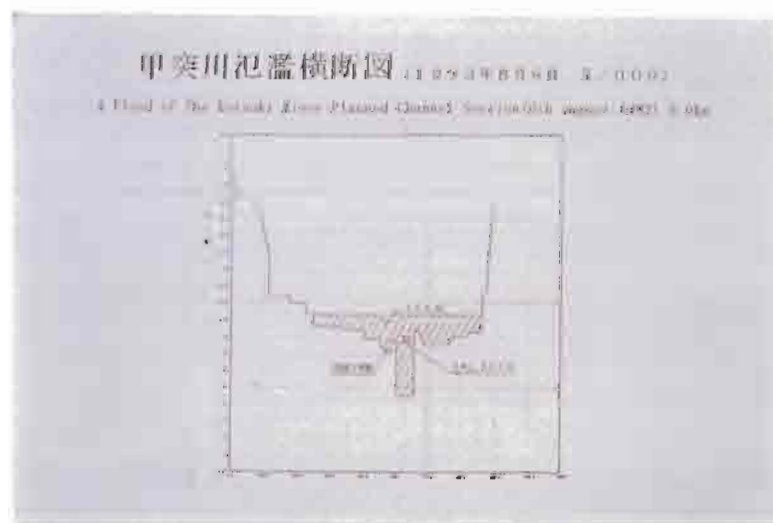
スライド 61

これは、その上流の原良という地区全体の遠景でございます。



ス ラ イ ド 6 2

これは河口から5km地点のところの、この直前の原良地区の氾濫の横断図でございます。被災水位がいかに高かったかがおわかりいただけると思います。



ス ラ イ ド 6 3

さらに、これは上流の河頭という地区でございます、見えております建物は中学校でございます、その前は運動場でございます。



ス ラ イ ド 6 4

さらに上流の小山田地区で護岸が決壊しておるところでございます。



平成5年8月6日の撮影
護岸が壊れた甲突川
鹿児島県市小山田

ス ラ イ ド 6 5

また、豪雨で五石橋のうち、2つの橋が流失したわけ
であります。これは最下流にあります5連アーチであり
ました武之橋の被災状況でございます。



ス ラ イ ド 6 6

これは上流から2番目の新上橋でございます。流失後に4連のうち、2連分が残ったわけございま
す。県内には石橋が200個ぐらいあると言われておるわけでありましたが、昨年の災害では27の石橋が流
失しております。



ス ラ イ ド 6 7

これは辛うじて流失を免れた玉江橋、一番上流の橋で
ございまして、流下物が間隔の狭いアーチ部分を中心に
ひっかかっております。なお、ピンク色の線が被災水位
になっております。



ス ラ イ ド 6 8

同じく玉江橋の橋面上に堆積した流下物でございます。



玉江橋(市道)橋面上に堆積した流下物

ス ラ イ ド 6 9

これは甲突川の中流域の飯山橋という橋でございます、やはり木などの流下物がひっかかっております。



スライド 70

これは甲突川と並行して走ります国道3号が浸水した状況であります。



スライド 71

これは同じく国道3号であります、見る見るうちの増水でありまして、乗用車が道路上でそのまま冠水する事態が多発したわけであります。



スライド 72

これは鹿児島市の有名な繁華街であります天文館が浸水した状況でありまして、午後の9時ごろであります。



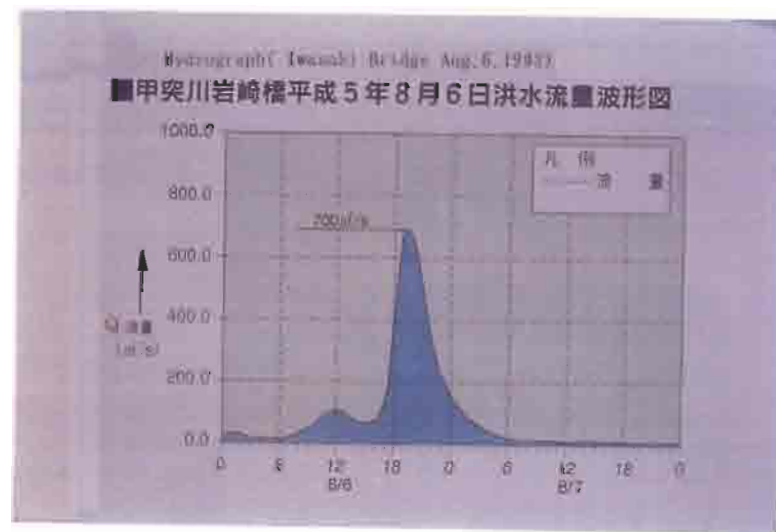
スライド 73

同じく天文館ですが、防水シャッター等の備えがなかったビルの地下の飲食店等は大きな被害になっております。



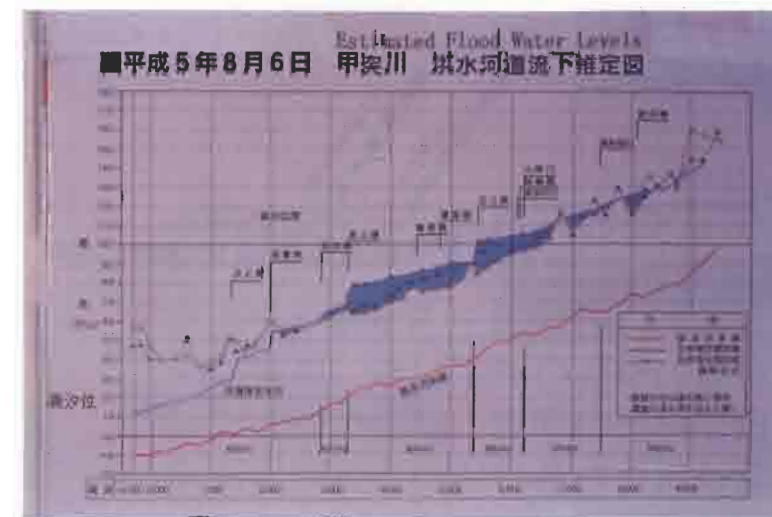
ス ラ イ ド 7 4

今回の甲突川の氾濫は、県が実施いたしました雨量、被災水位、浸水区域等につきましての調査解析では、毎秒約700m³/sと推定されまして、河川の流下能力の毎秒300m³/sを大きく超える洪水でありました。



ス ラ イ ド 7 5

さらにレジュメの26ページに掲載してございますが、洪水の流下を推定した図から読み取れますように、上流部のシラスの山腹の崩壊等により多発いたしました多量の流下物が間隔の狭い石橋等の橋梁にひっかかりまして、これが水位を堰上げたことが要因となったものと推定しております。



ス ラ イ ド 7 6

これは今回の甲突川の改修計画の概要でございます。お手元に差し上げておりますパンフレットの中にも出ております。外国の方は、28ページを見ていただくとわかりやすいと思います。

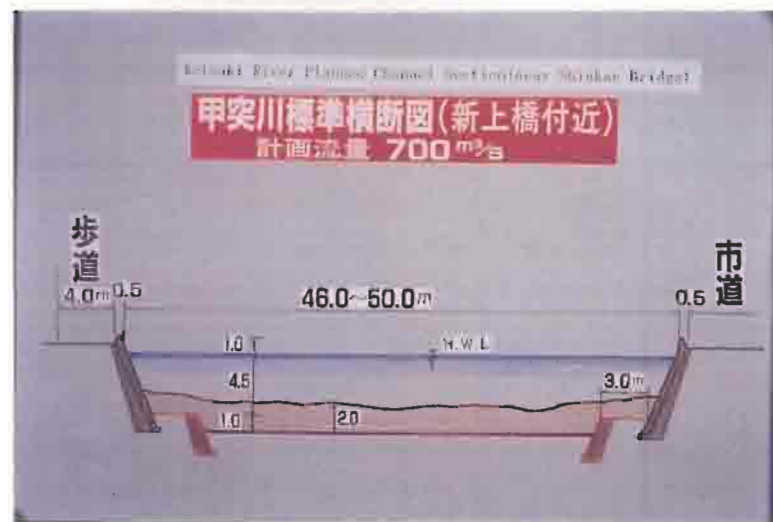
甲突川は、これまで毎秒400m³/s河道を確保する暫定改修を進めていたわけですが、今回の大災害を受けまして、緊急の抜本的災害復旧を行うために、本川下流部の9.4km区間につきましては、国庫補助の河川激甚災害対策特別緊急事業、いわゆる激特事業、また、さらに上流に向けましての中流部の5km区間につきましては、同じく国庫補助であります河川災害復旧助成事業と県の単独事業とを組み合わせた改良復旧をそれぞれ導入いたしまして、今回の被災流量であります毎秒700m³/sを安全に流すことを目標といたしまして、合せまして約306億円の事業費を投入いたしまして、災害のあった昨年度から5年間で抜本的な河道改修を実施するという事になったわけでございます。



ス ラ イ ド 7 7

激特事業の内容であります。河道を2m掘り下げて、護岸の整備やこの5つの橋を含みます16の橋をかけかえて、一部の拡幅等を行うものでございます。この計画は、再度災害の防止を図りますために、短時間で確実に効果の上がる方法といたしまして、これまで20年間以上の長年にわたります各種の検討を踏まえたものでございます。

特にこの石橋につきましては、今回、このように甚大な被害のあったことと、今後の豪雨で残った石橋が流失するおそれもありますこと、さらに何とかこの石橋を残したままで改修できないかというような観点から、可能な限りの代替案を検討いたしました結果、やむなく石橋は別の場所に移設して保存するというようにしたものでございます。



ス ラ イ ド 7 8

これまで検討いたしました幾つかの代替案の一部を紹介しておきたいと思います。

まず、ダム、遊水地による方法であります。地形や土地利用の状況から適地がなかなか少なく、脆弱なシラス土壌の宿命から技術的な対応が難しい上に、合わせても毎秒100³/s程度の洪水カットしか見込めません。

また、放水路による方法は市街地を通すということが物理的にも不可能でありまして、中流部から約7kmのルートが考えられるわけですが、今の甲突川の流下能力と同じ毎秒300³/sのトンネルをつくるには、約570億円という莫大な費用を必要とします。さらには、これらダム、遊水地、放水路の建設は、調査設計や用地の確保、工事に長時間を要することなど、今申し上げましたいろんな観点から、緊急的、抜本的な対策ということでは問題がございます。

また、石橋を残したままで治水安全度を上げる方法といたしまして、河床の掘削に伴いまして石橋の橋脚を継ぎ足してはどうかという案もございました。現在の石橋の例では、先ほど申し上げましたように、1.2m程度と浅く、継ぎ足す長さも長くなるわけでありまして、また、この石橋は重量が約2,000tと極めて重いこと等から、石橋をしっかり支える橋脚で継ぎ足すことが必要となるわけですが、橋脚を継ぎ足すということになりますと、どうしても接合などに構造上の問題が出てまいりまして、それを何とかクリアして仮に継ぎ足したといたしましても、継ぎ足し部分が広く必要となり、現在でも狭い石橋の橋脚と橋脚の間隔がさらに狭くなり、洪水が流れる断面が不足する上に、洪水時に流下物がひっかかりやすく、また昨年の新上橋や武之橋のように、流失することが懸念されるわけでありまして、適切な工法ではないと考えております。

さらに、この石橋の両岸側の緑地公園等を利用して、地下に分水路を設置できないかという案がございました。これにつきましては、1981年から3箇年にわたりまして実施した水利模型実験の結果では、分水路付近で複雑な流れが生じ、洪水時の土砂の堆積や河床の洗掘等の問題点が多いと判断したところでございます。



ス ラ イ ド 7 9

これがその実験の様相でありまして、分水路の入り口付近で土砂の堆積が、そしてまた、出口付近で土砂の洗掘が起こっている状況がおわかりだと思います。また、このほか、下流の左岸側の緑地を利用いたしまして、3km程度の延長の放水路案でありますとか、もう少し上流から国道3号の下を通す放水路案等々につきましても検討いたしましたわけですが、技術、予算、それから工期等々、総合的に採用しがたいと判断いたしました。



ス ラ イ ド 8 0

さらには、いわゆる流域対策をあわせました総合治水対策で石橋を現地保存する、言いかえまして、河道改修をせずとも、治水対策が行われるのではないかと案もあったわけでありまして、これにつきましては、若干詳しく述べますと、昨年のような災害が二度と起こらないようにするためには、昨年の洪水であふれた水量400万 m^3/s に対処できる対策を講じなければならないわけでありまして、流域対策のみでは最大限見積もりましても、例えば既にある既存の団地で調整池のないところに調整池をつくるということで約33万 m^3/s 、上流で遊水地をつくるとしまして最大限約88万 m^3/s 、学校や公園を活用した貯留施設で約16万 m^3/s ということで、このあふれた400万 m^3/s のオーダーにはとても及ばないというようなことをごさいますし、さらにその上には、この既存の団地で調整池をつくるとか、あるいは上流で遊水地をつくるということにつきましては、短期間に工事を終えるということはなかなか容易なことではないわけでありまして、



ス ラ イ ド 8 1

その他、この総合治水のメニューとして考えられます放水路とか、分水路というものにつきましては、先ほど述べましたように、工事が極めて長い期間を要しますし、工事費も莫大となる等々の難点があるわけをごさいます。なお、さきに述べましたように、この現在ある石橋につきましては、根入れが浅く、石橋を残したままでの掘削による流下能力のアップというのは、せいぜい毎秒100 m^3/s 程度に過ぎないわけをごさいます。

従いまして、昨年のような洪水にも確実に、しかもできるだけ早期に対応できるようにするためには、どうしても河床を掘り下げて、残念ながら残りました3つの石橋を含めまして、16の橋を改築いたしまして、河川の流下能力をどうしても高めていく必要があると考えたものでございまして、総合治水のメニューは、緊急な抜本策としては困難であったわけでありまして、県といたしましても、河川改修だけではなく、流域対策をあわせた総合治水というものは、今後ぜひ必要であると考えておりまして、既に河川の安全度を激特の安全度からさらに上げていくために、今年度から次のような取り組みを行っております。

具体的には、関係市町村との連携のもとに、上流部に遊水地を建設することといたしまして、具体の整備箇所を選定中のごさいます。また、流域内の公園や学校等を活用した貯留を進めることとし、これにつきましても、数箇所のモデル整備箇所を選定いたしますなど、準備作業を鋭意今進めておるところでございます。

このように県といたしましては、いろいろな対策案を検討いたしました結果、現実的で緊急の抜本的な災害復旧といたしましては、河床掘削以外には方法はない。そして、石橋は別の場所に移設して保存しようとしたのがこの現計画でございました。代替案の判断基準といたしましては、先ほど来述べておりますように、緊急性、つまり工期と予算、そして事業の確実性、これはとりもなおさず激特事業の性格そのものでもあるわけでありまして、行政的な立場といたしまして、被災住民の方々の一刻も早い改修の熱望、そしてまた石橋の文化財としての価値とをいかにバランスよく総合的に現実的な判断をするか、この点がこの計画の難しさでもございまして、また苦渋の決断を必要としたものでもございました。

なお、本計画は、さまざまな議論の末に鹿児島市の了解はもちろんでありますが、県議会でも全会一致で承認され、激特事業は昨年の11月に採択され、事業に着手して今日に至っております。

さて、工事は、これまでに写真にありますような玉江橋を初め流失した新上橋、武之橋の一部残った部分の解体も完了したところであります。また、この石橋の移設先につきましては、各界の方々から成る委員会によりまして、現在検討しておる最中でありまして、この秋ごろには結論を出す予定になっております。



ス ラ イ ド 8 2

また、護岸の低いところから護岸の積みかえにも着手しておりまして、整備に当たりましては、これまで実施してきた景観整備とあわせまして、河川に生息する動植物にも配慮した多自然型工法を用い、安全で潤いのある川づくりを進めていくことといたしております。



ス ラ イ ド 8 3

激特事業は、あくまで昨年の災害を踏まえた再度災害の防止を目的としておるわけでありまして、より一層この治水安全度を高めるためには、さらにダムや遊水地、放水路の検討を進めますとともに、雨水貯留施設等による流出抑制対策につきましても、並行して検討し、これまでの大規模開発に対する防災のための調整池の設置指導に加えて、県、市等がそれぞれ分担、協力し合って流域全体を考えた総合治水対策を推進していきたいと考えておるところでございます。

1993年の豪雨台風による鹿児島県における河川災害は、県土の広範囲にわたって大規模なものであったわけでございます。このため県では、国等関係各位のご支援、ご指導を受けながら、被災箇所の早期復旧とともに、将来を見据えた抜本的な恒久対策に努め、ソフト面でも河川情報の収集伝達に関する新たなシステムの整備につつまして検討するなど、今回の災害を教訓にいたしまして、総合的な治水対策に取り組むことといたしております。本県は地質的に脆弱なシラス特殊土壌を抱えますとともに、県管理河川は流路の短い急流の河川が多く、強い雨で急激に水位が上昇しやすいために、防災対策には特に力を入れておるところでございます。

しかしながら、今回の災害で県民は、改めて防災としての治水の重要性を認識することとなりました。各方面から多くの関心が寄せられております。今後とも、新しいまちづくりとその中における河川のあり方というような観点を見据えつつ、安全な県土の形成を図るために、より一層河川の整備に努めてまいりたいと考えております。

最後に、鹿児島は着実に災害から立ち直りつつございます。また、鹿児島では、皆さんご存じのとおり、活火山桜島、そして霧島、多くの温泉郷、世界文化遺産条約に指定された屋久島を初め南の島々が皆様をお待ちしておりますので、この夏にはぜひ一度お出かけいただきたいと思っております。長時間、ご静聴ありがとうございました。

【会場からの一般質問】

○島根県の福田さんの質問

質問の内容は、洪水の予報警報避難システムということで3点お伺いしたいと思っております。

昨年の鹿児島水害では、地元の水防団、消防署等の避難勧告等のスピーカー音が豪雨のために聞き取れなかったという話を聞いておりますが、そこで一番最後に部長さんの方からお話がありましたが、洪水予報警報システムで各広報機関へ、NHKとか民放ですが、いち早く伝達する方法、それと伝達すべき情報データの内容、また、その伝達システムが完成された場合の県水防本部からのデータが一般県民に伝わるまでにどれくらいの時間で伝わるか。その3点をお願いいたします。

○奥田部長の回答

先ほど述べましたように、今年度から河川情報システムの整備というようなことでいろいろ検討を行っておるわけですが、昨年の災害時におきましては、ただいまご質問のありましたように、さまざまな反省点がございました。

避難警報につつましては、例えばこの8月6日の豪雨の際にも、ちょうど鹿児島市が4時30分だったんですが、河川流域及びがけ地危険箇所等の住民に対して、消防車による警戒の広報を実施するというようなことで、あるいはまた、特に危険な先ほど出ました竜ヶ水地区などには避難指示も行いましたし、また5時半になりますと、市の広報車によりまして避難勧告の広報を出すというようなことで、そのときにはいろいろな情報、そして広報等を鋭意やっておりますが、ただいまご質問のありましたように、十分行き渡らなかったところがあったり、また個別の防災無線が十分に設置されていないというようなこともありました。

今後は、そういうような各個別に防災無線を設置いたしますとか、あるいは水防体制の強化といたしまして、今までも十分とは言えないにしても、関係市町村を含めて取り組んでやっておりますけれども、県では河川の水位、雨量等の情報を適時的確に情報伝達、収集伝達していこうということで、現在の体制を拡充して観測地点の拡充でありますとか、情報網の整備でありますとか、あるいは情報のわかりやすい形でのリアルタイムでの確保処理とか、そういったことで全県をテレメーターで結んだ河川情報システムを整備したいというようなことで、今現在、調査検討をしておるところでございます。

○建築事務所経営の永野さんの質問

今、鹿児島の河川対策、総合治水の中の特に出水抑制をもっと徹底して、石橋を残す方法がまだ残されていないものかどうか。私が聞いているところでは、3号線に水が出たのは、団地開発とかがある。幾ら河道改修をやっても、その問題は確実に残るであろうということであれば、もう少しそういう総合治水、そういうことを工夫する余地は残されていないだろうかということをちょっとお聞きしたいんです。長崎の場合、途中で方法論を一部変えたと思うんですけれども。

○奥田部長の回答

ただいま非常に貴重なご質問といえますか、ご意見をちょうだいいたしました。私どもも、先ほどちょっとご説明の中で、総合治水の考え方につつましては申し述べたところであります。数量的にもいろいろ検討いたしました。昨年の洪水につつましては、計算いたしますと、大体400万 m^3 という量があふれました。それに対応するだけの総合治水、その中でも流域対策、その中で流出抑制対策ということを検討いたしましても、総合治水だけで五石橋を残せるだけの再度災害防止のメニューにはなかなか採択し得ないということと、量的にも少ないだけでなく、そのうちの遊水地でありますとか、ダムということになりますと、非常に時間と予算がかかるということで苦渋の決断をしたということでございます。

この苦渋の決断といえますのは、要するに今回の一番大きな問題点は、あれだけの大きな洪水が起こった後の緊急的かつ抜本的、確実的な方策をどうするかということでありまして、先ほどからも代替案を幾つか申し上げましたが、工期といえますか、時間が数十年、あるいは予算についても十分あるという条件でございますと、いろんな代替案が当然あるわけでございます。先ほどいろんな代替案の判断基準というものが、そういういろんな行政的な現実的な対応ということでは、いろんな制約条件という中で採択しかねる総合治水のメニューがあるという説明を申し上げましたが、その辺のところ非常に私どもの現実的な対応としての苦しいといえますか、難しい点でございました。

もう一度くり返しますと、総合治水につつましては、量的な問題、工期につつましては、例えば遊水地とか、ダムにつつましても、数年ではとてもでき得ない。その辺の予算、工期の問題等々から総合的に判断いたしまして、非常に困難であるというように判断したものでございます。

五石橋につつましては、先ほど申し上げましたが、次善の策として移設保存ということでございます。できるだけもとの橋のイメージを壊さないような努力を傾けて移設保存したいと考えておるところでございます。

○司会

いかがでしょうか。まだいろいろ納得いかない点もあるかとは思いますが、またパネルディスカッションの方でも、奥田部長には参加していただきますし、そういった河川事業と文化的な環境といったものも、またパネルディスカッションの方で話を進めていければと思っておりますので、よろしくお願いいたします。ありがとうございました。

それでは「1993年鹿児島水害と甲突川の治水計画について」奥田朗部長よりお話しいただきました。どうもありがとうございました。

○奥田部長

どうもありがとうございました。（拍手）

「1993年ミシシッピ川中西部洪水と治水計画」

ジェームス・R・タトゥル

ミシシッピ川委員会／米国陸軍工兵隊ミシシッピ川下流管区計画技術部次長

今日は、こうして日本に参って、大変重要な国際洪水セミナーでお話をする機会をいただきまして、大変うれしく思っております。ご招待をいただきましたこと、心から御礼申し上げたいと思います。国土開発技術研究センターの方にも厚く御礼を申し上げたいと思います。

私の方では、1993年のアメリカ中西部の洪水について、また治水対策について、その洪水以降、どういう計画があり、どういう調査が今のところ行われてきたのか、また被害からの回復の努力がどうなっているのか話をしてほしいと言われました。そこで、講演のタイトルとしましては「ミシシッピ川における1993年中西部洪水と治水計画について」という題（スライド1）になっております。

**REVIEW OF 1993 MIDWESTERN FLOOD AND
DISCUSSION OF FLOOD CONTROL PLANS - MISSISSIPPI RIVER**

ス ラ イ ド 1

お話しする項目については、このスライド（スライド2）に挙げてあります通りです。

MAJOR ITEMS OF PRESENTATION

- DESCRIPTION OF MISSISSIPPI RIVER DRAINAGE BASIN
- PHYSICAL FEATURES OF THE MISSISSIPPI RIVER
- CLIMATE OF MISSISSIPPI RIVER BASIN
- HYDROLOGY AND HYDRAULIC CHARACTERISTICS OF THE MISSISSIPPI RIVER
- FLOOD CONTROL FEATURES OF THE MISSISSIPPI RIVER AND TRIBUTARIES
- REVIEW OF THE 1993 MIDWESTERN FLOOD
- SUMMARY OF DAMAGES AND DAMAGES PREVENTED
- DISCUSSION OF FLOOD CONTROL PLANS:
PRESENT AND FUTURE CONSIDERATIONS

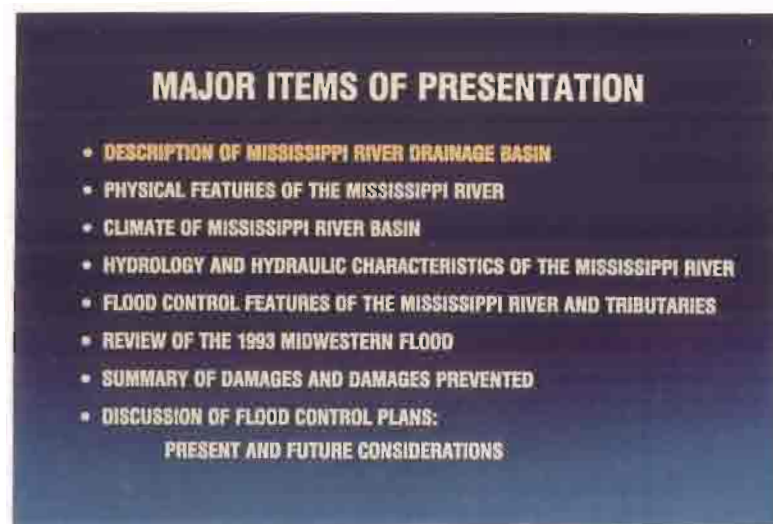
ス ラ イ ド 2

まず初めに、ミシシッピ川流域の概要についてご説明いたします。面積の非常に大きい流域でありまして、この流域の物理的な特徴について、この流域の気象状況についてもお話していきます。また、ミシシッピ川流域の水文、水理状況についてもお話をします。ミシシッピ川本支川を含めまして、治水対策がどうなっているのか、その特徴についても次にお話し、昨年、1993年の中西部洪水概要について振り返ってみたいと思います。

また、どのような被害があったのか、調査が上がっておりますものをまとめてお話ししたいと思えます。また、最近、洪水被害範囲がどのぐらいかということが新しく出てまいりました。その概要をまと

めたんですけれども、最新の状況はまだその中には入っていないものもございます。この被害額のいろいろな数字については、調査が現在も引き続き行われているとご承知おきください。最後になりますけれども、治水計画について、現在はどうなのか。そして、どういう議論が行われ、現在を含め、今後のあり方についても、どういう議論が展開されているのか、そうした点を最後にお話しして、締めくくりとしたいと思います。

それでは、まず初めに、ミシシッピ川流域の概要についてお話をします。



ス ラ イ ド 3

この流域は、非常に面積の大きい流域だと先ほども申し上げましたけれども、アメリカ全体の面積の41%に当たる地域からの流出を集めています。48州の面積、アラスカ、ハワイ以外の面積の41%からの流出を集めております。そして、アマゾン川、コンゴ川に次いで世界第3位の流域面積となっております。この流域面積は、300万km²を超えるものでありまして、31州およびカナダの2州の全部または一部を含んでおります。

流域の形状は、大体漏斗のような形をしておりまして、漏斗の広い口の部分は、東の方はニューヨーク州の方から始まり、西の方に行きますと、モンタナ州にまで及んでいるという非常に口の部分の広い漏斗となっております。西側の境界のところでは標高が3,000mを超えます。つまり、ロッキー山脈のところになるんですけれども、そういった標高の高いところもありますし、東の方はアパラチア山脈の方で、もう少し小さい山脈ですけれども、標高は約1,000m程度となっております。そして、北の方の流域の境界はミネソタ州のところにあります。地形はかなり穏やかな起伏となっております、標高は大体500m程度となっております。

この漏斗の中央の部分ですけれども、ミズーリ州セントルイスのところなんです。ここがきょうのお話の中心となります。特に1993年の中西部洪水についての話は、ここが一番中心になります。その時点で、またより詳しくお話をしますが、アメリカのこの部分が中心となっております。ミズーリ川、そしてミシシッピ川上流の部分、これが一番洪水の大きな原因となったところであります。そして、下の方は、ルイジアナ州を通過してメキシコ湾に至っております。

そして、私が実は住んでおりますのはこの辺なんです。ヴィクスバーグです。

私は、ここに立っております、ちょっと上がってはおりますけれども、何とかお話をしていきたいと思っております。



ス ラ イ ド 4

これは（スライド5）、ミシシッピ川のタスカ湖周辺の写真です。河口からの距離が6,075kmぐらいのところなんです。



ス ラ イ ド 5

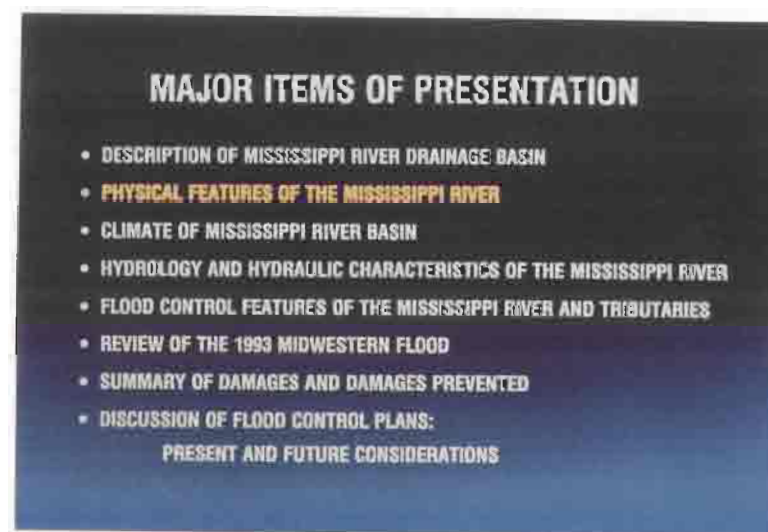
こちら（スライド6）は各支川の流域を示しておりまして、この流域全体が非常にダイナミックであるということがおわかりいただけると思います。オハイオ川流域、ミシシッピ川上流域、アーカンソー-ホワイト川流域などがあります。そして、黄色いところですが、これが下流のミシシッピ川の流域です。この部分、これが氾濫原です。この内側のところ、ケイロの下のところ。是非覚えておいていただきたいのはこのイリノイ州ケイロです。ここが境界点です。ここから上の部分がミシシッピ川上流域と言われており、ここから下の方がミシシッピ川下流域と言われております。

そして、この点を境にして、上の方と下の方では流域として大きな違いがあります。特にどのくらい進んだ治水対策、プロジェクトが行われているかということについて、上流域と下流域とでは顕著な差があります。



ス ラ イ ド 6

さて、今度はミシシッピ川の物理的な特徴についてご説明します。



ス ラ イ ド 7

先ほどもちょっと触れましたけれども、長さは延長が6,075kmあります。水面勾配は、上流区間では1km当たり約0.4mぐらいの勾配となっております。そして下流に行きますと、さらにこの勾配が緩くなります。ルイジアナ州ニューオーリンズ付近の勾配は1km当たり約0.04mぐらいになります。

そして、ミシシッピ川上流の平均の川幅は1~2km程度です。場所によっては、より広いところ、狭いところがありますが、平均的にいいますと、1~2km、そしてミシシッピ川下流の方の平均の川幅はもう少し大きくなっておりまして、大体2~6kmぐらい、つまり南部の方、南の方が上流域より

も3倍ぐらい川幅が広いということです。この点が顕著な特徴となっております。1993年の洪水でも、この点が鍵になりました。

というのも、中西部の洪水というのは、かつて経験したことがないような規模の洪水でした。上流域ではそうでしたけれども、下流域では洪水にはなりません。その理由がここにあります。つまり、川の容量がもっとずっと大きかったのです。そして、主要な支川の部分が実は干ばつに苦しんでいたときであったということなんです。河岸満水時の平均水深は、ミシシッピ川上流では13mぐらい、そして下流では20~30m程度となっております。もちろん、個々の場所によって水深は違うわけですが、特にニューオーリンズではもっと深くなりまして、60mぐらいということになっておりますので、もちろんばらつきはあります。

PHYSICAL FEATURES OF MISSISSIPPI RIVER	
LENGTH	6,075 Kilometers
WATER SURFACE SLOPE	
UPPER MISSISSIPPI	0.4 meters per Kilometer
LOWER MISSISSIPPI	0.4 meters per kilometer
TOP BANK WIDTH	
UPPER MISSISSIPPI	1 to 2 Kilometers
LOWER MISSISSIPPI	2 to 6 kilometers
AVERAGE BANKFULL DEPTHS	
UPPER MISSISSIPPI	10 to 13 meters
LOWER MISSISSIPPI	20 to 30 meters

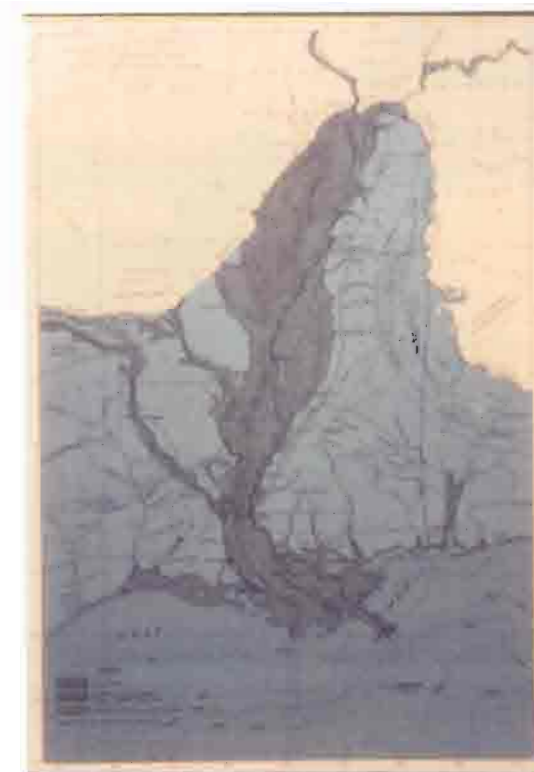
注：図中 LOWER MISSISSIPPI 0.4 meters per kilometer は、0.04 meters per kilometer の誤り。

ス ラ イ ド 8

余りいいスライド（スライド9）を用意できなくて申しわけないんですが、こういうものしか準備できませんでした。ここでお見せしたいと思ったのは、下流の方のミシシッピ川流域では、氾濫原がありまして、これが非常に広い範囲に及んでいるんです。上流域に比べまして、面積も広いし、幅も広いということで、これが1993年洪水において大きな違いがあったということです。ブルーのちょっと濃くなっております、あるいはグレーと言った方がいいんですが、暗くなっておりますこの部分が下流域の氾濫原となっております。この幅は42~135kmぐらいとなっております。

多くの町が、あるいは都市がここにはあります。大きな都市もあります。そういう都市が氾濫原の中に位置しているわけです。基本的には非常に盛んに農業が行われています。ルイジアナ州のバトンルージュからメキシコ湾に至るまでということで、この部分は非常に工業が盛んで、川沿いに発達した工業地帯となっております。川を使った舟運ですとか、そういったことも盛んでありますから、インフラも整備しております。大きな被害が起きてしまう可能性もあります。この下流域でもし洪水防御システムがうまくいかなければ、ものすごく大きな被害が出てしまうということもあり得たわけです。

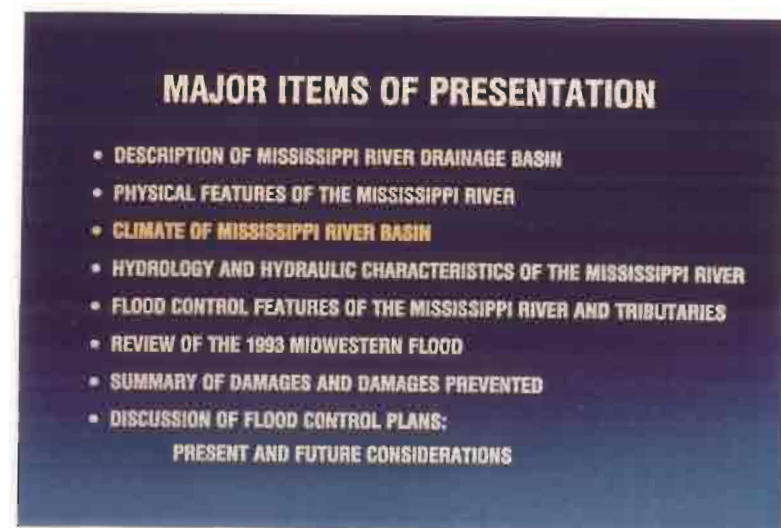
上流域の方では、ちょっと違う状況になっていきますが、この図から氾濫原が上流域ではどうなっているかといえますと、ずっと小さくなっています。下流域に比べ



ス ラ イ ド 9

て、上流域の氾濫原が非常に狭い地域にしかないということです。平均的には2~15kmぐらいの幅しかありません。ミシシッピ川上流域での氾濫原の幅は、下流域に比べて非常に小さな幅の狭い氾濫原になっています。

それでは次に、ミシシッピ川流域の気象条件についてお話をしてみたいと思います。



ス ラ イ ド 10

いろいろな色分けをして、気象条件によって図（スライド11）をつくりましたけれども、アメリカの北西部では、いろいろな気候が入りまじった状況となっております。つまり、半乾燥地域から半湿潤地域、そして湿潤な地域ということです。そして、南西部の方は乾燥地域から半乾燥地域、それがミシシッピ川流域の中心部の方に進んでいきますと、半乾燥地域と半湿潤地域となっております。特に流域の西側の方ではそうになっておりまして、さらに、東側の方に行きますと、特にオハイオ川流域では、分類としては湿潤地域という分類となります。

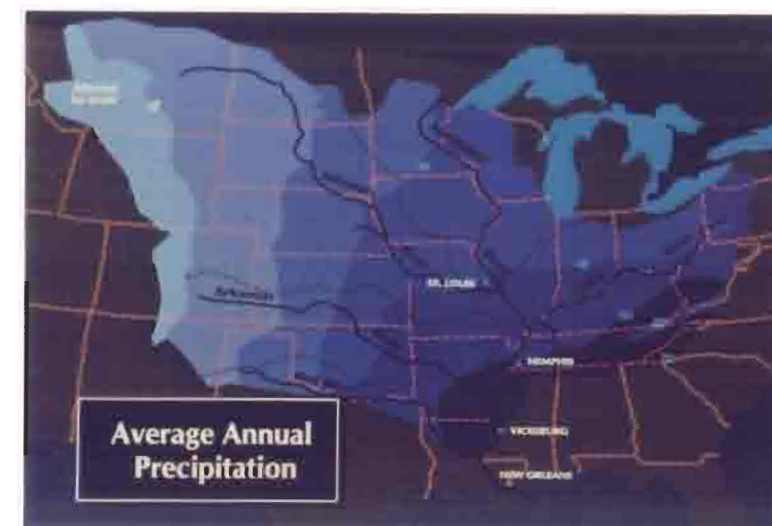
この点が、イリノイ州のケイロであり、ミシシッピ川上流域と下流域との境界になります。このケイロの上下流でいくつかの大きな支川がミシシッピ川に合流しています。一番大きな支川はミズーリ川です。このミズーリ川の河川延長はオハイオ川の2倍の長さがありますが、右支川ミズーリ川と左支川オハイオ川とでは、その流出特性が大きく異なっております。オハイオ川の流域の方が、流出率や流下速度が大きいという特徴があります。ミシシッピ川下流域における洪水では、この2つの支川からの流出特性が大きな要因となっております。



ス ラ イ ド 11

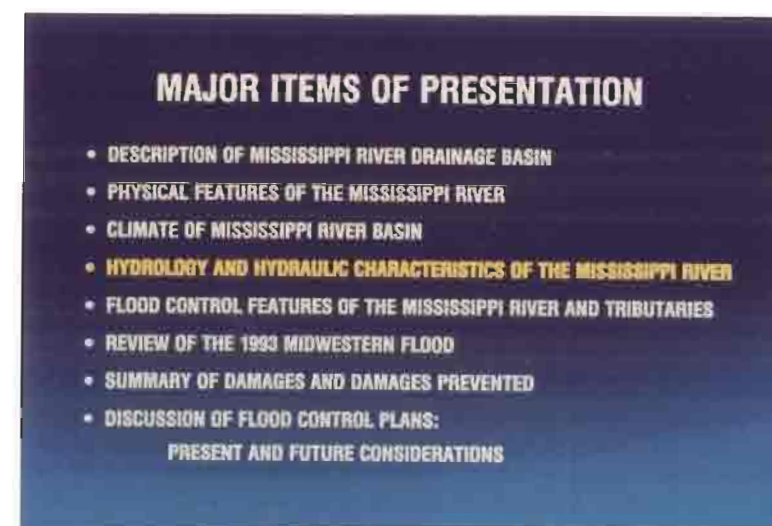
こちら（スライド12）の等高線で年平均の降水量がごらんいただけるかと思います。濃いブルー、そして明るいブルー、灰色といったようなことでごらんいただけるかと思います。こちらがロッキー山脈、ここに山脈があるということで、この地域の降雨量に大きな影響を与えることになります。そして、この西部の方から見てみますと、年間の降雨量というのはかなり高くなるということです。20インチ、30インチ、そしてこちらの方まで来てみますと、オハイオ、あるいは下流に行きますと、40インチ、50インチ、オハイオ流域の東南部になりますと、かなり降雨量が多いということがごらんいただけるかと思います。

さて、豪雨の動きですけれども、これを見てみますと、基本的には東から西へと移っていきます。通常の場合、降雨というのは、いろいろな気団の差から生じます。カナダの方から寒気団が南下し、湿潤な暖気団がメキシコ湾岸の方から北上する。これらがちょうどぶつかるわけです。このような気団が、ちょうどこの真ん中の辺で収束する。そして、これによって降雨が生ずるということになるわけです。主たる降雨というのは、一般には冬の時期に起こります。従って、夏には非常に乾燥した時期が続くということになります。



ス ラ イ ド 12

それでは、水文的、および水理学的な特色についてお話をしたいと思います。



ス ラ イ ド 13

こちらの表（スライド14）でごらんいただきますように、ミシシッピ川流域をオハイオ、ミシシッピ川上流域、ミズーリ、アーカンソー、ホワイト、レッド、それ以外と分けております。ごらんいただきますように、これが平方マイルで、その流域の面積がどの程度であるかということが、それぞれの支流についてごらんいただけたと思います。ミズーリ川の面積が非常に大きいことがごらんいただけたと思います。

平均的な年間降水量をインチで示しております。オハイオ川の流域では45.7インチで3番目に大きく、2番目に大きいのが、ホワイト川というのが下流に近いところにあるわけですが、それが少しそれよりも大きい値になっております。また、ミズーリの流域が21.8インチと非常に小さい値になっております。一番小さい値です。それから上流の流域でありますけれども、これがオハイオ流域と比べますとかなり小さい値になっております。

こちらの方には、年間の流出量をインチで示しております。ごらんいただきますように、ここでも、やはりミズーリ川流域が非常に低い流出率となっております。特にオハイオ流域と比べますと、非常に流出が少ないということがごらんいただけたと思います。

そして、最後の欄ですけれども、これが流出率をパーセントであらわしたものです。ミズーリが一番小さいということがごらんいただけます。オハイオ川が一番高い値になっております。

MISSISSIPPI RIVER BASIN				
SUB-BASIN	DRAINAGE AREA (SQUARE MILES)	AVE ANNUAL PRECIP (INCHES)	AVE ANNUAL RUNOFF (INCHES)	RUNOFF PERCENT
OHIO	203,840	45.7	17.5	38.5
UPPER MISS	171,470	30.8	7.7	25.2
MISSOURI	529,350	21.8	2.9	9.2
ARKANSAS	156,196	27.1	3.8	14.0
WHITE	25,407	47.5	17.2	36.2
RED	97,590	35.2	6.7	19.0
OTHER	89,650	48.5	16.8	34.6

ス ラ イ ド 1 4

さて、こちら（スライド15）は、50年間のハイドログラフをごらんいただいております。これはミズーリ川のセントルイスのもので、これにより、ハイドロ値の状況をごらんいただけるかと思えます。縦軸に水位、水の高さということでフィートで示してあります。横軸に年間の各月が示してあります。黄色い部分ですが、例えば1月の一番下のところは過去50年間の1月の平均を全部集めたうちの低い方の値であるということです。そして、この一番上の部分が、1月の一番高い平均値になるということです。

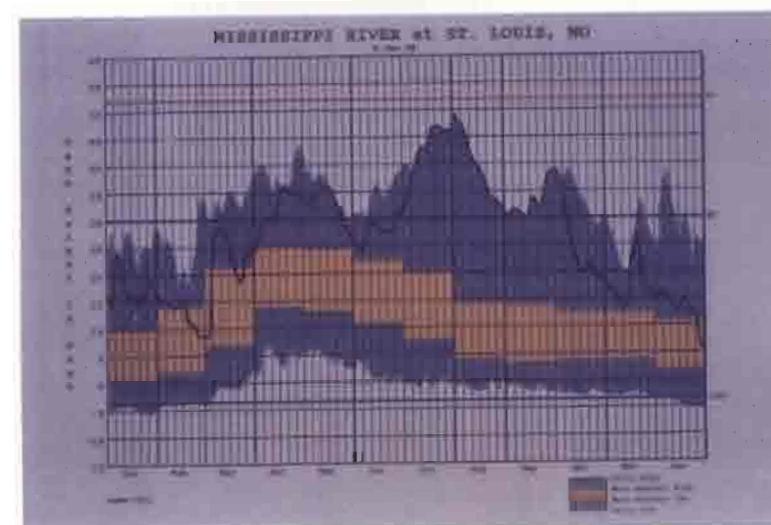
ですから、各月ごとに過去の50年間の平均をとっております。この黄色い部分というのが平均値をあらわすわけですので、過去50年間の平均を振り返った場合に、各月の平均値の幅というのがこの黄色いところでごらんいただけるわけです。1月以降になりますと、黄色いものがだんだん上がっていくということです。そして、値が最大になりますのが大抵の場合は4月、それからまた今度は平均値が落ち始めまして、8月ぐらいになりますと、横ばいになっていきます。そして、一番低くなりますのがこういったような時期、1月の方に向かって最低になってくるわけです。

さて、ここで灰色のところの一番下、ちょうど境界線となっているところですが、例えば過去50年間の1月1日を全部見た場合に、一番低くなる値がどれであるかということを示しています。1日ごとの値というのが絶対的な最低値として、どういう値が出たかということを示しています。一番上に書いてあります値がその反対、つまり、一番高い水位はどれくらいだったのか、それぞれの1日ごとについて、過去50年間の平均を振り返って見た場合の一番高い記録値を示しています。ですから、黄色い部分が平均値、そしてこれが最低値、これが最高値となるわけです。

LWRPという線がありますが、これが低水の基準となっております。これは基本的には流量が97%上回る値ということで、これが一番低いということではなくて、それにかかなり近いものでありますけれども、これを低水の基準として、建設などのときに使用いたします。BFというのがバンクフル、

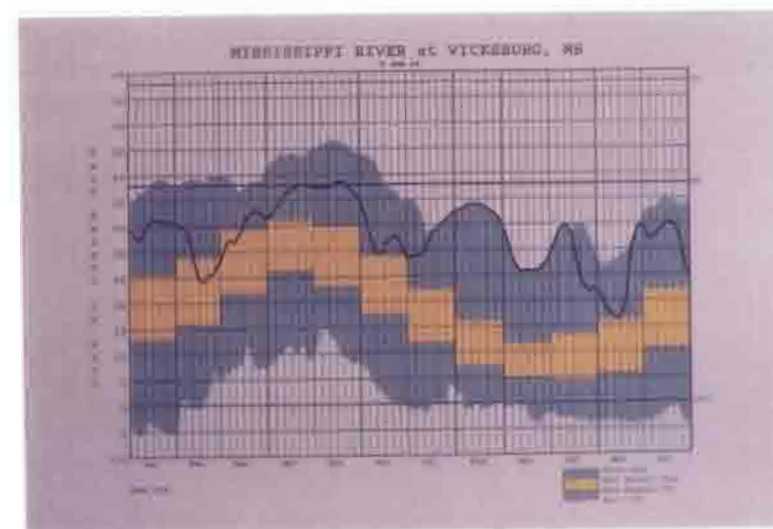
りちょうど満水時であるということ、この段階を超えまると、洪水が開始すると考えられるわけです。一番上に書いてある赤いものがプロジェクトデザイン、つまり計画高水位の値であるということです。セントルイスの場合には、こういった値をとっているということです。

後ほどまた、この同じ表を使って説明をしますが、黒い線が1993年の値なんです。1年間を通して、こういった水位をとったということです。セントルイスというのは、ミシシッピ川中流流域の中心地です。



ス ラ イ ド 1 5

それでは、次にまた別のハイドログラフ（スライド16）をごらんいただきたいと思えます。これはミシシッピ川のヴィクスバーグ、ちょうど下流域に当たる場所なんですけれども、同じようなことで、同じ凡例がこちらに出ております。そして、下流の長期的な平均値のパターンがごらんいただけます。1月から開始して、そして値が上がっていき、水位が上がっていき、基本的には4月、5月あたりに最高値を記録し、そしてだんだん下がっていき、9月、10月あたりが最低値になります。また、冬季になりますと、ゆっくりと上がっていくという傾向がごらんいただけると思えます。黒い線が1993年の値です。LWRPという値も、やはりここに描かれております。満水時のもの、計画高水位というものもごらんいただけるかと思えます。



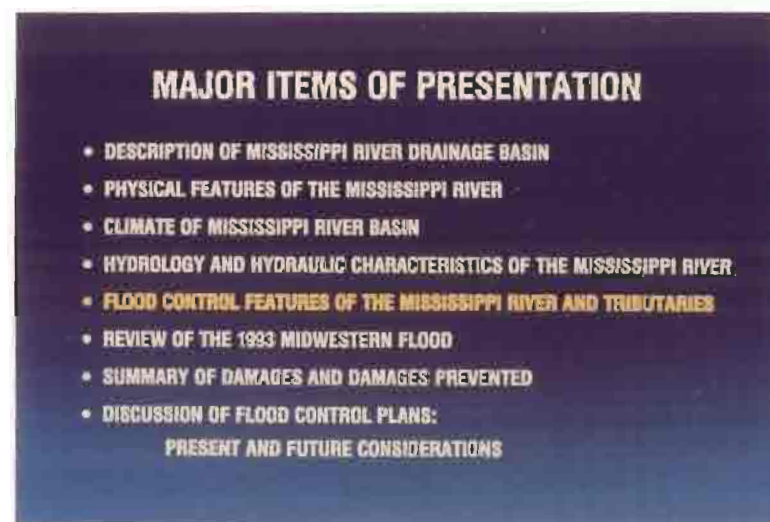
ス ラ イ ド 1 6

それでは、簡単に大規模な洪水がいつ起こってきたかということをごらんいただきます。(スライド17) これは下流域における洪水ということですが、何年に起こったか、大規模な洪水の間の期間はどのくらいあったかということを示しています。基本的には平均しますと大体7年ぐらいです。2年おきぐらいに大洪水が起こっているといったところもあります。セントルイスについては、このようなものがないんですけれども、セントルイスの場合には、上流域の代表として考えた場合には、必ずしも下流域と合致するものではありません。この表とちょうど対応するような大洪水というのは5件しかありません。つまり、大洪水というのは、例えば上流域ではかなり記録的なものであっても、それが下流に及ばないこともあるということです。



ス ラ イ ド 17

次に、ミシシッピ川とその支川における治水対策の特徴ということについてお話をしたいと思いますけれども、ここでもやはりミシシッピ川の上流域、そして下流域については区別して考えたいと思います。



ス ラ イ ド 18

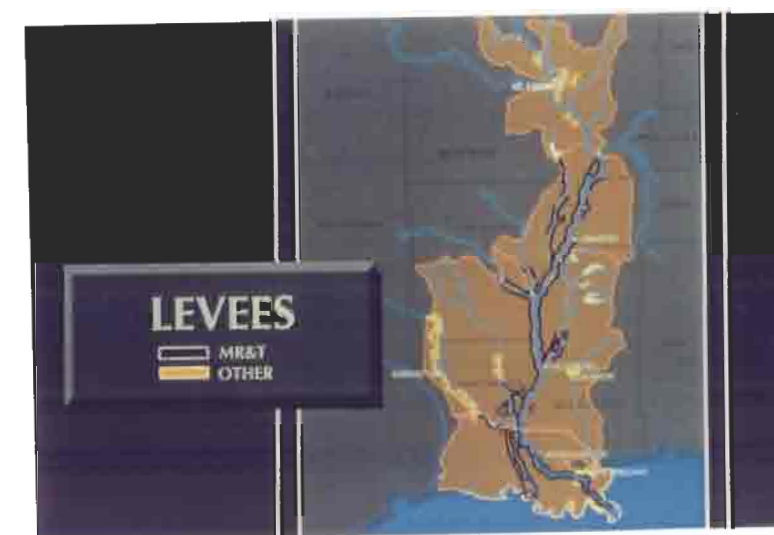
ごらんいただいております図(スライド19)は上流域全体ではないんですが、大体どういった堤防が存在するかというのがごらんいただけるのではないかと思います。黒い線で示しておりますのが堤防です。これは必ずしも連続的なものではないわけです。ところどころ支流が入ってくるということから、そこで分断されているということがあります。小さな堤防が多いということから、下流域ほど防御能力は高くはないかもしれませんが、少なくともそういった小さな堤防でも、それが唯一の防御壁だったりするわけです。

ここでごらんいただいております中で、堤防には三つの種類があり、その1つは連邦政府による堤防です。これはスライド19に示しました。特にミシシッピ川上流では、連邦政府の手によるもの、非連邦の堤防、民間の堤防という三つの種類があります。民間というのは、通常の場合、個人がつくるものでして、非常に規模が小さいものです。非連邦の堤防というのは、排水区(drainage district)によってつくられたものです。その地区の人たちが予算を出し、そして自分達で設置したものです。連邦の堤防というのは、当然のことながら、連邦政府が資金を出したものです。しかし、実際に管理ということになりますと、それは各地域の住民の手に任されることになります。ただし、その維持管理については、自分たちが行うことができるということを示さなければなりません。



ス ラ イ ド 19

これは(スライド20)ミシシッピ川の下流域の方ですけれども、ここでも、やはり黒い部分が堤防です。ちょっと違いがわかるのではないかと思いますけれども、分断されているところはないわけではなませんが、しかしながら、こちらの方がはるかに連続的であり、また規模も大きいということがわかれると思います。また、これは連邦政府がつくったものであるということです。ですから、これはかなり大規模な連邦政府の工事として堤防がつけられてきているということがわかると思います。



ス ラ イ ド 20

これはミシシッピ川の溪谷のところにありますけれども、一番上のところにスクールバスが見えるでしょうか。学校に子供たちが通うためのバスですけれども、そのことからごらんいただけますように、大体この堤防の高さは10mぐらいあるものです。



ス ラ イ ド 21

もう一つ、治水対策といったときに考えるべきものとしては、堤防が洪水防御の非常に重要な構造物であるということ。それと同時に、堤防の安定性が非常に重要であると考えられているわけです。この川の場合、護岸がなければ、かなり蛇行しているということから問題点が出てくる可能性があるわけです。それによって住民に対する大きな影響が出てくるということが考えられるわけでありまして、かなり強力な堤防の安定化のための対策がとられております。



ス ラ イ ド 22

基本的には、上の部分が石、そして下の部分がアーティキュレーテッドマットレスと言っておりますけれども、コンクリートのブロックをつかって、これをメッシュのような形にして、下岸の方にそういった組み合わせをつかって、それを今度は水中に沈めていくという手順をとります。



ス ラ イ ド 23

ここでごらんいただきます機械が、このマットレスを水中に沈めていくわけです。ここでケーブルが切られ、そしてコンクリートのブロックが中に入り込んでいくということになるわけですが、この考え方はもともと日本のものだというふうに私はある歴史の研究家から伺いました。



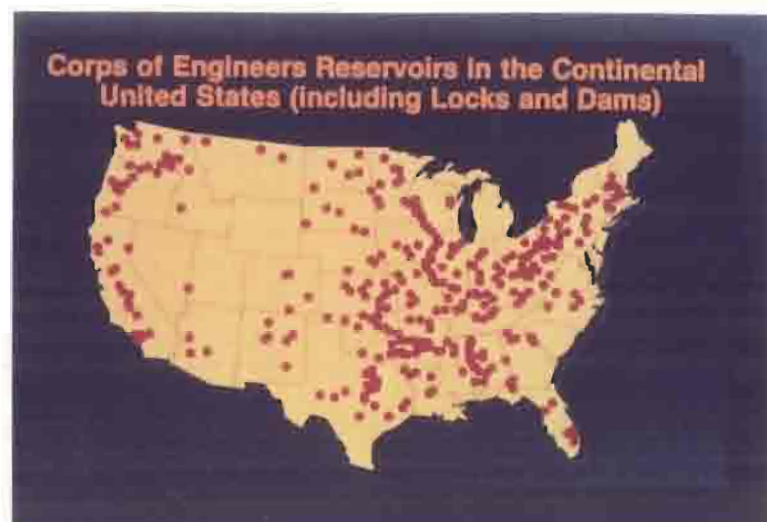
ス ラ イ ド 24

これも（スライド25）やはり河道改修が行ってあるところでありますけれども、舟運を確保していくということでありまして、特に低水路における舟運ができるようにすることが大切だと考えられているわけです。サンドバーを安定化させる。そして、川の力、自然の力によって低水路における舟運を確保していくという考え方です。非常にうまくいっております。



ス ラ イ ド 25

もう一つの治水の考え方としては貯水池があります。特にオハイオ、そしてミズーリ川、またアーカンソーの部分ですけれども、こちらがオハイオの流域、ミズーリがこちらです。ほとんど連続的になっておりますけれども、これが閘門です。必ずしも洪水のためにつくったものではないんですけれども、しかしながら、1993年の段階では、こういったような閘門堰が存在することによって大きな治水の役割を果たしてくれました。



ス ラ イ ド 26

もう一つ、治水対策ということでぜひ話をしたいものがあります。これは特にミシシッピ川の下流の方にあります放水路です。ここはミシシッピ川の方から水を受け取って、また別の道を介してメキシコ湾へと水が注ぐようになっているものです。ここがオハイオ川、これが上流域です。放水路はここにも存在しています。非常にユニークなものでありまして、イリノイ州のケイロを守る役割を果たしております。ここに堤防がありまして、実際にかなりの規模の洪水が起こり得るという危険が迫ったときにだけ使われるわけです。

つまり、洪水が実際に起こるということがわかった場合に、その水が放水路の中に流れ込むようにするわけです。その後下流の方にいったから、また流入するという形になるわけです。ですから、ここでの水位というのが数メートル下がることになります。1937年に一回だけ、これが使われたことがあります。また、アチャファラヤ川流域の方に対して、こういうふう流れ込むものがあります。モーガンザーというところでも、やはり別の放水路があります。ニューオリンズ、ボネキャレというところがありますけれども、そこにも放水路がありまして、これがやはりメキシコ湾の方へと水を流し込むようになっています。ですから、こういったような放水路などを使いまして、治水対策を行っているわけでありまして、特にこの放水路の考え方というのは下流に限られております。しかしながら、上流域の場合には、貯水池が非常に大きな役割を果たしています。



ス ラ イ ド 27

それでは、この次のテーマとしまして、1993年の中西部の洪水についてお話をしたいと思います。

MAJOR ITEMS OF PRESENTATION

- DESCRIPTION OF MISSISSIPPI RIVER DRAINAGE BASIN
- PHYSICAL FEATURES OF THE MISSISSIPPI RIVER
- CLIMATE OF MISSISSIPPI RIVER BASIN
- HYDROLOGY AND HYDRAULIC CHARACTERISTICS OF THE MISSISSIPPI RIVER
- FLOOD CONTROL FEATURES OF THE MISSISSIPPI RIVER AND TRIBUTARIES
- REVIEW OF THE 1993 MIDWESTERN FLOOD
- SUMMARY OF DAMAGES AND DAMAGES PREVENTED
- DISCUSSION OF FLOOD CONTROL PLANS:
PRESENT AND FUTURE CONSIDERATIONS

ス ラ イ ド 28

この（スライド29）赤で示されております地域、ここには、ミズーリ州、イリノイ州、ミネソタ州、アイオワ州、カンザス州、そして一部ですけれども、コロラド州、ネブラスカ州、サウスダコタ州の一部が入ります。一番下の方はイリノイ州のケイロまでということです。先ほども申し上げましたけれども、イリノイ州のケイロから先は洪水になっていません。セントルイスが、このようないろいろな活動の一番中心であったということです。



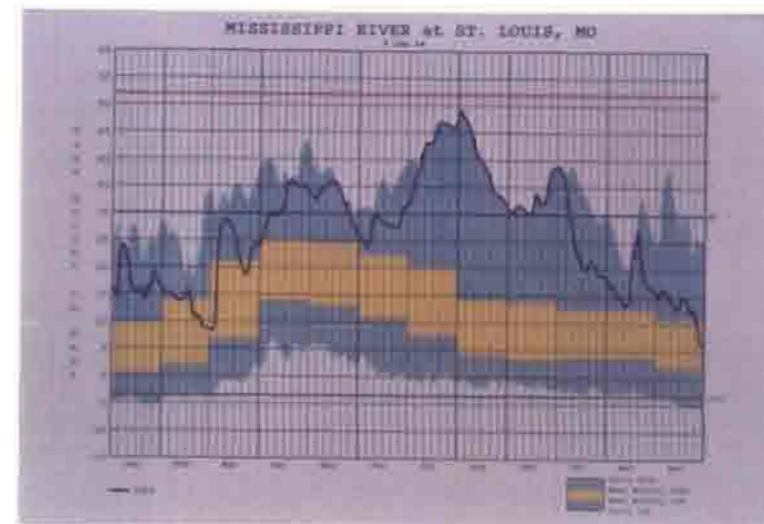
ス ラ イ ド 2 9

川自体の状況を見ますと、図（スライド30）にミシシッピ川、オハイオ川、テネシー川などが描かれています。オハイオ川合流点から上流に向かって赤で示されておりますのが洪水が激しく起こったところです。セントルイスはここです。これはイリノイ川合流点の80kmぐらい下流です。赤い部分はミシシッピ川上流域のミネソタの方まで行っております。そして、ミズーリ川の方ではカンザスシティーまで、一部は支川のところでも記録的な洪水がありました。かなりの洪水があったけれども、非常に大規模とまではいかない部分が緑であります。赤い部分が非常に大規模な洪水があったところということです。ですから、洪水の主要な地域はここであったということでした。



ス ラ イ ド 3 0

さて、これは（スライド31）先ほどお見せしたのと同じものですが、二つ理由がありまして、もう1度出しました。この図によって1993年の水位、ハイドログラフがどうなっているかということをお見せするためです。ご覧のように、1993年の場合、1月とか、最初の方でも十分平均を上回る記録となっております。つまり、洪水に先行する条件として非常に湿潤であったということです。



ス ラ イ ド 3 1

この時間枠、つまり2月～3月ぐらい、ここだけが平均の枠の中に入っております。3月も後半に来ますと、平均を超えていますね。こちらの方はずっと平均より上である。そして、4月～5月にかけて洪水位よりも実際には高いところに行っています。その後、6月初めはちょっと落ちていまして、普通この時点では、これから下がっていくと見るわけです。雨が降りましても、水位が上がっていても、これがどんどん続く、悪化していくとは考えませんでした。どこかでとまるだろうと思ったわけです。そして、また下がり始めるだろうとこの時点では考えておりました。

6月、このように平均よりも高い数値に推移しまして、7月になりますと、降雨が非常に激しく、また頻繁にあるようになってきました。グレーの上限と黒が重なっているところは、この時点においては全て既往最高の新しい記録が出たところであるということなんです。そして、このレベルといいますのは、1箇月以上の長さにわたっています。過去135年の歴史を見ても、このようなレベルにあったのは135年間で12日間でありました。ですから、過去135年間の記録を総まとめにしたものよりも、さらに期間が数倍も長かったということなんです。そして、この時期というのは、普通は1年間でも水位が低くなる時期なんです。ですから、40フィートぐらい平年と違ったということになります。通常の場合と1993年の状況を比べると、10m以上の水位の違いがあったことを示しています。

もう1度、この先行する条件を見ていただくために、この表（スライド32）を出しました。セントルイスで1年間の各月でどういう数字かということです。1993年平均流量、1秒当たりの立方メートルで月間の平均流量、それを歴史的な月間平均流量と比べるとどうなるかという数字を見ていただきたいと思いますが、1993年の場合には、どの月を見ても長期的な平均の数字よりも大きいということです。こちらの方はパーセントで出ております。8月の場合、ご覧のように、長期的な平均を100としますと、流量が500%に近い数字となっております。

1993 MIDWEST FLOOD ANTECEDENT CONDITIONS			
Location St. Louis, Missouri	1993 Monthly Flow (Cubic Meters/ Second)	Long-Term Monthly Flow (Cubic Meters/ Second)	Percent Above Long-Term Average
January	7,657	3,400	225
February	6,743	4,143	139
March	10,200	6,828	149
April	15,743	9,200	171
May	16,896	9,314	181
June	12,971	7,467	174
July	24,057	8,543	368
August	28,200	4,343	465
September	10,200	4,228	381
October	11,428	4,200	272
November	7,628	4,257	181
December	9,800	3,714	156

ス ラ イ ド 3 2

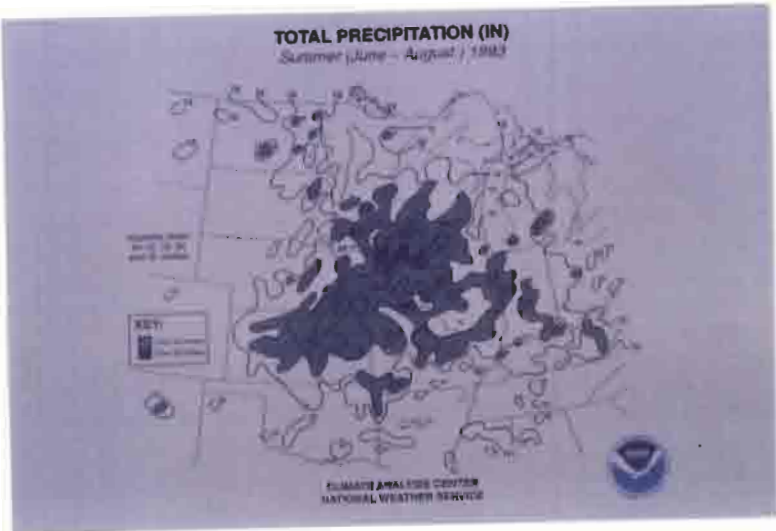
ここに出しましたのが（スライド33）既往最高の記録となりました水位です。1993年のもの、既往最高の数字がどのぐらいかということと比較して左右に載せております。セントルイスの場合、2mぐらいの違い、セントルイスより下流はこのように違っています。

1993 Flood - Record Stages Mississippi River			
LOCATION	FLOOD STAGE	PREVIOUS RECORD	1993
Burlington, Ia	16	21.5	26.1
Galveston, Il	17	28.9	32.2
Hannibal, Mo	18	23.5	31.8
St. Louis, Mo	30	43.3	48.4
Chesler, Il	27	43.3	49.6
Cape Girardeau, Mo	32	45.6	48.8

ス ラ イ ド 3 3

(単位：フィート)

降雨量は、6月、7月は非常に多かった。特に7月は非常に多かったと先ほども申しました。これは6月からの累積での降雨量で、一番ひどいのがアイオワ州のところですよ。38.4インチぐらいになっております。ブルーで表しているところです。五大湖につけ加えて、新たに大きな湖がもう一つ、アイオワ州全体が湖になったというふうに言った人もいました。



ス ラ イ ド 3 4

そして、その光景が写真に写されたものがこれ（スライド35）です。洪水の真っ最中の写真です。広大な面積にわたって氾濫、冠水が見られます。



ス ラ イ ド 3 5

こちらはミズーリ川です。ミシシッピ川の方は、こちらの方ですね。この二つの川の間地域というのは非常に広い地域にわたって冠水しました。これをどう将来的に取り扱っていったらいいのかと非常に頭を抱える部分であります。



ス ラ イ ド 36

こちらはプロパンガスのタンクがありますけれども、これが根本のところから離れて浮かんでいて、流れてしまうのではないかなという懸念もありました。



ス ラ イ ド 37

ミズーリ川のところです。

この地域全体に関しまして、膨大な土のうが使われ、土のう積みの努力が一生懸命に行われました。また、カナダの方々からの援助もあり、こういった仕事のために一生懸命やってくれた人々もいました。土のうに砂を詰めて、河岸の防御に当たるといった努力が払われて、多くの場合において、こういう努力が実を結びました。そうでなかったところの中にはありますけれども、多くのところにおいて、こういう土のう積みの努力のために、各家庭の建物や事業所が助かったところが多くありました。



ス ラ イ ド 38

これは、やはり水防活動の一つです。こちらとこちらの水位の高さを比べますと、1.5~2mぐらいの違いがあるということがわかりいただけると思います。



ス ラ イ ド 39

こちらはうまくいかなかった場合です。イリノイ川自体は氾濫しませんでした、ミシシッピ川からのバックウォーターにより溢れてしまいました。溢水するまでの間、暫定的な間に合わせの作業として、土のう積の作業が行なわれましたが、堤防よりも水位が高くなり溢水してしまいました。



ス ラ イ ド 40

この部分、トウモロコシ畑だったんです。8月ですから、もう成熟間近。もうすぐ実るところまでトウモロコシが育っていたわけですが、もちろんごらんのように全くだめになってしまいました。ですから、この市町村の人々も一生懸命何とか守ろうとしたわけですが、数時間やってみて、もうだめだということで、高いところへ逃れたということです。こういうことが多くの地域において実際に起こったというのが昨年の状況でした。



ス ラ イ ド 41

ここでも、やはり土のう積みが行われております。



ス ラ イ ド 42

このスライドでは、ベニヤなどを使いまして、作業をしています。うまくいったという場合も、もちろんありました。また、この堤防ではなかったかと思いますが、こういうものがつくられて水位がますます上がって、この堤防をかさ上げしたが、さらに溢水してしまった。そして、人々が自分たちの体を張って、こういった水を何とか資材が運ばれてくるまで持ちこたえようとして頑張った。あるいは、押し流されてしまったが、また戻って何とか一生懸命やったというようなこともあった。つまり、もう自分の体を張って、人間の体で堤防がつけられたということもあったという話を聞きました。



ス ラ イ ド 43

こちらでは、穴があいてしまったところを人間の体でもふさごうとしたと言われております。やはり一番上のところに間に合わせのものをつくろうとしたんですが、どうも難しかったようです。



ス ラ イ ド 4 4

これはちょっとユーモアのセンスが出ておりますね。屋根の上のところに、土のうをのせている例です。



ス ラ イ ド 4 5

堤防の中には決壊してしまっているところもあります。セントルイスの南の方ですけれども、農地、農家があった部分です。



ス ラ イ ド 4 6

これはセントルイスで、洪水防御壁がありまして、ちょうど防御壁の下の方から漏水して、この建物の中まで水が入り込んでしまったということです。

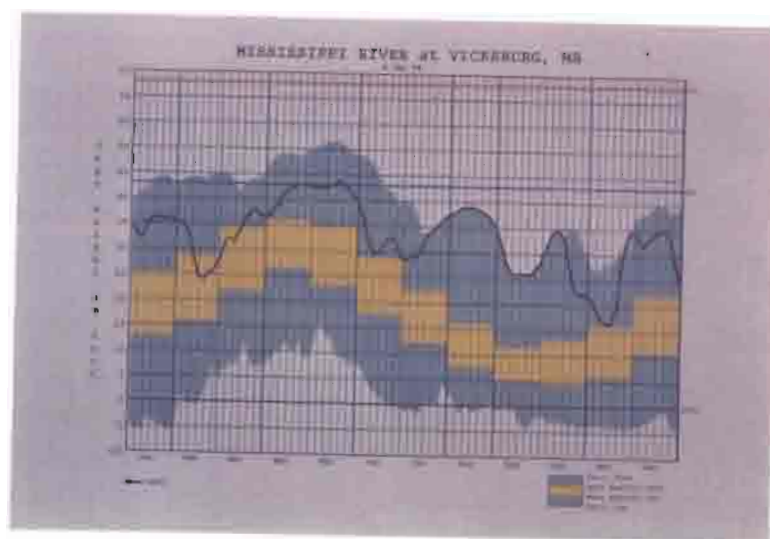


ス ラ イ ド 4 7



ス ラ イ ド 4 8

こちらのスライドは、さっきもお見せしたもののなんですけれども、ヴィクスバーグの方です。ブルーの方が1993年のものです。ここで指摘したいのは、4月5月のところで洪水位（flood stage）を超えているということです。新しい記録がヴィクスバーグで8月に生まれております。ヴィクスバーグというところは、通常はそういうふうには考えられていない土地だったわけです。



ス ラ イ ド 4 9

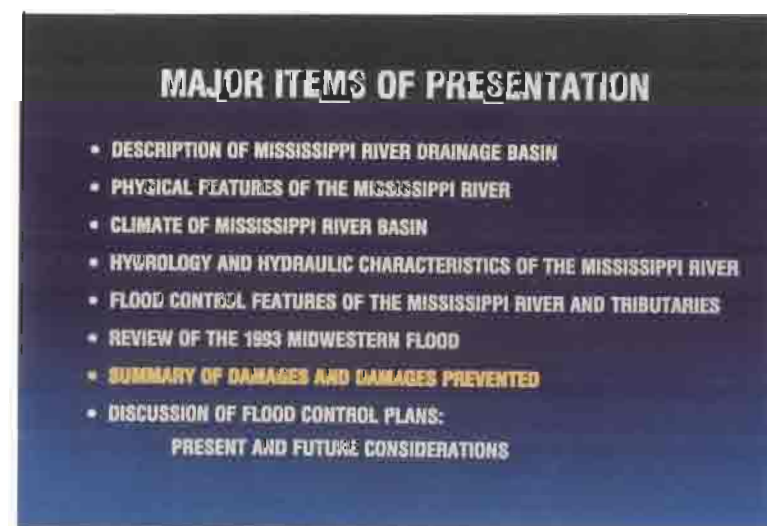
こういった被害が出た、そして、これだけの被害に及んだということについて、理由を考えてみたいと思います。私は気象学が専門ではありませんので、細かいことについてまでご説明することはできませんが、一般的に申し上げますならば、非常に季節外れの寒気団がカナダの方から南下してきて、この辺の地区に到達した。また同時に、パミューダハイと呼ばれる通常の場合にアメリカの南部に来る高気圧があるわけですが、それがメキシコ湾の方に入り込んでいき、その後は北上して、そしてちょうど寒気団とぶつかり合いました。収束地域といったものが出てくるわけでありまして、これによって繰り返し雷雨が生ずるということになりました。非常に激しい豪雨だったわけでありまして、これも、これがほぼ1箇月間にわたって毎日続いたわけです。

ですから、一つの雷雨が、その次のものが入り込んでくる間もなく、そこの中にずっと存在していて、それが降雨の原因となっていた。私はレインマシンと言っているんですけれども、まさに雨を降らせる大きな機関となって、ここに雨を降らせたわけです。1988年にはミシシッピ川で洪水が続いたわけでありまして、例えばこの寒気団を北に上げ、これをもう少し西の方へ移していきますと、ちょうど1988年になぜ洪水が生じたかといったときの気候条件と全く同じになるわけです。ですから、このパミューダ高気圧がオハイオ川のところに居座ってしまった。そして、この洪水の間中、こちらの南部の方は反対に渇水状態になってしまったという大変珍しい状態となりました。



ス ラ イ ド 5 0

私の方に、きょうお話をするようにということで依頼が来ましたが内容の中の一つに被害状況があります。



ス ラ イ ド 5 1

先程ごらんいただいたものと同じスライドですけれども、氾濫原の地域における堤防の典型的な形だ
 と思います。これは連邦政府がつくりました堤防ですけれども、その他に非連邦の堤防も数多くあるわ
 けですが、こういった状態になる前に、そういった非連邦のものは既に壊れてしまって、全く意味がな
 くなってしまったところが多かったわけです。連邦政府のつくっております堤防というのは、必ずしも
 全部決壊しなかった。実際に決壊しなかったものの方が多かったんですが、決壊したものの中では、結
 果こんなふうになりました。



ス ラ イ ド 5 2

事実上、すべての農地、農作物を破壊することになりました。また、家屋、あるいは家畜、さまざま
 な建物、建屋、設備といったものすべてが破壊され、そして損傷を受けることになりました。ごらんい
 ただけますように、この地域全体に非常な悪臭が充満するという状態が起きました。これはトウモロ
 コシが原因となったんですけれども、何百ヘクタールにも及ぶことになりました。作物の被害というの
 は必ずしも冠水のみによるものではなく、もっと持続的な破壊といったものが出てきています。



ス ラ イ ド 5 3

例えば堤防が決壊して、砂が入り込んでしまったところがあります。大体1フィートから18インチぐ
 らいの深さにわたって砂が入り込むことになりますと、作物が全くだめになってしまうということで、
 氾濫原では、かなりの地域にわたって、こういった事象が生じております。地域によっては、ただ単に
 多雨年である、非常に雨が降ったということだけで作物がだめになったところもありました。



ス ラ イ ド 5 4

家屋ですが、5～10万の家屋が浸水したというような報道もありますけれども、当初の段階では家屋
 が損傷を受けたということがなくても、浸水していた状態が余りに長かったために、結局は家屋もだめ
 になってしまったということもあるわけです。



ス ラ イ ド 5 5

事業所、企業もかなり影響を受けております。



スライド 56

例えば橋が渡れないということで、会社に行けない人たちも出てくるわけでありまして、そのようなことでの企業の損失もかなり甚大なものがありました。この場合には、橋が全く渡れなくなってしまったところも多くあったわけです。



スライド 57



スライド 58

例えば鉄道も動かなくなったところもあります。



スライド 59

橋梁がかなり破損を受けております。



ス ラ イ ド 6 0

これはミズーリ州のセントジョーゼフですけれども、全部で32の飛行場が影響を受けました。



ス ラ イ ド 6 1

舟運といったものも、1箇月間にわたってすっかり停止をいたしました。したがって、5億ドルほどの損失が出たというふうに言われております。



ス ラ イ ド 6 2

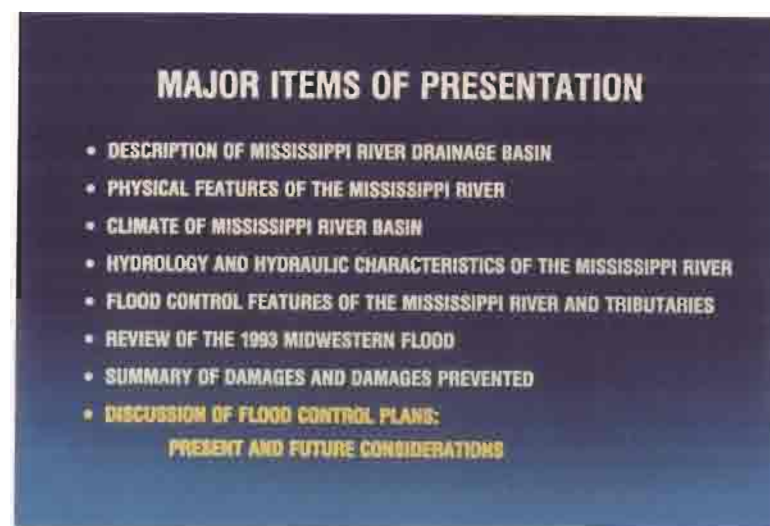
さて、中西部の統計ですけれども、10万の家屋が損壊して、47名が死亡、そして5,000の事業所において大きな被害が出たということです。そのほかに公共の施設においても、多くの損失が出ております。全く使えなくなった、例えば給水システムですとか、あるいは発電関係ですとか、水処理施設がだめになるということがありました。これで総額としては大体120~160億ドルの損失というふうに考えられています。しかし、残念ながら最新のものはまだ私のところに来ておりませんので、まだ最新のデータではありません。

しかし、今調査中でありますのは、実際にどのぐらいの被害が防止されたかということについても示しています。しかし、工兵隊の方で190億ドルぐらいではないかということを考えておりますので、先ほどの予測よりは少し大きな値になるのではないかと考えております。いろいろなものが言われておりまして、すべての要因を取り入れて被害総額を計算することはまだ行われておりません。

STATISTICS OF THE 1993 MIDWEST FLOOD	
FATALITIES	47
RESIDENCES DAMAGED OR DESTROYED	100,000
BUSINESSES DAMAGED OR DESTROYED	5,000
TRANSPORTATION DAMAGED	ROADS/BRIDGES; RAILROADS; AIRPORTS
NAVIGATION IMPACTS	BARGE TRAFFIC
PUBLIC FACILITIES DAMAGED	WATER SUPPLY; WASTEWATER TREATMENT; UTILITIES; OTHER PUBLIC FACILITIES.
ESTIMATED TOTAL DOLLAR DAMAGES	\$12 - \$16 BILLION

ス ラ イ ド 6 3

それでは、現在の治水、そして今後の考え方について簡単にお話をしたいと思います。



ス ラ イ ド 6 4

細かい点については、またパネルディスカッションでお話を進めたいとは思っておりますけれども、主たる活動として現在まで行われているものとしていたしまして、まず復旧作業があります。例えば連邦の堤防については、私ども陸軍工兵隊の方で復旧作業を進めておりますし、かなり重要なものとして出てきておりますのが総合的な氾濫原管理研究といった調査でありまして、これはホワイトハウスからの要請によって行われました研究です。実際、この報告書がちょうどできたばかりでして、私もまだ目を通す暇がありませんでしたので、今回はお話しすることができません。しかしながら、いろいろなことについて検討が行われ、そして氾濫原管理については新しい提案、あるいは代替案といったものが出されてきているようです。

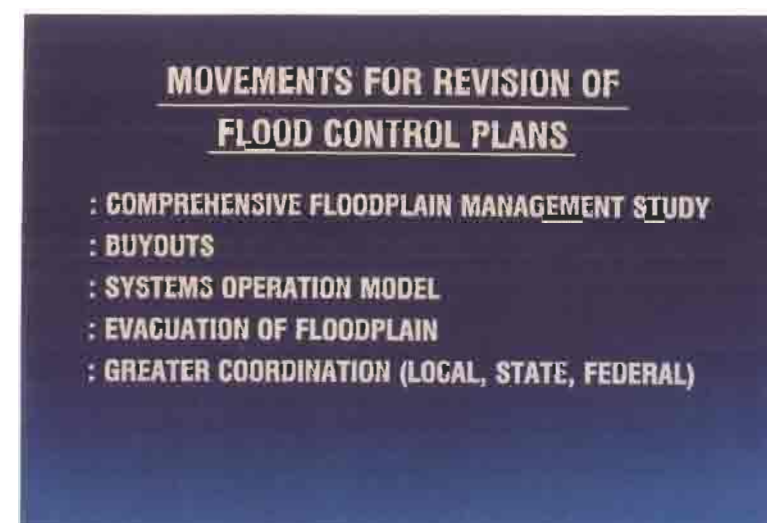
氾濫原からの避難についての考え方、区域化により規制をする、あるいは氾濫原の土地の買収をするということなども提案としては出されています。これはまだ決定されたものではなくて、将来的に検討をされるべきものとして提案をされているものでもあります。今後、何年かの間に、また意思決定がなされていくことだと思います。



ス ラ イ ド 6 5

治水計画の改定といったことについてでありますけれども、先ほど申し上げました総合的な氾濫原管理研究といった内容の中に出てきますが、私の方から何か憶測を現在の時点でするというのは適切ではないと思います。こういったようないろいろな努力がなされているわけでありまして、まだ最終的な決断がなされるにはほど遠いという段階であります。そういった努力は今後続けられていきます。実際に土地の買収ということも出てまいりましょうけれども、非常に小さな町の中には、自発的にもっと高い土地へと移っていった人々もいます。

しかし、これは多少の支援を受けたとしても、大きな予算がつけられているわけではございませんし、また避難作戦についてのモデルということも提案されております。ただ、重要になってまいりますのは、今後、各地域、また州政府、そして連邦政府の中で、より調整を強化していくということが重要ではないかと考えております。これは幾ら検討してもし過ぎることではないぐらい重要なことではないかと思ひます。より調整がとれた形で協力していかなければならないと思ひます。



ス ラ イ ド 6 6

時間がそろそろなくなってきたようです。本日、このような機会をいただきましてお話しすることができたこと、大変うれしく思っております。皆様の方におわかりいただけるような話し方ができていれば幸いです。そして、ぜひこの機会に、皆様にも最大限利用していただければと願っております。ありがとうございました。（拍手）

○司会

どうもありがとうございました。ジェームス・R・タトゥルさんに「ミシシッピ川における1993年中西部洪水と治水対策について」ということでご講演いただきました。

それでは、ご質問をお受けいたしますが、どなたかいらっしゃいますか。ご質問ございませんでしょうか。もし今ご質問がございませんようでしたら、この後、パネルディスカッションの方でもタトゥルさんにはパネリストとしてご登壇願いますので、そのときにでも、またまとめてご質問いただけたらと思ひます。よろしいでしょうか。

それでは、タトゥルさん、どうもありがとうございました。（拍手）また、パネルディスカッションの方でよろしくお願ひいたします。

それでは、これで午前の部を終了いたします。

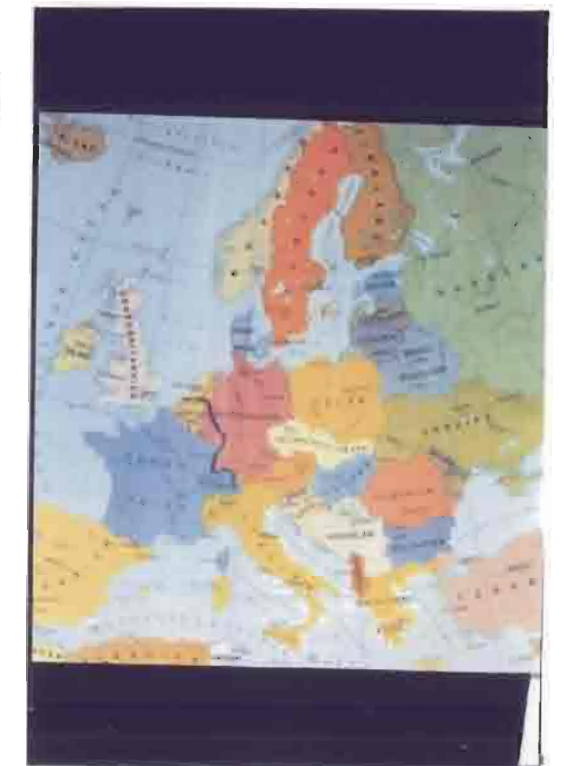
「1993年12月のライン川流域の洪水について」

カール・ハインツ・ローター

ドイツ, ラインラント・プファルツ州環境省河川計画・治水部長

これまでの私の洪水に関するさまざまな経験、そしてドイツの治水対策がどのようなものであるかということについてお話ししたいと思います。特に1993年12月のライン川、モーゼル川における洪水の経験に基づいてお話しさせていただきたいと思います。

今回のテクニカルレポートのお話をさせていただく前に、まず私の出身がどこであるかということ、また私がこれまでにどのような仕事をしてきたのかということをお話ししたいと思います。スライド1にはドイツ、そしてライン川を示してあります。位置は、ヨーロッパ中部のそのまた中心にあります。



ス ラ イ ド 1

ドイツは連邦国家でありまして、レンダーと呼ばれる州があるわけですが、このレンダーと呼ばれる州は16あります。そして、東側の5州は、4年前の1990年のドイツ統一後に連邦共和国の一部となりました。私は、ドイツの南西部にありますがラインラント・プファルツ州の環境省で仕事をしております。

スライド2には州の位置を示しています。

ドイツにおきましては、治水対策も含めて水資源管理の責任を負うのは各州であります。ということで、私は、ライン川とモーゼル川の治水対策に責任を持つ仕事をしております。ラインラント・プファルツ州における流路延長として、ライン川については300km以上、そしてモーゼル川については250km以上をカバーする地域ということになります。



ス ラ イ ド 2

この二つの川はコブレンツで合流いたします。コブレンツは、大変によく知られております観光スポットであります。スライド3が合流点ですが、記念碑があるのがごらんいただけると思います。これはドイツの初の皇帝カイザー・ヴィルヘルム1世でありまして、1871年にドイツ帝国を築き上げた人です。第二次大戦の後、記念碑はいったん壊されましたけれども、その後、再建されております。ラインラント・プファルツ州は山がちな地形を持つ地域であり、川沿いの地域（Valley）は昔も、そして今も居住地域、中心地域として人気が高いものであります。



ス ラ イ ド 3

モーゼル川の中流部は深く岩盤を浸食しております。スライド4は、ローレイの岩、これは大変によく知られておりますけれども、ライン川の高いところに位置するわけですが、ちょうどここは岩盤の基盤を取り巻くカーブのところにあります。



ス ラ イ ド 4

ライン川、モーゼル川は急峻な斜面を持っておりますけれども、斜面はローマ帝国時代の2,000年前からブドウ畑となっております。

当時、ドイツの南西部は、ローマ帝国の一部でありました。300年以上もそういう時代が続きました。今日、ラインラント・プファルツ地方は、ドイツ最大のブドウの産地であります。スライド5にはモーゼル川の斜面のブドウ畑をごらんいただけると思います。



ス ラ イ ド 5

マインツ市、これはラインラント・プファルツ州の首都でありまして、私はそこから来ているわけですが、コブレンツ、ケルンと同様にローマ人が築き上げた街でありまして、2,000年も前からある街です。

マインツでは、ローマ時代の古い遺跡が残っております。スライド6は5年前に新しい建物をつくっていた時に出てきた遺跡を示しておりますが、このスライドで示したように、ローマ人が敷いた道も見ることができます。何世紀も前につくられた遺跡がいまだに残っているわけでありまして。



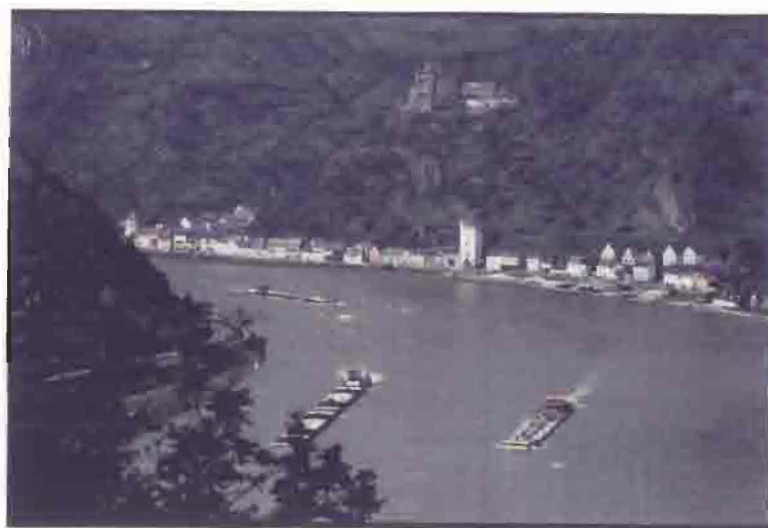
ス ラ イ ド 6

しかしながら、同時に、この地域というのは高度に産業が進んだ地域でもあります。BASFというのは、世界でも最大規模の化学企業でありますけれども、ラインラント・プファルツ地方のライン川に沿って位置しております。



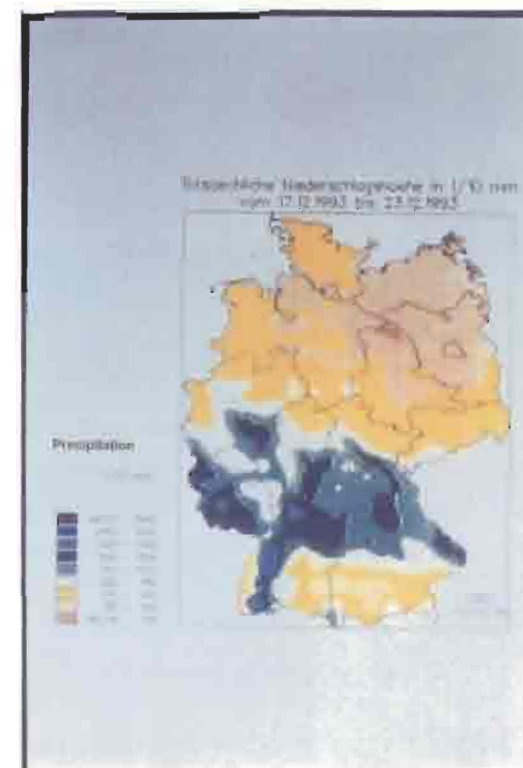
ス ラ イ ド 7

ライン川は、また重要な水路でもあります。年間2億トンの物資が船によりライン川を航行しております。これはほかのどの川でも同じですけれども、水路があるということは長所でもあります、同時に短所ともなり得るわけでありです。予想できなかったような洪水が発生する可能性があるわけです。もちろん、こういったリスクがあるということは、当初からわかっていたわけでありです。しかし、洪水がないときには、どうも洪水というものの存在を人々は忘れがちなようです。



ス ラ イ ド 8

1993年12月、大変に広範な洪水がライン川の流域でありました。当初はこれほどとは予想はされておりましたが、必ずしも全く考えてはいなかったというものではありません。スライド9は12月洪水の主要な原因となった12月17日～12月23日までの降雨の分布を示しております。



ス ラ イ ド 9

スライド10はライン川の流域を示している地図になりますけれども、ライン川はスイス・アルプスの高山地帯にその源を発しておりまして、1,300kmを旅して、ロッテルダムの近くで北海に流れ込みます。流域は約190,000km²ありまして、その主要な支川はスイスのアール川、ネッカー川、ドイツのメイン川、そしてモーゼル川、これはフランスとドイツを流れています。モーゼル川の流域の主要な部分はフランスに位置しています。

ライン川は、ドイツ連邦共和国の中を流れているわけですが、基本的には南から北へ流れていると言えます。長さはおおよそ900kmになります。線で印がついておりますけれども、これがラインラント・プファルツ地方の州境を示しております。ライン川がラインラント・プファルツ地方に到達するときには、流域は50,000km²、そして出るときには130,000km²になっております。

ライン川には、通常は均衡のとれた流量があります。冬と春には、シュバルツバルトなどの低い山岳地帯からの流出量があります。また、夏には、アルプス地域からの融雪水が流れてきます。水位の低い時期というのは比較的少なく、晩秋から初冬に限定されております。ヨーロッパ中部の気候は明らかな季節変化を持っています。気温は夏で20～35度、また冬には0～マイナス20度まで幅を持ちます。

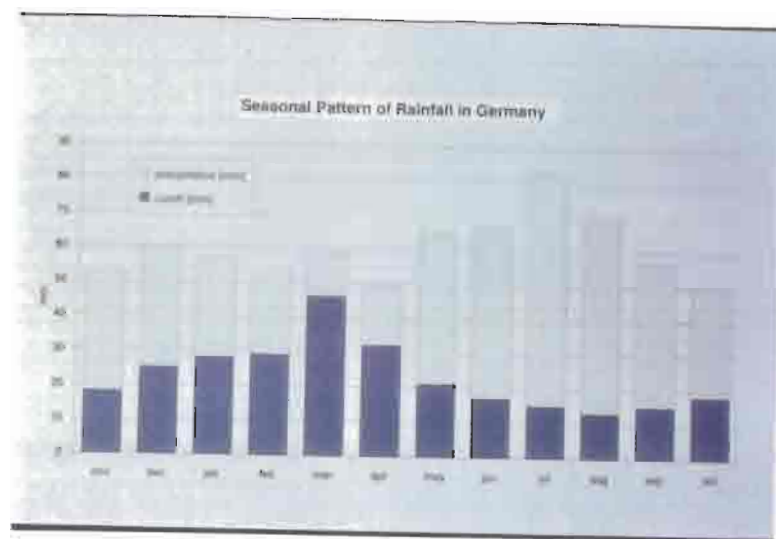
ドイツの平均降水量は年間800mmでありまして、乾燥した地域では400mm、山岳地帯などにおきましては1,500～2,500mmという年間の降水量があります。地形的、気候的特性のために、これだけ多い降水量となるわけでありです。



ス ラ イ ド 10

降水の大半は夏に発生しております。スライド11でごらんのとおりです。しかしながら、主要河川では、冬季の洪水が中心となります。冬と春の降水は広い地域にわたって発生いたします。降雨または降雪の形で発生するわけでありまして、大西洋低気圧によるものであります。連続しての降雨、降雪があります。こちらが7月の降雨であり、月別では最大の降水量です。また、最大流出量が発生するのは3月です。冬では流出量合計が多いただけではありませんで、表流水そのものがふえます。これは土壌が飽和状態になっていること、凍結などがあるからです。

しかしながら、小さな河川では、夏の対流性降雨が大きな流量をもたらします。1時間の降雨が何10mmにも達する。しかも、地域が限定されているということで、洪水による災害が狭い流域で発生する可能性が高いものであります。



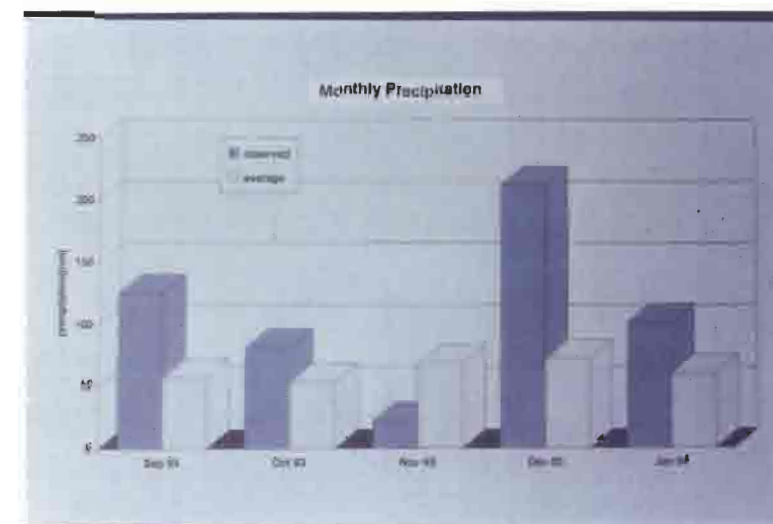
ス ラ イ ド 1 1

1725年5月には歴史的な洪水がありました。これはライン川の小さな支川で発生したわけですが、流域はおよそ300km²、これがバットクロイツナッハという町、マインツの近くですが、ここで非常に大きな災害を呼びまして、2時間以内に35名が死亡したということがありました。これが1725年の話であります。



ス ラ イ ド 1 2

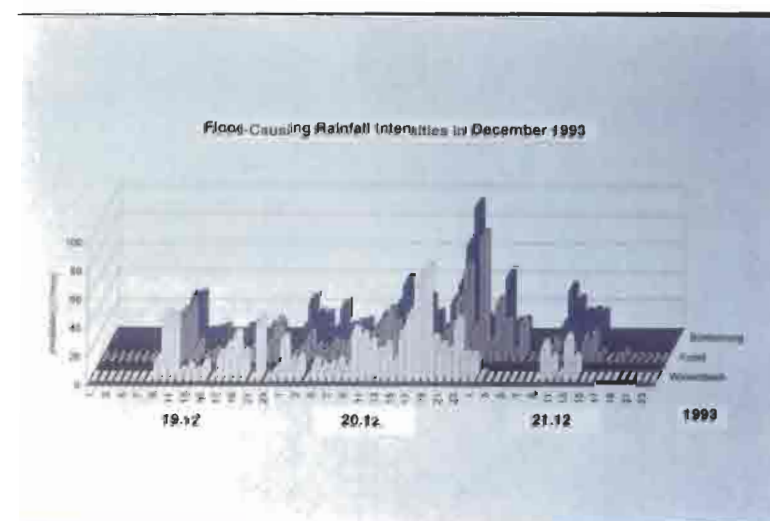
さて、1993年に話を戻しましょう。3年間乾燥した年、特に冬と春に乾燥した時期が続きましたけれども、1993年には非常に降水量の多い秋と冬になりました。9月、10月の降水量は、スライド13のとおり、50~100%長期平均を上回りました。11月には、長期平均には降水量は満たなかったわけでありまして、12月にはドイツの南西部の降水量は長期平均を200~300mm、300%も上回ったわけでありまして、12月の降水量は今世紀最大のものでありました。1993年12月には何回かの降雨時期がありました。



ス ラ イ ド 1 3

まず最初が雪、その後は雨で発生したわけでありまして。実際に洪水を引き起こした雨が降った時間というのは48時間でありました。12月19日~21日の48時間の降雨でありました。この雨ですけれども、幅200~300kmという広い地域にわたった豪雨となりました。これはドナウ川でも降ったわけでありまして、洪水はドイツの南西部とベルギーで発生いたしました。ライン川、モーゼル川の流域には、60~100mmという降雨が48時間の間に発生しました。

そして、この降水の3分の2は24時間の間に発生しております。また、そのうち2時間は、降雨強度のピークが1時間7~9mmとなっております。この洪水は、中部ヨーロッパでは100年を超える確率となります。スライド14でごらんのとおり、ここが降雨強度のピークであります。12月の初めからずっと雨が続いたということで、土壌の保水能力も、また表面流出抑制機能もいっぱいとなりました。そして、12月20日、21日の雨は、そのうち60~80%が直接流出となりました。合計有効降水量は50mmとなっておりますし、各地域によってはさらにピークが高かったということになります。



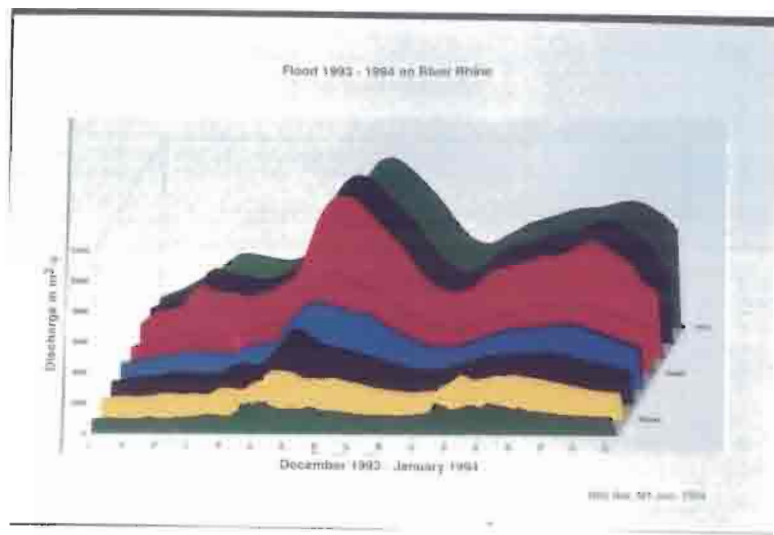
ス ラ イ ド 1 4

この降雨が発生いたしましたのは、主としてネッカー川、ナーエ川、モーゼル川、そしてライン川の一部でありまして、ネッカー川、ナーエ川、モーゼル川では今世紀最大の流量が発生しております。スライド15でござんのとおりです。ケルンの大聖堂が後ろにありますけれども、これがケルンの様子です。ライン川では、コブレンツとケルンの間では、これまで今世紀最高の記録であった1925年の数字を20cmも上回っております。



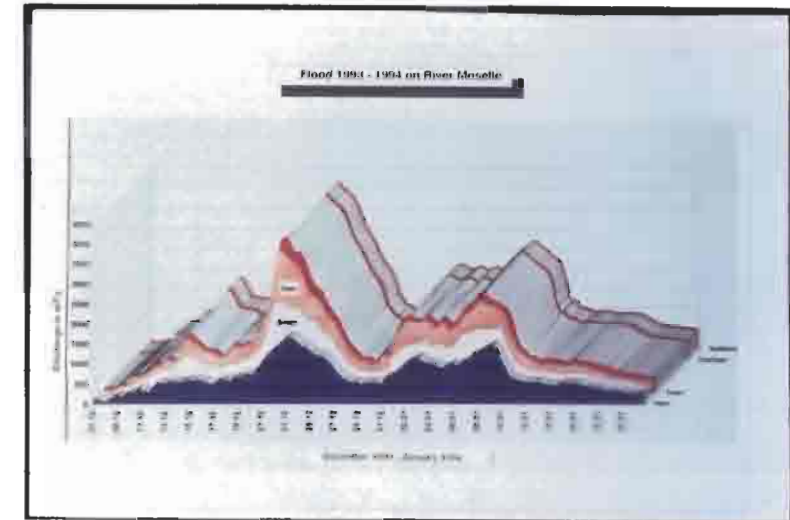
ス ラ イ ド 1 5

スライド16でご覧いただいておりますのは、流量の増加がライン川に沿ってどのようなものであったかということですが、南部の上流地域からの流量は2年確率洪水にすぎないものであります。しかし、異例に大きい流量がネッカー川から流入したために、ナーエ、特にモーゼル川、そしてライン川の流量が12月23日に10,800m³/sに達したわけでありまして。モーゼル川での洪水は80年確率規模のものであります。



ス ラ イ ド 1 6

スライド17に示したモーゼル川では支流のザウアー川とザール川が同時に合流したために、このようになっています。ピーク流量4,300m³/sに達しましたのが12月22日、水曜日の夜のことであります。12月のモーゼル川、ライン川の平均水位と洪水水位との差は最高で8mありました。しかし、過去の洪水を見ますと、やはりそれよりさらに激しい洪水がありました。歴史の記録に残っておりますのは1784年、ライン川中部とモーゼル川におきまして史上最高水位に達しております。これは1993年12月に達しました水位よりも、さらに1~1.5m高いものであります。1784年の洪水は、氷まじりの水が流れてきたということです。



ス ラ イ ド 1 7

ここで昨年12月の洪水に話を戻しましょう。

このスライド18にありますのは、ライン川の洪水、ケルンに沿ったところでありまして、衛星で見たものです。この写真は、赤外線写真とレーダー写真を合成したものです。土地利用を赤外線で、そして水表面の様子をレーダーでとったものであります。



ス ラ イ ド 1 8

次に、もっと詳しい写真（スライド19）がありますけれども、これを見ますと、洪水の範囲がはっきりとわかります。ここが実際に浸水した地域です。ところで、12月のラインラント・プファルツ地方の洪水は、ライン川、モーゼル川に限定したものではありませんでした。支川の洪水も、それぞれの氾濫原で発生しておりますので、ラインラント・プファルツ地方のほとんど全体がこの洪水により影響を受けたということが申し上げます。



ス ラ イ ド 19

これから次の何枚かのスライドで、1993年12月の洪水がどのようなものであったかをお見せいたします。余りコメントをつけません。写真を見ていただければ、それ自体が説明になると思うからです。まず、コブレンツの近くの島です。（スライド20）



ス ラ イ ド 20

これが同じ島を別の角度から見たものです。（スライド21）



ス ラ イ ド 21

コブレンツの町です。約150,000の人口がある町です。（スライド22）



ス ラ イ ド 22

これもまた、コブレンツの町です。ドイツの皇帝のモニュメントがあります。これも水に周りを取り囲まれてしまった状態です。(スライド23)



ス ラ イ ド 2 3

カウプでありまして、12月23日の夜明けであります。(スライド24)



ス ラ イ ド 2 4

さて、次にモーゼル川の写真を幾つかごらんに入りたいと思います。モーゼル川沿いの村が浸水しております。(スライド25)



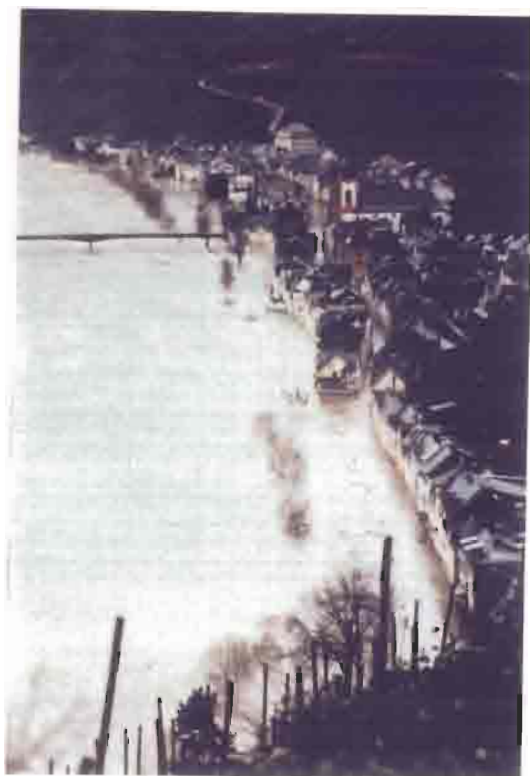
ス ラ イ ド 2 5

これも、やはり洪水の被害を受けた村です。モーゼル川です。(スライド26)



ス ラ イ ド 2 6

ツェルの町です。(スライド27)



ス ラ イ ド 27

これもツェルの町です。この町には洪水防御壁はあったのですが、せいぜいが2、3年確率の洪水に備えたものでありました。この夜、防御壁を守ろうという努力はあったんです。(スライド28)



ス ラ イ ド 28

しかし、洪水は防御壁を超えてしまいました。(スライド29)



ス ラ イ ド 29

次の朝、水位は2~3mになっておりました。(スライド30)



ス ラ イ ド 30

一般道路が、このぐらいの深さで冠水してしまったわけです。(スライド31)



ス ラ イ ド 3 1

ボートが提供されました。(スライド32)



ス ラ イ ド 3 2

店舗が洪水のときに、どのような状態だったかということですが、外の水位、これはまだ中よりも高くなっております。(スライド33)



ス ラ イ ド 3 3

スライド34をごらんいただきますと、ちょうどドイツのクリスマスの時期に発生いたしましたので、1993年12月の洪水は、またクリスマス洪水とも呼ばれております。ラインラント・プファルツ地方だけでも、10万人以上の人々が500の町や村で直接洪水の影響を受けております。被害金額は5〜7億マルクに当たっております。1人当たりの平均損害額は5,000〜7,000マルクでありまして、この数字には産業、通商、そして都市基盤などの被害も含まれております。被害の金額、度合いはケース・バイ・ケースでかなり変わっておりまして、多くの場合は1,000マルク程度、また場合によりましては数百万マルクに上ったところもあります。産業施設、商業施設などが被害を受けた場合です。一番被害額の程度として多かったのが1〜2万マルクぐらいの被害でしょう。



ス ラ イ ド 3 4

ドイツにおきましては、個人が洪水からの保護を主張する権利は存在いたしません。ドイツでは、洪水の被害は個人のリスクということになります。そして、資産へのリスクを負担しなければならないのは個人であります。1990年まで、一般的にはドイツでは洪水災害に保険を掛けることは不可能でありました。ただ、例外となりましたのはバーデン・ビュルテンベルク州でありまして、ここは特別規制があるためです。ここもドイツ連邦共和国の一部になります。このバーデン・ビュルテンベルク州では、建

物の所有者はすべて豪雨や地滑り、地震及び洪水などの激甚な自然災害に備えた保険に加入することが義務づけられております。

規制緩和を目的といたしまして、この強制保険は廃止されました。ヨーロッパ連合の規制があるためであります。廃止は7月1日からであります。バーデン・ビュルテンベルクでは、現在、このような形の保険は民間ベースで任意保険の形で提供されています。なぜこれが可能になったかといいますと、これまで歴史的に、この地域では保険料が限定的にプールされていたために可能だったわけです。1990年以降、ドイツの民間保険会社のほとんどは、自然災害に対するリスクに掛ける保険を提供しております。

しかしながら、この任意保険は、まだ十分に広まっております。ですから、このような保険が存在してはおりませんけれども、1993年12月の洪水のときには、この保険というのはそれほど重要なものとはなりません。また、ラインラント・プファルツ州は、法律上の義務とはかわりなく、この災害によって被害を受け、資金的に苦しんでいる人たちに財政援助を提供することになりました。

しかしながら、このような援助は、あくまで災害の一定の割合を超えはしないものであります。5月の終わりまでにラインラント・プファルツ州は、このような財政援助の形では500万マルクしか提供していません。被害の合計が5〜7億ドイツマルクですから、まだそのほんの一部しか支払っていないということになります。

この洪水が発生した地域に住んでいた人々をいら立たせたのは、洪水被害そのものだけではありません。これほど文明化が進み、管理の進んだ我が国、この地域においても、このようなことが発生してしまうという失望と怒りでありました。

しかしながら、12月のこの洪水というのは、必ずしも全く予想していなかったというものではありませんでした。どこが氾濫原かということは既に知られていたからです。1983年以来、この地域の保全は厳しく管理されてまいりましたし、さまざまな治水工事が行われておりました。

そして、これらの治水機能というものは十分に機能していたわけでありました。主要な治水工事はラインラント・プファルツ地方では上流部の堤防システムを導入するということでありました。ラインラント・プファルツ地方だけでも、もしこの堤防が決壊いたしますと、300km²の面積と30万人の人々が住む地域が浸水することになります。ほんの数時間でこのようなことが発生し、しかも水の深さは3〜4mになるでしょう。

前回、ライン上流部地域に洪水が発生いたしましたのは1882〜1883年への変り目の時期でありました。スライド35をごらんいただきますと、100年前のこの被害がおわかりいただけると思います。これがもし今日の密集地域で発生したらどのようなことになるかということは容易に想像できると思います。



ス ラ イ ド 3 5

1993年12月には、ライン川上流部では被害はありませんでした。この異例の洪水は、主として下流地域で発生したからです。先ほどのグラフを覚えていらっしゃると思いますが、主として下流で発生しています。

ところで堤防システムの安全性というのは、もともと200年確率の洪水に対して備えるものであったわけですが、現在の安全性のレベルは50年確率にまで減っております。なぜかという、ライン川上流部で1950〜1977年の間に河川改修が行われました。その結果、同規模の洪水に対しての水位が40〜80cmも増えてしまっているからです。

なぜこのようなことになってしまったかといいますと、これは130km²の自然の氾濫地域（遊水地域）が減ったからであります。水力発電用のダムや舟運の改善のための建設工事が行われまして、氾濫（遊水）地域が減ってしまったからであります。ということで、下流部の洪水は水位も高く、そして急速に発生することになります。フランスとの国際的な目標がありまして、この洪水のレベルをかつてのレベルに戻そうという目標が立てられております。その結果、ドイツとフランスが全体で2億2,600万m³の洪水調節池をつくらうという建設工事が始まっております。ラインラント・プファルツ地方だけでも、4,400万m³の洪水調節池をつくるための建設工事が始まっております。総工費15億マルクになります。

これまでのところ、8,000万m³分の工事が終了しておりますけれども、これがすべて完了いたしますのは西暦2005年のことになります。このシステムを完成させるということは、はっきり決定されてはいますが、洪水調節池の建設用地の確保が難しいという問題があります。地元住民の同意が全く得られていません。このことについてお話ししますと、もう一つ別の講演をしなくてはならないということになってしまいます。

こうした努力と並行して、つまり洪水調節池建設ということに並行して、既存の堤防の安定性について検討され、また改善、改修が図られています。スライド36は堤防へのセンターコアの設置状況を示しています。



ス ラ イ ド 3 6

この治水対策の目標は、まず堤防のかさ上げをし、200年洪水の水位プラス余裕高80cmのところまで持っていくということです。これに加えて、スライド37に示すようないわゆる洪水防御道路というのがありまして、非常時に機材や物資の運搬ができるような道路をつくることになっています。このようなライン川堤防の改修には、今後10年間でさらに3億マルクぐらいかかると言われています。



ス ラ イ ド 37

このようなライン川上流地域の洪水防御に加えまして、地先防御のニーズも高まっています。ラインラント・プファルツ州の各河川に沿った地域でということです。ライン川、モーゼル川に沿った各市町村では、下流域で頻繁に洪水があります。狭い渓谷であること、また市町村が川に沿って発達しているということから、構造物対策を講じようとしても、コストばかり高くかかって、守られる面積が小さいという問題があります。スライド38に示すように、河岸と山の斜面との間には50mぐらいしかありません。また、これに加えて構造物の高さというのは、国際観光面からの考慮によって制限が加えられます。この地域の経済は観光業が大きな役割を果たしているからです。



ス ラ イ ド 38

可動式の洪水防御設備も使われていますけれども（スライド39）、この利用には技術的、組織的な限界があります。

ケルン市にも、全長1.5kmの可動式の洪水防御施設があります。しかし、15～20年洪水までしか守ることができません。



ス ラ イ ド 39

可動式の洪水防御壁の設置のためには大体48時間ぐらいかかります。ライン川の場合には、洪水上昇時間が非常にゆっくりしており、数日間かかるということで十分このシステムの管理が可能であると思われる。



ス ラ イ ド 40

1993年12月洪水の場合には、この可動式のものは役に立ちませんでした。水位が可動式のものの高さをも超えてしまったからです。結局のところ、地方における洪水防御構造物はケース・バイ・ケースで考えていかなければならないものです。技術的な理由に基づいて、また地元の人々の受け入れの度合い、そして一番重要なことかもしれないけれども、利益に比較してコストがどうかということも勘案して決定されるべきものです。



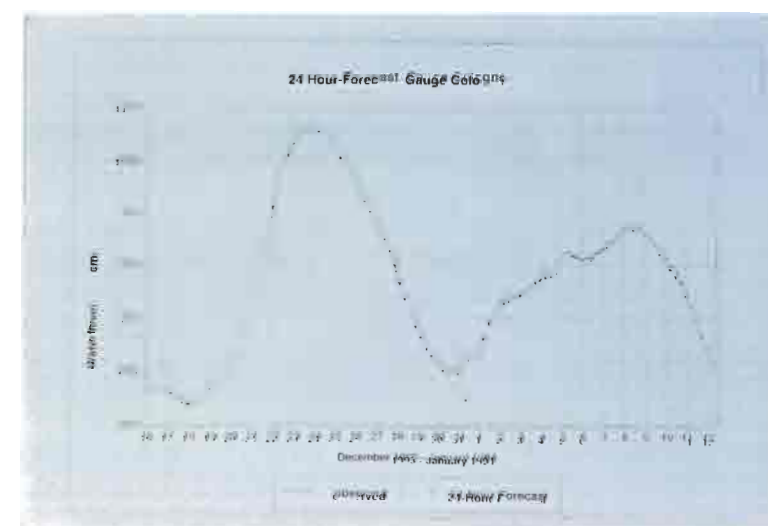
ス ラ イ ド 4 1

構造物対策に加えて、非構造物対策も重要になってきています。ラインラント・プファルツ州におきましては、三つの地方洪水警報センターというのがつくられています。ライン川ではマインツ、モーゼル川ではトロイ、ライン川の小さな支川については、集水域は全体で4,000~6,000km²となっていますが、コブレンツにセンターがあります。この地方分散化が、これまで長年にわたってテストされてきました。というのも、洪水が起こるのは一定の地域にのみ限られるということが多いからです。

専門家が予測モデルを使って予測をするということが行われています。

現実的な予測時間としては、ライン川の場合には洪水前24時間、例えば1993年12月洪水の場合には、ここにクロスマークが出ておりますけれども、これが24時間前の予測でした。スライド42で示しているのが実際に計測された水位、洪水位であります。24時間前に出された予測値との比較です。予測時間は、ライン川の場合には、現実的に見て約24時間、モーゼル川の場合には6~12時間、そしてより小さな支川の場合には6時間以内ということです。洪水予報のためには、いろいろな種類の支援モデルが使われております。統計水位予測モデルというのがライン川でつくられております。このモデルは開発済みで、コブレンツにある連邦水文研究所で実際に使われております。

モーゼル川の場合にも、似たようなモデルが開発されていますが、まだ実際には運用されていません。このモデルからの結果がまだ十分満足のいくものではないからです。ライン川上流では、物理決定論的な流量予測モデルが現在開発中であります。このタイプのモデルは、貯留容量の効果を予測し、コントロールするためには非常に有用なものです。統計水位予測モデルほどの精度はないと思われます。ナール川の場合、流域面積4,000km²ですけれども、降水流出モデルが使われております。昨年12月の洪水の経験から見ると、このモデルの取り扱いはまだ複雑過ぎて、なかなか実際には役に立たないと思われます。



ス ラ イ ド 4 2

しかし、このような正確な予測をするということは警報の一部であって、重要なのは予測、予報の情報をきちんと伝達するという事です。四つの伝達方法を並行して使っています。自動電話メッセージ、ビデオテキスト、電子メールボックス、ドイツではB T Xと言われていますけれども、そしてラジオ、この四つが並行して使われています。昨年12月の場合、モーゼル川に沿った長い区間で電話、電気の不通、停電があり、ラジオだけが伝達媒体として残っていたという事態が生じました。ここから全体的に、1993年12月の洪水では、いろいろな経験があったわけです。

洪水防除の責任を持つ地元当局、そして沿川住民は、水位が非常に高い、しかもその上昇の速さが速いということに非常に驚きました。確率として予想される範囲内の洪水であったにもかかわらず、非常に驚きました。例えばコブレンツでは、実際の氾濫地域というのは、20世紀初めに法律によって定義づけられた氾濫地域と全く重なっていたわけですが、起こってみたら予想外で非常にびっくりしたということがありました。こうした構造物、非構造物対策というのは、機能はしているわけですが、人々、人間の側の反応が計画どおりにはいかなかったということです。つまり、公的に出された洪水警報よりも、自分の勘や経験に頼ってしまったということです。

大規模な洪水というのは、再現期間が20年、30年以上のものとなりますと、個人の記憶の範囲を出てしまう。これは自明のことです。ですから、主観的な洪水についての予想と客観的な洪水のリスクとの間のギャップがより大きくなってしまいます。特に、その洪水が甚大なものになればなるほどギャップが大きくなるという問題があります。残念ながら、例えば堤防などの構造物対策、洪水調節池などは、人々の間にどうも洪水のリスクを過小評価させることを促進してしまう傾向があります。つまり、もう洪水の危険はないんだ。洪水防御壁があるから、あるいは洪水調節池ができたので、もうリスクはなくなったんだと思いがちなものであります。

構造物対策というのは、どんなものでも洪水の危険度の一部を減ずるものでしかありません。激甚な洪水になれば、いろいろな対策を講じても余り効果はないということは明白であります。こうした知識を生かしていかなければ、洪水防御壁その他をつくっても、ますます被害を大きくしてしまうことになりかねません。つまり、人為的な洪水防御設備をつくっても、その効果というのは限られているんだという認識がなければ、洪水の被害というのは小さくなりません。私の意見では、ヨーロッパその他の地域で洪水の被害が大きくなってきている。これは今申し上げた、こういった関係に端を発しているのではないのでしょうか。

次のような公式、こういう関係があるんだということを私は提案申し上げたいと思います。

$$\text{Damage Expectancy} = \text{Damage Potential} * \left[\begin{array}{cc} \text{Objective} & \text{Subjective} \\ & - \text{Expected} \\ \text{Flood Risk} & \text{Flood Risk} \end{array} \right]$$

この公式というのは、予想される被害規模は被害ポテンシャル掛けるところの客観的な洪水リスク引く主観的な人々の洪水予想を掛けたものが予想される被害規模なんだということなんです。主観的な洪水被害の予想が客観的なものとイコールである場合には、ここでおわかりになりますように、被害がどんどん小さくなってゼロに近づいていくということになります。つまり、予想される被害がゼロにもなり得るということです。

そして、今度は、例えば洪水防御壁をつくったとしましょう。私の経験では、当初は被害ポテンシャルがかえって大きくなると思うんです。というのは、人々はもう防御されているんだから、きちんとした洪水対策を講じた家を建てなくなってしまうということが起こってしまって、かえって被害ポテンシャルが大きくなると思うんです。人々の予想度が低くなるということです。そして、客観的な洪水のリスクは、もちろん防御壁ができたことで小さくなります。

人々に対して、きちんと定期的に伝達をしないと、つまり主観的なリスクが下がることに関して伝えることが必要なんです。主観的なリスクが、客観的なリスクの減り方よりももっと激しく減ってしまいますと、こちらの右辺の方は、四角い括弧の中の数字が前よりも大きくなるわけです。ですから、被害ポテンシャルも前より大きくなるし、括弧の中の数字も大きくなる。これを両方掛け合わせるわけですから、予想される被害は前よりもかえって大きくなってしまふということが考えられます。

これには二つの戦略が必要だと思います。一つには、客観的な洪水リスクをできるだけ減らすということ。二つ目は、人々の主観的な洪水危険予想度というものを保つということです。この二つ目の戦略において成功しなければ、一つ目のものだけを一生懸命やっても間違った方向に行ってしまう。人々の意識を高めるといって、自分が危険な地域に住んでいるんだということ、これが非常に重要です。ラインラント・プファルツ州では、こういった地元の構造物防御戦略をライン川上流地域において高めようとしております。

また、集水域における遊水機能、保水能力も高めたいと思っています。ですけれども、洪水が甚大になればなるほど、その効果は小さくなって限られたものになってしまいます。ですから、被害の予想度というものについて、それを制限しておいて、きちんと洪水に対応したような利用の仕方を啓蒙していくことが必要であると思います。

いよいよ最後の結びのところになりました。洪水の防御というのは、たくさんの要素から成った問題であって、単一の特効薬的な方法によって解決することはできないものです。一連のアクション、いろいろなものを包括的に、技術的、経済的、社会的な条件に合ったものをもっていくことによって、初めて洪水の被害を減ずることができると思います。こういったものに加えまして、洪水というのは自然の力の一部であることを認識することも大事だと思います。洪水の被害というのは、氾濫の起こりやすい、洪水に見舞われやすい地域を使っていきたいという要求と客観的なリスクとの間のギャップから生まれてくるものであります。この点を常に考慮することが必要だと思います。ありがとうございます。

【会場からの一般質問】

○広島大学土木工学科 福岡さんの質問

お伺いしたいことは、最後の方で言われた主観的な見込みと客観的な洪水危険度のギャップが大きいために、大きな被害が起こるんだということなんです。客観的な洪水危険度というのは、具体的には河川技術者といいますか、河川を管理する側では、どのようなものを住民に与えているのか。ちょっとご講演の中では確実にとらえられなかったものですから、ご説明を加えていただければと思います。よろしく願います。

○カール・ハインツ・ローター氏の回答

これは、この問題に対して定量的なアプローチをとろうという考え方を基盤にしているわけですが、この被害ポテンシャルは、ご存じのように、氾濫原にいる人間だれもが持つポテンシャルということになります。通常は、この計算の方法ですけれども、被害の予想度はダメージポテンシャル掛けるこれらのリスクということになります。単一の事象ということであれば、これを足せばいいわけですが、これが通常の計算方法になります。普通は積分を行うことによりまして、このような予想度という数字を出すことになるわけでありまして。

さて、主観的な洪水の危険についてでありますけれども、訓練などを行うことによって、このような場合に災害による被害を最小限に抑えることができれば、これは限りなくゼロに近づいていくことになります。そうなりますと、この場合には、被害の予想度というものはありません。しかしながら、被害のポテンシャルというものは存在することになります。

例えばモーゼル川の例でお話しいたしますけれども、モーゼル川の河岸の村は50cm～1mの洪水を何度も経験しております。例えばツェルの町もそうですけれども、洪水防御壁ができる前には、この町は年間に3回から4回も洪水が発生しておりまして、50cm～1mという浸水深になっていたわけでありまして。しかし、被害はありませんでした。そういう意味で人々は訓練を受けていたわけでありまして、頻繁な洪水になれていたということが言えます。

しかし、この年は洪水の高さが2mを超えたわけでありまして。ですから、このツェルの町も、ほかの町や村と同じように、やはり被害をこうむることになってしまいました。それでお答えできましたでしょうか。この客観的なリスクというのは、人々を訓練して、教育しておくことにより、被害を最小限に抑えるというものである。これが危険の予想度、災害の予想度に対する影響を与えるということでご説明になりましたでしょうか。

○司会

いかがでしょうか。主観性と客観性というようなことを含めて、今ご説明いただいたいと思うんですが、もしまだ足らない部分があったら、パネルディスカッションの方でもまたご質問いただければと思います。ありがとうございます。

もう一方ぐらいいかがですか。お時間はぎりぎりなんです。いらっしゃるようでしたら、すぐお答えいただきますが、いかがでしょうか。

○島根県の福田さんの質問

福田でございます。

テキストの70頁の12行目に書いてございますが、「予報の伝達媒体は」ということで、ラジオが非常に有効であったというお話がございました。これは一般の方に情報を伝達する場合だと思っておりますが、具体的にはどういう内容をどういったところまで一般の方にサービスとして情報を提供しておられるか、お願いいたします。

○カール・ハインツ・ローター氏の回答

先ほども申し上げましたように、四つの並行した情報チャンネルが存在いたします。そして、電話の自動メッセージ、ビデオテックス、BTX、そしてラジオであります。これらのチャンネル、伝達媒体ですけれども、全く同じ情報が提供されることになります。実際の水位がどの程度であるか。また、この水位が過去1時間でどのくらい上昇したかといった情報ですね。モーゼル川では6時間から12時間、ライン川などでは6時間後の予測が出るわけでありまして。水位がどのように変わっていくかということがこれらの媒体で提供されておりますし、またすべて同じ情報がこれらの媒体で流されております。

○司会

よろしいですか。もう一方ぐらいいらっしゃいましたら……。

○環境調査技術研究所 星畑さんの質問

お話の中で、ケルン市におきまして、可動式の洪水防御システムが1.5kmという非常に長い区間にわたってつくられておるといふふうにお伺いしました。この対象規模が大体15年から20年程度ということですが、ケルン市という大きな町に対しまして、15年から20年というのは若干小さいような感じもいたします。また、1.5kmという非常に長い区間にわたりまして、可動式の堤防ということで安全が守れるのかどうか。その辺につきましても考え方、平常時の利用との関係ということもあろうかと思えますけれども、物の考え方をお伺いしたいと思います。よろしくお願いします。

○カール・ハインツ・ローター氏の回答

このプロジェクトは、ケルン市の責任において行なわれたものです。ケルン市の決定においてつくられました。可動式の防御壁が15年、20年確率洪水に対するものということでつくられたわけです。なぜケルン市の方たちがこの規模の、この確率の洪水を対象として、そしてこのサイズのものを選ばれたのかということ詳しく私は知らないわけですが、当然のことながら、限界というのがあります。

また、ケルン市というのは、100万の人口を抱えた都市ですから、扱える防御壁も多いという点もあります。より小さな都市になりますと、かえってまた大きな規模のものは使えないという点もあるでしょう。また、ライン川の場合には、警報までの予報時間が非常に長いです。ですから、そういった警報までの時間が長いということで、このような可動式のシステムを取り扱う余裕があったということも一つにはあると思います。

○司会

ご質問の方、ありがとうございます。また、パネルディスカッションの方でも活発なご意見をいただければと思います。

それでは、カール・ハインツ・ローターさんのご講演、この辺で終わりたいと思います。ありがとうございました。（拍手）

○カール・ハインツ・ローター氏

ご質問、ありがとうございました。

「フランスにおける最近の洪水と新しい治水計画について」

ピエール・アラン・ロッシュ

フランス公共事業・運輸・住宅・観光省オーブ県部長

私は、これから申し上げますような項目についてのお話を申し上げたいと思います。まず第1に、フランスにおける洪水ということで一般的な話をしたいと思います。それから、フランスの治水についての政策、組織、制度といったことを、お話ししたいと思います。その次に、ローヌ川流域における洪水、そして、それにかかわる特定の状況といったようなことについて話をしたいと思います。ドイツの友人の方に今、ヨーロッパの北部の事象についてのお話をいただきましたので、私は南部での事象についてお話をしたいと思います。それから、最近の洪水ということで、1993～1994年について振り返ってみたいと思います。そして、それ以降、フランスで新たに考えられてきております治水対策、水害防止対策といったようなことについてもお話をしていきたいと思います。

RECENT FLOODS AND NEW FLOOD CONTROL PLANS IN FRANCE

1. FLOODS in FRANCE
2. FLOOD RISK and WATER MANAGEMENT PRINCIPLES
3. RHONE RIVER BASIN
4. RECENT FLOODS
5. NEW PREVENTIONS STRATEGY

International Seminar on Floods, Tokio, July, 1994, P.A.R./I

[O H P 1]

フランスの気候は一般に、大変おだやかでありまして、流域はいろいろな形態をしております。こういった流域の地形形状によって、非常に大きな沖積平野にゆっくりと冠水していくという洪水と、急激な出水によって小さな谷が一気に氾濫するというような洪水とがあります。

広範囲の洪水氾濫というのは、主として冬、または春に発生いたします。通常、セーヌ川、ロワール川、そしてローヌ川、ガロンヌ川の流域で起こります。

1. FLOODS in FRANCE

TEMPERATE CLIMATE
VARIETY OF MORPHOLOGIES

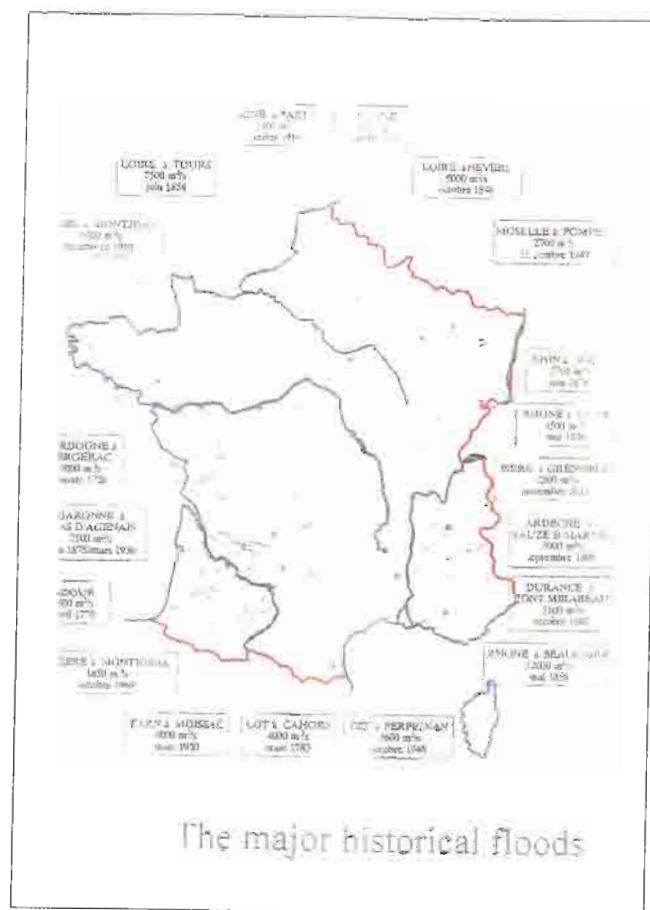
FLASH FLOODS/WIDESPREAD FLOODINGS

FLOOD PLAINS = 4 % = 22,000 km²
2 million riverside residents exposed
36 billion ¥ / year damage

2

[O H P 2]

ごらんいただきますように、フランスの過去の歴史的な主たる洪水というのは、数日間から数週間にわたって続くものです。先ほどのライン川の洪水とよく似たような形になります。しかし、それと同時に、急激な氾濫、鉄砲水といったものもあります。これは春、あるいは夏、秋に豪雨が起これることから、特に地中海地域、また、そのほかに小さな山の中の流域に起こることがあります。



The major historical floods

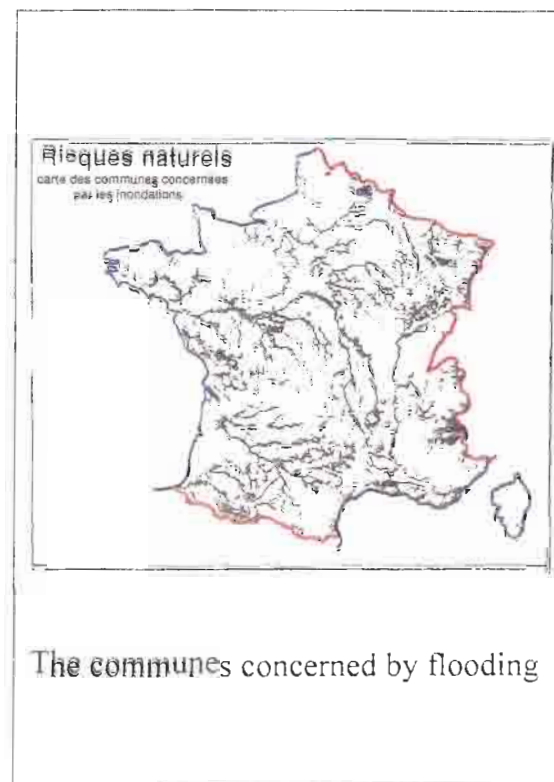
[O H P 3]

10年生起確率ということで、フランスの雨の分布状況をごらんいただいているわけですが、非常に重要なことは雨がフランスの南部から東部、そしてコルシカ島に集中しているということです。私は、ローヌ川流域とコルシカ島での状況について、少し後ほど説明をしてみたいと考えております。



スライド

フランスでは、氾濫原は国土の大体4%ぐらいを占めております。ですから、日本に比べますと随分小さいわけですけど、大体22,000km²ということになります。33,600の市町村のうち、7,500は浸水する危険性があります。200万人の住民がこういった川沿いに住んでおられて、氾濫の危険にさらされています。年平均の被害額は約36億円ということです。これはあくまでも平均値ということですので、したがって、非常に大きな洪水が起こりますと、この被害額をはるかに超えたような被害が生ずることがあります。



The communes concerned by flooding

[O H P 4]

次に、フランスにおける治水対策ということですが、フランスでは国は洪水防御対策（治水施設の整備）の実施についての責務を負っていません。しかし、国は洪水に関して、ごらんいただきますように、二つの責任を持っております。すなわち自然災害の危険度に関して既にわかっている情報を発表していくということ、国民に知らしめるということ。第2番目のものは非常に簡単なことでありますけれども、必要となってくる法律、規則を施行し、それを監督するというものであります。

2. MANAGEMENT OF FLOOD RISK

STATE RESPONSIBILITY

- information about known risks
- laws and regulation control

NO GLOBAL RESPONSIBILITY

INDIVIDUAL RESPONSIBILITY

SOLIDARITY PRINCIPLE

3

[O H P 5]

それでは、構造物対策についてですが、1807年以降、河岸住民が洪水防御の責任を負ってきております。住民が工事を実施し、管理を行うための組合を組織することができます。非国有河川の維持管理についても、同じく河岸の住民が責任を負うことになります。多くの治水工事は、法律によって承認を受けたさまざまな何千とある市町村、地域圏や22の県によって実施されてきております。国有河川の水路の維持管理は国の管轄となっております。そして、その担当しております機関というのは、非航行水路については環境省、ローヌ川の開発については1933年に設立されたローヌ川開発公社、可航水路、すなわち航行することのできる水路については、新しくできた省庁でありますフランスの水路公社によって管轄されております。

2.1 Structural measures (protection works)

General case

1807' law : resident responsibility
Associations and local institutions

State waterways

maintenance by State agencies
- navigable
- non-navigable

4

[O H P 6]

次に、非構造物対策についてですが、この非構造物対策というのは、水害の危険度を評価し、氾濫原における土地利用の規制を行い、また、氾濫原の住民の責任により資産の被害の軽減策を講じさせるということがあります。また、洪水に対する災害対応を組織化するということを目的としています。こういった対策は、国と地方自治体による法令の規定に基づいております。この規定を見ますと、経済的、また社会的な観点から、水害危険度に対する認識がどのように変わってきたかということがわかると思います。三つの非構造物対策というのがあります。洪水警報、救助活動の組織化、そして土地利用の規制と被災者の救済といった3点が挙げられます。

2.2 Non-Structural measures

- flood warning
- organization of rescue operations
- land use regulation and compensation of damages

5

[O H P 7]

さて、水位が上がってきたような場合には、適切な洪水情報を提供することが生命と財産を守るために不可欠であり、また、これによって住民が効果的な安全策を講ずることができることにもつながります。国は、法的にそういったことを行う義務はないわけですが、実際、洪水の警報及び情報の提供とは行っています。大体16,000kmの河川に関して情報を提供しています。この警報システムについては、1984年に新しいものが導入されています。最もシンプルなシステムについてお話しできるかと思いますが、データ収集については無線のシステムを使うことができます。これがフランスの南西部、南東部にあるものでありまして、かなり広範なデータのネットワークを設置することができました。これによって情報の収集を図っております。

さて、この警報システムについては、1984年に新しいものに改良したわけですが、この洪水の警報を出すということについては、県の知事が策定した規則によって実施されています。そして、県の知事は、市長に対して警報を出すことになっています。そして、市長が警報を受け取りますと、その洪水の期間、非公開の電話によって継続的に市長に情報が提供されることになっています。情報は県によって定期的に新しいものが提供されていきます。市民には、その地域について市長から警報が出されます。

2.2.1 FLOOD WARNING

organized by the State on 16,000 km of rivers
reformed in 1984

information of the Mayors by State boards

information of the population by the Mayors

6

[O H P 8]

事象の規模によっても変わってきますけれども、洪水の間の救済の活動については県知事、あるいは市長のいずれかが管轄となるわけです。市長は必要な救助活動を実施するという事で、洪水やその他の天災による被害を防止するために、さまざまな対策を講ずる必要があります。

2.2.2 ORGANIZATION OF RESCUE OPERATIONS

general case :

organized by the majors

in especially dangerous case :

organized by the district Prefect
(Prefect = representative of the government
district = about 100 in France)

7

[O H P 9]

それでは、土地利用規制、そして被災者の救済といったことについてお話をしたいと思います。天災発生の可能性は、常に土地利用計画をたてる際に考えておかなければなりません。二つの種類のガイドラインが土地利用規制及び対策ということで使われております。そのガイドラインというのは危険度に関するものと、都市計画に使われるものがあります。まず第1のものとして、危険そのものに関するガイドラインがあります。洪水危険地区に関する地図、土地利用基準に関する危険境界線を示す地図というのがあります。それから、リスク・エクスポージャー・プランと呼ばれるものがあります。これは災害危険地図ということで、県にある国の部局が作成をいたします。P.E.R.というのが災害危険度を示した地図でありますけれども、これは1982年の600号という法律によって定められたものです。これはもう10年ほど前のことになるわけですが、この法律の中で天災の被災者の救済に関する内容が制定されております。この法律は、それ以前は保険の対象とされていなかった天災による被害について、保険が適用されるという権利を明らかにしました。

2.2.3 Land use regulation and compensation of damages

- documents specifically aimed at risks
 - P.S.S. : Plan for flood-prone Area
 - Risk Perimeter
 - P.E.R. : Risk Exposure Plan
(elaborated by the state district boards)
- general documents used for town planning
 - S.D. : Master Plan
 - P.O.S. : Land Use Plan
(elaborated by local authorities)

8

[O H P 10]

さて、このリスク・エクスポージャー・プランというのは、天災について市民に情報を提供し、そして、これによって危険を低減させるということになります。この地図は、土地利用の規制及び住民による被害の軽減策を通じて被害の程度を低減させようというものです。

このP.E.R.で示された対策を実施するということが、保険による支払いを受ける条件となることにもなります。この法律によって個人の責任と国家が結びつけられております。

The Risk Exposure Plan (P.E.R.)

July 13, 1992 law : compensation of victims

Right to be ensured against natural disasters effects except if no preventive measures are taken.

National solidarity ⇔ Individual responsibility

red zone : construction is forbidden
blue zone : preventive technics are to be used
white zone : no restriction by risk

9

[O H P 11]

10年間の努力が行われましたけれども、現在まで、まだこのP.E.R.と言われます地図については550の自治体においてしか作られてきておりません。当初の計画といたしましては2,000の地域、あるいは自治体においてこの地図を作ろうということだったわけですが、これはまだ達成されておられません。P.E.R.というのは技術的に非常に難しいものでありまして、簡単に作成できるものではありません。

Insufficient effects of the P.E.R.:

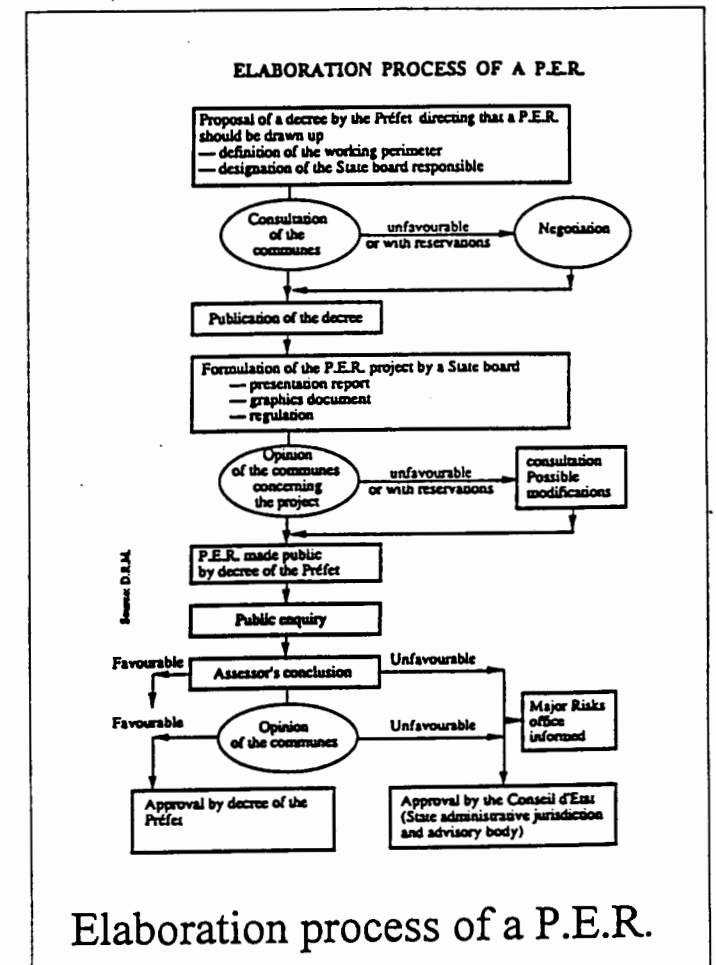
Only 550 communities in 10 years / 2000 initially planned

- technically too difficult
- the only link between insurance and risk exposure is insufficient for risk reduction
- excessively complex procedure for elaboration
(the local communities are legally able to block the procedure or obtain very long delays)

10

[O H P 12]

これは、何が難しいかといいますと、この手続なんです、例えばジロンド地区、これは南部の地域になるわけですが、非常に細かい調査を行って、3年間にわたってディスカッションを行い、そして、そこで住民の同意を得たというのがあります。つまり、ガロンヌ川沿いの30のP.E.R.を地元の住民が承認をするというまでに非常に多くの時間がかかったということです。多くの地域では、地方自治体がP.E.R.に反対をするということで、承認されていないところが数多くあります。



[O H P 13]

さて、都市計画目的のために用いられるガイドラインは、S.D. (基本計画) と P.O.S. (土地利用計画) であります。地方自治体の管轄下でこれらの計画は立案されます。地方にある国の部局は危険度に関する情報を熟知し、そして、これらの地方自治体は土地利用に関する計画策定及び意思決定の枠組みの中で、公衆衛生及び安全を確保する義務があります。特に災害に関するこれらの規定は、一般的な都市計画文書に組み込まれております。

2.2.3 Land use regulation and compensation of damages

- documents specifically aimed at risks
 - P.S.S. : Plan for flood-prone Area
 - Risk Perimeter
 - P.E.R. : Risk Exposure Plan
(elaborated by the state district boards)
- general documents used for town planning
 - S.D. : Master Plan
 - P.O.S. : Land Use Plan
(elaborated by local authorities)

8

[O H P 10 (再掲)]

さて、次に、洪水そのものに話を進めましょう。まず、簡単にローヌ川流域をご説明いたします。もう一度お見せいたしますけれども、この地図にありますのはちょうどこの地域、フランスの南西部のお話を今申し上げております。近年、最も重大な洪水がローヌ川流域に集中しているために、まずこの流域の特徴を幾つかご紹介いたします。ローヌ川は、フランスでも最も水量の豊富な大河であります。流域面積は97,800km²でありまして、水源から地中海まで812kmを流下しております。こちらが地中海になります。

ローヌ川流域の気候には四つの異なる特性があります。アルプスの氷雪地帯があります。ヨーロッパの中で最も高い山がモンブランになり、5,800mの標高を持っております。また、多雨地域もありまして、夏期の降雨が支配的です。地中海的な気候もあり、突然の氾濫が生じるような暴風雨があります。

3. THE RHONE BASIN

97,800 km²

812 km from Switzerland to Mediterranean Sea

CLIMATE

- glacial and nival (estival high water)
- pluvial with dominant estival rain fall
(719 - 883 mm/year)
- mediterranean with heavy rainstorms
(60 to 800 mm/year in 50 to 60 days/year)

11

[O H P 14]

フランスでローヌ川流域ほど山がちな河川の流域はほかには無く、全体としてこの流域の総面積のわずか4分の1が標高500m未満であるにすぎません。ローヌ川の河床は二つの大山塊の間にある沈降地帯に位置しております。一つがアルプス山脈、これは主として石灰質であります。もう一つがマシフ・セントラル、こちらにあるとおりです。主として結晶質であります。ローヌ川流域は、水文特性によりさまざまな小流域に分割することができます。ここでは、記述をローヌ川の下流区間に限定いたします。つまり、リヨンから海へいたる地域に限定いたします。

ローヌ川は、ローヌ地溝と呼ばれるローヌ川流域の主要部を占めており、一連の峡谷及び沖積地帯を通過しています。その後、東のプレアルプス山脈、ボークリューズ平野、セベンヌ山脈、そしてラングドック地方の間でボークリューズ平野を横切っております。ここで一連の支川が合流いたしまして、ローヌ川が状況が大きく変わります。

Geology

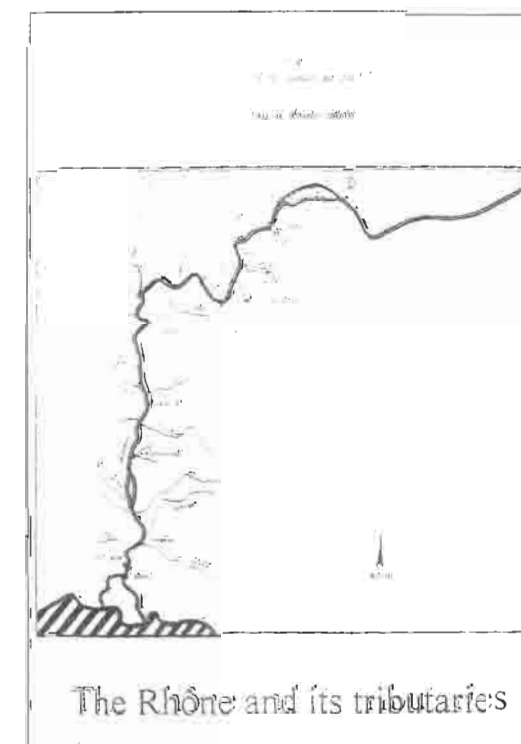
mountaneous (1/4 lower than 500 m.)
subsidence between the Alps (mainly limestone)
and the Massif Central (mainly cristalline)
= the SILLON RHODANIEN

The Rhône Valley (Sillon Rhodanien)

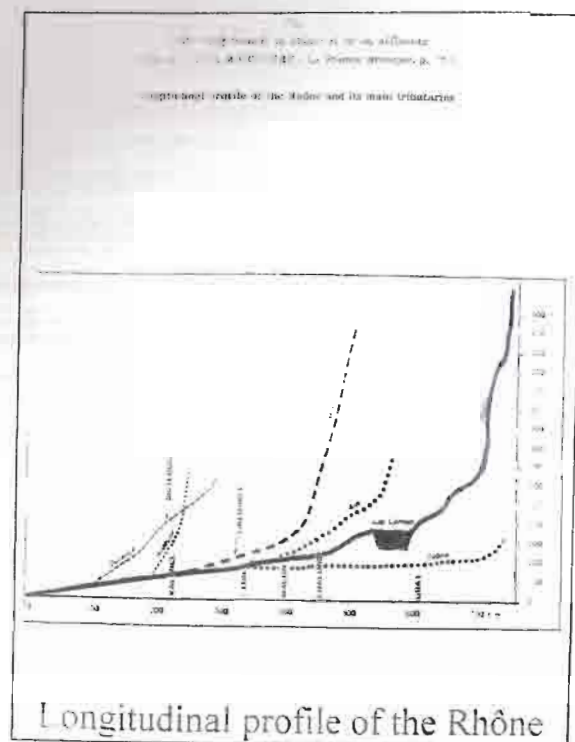
the Rhône is joined by a serie of tributaries :
- Alpine (East) main rivers : Isère, Durance
- from the Cévennes (West) : Ardèche, Gardons
- from the Pré-Alpes (East) : Drôme, Ouvèze

12

[O H P 15]



[O H P 16]



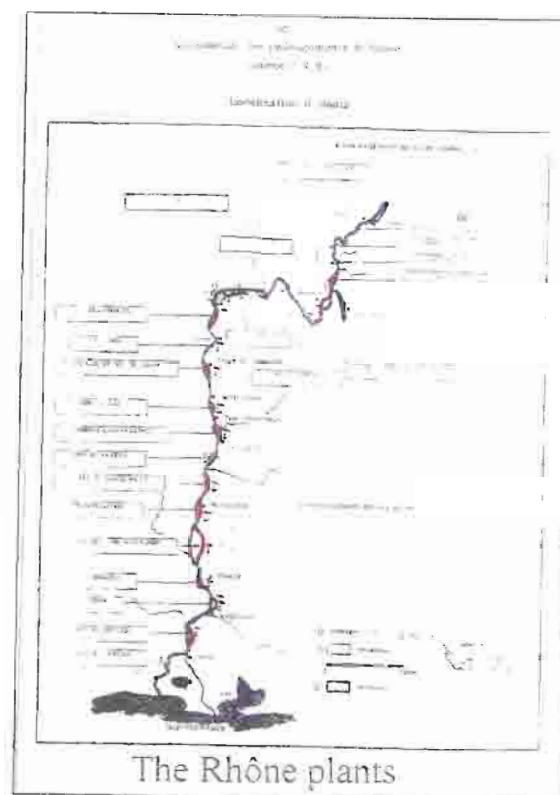
[O H P 17]



[O H P 18]

イゼール川はちょうどこちらになりますけれども、これはアルプス山脈の河川であります。デュランス川も、やはりアルプス山脈から出ている河川です。小さな支川がプレアルプスから入っております。アルプスの西側です。デュランス川の上流で本川に合流するのがウベーズ川です。ウベーズ川につきましては、何が起きたかということをもう少し後でお話いたします。

こちらにあります特に豪雨地帯、ここに7本の河川があります。この7本の河川の流量は、春の融雪水により流量がふえます。秋になりますと豪雨が発生いたしますので、そのために流れの速い洪水が発生いたします。例えばアルデシュ川は、12時間で17mも水位がふえます。そして、流量は2~7,500m³/sまで12時間のうちに上昇いたします。プレアルプス山脈の支流も同じような流況を持っております。



[O H P 19]

ローヌデルタ、これはカマルグデルタと呼ばれておりますけれども、ここがまた特徴を持っております。

この2本の支流は特殊かつ不安定な環境、カマルグデルタを取り囲んでおります。このデルタは絶えず一定に変化する地形でありまして、それは、ローヌ川によって運ばれた堆積物と沿岸漂砂の間の均衡によって生じたものであります。地質学的には7,000年前に発生した海岸浸食によって生じたものであります。その後の海退、これは堆積によって、潟湖や池の周辺で沖積層が下流に拡大するに至ったものであります。

これは大体2,000年ぐらい前の話ですけれども、ローマ人が氾濫を防止し、家屋を守るための堤防の建設を開始いたしました。また農地の保護も行いました。この種の工事の大半は15~19世紀にかけて行われたものであります。実施した組織は地方自治体、連合組織を形成した土地所有者、そして宗教共同体などであります。

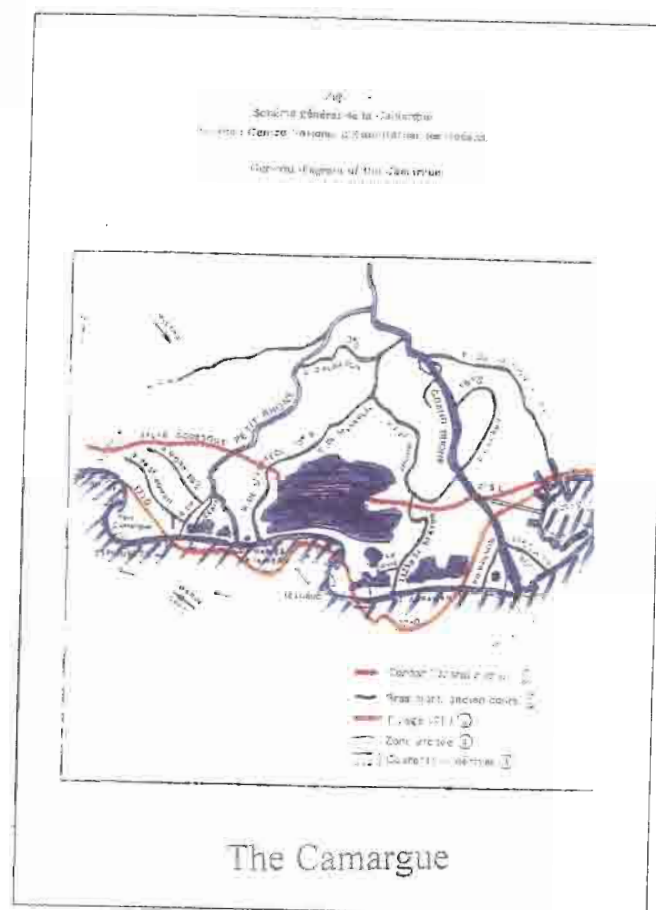
また、このようにして45,000haの土地を守る堤防網が設置されました。ローヌ川の二次分流を絶ち、土地を守り、干拓するために、土地住民によっても堤防が建設されました。赤で二次分流が示されております。こうすることによりまして土地を守り、埋め立てを行うことができるのであります。これらの施設の維持管理の責任者は土地所有者組合連合であります。この土地所有者の連合は、集团的利益のあるプロジェクトを実施するために形成されました。堤防、排水システム、灌漑システムなどであります。そして、これらの目的のために、公共団体によりまして特権が与えられています。しかし、実際のところ、これらの堤防は、所有者連合によって定期的には管理されてはおりませんで、それらの多くは十分に粘着性のある堤体材料を用いて建設されてはおりません。その結果、多くの問題が発生しております。

The Camargue Delta

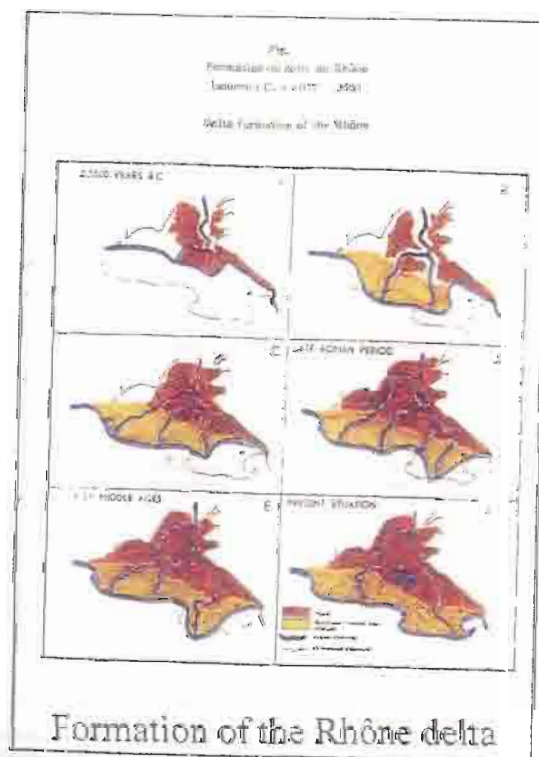
Dowstream from Arles
slope < 0.03 m/km
two arms : Greater Rhône and Lesser Rhône
balance between sedimentation and littoral drift
encroachment of the sea : 7000 years ago
first protection works : by the Romans
main dykes undertaken by landowners from 1400 to 1900
45,000 ha of land protected against sea and Rhône

13

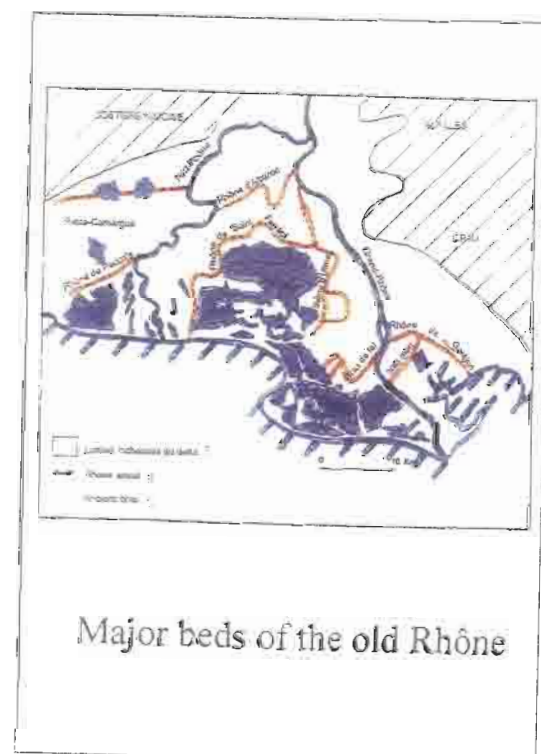
[O H P 20]



[O H P 21]



[O H P 22]



[O H P 23]

それでは、近年の1992年、1994年の大洪水についてお話ししたいと思います。およそ18箇月の間に、これは1992年9月～1994年2月の間ですけれども、フランス本土では、一連の大洪水によりまして約100億フラン、1,800億円の被害が生じております。また、68名の方が犠牲者となっております。この一連の大洪水は三つの期間に分けることができます。まず最初が1992年9月～10月に発生した洪水、次は1993年6月～11月までの洪水、そして3番目が1993年12月～1994年1月の洪水であります。

4. 1992-1994 DISASTEROUS FLOODS

sept. 1992 to feb. 1994 : 180 billion ¥
68 victims

3 sets of events :

sept. 1992 to oct. 1992
june 1993 to nov. 1993
dec. 1993 to jan. 1994

14

[O H P 24]

1992年9月21日に非常に激しい豪雨がマシフ・サントラルの南東とピレネー山脈の東のところで発生いたしました。この部分ですね。セベンヌ山脈のセラルで24時間に400mmという降雨を記録し、過去の降雨記録をすべて更新いたしました。24時間で400mmです。ポークリューズ県のウベーズ川は小さな支川ですけれども、この川では急激な大洪水が発生しまして、大きな被害が出ました。ベゾン・ラ・ロメーヌという、住民が5,000人ぐらいの小さな町で全部で46人の犠牲者が出ました。この水害の被害額は、この1回の水害で630億円と推定されております。テレビの特別番組など、全国的に大規模な報道を通じて援助運動が起こっていきまして、この洪水の報道のインパクトは非常に大きいものでした。

4.1 September 21, 1992 to October 5, 1992

Intense rainfall in South-East . 400 mm/24 hours

Ouveze river (left-side trib. of the Rhône)
Vaison-la-Romaine : 63 billion ¥ damage
46 victims
(amateur video tape)

Aude, Ardèche : record flash floods
no victims

15

[O H P 25]

ビデオを少しばかりお見せしたいと思います。このときの洪水についてのビデオです。ビデオを見ていただいた方が、具体的にどのような急激な出水を伴う洪水がどんなふうにかかったのか、おわかりいただけると思うんです。10分ぐらいのものです。ビデオは住民の一人が個人的に撮ったビデオですので、余り画質がいいものとは言えませんが、具体的なイメージをお掴みいただくためにお見せし

ように思います。古いローマ時代の橋がございました。その模様をビデオでごらんいただきたいと思います。

[ビデオ上映]

古い橋です。ローマ橋。この洪水は、見ているだけで、叫ぶ以外何の手を打つこともできないような状態、そういう人々の中の一人がこのビデオを撮ってくれたわけなんですけれども、この駐車場にはたくさん車がとまっていたんですが、その中で押し流されるものもありました。この洪水は2時間ぐらいの間に起こりました。2時間ぐらいの間に水位がこれだけ上昇したんです。この流域、集水域としてはかなり限られた小さな流域でありまして、50km²ぐらいのところなんです。この当時、洪水警報の連絡もありませんでした。4時間のおくれで連絡はあったんですけれども、現在のところ、予報はそのぐらいまでしかできないという限界がありまして、この2時間の間の水位の上昇には洪水警報が出なかったということです。何人かが車を何とか戻そうとしていますけれども、とても無理で、物が流れていくのを見守った方がまだよかった。そうするしか手が打てなかったという状況です。

ごらんいただきますと、これまで経験のなかったような程度の洪水が起こったことがおわかりいただけると思います。家がもう全壊しております。川沿いのところにあった大変すてきなレストランも被害を受けました。水が橋を越えています。後でまた出てきますけれども、なすすべもなく家から見守っている人々の姿があります。このように見ているしかなかったという状態でした。

町のまた別の部分です。非常に古い町です。古い建物がたくさん残っていたわけなんです、急激に水位が上がったという洪水の典型的なものと言えましょう。

ここでは何もできない状態でしたけれども、場合によっては、家の中から何かを運び出すということも試みたかもしれません。

橋のところに戻ってきました。場合によっては、家よりも高いレベルまで水位が上がったりして流れている模様が先ほどから映っております。

橋が完全に溢水されておまして、橋の上をどんどん水が流れています。にもかかわらず、ここで一番驚くべきことは橋が破壊されなかったという点です。ごらんのように古い家々が並んでおまして、非常に強い抵抗を示した。壊れなかった。これだけの被害にも持ちこたえた古い家屋の強さというのが示されました。非常にすさまじい速さで流れています。人々はこれに非常に強いショックを受けまして、何カ月もたった後でも、このときの記憶が非常に生々しい形で残っているということです。

1時間ぐらいたったところの様子です。水位は先ほどより下がっています。急激な出水のあった鉄砲水的な洪水ですから、数時間たちますともうおさまってしまう、引いてしまうというタイプの洪水です。最初は車の駐車場が映っていましたが、もう今の段階では車は全くありません。

ここにキャンプの施設があったわけなんですけれども、キャンプ場については問題がありました。キャンピングカーが流されていくのが見えたと思います。この洪水がまだおさまっていないのに橋のところが人が通っていますね。びっくりするような光景です。洪水はまだおさまっていないかもしれませんが、樂觀的な気持ちでもって見ているんでしょうか。何回も見てきたものなんですけれども、できるだけはつきりご覧いただこうと思って映しています。

今ごらんいただきましたのがこのときの洪水の状況でしたけれども、このウベーズ川だけではなくて、ほかの南西部の川でも、このような鉄砲水的な急激な洪水がありました。しかし、十分な洪水警報体制がしかれていたところもありまして、オード川、アルデシュ川では犠牲者が出ずに済みました。

次に、1993年6月～11月までの期間です。この約5箇月間にわたって、フランス南部の各地で多くの雷雨によって急激な氾濫が発生しました。降雨の強度は、こういった洪水の時期、数時間に100mm程度でありました。ですけれども、特にコルシカ島におきましては24時間では800mmに達しております。そして、1時間当たり70mmの強度ともなりました。被害額は約180億円となりました。この小さな島で、約100km²の流域に対する比流量が1秒1km²当たり10m³でありました。コルシカ島には多くの水力発電所がありましたけれども、これらの発電所は被害を受けておりません。

一方、アルプス山脈のアー川上流域の方では、道路及び鉄道が数日間にわたって不通となりました。ローヌ川下流域では、カマルグの土地所有者の旧式の堤防、この堤防については先ほど触れましたが、この土地所有者が作った堤防が決壊いたしまして、何週間もカマルグの大部分が冠水していました。ローヌ川の1993年10月の洪水は1910年の洪水に匹敵するものでした。そして、流量も1万m³/sに達しました。これはボーケールでの記録でありますけれども、1秒当たり約1万m³に達しました。この洪水の再現期間は50年と推定されています。

デュランス川にも歴史に残る洪水がありましたけれども、こちらには水力発電用貯水池の効果もありましたし、また、デュランス川からの直接導水もありまして被害を軽減することができました。全体と

して犠牲者は22人、そして被害額は約630億円となりました。特に多くは公共施設についての被害でありました。

4.2 June, 1993 to November, 1993

numerous thunderstorms in the South

(typ. : 100 mm in a few hours)

Corsica mountainous island in Med. Sea :

800 mm in 24 h.

70 mm in 1 h.

10 m³/s/km² flow

⇒ 6 victims

18 billion ¥ damage

Lower Rhône :

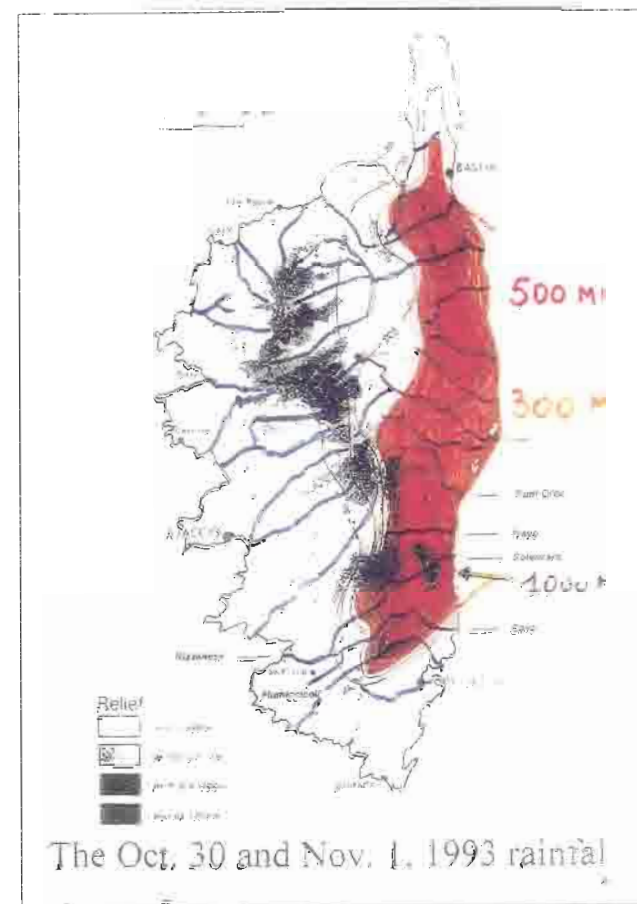
9,800 m³/s in Beaucaire (50-year R.P.)

Regulation of the Durance through reservoirs

Broken of Camargue dikes

16

[O H P 26]



[O H P 27]

そして、最後は3つ目の洪水ですけれども、一番最近のもの、1993年12月から今年の1月までですが、この地域の半分以上では12月と1月の平均の2倍以上の雨量となりました。平均の年の2倍以上の雨量を記録したのがこの12月と1月。

平均の2倍以上の雨量が北の方で見られました。北東部、ムーズ川及びオワーズ川、そして南西部、シャラント川の雨量は過去の記録を超えました。すべての大河川で大洪水が発生しており、ローヌ川などを含めまして水位の上昇速度は、通常は緩慢で、氾濫期間が長いということが多いんです。これはドイツの方のご発表からも既にご理解いただいたことだと思います。ローヌ川の洪水は、1994年1月の場合、1993年10月の洪水を超えました。そして、下流域では再現期間100年という水準に達しました。これはボーケールでの数字としては1秒当たり11,500m³となっております。

4.3 December 20, 1993 to January 10, 1994

Rainfall > (2*average) for Dec.-Jan.
over more than 1/2 territory
North-East and South-West river hist. floods
Rhône river : 11,500 m³/s in Beaucaire
(max. : 11,640 m³/s in 1856)
Camargue dikes broken again
170 km² flooded
6700 persons evacuated
3000 houses severely damaged
54 billion ¥ damage

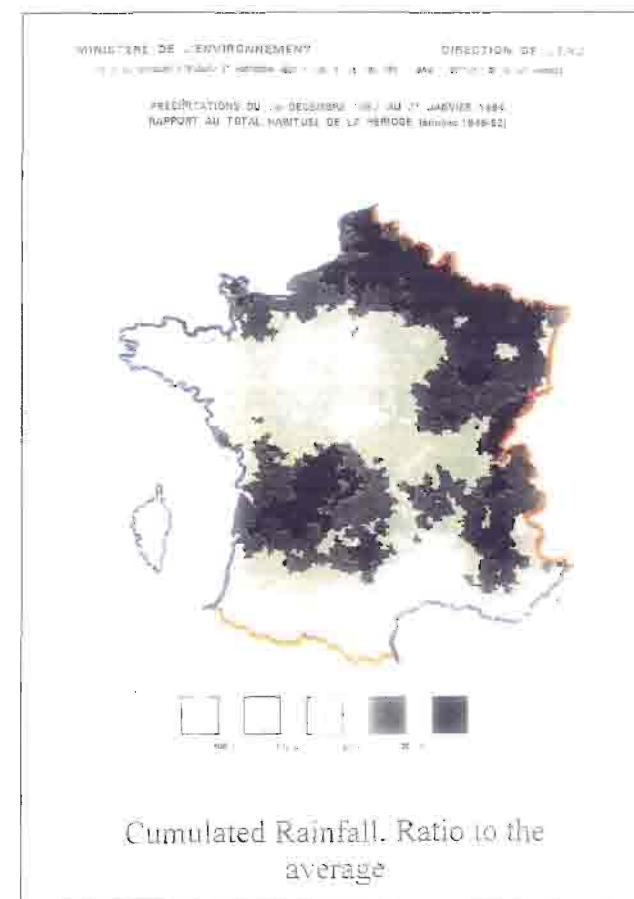
17

[O H P 28]

スライドでこの洪水についてお見せしたいと思います、先ほどのものと似たようなものです。

航空写真ですけれども、先ほど皆さんがいろいろごらんになったのと似たようなものですが、フランス南部、洪水が上流の方から南部に到達いたしました。ローヌ川の上流の方。そして氾濫原、浸水した部分ですね。フランスの南部の方ですけれども、稲作、米の栽培がフランスにおいて唯一行われているところなんです。

この洪水の期間にカマルグの堤防が再び決壊いたしました。その被害額としては約540億円と言われております。そして、冠水した地域が170km²、カマルグだけで60km²、これだけの地域が冠水しております。全体で170km²が冠水しました。そして、避難した人の数は6,700人、深刻な被害を受けた家屋の数3,000軒となっております。



[O H P 29]

このような大洪水の後、何回も被害の大きい洪水に見舞われた後、市民の意見により公的機関の対応について説明が求められました。その結果、フランス政府としては、1994年1月24日、これは洪水に見舞われた直後と言ってもいい時期だと思うんですが、政府として自然災害防止対策について明らかにするということを決定いたしました。特に洪水防御に関して新たな公共政策、氾濫原管理に関する通達が出されました。

目標としては、次のようにまとめることができるかと思います。まず第1番目の目的は、人命を守ることです。第2番目は、危険区域における新規の開発を制限して、氾濫原の遊水機能を保全することです。そして3番目には、生態系保全のために真の意味で必要な治水施設に限定して建設を行っていくということです。このような対策をこれからもう少し具体的にご説明したいと思います。

- immediate prohibition of construction in particularly flood-prone areas by the Prefects
- simplification and unification of all land-use regulations for risk prevention



RISK PREVENTION PLAN

2000 plans in year 2000

- increase of credits for flooded and flood-prone area mapping
- Predagnosis in 24 districts in mountaneous areas for pop. > 500 inhab. and < 50 000 inhab.

19

[O H P 31]

フランスの首相は、県知事に対して、洪水が発生する可能性の高い区域における建物の新築をあらゆる法的手段を用いて禁止すること、いろいろ法的にやり方があるわけですが、そして、洪水の遊水区域として有効であり、継続的に下流の保全に貢献するような区域、地区については、都市化を制限すること。そして、下流域、または上流域で悪影響を及ぼす可能性がある場合は、洪水防御施設などを制限するということを直ちに求めました。危険防止のために、すべての土地利用規制を単純化、簡略化及び統一化するということです。

いわゆる今後の危険防止計画—P.P.R.にはいろいろな種類の書類が含まれ、一本化されることになります。審査が簡略化されることになりますし、ご記憶と思いますが、各地元の行政機関による実施もあると申しましたが、この新たなP.P.R.によって、国は概略調査を基礎として最初の土地利用規則をまず早急に策定する。そしてその後、具体的で詳細な規則を決定することができるようになるというのがこの手続です。この簡略化された新たなP.P.R.の手順が法案により設定される予定になっていますけれども、この法案について、1994年末までに議会が審議するという予定になっています。西暦2000年までに2,000件の危険防止計画—P.P.R.を実施するという目標が設定されました。

この目標を達成するために、洪水危険地図作成調査に対する国の予算を年間4,000万フランまで増加させています。フランス南部の24県では、山間部の小流域に対して迅速に現在の危険度評価を行う。これをもう既にスタートさせましたために、その危険度に関しては簡単なものではありませんけれども、情報の入手が既に可能となっております。これについては問題がありまして、5万人以上の人口を抱えるようなところについて指定されているわけですが、十分な情報がこういった小さな集水域に関してはまだ得られていないという問題があります。市町村で500人以上の人口を持つようなところ、特に氾濫の危険があるようなところ、キャンピング地域などについては、ここの地図で白くなっておりますけれども、こういったところが危険度評価をするということになっております。特に最も危険度が高いところについては、たとえ人口が小さいところであっても、まず即座に優先的な措置をとるということがこのことによって可能になります。人口500人以上の地域はすべて調査されることになります。

- immediate prohibition of construction in particularly flood-prone areas by the Prefects
- simplification and unification of all land-use regulations for risk prevention



RISK PREVENTION PLAN

2000 plans in year 2000

- increase of credits for flooded and flood-prone area mapping
- Predagnosis in 24 districts in mountaneous areas for pop. > 500 inhab. and < 50 000 inhab.

19

[O H P 32]

洪水警報プログラムを作成するというのがその次の措置でありまして、この10年で多くの進歩が見られました。この作業は南フランス地区のレーダー受信範囲を中心とする予定でありまして、雨量予測方法の開発によって、急激な洪水に対しても人命を守ることができるようにということをねらいにしております。4時間の時間の余裕を見て、予報がきちんとできるようにということを目的としております。これが確実に実施されるかどうか、まだはつきりわかりませんが、とにかく小さな集水域に関しては洪水予報を迅速にできるようにと目指しております。総額70億円ぐらいのコストが10年計画として決定をされていまして、この費用の60%は国の補助となっております。また、新たな水管理計画を作成して、地方団体による治水施設管理を簡略化、単純化していくこともその中に入っております。

洪水警報については、先ほどもお話しをいたしました。また、洪水管理を総合的な水管理に関するマスタープランの中に位置づけるということが必要です。この総合的な水管理に関するマスタープランについてはまだお話をしていませんが、これは新しい措置として、水管理に関するマスタープランの策定が、1993年1月付のNo. 92-3という番号の法律によって規定されております。この計画の策定によって、水管理上の問題が発生しているか、または発生が予測される流域全体の水文学的な生態系を扱うすべての措置が統合化されていくという予定になっております。また、生態系保全に真剣に取り組み、河床を回復させ、維持するということもねらっております。

ここで10箇年計画が開始されました。総額約2,000億円のコストとなっております。内訳としては、河川改修に970億円、人口密度の高い氾濫原の洪水防御のためは700億円ほど、また河川生態系の生態学的安定にも予算が割かれることになっております。このプログラムの最後の部分の費用としては、国が40%を負担する。そして、残りは流域財務庁、河岸所有者及び地元の機関などが負担するという予定になっております。

流域財務庁は、現在河川改修の援助も行っております。この流域財務庁が洪水防御へかかわってくるかどうかということは、危険にさらされる地域の都市活動に新たな課税を行うなど、資金を調達する可能性について大規模な範囲でいろいろな討論、検討が行われており、その結果によって決まっております。例えば流域財務庁の税や援助の仕組みを通じて、生態系を破壊しないような農業を上流で行って、農村氾濫原管理をする、そのコストを都心部の方で負担するなどという方法が検討されています。

- development of the flood warning system:
68 billion ¥ in 10 years
- simplification of the protection work management
by local groups.
- incorporation of the flood management as a part
of the new Master Plan for Water
Management (S.A.G.E.) introduced by the
Water Management law of Jan. 3, 1992.
- restoration and maintenance of the river beds,
with a real concern with ecosystem
conservancy. 10-year 183 billion ¥ program.

20

[O H P 33]

さて、結論部分ですけれども、これらのすべての新しい対策には、持続可能な開発のための公共政策という精神が導入されています。リオ宣言、リオ会議でも、そういった精神が表明されましたけれども、こういった考え方が、国内のいろいろな分野で今後の基本計画、マスタープランの立案の検討に強い影響を与えていく傾向にあります。自然遊水区域の保全は、この新たな洪水防御計画のうち最も強力な方向づけの一つであると言えます。

CONCLUSION

Introduction of the concept of
SUSTAINABLE DEVELOPMENT
in master plan elaboration.

21

[O H P 34]

ご清聴ありがとうございました。

【会場からの一般質問】

○建設省中部地方建設局の河川計画課 大中武易課長補佐の質問

講演概要集の86ページに災害危険地図というのが、自然災害について市民に情報を与えることによって危険度を低減させるということで書かれているんですが、災害危険地図にかかれてある情報の内容といますか、こういった内容が書かれているのかを教えてくださいたいと思います。

○ピエール・アラン・ロッシュ氏の回答

P.E.R.ですが、これは災害危険を示す計画、あるいは地図ということなんですけれども、天災について何ら防御策がとられていない場合に、どの程度の危険があるかということを示すものです。ここでは危険災害の、そのほかに居住地域に対する危険、そしてまた、居住地域の価値といったようなものを考えます。そして、これを使って三つの分野に地区を分けていくんです。まず第1というのがレッドゾーン、赤いところ、つまり開発が禁止されているところです。青い部分というのが、開発は許可されるものの、何らかの防御策を講じる必要があるということを示す地域ということになります。そして、そういったような防御策が講じられていない場合には、保険が適用されないというものです。白い地域ですけれども、別にリスクがないということから、何ら制限が加えられないという地域です。

自然災害といったことで考えておりますのは、洪水については、10年、また100年の再現期間のものについて、それを基準としてとりまして、数学的なモデルを使って、あるいは専門的なモデルを使って評価をする。そして、100年間の洪水の再現といったことでの計算をします。そしてまた、その居住地域の特質によってもちょっと状況が変わってくるんですが、1～2mといったような値が100年確率の中で入っているときにはブルーの地域になります。そして、それ以上のものになりますと、赤になります。

しかしながら、これはあくまでも大ざっぱな見方なわけでありまして、この計画、あるいは地図というのは、それぞれの地域で自治体との交渉の結果できあがってくるものでありますので、そのために、この交渉がなかなか難しいという問題点があります。

こういった非常に複雑な手続をとって、さまざまな機関がかかわって協議を行うことになるわけです。時には何年もかかって交渉が進められる。一つの町の市長が、時としては国とは違う考え方を持っていることがあるわけでありまして、そういった場合には、交渉は何年もかかってしまうということになります。この手続を導入してから10年かけても、まだ十分な効果が出ていないということが出ています。つまり、例えば国の方としては、洪水が多い地域において、禁止をしたいと言うにもかかわらず、地方自治体の方ではそれが受け入れないといったようなこともしばしば見受けられます。

○司会

いかがでしょうか。細かいところにまでは触れる時間がなということで、このようなご説明でしたけれども、よろしいですか。このことに関しまして、ディスカッションの方でももう少し触れていただけることができましたら、またお話も入れたいと思います。

○横浜市環境科学研究所の森さんの質問

きょうは、いろいろ勉強させていただきまして、どうもありがとうございました。

それで、鹿児島との関係で興味を持ったんですけれども、ビデオの中で、アーチ式の石橋が結構せき上げして、市街地の浸水被害をもたらしていましたし、車がぶつかっても、石橋も強くて壊れなかったようです。こういった場合、フランスの場合には、治水対策、河川改修もこれから10年間どんどん進みたいですが、そういうときに洪水を阻害するものとして、ああいう石橋は撤去されていくんでしょうか。その辺をちょっとお聞きしたいなと思いました。

○ピエール・アラン・ロッシュ氏の回答

これは非常に小さな町の例でした。また、非常にかさ上げされている石橋でありますので、それほど治水といったようなことでこれを取り除く必要はないと考えています。つまり、この特定な事例の場合には、別に動かす必要はないと考えられておりますので、特に動かすつもりはありません。

○司会

いろいろと事情が異なっているということがありますので、比較するのは難しいのかもしれませんが、そういった洪水対策と文化保護、また環境保護というのはどうあるべきかということも、この後のパネルディスカッションの方で、できましたら盛り込んでいきたいと思います。

それでは、ピエール・アラン・ロッシュさん、どうもありがとうございました。（拍手）

パネルディスカッション

○コーディネーター（見城美枝子女史）

それでは、只今からパネルディスカッションに移らせていただきます。

朝の10時から始まりましたこの国際洪水セミナー、4人の方々から各国の洪水事情、各国の治水対策についての講演が終わりました。各国それぞれ地形や自然環境などの違いがありましても、人が住んでいなければ水が溢れても問題が少ないのですが、住んではならない所にも人が住みつき、そこに文化が生まれる。そこに川があって、溢れれば洪水になり、被害があるけれども、さて、それに対してどういう対策をしたらいいのかということで、様々なご意見が出されました。

鹿児島の場合は、具体の中から総合治水対策についてもう少しお話を伺ってまいりたいと思います。アメリカの場合、日本と違って、あれだけ広いから、相当溢れても大丈夫ではないかと素人の方は単純に考えそうですが、やはりそれは大変な洪水であることが解りました。洪水が到達するのにタイムラグがあり、それに対する治水対策としても、いろいろとお考えのようなんですけれども、その辺についてももう少し詳しく伺ってまいりたいと思います。

また、ローターさんの方からは、先程ご質問もございましたが、客観的リスク、主観的なリスクということを踏まえての予警報の効果的なあり方ということについて、もう少しお話を伺えればと思います。

また、ロッシュさんの方からは、持続可能な開発というのは、環境問題の時にはいつも言われることですけれども、やはりそこを開発されてはならない、全部レッドゾーン^{*1}になるような例も現われてきてまして、そこが行政の悩みであるということを講演の中でお話しになりました。その辺のゾーニングはしたいけれども、全部、レッドゾーンになってしまうということで、どうしようという解決がなされないままにあるようですので、もう少しその辺もお伺いしたいと思います。

これが講演を伺っての私の感想なんです、さらなるディスカッションで話を深めてまいればと思います。

そして、パネルディスカッションには、先程ご講演をいただきました4名の方のほかに、建設省河川局河川計画課の脇課長、アメリカ合衆国陸軍工兵隊ミシシッピ川下流管区ミシシッピ川委員会の計画技術部長のジェームス・R・ハンシーさんに加わっていただき、以上、6名のパネリストの皆さんでお話を進めてまいります。（拍手）

まず最初に、先程講演の最初に、鹿児島の実例を挙げていただきましたが、では、日本全体として洪水というのはどういう状況にあるのか。また、その治水対策としてはどういう状況なのか、全体的な見地からまずお話をしていただきたいと思います。それでは、脇課長の方からお願いいたします。

○脇課長

それでは、我が国の治水の歴史と現状ということに簡単に触れてみたいんですが、会場を見てみますと、かなり顔なじみの方も多くて、かなり専門家の方が多いような気がいたしますが、外国から来られた4名の方も居られますので、我が国は現在いろんな意味で問題を抱えておりますが、簡単にご紹介をさせていただきますと思います。

まず、我が国の治水を考える場合に、一番大きな問題は、我が国が稲作文化を中心として発展してきた国だということが挙げられます。稲作ということですから、必然的に水を使う。水の便利の良いところ、川の周辺に人々が住み始めた。それがそのまま尾を引いて、現在の社会を形づくっているということが言えるのではないかと思います。

沖積平野、わかりやすく言えば、氾濫原といえますか、河川がつくった平野ということですから、洪水の水位の方が地面よりも高い。洪水の時には非常に危ない土地ということが言えるわけでございます。そして、江戸時代、あるいは明治の初期まで、年代で申し上げますと1800年代まで、細々とはございますが、各地で河川の改修事業が進められてきましたが、お金の問題もあって、歴史的に見て不十分な状態だったようでございます。

そんな中で、明治に新しく近代的な国家として日本が成立したわけですが、1898年に現在の河川法の一つ前の河川法ができました。そして、それから近代的な河川改修が始められたわけでございます。近代的河川改修を始めるに当たっては、ヨーロッパその他外国からいろいろな技術者をお招きして、それらの方々の知恵を学びながら進めてきたわけでございます。

そして、1900年代に入りまして、ダムが登場ということで、ダムがつくられ始めました。初めのうちは、利水用のダムが主体でございまして、そのうちに発電と進んできたわけですが、治水を目的とするダムが本格的につくられるようになったのは1950年代以降、今から40年ぐらい前ということでございました。

そして、1911年に、今から約80年ほど前でございますが、日本の河川全体につきまして治水の長期計

^{*1}レッドゾーン：開発・建物の建設が規制・禁止される区域

画が初めて立てられました。この辺から本格的に我が国の治水事業が始まったということでございます。

そして、第一次大戦、第二次大戦がございましたが、1960年、政府として本格的に、計画的、重点的に事業を実施していこうということで第一次治水事業五箇年計画がつくられました。順次見直しが進められて、現在では第八次五箇年計画によって治水事業が進められております。

そして、今日ではどうかといいますと、相変わらず治水に対しては危ない状況でございます、30年～40年ぐらいの確率の洪水に対して、大体50%程度しか氾濫原が守られていないという非常に不十分な状況でございます。依然として水害に弱い体質を抱えたままだということが言えると思います。

数十年もかけて改修を進めているのに、なぜいつまでも十分な対応ができないのだろうかということをおちこちで言われるわけでございますが、これも皆様ご承知のように、我が国のいろいろな自然的な条件その他によるものでございます。まず雨が非常に多い。短時間に多くの雨が降るということが挙げられます。そして、日本の国土が、大部分が山地で、河川が非常に流路の延長が短くて勾配が急だということがあります。その結果として、洪水の特徴として非常にピークが大きい。そして、雨が降ってから水が出るまで時間が短い。小さい川では数時間で出てしまう。我が国で大きいと言われる川でも、せいぜい1日か2日で出水のピークが出現してしまう、そういう状況でございます。そういうことで、治水の施設が数多く必要とされるということもありまして、なかなか改修が進まないということでございます。

そして、最近に至って、なお一層条件が悪くなっている部分もございます。現在、沖積平野は我が国土37万km²の10%程度ということですが、その中に人口の約50%、資産の75%が集中しているという状況でございます。そして、集中しているということによりまして、災害時の被害、一担水害になりますと、従来よりもダメージが大きくなっているということが言えます。また、国土が開発されること、都市化が進んだことによりまして、同じ雨が降っても洪水の量が大きくなるということ、見かけ上は条件が悪くなるということも出現しております。

悪い話ばかりなんです、こういった状況には一体どう対応していったらいいのかということが現在我が国が抱えている課題ということになるわけです。まず、毎年災害があちこちで起きているわけですから、それに対して局所的に、悪いところはどんどん直していくというのは当たり前のことで、対症療法的なことではございますが、それに加えて、将来を見越して、もう少し水害に強い国にしていかなければいけないということでございます。

まず、基本的に我が国が抱えている沖積平野に多くの資産と人口が集中しているということ、つまり、洪水時の水位より低いところにそれがあるということに対して、これを基本的に体質を改善したいということがあります。全部低いところを埋めて高くすれば、欧米型の安全な土地利用に近づくわけではございますが、全部埋めるというわけにはいきませんので、堤防だけでも少し大きな堤防にしてやろう。大きな堤防にすることによって、土地全体を上げたのと同じような効果が得られないだろうか。

つまり、一番水害のダメージが大きくなるのは、堤防が破堤したときでございますから、壊れない堤防をつくるということが非常に大事ではないかということで、スーパー堤防と呼んでおります幅の広い堤防に現在着手いたしました。これは、堤防が壊れることによるダメージの大きい利根川、淀川、すなわち東京と大阪という日本の二大都市周辺から始めたわけですが、将来的には国土の体質改善ということで、すべての川について、水位が仮に堤防を越えたとしても壊れない堤防にしていきたいと考えているわけです。

それから、体質改善のいま一つとして、非常に河川の流量が大きいということ、これを小さくしたい。すなわち、何をするかというと、流域に貯めるしかないわけですが、ダムその他いろんな貯留施設をつくっていこう。ダムは今までも整備を進めてきたわけですが、これをさらに進めて、見かけ上ゆったりと川に洪水が出るような川にしたい。日本の急流河川から欧米型のゆったりした川に少しでも近づきたい。そういった二つの体質改善を、これはかなり長い年月を見ながら計画的に進めていく必要があるかと思っています。

それから、ハードの施設だけではなかなか守り切れないところがありますから、水害に強い町づくりといいますか、住み方そのものを水害を頭に入れた暮らし方にしていこうと考えております。例えば地下鉄とか地下室というのは、本質的に水害、水に弱いわけですが、ちょっとした工夫で水害のときでも水が入らないようにできるわけですから、水害に強いまちづくりということを念頭においてやってまいりますと、同じ雨が降って同じ水が出ても、随分と被害は違うはずだという発想でございます。

それから、特に開発の進んだ河川、流域の広いところでは、70%、80%という面積が都市化された流域があるわけですが、そのような地域では、とても河川の施設だけでは制御できない、水害が守り切れないという状態になっています。また、そういう川では暮らし方を幾ら考えても、もうどうしようもない部分がありますので、さらに一歩先を行った総合治水対策と呼んでおりますが、川と流域と

分担を決めて、余り多くの負担を川にかけないように、流域全体で治水を考えていこう。一つ一つの家に貯留施設を持つ、あるいは浸透施設を持つといったようなことから進めていく。これは、現在、日本の17の河川で実際に進めているわけですが、都市化が進んだ部分については、そういう対応をしているということでございます。

それから、都市内で、普通の改修ではどうにもならないところについては地下河川ということで、地下にかなり大きな水路をつくっているという実態もございます。

簡単に申し上げますと、繰り返しになりますが、体質改善という意味で、日本の川を少しでも安全なものにしていくため、スーパー堤防とダム、流域における貯留事業を進めるということと、少し個別の対策になりますが、住まい方を考えていく。それから、総合治水対策を進めていく。例外的ではございますが、地下河川といったようなことも進めていくということでございます。そういうことをやって、治水上、日本を少しでも安全な国土に変えていきたいということで私たちは仕事をしているわけですが、いずれにいたしましても、非常に時間のかかる話でございますから、かなり長い目で治水事業は見なくてはいけないということでございます。

ちょっと雨が降ると水害だ、ちょっと雨が降らないと渇水だ。自然現象に相変わらず私たちはおびえているわけですが、世間一般の関心としても、雨がないうときには、治水事業はもう終わったというふうに受けとめられがちです、逆に雨が多いうときには、もう渇水は日本には起こらないといったようなことも言われるわけですが、あくまでも計画的に地道にじつくりと100年、200年という長い年月を見据えながら仕事を進めていかなければいけない。そういう性格の仕事だと理解しています。

治水対策は今お話ししたようなことなんですけれども、最近の我が国の状況を一つつけ加えておきますと、これは世界的にも同じだと思いますが、洪水というのは川のある特殊な状態、非常に限られた状態についての対応でございますが、それ以外に、川は毎日流れているわけで、そのときどきの川の大事さというのが別にあるわけで、環境面、特に水辺とか、水面とかということが人々に与える精神的な効果というのははかり知れないものがあるわけであって、それをいかにうまく治水の中に取り込んでいくか。治水事業を進めることによって、それらが失われることのないように、また、いろいろな生物のもとになっているわけですので、水、川といったものが非常に重要ですので、それらの環境的な要素も十分配慮しながら進めていきたい。ある場面では、トレードオフになってうまくいかないケースがあるかもしれません。

しかし、できるだけ両方かなえられるような格好で進めていくのが望まれている、求められていることではないかなというふうに思っています。

ちょっと長くなりましたけれども、日本の治水の現在の状況をご説明申し上げます。

○コーディネーター

ありがとうございます。今の日本の治水対策というお話が出ましたし、それから一つ重要なポイントとして対策と、もう一つ日本人の文化とか、心の部分でしょうか、川との付き合い、そういう部分も無視できない。大切にしながら対策をしていきたいというお話でしたが、日本という国は水とは切っても切れないと言ったらよろしいんでしょうか、横山大観のあの絵巻物も一滴の水から始まりまして、だんだんそれが川になり、大河になり、最後は竜が天に上るという形で、また、水が天に上って水蒸気になるという意味かどうか分かりませんが、やはりああいう絵巻物を見ましても、また、春には春がすみ、夏の夕立とか、私たちの生活文化の部分と切り離せない水、川というものがございしますので、その辺を無視せずに、どう保護しながら、どう維持しながら高めていながら対策をしていったらいいのか。また文化保護というような面でも、環境保護というような面でも伺ってまいりたいと思います。よろしくお願いいたします。

それでは、もう一方、ハンシーさんは、今回日本にいらっしゃいまして、鶴見川を視察されたということですので、実際の感想なども伺えたらと思います。また、アメリカとの違いも含めて、課題というようなものがございましたら、お願いいたします。

○ジェームス・R・ハンシー氏

喜んで私の意見をお話したいと思っています。日本の河川、そして治水計画を見せていただく機会が2日ほど前(1994. 7. 12)にございました。短い訪問ではありましたが、どのような問題があるかということを見せていただきました。やはり河川に隣接した地域の都市化が大変に進んでおりました。プロジェクトは、貯留施設を上流部につくることにより水位を下げようという計画をご説明いただきました。私が驚きましたのは、やはりこの都市化の進みぐあいということでございます。過去35年～40年の間に、この流域では予測を非常に超えた都市化が進んだわけでありまして、それに対して総合的な治水対策がとられておりました。解決策は今日のための解決策ではなく、将来のための解決策として、この地域が95%の都市化が進んだ場合に備えての解決策が盛り込まれておりました。

また、特に感銘を受けましたのは、これはアメリカでは行われていないことでありまして、こういったことがアメリカで果たして実現できるのかということは懐疑的なんですけれども、やはり民間がイニシアチブをとって、そして河川に流れないようにするという。幾つかの貯水池などを見せいただきましたけれども、公園であるとか、場合によりましては、団地、アパートのようなどころの棟間に貯水池をつくっているところがありました。また、駐車場などもそうですし、建物の間に施設を設けて、そこで貯水機能を持たせることにより、河川の水位を下げようという、このような計画は大変にすばらしいものでありました。このために必要であった工学知識、計画性は大変なものであったと考えております。

どのぐらいの数があるかという、私の記憶によりますと、鶴見川の狭い流域の中に1,500もの貯留施設があるということですし、これからまだ計画があるというお話でした。ですから、私の受けました印象というのは、非常に包括的な、総合的な、また技術的にもよく対策が練られたプログラムが鶴見川の流域にあるということでございます。これがほかの河川の流域にもある典型的な状況なのかどうかはわかりませんが、鶴見川で見せていただきましたものは大変に感銘的なものでありました。

次に、簡単にアメリカの状況と日本とを対比して考えてみたいと思います。アメリカの大きさと日本の規模、大きさは違うわけですが、しかし、アメリカほど大きくても、やはり洪水は問題になるわけでありまして、アメリカで洪水は大変に深刻な問題であります。

アメリカでどのぐらいの洪水の被害があるかはわかりませんが、地形的には日本とよく似た地形の地域もあります。つまり、急峻な勾配があり、都市化が進んだところもかなり多くあります。また、タトゥルさんのプレゼンテーションにもありましたような、かなり広大な氾濫原があるような地域もあるわけです。つまり、洪水が発生するときには、何千エーカーにもわたって被害が出るというような状況もあります。このように、いろいろな地形があります。

アメリカで過去40年に何が発生したかといいますと、近代的な氾濫原管理、アメリカにおきましては、これが生まれましたのは1950年代のことになります。氾濫原の管理といいますのは、アメリカでどんどん出てきたわけですが、一般的には、これはほかに工学的、構造的に解決できないときに行う管理だというふうに見られております。少なくとも現時点まではそのように考えられております。洪水の問題があるときには、まず工学専門家に頼って、航路改修であるとか、堤防を作ったり、貯水池を作ったりする。それが不可能なときに、初めて氾濫原管理を始めるのだと考えられているわけでありまして。

氾濫原管理で氾濫原の利用を規制したりするという考え方がとられておりますけれども、ただ、このような考え方はこれまで失敗してきたと言えるでしょう。多大な投資を行いまして、治水計画を毎年行ってまいりました。おそらく過去80年間にわたりまして、アメリカで洪水により被害の規模は毎年増加しております。1993年に非常に極端な規模の災害がありました。これまでで最大の洪水であります。タトゥルさんの方からも、そのお話はありました。この洪水からの被害が120億ドルを超えているわけでありまして、今では150億ドル、160億ドルを超えているかもしれないと考えられております。

また、今現在もアメリカでは、南東部におきまして大きな洪水の被害が出ております。今現在、テレビでCNNを見ましても、かなりの洪水の被害が出ているようだということがわかります。相当な被害が出ると考えられます。これは何が起きているかという、去年の洪水の結果、アメリカでも治水計画というものがかなり見直されました。そして、氾濫原管理の定義が見直され、一連のポリシーが導入されたわけでありまして、そして、氾濫原の利用を管理しようということになりました。つまり、そうすることでリスクの高い利用を氾濫原から逃すということ。そしてまた、残った残存被害をできるだけ少なくするようにするという、こういった治水計画が立てられているわけでありまして。

また、洪水保険プログラム、災害復旧プログラムを導入することによりまして、さまざまな努力が被害に対してなされていますけれども、こういった保険という形でも補償ができるようにしよう。ただ単に連邦政府がお金を出すということではなく、保険などの形でカバーしようという動きも出ております。法律におきまして、政策におきまして、また、さまざまな組織の中におきまして、さまざまな変更が加えられております。

パネルディスカッションは時間が限られておりますので、すべてをこの場でお話しすることはできませんけれども、ただ、ここで申し上げておきたいと思っておりますのは、私の予想では、これからおそらく1年ぐらいの間には、かなりこれまでの洪水対策とは異なった洪水対策が生まれてくるであろうということが申し上げます。

○コーディネーター

ありがとうございます。

今、氾濫原管理ということで何度も言葉が出てまいりましたが、50年代につくられたものを今再考して、考え直して、もう少し効果のあるものにといいましたが、奥田さん、日本の場合は総合治

水という言葉が使われますよね。私たちですと、氾濫原管理とどう違うのかなということで先程から疑問なんです……。

○奥田部長

ただいま氾濫原管理という言葉が出ておりましたけれども、大体20年前の私の若かりし頃に、アメリカからのレポートの中で氾濫原管理という言葉が出ておりました。氾濫原管理というのは、現実にはなかなかできないんじゃないかということで、そのまま終わっていたんですけれども、今日、いろいろお話を伺いまして、非常に頑張っておられるんだという気持ちで、びっくりしたわけです。

今の氾濫原管理と総合治水の関係であります。総合治水という言葉自体が20年ほど前からの言葉であって、その当時には、やはり氾濫原管理という言葉が確かあったと思うんですが、この20年ぐらいの間に、日本では氾濫原管理という言葉は余り根付かなかったという、そういうことが今の総合治水の中では出てこないですね。

逆に言いますと、これはまさに日本とアメリカ等、外国との国情の違いといえますが、自然条件、社会条件等の違いというのが大きく現れていると思うんです。氾濫原管理というのは、あくまでも洪水が氾濫した後の被害額をできるだけ少なくしようということを中心としているのに対して、日本における総合治水というのは、どちらかというと、雨で降ってくる水が河道の中へできるだけたくさんおける総合治水というのは、いわば言葉としては、流出抑制策という言葉とか、あるいは流域対入り込まないようにするという、そういうところに力点が置かれてきたという歴史があると思います。

偉そうなことを言っておりますが、甲突川におきましては、先程もご説明申し上げましたように、現時点までには団地とか、そういう開発に対する調整池をつくってきたという経緯はございますが、具体的な検討については、去年の災害を踏まえてこれから検討していくという段階であります。ただ、先程ご説明申し上げましたが、この総合治水というのが、甲突川の場合は、住民の方々から、やったかどうかという声が非常に出ておまして、これはかなり稀なケースではないかと思って、私も喜んではおりますが、これも総合治水をやれば、先程の石橋が保存できるんじゃないかという観点から、総合治水をやったかどうかという住民運動が出てきたという気がしております。

先程申し上げましたように、そういう流出抑制策等を中心とした総合治水でも、石橋はどうしても残せないというご説明を申し上げましたが、そういう観点からすると、今後、石橋が取り除かれた後に、総合治水がさらに住民の皆様方の協力を得られるのかどうか、多少心配な気がしております。

○コーディネーター

ありがとうございます。現場ではいろいろご苦労が多いのではないかと思います。

それでは、ローターさん、いろいろとドイツのお話を伺いました。予警報システムというんでしょうか、リスクの問題も先程お話をいただきましたが、どうでしょうか。今までの日本のお話、またアメリカ、そしてフランスというふうに各国の事情をお聞きになった感想も含め、また課題とお考えになっているようなことをお話いただければと思います。

○カール・ハインツ・ローター氏

私は、日本における治水対策の戦略の見事さに非常に感銘を受けております。脇さんから先程お話がありまして、また、パネルのほかのメンバーからも、それについて補足がありました。特に私として強調したいのは、キーワードとして出てきた幾つかの言葉なんです。

氾濫原管理の効果というのは限界があります。どういう洪水を対象に考えても、それより大きな洪水というのは必ずあるわけで、絶対的な管理、完全な管理というのはあり得ません。また、洪水に対する人為的な影響というのがあります。自然的な理由、原因もあります。スライドの中でお見せしましたように、洪水というのは自然的な理由からもちろん起こってくるものであります。激甚な洪水であればあるほど、その自然的な原因が大きな部分を占めていると思います。

ですけれども、実際の洪水のリスク、非常に危険度の高い氾濫地域にとどまっている人々がいます。そして、その自然の破局的な力があって、また文化があるために、被害ポテンシャルが大きくなっているんだという面があると思うんです。ですから、私たちなりに自然との折り合いをうまくつけていくということが必要だと思うんですね。私の考えでは、治水というのは、コントロールをどううまくやっていくか。つまり、先程お話がありましたように、氾濫原管理という側面を考えなければ十分にできないものだと思います。

私たちドイツでは、水管理の政策を今こういった氾濫原管理という側面を含めた方向で、半ば方向を変えつつあるという状況でございます。

○コーディネーター

どうもありがとうございます。また後ほどよろしく願いいたします。

それでは、ロッシュさんからも、日本、そしてアメリカ、ドイツと、講演でさまざまな事情が話さ

れてまいりました。そのご感想も含め、また一番課題と思われる点もここでお話いただければと思います。

○ピエール・アラン・ロッシュ氏

大変興味深いご発表を聞きましたけれども、私たちはいろいろな種類、広範な問題に直面していると思います。特に日本でのいろいろな試みに感銘を受けました。

奥田さんのご発表は大変興味深い内容でした。大変なお仕事を抱えていらっしゃる。治水という面でいろいろやらなければいけないということがよくわかりました。そして、脇さんの方から、スーパー堤防という計画についてお話がありました。私、これについて、これまで聞いたことがありませんでした。日本に来て初めて、このアイデアについて触れることができたわけです。このスーパー堤防という考え方なんですけれども、特に日本の問題にうまく対応できるようなユニークなものだと思っております。私たちも、このアイデアについていろいろな情報を得、非常に新しいもので、いろいろな知見を得て帰りたいと思っております。

奥田さんが先程おっしゃったことに私も同意見なんです、つまり非常に包括的な、総合的な氾濫原管理という中には、社会経済的、環境的な面、そして予防、防止といういろいろな側面が包括的に入っているべきであるということ、こうした問題を私たちが取り扱うからには、そういった側面が必要だと思うんです。フランスでも、情報と教育という問題に直面しております。つまり、氾濫原の利用形態について変えていくだけでなく、そのためには、すべての人が洪水のリスクがどのようなものであるかということを知り、理解しなければ効果は上げられないんです。もちろん、それにはコストもかかります。人々の教育というのが一つ重要な側面だと思うんですね。

予防、どれだけの準備体制を整えておけるのかということは、各流域によって、またどのような洪水の状況にあるのか、地域によって、国によっていろいろ違いはありますけれども、情報の伝達、教育の重要性ということは私たちにあって共通なものではないでしょうか。いろいろお話を聞きまして、こういったアイデアこそ将来の方向として有用であるなという意を強くしました。

○コーディネーター

情報伝達、訓練ということも、先程講演の中でもお話が出てまいりました。いかに訓練していくかということですが、その辺をもう少し皆さんからお話を深めていただければと思います。

タトゥルさんもハンシーさんと一緒に日本の河川を視察されて、いろんな感想をお持ちになったと思うんですけれども、感想と、ほかの国々との比較、そのほかございましたら、まず最初に感想からお願いして、また課題などもお願いしたいと思います。

○ジェームス・R・タトゥル氏

ハンシーさんの方から先程触れられましたように、私たち、幾つかのプロジェクトを実際に視察をさせていただく機会がありました。月曜日(1994.7.11)にこちらに来て、いろいろな方とお話をする機会があったんですが、その中で特に感銘を受けたのは、そのプランニングとプロセスなんです。どういうコンセプト、概念でやっているかということです。このような流域において、実際にそういうコンセプトが生かされているということを伺いました。

そして、今日、いろいろなご発表を聞きまして、ああ、確かにこういういろいろな計画があり、詳細にわたってやっていくということが重要なんだということがよくわかりました。長期的に見れば、こういったことは非常に効果を発揮していくんだという確信を持ちました。もちろん日本の状況というのは、アメリカ、私たちのやっているところとは随分大きな違いがあります。人口の密度も違います。川に非常に近いところ、水辺に住んでいる人が多いという点でも違います。

特にミシシッピ川の流域では、場所によっては東海岸の方で、あるいは西海岸の方で、日本と類似したような場所もありますけれども、またルイジアナ州などの場合には、水に近いところ、水路に近いところに多くの方が住んでいますから、毎年、洪水の被害を受ける可能性もあるようなところもあります。こういった問題については、私たち独自の仕事、土木関係の仕事の中でうまく対処していかなければならないわけです。ですから、今回の日本での視察や今日いろいろ伺いましたなかに、いいアイデア、あるいはいいコンセプトであると思うことがたくさんありましたので、ぜひアメリカに持ち帰って、私どもの仕事に生かしたいと思います。

ご発表の中で、日本の奥田さんのご発表だけでなく、ドイツやフランスの方のご発表も大変役に立つ部分がたくさんあったと思います。もうほとんど意見の不一致、不賛成を唱えるようなところはありませんで、聞くこと聞くこと、そのとおりだ、そのとおりだと思うことばかりでございました。

ドイツの方からは、どの洪水についても、それよりもっと大きな洪水がどこかにあるんだ。50年ぐらいたたないと、その大きな洪水はないかもしれない。あるいは100年の再現期間かもしれないけれども、より大きな洪水は必ずあるものだという話がありました。アメリカでは、50年再現期間についての記録はいろいろそろっております。こういった記録を使い、また統計的な資料を使い、そして

様々な手法を使いまして、200年洪水についての計算もすることができるようなんです。どういうものが200年洪水かというのは、そこまで記録がさかのぼらなければ、存在しないわけですからないんですよね。ですけれども、こういったいろいろな手法、コンピューターの手法なども使いまして、コンセプトとしてどんなものが起こり得るのかということは理解できるわけです。

それともう一つ心にとめておかなければいけないのは教育の側面、人々への啓蒙、伝達の重要性ということです。先程その点について話されましたが、まさにそのとおりだと思います。アメリカでは、特にミシシッピ川下流域では非常に高い堤防が建設されております。広範にわたる洪水防御システムが既に設置されております。そして、その堤防の裏側のところで、人々がもう長い間にわたって堤防に守られていると思って住んでいるわけです。人々は絶対的にもう洪水の被害なんてあり得ない。堤防があるから大丈夫だと思っているんですが、それは大きな間違いなんですね。そういう大きな洪水、その堤防を越える洪水は、明日起こる可能性もあるんです。

こういったことを、教育という側面でぜひ意識を高めていかなければならないと思います。このことは非常に困難なことだと思うんです。どうやってやっていくのかという話がありましたけれども、それこそが私たちに課せられた挑戦課題だと思います。こういった地域においても、確かにいろいろな洪水防御のための施設はあるけれども、守ってくれると思うものはあっても、やはりリスクが存在するんだということを人々に納得してもらわなければいけない。このことは大変難しいことだと思うんです。これについて私たちは力を合わせて、力を結束して、地域の小さな行政単位から、州、そして連邦レベルまで、すべてが力を合わせていかなければいけないことだと思っております。

ちょっと長く話し過ぎたでしょうか。私、今日、聞いて学ぶ機会を得たということを実にうれしく思っております。ありがとうございました。

○コーディネーター

どうもありがとうございました。

さて、これで一通りパネリストの皆さんの感想、お考え、そして課題と考えている点を伺いました。氾濫原管理という言葉が、キーワードとして出てまいりました。また、土地利用については、人と土地、そこに川があるという関係で、先程から出ています教育へつながっていくのではないかと思います。大変難しい問題だということですが、住民意識というものも、アメリカ、ドイツ、フランス、日本各々どのような対応の違いがあるのでしょうか。私は、その辺もまた方向性として伺っていきたいと思いますが、脇課長さんからいかがでしょう。

○脇課長

一回りしたご意見を伺ったことで、やっぱり河川をどうしたらいいかというふうに考えている技術屋レベルの話として、心理といいますか、基本的な認識が一致するのはむしろ当たり前で、一致しないと、どちらがおかしいということになってしまうのかなと思います。

初めから相当基本的な問題が出ていて、川が氾濫するということは、川の現象、自然現象ということよりも、その流域に住んでいる人との係わりの問題、まさにそこが問われるべきだといったような趣旨があったかと思います。そこから氾濫原管理とか、総合治水とか、必要に応じてそういう手法をとらざるを得ないということで、各国で河川の管理がなされてきたのではないかなと思うんですが、そこで一つ非常に大きな問題は、河川の管理ということが、雨が降って、川の中に水が出てくるとい自然現象といいますが、単なるそういった物理的現象だけではなくて、その流域、あるいはその国の文化であるとか、社会であるとか、経済であるとか、あらゆる面に密接に係わってくる。したがって、最適な洪水管理というものは、それら全てをうまく調整していかなければいけないということになるわけです。そこで一つ問題は、では、一体誰がやるのかということではないかなと思います。

伝統的に川を管理するというのは土木技術者といいますか、水文学とか、水理学とか、そういった学問の立場に基礎を置いた人間がやってきた例が多いんですが、今までの話を伺うとそれだけでは済まない。そうすると、誰がやるかということと同時に問題になるのが、ある計画ができたときに、手順としてどうやったらいいのか。見城さんが言われたように、住民参加といったあたりも、その途中で出てくる問題なのではないか。計画をつくるプロセスと計画を達成するプロセス、それぞれどんな人間がどのように参加をしていく社会システムをつくるのかということが非常に大きな問題のように思います。

いずれにしても、いろんな問題があらゆる分野に関連してきますから、日本では、この分野については建設省の河川局ということで、河川局は何も技術屋だけではなくて、経済専門、法律専門の人間もいますから、かなり幅広い活動ができると思うんです。そういったところで、国民の皆様方の理解、洪水、河川管理といいますか、治水、氾濫に対する理解といった基本的な部分に対する国民の皆様方の理解を深めるという努力の中で進めていくしかないかなと思っているんですが、各国の皆様方、だれがどういう手順でということについてアイデアをお持ちでしょうか、ちょっとお聞きをしたいと思うんです。

○コーディネーター

いかがでしょうか。どなたからでも結構ですが……。ロッシュさんから先程、本当はレッドゾーンに住んでもらいたくないけれども、やっぱりそれは難しいという話も出ましたので、ロッシュさんからお願いします。

○ビエール・アラン・ロッシュ氏

フランスで行われている啓蒙活動について話をしようかと思います。教育省の方で国民の教育のための資料といったものをつくっております。学校で使われているものもありますけれども、教師を対象としたプログラムもあります。これを過去5年ほど継続しており、これによって学校レベルで洪水の危険性について十分に教えることができると考えております。これが、まず全体的な知識を深めていくための第一歩ではないかと考えております。

○ジェームス・R・ハンシー氏

誰が係わってくるべきか。特に氾濫原の使用といったことについて、誰が決定をしていくべきか、というようなことについて私の方から意見を述べてみたいと思います。アメリカの場合には、誰が関与すべきか、これは直接答える必要がないことが多いんです。というのも、アメリカの場合には、意思決定については明確な手順が決まっています。つまり、ほとんどだれでも、利害関係を持っている人は参加ができるようなシステムができています。

例えば、国家環境保護法といったものがありますので、ここでは完全な情報開示が求められておりますので、プロジェクト、工事が行われる場合には、必ずその内容について開示をし、公聴会を開くといったようなことが必要とされているわけです。ですから、これは地元の人たちについてだけではなく、例えばほかの全国的な利益団体の人たち、そのテーマに関心のある人たちもかかわって情報を見ることができるわけです。

過去10年ほどを振り返ってみますと、かなり状況が変わってきていると思います。つまり、工事について意思決定をするということになりますと、いろいろな人が係わってきてしまうということから、かえって決断をするのは非常に難しいという状態にもなってきています。

もう一つ、今回のセミナーで余り出てこなかった点として、私、ちょっと出したい点があるんですが、それは我々すべてが直面している問題ではないかと思うんです。つまり、持続可能な成長でありますとか、あるいは環境の保全といった問題があると思います。アメリカの方では、今日新しい氾濫原管理の考え方が出てきています。これは、決して洪水の被害を考えている人たちの方から出て来たことではないのですが、環境を対価として考えるということが出てきたわけです。ですから、そういった意味において非常に大きな関心が出てきております。

特にミシシッピ川でも、氾濫原において環境の保全といったようなことについての関心が非常に高まっています。ですから、生態系を復旧していくということ、そしてまた、その他に野性生物の生息地を回復するといったようなことについての関心が非常に高まってきていることも指摘しておきたいと思います。

○コーディネーター

わかりました。ドイツの方はいかがでしょうか。ローターさん……。

○カール・ハインツ・ローター氏

タトゥルさんの方から、国民に対して問題点を知らしめるために、どうするかというようなことの問かけが先程あったと思いますけれども、1993年の洪水の結果、我々技術者の間に、構造物対策だけでは十分ではないという認識が高まってきました。現在予想される洪水の危険性について申し上げましたけれども、これに対して今後さらに取り扱うべき点が出てくるのではないかと思います。具体的な案は、まだないんですけれども、できれば今回のセミナーで学んだことを考えつつ、そしてドイツに帰国してから、さらにこの分野で進展させることができることを期待しています。

○コーディネーター

はい、わかりました。奥田さんのところでは、具体的に住民対策ということでは随分苦しんだ結果、先程具体的な結論を出しましたというようなことがお話しされましたけれども、そういうことでは随分住民参加型になっているわけですね。

○奥田部長

私ども、住民の方へいろいろ説明し、そしてまた、いろいろご質問もいただき、いろんな市民団体の方と接触しているわけですが、本当に私の率直な気持ちといいますか、反省といいますか、考えておることは、いずれにしても、治水事業といいますか、治水ということが非常に専門化さ

れて、非常に難しい分野である。一般の人には非常にわかりにくい分野であるということが基本的にあると思うんですね。

例えば治水の問題であれば、学問的には、河川工学と水文学が大きな柱になりますけれども、もう一つは経験工学という側面があるわけですね。そういう中で、一般の人に技術的な説明をするというのが非常に難しいし、また解っていただきにくいということがございまして、この問題を考える際に、これは日本の特殊性かもしれませんが、日本の場合には、オビニオンリーダーや大学を初めとする先生方、マスコミの方が、一般の人と行政側とを仲立ちする立場としての影響といいますか、役割が非常に大きいと思うんですね。

そういう中で、例えば私どもが先程の危険区域を指定するに当たりまして、これは本当ですか、その根拠を示してください、こういうことになりますね。そうしますと、先程フランスのロッシュさんの講演の中でもあったように、水理学的な根拠でいろいろ計算して面積を決めるとか、説明していかなくはいかんという事態になるわけですね。そういう場合に、本当に一般の市民の方に理解していただくというのは非常に難しいんじゃないか。これは、私が昨年から石橋の関係で治水の問題を市民の方、住民の方にいろいろ説明をしていた経緯の中で一番痛切に感じたことでございます。

○協課長

ロッシュさんにお聞きしたいんですけれども、治水ということについて国民の皆さんに理解を深めてもらうための教育については、一応それなりの手順があるというお話でした。

住民参加といいますか、あるプロジェクトをやる場合に、住民の方々の意見を具体的にどう吸い上げていくかという意味では、先程のハンシーさんが話されたアメリカの例は、完全に情報を開示して、皆様方の意見を聞いて、多数決で決めるのかどうか、その辺の細かいところは後でまたお聞きしたいんですが、そういう手順がある。

フランスについては一体どんな感じになっているんでしょうか。

○ビエール・アラン・ロッシュ氏

先程私が申し上げましたのはあくまでも一般的なものであったわけなんです。と申しますのも、特定の点について話をするよりも、まず一般的なレベルで、例えば学校教育といったようなところで全般的な理解を得ておくということが基本ではないかと思うんです。

我々の議論の中でも、やはりどういった管理をしていくかといったことは出てくるわけですが、もう一つ、そういうことについて、細かいところは私のディスカッションの中で話をしなかったんです。ロワール川の場合なんです、ダムをつくるべきかどうかということについて10年ぐらいの議論を行ったことがありました。こういった議論を行っていた間ずっと考えていたのは、国民が理解することが重要だということもありますけれども、それと同時に、当局の方が理解を深めていくということが重要ではないか考えたわけです。つまり、問題についての理解が深まっていくわけですから、このような対策で十分だろうか、あるいは不十分だろうかといったようなことについての検討がさらに加えられていく必要があると思うんです。

ですから、リスクをゼロにするということではなくて、どうしてこういったプロジェクトを行わなければならないのかといったようなことについて、常に双方で理解を深めていかなければいけないと思います。当局にとっても、ある程度時間をじっくりかけて取り組むという姿勢も必要なのではないかということを感じております。

○ジェームス・R・ハンシー氏

奥田さんのお話に、非常に技術的な知識がなければなかなか難しいということをおっしゃっていたと思いますけれども、確かにおっしゃるとおり、非常に難しいと思いますし、非常に複雑なところではないかと思いますが、アメリカの場合には、最近になってわかってきたことは、要するに、一般国民の方が技術者の言うことをそのままのみにした方がよいということがあります。

つまり、言っていることはわかる。あなたが工学についてよくご存じなのはよくわかる。あなたが水理学についてよくわかっているのはわかるんだけれども、今おっしゃる工事が本当に機能するか。それから、我々が考えているような問題点に対して解決策になるのだろうか。そういったようなことについて、基本的に社会的な政策を決定するに当たって、そのあなたの考え方だけでは十分じゃないんじゃないですかという疑問が投げかけられてくるわけです。

ですから、日本での状況について私も熟知しているわけではないわけですが、少なくともアメリカの場合の展開状況を見てみますと、国民というのは、もちろん技術は受け入れる、その説明はわかるというわけですが、しかしながら、意思決定の過程はまた違うものではないかという認識が出てきているわけです。ですから、提案に対して決断をするときには、技術的な考え方だけではなく、やるべきか、やるべきではないかということではなく、技術的な人以外の意見が非常に重要であるという認識が高まってきています。

○奥田部長

ただいまのご意見といいますか、お話は全く同感でございます。ただ、私が申し上げたかったのは、非常に難しかったといいますか、そういうことの感想的なことを述べたわけではありますが、いずれにいたしましても、今おっしゃたとおり、双方が理解を深め議論して、単なる技術者だけでなく、いろんな立場の人からいろいろご意見を聞きながら、最終的な意思決定をする。そういうプロセスはおっしゃるとおりでありますし、私ども、そういう方向でいろいろの場合に努力していきたいと思っています。

○コーディネーター氏

ローターさん、ドイツの方でいかがでしょうか。

○カール・ハインツ・ローター氏

ハンシーさんの話を伺いまして考えたんですが、私ども技術者として考えるべき点が幾つかあるのではないかと思います。

我々が過去において、問題をすべて解決できるんだというような印象を与えてしまったということが我々の罪だったのかもしれない。これは、洪水を含めてあらゆる問題に対してですね。それが一つの間違いであったということを我々は技術者として認めなければならないのかもしれない。そして、それを国民に対して認める必要があるのかもしれない。

つまり、我々としては、あらゆる問題を管理できるわけではないということを言わなければいけないのかもしれない。当然のことながら、限度があるんだということを認める必要があるのかもしれない。

私、先程のスピーチの中で申し上げましたけれども、我々は自然に対して働きかける、その反対のこと、自然から働きかけを受けるということは非常に難しいことだと認識しなければならないと思います。

○コーディネーター

先程災害保険の話もローターさんの方から出ましたが、住まい手である私たちが、すべてどういうことなのかと技術者の方たちに問い詰めていくのではなくて、住まい手の側からも主体的にやるべきことというのは幾つかあると思うんですが、例えばそういうリスクのあるところに住む。その場合、すべてリスクが現実になったときに、委ねてしまうのではなくて、例えば保険の問題として、だれがどういう形で復旧に向けて動いていくのかということでは、保険というのも一つあると思うんですが、災害保険のお話をお願いします。

○カール・ハインツ・ローター氏

これは、問題に対する重要な一つのアプローチではないかと思います。何らかのものに対してお金を払うということであれば、もちろん、それに対する理由があってお金を払うんだと思います。基本的な自然災害の保険というのは、以前にも増して、その適用がふえてきております。ドイツでは、1990年以前は、自然災害に対しての保険がおりるということはありませんでしたが、1990年以降導入されております。

これは洪水についてですが、バーデン・ビュルテンベルクを一つの例外として、一つのモノポリーインシュアランスといったものがあったわけです。以前は、自然災害に対する強制保険がありましたけれども、ECの関係で廃止となり、保険会社は、この自然災害に対する保険を今は民間のベースで、任意保険の形で提供しなければならないようになりました。これからまた進展が見られるであろうと期待してはおりますけれども、これはまだその活動が緒についたばかりであります。

○コーディネーター

ロッシュさん、フランスではいかがでしょうか。

○ピエール・アラン・ロッシュ氏

1982年から保険の制度が設けられておりまして、12年経ちますけれども、うまく機能しております。この保険にはかなり期待しておりますが、必ずしも十分とは言えません。保険と土地利用規制の間には大変に密接なつながりがあるということが重要なのだと思います。

保険は、我々にとっては大変に有益なものでありますし、民間で被害の補償ということでは使えるものではありませんが、個人の行動のために十分なものではないということが申し上げます。そして、現在考えられております計画というのは、都市化を氾濫原で規制するという政策を導入することです。管理は保険だけでは不十分である。やはり何らかの規制策を設けなければなかなか規制は実施できないということから、今そういった方向に動いているわけであります。

○コーディネーター

日本ではいかがでしょうか。

○協課長

日本の現状といいますか、水害をもとにする家財とか、水害を原因とする損害保険はあるわけですが、家屋丸々ではないんですね。結局、水害の危険の多い地域はかなり限定されてしまうわけで、そうすると、そこに住む人がそんなに多くはないわけで、掛金がある一定レベル以下にしようと思えば、どうも保険が成立しないといったような状況もあって、現在の民間の例としては、保険はできていないということですね。ですから、河川管理者といいますか、河川を管理する側から、浸水の予想区域の情報を開示する必要があると思うんですね。ただ、その開示をすると、もともと水害の危険のあるところに住むという、覚悟をして住んでいただく。そのかわり、いざというときには保険がおります。そのために保険金を払う。

土地の価格としては、水害の危険地域ですから若干安いと思うんですが、その安さは、保険金をオンすることによって、水害のない、危険のない地域とどうなるかという、そこを土地の利用者が選択して買うというシステムがあるのかもしれない。やはりそういうシステムがあって悪いとは思いませんけれども、氾濫原管理とか、総合的な治水とか、いろんな観点から言えば、保険以前に、やはり危ないところにはできるだけ住まないし、危ないところの危険を取り除いていくという方が仕事なのかなという気もしますね。

○コーディネーター

今のお話を伺っていると、氾濫原、洪水が起きやすい、危険区域にはむしろ住んでほしくない。できれば、そういうことによって被害を大きくしたくない。そういうことでいうと、ロッシュさんがおっしゃるように、むしろ規制をかけていく。だから、保険で全部手厚く補償されていくと、むしろ人が住みついてしまう。保険が全ていいわけではないということで、今、両方難しい問題をそこに含めてしまうというのがありますね。

ローターさん、いかがでしょうか。

○カール・ハインツ・ローター氏

脇さんにお聞きしたいと思いますけれども、日本では、その他の自然災害に対する保険はあるんでしょうか。例えば地震であるとか、地滑り、豪雨、こういったものに対する自然災害の保険はありますか。

○協課長

私自身は保険の専門家ではないので余り細かいことはわかりませんが、自然災害で非常に規模が大きくなってきましたと、保険会社の方で補償がし切れないというようなことがありまして、大規模な自然災害その他につきましては、保険の契約の中に免責条項がありまして、実質的には補償されないというケースが多いように思います。

○奥田部長

ちょっと補足といいますか、去年の鹿児島県の災害でも適用された保険といいますと、住宅総合保険と農協の共済の二つありまして、今の住宅総合保険というのは、地震、風水害が一応対象にはなっておるわけですが、この認定につきましてはいろいろ難しいことがありまして、例えば水害でいいますと、畳から50cm以上ついていないとだめとか、そういうような条件とか、要するに、どこまで自助努力でやるべきであったかという認定、そういうのが非常に難しいんですが、そういう保険があるにはあるんです。

○コーディネーター

ハンシーさん、アメリカではどうですか。

○ジェームス・R・ハンシー氏

幾つか保険について申し上げたいことがありますけれども、保険を考えるときに、基本的に災害が起きた後の補償のメカニズムだというふうによく考えられておりますけれども、ここで申し上げたいのは洪水保険、特に実際の経済的なリスクを反映する保険という場合には、幾つかのことが絡んでくるわけです。

一つには、保険のコストを払う人は、まず最初に十分に理解しておかなければならない。危険地域に住むことの結果というものを十分に考えておかなければならないということがあります。そして、もしこのコストが非常に高い、これが気になるということであれば、住民は幾つかのことをします。

アメリカの幾つかの地域におきましては、保険料が非常に高いところがある。そのために民間で行動を起こして、その洪水の危険を減少させるというようなことを行っております。そうすることによって保険料率も下がるということがあります。

それからもう一つ、そういった地域に住むことがどういう危険をもたらすかという、リスクを下げるための方策の一つとして教育ということも考えられるわけでありまして、多くの場合、洪水保険というもののそのものがあるために、その工事を行ってほしいという行動に出るわけです。地方政府、連邦政府などから、そのための助成金を出してほしいといった行動に住民が出る場合もあります。保険というのは重要な教育ツールでもあると同時に、民間で洪水対策の行動をとろうといった行動を促すものにもなります。

○コーディネーター

わかりました。ありがとうございます。

あと、先程の講演のときも、情報をどう伝達するのかということがありました。各国同じような事情だとは思いますが、日本だと特にアルミサッシで密閉されていて、外で雨が降っているのかどうかも、テレビを見るまで気がつかなかったとか、ニュースを見るまで、そんな状況になっているのに気がつかなかったというようなことが実際に起きているわけですね。そういう中で、本当にいち早い情報伝達、これが人命を救う。洪水、治水対策は、基本的に人命を救うということに一つ大きな役割があると思うんですが、人命救助、人命を救うための情報伝達、そういったことに皆さんいろいろ努力されていると思うんですが、この辺に関してどういうインフォメーションシステム、先程少しお話は出しましたが、これからの考えとしてももう少し詳しくお話を伺いたいと思います。

○協議長

日本では現在、市町村災害無線という制度がありまして、有線が入っています、災害無線と言いますが、災害情報を伝えるように各戸に警報が入る仕掛けになっています。

○コーディネーター

これは有線ですか。

○協議長

ええ、そうですね。市町村長が避難命令を出すようなときには、それがかなり有効に働いて、現実の災害の場面で危機一髪で難を免れることができたといった例も数多くあります。

一応の情報、公的な主体からの情報伝達は、そういう格好である程度完備されてきているわけですが、もう少し一般向けに情報を流すべきだというのが、長期的にわたって当然考えられるわけで、現在、河川情報センターという財団法人の第三セクターがございまして、その情報を将来的に各戸それぞれの家に配れるようにということで整備を始めたところです。最終的に家に届くまでにはいろいろな問題がございまして、これもまたかなり長い年月がかかってしまうんですが、方向としてはそういうことを考えています。

また、NHK、公共テレビの方では、例えば地震なんかのときには、自動的にスイッチがついて、情報を知らせるというといったようなシステムも開発されてきておりますし、全体としてはかなり改善されてきているのではないかなと思っています。

○コーディネーター

ありがとうございます。日本の国土に合った形の情報伝達システムというのがあってと思うんですが、情報は余り広さとか距離というのは関係なく飛んでいくものだと思いますが、アメリカのような広大な場合はどうなのでしょう。

○ジェームス・R・タトゥル氏

もちろん、1993年のような大規模な洪水の場合には、この洪水は長い時間をかけて発生してきたわけです。ですから、かなり幅広く知られていたということが言えます。実際に最高水位に達するかなり前から何が起きるかはわかっていました。しかしながら、もっと小さな支川で急激な洪水が発生するような場合も確かにあります。こういった場合には、工兵隊といたしましては具体的な情報伝達のプログラムは持っておりません。一般的には、こういった事態には地方で対応するわけです。そのための訓練を受けた人たちもいますし、警察等、各地の司法当局がこういった状況に当たるということになります。

特にアメリカで言えることですが、非常に効果的な、そして好奇心に富んだメディアがあります。ニュースの人たちは何も見逃すことはありません。ですから、余り心配する必要はないんです。必ずメディアの人たちが探して見つけ出してくれる。そして、テレビに流してくれるからです。

ちょっと皮肉な言い方をしたかもしれませんが、というのは、大規模な洪水が発生しているときには、いつもニュースマンが後ろに居て、なかなか仕事ができにくいということもあるからです。かなりいらい立つこともあるんです。

記録的な干ばつがあつて、メディア、ニュースの人たちがやってきました。また、1973年のときにもメディアの人たちに囲まれました。1993年も、やはりメディアが殺到したわけです。これがかなりいらい立ちの原因となる場合も確かにあります。ただ、まじめな話ですけども、一般的に言いまして、ミシシッピ川流域のような広大な地域になりますと、国民はテレビのニュースを見るわけですから、こういった問題が今起きつつあるのかということとはわかります。

日本の抱える問題、非常に急速に情報を伝達しなければならないというような問題がある。これは、フランスでもドイツでもやはり同じような問題ですけども、これほど短時間に情報を直ちに伝達しなければならないような状況が発生した場合には、そのようなメカニズムは私たちのところにはないわけです。日本の場合には、やはり早く情報を伝達するということが大変に重要な点になると理解いたしました。

○コーディネーター

もう一つ、ちょっとつかめないんですけども、ミシシッピ川のように水位が上がってきている、どんどんある状況に達していくのにタイムラグがあつて、日本のように、振り向いたら、もうそこに洪水が来ていたというのとは違う状況において、人々はどういうふうに対処していたんでしょうか。まだ1カ月先とか、こういうような状況で待っているというのは変なんですけれども、いま一つ現地の人たちの対応とか、心理が私はつかめないんですが、もう少し具体的にお話ししていただけますか。

○ジェームス・R・タトゥル氏

これはどこでも同じことだと思います。CNNのニュースなどでも現在も報道されている部分、アメリカ南東部の洪水について今日も出ておりますけれども、家にいる人たちは洪水が起りつつあるともうわかっているわけですね。そして、水が自分のところにだんだん迫ってきていると解っている。ですけども、それが解っているながら、自分の持ち家を離れることにはなかなか抵抗があるわけです。最終的には、実際にいろいろな警報やら予報やらを発するわけですけども、なかなか家を離れようとしなくて、ぎりぎりまで残っているということですよ。

先程、中西部の洪水についてスライドがありましたけれども、家から家へボートで行ったという写真がありました。そういう状況というのは、6週間だんだん進行していった、2箇月ぐらい続いたような、だんだんに進行していったような状況だったんですけども、本当に水深がこんなに深くなつて、家じゅう水浸しになるまで家を出ようとしなくてという傾向がありましたね。これはもう普遍的にどこでも見られることなんじゃないでしょうか。前もってこうなってくるということが十分にわかっていても、なかなか自分の大事なものがある家を離れたがらない。何とかこれがうまく回避できるんじゃないか。ぎりぎりのところまで待つて、何とか留まろうとするというのが傾向としてあると思いますね。急激に起こる場合でも、ゆっくりとだんだんに進行するような場合でも、ぎりぎりまでなかなか離れたがらないという傾向は共通して見られるように思います。

それからもう一つ申し上げたいのは、私たちの場合、ミシシッピ川の大洪水などの場合でも、ある1回の事象で起こることではないんですね。先程の発表の中でもありましたように、数時間の間に集中的に降雨があるということ、確かに1回でかなり降水量があつたということもありますけれども、ミシシッピ川の場合には、数時間というようなことではなくて、二、三日かかって、あるいは流域全体にわたってそういうことが起こるというのがそうそうはないわけです。ですから、大きな洪水は、一つのシステムだけではなくて、水系がたくさん、あるいは流域全体とか、いろいろなところで起こることが重なって、しかもそれが3週間、4週間と続いて、初めて大規模な洪水に発展するんだという、そこが違うと思うんです。

そして、それによって予報がなされますね。この水系については、こういうふうになるというようなことがもちろん予報としていろいろ出てくるわけですけども、ただ、100%の確率の予想というのはありませんよね。次の事象、あるいは激しい降雨がどのぐらいの大きさで、いつ来るのか。そして、水位がどこまで上がるのかということをして100%の予想はなかなかできない。これが1993年の状況でもあつたわけです。

というのは、非常に激しい豪雨が起つたわけですが、普通は余り降水量が多くない夏の8月とか、そういうときに起つてしまった。非常に予想を外れたことが起つたわけですね。気象状況が変わって、1回の激しい豪雨が終わりますと、これで終わりだ、これで最後だろう、これでもう終わりだとみんな考えたわけです。ところが、24時間、48時間経つと、また激しい豪雨に襲われるということとをどんどん繰り返していったわけです。ですから、こんなところまで事態が進行するということは、どの時点でも、人々は予想していなかったわけですね。

私たちは、記録といえども限られておりますよね。歴史をさかのぼりましても、そんなに何百年もきちんとしたものがあるわけではないですけれども、きちんとした予想が、実際どういうことが起こるのかというのがわかりにくいことがあります。長い長いサイクルのある一部にしかまだ私たちはいないわけで、その一部しか経験していない。長い長いサイクルの残りの部分がどうなっていくのかがはっきり見えていない状況にあります。例えばもう何千年も前の地層や寿命の長い木を見ましてもなかなかわからないわけで、長い長いサイクルのまだ途上にいるんだということを認識しなければいけないと思います。

○コーディネーター

大変貴重なご意見をありがとうございます。私たちの心の底にある部分をまさに説明されたようなところで、洪水がそこまで来ていても、やっぱり自分のところは大丈夫だろうということと、どうしても守りたいものがあるということで動けないまま、本当に大変な災害に巻き込まれてしまう。でも、そこは、さらに情報システムがどんどん入っていかなければならないのではないかと思います。ドイツの場合はいかがでしょうか。

○カール・ハインツ・ローター氏

私としては、ライン川、モーゼル川で洪水前の予報システム、あるいは支流についてもいろいろな警報について、システムに携わった経験がありますけれども、その心理的な問題というのは確かにありますね。私も経験いたしました。人々は自分の経験と勘に頼るんです。その経験が教えてくれるものが未知の状況、客観的ないろいろな情報に対立するような場合、非常におもしろい反応、奇妙な反応を示すようなときもあるんです。

ちょっとしたエピソードですけれども、この洪水のとき、短期間でしたけれども、私は、ある消防施設に滞在していました。洪水のための支援活動をしていたところでした。いろいろな車の運転手の方々が、洪水が襲ってくるのを見ていて、消防署に駆け込んでくるわけですね。どの通りに車をとめておけばいいか、どこには洪水が来ないだろうか。そして、次のもうちょっと高いところに車を移動するというわけなんです。それで消防署に聞きに来る。こんな経験を私自身がしました。

ですから、人々に対して、1回だけでなく、2回、3回繰り返すきちんとした情報を伝達するということが必要ですね。警報システム、予報だけでは十分ではない。いろいろな情報手段が必要だということです。

○ジェームス・R・ハンシー氏

避難と警報という面について、ちょっと違った視点から話したいと思います。先程タトゥルさんからも話がありましたけれども、アメリカでは、非常にリードタイムが長い洪水、大きな洪水の場合は特に言えることですが、ハリケーンの場合の警報、避難システムの成功と比べてみたらいいと思うんです。アメリカでは、低地帯、メキシコ湾岸などで頻繁にハリケーンに襲われます。特にメキシコ湾岸の地域では、1年に3回ぐらいハリケーンが襲ってくるような可能性があるところもあります。そして、ハリケーンが実際に最終的にどこに上陸するかというのはなかなか分からないわけです。

いろいろなプロセスを経て、人々に対して、実際の予想がどうなのか、そして、どの時点で避難を始めなければいけないかということを知らせようとしてきました。過去二、三年間、私たちは、メキシコ湾岸で3種類の努力をして、その低地帯から避難するようにという勧告を行ってきたわけですが、常に抱える問題として、もうぎりぎりのところまで離れたくないという傾向が見られます。うまく避難させることに成功した場合でも、交通システムが適切にうまく動いていなかったり、あるいは収容する臨時収容施設、宿泊の方に問題がありました。大きなハリケーンがニューオーリンズの地帯を襲ったことがありました。ニューオーリンズの50マイルぐらい西に上陸したところ、沿岸200マイルぐらいのところの人々が避難したわけですが、人々を移動させて宿泊させるということが非常に大変でした。そして、実際25%ぐらいの人々しかうまく収容できず、困った人が家に戻ってしまったようなことがあります。

ですから、教育だけの問題ではなくて、インフラの部分について、プランをうまく立てて、十分に手当てをする。人々の収容施設、そういった面でもいろいろ手を打たなければいけないという問題があるように思います。

○コーディネーター

ありがとうございます。人の気持ちとしては、一番居心地のいい、一番大切なところでできれば居て、そのままうまく災害がどこかへ行ってくれればいいというのがやっぱりあるということは、日本もアメリカもドイツも含めてこれで分かったわけなんですけれども、そのためにインフラというものの、そこに避難する場所がきちんとある。ある意味では、そこにも安心して数日間でも何でも住める

というようなことのインフラ整備が大切だということを、今アメリカのハンシーさんからいただきました。

フランスはいかがでしょうか、ロッシュさん。

○ピエール・アラン・ロッシュ氏

私の経験は、先程お話があった場合とそれほど違っているわけではありません。警報を出しまして、例えばハリケーンの場合などと同じように、事前にハリケーンが来襲することが分かっているれば、人々に対して家を離れなければいけないという警報は、確かに易しいかもしれません。

ところが、洪水の場合、家から離れてどこかに行きなさいというのは、いろいろ複雑な部分を含むメッセージだと思います。洪水の場合、ハリケーンと比べてより困難じゃないでしょうか。また、鉄砲水的な非常に急激な出水がある場合には特に難しいと思います。また、非常に持続期間の長い洪水の場合もフランスであるんですけれども、その場合、予報の正確度、質ということ、データがどの程度迅速に出るか、得られるかということが問題だと思うんです。

私たちの1980年代初期のシステムと1990年代初めのものというのは、かなり内容的にも異なっておりまして、非常に正確度が増している、信頼性が高くなっているということなんです。つまり、今はそういうシステムを使って十分な確信を持って、信頼性を持って情報の伝達ができるようになってきたということです。そしてまた、個々の行動についても、個々人のことについてうまく調整ができるようになってきていると思います。ですけれども、非常に急激な出水の場合ですと、やはり問題は、情報をどう出すかというよりは、救助をどう組織化していくかということが問題になってきてしまいます。

例えばキャンプ場の問題がありました。フランスの南の地域では、ヨーロッパ中から、ドイツ人も、いろんな人も来るわけですね。そうすると、いろんな言葉が話されているわけですから、フランス語が通じない。キャンプ場でもリスクがあって、リスクを知ってキャンプ場に入ってくるのかもしれませんが、そういった情報伝達上の問題もあります。また、こういった人々の避難に対する計画をどう立てていくかという問題もあります。ですけれども、問題は、とにかく人々に納得してもらって、そういうリスクがあるんだということで、例えば避難情報にしてもうまく伝達をして、人の命を救うことにつながっていけばと思います。

○コーディネーター

そうですね。先程のビデオの中にも映っていましたけれども、避難させるというのは難しいですね。あれほど今にも橋が崩れそうな石橋の上で、やっぱり人は見に来てしまうというのか、あの後崩れるかもわからないのに、避難すべきだというときにやっぱり来てしまう。この辺の人たちに、本当にそれが情報として意味のある情報というんでしょうか、これはこれから考えていかなければならないんじゃないかと思いますが、脇さん、いかがでしょうか。

○脇課長

日本の場合ですと、そういった洪水と情報、それから避難すべきかどうかということについては極めて短時間のうちに判断され、短時間のうちに起こる話なんです。ですから、本当に猛烈に雨が降っているときに、これ以上そこに留まると危ないという状態、その中で避難をするということが多いわけですから、避難勧告が出た場合に、やはり周りの状況がかなりシビアですから、それに従わない人というのは割と少なく、避難していくことが多いですね。それから、洪水そのものの時間が短いので、避難する時間も、1週間とか、10日とか、数カ月といったことではなくて、ほんの1日程度避難していれば済むということですから、命さえあればいいんだという格好で、避難そのものは比較的スムーズに行われるようです。

ただ、非常に短時間に避難すべきかどうかということ判断するわけですから、私たちと気象庁と雨の状況、出水の状況の情報を判断して、その情報も出すわけですが、これは市町村長が避難勧告を出す務めになっているわけですが、その立場に立たれた人は非常に厳しい選択を迫られるということのようですね。

○コーディネーター

私なども拝見していますと、確かにメディアを通じての勧告というものもわかるんですけれども、よく災害のニュースを見ていますと、そこに人がいて、「危ない、本当に逃げてくれ」という逼迫した状況が伝わってきます。また、それを言うて回る方は命がけだというのは分かるんですけれども、火山の爆発にしろ、最後には人の力というのか、肉声の強さのようなものも感じますが、これは皆さんそれぞれ命が大切ですから、肉声を聞くまでは動かないではなくて、やっぱりメディアを通じて避難情報伝達のシステムにある程度なれていくというのか、私たち住み手側にも問題がありますね。

そこで、今、ソフトの部分としてどういった教育が必要なのか。そして、情報伝達はどうしたらいいのかというようなことが出てまいりましたが、ここで皆さんからのご質問をお受けします。

○水文リサーチ(株)の木村さん(会場からの一般質問)

質問は二つばかりあるんですけれども、やはり教育学部ご出身の方が紹介しておられるので、どちらかという、お話が社会的な面に偏っているのではないかなと私は思っておりますが、今おっしゃっていた情報につきましても、社会的な情報、それは我々土木をやっています者にとっては今まで不足していた部分で、いろいろ勉強しなくてはいけないと思うんですが、もっと基本的な情報としては、水文情報といいますか、雨量がどれだけ降っているのか。水位がどういうふうになっているのか。それが非常に重要な情報で、日本では、国がおやりになっているところはよろしいんですけれども、県が管理しておられるようなところとか、市が管理しておられるところについては、まだ水文情報そのものが不十分なところがあるんじゃないかと思えます。

それで、一つご質問したいのは、ハンシーさんでもタトゥルさんでも結構なんですが、この間のミシシッピの洪水、中西部の洪水で、結局、水位が非常に高くなって、堤防をオーバーしたかどうか。非常に技術的な話で申しわけないんですけれども、水位が超過した状態に対して、水位計が地域内に何か20箇所以上あったように書いておられますが、ピークの状態のデータをどの程度の箇所ですとれたんでしょうかということをお尋ねしたいのでございます。我々の水文観測システムの管理の参考にさせていただければと思っております。

もう一つは、ロッシュさんにお尋ねしたいんですが、お話の中で、フランスの場合は、国が全体を管理しておられるんじゃないかと、地方ごとに工事をおやりになっていて、それを国がチェック監督されるというお話でございましたけれども、我々も非常にそれを問題にしておるんです。上流流域の開発とか、河川工事自体が下流の流量を増やすという問題がありまして、今お尋ねしたいのは、河川工事が下流の流量を増やして、洪水になってしまうというケースが結構あるのではないかなと思ひまして、フランスでは、それを規制するということを今度おやりになるというお話のようなんですけれども、その工事というのは具体的にどういうふうな種類のものをお考えになっているのか、それをお尋ねしたいと思います。

以上でございます。よろしくお願いします。

○コーディネーター

ありがとうございます。最初の方の質問は、ハンシーさんか、タトゥルさんか、どちらからお答えいただけますか。

○ジェームス・R・タトゥル氏

ご質問をきちんと理解しているかどうか、まず確認させていただきたいんですが、ご質問の内容はこういうことでしょうか。おっしゃっていたのは、いかにその情報が伝達されていたのか。つまり、最高水位に達したときに、その最高水位が下流に向かって移動していったときに、例えば堤防を溢水したときに、どのようにして情報を得たかということをお伺いになっていらっしゃるということでしょうか。

○木村さん

いや、伝達ではなくて、水位計自体が正常に動いたかどうか。我々は欠測というふうに言うんですけれども、例えば水位が非常に高くなってしまうと、水位計そのものが水没してしまうというようなケースもあったり、押し流されてしまうとかいうようなケースが、日本の場合は急流ですから多いんですけれども、正常に動きましたかという質問なんです。二百何十という中で、何か所、そのピークの水位がとれたんでしょうかということをお尋ねしているんですけれども、おわかりいただけましたでしょうか。伝達ではなくて、水位計そのものが正常に動いたかどうかということです。

○ジェームス・R・タトゥル氏

1993年の洪水の場合ですが、実は正確な数字を持っていないんですけれども、毎日実際に観測をしていたような場所が何か所あったかということについては分からないんです。流出量について、例えば洪水のときに毎日測定したかどうかということとはよく分からないんですけれども、ただ、ミズーリ川のところ、ミシシッピ川、セントルイス、ミシシッピでも特に上流地域で3カ所非常に重要と考えられている地点で、洪水があったにもかかわらず、毎日計測がなされたところがあります。これは非常に危険なものでもあるわけなんですけれども、しかしながら、それにもかかわらず毎日測定が行われました。

水位についての測定は、毎日読み取るということで行っているようなところは、基本的には水位を継続的に検知し、それを衛星に送り、次には、さまざまな場所にこういったデータを集めているところ

があるんですけれども、そういった施設にダウンロードするということができるんです。ナショナル・ウエザー・サービスというアメリカの気象局がありますけれども、その当局が河床、河川の気象に関する情報を取り扱うという責任を負っておりまして、このナショナル・ウエザー・サービスの方から、例えば工兵隊のオフィスですとか、警察関係ですとか、あるいはマスコミですとか、また放送局といったようなところに日々その情報を送るということになっています。

我々工兵隊には非公式の予測がありまして、それは私どもの中で内部的に使うものでありまして、これは公表するものではないんですけれども、外に出す公式のものとしてまして気象関係の当局があるわけでありまして、私どもの内部で使っている値があります。私どもは、特にゲージが流されてしまったなんていうことは一つもありませんでした。常に毎日きちんと測定が行われたということになっております。そして、関係者やすべてにさまざまな経路を通じて情報が提供されておりました。

○コーディネーター

最初の質問に関してはよろしいですか。

○木村さん

わかりました。

○コーディネーター

では、ロッシュさん、お願いいたします。

○ピエール・アラン・ロッシュ氏

フランスでのデータについてですけれども、水位計が大体1,000箇所ぐらいにありまして、これが毎時間とられております。データの伝達まで6分ぐらいしかかからないということがありますので、非常に幅広いデータ収集システムが実施されております。ですから、私どもの流域全体をカバーしております。

先程ご質問になりましたけれども、確かにおっしゃるとおり、工事については国が責任を負っているわけではありませんが、しかしながら、その工事についてはかなり厳しい形で管理をしております。承認を受けたものについては、財政的な援助を各地方自治体に対して提供することになっております。そのほかに大きなダムですとか、あるいは貯水池といったものがあつた場合には財政的に援助することがあります。つまり、水使用に対しての料金を徴収することによりまして、その工事に対しての財政的な援助をするというようなシステムもあります。これが流域財務庁がやっている仕事です。

それから、上流域の河川工事についてご質問があつたかと思いますが、全ての工事を避けるべきということではありません。もちろん、上流でも何らかの防御工事が必要になってくると思います。ただ、悪影響、どちらの影響が大きいかということと比較していかなければならない。そこでバランスをとらなければいけないということを申し上げようと思ったことなんです。つまり、上流でよくても下流で悪いんじゃないか困るということで、その辺のバランスをよくとりましようということを申し上げたかったんです。

○コーディネーター

よろしいでしょうか。バランスをとりながら、つまり上流だけのことを考えてはまずい。そういうことで川がずっと流れていくわけですから、その辺をバランスをとりながら、技術者としてもやっていかなければならないというお話だそうなんですが、時間がもうそろそろ迫っておりますが、どうしてもこのご質問をという方、会場でいらっしゃいますか。恐れ入りますが、手短かにお願いできますか。申し訳ございません。

○プラス・エム(株)「FRONT」編集部の山畑さん

水環境に関する雑誌を編集しております山畑と申します。

先程奥田さんの方から、いろいろと今回の石橋も絡めて、治水の大変さについてお伺いしたんですが、先程アメリカの方が、国民の方が技術者の言うことをなかなかのみにしたがないというお話がありましたが、何か数カ月前の鹿児島県のテレビの討論会のようなもので住民の方のアンケートがありまして、そのときに、石橋を残して、現地に保存してどうにか治水はできないのか。それに賛成、かなりの人数の方から、そうしてもらえないかという意見があつた。

それから、今回の激特事業で甲突川の洪水がなくなるかという問いに対して、そうは思わないという意見が過半数を占めていたというデータを実はいただいたんですけれども、技術者としての立場の本当に伝えたいことと、あと住民の方も、やはり専門的なことはわからないとかで、なかなか一致点が見出せないと思うんですが、その辺の話し合いは十分なされたのでしょうか。

あと、時間がありましたら、ドイツとかフランスなどでは、生態系についてはいろいろ話し合われ

ていると思うんですけれども、文化遺産というものと治水についての住民との話し合いはどうなっているのかということをお伺いしたいと思います。

○奥田部長

時間がございませんので手短かに申し上げますが、いずれにいたしましても、石橋を何とか残せないかという気持ちは本当によくわかりますし、私も技術屋といたしましても、また行政側も、本当に何とかならないかということで、過去20年来の長い期間いろんな形で検討もしてきたし、今も県会で答弁しているような気持ちなんですけれども、毎回こういう形で議会でも議論がございました。

そういう経緯の中で、去年の大洪水の後、いろんな代替案を検討した中で、最終的には、いろんな検討の中での一番単純な、やはり河道改修をせざるを得ない。そしてまた、河道改修をするときには根入れの浅い五石橋、残ったのは三石橋ですけれども、どうしても移転させざるを得ないということで、苦渋の決断という形で移転保存に決定したという経緯がございまして、これにつきましては、いろんな形で私も、住民の方々にご説明もし、住民集会だとか、各地の集会、あるいは市民集会、それから公開質問状が非常にたくさん出ました。それから、監査請求もございました。いろんな形で住民の方と、いろんなご質問に対して誠実に答えたといえますか、説明してきたつもりではございます。

○コーディネーター

フランスは文化の国というふうに伺っておりますが、文化を保護していくために、技術者として最大限のことはなさると思うんですけれども、その辺のことはいかがですか。フランスの場合で……。

○ビエール・アラン・ロッシュ氏

私自身、石の橋について特にこういった具体的な考えを持っていないんですが、国民を含めて長い期間にわたって議論が行われて、そして意思決定が行われたということであれば、それは意思決定を行うべき時期だ、決断の時期が来たんだということなのではないでしょうか。

○コーディネーター

ドイツとしてはいかがでしょうか。

○カール・ハインツ・ローター氏

ケース・バイ・ケースで物事は決めていくべきではないでしょうか。明らかな万能薬というのは何にもないと思います。ですから、あくまでもその状況に合わせた適切な意思決定をすべきだと思います。ただ、今回の鹿児島県の件については、私も状況をよく知りませんので、ちょっとご意見は述べられないと思います。

○コーディネーター

ありがとうございました。よろしいでしょうか。十分な時間はとれませんでしたけれども、そのようなお話ですので了解していただきまして、本当に時間になってしまいました。

最後に、フランスのロッシュさんから一言ずつポイントというか、これだけは今回の洪水セミナーで申し上げておきたいという、本当に一言というのは申しわけないんですが、ロッシュさんからローターさんと順序よく一人ずつお願いして、このセミナーを終わらせていただこうと思います。

ロッシュさんからお願いいたします。

○ビエール・アラン・ロッシュ氏

大変に興味深いお話をいろいろと聞くことができました。話し合いを通じて、日本の経験についても、またそのほかの国々の経験についても多くを学ぶことができました。やはり教育を行うこと、そして情報を提供するというのがこの話の中心になったかと思います。これらの行動、アクションは、その目標達成のためによい方向に進んでいると考えております。

○コーディネーター

ありがとうございます。ローターさん、お願いいたします。

○カール・ハインツ・ローター氏

私もまた大変に感銘を受けましたし、世界各地の洪水の問題についていろいろな話を聞けたことをうれしく思っております。いろいろな意見が出てまいりました。ほかの国々のいろいろな問題も、各国同じような形で解決されているものもあります。将来的にドイツで決定を下すに当たって、いろいろな情報を背景にすることができると期待しております。

○コーディネーター

ありがとうございました。それでは、タトゥルさんお願いします。

○ジェームス・R・タトゥル氏

ここで申し上げたいのは、この会に参加できまして大変に楽しめたということでもあります。ミシシッピの状況は、規模ということから考えますと、ほかの国とは違っているところがありますことは、先程も申し上げたとおりです。しかしながら、多くを学ぶことができました。実際に河川に行くこともできましたし、帰国いたします前にもっと多くを学ぶことができればと思っております。また、フランス、ドイツのお話も大変に興味深いものでありましたし、いろいろな経験を聞くことができました。ですから、私にとりまして、本日は大変に有益な1日でありましたし、また日本滞在中、毎日が大変に有益であります。大変に楽しむことができましたし、このような機会を与えてくださいましたことに感謝を述べたいと思います。

○コーディネーター

ありがとうございます。ハンシーさん、お願いいたします。

○ジェームス・R・ハンシー氏

私の方からも、この会にお招きをいただきましたことに御礼申し上げたいと思います。幾つか驚くことができました。洪水、治水の問題というのは、氾濫原に人が住み始めてからずっとある問題なのに、今もお、きょう話し合ったような内容について話し合わなければいけないというのは少し驚くべきことなのかもしれません。

しかしながら、この会議を開催してくださった方々、建設省の方々、皆様方は大変にすばらしい会を開かれたと思います。お互いの利益のために、このような顔ぶれを集めて、この内容を話したということは大変に必要なことだと思いますし、だれもが直面している問題ですから、また将来このような会を繰り返すべきではないかと思います。これからも問題は発生し、努力は繰り返さなければいけません。タトゥルさんにしても、ほかの人たちももちろんそうだと思いますけれども、多くを学ぶことができましたし、また私どもも多少の貢献ができていればと思います。

○コーディネーター

ありがとうございました。それでは、奥田さん、お願いします。

○奥田部長

今回のシンポジウムには本当にいろいろ勉強することがありまして、世界の人々と共通するところと、また、日本と世界とがいかにか違うかということもいろいろ勉強させていただきました。

私は午前中、ミシシッピ川に比べたりしますと、非常に小っぱけな甲突川の話をしたわけですが、昨年の災害で、県民は改めまして防災としての治水の重要性を認識し、非常に関心を持っております。各方面から非常に多くの関心が寄せられているわけですが、今後とも、この安全な県土の形成を図るということで、一層河川の整備に努めてまいろうと決意を新たにしております。

○コーディネーター

よろしく願いいたします。それでは、脇さんからは、日本の治水に関する取りまとめという形、そして今回のセミナーの取りまとめという形でお願いいたします。

○協課長

取り纏めということでもないんですが、治水という非常に古くて新しいといえますか、なお解決困難な問題について、直接外国の方のご意見を聞くという機会ができて非常によかったと思っております。また、その中で話されたことが、治水ということの本質について、これは冒頭にも申し上げましたけれども、驚くほど同じ認識の中にあるということに、ある意味では安心したような、また、ある反面では驚いているようなところがございます。日本という国は、いろんな意味で特殊だということで、すぐ自己規定をしたがるわけですが、実際問題として自然の条件、雨の降り方、地形、地勢、地質、それから人の住み方についてもかなり異なっているところがあるんですが、にもかかわらず、治水ということについてはかなり共通の認識があったということではないかと思っております。

社交辞令かもしれませんが、お集まりの皆様方が非常に有意義であったとか、勉強になったとかと言われておりますが、社交辞令にせよ、ほんの一部でもそういうことがあったとすれば、このセミナーにお手伝いをした者の一人として非常にうれしく思っています。

ただ、私は、途中から参加したような格好なんですが、きょうは専門家の方が多いんじゃないかと

思うんですけれども、もともとのこのセミナーの趣旨というのは、専門家でない一般の方々に、治水ということの本質を理解していただくということが大きな目的の一つだったのではないかと思うわけで、せっかくここで得られた貴重な議論の中身を少しでも広めていけば、討論の中でもありましたように、教育、情報提供は大事だということで、その辺が非常に大事になるのではないかなという感想を持っています。

我々の中で、同じ技術者の中で得られている知識があるのに、それが一般には理解されていないということが、河川の行政に携わるという立場上からも非常に残念に思うわけで、そういう意味では、またこのセミナーを契機にして、さらに一般の方々に理解を深めていただくようにしたいと思っています。

国民に対する合意、あるいは住民参加といったこと、きょうのご質問の中にもそんな趣旨がございましたが、やはり政府が一方的に治水の計画を立ててやればいいのか、そんな時代でないことは我々も百も認識しておりますので、今後とも幅広い意見を結集しながら、皆様方の合意が得られるように努力をしていきたいと思ひます。それが多分、今日お集まりの皆様方のかなりの部分の本音ではないかというふうにも理解しているわけです。本当にありがとうございました。

○コーディネーター

どうもありがとうございました。

朝早くから長時間にわたっての国際洪水セミナーですが、本当にさまざまなイノベーションを繰返し、また人的努力のもとに、現在もいかに洪水を防ぐか。実は人がそこに住むことによって、天災が文化的な災害かもしれないということにまでお話がいきましたが、技術者として、それをいかに対処していくのか。これからますます皆様にも努力を続けていただきたいと思います。

住めば都というのは日本だけにある言葉かと思ひましたが、今回のセミナーを通じて、どの国の人たちも、やはりそこに住めば都ということで、そういう心がある限り、今日会場にお集まりの専門家の皆さんも、では、そういう人たちに対してどう努力していけばいいのか。技術でカバーできる面、また情報、教育といった面でどれだけ救っていけるのか、人の命を救っていけるのかということが課題としてまた出されたのではないのでしょうか。そういう意味では、終わりのないというか、そこに人が住み続ける限り皆さんの努力、また次の世代の方にも努力をしていっていただくという形で、そして住み手側も、それに積極的に対応していくということが新しい形での川に関する私たちの新たな文化というんでしょうか、その辺をつくっていくべきではないかと、このセミナーを通じて考えました。

本当に長時間にわたってのセミナーですので、どうぞ皆さんにとっても有意義であることをお祈りいたします。

それでは、各講演をなさってくださいました先生方、またパネリストの皆さんに拍手をお願いしたいと思ひます。どうもありがとうございました。(拍手)

国際洪水セミナー 報告書

1994年12月 発行

編集・発行

(財) 国土開発技術研究センター

調査第一部

〒105 東京都港区虎ノ門2-8-10

(第15森ビル6階)

電話 03(3503)0393

本報告書の編集・翻訳等についての責任及び著作権は発行元にあります。

このセミナーは、河川整備基金からの助成を利用して実施するものです。